



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอก

ไส้สมุนไพรบางชนิด

**DEVELOPMENT OF A COOKIE-TYPE SNACK FROM
GERMINATED BROWN RICE FLOUR AND SELECTED
HERB FILLINGS**

นางสาวรสพร เจียมจริยธรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

สาขา

พัฒนาผลิตภัณฑ์

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรบางชนิด

Development of a Cookie-type Snack from Germinated Brown Rice Flour and
Selected Herb Fillings

นามผู้วิจัย นางสาวรสพร เจียมจริยธรรม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 23 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรบางชนิด

Development of a Cookie-type Snack from Germinated Brown Rice Flour
and Selected Herb Fillings

โดย

นางสาวรสพร เกี่ยมจริยธรรม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2551

รศพร เจียมจริยธรรม 2551: การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกได้สมุนไพรบางชนิด วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์กมลวรรณ แจ่มชัด, Ph.D. 174 หน้า

การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกได้สมุนไพรให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เริ่มจากการศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 3 ระดับ (24, 48 และ 72 ชั่วโมง)ต่อคุณภาพแป้งข้าวกล้องงอก พบว่าเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณ Gamma aminobutyric acid (GABA) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องงอกสูงขึ้น แต่ค่าความหนืดสูงสุดลดลง โดยเมล็ดข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำระยะเวลา 72 ชั่วโมงมีปริมาณ GABA สูงที่สุด (38.90 มิลลิกรัม /100กรัม ตัวอย่าง) จากการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้อง 2 ระดับ (24 และ 72 ชั่วโมง) และอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี 3 ระดับ (50: 50, 60: 40 และ 70: 30) ต่อคุณภาพของแป้งหุ้มไส้ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องงอก ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และทำให้คะแนนความชอบด้านความแข็งลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความร่วน และพบว่าการใช้แป้งข้าวกล้องงอกที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 72 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี เท่ากับ 60 ต่อ 40 เหมาะสมในการทำแป้งคุกกี้ การพัฒนาสูตรได้สมุนไพรกว่น โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD โดยศึกษาสัดส่วนของมะเขือเทศต่อมะตูม 6 ระดับ ได้แก่ 5: 3, 4: 3, 3: 3, 5: 1, 4: 1 และ 3: 1 โดยใช้ปริมาณอบเชยคงที่ (ร้อยละ 5) พบว่าการเพิ่มปริมาณมะตูมทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ขณะที่การเพิ่มปริมาณมะเขือเทศทำให้ความแข็งลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทำให้คะแนนความชอบของได้สมุนไพรและอาหารว่างทางด้านการเหนียวและความชอบรวมเพิ่มขึ้น จากการศึกษาปริมาณของสมุนไพรต่อคุณภาพอาหารว่าง พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของมะเขือเทศและมะตูมสำหรับทำไส้สมุนไพรกว่น เท่ากับ 5 ต่อ 1 โดยสมุนไพรกว่นมีค่า a_w เท่ากับ 0.66 จากการพัฒนาไส้โดยเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งสมุนไพร ในไส้สมุนไพร ทำให้ไส้สมุนไพรมีค่า a_w ลดลงเป็น 0.58 และมีคะแนนความชอบด้านความเหนียวของไส้และความชอบรวมมากกว่าไส้สมุนไพรที่ไม่ใช้กลีเซอรอลทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกได้สมุนไพรที่พัฒนาได้มีค่าความแข็งเท่ากับ 17.34 นิวตัน มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.95 ปริมาณโปรตีนและไขมันร้อยละ 1.07 และ 26.48 (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ปริมาณ GABA เท่ากับ 29.89 มิลลิกรัมต่อแป้งข้าวกล้องงอก 100 กรัม ส่วนแป้งหุ้มไส้และไส้สมุนไพรมี a_w เท่ากับ 0.41 และ 0.58 ตามลำดับ การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง (7.4) และผู้บริโภคมอบรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ร้อยละ 98.0 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกได้สมุนไพรบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองออลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์

Rossaporn Jiamjariyatam 2008: Development of a Cookie-type Snack from Germinated Brown Rice Flour and Selected Herb Fillings. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Kamolwan Jangchud, Ph.D. 174 pages

The research involved the development of a cookie-type snack made from germinated brown rice (GBR) flour and herb filling that was acceptable to consumers. The study was carried out by determining the effect of the soaking time of Khao Dawk Mali 105 brown rice at 3 levels (24, 48 and 72 hr) on the qualities of GBR flour. Results showed that increasing soaking time resulted in both increased levels of Gamma aminobutyric acid (GABA) and reducing sugar in the GBR flour but decreased the maximum level of viscosity. A soaking time of 72 hours resulted in the highest GABA content (38.90mg/100g). The effects of a different soaking time for the brown rice (24 hours versus 72 hours) and the ratio of GBR flour to wheat flour (50: 50, 60: 40 and 70: 30) on the qualities of crust were determined by using a 2x3 factorial plan in a Completely Randomised experimental Design (CRD). Results showed that increasing the GBR flour content decreased the hardness of the product significantly ($p \leq 0.05$) resulting in a decreased hedonic score of the product's hardness because of its brittleness. Soaking the brown rice for 72 hours to produce GBR flour and using a GBR flour to wheat flour at the ratio of 60: 40 provided the optimum condition for making the crust of the cookie. The development of the herb paste formulation was conducted by using CRD. The tomato to bael ratios were varied (5: 3, 4: 3, 3: 3, 5: 1, 4: 1 and 3: 1) with a cinnamon content of 5%. The results showed that increasing the amount of bael increased the stickiness of the product resulting in increased the hardness. However, increasing the amount of tomato tended to decreased the hardness of the product resulting in an increased hedonic score for chewiness and an overall liking for the product. The optimum formulation of the herb paste for the cookie filling was made up of a tomato to bael at the ratio of 5: 1 with a_w equal to 0.66. The herb filling developed using 10% glycerol to obtain filling had the a_w of 0.58 resulting in an increased hedonic score for chewiness and an overall liking for the product. The a_w for the crust and the herb filling developed was 0.41 and 0.58, respectively. The GABA of the crust was 29.89 mg/100g of GBR flour. The hardness of the developed product was 17.34 N. The moisture content, protein and fat contents were 7.95, 1.07 and 26.48% (dry basis), respectively. Consumer testing indicated that the overall liking for the developed was rated as "like moderately" (7.4) with an acceptance level of 98.0%. The shelf-life of the snack when packed in aluminium foil and kept at $30 \pm 2^\circ\text{C}$ was at least 12 weeks.

Rossaporn Jiamjariyatam
Student's signature

Kamolwan Jangchud
Thesis Advisor's signature

20 / 05 / 08

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กมลวรรณ แจ่มชัด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
รศ.ดร. อนุวัตร แจ่มชัด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้ให้คำปรึกษาในการเรียน การ
ค้นคว้าวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ จนงานสำเร็จ
อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่มีค่ามากที่สุดในการ
ต่อสู้และเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือเกื้อกูล และเป็นกัลยาณมิตร ขอบคุณน้องๆ ตลอดจนผู้มีพระคุณ
ที่มีได้เอยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับความรัก ความห่วงใย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ
ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ความดีใดๆ อันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอ
มอบให้แก่ครูบาอาจารย์ และท่านผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดข้าพเจ้าขอน้อม
รับไว้แต่เพียงผู้เดียว

รศพร เจียมจริยธรรม

เมษายน 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	41
อุปกรณ์	41
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	55
สรุปและข้อเสนอแนะ	115
สรุป	115
ข้อเสนอแนะ	117
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	118
ภาคผนวก	138
ภาคผนวก ก ภาพข้าวกล้องงอก ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้สมุนไพรรกวน และวัตถุดิบในการผลิตไส้สมุนไพรร	139
ภาคผนวก ข การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารว่างจาก แป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรร	143
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและ แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	145
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี	160
ภาคผนวก จ การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่าง จากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรร	164
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	174

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของสารที่มีต่อกิจกรรมทางชีวภาพที่พบในเมล็ดข้าวกล้องงอก	15
2	คุณภาพเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	55
3	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบที่ผลิตได้สมุนไพรกวน	56
4	การงอกของข้าวกล้องและความยาวของต้นอ่อนที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน	57
5	คุณภาพการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	61
6	ปริมาณความชื้น โปรตีน น้ำตาลรีดิวซิ่ง และ GABA ของแป้งข้าวกล้องงอกที่ระยะเวลาแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน	63
7	ค่าความแข็งและค่าสีของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีและระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน	65
8	ค่า a_w ของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีและระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน	66
9	คะแนนความชอบทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีและระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน	67
10	ค่าคุณภาพแป้งจากเมล็ดข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำข้าวกล้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง	69
11	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของส่วนแป้งอาหารว่างที่มีสัดส่วนน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกและระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่างกัน	71
12	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกสอดไส้สับปะรดที่มีสัดส่วนน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกและระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่างกัน	72
13	ค่าความแข็งของส่วนแป้งหุ้มไส้ที่ใช้อุณหภูมิของน้ำสำหรับทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนต่างกัน	74
14	ค่าความแข็งของแป้งหุ้มไส้สำหรับอาหารว่างที่ใช้เวลาในการทำให้แป้งสุกบางส่วนต่างกัน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวงอกได้ สับปะรด	75
16	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไส้สมุนไพรวงวนที่มีปริมาณมะเขือเทศและ มะตูมต่างกัน	78
17	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของไส้สมุนไพรวงวนที่มีปริมาณมะเขือ เทศและมะตูมต่างกัน	81
18	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกได้ สมุนไพรวงวน	81
19	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไส้สมุนไพรวงวนที่ใช้กลีเซอรอลปริมาณ ต่างกัน	84
20	คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์คุกกี้ ไส้สมุนไพรวงวนที่ความเข้มข้นของกลีเซอรอลต่างกัน	86
21	จำนวนผู้ทดสอบ (ร้อยละ) ที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของคุกกี้ไส้สมุนไพรวงวนที่ใช้ กลีเซอรอลร้อยละ 0, 5 และ 10 ที่ทดสอบโดย Just about right scale	87
22	ส่วนผสมผลิตภัณฑ์คุกกี้ไส้สมุนไพรวงวนจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ผ่านการพัฒนา	88
23	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของคุกกี้ไส้สมุนไพรวงวนที่พัฒนาได้	91
24	คะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ไส้สมุนไพรวงวน ของผู้บริโภค	92
25	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับ อาหารว่างด้วยวิธี CLT	94
26	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคคุกกี้ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบ การยอมรับคุกกี้ที่พัฒนาได้ด้วยวิธี CLT	95
27	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุกกี้ไส้สมุนไพรวงวนที่พัฒนาแล้วของผู้บริโภคกลุ่ม ตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับคุกกี้ด้วยวิธี CLT	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	อิทธิพลของเพศต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์	97
29	อิทธิพลของเพศต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	98
30	ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อปัจจัยที่ต้องการในลูกไก่ไข่สมุนไพร	98
ตารางผนวกที่		
จ1	ค่าความสว่าง (L*) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	165
จ2	ค่าสีแดง (a*) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	165
จ3	ค่าสีเหลือง (b*) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	166
จ4	ค่าความสว่าง (L*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	166
จ5	ค่าสีแดง (a*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	167
จ6	ค่าสีเหลือง (b*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	167
จ7	ค่าความแข็ง (นิเวศน์) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไข่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	168

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ8	ค่า a_w ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	168
จ9	ค่า a_w ในส่วนไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	169
จ10	ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	169
จ11	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์	170
จ12	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์	170
จ13	ค่าความเข้มข้นสีเหลืองในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	171
จ14	ค่าความเข้มข้นสีน้ำตาลในส่วนไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	171
จ15	ค่าความเข้มข้นความนุ่มของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	172
จ16	ค่าความเข้มข้นความเหนียวไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	172

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
จ17	ค่าความเข้มข้นด้านความหืนของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพร ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	173
จ18	คะแนนการยอมรับอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	173

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กรรมวิธีการผลิตอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพร	50
2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างกัน	56
3 อัตราการดูดน้ำของข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง	57
4 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวกล้องที่แช่น้ำ 0-3 ชั่วโมง	57
5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 0-72 ชั่วโมง	60
6 คุณค่าจากแป้งข้าวกล้องงอกและแป้งสาลีในอัตราส่วน 50: 50, 60: 40 และ 70: 30	67
7 อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สับปะรด	75
8 ไม้สมุนไพรกวนที่มีปริมาณมะเขือเทศและมะตูม 5: 1	77
9 กรรมวิธีการผลิตอาหารว่างไม้สมุนไพรที่พัฒนาได้	88
10 อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่พัฒนาได้	89
11 คะแนนความเข้มของอาหารว่างที่พัฒนาได้	93
12 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของส่วนแป้งคูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	100
13 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของส่วนไม้คูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	101
14 ค่าความแข็งของคูกี้ไม้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	102
15 ค่า a_w ของส่วนแป้งคูกี้และไม้คูกี้สมุนไพรที่ไม่ใช้และใช้กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ในระหว่างการเก็บรักษา	103
16 ค่า a_w ของส่วนแป้งคูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บรักษา	105
17 ปริมาณกรดไทโอบาบีทรูริกของแป้งคูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	107
18 การเปลี่ยนแปลงความชื้นน้ำตาลของไม้คูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	การเปลี่ยนแปลงความเข้มด้านความนุ่มของลูกกึ่งที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	110
20	การเปลี่ยนแปลงด้านความหืนของลูกกึ่งสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	111
21	การเปลี่ยนแปลงด้านความเหนียวของไส้ลูกกึ่งสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	112
22	การเปลี่ยนแปลงด้านการเกาะตัวกันระหว่างไส้และแป้งของลูกกึ่งสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา	112
ภาพผนวกที่		
ก1	ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีทั้งหมด	139
ก2	ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อน้ำแตกต่างกัน ก) 1: 1 ข) 1: 2 และ ค) 1: 3	139
ก3	ลูกกึ่งไส้สับปะรดที่ใช้อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำต่างกัน ก) 1: 1 ข) 1: 2 และ ค) 1: 3	139
ก4	ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่างกัน ก) 50 ข) 60 และ ค) 70 องศาเซลเซียส	140
ก5	ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้การทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนโดยใช้เวลาต่างกัน ก) 10 ข) 20 และ ค) 30 นาที	140
ก6	ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกที่ผ่านการทำให้สุกสมบูรณ์	140
ก7	เนื้อมะตูมจากผลมะตูมพันธุ์ธรรมชาติอายุประมาณ 4 เดือนที่ใช้สำหรับไส้สมุนไพรกวน	141
ก8	วัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตไส้สมุนไพรกวน ก) มะเขือเทศพันธุ์ที่อบละเอียด ข) อบเชยผง	141

การพัฒนาอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรบางชนิด

Development of a Cookie-type Snack from Germinated Brown Rice Flour and Selected Herb Fillings

คำนำ

ข้าว เป็นธัญชาติซึ่งเป็นอาหารหลักของประชากรมากที่สุด โดยเฉพาะประชากรในประเทศจีน อินเดีย ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย บังคลาเทศ ปากีสถาน ไทย และประเทศอื่นๆ ในทวีปเอเชีย ในปัจจุบันมีความนิยมในการรับประทานข้าวกล้องมากกว่าข้าวขัดขาวเนื่องจาก ข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีขั้นต้น คือเปลือกข้าว จะถูกกระเทาะ 2-3 ครั้ง จมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว จึงยังติดอยู่ ซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินอี วิตามินบี (Frantz, 2003) มีเส้นใยช่วยในการขับถ่าย ทำให้ท้องไม่ผูก เผาผลาญไขมัน และน้ำตาล วิตามินอีเป็นตัวต้านออกซิเดชัน (antioxidation) ที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน หรือมะเร็ง (วิภา, 2550) แต่ข้าวกล้องมักมีปัญหาในการบริโภคโดยมีความแข็งมากกว่าข้าวขัดสี จึงมีการนำข้าวกล้องไปแช่น้ำ 1-2 วัน เพื่อให้เกิดความนุ่ม ข้าวที่ได้จะมีการงอกของราก เรียกข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตดังกล่าวว่า ข้าวกล้องงอก (Jeon *et. al.*, 2003)

ข้าวกล้องงอกได้จากการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำในภาชนะที่ออกแบบไว้อย่างเหมาะสมและควบคุมอุณหภูมิที่ได้มาตรฐาน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เมล็ดข้าวกล้องมีสารแกมมาอะมิโนบิวทีริกแอซิด (GABA) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ คือ เป็นสารสื่อประสาท ช่วยป้องกันโรคปวดศีรษะ ควบคุมการทำงานของไตและสมอง โรคหลอดเลือดหัวใจ นอนไม่หลับ โรคลมชัก และยังมีคุณสมบัติในการลดความดันโลหิตด้วย (Zang *et. al.*, 2002; Okada *et. al.*, 2000) นอกจากนี้ข้าวกล้องงอกยังมีสารอาหาร เช่น วิตามินบี1 ฟอสฟอรัส และไนอาซีน มีการนำข้าวกล้องงอกไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ได้แก่ ชา ข้าวพร้อมบริโภค ชุป โมจิ (Okada *et. al.*, 2000) และขนมปังจากข้าวกล้องงอก (Ohtsubo *et. al.*, 2004)

ในประเทศไทยมีการผลิตเมล็ดข้าวกล้องงอกเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยมาก ส่วนใหญ่จะบริโภคเมล็ดข้าวกล้องโดยตรง ซึ่งประเทศไทยเป็นแหล่งเมล็ดข้าวที่สำคัญของโลก และปัจจุบันคนไทยเริ่มมีการตื่นตัวที่จะแสวงหาความรู้และแนวปฏิบัติที่ถูกต้องทางด้านอาหาร และโภชนาการกันมากขึ้น แนวทางหนึ่งที่จะเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของข้าวในอุตสาหกรรมอาหาร

รวมทั้งตอบสนองกระแสตลาดทางด้านสุขภาพ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องงอก โดยรายงานจากศูนย์วิจัยกสิกรรมไทยระบุว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างมาก โดยมีอัตราการขยายตัวประมาณร้อยละ 15–20 อาหารว่างในขณะนี้ที่ได้รับความนิยมคือขนมขบเคี้ยวประเภทแป้ง ซึ่งลูกก็เป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่มีอายุตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยรุ่นที่มีอายุอยู่ในช่วง 7–25 ปี และพบว่าปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ลูกก็เฉลี่ยต่อคนเพิ่มขึ้นเป็น 6,500–6,600 กรัม/คน/ปี ตลาดเบเกอรี่ในปัจจุบันมีมูลค่าประมาณ 30,000 ล้านบาท มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 7–8 ต่อปี (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2548)

สมุนไพรมีตัวต้านออกซิเดชันช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน สร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย สารสำคัญในสมุนไพร ที่สามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ สารเบต้าแคโรทีน ซึ่งพบในสมุนไพรที่มีใบเขียวจัด และสมุนไพรที่มีสีเหลือง ส้ม และแดง เช่น มะเขือเทศ มะตูม นอกจากสารเบต้าแคโรทีนดังกล่าวแล้ว ยังพบว่ามีวิตามินซีสูง ซึ่งวิตามินซีมีบทบาทในการสร้างภูมิคุ้มกันมะเร็ง คือ เป็นตัวต้านออกซิเดชัน สามารถปกป้องเซลล์ในร่างกายจากการเป็นมะเร็ง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความแข็งแรง และเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของเม็ดเลือดขาวได้ (Lampronti, 2003) ประเทศไทยมีการสนับสนุนทางด้านสมุนไพรแปรรูป และมีการส่งออกสมุนไพรจำนวนมาก การใช้สมุนไพรซึ่งเป็นธรรมชาติบำบัดสอดคล้องกับสภาวะความเป็นอยู่ของสังคมไทยและปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารของคนไทยเปลี่ยนแปลงไป ผู้บริโภคหันมาใส่ใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันคนไทยเริ่มมีการตื่นตัวที่จะแสวงหาความรู้และแนวปฏิบัติที่ถูกต้องทางด้านอาหาร และโภชนาการกันมากขึ้น แนวทางหนึ่งที่จะเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของข้าวและส่งเสริมการใช้สมุนไพรในอุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งตอบสนองกระแสตลาดทางด้านสุขภาพ คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวกล้องงอกร่วมกับสมุนไพร อาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคส่วนใหญ่ และโดยทั่วไปจะมีส่วนผสมหลักคือแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ อาหารว่างประเภทแป้ง ลูกก็เป็นอาหารว่างที่มีแป้งเป็นส่วนผสมหลักที่น่าสนใจในการพัฒนา การนำแป้งข้าวกล้องงอกมาใช้ในการผลิตอาหารว่างที่มีส่วนผสมหลักคือแป้งร่วมกับการใช้สมุนไพรจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวและสมุนไพรในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารว่าง

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของระยะเวลาการงอกที่มีต่อคุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอก
2. พัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตอาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรบางชนิด
3. ตรวจสอบคุณภาพและศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารว่างประเภทคุกกี้จากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่พัฒนาได้
4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่พัฒนาได้

การตรวจเอกสาร

1. ข้าว

1.1 ความสำคัญของข้าว

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ให้ความหมายของคำว่า “ข้าว” ไว้ดังนี้ คือ “ชื่อไม้ล้มลุกหลายชนิด หลายสกุล ในวงศ์ *Gramineae* โดยเฉพาะชนิด *Oryza sativa* Linn. ซึ่งใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก มีหลายพันธุ์ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว” ข้าวเป็นธัญชาติประจำชาติ เป็นอาหารของคนไทยมาช้านาน เป็นสินค้าเพื่อการส่งออกและทำรายได้ให้กับประเทศไทยมาตลอด ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรในแถบเอเชีย โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งมีการปลูกข้าวมากพอที่ส่งออกเป็นสินค้าที่สำคัญ ข้าวเป็นธัญชาติที่มีหลายพันธุ์ จึงมีองค์ประกอบและลักษณะทางเคมีที่แตกต่างกันอย่างมากเมื่อเทียบกับธัญชาติชนิดอื่น ๆ ข้าวที่รับประทานกันอยู่มีอยู่ 2 ประเภท คือ *Oryza sativa* และ *Oryza glaberrima* ข้าวประเภท *Oryza sativa* จะปลูกในเอเชียเป็นส่วนใหญ่แบ่งได้ 3 พวก คือ *Oryza sativa japonica* , *Oryza sativa indica* และ *Oryzasativa javanica* (ณรงค์, 2538)

1.2 พันธุ์ข้าวและองค์ประกอบ

พันธุ์ข้าวที่ทำการปลูกแต่ละพันธุ์จะมีคุณภาพแตกต่างกันทั้งคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว อายุการเก็บเกี่ยว ความสมบูรณ์ของอาหารในดิน และสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตได้ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) สำหรับข้าวเจ้าจะมีการจัดแบ่งพันธุ์ข้าวตามคุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน โดยปริมาณแอมิโลสเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการอธิบายคุณภาพในการหุงต้ม และเป็นตัวกำหนดลักษณะประจำพันธุ์ข้าว (Halick and Kelly, 1959; Juliano, 1965) ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่ใช้บริโภคเป็นอาหารหลักของคนไทย และยังมีการส่งออกมากที่สุด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยในอันดับแรก และมีการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี ข้าวเจ้าหอมมะลิเป็นข้าวที่มีแอมิโลสร้อยละ 16–20 ทำให้ได้ลักษณะข้าวสุกเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอมเฉพาะ (งามชื่น, 2536)

1.3 การเจริญเติบโตของข้าว

ข้าวใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตประมาณ 4–7 วันเมื่อปลูกข้าวที่ไม่มีการพักตัว ซึ่งการพักตัวของเมล็ด (seed dormancy) หมายถึง การที่เมล็ดแก่เต็มที่แล้ว แต่ไม่สามารถงอกได้ แม้ว่าจะอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการงอก (ทวี, 2544) การงอกของเมล็ดเริ่มสังเกตได้โดยเห็นการโผล่ของรากอ่อน ซึ่งห่อหุ้มด้วยปลอกหุ้มรากอ่อนหรือยอดอ่อนซึ่งห่อหุ้มด้วยปลอกใบ หรือปลอกหุ้มยอดอ่อน โดยเริ่มงอกตรงโคนของเมล็ดด้านที่เป็นจุมูกข้าวที่ติดกับก้านดอก ถ้างอกในที่ที่มีออกซิเจนพอเพียงปลอกหุ้มรากจะงอกออกมาก่อน ถ้าขาดออกซิเจนหรือปริมาณน้อย เช่น งอกในน้ำ ปลอกใบจะงอกออกมาก่อน เมล็ดข้าวจะเริ่มงอกได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 10–40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 30–35 องศาเซลเซียส และร้อยละของการงอกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวจะไม่สามารถงอกได้ ในทำนองเดียวกันอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียสลงไปการงอกของเมล็ดก็จะเริ่มลดลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวจะไม่งอกหรืองอกได้น้อยมาก ยกเว้นพันธุ์ที่ทนต่อความหนาวได้ (ทวี, 2544) อรรควุฒิ (2530) กล่าวว่าเมื่อต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ดประมาณ 3 วันหลังจากเชื้อหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) เจริญออกมา ใบแรกจะเจริญออกมาจากเชื้อหุ้มยอดอ่อน ถ้าเพาะเมล็ดข้าวในที่ที่ขาดแสง มีโซโคตทิล (mesocotyl) ที่เป็นเสมือนปล้องสั้นยึดเชื้อหุ้มยอดอ่อนและรากแรกกำเนิดไว้ในคัพพะหรือจุมูกข้าว (embryo) จะเจริญออกมาจากคัพพะก่อน แล้วเชื้อหุ้มยอดอ่อนจะเจริญออกมาจากส่วนปลายของมีโซโคตทิลอีกทอดหนึ่ง

2. ข้าวกล้องงอก

2.1 ความหมายของข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก(germinated brown rice) ผลิตจากการนำข้าวที่กระเทาะเอาเปลือกออกแต่จุมูกข้าวยังคงอยู่และจุมูกข้าวจะสามารถเจริญและงอกได้ต่อไป (Taketada, 2005) Ito (2004) กล่าวว่าข้าวกล้องงอกหมายถึงข้าวที่นำไปแช่น้ำแล้วเกิดการงอกของจุมูกข้าว ส่วน Watanabe (2004) กล่าวว่าข้าวกล้องงอกมีจุมูกข้าวยาวประมาณ 0.5–1 มิลลิเมตร โดยมีกระบวนการผลิตเหมือนกัน แต่ข้าวกล้องงอกผลิตโดยนำข้าวกล้องแช่น้ำและกระตุ้นให้เกิดการงอกของจุมูกข้าวอย่างรวดเร็ว (Miura, 2006) ข้าวกล้องงอกจะใช้เวลาการแช่น้ำมากกว่าจนกระทั่งมีการงอกและยืดยาวของยอดอ่อน Yamada (2005) กล่าวว่าข้าวกล้องงอกสามารถผลิตได้โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำและเพาะให้งอกเป็นระยะเวลานาน (Saikusa *et. al.*, 1994) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะมี

การย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมีให้ได้เป็นการโบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง ได้แก่ โอลิโกแซคคาไรด์ และ น้ำตาลรีดิคิง จากการกระตุ้นเมตาบอลิซึมของแป้งและน้ำตาล มีเอนไซม์จำพวกย่อยแป้ง เช่นแอมิเลส อินเวอร์เทส เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนก็ถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ นอกจากนี้ยังมีการสะสมสารเช่น GABA (gamma aminobutyric acid), โทโคฟีรอล (tocopherol), โทโคไทรอินอล (tocotrienol), แกมมา-ออริซานอล (gamma-oryzanol) เป็นต้น

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของข้าวกล้องงอก

2.2.1 น้ำ

เมล็ดต้องการใช้สำหรับการงอกเพื่อละลายโปรโตพลาสซึม น้ำทำให้อาหารที่เก็บสะสมไว้ในเมล็ดในรูปโมเลกุลใหญ่แตกย่อยออกเป็นโมเลกุลเล็กเพื่อขนย้ายไปยังจุดเจริญ เมล็ดข้าวในสภาพที่แห้ง โดยทั่วไปมีความชื้นประมาณร้อยละ 6–14 แต่การที่เมล็ดจะงอกได้นั้น เมล็ดต้องมีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 30–60 ของน้ำหนักแห้ง มากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช อาทิเช่น ข้าว (*Oryza sativa*) ต้องมีความชื้นร้อยละ 32–35 ข้าวโอ๊ต (*Avena sativa*) มีความชื้นร้อยละ 32–36 และข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) มีความชื้นร้อยละ 69 (วิไลภรณ์, มปป.) Akiyama (1998) กล่าวถึงหน้าที่ของน้ำที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดข้าวมีดังนี้ คือ ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากผนังเซลล์ และโปรโตพลาสซึมขยายตัวช่วยให้ออกซิเจนเข้าไปสู่ภายในของเมล็ด ทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซึมน้ำออกซิเจนเข้าไปภายในเมล็ดสะดวกขึ้น มีผลทำให้เกิดกิจกรรมทางชีวเคมีต่างๆ ในเมล็ด

2.2.2 ออกซิเจน

การงอกของเมล็ดเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ที่มีชีวิตและต้องใช้พลังงาน จึงต้องใช้ออกซิเจนสำหรับการหายใจ เพื่อย่อยสลายอาหารให้ได้มาซึ่งพลังงานที่จำเป็นสำหรับการงอก โดยทั่วไปเมล็ดข้าวกล้องจะงอกได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนประมาณร้อยละ 20

2.2.3 อุณหภูมิที่เหมาะสม

ปกติเมล็ดข้าวต่างๆ ไปสามารถงอกได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10–35 องศาเซลเซียส (จวงจันทร, 2529)

2.3 การเปลี่ยนแปลงของข้าวระหว่างการงอก

การงอกของเมล็ด หมายถึง ระยะที่รากอ่อนแทงทะลุส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาให้เห็น แต่นักวิทยาศาสตร์ทางด้านเมล็ดข้าวให้ความหมายคำว่า การงอกของเมล็ดไว้ว่า หมายถึง ระยะตั้งแต่เริ่มแรกที่มีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นในเมล็ดที่กำลังพักตัว ไปจนถึงระยะที่ต้นอ่อนเจริญเติบโต (Saikusa *et. al.*, 1994.) ในกระบวนการงอกจะมีการย่อยสลายสารอาหารที่สะสมอยู่ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่สะสมในเมล็ด

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกโดยทั่วไปมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนคัดเลือกเมล็ดข้าวกล้องที่ได้คุณภาพ ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการแช่ข้าวกล้องในน้ำที่ควบคุมสภาวะพิเศษ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 20 ชั่วโมงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 30–40 องศาเซลเซียส หรือใช้ระยะเวลาที่มากกว่านี้ในอุณหภูมิที่ต่ำ โดยมีการเปลี่ยนน้ำระหว่างการแช่ข้าว (Ito, 2004)

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในระหว่างการงอก มักเกิดขึ้นในช่วงแรกของการงอก ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ภายในเมล็ดหลังจากได้รับความชื้นและมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการงอก โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่ย่อยสารประกอบเชิงซ้อนบางตัวที่มีอยู่ในเมล็ดให้อยู่ในรูปของสารประกอบที่มีโครงสร้างอย่างง่าย โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารที่จำเป็น มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก

2.3.1 สารแกมมาอะมิโนบิวทีริกแอซิด (gamma amino butyric acid, GABA)

GABA เป็นกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน ในเมล็ดข้าวกล้อง GABA สร้างโดยปฏิกิริยา decarboxylation ของ L-glutamic acid โดยมีเอนไซม์ glutamate decarboxylase (GAD) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการสร้างหรือสังเคราะห์ GABA ปริมาณ GABA ในข้าวเจ้าชนิดแอมิโลสต่ำอยู่ระหว่าง 31.0–37.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมคัพกะข้าวเจ้าชนิดแอมิโลสสูงมี 21.4–28.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมคัพกะ ส่วนข้าวเหนียวมีปริมาณ GABA ในช่วง 29.6–72.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมคัพกะ (พัชร, 2550)

เมื่อแช่ข้าวกล้องในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและเก็บไว้ในที่มืด ปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกจะมีการเพิ่มขึ้นซึ่งมากกว่าข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ Liu *et. al.* (2005) ศึกษาการสะสมของ GABA ในเมล็ดข้าวที่มีจมูกข้าวหรือคัพกะขนาดใหญ่ โดยพบว่ามี

ความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ GAD ระหว่างการแช่น้ำ จากการศึกษาความสัมพันธ์ของการสะสมของ GABA และ กิจกรรมของ GAD ในระหว่างการแช่น้ำเมล็ดข้าวกล้อง โดยแช่ข้าวกล้องในน้ำเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 8, 16 และ 32 ชั่วโมง พบว่าปริมาณของ GABA ในคัพภะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามลำดับ ในขณะที่ข้าวกล้องที่มีคัพภะขนาดใหญ่มีปริมาณการสะสมของ GABA สูงที่สุด และมีกิจกรรมของ GAD เพิ่มขึ้นระหว่างการแช่น้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่มีคัพภะขนาดเล็กและที่ไม่มีคัพภะ (Liu *et. al.*, 2005) พัทรี (2550) พบว่าในคัพภะข้าวเจ้ามีปริมาณ GABA สูงที่สุดในข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (37.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ส่วนข้าวเหนียวพบ GABA สูงที่สุดในพันธุ์ R258 (72.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ข้าวกล้องงอกจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวเจ้าพันธุ์อื่น

Oh (2003) ศึกษาการเกิดสาร GABA ในเมล็ดข้าวกล้อง ศึกษาข้าวกล้อง 3 ส่วน คือ ข้าวกล้องทั้งเมล็ด, คัพภะที่ยังสามารถงอกได้ และข้าวกล้องที่มีคัพภะขนาดเล็ก หลังจากแช่น้ำเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 4, 8, 16 และ 32 ชั่วโมง พบว่าคัพภะมีการสะสมของ GABA เพิ่มขึ้นตามเวลาแช่น้ำที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง พบว่าปริมาณ GABA ในคัพภะมีค่าเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณมากกว่าจมูกข้าวที่ไม่แช่น้ำ 5 เท่า โดยเพิ่มขึ้น 1.4 เท่า คือจาก 14.4 เป็น 20.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณ GABA มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาของการแช่น้ำเท่ากับ 32 ชั่วโมง ส่วนของเชื้อหุ้มดินอ่อนจะปรากฏขึ้นและมีปริมาณ GABA เท่ากับ 586 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมในส่วนจมูกข้าว แต่ไม่พบในข้าวขาวที่ผ่านการขัดสี นอกจากนี้ พัทรีและคณะ (2550) ศึกษาปริมาณ GABA ในคัพภะข้าวเจ้าและข้าวเหนียว โดยใช้ข้าวที่มีเอมิโลสต่ำ ข้าวที่มีเอมิโลสสูง และข้าวเหนียวรวม 14 พันธุ์ พบว่าข้าวเจ้ามีปริมาณคัพภะโดยเฉลี่ยมากกว่าข้าวเหนียวทุกสายพันธุ์ จากการวิเคราะห์ปริมาณ GABA ในคัพภะพบว่าคัพภะข้าวเหนียวมีปริมาณ GABA โดยเฉลี่ยสูงกว่าคัพภะข้าวเจ้า แต่เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนของ GABA ที่มีในเมล็ดข้าวทั้งหมด พบว่า ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิมีปริมาณ GABA ในอัตราส่วนที่สูงกว่าข้าวเจ้าพันธุ์อื่น และปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นหลังจากแช่คัพภะในน้ำนาน 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Komatsuzaki *et. al.* (2007) ศึกษาการแช่ข้าวกล้องโดยนำข้าวกล้องพันธุ์ Haiminori และ Oou 359 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีจมูกข้าวขนาดใหญ่ และพันธุ์ Koshihikari, Yumetsukushi และ Nipponbare ซึ่งมีจมูกข้าวขนาดปกติ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากเมล็ดข้าวกล้องงอกล้างและนำไปแช่น้ำโดยมีการควบคุมก๊าซบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 23.5, 23, 22, 21, 20 และ 19 ชั่วโมง เมื่อได้ระยะเวลาดังกล่าวก็นำไปล้าง และพ่นไอน้ำร้อนเป็นระยะเวลา 10–30 นาที นำเมล็ดข้าว 100 กรัมแช่ในเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 (โดยปริมาตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตรเป็นเวลา 3 นาทีและแช่เยือกแข็งที่ -20 องศาเซลเซียส พบว่า หลังจากแช่ข้าว

3 ชั่วโมงและบ่มเป็นระยะเวลา 21 ชั่วโมงปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกเท่ากับ 24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมากกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่แต่ไม่ได้บ่ม ข้าวกล้องพันธุ์ *Haiminori* ให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด ส่วนปริมาณ aerobic plate count (APC) ในข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงมากกว่า 10^8 โคโลนีต่อกรัม และเมื่อใช้น้ำร้อนและเอธานอล 20–30 นาทีพบว่าข้าวกล้องงอกไม่สามารถตรวจพบ APC นอกจากนี้ Lui *et. al.* (2005) มีวิธีการฆ่าเชื้อข้าวกล้องก่อนนำไปแช่น้ำโดยแช่ในเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นแช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร้อยละ 1.2 เป็นระยะเวลา 5 นาที นำไปล้างในน้ำกลั่น โดยใช้ข้าวกล้อง 20 กรัมแช่ในพลาสติกที่มีน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดอุณหภูมิห้อง ศึกษาระยะเวลาการเพาะที่ 0, 1, 2, 4, 8, 16 และ 32 ชั่วโมง พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ GABA อย่างรวดเร็วใน 2 ชั่วโมงของการแช่ข้าว ปริมาณ GABA ที่ระยะเวลาการเพาะเท่ากับ 32 ชั่วโมงเท่ากับ 586 มิลลิกรัม/100กรัม ซึ่งมากกว่าข้าวบาร์เลย์งอก 3.9 เท่า Maeda *et. al.* (2001) พบว่าหลังจากแช่ข้าวในน้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมงปริมาณของ GABA ในข้าวกล้องพันธุ์ *Haiminori* สูงขึ้น 3–4 เท่าของข้าวกล้องที่ไม่ได้แช่น้ำ

พัชรี (2550) มีวิธีการเพาะข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่สมบูรณ์ โดยผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาด นำมาแช่น้ำให้เกิดการงอกโดยควบคุมอุณหภูมิ เป็นระยะเวลา 36–72 ชั่วโมง โดยมีการเปลี่ยนน้ำเป็นระยะ จากนั้นใช้น้ำร้อนเพื่อหยุดปฏิกิริยาการงอก นำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นของข้าวลงให้เหลือประมาณร้อยละ 12–13 พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณ GABA สูงสุดเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง

สุภาณี และคณะ (2007) ศึกษาวิธีการเพาะข้าวกล้องงอก โดยใช้ระยะเวลาการแช่น้ำข้าวกล้องเท่ากับ 12 ชั่วโมง แล้วนำมาหุ้มด้วยผ้าเป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง จะได้ข้าวสุกเหนียวนุ่มที่สุด จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในข้าวขาว ข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะต่างกันคือ 22 และ 26 ชั่วโมง พบว่าการใช้ระยะเวลาเพาะในสภาพมืดเป็นเวลา 26 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นสูงสุดในข้าวที่ทดสอบทั้ง 2 พันธุ์ และพบว่าในข้าวกล้องงอกมีกรดอะมิโนอยู่ระหว่างร้อยละ 14–18 ซึ่งมากกว่าในข้าวขาวประมาณ 40 เท่า ปริมาณโปรตีนในข้าวขาว ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกอยู่ในระดับใกล้เคียงกันโดยอยู่ระหว่างร้อยละ 7.5–8.8 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวกล้องงอกอยู่ระหว่าง 1.05–1.29 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ซึ่งสูงกว่าในข้าวขาวประมาณ 4–6 เท่า และตัวต้านออกซิเดชันประเภทสารประกอบฟีนอลิก ในข้าวกล้องงอกอยู่ระหว่าง 59–65 มิลลิกรัมต่อ

แป้ง 100 กรัม ซึ่งสูงกว่าในข้าวขาวประมาณ 3 เท่า การเพาะข้าวกล้องงอกที่ใช้เวลา 26 ชั่วโมง ในสภาพมืดให้ปริมาณออริซานอลสูงสุดคือ 45.66 ppm สูงกว่าในข้าวขาวประมาณ 4 เท่า

Komatsuzaki *et. al.* (2005) ศึกษาผลของการแช่น้ำและสภาวะบรรยากาศที่มีต่อปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดข้าวกล้องที่มีจมูกข้าวขนาดใหญ่แช่น้ำและควบคุมสภาพบรรยากาศ หลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงและควบคุมสภาพบรรยากาศเป็นเวลา 21 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก (24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สูงกว่าข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการควบคุมสภาพบรรยากาศ (10.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) จำนวนจุลินทรีย์บนผิวของข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นระหว่างการแช่น้ำ แต่การใช้ไอน้ำร้อนเป็นเวลา 20 นาที และใช้เอทานอลเป็นเวลา 3 นาที จะทำให้ฆ่าเชื้อได้อย่างสมบูรณ์และไม่มีการลดลงของปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอก

Ohtsubo *et. al.* (2005) ได้ศึกษาการเพาะข้าวกล้องงอก โดยใช้ข้าวพันธุ์ Koshihikari แช่น้ำในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำ โดยใช้ข้าวกล้องต่อน้ำในอัตราส่วน 1: 30 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยนำข้าวกล้อง 4 กิโลกรัมแช่น้ำในน้ำกลั่น 120 ลิตร โดยควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นโดยที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 96 ชั่วโมงมีปริมาณ GABA สูงที่สุด (149.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) แต่เมล็ดข้าวกล้องงอกที่ได้มีลักษณะแตกยุ่ย ไม่เหมาะสมในการนำไปผลิตขนมปัง จึงเลือกใช้ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำ 72 ชั่วโมง โดยพบว่าปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำ 72 ชั่วโมงสูงกว่าข้าวขาวและข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ 40 และ 11.5 เท่าตามลำดับ

2.3.2 โปรตีนและกรดอะมิโน

โปรตีนในเมล็ดจะพบในโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein bodies) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $\frac{1}{2}$ ถึง 10 มิลลิเมตร เมื่อมีการงอกโปรตีนในใบเลี้ยงจะมีปริมาณลดลงเพราะถูกย่อยสลายไปเป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนนี้จะเคลื่อนย้ายไปยังส่วนที่เจริญเติบโต ซึ่งจะมีการสร้างโปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนขึ้นใหม่อีกด้วย โปรตีนโกลบูลินเอนไซม์เกิดขึ้นได้โดยมีโปรตีนที่มีรูปร่าง อยู่แล้ว หรืออาจถูกส่งมาจากส่วนอื่นของเมล็ด อย่างไรก็ตามในการที่จะย่อยสลายโปรตีนในเมล็ดได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นต้องมีเอนไซม์เอนโดเปปติเดสด้วย จึงต้องมีการ

สังเคราะห์ขึ้นมา เอนไซม์ชื่อ vivilin peptidohydrolase ถูกสังเคราะห์ในไซโตพลาสซึมในช่วง 3 วันแรกของการงอกในวันที่ 4 จะมีการเคลื่อนย้ายเอนไซม์นี้ไปในโปรตีนที่มีรูปร่าง (วันชัย, 2537)

ในเมล็ดธัญชาติ โปรตีนส่วนใหญ่จะสะสมไว้ในเมล็ดในระหว่างการงอก โปรตีนที่สะสมไว้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น Taylor (1983) ได้ศึกษาการงอกของเมล็ดข้าวฟ่าง พบว่าในขณะที่เมล็ดพืชกำลังงอก จะมีการผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีน (โปรติเนส และเปปติเดส) เอนไซม์เหล่านี้จะย่อยสลายโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง และพบว่าในข้าวฟ่างหลังการงอก 7 วัน มีไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีนมากกว่าร้อยละ 60 และพบว่ากรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้นในระหว่างการงอก กรดอะมิโนบางตัวจะถูกสร้างขึ้นมาสังเคราะห์โปรตีน Hamad and Field (1979) ได้ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนไลซีนในข้าวที่งอก พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของไลซีนในข้าวที่งอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ Tsai *et. al.* (1975) ได้ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนในข้าวโพดที่งอกพบว่าการเพิ่มของไลซีน ทรีปโตเฟน และเมทไธโอนีนในข้าวโพดที่งอก นอกจากนี้ ทองปลิว (2532) ได้นำเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 7 มาเพาะเป็นเวลา 5 วัน พบว่าข้าวที่เพาะให้งอกมีความหนืดลดลง มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณโปรตีนและทรีปโตเฟนเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการงอกและลดลงในช่วงท้าย ในส่วนของสตาร์ชมีปริมาณลดลงแต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้น

2.3.3 เอนไซม์

คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในเมล็ดส่วนใหญ่จะเป็นแอมิโลสและแอมิโลเพกทิน ในขณะที่เมล็ดงอก จะมีการสังเคราะห์เอนไซม์อัลฟาแอมิเลสเพิ่มขึ้นเพื่อย่อยแอมิโลสและแอมิโลเพกทินให้มีโมเลกุลเล็กลง คือ เด็กซ์ทรินและ โมโนแซคคาไรด์เพื่อส่งไปเลี้ยงบริเวณคัพภะของเมล็ด การเปลี่ยนรูปของคาร์โบไฮเดรตจะมีผลต่อความหนืดของแป้งเนื่องจากโมโนแซคคาไรด์และเด็กซ์ทรินไม่พองตัวในน้ำร้อน ทำให้อาหารที่ผลิตจากข้าวงอก มีความหนืดต่ำกว่าอาหารที่ผลิตจากข้าวธรรมดา (Pathirana *et. al.*, 1983) (Kneen and Dickson, 1967) อัมพร (2543) ได้นำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาเพาะให้งอก พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลสมีค่าสูงขึ้นจากเมล็ดปกติ (0.32 หน่วย) โดยเมล็ดข้าวที่เพาะที่ 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมงมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เป็น 10.30, 11.02, 11.70 และ 11.70 หน่วยตามลำดับ

Nirmala *et. al.* (2000) ได้นำข้าวมิลเลท (millet) พันธุ์ Indaf-15 มาเพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลส

และพุลลูแลนส มีค่าสูงสุดที่ 72 ชั่วโมง ในขณะที่อัลฟาดีกลูโคซิเดสสูงสุดที่เวลา 48 ชั่วโมง ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ไซแลนสสูงสุดที่ 96 ชั่วโมง กิจกรรมของเอนไซม์อัลฟาไกลโคไลติกเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดเมื่องอกมีค่าสูงสุดที่ 96 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.44 เป็นร้อยละ 8.36 ที่ 96 ชั่วโมง ขณะที่คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 81 เป็นร้อยละ 58 ที่ 96 ชั่วโมง

Agu (1997) มีวิธีการเพาะข้าวฟ่าง โดยนำข้าวฟ่าง 200 กรัมมาเพาะโดยพ่นน้ำ 5 มิลลิลิตรต่อวินาที และเก็บที่อุณหภูมิ 20–30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน แล้วทำการวัดกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสและเอมิเลสทุก 24 ชั่วโมง โดยพบว่าวันที่ 5 ของการงอก เมล็ดข้าวฟ่างมีกิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสสูงสุด ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์เอมิเลสสูงสุดในวันที่ 3 ของการงอก และลดลงในวันต่อมาและเมื่อนำแป้งข้าวฟ่างจากเมล็ดข้าวฟ่างงอก 5 วันมาแช่ในสารละลายสก็ด เป็นเวลา 30 นาที พบว่าค่า *invitro* protein digestibility (IVPD) เพิ่มขึ้นสูงสุดในขณะเดียวกันสารที่สกัดจากเมล็ดข้าวฟ่างงอกช่วยให้ความหนืดของสารละลายแป้งลดลงอย่างมาก

Yamada *et. al.* (2005) มีวิธีการเพาะข้าวกล้องงอก โดยนำข้าวกล้องพันธุ์ *Hoshinoyume* แช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 22 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวกล้องงอกที่ได้ไปผ่านไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรตีเอสในข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าเมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการแช่น้ำ

2.3.4 สารต้านคุณค่าทางโภชนาการ

สารต้านคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในเมล็ดธัญพืชคือกรดไฟติกและแทนนิน สารดังกล่าวมีปริมาณลดลงเมื่อเมล็ดงอก (Opuku, 1981) และ Elmaki *et. al.* (1990) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวพันธุ์ที่มีสารแทนนินระดับต่ำ (ร้อยละ 0.32) และสูง (ร้อยละ 1.44) ที่นำมาเพาะให้งอกที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณโปรตีน เส้นใยหยาบ ไขมันและเถ้า ลดลงเล็กน้อยหลังจากแช่น้ำ ในขณะที่สตาโรซูกซ์ลดลงมากขึ้น ส่วนปริมาณแทนนินมีการสูญเสียร้อยละ 56–66 และ 98–99 ระหว่างที่งอก 72 ชั่วโมง ในพันธุ์ที่มีแทนนินต่ำและสูงตามลำดับ IVPD ลดลงในพันธุ์ที่มีแทนนินต่ำ แต่กลับสูงขึ้นในพันธุ์ที่มีแทนนินสูง จากการศึกษาทำให้สามารถลดปริมาณแทนนินลงได้ด้วยการเพาะเมล็ดให้งอก ทั้งนี้เนื่องจากสารแทนนินมีผลในการชะลอการย่อยโปรตีนและแป้ง

มีงานวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก โดย Bvochora *et. al.* (1999) นำข้าวฟ่าง 4 พันธุ์ได้แก่ DC-75 Mutode, Chihumani และ SV-2 มาแช่และเพาะรวมเวลา 84 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโปรแอนโทไซยานิดิน ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด, น้ำตาลรีดิวซ์, เอนไซม์แอมิเลส และ free α -amino nitrogen (FAN) ผลคือ ในระหว่างการเพาะพันธุ์ DC-75 และ Mutode มีโปรแอนโทไซยานิดินลดลง แต่พันธุ์ Chihumani และ SV-2 มีค่าโปรแอนโทไซยานิดินไม่แตกต่างจากเมล็ดปกติ ในส่วนของปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดของพันธุ์ DC-75 Mutode และ SV-2 มีค่าลดลง แต่พันธุ์ Chihumani กลับมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาน้ำตาลรีดิวซ์, กิจกรรมเอนไซม์แอมิเลส และ FAN พบว่าพันธุ์ DC-75 และ Mutode มีค่าสูงกว่าอีก 2 พันธุ์ที่เหลือในระหว่างการงอก

Capanzana *et. al.* (1997) ศึกษาสภาวะการงอกที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ *Oryza sativa* เพาะที่อุณหภูมิ 10–50 องศาเซลเซียส นาน 0–6 วัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ การแช่เมล็ดข้าวกล้องในน้ำ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงและแช่เมล็ดข้าวในน้ำ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน โดยมีปริมาณวิตามินบี 1 สูงสุด ถึงแม้ว่าในช่วงการแช่เมล็ด ปริมาณวิตามินบี 1 จะมีค่าลดลงแต่เมื่องอกกลับให้ค่าที่สูงขึ้น และให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่องอก ปริมาณผลิต ค่าความหนืด และกิจกรรมของเอนไซม์แอมิเลสในปริมาณที่เหมาะสม

Capanzana *et. al.* (1989) ได้ศึกษาการงอกของข้าว 2 พันธุ์ *Jaya* และ *IR-20* โดยเพาะที่อุณหภูมิห้องนาน 5 วัน พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดข้าวงอก โดยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และสูงสุดในวันที่ 5 ของการเพาะ และ สารอาหารบางชนิดลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการแช่เมล็ดและการเคลื่อนย้ายสารอาหารบางส่วนไปยังรากและต้น แต่ในการวิจัยพบว่าข้าวงอกที่เพาะเวลา 2-4 วัน กลับมีปริมาณวิตามินบี 1 ในระดับที่สูงกว่าเมล็ดควบคุม นอกจากนี้ Egli *et. al.* (2002) มีวิธีการเพาะข้าวกล้องงอกโดยการนำเมล็ดข้าวกล้อง 100 กรัมแช่ในน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตรเป็นเวลา 16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในที่มืด โดยเพาะในไหงอกเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำ 2 ครั้งต่อวัน พบว่าปริมาณกรดไฟติกลดลงในระหว่างการแช่น้ำ โดยระยะเวลาแช่น้ำที่ 72 ชั่วโมงมีปริมาณกรดไฟติกลดลงร้อยละ 34 ของปริมาณเริ่มต้น

2.4 ประโยชน์ของข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอกเป็นที่นิยมในปัจจุบันมากขึ้น เนื่องจากมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ วิตามินบี, ไทอะมิน และใยอาหารสูง (นงลักษณ์, 2543) คัพพะข้าวประกอบด้วยโปรตีน

วิตามิน เกลือแร่ ใยอาหาร และ GABA ข้าวกล้องงอกถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวกล้องงอกเป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก ซึ่งโดยปกติแล้วในข้าวกล้องประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่า ข้าวกล้องธรรมดา จึงง่ายแก่การหุงรับประทาน อีกทั้งประกอบด้วยสารอาหารมากมายในระหว่างการงอก ได้แก่ GABA, ใยอาหาร, กรดโฟลิก, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม, สังกะสี, กรดเฟอรูลิก, สารอินโนซิทอล และ แกมมา-ออริซานอล และพบว่าข้าวกล้องงอกมี GABA 10 เท่าของข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก มีใยอาหาร, วิตามินอี, ไนอะซิน และ ไลซีน 4 เท่าของข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก มีวิตามินบี 1, บี6 และแมกนีเซียม 3 เท่าของข้าวกล้องธรรมดา (Miura, 2006) Kayahara and Tsukahara (2000) ได้กล่าวถึง ตัวอย่างของกิจกรรมทางชีวภาพในข้าวเมล็ดงอก ดังตารางที่ 1

Saikusa *et. al.* (1994) พบว่า GABA ในข้าวกล้องงอกจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแช่ข้าวกล้องในน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8-24 ชั่วโมง ส่วน Okada *et. al.* (2000) รายงานว่าการได้รับ GABA 8 ครั้ง/สัปดาห์จะทำให้ลดความดันโลหิตและช่วยให้นอนหลับ นอกจากนี้ Jeon *et. al.* (2003) ยังพบว่าสาร GABA ทำให้ช่วยลดการอักเสบของตับ มีบทบาทสำคัญในระบบประสาทส่วนกลาง เป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมพิทูอิทารี ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต กระตุ้นต่อมที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนโกรท ช่วยสร้างเนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสารลิโปโทรปิก (lipotropic) ซึ่งเป็นสารป้องกันไขมันจากการศึกษาในหนู พบว่าการบริโภคข้าวกล้องงอกที่มีสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องปกติ 15 เท่า จะสามารถป้องกันการทำลายสมองเนื่องจากสารเบต้าอไมลอยด์เปปไทด์ (beta-amyloid peptide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคสูญเสียความทรงจำ (อัลไซเมอร์) ดังนั้น จึงมีการนำสาร GABA มาใช้ในวงการแพทย์ เพื่อการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ หลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น นอกจากนี้ ข้าวกล้องงอกยังมีเส้นใยอาหาร, อินโนซิทอล, กรดเฟอรูลิก, กรดโฟลิก, สารโทโคไทรอินอล, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม, สังกะสี, แกมมา-ออริซานอลและ สารยับยั้งเอนไซม์โพรลิลเอนโดเปปติเดส (prolylendopeptidase) (Kayahara และ Tsukahara, 2000) ดังตารางที่ 1 แสดงสารอาหารที่อยู่ใน ข้าวกล้องงอก

ตารางที่ 1 ผลของสารที่มีต่อกิจกรรมทางชีวภาพที่พบในเมล็ดข้าวกล้องงอก

สาร	ผลที่มีต่อกิจกรรมทางชีวภาพ
GABA	กระตุ้นเมทาบอลิซึมในสมอง, ป้องกันโรคปวดศีรษะ และอัมพาต เนื่องจากเส้นเลือดในสมองแตก, ป้องกันการเสื่อมสมรรถนะภาพทาง เพศ, ป้องกันโรคเครียดวิตกกังวล เช่น โรคนอนไม่หลับ และพฤติกรรม ที่มาจากความผิดปกติทางจิต และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของไต
ใยอาหาร	บรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ควบคุมระดับน้ำตาลใน เลือด
สารอินโนซิทอล	กระตุ้นการเผาผลาญไขมัน ป้องกันไขมันในตับ และ เส้นเลือดในสมอง แตก
แมกนีเซียม	ป้องกันโรคหัวใจ
โพแทสเซียม	ลดความดันเลือด
สังกะสี	เพิ่มประสิทธิภาพในการสืบพันธุ์ และป้องกันโรคเส้นเลือดในสมองแตก
ออร์ซานอล	ตัวต้านออกซิเดชัน ป้องกันรอยเหี่ยวย่นบนผิวหนัง ควบคุมระดับคลอ เรสเตอรอล
สารยับยั้งเอนไซม์โพ	ป้องกันโรคอัลไซเมอร์
ลิเลอินโดเปปทิเคส	

ที่มา: Kayahara and Tsukahara (2000)

2.5 การใช้ประโยชน์จากข้าวกล้องงอกในอุตสาหกรรมอาหาร

ข้าวกล้องงอกมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ มากมาย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์
เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ขนมและอาหารว่าง ได้แก่ ชา โมจิ เค้ก ลูกเกด ข้าวหมัก (วิภา, 2550) รวมทั้ง
ข้าวกล้องงอกสำเร็จรูป และในปัจจุบันข้าวกล้องงอกมีการนำไปใช้ในการผลิตอาหารหลากหลาย
โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้

สุภาณีและคณะ (2007) ผลิตไอ้กึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก โดยศึกษาการผลิตข้าว
กล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่เพาะให้งอกในสภาพต่างกันคือ สภาพปกติใน
ห้องทดลองและสภาพมีด ศึกษาระยะเวลาในการเพาะต่างกันคือ 22 และ 26 ชั่วโมง การใช้เวลาการ

เพาะนานขึ้นทำให้มีปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน, น้ำตาลรีดิวซิ่ง, กรดอะมิโน พบว่าการเพาะเป็นเวลา 26 ชั่วโมงในสภาพมืดเหมาะสมที่สุด จากนั้นลดความชื้นข้าวกล้องงอกโดยการเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 นำข้าวกล้องงอกมาทำเป็นโถงกึ่งสำเร็จรูปโดยนำข้าวไปหุงหรือนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้แห้งด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก เข้าเครื่องบดละเอียดได้เป็นแป้งข้าวกล้องงอก ผสมเครื่องปรุงจะได้โถงกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก

Motonobu *et. al.* (2004) ศึกษาวิธีการผลิตชาจากข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดข้าวกล้องงอกผสมกับใบชา และเก็บในสถานะที่หยุดการเจริญของข้าว พบว่าชาที่ได้มีปริมาณ GABA มากกว่าชาที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิต Hisakatsu (2001) มีการใช้ข้าวกล้องงอก ผสมกับเชื้อรา *Aspergillus oryzae* และยีสต์ ทำเหล้าสาเกของญี่ปุ่น Terumi (2000) ศึกษาการทำขนมเค้กธัญชาติ โดยใช้ข้าวกล้องงอกหรือธัญชาติงอก ให้ความร้อนและฉายรังสีอินฟราเรด และพบว่าการงอกของเมล็ดธัญชาติจะทำให้ได้ฟอสฟอรัส อินโนซิтол กรดอะมิโน กรดไขมันจำเป็น ส่วนแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล Senya (2004) ผลิต Amazake โดยการใช้ข้าวกล้องงอกเติมน้ำในโคจิ (Koji) ซึ่งได้มาจากข้าวกล้องงอก หมักและควบคุมอุณหภูมิและเวลา นอกจากนี้ Hiromichi (2002) ได้ศึกษาวิธีการผลิตน้ำเชื่อมจากข้าวกล้องงอกสำหรับการผลิตลูกกวาด Ohtsubo *et. al.* (2004) ศึกษาสารประกอบที่มีหน้าที่ทางชีวภาพในข้าวกล้องงอกที่ใช้กระบวนการเอ็กทราชัน โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามด้วยการทำแห้งเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 13-15 ที่ 15 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณออริซานอล, อินโนซิтол, กรดเฟอรูลิกและใยอาหารทั้งหมด มากกว่าข้าวขัดสี ขนมปังที่ใช้แป้งเอกซ์ทราคตจากข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 มีปริมาณ GABA และน้ำตาลรีดิวซิ่งมากกว่าขนมปังที่ผลิตจากข้าวสาลีและข้าวกล้อง แต่น้อยกว่าขนมปังที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 ขนมปังที่ใช้แป้งเอกซ์ทราคตจากข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 มีคะแนนความหวานและความชอบโดยรวมมากกว่าขนมปังจากแป้งสาลีทางสถิติ

Watanabe *et.al.* (2007) นำข้าวกล้องงอกที่แช่ในน้ำมาผลิตเป็นขนมปัง โดยศึกษาผลที่มีต่อคุณสมบัติของโคและคุณภาพของขนมปังโดยเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ได้แช่น้ำ พบว่าการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอกจะทำให้ขนมปังมีปริมาณจำเพาะน้อยกว่าขนมปังที่ไม่มีการแทนที่ด้วยแป้งข้าวกล้องและแป้งข้าวกล้องงอก แต่ขนมปังที่ประกอบด้วยแป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 10 และ 20 จะยับยั้งการเกิดสเตลิง (staling) ระหว่างการเก็บรักษาและมีความเหนียวของโดมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังที่ไม่มีการแทนที่ด้วยแป้งข้าว

กลี้ง และขนมปังที่ใช้แป้งข้าวกลี้ง จากการวิเคราะห์ GABA และ ออริซานอลไม่พบในขนมปังที่ผลิต ส่วนกรดไฟติกลดลงร้อยละ 54 และ 45 ในขนมปังที่ใช้แป้งข้าวกลี้งและแป้งข้าวกลี้งงอกร้อยละ 30 ตามลำดับ

3. อาหารว่าง

อาหารว่าง หมายถึง อาหารที่ใช้รับประทานเล่นระหว่างมื้ออาหารหลัก ลักษณะเด่นของขนมขบเคี้ยวในปัจจุบัน คือ น้ำหนักน้อย รับประทานง่าย นำติดตัวไปในที่ต่างๆ ได้สะดวก ขนมขบเคี้ยวจัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมาก จึงช่วยให้อิ่มท้องได้ (Gordon, 1990)

3.1 ประเภทของอาหารว่าง

ประเภทอาหารว่างหรือขนมขบเคี้ยว สามารถแบ่งตามวิธีการผลิตได้เป็น 4 ชนิด คือ Deep fat fried เป็นการแบ่งทอดในน้ำมันจะใช้เวลาในการทอด ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีทั้งแบบแผ่น แท่ง วงแหวน และรูปแบบอื่นๆ Quick fried ใช้เวลาในการทอดรวดเร็ว ใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้น 10–15 วินาที ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง Extrusion cooked ใช้วัสดุขี้สาคูหรือแป้งมันฝรั่งผสมน้ำ นวดจนเกิดโด ทำให้สุกภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูง ทำให้แห้ง แล้วนำเข้าเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปร่างเป็นแผ่นบาง สามารถปรับขนาดตามความต้องการได้ และ Roasted เป็นการอบ นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทถั่ว (Gordon, 1990)

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปในระหว่างมื้อของอาหาร จากการรวบรวมความหมายของอาหารว่างของ Blenford (1982) และ Tettweiler (1991) สรุปได้ว่า อาหารว่างควรมีลักษณะพื้นฐานดังนี้ มีลักษณะรูปร่างขนาดเล็ก อาจเป็นของหวานหรือของเคี้ยว โดยที่ผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วพร้อมบริโภคได้ทันที หรือมีการเตรียมเพียงเล็กน้อย บริโภคขณะร้อนหรือเย็นในรูปของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ใช้รับประทานเป็นอาหารว่างหรือโอกาสต่างๆ ตามที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งจะก่อให้เกิดความพึงพอใจและประทับใจในความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ได้ ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ โดยไม่ต้องอาศัยความเย็น นอกจากอาหารที่ประกอบภายในครัวเรือนแล้วอาหารขบเคี้ยวส่วนใหญ่ยังมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์อาหารว่างในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งบริษัทศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด (2543) ได้จำแนกประเภทของอาหารว่างที่มีในตลาดส่วนใหญ่เป็น 7 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) มันฝรั่งทอด / อบเนย ทั้งชนิดแผ่นและแท่ง 2) ปลาเส้น ปลาแผ่น ปูรุกรสต่างๆ 3) ขนมจิ้นรูป ได้แก่ ขนมอบกรอบที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทแป้ง อาทิ แป้งข้าวโพดและส่วนผสมอื่น จิ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างต่างๆ กัน 4) ถั่วประเภทต่างๆ 5) ข้าวเกรียบ (กึ่ง ปลา และอื่นๆ) 6) ข้าวโพดอบเนย 7) ปลาหมึกปูรุกรส ในตลาดต่างประเทศเช่น สหรัฐอเมริกา ตลาดของอาหารว่างจะครอบคลุมไปถึงผลิตภัณฑ์คุกกี้ ขนมหวานแบบแท่ง ข้าวโพดคั่ว และพิชซ่า ส่วนในประเทศญี่ปุ่น จะรวมถึงอาหารว่างที่ทำจากข้าว สีน้ข้าวลูกกวาด ของหวาน รวมทั้งผลิตภัณฑ์เค้กและผลิตภัณฑ์คุกกี้

3.2 คุกกี้

คุกกี้หรือบิสกิต เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีความขึ้นต่ำ มีขนาดเล็ก แบนและมีรสหวาน มีรูปร่างและกลิ่นรสต่างๆ กัน บางชนิดบาง บางชนิดหนา รวมถึงอาจมีการตกแต่งด้วยผลไม้พวกนัท ถั่ว ซึ่งส่วนผสมของคุกกี้จะมีตั้งแต่ส่วนผสมเหลวจนกระทั่งส่วนผสมแห้ง แต่ส่วนผสมของเค็กจะมีเฉพาะส่วนผสมเหลวเท่านั้น โดยคุกกี้จะมีส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลี ไขมัน และน้ำตาล สำหรับของเหลวอาจมีเล็กน้อยซึ่งจะเติมในช่วงของการผสมเพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดี (ธีรบุษ, 2546) คุกกี้สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท โดยแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้และแบ่งตามวิธีการผลิต

3.2.1 ประเภทของคุกกี้

1) ประเภทของคุกกี้แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้มี 2 ชนิดคือ คุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก และคุกกี้ที่มีไข่เป็นส่วนผสมหลัก (จิตรนา, 2525)

1.1) คุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก หรือเรียกว่าคุกกี้เนย มีสูตรโครงสร้างเหมือนเค็กเนย แต่มีของเหลวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเค็ก ทั้งนี้เพื่อให้คุกกี้มีความหนืดและแข็งแรงที่จะหยอดให้เป็นรูปร่างตามต้องการได้ สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ คุกกี้เนยชนิดอ่อนหรือชนิดนุ่ม คุกกี้ชนิดนี้มีปริมาณความชื้นสูงจึงต้องใช้ไข่ในปริมาณสูง เพื่อช่วยในการให้โครงร่างของคุกกี้ คุกกี้เนยชนิดแข็งหรือชนิดกรอบจะต้องลดปริมาณของเหลวในสูตร เพราะต้องการให้คุกกี้แห้งขึ้นในระหว่างอบและจะกรอบเมื่ออบเสร็จ และคุกกี้ร่วนเป็นชนิดของคุกกี้เนยที่มีปริมาณไขมันสูง ทำให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้ร่วน ไขมันที่นิยมใช้มากที่สุดได้แก่ เนยสด

1.2) คุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก หรือเรียกว่า คุกกี้ไขมัน ต่างจากคุกกี้เนยทั้งวิธีการผสมและปริมาณไขมันที่มากกว่า เพื่อช่วยเก็บกักอากาศ และเป็นโครงสร้างของคุกกี้ แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ เมอแรงค์เชล ทำจากไข่ขาวที่ตีกับน้ำตาลเพื่อเก็บกักอากาศ โดยตีไข่ขาวให้ขึ้นฟู จนเนื้อเนียนแข็งพอที่จะอุ้มส่วนผสมอื่นๆ เข้าไป โดยผสมอย่างเบาๆ เพื่อไม่ให้ฟองอากาศสูญเสียไป นำมาอบที่อุณหภูมิที่มีอุณหภูมิประมาณ 90–110 องศาเซลเซียส มاکารูนคุกกี้ส่วนมากทำจากอัลมอนต์ผสมน้ำตาลและไข่ขาว ส่วนผสมที่แข็งแรงอาจทำให้ร้อนตัวได้โยนไปอุ่นหรือทำให้ร้อนในหม้อตุ๋นแล้วนำมาหยอดในถาด ส่วนผสมที่แข็งแรงสามารถทำให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้ตามต้องการ ส่วนมากมักทำเป็นแท่งแป้นยาวโรยด้วยถั่วและผลไม้ต่างๆ และสปันจ์คุกกี้ซึ่งมีวิธีการทำและปฏิบัติเช่นเดียวกับสปันจ์เค้ก แต่คุกกี้ไขมันในปริมาณที่มากกว่า (ธีรนุช, 2546)

2) ประเภทของคุกกี้แบ่งตามวิธีการทำ แบ่งได้เป็น 6 ประเภทคือ คุกกี้หยอด (dropped cookies) คุกกี้ชนิดนี้จะมีรูปร่างไม่คงที่และไม่สม่ำเสมอ มีวิธีการทำง่ายๆ โดยหยอดแป้งผสมลงในถาดให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ คุกกี้ม้วนหรือคลึง (rolled cookies) ส่วนผสมจะแห้งสามารถใช้ไม้คลึงแป้น คลึงเป็นแผ่นได้ ทำจากโดที่นำมารีดเป็นแผ่นแล้วตัดด้วยที่ตัดคุกกี้ เพื่อทำเป็นรูปร่างๆ หรือม้วนให้เป็นแท่งแล้วตัดตามขวาง คุกกี้กด (pressed cookies) ส่วนผสมมีความชื้นมากกว่าคุกกี้หยอด เป็นคุกกี้ที่เข้มข้นที่สุดและใช้ในงานเลี้ยงมากที่สุด ทำด้วยเนยแล้วกดผ่านกระบอกคุกกี้หรือผ่านหัวบีบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ คุกกี้แท่ง (bar cookies) มีส่วนผสมใกล้เคียงกับเค้ก แต่มีปริมาณของเหลวน้อยกว่า มักอบในพิมพ์แล้วตัดเป็นชิ้น ทำจากโดที่ค่อนข้างแข็ง นำมารีดออกเป็นเส้นยาวๆ บนถาดทาด้วยไขมันหรือไม่ว่าก็ได้ คุกกี้ชนิดนี้ส่วนใหญ่มีความนุ่มคล้ายเนื้อเค้ก บางชนิดกรอบหรือเหนียว คุกกี้แช่เย็น (refrigerated cookies/icebox cookies) ส่วนใหญ่จะม้วนเป็นแท่งและเนื่องจากมีปริมาณไขมันสูง ดังนั้นจึงต้องแช่เย็นให้หยุดตัว เวลาจะอบจึงนำมาตัดเป็นชิ้นบางแล้วนำเข้าอบขณะที่คุกกี้ยังเย็นอยู่ทำให้คุกกี้คงรูปร่างเดิมคุกกี้ปั้น (moulded cookies) ส่วนผสมค่อนข้างแห้ง มีปริมาณไขมันสูงเหมาะสำหรับปั้นเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ (ธีรนุช, 2546)

3.2.2 หน้าที่ของส่วนผสมในคุกกี้

ส่วนผสมที่ใช้ในการทำคุกกี้ จำแนกได้เป็น 2 พวก คือ ส่วนผสมที่ทำให้คุกกี้อ่อนหรือแข็งตัวเพื่อเป็นโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ แป้ง น้ำ ไข่ทั้งฟอง ไข่ขาว และนมผง และส่วนผสมที่ทำให้คุกกี้นุ่ม ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และสารที่ช่วยให้ขึ้นฟู (ธีรนุช, 2546)

1) แป้ง แป้งสาลีเอนกประสงค์เป็นแป้งที่เหมาะสมในการทำคุกกี้ มีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 10-11 ซึ่งคุกกี้ที่ได้จะมีความกรอบแข็ง แต่ถ้าต้องการคุกกี้ที่มีความกรอบนุ่มควรใช้แป้งเค้กที่ไม่ผ่านการเติมคลอรีน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำลงคือ ร้อยละ 8-10 (ธีรนุช, 2546) แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จแล้ว (Cauvain and Young, 2006)

2) ไขมัน ช่วยในการขึ้นฟูสำหรับคุกกี้ที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก และให้ความอ่อนนุ่มแก่คุกกี้ ให้กลิ่นรสที่ดี ช่วยในการเป็นครีม สำหรับคุกกี้ ความสำคัญของไขมันอยู่ที่ค่าของการเป็นครีม (ความสามารถของไขมันในการเก็บอากาศเข้าไว้ เมื่อไขมันถูกตีแรงๆ และเร็ว) ที่ดี ไขมันที่ใช้โดยทั่วไปมี 3 ประเภทคือ เนยสด เนยขาว และมาร์การีน เนยสดให้กลิ่นรสที่ดี แต่มีคุณสมบัติในการตีครีมน้อยกว่าเนยขาว เมื่อตีครีมจะไม่ขึ้นฟูเท่าเนยขาวและมาร์การีน(ธีรนุช, 2546)

3) น้ำตาล โดยมากใช้น้ำตาลทรายเม็ดละเอียดเพราะละลายได้ง่าย และช่วยให้ส่วนผสมของคุกกี้มีความคงตัวดีขึ้น ถ้าใช้น้ำตาลทรายเม็ดหยาบจะทำให้คุกกี้มีเนื้อสัมผัสนุ่มและขยายตัวมากกว่าน้ำตาลทรายชนิดละเอียด น้ำตาลช่วยให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีรูหรือโพรงอากาศสม่ำเสมอ มีปริมาตรที่ดี ช่วยในการตีครีมกับไขมันและไข่ให้อยู่ตัว และช่วยให้เกิดการขยายตัวด้านข้างของคุกกี้ (ธีรนุช, 2546)

4) ไข่ เป็นตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟู และเป็นตัวช่วยในด้านโครงสร้าง ให้ความอ่อนนุ่มของคุกกี้ เนื่องจากไข่แดงมีเลซิธินเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ไขมันสามารถรวมตัวกับของเหลวได้โดยไม่แยกชั้น ส่วนไข่ขาวช่วยสร้างโครงสร้าง เพราะมีโปรตีน นอกจากนี้ยังเป็นตัวควบคุมลักษณะส่วนผสมไม่ให้แห้งหรือเหลวจนเกินไป รวมทั้งช่วยในด้านสีผิว โดยไข่แดงจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองและรสชาติอีกด้วย (Cauvain and Young, 2006)

5) สารที่ช่วยให้ขึ้นฟู ช่วยควบคุมขนาดของคุกกี้ ทำให้มีการแผ่ตัวและเนื้อโปร่ง พองฟู ช่วยให้คุกกี้ขึ้นฟูในด้านบนหรือพองตัวขึ้น เบคกิ้งโซดา ช่วยให้คุกกี้แผ่ตัว เนื่องจากเบคกิ้งมีฤทธิ์เป็นด่าง (เบส) ทำให้กลูเตนในแป้งสาลีอ่อนตัว โดยมากมักใช้ในสูตรที่มีส่วนผสมที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ผงโกโก้ น้ำผึ้ง น้ำตาลทรายแดง การใช้เบคกิ้งโซดามากเกินไปจะเกิดสารตกค้างทำให้คุกกี้มีรสฝื่อน เบคกิ้งแอมโมเนีย มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับเบคกิ้งโซดา คือช่วยให้คุกกี้แผ่ตัว (ธีรนุช, 2546)

6) น้ำ ทำให้กลูเตนเกิดขึ้นเป็นโครงร่างของคุกกี้และช่วยควบคุมความหนืดของโด นอกจากนี้ยังช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆ ให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (ธีรบุษ, 2546) ทำให้แป้งเกิดการพองตัว ช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้ดี (Cauvain and Young, 2006)

4. สมุนไพร

สมุนไพรหมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา บางชนิดยังใช้ประโยชน์ในแง่ที่เป็นอาหารได้ด้วย ในทางตรงข้ามอาจมีโทษถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปหรือใช้อย่างไม่ถูกวิธี สมุนไพร แปลตามพจนานุกรม สมุนไพร-หมายถึงการรักษา ไม้-หมายถึง ไม้ ดังนั้น ถ้าจะแปลรวมกันก็จะได้ว่าคำที่หมายความว่า การรักษาที่ได้จากไม้ (จิระเดช , 2537)

สารประกอบทางเคมีในพืชสมุนไพรจำแนกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ (กมลและคณะ, 2544) สารปฐมภูมิ ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไป พบในพืชทุกชนิด เป็นผลิตภัณฑ์ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เม็ดสี และเกลืออนินทรีย์ เป็นต้น สารทุติยภูมิ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีลักษณะค่อนข้างพิเศษ เกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ที่มีเอนไซม์เข้าร่วม สารประกอบประเภทนี้มีอัลคาลอยด์, แอนทราควิโนน, น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น

ประเภทของสมุนไพร ในที่นี้จะแบ่งตามสารประกอบที่พบในพืชสมุนไพร โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือ คาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล กัม วุ้น น้ำผึ้ง เปคติน เป็นต้น กลุ่มที่ 2 คือ ไขมัน เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น กลุ่มที่ 3 คือ น้ำมันหอมระเหย เป็นสารที่พบมากในพืชเขตร้อน มีลักษณะเป็นน้ำมัน มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิธรรมดา เบากว่าน้ำ สามารถสกัดออกมาจากส่วนของพืชได้ พืชสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหย คือ กระเทียม จิง ขมิ้น ฟ้าทล มะกรูด ตะไคร้ กานพลู อบเชย และกลุ่มที่ 4 คือ เรซินและบาลซัม เรซินเป็นสารอินทรีย์หรือสารผสมประเภทพอลิเมอร์ มีรูปร่างไม่แน่นอน ส่วนใหญ่จะเปราะ แตกง่าย บางชนิดจะนิ่มไม่ละลายน้ำ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น ชันสน บาลซัม ซึ่งประกอบด้วยกรดซินนามิก หรือกรดเบนโซอิก หรือเอสเทอร์ของกรดสองชนิดนี้ เช่น กายาน เป็นต้น (ยุวดี, 2541) ตัวอย่างสมุนไพรที่นำไปใช้ประโยชน์ในอาหาร

4.1 มะเขือเทศ

มะเขือเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum mill.* อยู่ในตระกูล *Solanaceae* มะเขือเทศจัดเป็นพืชผักที่อุดมด้วยสารอาหารทั้งพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน จากการวิเคราะห์มะเขือเทศชนิดผลใหญ่ที่ใช้รับประทานสด (แก้วตา, 2546) พบว่า องค์ประกอบหลักของมะเขือเทศ คือ น้ำซึ่งมีอยู่ถึงร้อยละ 79.1 สอดคล้องกับรายงานของกลุ่มเกษตรกรสัญจร (2531) ที่บ่งว่ามีอยู่สูงถึงร้อยละ 94 ส่วนปริมาณสารอาหารอื่นเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง ประกอบด้วย โปรตีน และเส้นใยค่อนข้างสูง (ร้อยละ 18.2 และ 34.8 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) (แก้วตา, 2545)

4.1.1 สารที่พบในมะเขือเทศ

ผลมะเขือเทศจัดเป็นแหล่งของสารสี ส่วนมากมีสีส้มแดงหรือสีแดง สารสีในมะเขือเทศเป็นแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่ชื่อว่าไลโคปีน (lycopene) เป็นส่วนใหญ่ โดยพบว่า มะเขือเทศสุกมีไลโคปีนสูงที่สุด (412 มิลลิกรัม/กรัม) (Salunkhe and Madhavi, 1998) นอกจากนี้ยังอาจพบแซนโทฟิลปริมาณเล็กน้อยซึ่งมักอยู่ในรูปของแซนโทฟิลเอสเทอร์ (xanthophylls ester) เมื่อมะเขือเทศเริ่มเข้าสู่ระยะสุก ปริมาณคลอโรฟิลในผลจะลดลงทำให้สีของผลมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนหรือขาว ในขณะที่เดียวกันจะมีการสร้างไลโคปีน และแซนโทฟิลเพิ่มขึ้น จึงทำให้มะเขือเทศมีสีแดงเพิ่มขึ้นตามระดับความสุก (แก้วตา, 2545) ส่วนแคโรทีน (carotene) มีปริมาณสูงเมื่อมะเขือเทศมีสีเขียวอมชมพู (443 มิลลิกรัมต่อกรัม) แต่เมื่อมะเขือเทศสุกจะมีแคโรทีนลดลง (0 มิลลิกรัมต่อกรัม) (Salunkhe and Madhavi, 1998)

โปรตีนที่พบมากในเมล็ดมะเขือเทศคือ กลอบูลิน (globulin) อัลบูมิน (albumin) และกลูเตน (gluten) ร้อยละ 39.2, 22.7 และ 2.9 ตามลำดับ (Canella and Castriotta, 1980) ส่วนกรดอะมิโนที่พบมาก คือ ไลซีน มีปริมาณ 4.94 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน แต่กรดอะมิโนที่มีค่ามาตรฐานเป็นองค์ประกอบมีในปริมาณต่ำมาก (0.78 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน) (Tsatsaronis and Boskou, 1975) ส่วนชนิดของกรดไขมัน Kochetov *et. al.* (1981) รายงานว่าในเมล็ดมะเขือเทศมีกรดไขมันปาล์มมิก, โอเลอิก และลิโนเลอิก ปริมาณร้อยละ 16.1, 25.5 และ 50.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุโปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และคลอรีนมาก แต่มีเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีปริมาณเล็กน้อย (Tsatsaronis and Boskou, 1975) และยังมี

วิตามินไทอามิน 0.71, ไรโบฟลาวิน 0.036 และ แคลโรทีน 0.96 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม (Zagibalov *et. al.*, 1986)

สารสีส่วนใหญ่ในผลมะเขือเทศอยู่ในรูปไลโคปีน ในส่วนของกากก็เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของผิวเปลือกเพราะมีสีส้มแดงเช่นเดียวกับผลสด ไลโคปีนเป็นสารเทอร์ปีนที่ไม่มีโมเลกุลของออกซิเจนเป็นองค์ประกอบจึงจัดอยู่ในกลุ่ม acyclic hydrocarbon carotenoid (Deman, 1990) แต่ถ้ามีอะตอมออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลเรียกแคโรทีนอยด์ กลุ่มนี้ว่า แชนโทฟิล (นิพนธ์, 2526) ปริมาณไลโคปีนในมะเขือเทศคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 75.5 มิลลิกรัม/100 กรัม (Shi *et. al.*, 1990)

ไลโคปีนมีคุณสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชัน ป้องกันเซลล์ถูกทำลาย จากกระบวนการออกซิเดชัน ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่เนื่องจากอนุมูลอิสระเหล่านี้จะมีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ซึ่งจะพยายามดึงอิเล็กตรอนของชีวโมเลกุลอื่นๆที่อยู่ข้างเคียง เช่น ไขมันหรือโปรตีนเข้ามาก่อให้เกิดผลเสียหายต่อโครงสร้างและการทำงานของเซลล์ข้างเคียง เป็นสาเหตุของโรคและความชรา ไลโคปีนมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์ดีกว่าเบต้าแคโรทีน ลิวเทอีนและคริปโตแซนทีนเพราะไลโคปีน 1 โมเลกุลสามารถให้อิเล็กตรอนแก่ออกซิเจนได้หลายอะตอม (Anonymous, 2001 อ้างใน แก้วตา, 2545) Lavelli *et. al.* (1990) พบว่ามะเขือเทศสดที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 400 นาที ยังมีคุณสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชันอยู่ (นิพนธ์, 2526)

4.1.2 การใช้ประโยชน์ของมะเขือเทศ

มะเขือเทศได้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด ได้แก่ เครื่องดื่ม ซุป ซอส มะเขือเทศบรรจุกระป๋อง (Tsen *et. al.*, 2007) และมะเขือเทศอบแห้ง (Chang and Liu, 2007) Hsu (2008) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศ โดยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นผ่านขั้นตอนการทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที พบว่าการใช้ความดันต่ำกว่า 200 MPa ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียสยังคงรักษาสี แคลโรทีนอยด์และไลโคปีนรวมทั้งสารต้านออกซิเดชัน นอกจากนี้ Philippa and Ojimekwe (1994) ศึกษามะเขือเทศแช่แข็งที่อบแห้งและตากแห้ง พบว่ากรดแอสคอร์บิกในมะเขือเทศอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสในการอบแห้งและแช่น้ำเกลือ และน้ำเชื่อมความ

เข้มข้นร้อยละ 80 มีปริมาณมากกว่าที่แช่ในแอลกอฮอล์ ส่วนมะเขือเทศตากแห้งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและกรดแอสคอร์บิกต่ำ

Chang and Liu (2007) ศึกษาไลโคปีนและสารต้านออกซิเดชันในมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้ง (40, 80 และ 120 องศาเซลเซียส) และเวลาการอบแห้ง (0-240 นาที) มีผลต่อปริมาณไลโคปีนและสารต้านออกซิเดชัน ปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิ 40, 80 และ 120 องศาเซลเซียสที่เวลาการอบแห้ง 60 นาที แต่จะมีปริมาณลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสที่เวลาการอบแห้ง 75 นาที สารต้านออกซิเดชันยังคงอยู่เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 40-80 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Gahler *et. al.* (2003) ศึกษาปริมาณวิตามินซีและสารต้านออกซิเดชันในมะเขือเทศที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำมะเขือเทศ มะเขือเทศอบแห้ง ซอสมะเขือเทศ และซูปมะเขือเทศ พบว่าปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวลดลงระหว่างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนมะเขือเทศ ส่วนสารต้านออกซิเดชันและสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

อภิญญา (2536) ศึกษากระบวนการผลิตซอสมะเขือเทศ พบว่าซอสมะเขือเทศที่มีคุณภาพดี ต้องมีสีแดง ไม่ดำ มีกลิ่นหอม สีสันของซอสมะเขือเทศเกิดจากปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ การควบคุมคุณภาพด้านสีของซอสมะเขือเทศทำได้โดยเลือกใช้มะเขือเทศที่สุกจัด สีแดงสด และมีไลโคปีนสูง นอกจากนั้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตซอสมะเขือเทศ โดยการใช้อุณหภูมิต่ำและใช้ระบบสุญญากาศ (freeze dry) ในกระบวนการแปรรูปและการเติมกรด แอสคอร์บิก จะช่วยรักษาสีของซอส และชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ส่วนการเก็บผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศ ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ซอสมะเขือเทศที่ผ่านความร้อนมีความหนืดเปลี่ยนไป โดยให้ความร้อนในช่วง 104-121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์พอลิกลาแลคทูโรเนส (polygalacturonase) และเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (pectinesterase) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารเพคตินมีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Radhika *et. al.* (2001) ศึกษาการเสถียรภาพระหว่างกระบวนการผลิตซอสมะเขือเทศ พบว่าการทำให้น้ำมะเขือเทศเข้มข้นโดยใช้ระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 300 นาทีทำให้ความหนืดและกรดแอสคอร์บิกสลายตัวเร็วกว่าที่ใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 34 นาที

Glovannucci (2001) รายงานว่าเมื่อให้มะเขือเทศมากกว่าอาทิตย์ละ 2 ครั้ง แก่เพศชายจะช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งที่ต่อมลูกหมากได้ร้อยละ 21-34 นอกจากนี้ไลโค

ป็นยังยับยั้งการเกิดมะเร็งทรวงอกในหนู มะเร็งลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก และยังลดการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน โดยลดการเกิดกระบวนการออกซิเดชันใน low density lipoprotein (LDL) ด้วย (แก้วตา, 2545) ไลโคปีนในธรรมชาติส่วนมากมีโครงสร้างแบบทรานส์ (trans isomer) แต่จะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างแบบซิสไอโซเมอร์ (cis isomer) ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อนระหว่างกระบวนการผลิต รวมทั้งแสงและกรด (Nguyen and Schwartz, 1999; Shi *et al.*, 1990)

Emenhiser *et al.* (1996) พบว่า ในพลาสมาและเนื้อเยื่อมีไลโคปีนอยู่ในรูปซิสประมาณร้อยละ 50–88 ของไลโคปีนทั้งหมด ทั้งๆ ที่ในมะเขือเทศสดมีไลโคปีนโครงสร้างทรานส์ แสดงว่าไลโคปีนจากมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการแปรรูปร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์และดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าไลโคปีนจากผลมะเขือเทศสด (Agarwal and Rao, 1998; Gartner *et al.*, 1997; Pomni *et al.*, 1998) นอกจากนี้ Schwartz (2000) รายงานว่ามะเขือเทศสดและมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการผลิตทำให้ไลโคปีนในพลาสมาเพิ่มร้อยละ 12 และ 23 ตามลำดับ

4.2 มะตูม

มะตูม (Bael) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aegle marmelos* Correa อยู่ในวงศ์ Rutaceae เป็นไม้พื้นเมืองของอินเดีย ขึ้นอยู่ทั่วไปในคาบสมุทรอินเดีย เช่น ศรีลังกา อินเดีย ปากีสถาน บังกลาเทศ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Roy, 1998) ในประเทศไทยพบขึ้นอยู่ทั่วไป สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ ในรอบปีมะตูมมีการผลัดใบเมื่อผลสุกเต็มที่ มะตูมจะทิ้งใบหมดต้น และแตกใบอ่อนพร้อมกับการแทงช่อดอก โดยทั่วไปในสภาพธรรมชาติมะตูมจะเริ่มออกผลเมื่อต้นมีอายุประมาณ 4–5 ปี จำลอง (2535) รายงานว่า มะตูมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ทรงพุ่ม โปรง เรือนยอดเป็นรูปไข่หรือเจดีย์ ต้นสูงประมาณ 6–30 เมตรเมื่อต้นโตเต็มที่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 20–45 เซนติเมตร เปลือกลำต้นค่อนข้างหนา แตกเป็นร่องตามยาว สีเทาอมขาว ลำต้นแข็งแรงทนทาน ระบบรากยังลึก ตามลำต้นและกิ่งมีหนามหนามมีลักษณะยาวตรงและแข็ง ยาวเฉลี่ย 2.5–3.5 เซนติเมตร ใบเป็นใบประกอบแบบ pinnately trifoliate แต่ละช่อใบมีใบย่อย 3 ใบ ใบย่อยตรงกลางมีขนาดกว้างประมาณ 3.0–6.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4.0–12.0 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่าใบย่อยด้านข้าง ใบย่อยด้านข้างมีขนาดกว้าง 2.5–5.0 เซนติเมตร ยาว 3.0–10.0 เซนติเมตร เนื้อใบบางผิวเรียบเกลี้ยง หลังใบมีสีเขียวเป็นมัน ท้องใบมีสีจาง ก้านใบยาว 3.0–5.0 เซนติเมตร ดอกมะตูมมีสีขาวอมเหลืองอ่อนๆ มีกลิ่นหอม มะตูมจะออกดอกเพียงครั้งเดียวในรอบ 1 ปี คือออกดอกประมาณช่วงเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน ดอกเป็นช่อแบบพณิกิล (panicle) ดอกออกตามปลายกิ่งและซอกใบ ดอกย่อยมีขนาดเล็กเส้นผ่าน

ศูนย์กลางประมาณ 0.6–1.0 เซนติเมตร เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงกางแผ่เป็นฉากแหลมคล้ายรูปดาว มี 5 กลีบ กลีบดอกขนาดใหญ่สีขาวอมเหลือง มี 5 กลีบ เกสรตัวผู้จำนวนมาก ก้านชูเกสรตัวผู้เชื่อมติดกันเรียงอยู่รอบฐานของรังไข่ รังไข่มี 8–10 คาร์เพล (carpels) อยู่เหนือส่วนต่างๆ ของดอก ผลเป็นผลเดี่ยวแบบเบอร์รี่ (berry) ชนิดที่มีเปลือกแข็ง ผลสุกเต็มที่ประมาณช่วงเดือนกุมภาพันธ์–เมษายน เมื่อผลสุกเนื้อมะตูมเป็นสีส้มมีกลิ่นหอม ในผลมีเมล็ดเป็นจำนวนมาก เมล็ดรูปร่างรีแบน เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีขน เมล็ดมีสีครีม ผลมะตูมที่มีเนื้อมากพอที่จะนำมาเชื่อมได้จะมีอายุตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไปจนถึงมะตูมใกล้สุกคือประมาณเดือนที่ 10

4.2.1 สารที่พบในมะตูม

พันธุ์มะตูมที่พบในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ พันธุ์ที่พบได้แก่ มะตูมไข่ มีลักษณะผลเล็ก ผลค่อนข้างกลม มะตูมนี้อาจมีเปลือกผลนิ่ม เมื่อเอานิ้วมือกดเปลือกผลจะบุ๋ม มะตูมพันธุ์ธรรมชาติเป็นมะตูมที่มีขนาดใหญ่กว่ามะตูมไข่ มีเปลือกแข็ง และมะตูมยักษ์มีขนาดผลใหญ่กว่ามะตูมพันธุ์ธรรมชาติ มะตูมที่พบส่วนใหญ่จะเป็นมะตูมพันธุ์ธรรมชาติ (พะเยาว์, 2529)

สารอาหารของผลมะตูมสุกส่วนใหญ่จะเป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งใน ส่วนที่รับประทานได้ของผลมะตูมสุก 100 กรัมจะเป็นคาร์โบไฮเดรต 34.7 กรัม โปรตีน 1.8 กรัม ใยอาหาร 2.9 กรัม สารเคมีที่พบในผลมะตูมดังนี้ เนื้อมะตูมมีสารเมือก (mucilage) เพคติน (pectin) สารที่รสฝาด คือแทนนิน (tannin) สารที่มีรสขม (พะยอม, 2521) ในใบมะตูมมีสารแอลจีลิน (algeline) แอลจีนิล (alginine) และคูมาลิน (coumarin) (สุนทรีย์, 2525) สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมของมะตูมเป็นสารพวกน้ำมันหอมระเหยง่ายประกอบด้วยสารลินาลูล ออกไซด์ (Z-linalool oxide) ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 33 ของสารระเหยง่ายทั้งหมด และยังมีสารพวกแอลกอฮอล์และเอสเทอร์ร่วมด้วย (Maclead and Pieris, 1981) นอกจากนี้สารในเนื้อผลมะตูมมีสารที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตหลายชนิด ได้แก่ กรดอะมิโนมี 17 ชนิด โดยเฉพาะกรดแอสพาดิกมีปริมาณมากถึงร้อยละ 32 ของกรดอะมิโนทั้งหมด และยังมีธาตุอาหารอีก 11 ชนิด เช่น สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) โซเดียม (Na) คลอรีน (Cl) เป็นต้น (Barthakur and Arnold, 1989)

4.2.2 การใช้ประโยชน์ของมะตูม

ประโยชน์ของมะตูมด้านสมุนไพรพบว่าแทบทุกส่วนของต้นมะตูมสามารถ ใช้ประกอบเป็นตัวยาสมุนไพรได้ดังนี้คือ รากใช้ต้มเป็นยาแก้ตกเลือดหลังคลอดบุตร แก้วไธเป็น

โลหิต แก้ปัสสาวะแดงคูลโลหิต เนื่องจากเส้นเลือดฝอยในกระเพาะปัสสาวะแตก เปลือกกล้า ดันแก้โรคลมต่าง ๆ รักษาโรคไข้จับสั่น ใบมะตูมใช้ประกอบเป็นตัวยาแก้พิษไข้ ใช้กาฟต่าง ๆ ใบสดคั้นเอาน้ำกินแก้หวัด หลอดลมอักเสบ ทำยาพกรักษาโรคเยื่อตาอักเสบ ตาบวม (ปราโมทย์, 2524) ผลสุกนำมารับประทานเป็นยาระบายท้องสำหรับผู้สูงอายุที่ท้องผูกเป็นประจำ ผลอ่อนใช้ฝานเป็นชิ้นบาง ๆ ชงกับน้ำร้อนดื่มแทนน้ำจะช่วยขับลม บำรุงธาตุขับเสมหะ ทำให้เจริญอาหาร แก้โรคธาตุพิการ แก้ลมป่อง แก้ไข้สมองอักเสบ แก้อาเจียนเนื่องจากกระเพาะอาหารอักเสบ แก้โรคท้องเสีย โรคบิด ในอินเดียจะใช้มะตูมในการแก้โรคท้องเสีย (นิจศิริ, 2534) ใบอ่อนและยอดอ่อนใช้รับประทานเป็นผักสดร่วมกับอาหารพื้นเมือง เช่น น้ำพริกปลา ผลอ่อน(3 เดือน) หรือผลดิบ (1 เดือน) ฝานตากแห้ง ต้มกับน้ำใช้เป็นเครื่องดื่ม หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น มะตูมแห้ง มะตูมผง เป็นต้น ผลแก่ (ตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป) ใช้เชื่อมกับน้ำตาลเป็นมะตูมเชื่อม และผลสุก (10 เดือน) ใช้รับประทานเป็นของหวาน (เชษฐา, 2522) หรือใช้ต้มกับน้ำใช้เป็นเครื่องดื่ม

4.3 อบเชย

อบเชย (Cinnamon) มีชื่อพฤกษศาสตร์ คือ *Cinnamomum iners Reinw. ex Blume* อยู่ในวงศ์ *Lauraceae* อบเชยเป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ได้มาจากเปลือกไม้ชั้นในที่แห้งแล้วของต้นอบเชย แท่งอบเชยมีสีน้ำตาลแดง มีลักษณะเหมือนแผ่นไม้แห้งที่หดย่อหลังจากโดนความชื้นในการทำอาหารไทย อบเชยมี 2 ชนิด คือ *Ceylon Cinnamon* ซึ่งจะมีสีออกเนื้อๆ กลิ่นและรสชาติจะอ่อนกว่า ส่วน *Cassia Cinnamon* นั้นจะมีสีเข้ม ออกน้ำตาลแดง กลิ่นแรงและออกขมเล็กน้อย นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำมันที่ได้จากฝักของต้นมาใช้เป็นเครื่องปรุงรสและเป็นสมุนไพรด้วย(Hu et. al.,1975)

4.3.1 สารที่พบในอบเชย

Stephens et. al. (1996) พบว่าสารประกอบพอลิฟีนอลที่สามารถละลายน้ำได้ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 288 โดยสกัดได้จากอบเชย สามารถเพิ่มเมตาบอริซึมของน้ำตาลกลูโคสที่เกี่ยวข้องกับอินซูลินประมาณ 12 เท่าและแสดงสมบัติเป็นตัวต้านออกซิเดชันในสารสกัดจากเป็นสารกลุ่มเดียวกับ catechin (สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติพอลิฟีนอลที่พบมากในชาเขียว) ผลของระดับน้ำตาลของหนูทดลองที่เป็นโรคเบาหวานที่ได้รับอบเชยในน้ำ และคนที่เบาหวานมี

การลดลงของระดับของน้ำตาลในเลือด, ไทรอกซีนไธโรได์, และ LDL หลังจากที่ยกอินบเซย 40 วัน (พรทิพย์, 2549)

4.3.2 การใช้ประโยชน์ของอินบเซย

ประโยชน์ของอินบเซย มีดังนี้ แก้อ่อนเพลีย แก้อึด ใช้สันนิบาต เป็นยาแก้ท้องเสีย ท้องขึ้นหรือเกิดแก๊สในลำไส้มากเกินไป ท้องร่วง อาเจียน หลอดลมอักเสบ ป้องกันการตายของเนื้อเยื่อในปอด ใช้ทาภายนอก รักษาโรคไขข้ออักเสบทั้งชนิดรุนแรงและเรื้อรัง แก้อักเสบ ป้องกันอัมพาตของลิ้น รักษาเมะเร็ง รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมของยาขับระดูเพราะช่วยกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของผนังมดลูกอีกด้วย (Ghadirian, 1997)

อินบเซยด้านเมะเร็งได้ดีเพราะมีสารกลีเซอรินเข้มข้น เป็นตัวต้านแบคทีเรีย รักษาแผลในกระเพาะอาหาร แก้อาการท้องร่วง ขับปัสสาวะ สามารถช่วยเร่งปฏิกิริยาย่อยสลายไขมัน นอกจากนี้พบว่าอินบเซยสามารถช่วยลดความดันโลหิตได้ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด Belkina (1986) การโรยผงอินบเซยเพียงวันละ 1/4–1/2 ในอาหาร หรือจุ่มก้านอินบเซยลงในชาหรือกาแฟ จะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ปกติเมื่อร่างกายได้รับน้ำตาลและแป้งในอาหารจะแตกตัวกลายเป็นกลูโคสและเข้าไปหมุนเวียนในระบบเลือด ซึ่งฮอร์โมนอินซูลินจะไปทำให้เซลล์ของร่างกายดูดซึมกลูโคสไปใช้เป็นพลังงานหรือเปลี่ยนให้กลายเป็นไขมัน ซึ่งในคนที่เป็นเบาหวานจะไม่สามารถผลิตอินซูลินได้เพียงพอหรือผลิตได้แต่ร่างกายไม่สามารถตอบสนองต่ออินซูลินได้ รวมทั้งในคนที่ไม่ได้เป็นเบาหวานแต่มีน้ำหนักตัวมากจะมีกลูโคสในเลือดมาก เมื่อแยกสารสกัดจากอินบเซยออกมาพบว่ามีสารประกอบพอลิฟีนอลชนิดละลายน้ำได้ เรียกว่า เมทิลไฮดรอกซี ซาลิโคน โพลีเมอร์ (methylhydroxy chalcone polymer; MHCP) ทำหน้าที่เลียนแบบฮอร์โมนอินซูลิน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานร่วมกับอินซูลินในเซลล์มากขึ้น (Belkina, 1986)

ผู้ป่วยเป็นเบาหวานรับประทานผงอินบเซยบรรจุแคปซูล ขนาด 1, 3 และ 6 กรัมต่อวัน หลังอาหาร พบว่ามีระดับน้ำตาลในเลือดเฉลี่ยต่ำกว่าคนในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้กินอินบเซย ประมาณร้อยละ 20 ซึ่งหากหยุดกินอินบเซย ก็พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดจะกลับสูงขึ้นเหมือนเดิม (Belkina, 1986) นอกจากนี้อินบเซยยังช่วยเสริมการทำงานของอินซูลิน ในเรื่องการรักษาความคุมระดับไขมันในเลือดและ LDL ให้มีระดับต่ำลง (Ghadirian, 1997)

5. อาหารกึ่งแห้งและคุณภาพ

5.1 ความหมาย

อาหารกึ่งแห้ง (Intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่ลดค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (water activity; a_w) ลงจนอยู่ในช่วง 0.65–0.85 และมีความชื้นประมาณร้อยละ 15–30 เช่น เนยแข็ง แยม ผลไม้แห้ง ลูกกวาด อาหารกึ่งแห้งเป็นอาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในระดับปานกลางซึ่งเป็นระดับที่จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องของเชื้อราและยีสต์ที่อาจจะเจริญเติบโตได้ (ไพโรจน์, 2539; Hocking, 1988) ซึ่งปัจจัยที่กำหนดชนิดของเชื้อรา คือค่า a_w ชนิดของสารละลาย (น้ำตาล และเกลือ) และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Hocking, 1988) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่ที่อาจจะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในระหว่างการเก็บรักษา คือ การเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมัน การสูญเสียวิตามินที่ละลายน้ำได้ และการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช่เอนไซม์ (ไพโรจน์, 2539; Steele, 1988)

ผลไม้กวนในท้องตลาดมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.75–0.87 ซึ่งจัดเป็นอาหารกึ่งแห้งนั้นย่อมเกิดการเน่าเสียได้เนื่องจากสาเหตุใหญ่ 3 ประการคือ การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Leistner and Rodel, 1976) การเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ของอาหารกึ่งแห้งเป็นปัญหาสำคัญ ผลไม้กวนซึ่งจัดเป็นอาหารกึ่งแห้งนั้นย่อมเกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์บางกลุ่มที่สามารถเจริญได้จากค่า a_w ในช่วง 0.75–0.87 การเพิ่มปริมาณน้ำตาลทำให้อาหารมีค่า a_w ลดลง ดังที่ นิธิยา (2539) รายงานสารประกอบส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร เป็นสารที่ระเหยไม่ได้ ดังนั้นความดันไอของสารละลายของสารที่ระเหยไม่ได้จึงขึ้นอยู่กับความดันไอน้ำหรือตัวทำละลาย อย่างไรก็ตามตัวถูกละลายที่เป็นสารที่ระเหยไม่ได้มีผลทำให้ความดันไอของสารละลายลดลง Labuza *et al.* (1974) รายงานในลักษณะเดียวกันว่าเมื่อโมเลกุลของสารละลายในน้ำบริสุทธิ์ สารนั้นจะจับกับน้ำรอบๆ โมเลกุลส่งผลทำให้น้ำมีความดันไอลดลง นอกจากนี้ Brennan (1994), Herrington (1995) and Huberlant (1993) ได้กล่าวถึงสมบัติของน้ำตาลซูโครสในด้านเป็นสารดูดความชื้น หรือสารที่เติมลงในอาหารเพื่อปรับค่า a_w ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกันเสียเนื่องจากสามารถลดค่า a_w ของอาหารให้อยู่ในระดับที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ กิจกรรมของเอนไซม์ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่พึงประสงค์อื่นๆ

5.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารกึ่งแข็ง

5.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารกึ่งแข็ง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นหรือระดับวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหาร อันเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสถานะ (state) ของอาหาร อาหารที่มีสถานะเป็นของแข็ง (solid foods) นั้นอาจอยู่ในสถานะต่างๆ อันได้แก่ crystalline state ซึ่งเป็นสถานะที่สารมีความคงตัวมากที่สุด และ amorphous state อันเป็นสถานะที่สารไม่มีความคงตัวอย่างแท้จริง ซึ่งอาหารส่วนใหญ่อยู่ในสถานะนี้ โดย amorphous state นั้นแบ่งออกเป็น glassy state และ rubbery state ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเปลี่ยนสถานะได้ไปมาระหว่าง 2 สถานะดังกล่าวโดยมีค่า glass transition temperature (T_g) ที่เป็นระดับอุณหภูมิที่มีส่วนในการกำหนดสถานะของอาหาร โดย T_g คืออุณหภูมิที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงลักษณะและพฤติกรรมจากสถานะ glassy ไปยัง rubbery โดย glassy เป็นสถานะที่มีลักษณะคล้ายแก้ว มีความแข็งและเปราะ ส่วน rubbery มีลักษณะคล้ายยาง มีความยืดหยุ่น ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษานั้นมีค่าสูงกว่า T_g อาหารนั้นจะอยู่ในสถานะ rubbery state ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านต่างๆ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในอาหาร ณ สถานะนี้เกิดขึ้นมาก ทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นได้อย่างอิสระ ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษานั้นมีค่าต่ำกว่า T_g อาหารนั้นจะอยู่ในสถานะ glassy state ซึ่งเป็นสถานะที่มีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอาหารน้อยมากเป็นผลให้อาหารมีความคงตัวสูง สถานะของอาหารนี้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของอาหาร ได้แก่ การตกผลึก การจับเป็นก้อน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น (Labuza, 1998)

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหารกึ่งแข็ง

องค์ประกอบหลักของอาหารกึ่งแข็ง คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการผลิต และการเก็บรักษา ปริมาณน้ำในอาหารมีผลอย่างมากต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าว (ไพโรจน์, 2539)

1) ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์หรือ Maillard reaction เกิดขึ้นได้ระหว่างขั้นตอนการแปรรูป การเก็บรักษา และการใช้ความร้อน ปฏิบัติการดังกล่าวเกิดขึ้นระหว่าง สารประกอบที่ให้หมู่อะมิโน ได้แก่ กรดอะมิโน เอมีน เปปไทด์ และโปรตีน ทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่ให้หมู่คาร์บอนิล ได้แก่ อัลดีไฮด์ คีโตน กรดแอสคอร์บิก น้ำตาลรีดิวซิง และพวกพอลิฟีนอล (Chuyen, 1998) ซึ่งปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์สามารถเกิดได้ดีที่สุดในช่วงค่า a_w ของอาหารกึ่งแห้ง (ไพโรจน์, 2539) Steele (1988) รายงานอายุการเก็บของผลไม้แผ่นถูกกำหนดโดยปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ นอกจากปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวทำให้สีเปลี่ยนแปลงแล้วยังทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์อีกด้วย การเกิดสีน้ำตาลชนิดนี้จะเกิดขึ้นได้น้อยที่ค่า a_w ต่ำ เนื่องจากปริมาณน้ำที่เคลื่อนที่ (mobile water) ลดลงอย่างมาก ทำให้การเคลื่อนที่ของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาลดลง (Eichner, 1975) ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นจากปริมาณน้ำในระดับ monolayer ที่มีค่า a_w 0–0.3 (Labuza, 1974) และเกิดสูงสุดในช่วง a_w ของอาหารกึ่งแห้งหรือประมาณ 0.6–0.8 เนื่องจากมีปริมาณความชื้นมากพอที่จะทำให้สารตั้งต้นของปฏิกิริยาละลายได้ทั้งหมด (นิธิยา, 2539) แต่ในสารละลายที่เจือจางมากๆ สารที่เข้าทำปฏิกิริยาจะถูกทำให้อยู่ห่างจากกัน ดังนั้นการเพิ่มความชื้น หรือเพิ่มค่า a_w จะทำให้อัตราเร็วของปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ลดลง (Miller, 1998)

สาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์อาจมาจากน้ำตาลซูโครสที่เป็นน้ำตาลนอนรีดิซ ถ้าหากอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดเจือจางสามารถทำให้เกิดการไฮโดรไลซิส ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโทส (Labuza *et. al.*, 1974) ในปฏิกิริยา Maillard condensation ชนิดของน้ำตาลเป็นปัจจัยสำคัญกว่ากรดอะมิโน น้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่าจะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า กล่าวคือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (pentose) ทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่า น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (hexose) และเร็วกว่าน้ำตาลโมเลกุลคู่ การเรียงลำดับน้ำตาลที่มีผลต่อปฏิกิริยาจากมากไปน้อยมีดังนี้ ไรโบส ไซโลส อะราบินอส แมนโนส ฟรุกโทส และกลูโคส เนื่องจาก หมู่อัลโดส (aldose) ในโครงสร้างของน้ำตาลสามารถรวมตัวกับกรดอะมิโนได้ดีกว่า หมู่คีโทส ทำให้ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาล ของหมู่อัลโดสเกิดได้เร็วกว่า และอัตราเร็วของปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลของ γ -amino butyric acid เกิดได้เร็วกว่า α -amino butyric acid (ไพโรจน์, 2539)

2) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างออกซิเจนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนและตัวเร่ง เช่น ความร้อน แสง รังสี ที่มีพลังงานสูงและโลหะหนักเป็นต้นโดยการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากออกซิเจนที่มีพลังงานเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวบริเวณพันธะคู่เกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์(hydroperoxide) ที่ไม่มีกลิ่นและเป็นสารมัธยันต์ (intermediate) เนื่องจากเป็นสารที่ไม่คงตัว และจะแตกตัวต่อไปอย่างรวดเร็วให้ alkoxy free radical ซึ่งจะกลายเป็นสารประกอบประเภทอัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้น เหล่านี้บางชนิดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติขึ้น โดยเฉพาะอัลดีไฮด์ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะตัว Hamilton (1994) ไขมันโดยเฉพาะที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถเกิดการออกซิเดชันได้ง่าย อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยา polymerization และการหืนซึ่งปฏิกิริยา polymerization เกิดจากการรวมตัวของอนุมูลของไขมันส่วนการหืนเกิดจากสารระเหยพวกคาร์บอนิลที่มีผลกับส่วนประกอบอื่นๆในอาหาร (Williams, 1976) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นอย่างต่อเนื่อง เมื่ออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศอัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระโดยผลิตภัณฑ์ที่มี a_w อยู่ในช่วง 0.50 – 0.85 จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด (นิธิยา, 2539)

5.2.3 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ในอาหารกึ่งแห้ง

อาหารกึ่งแห้งเสี่ยงกับการเน่าเสียจากเชื้อยีสต์และรามมากกว่าแบคทีเรีย (Hocking, 1988) การเน่าเสียของอาหารกึ่งแห้งมาจากเชื้อราพวก xerophilic fungi ได้แก่ *Wallemia sebi*, *Penicillium* sp., และ *Eurotium glaucus* ในอาหารที่มีน้ำตาลสูง ยีสต์ประเภทที่เป็นพิษจะไม่เจริญเติบโต แต่อาหารสามารถเน่าเสียได้โดยยีสต์บางประเภทเท่านั้นที่ทำให้เกิดกลิ่นแอลกอฮอล์และทำให้มีเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถเจริญได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 หรือเจริญได้ด้วยความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 65 องศาบริกซ์ โดยมีช่วง lag phase ที่ยาวนาน การเสื่อมเสียของอาหารจะไม่เกิดขึ้นจนกระทั่งมีปริมาณยีสต์ประมาณ 10^5 – 10^6 เซลล์ยีสต์ต่อกรัมของอาหาร (ปริยาและวราภา, 2536; ไพโรจน์, 2539)

Jarvis (1976) พบว่าในอาหารกึ่งแห้งส่วนใหญ่มีความคงทนต่อจุลินทรีย์มากกว่าอาหารสด เพราะมีค่า a_w ที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์น้อย ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียจากพวก osmophilic yeast และ xerophilic microfungi ซึ่งเชื้อราจำพวกนี้สามารถสร้างสารพิษได้ด้วย เช่น *A. niger* สร้าง oxalic acid ที่ a_w เท่ากับ 0.88 *A. rubrum* สร้างสารพิษ anthraquinones ที่ a_w เท่ากับ 0.70

Beuchat (1995) พบว่าอาหารที่มีค่า a_w ประมาณ 0.85 จะเกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์พวก xerophiles เช่น *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chrysosporium*, *Eremascus* และ *Paecilomyces* โดยเฉพาะถ้าในอาหารนั้นมีการเติมน้ำตาลให้มีค่า a_w ลดต่ำลงจะมีพวก *Chrysosporium farinicola*, *C. fastidium*, *C. inops* และ *C. xerophilum* เจริญอยู่

บุรินทร์ (2534) ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวนซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.85 พบว่าเชื้อราในทุเรียนกวนนั้นเป็น xerophilic fungi ได้แก่ *Penicillium* spp. 2 isolates ร้อยละ 18 *Eurotium amstelodami* sub-species 4 isolates ร้อยละ 46 *E. rubrum* ร้อยละ 22 *E. chevalieri* ร้อยละ 8 และ *Aspergillus glaucus* ร้อยละ 6 นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเก็บรักษาทุเรียนกวนภายใต้สภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72 และ 80 ที่อุณหภูมิต่ำ (5 ± 1 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) บรรจุในจานเลี้ยงเชื้อและห่อด้วยฟิล์มพอลิโพรพิลีนโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ พบว่าทุเรียนกวนที่บรรจุในจานเลี้ยงเชื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บ 20 วัน เก็บที่อุณหภูมิต่ำ มีอายุการเก็บนานกว่า 120 วัน ทุเรียนกวนที่ห่อด้วยฟิล์มพอลิโพรพิลีนเก็บได้นานกว่า 120 วัน ที่อุณหภูมิทั้ง 2 ระดับ และไม่พบความแตกต่างของอายุการเก็บรักษาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ทั้งสองที่ใช้ในการศึกษา

6. สารดูดความชื้น

6.1 ความหมายและหน้าที่

สารดูดความชื้น (humectant) เป็นสารที่ช่วยในการลดค่าออกเทนแอคทีวิตี้ ซึ่งส่งผลในการควบคุมไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญในผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งอย่างรวดเร็ว (Davies and Birch, 1976) ส่วนไพโรจน์ (2539) กล่าวว่า สารดูดความชื้น เป็นสารประกอบที่สามารถช่วยลดค่า a_w ที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้มีปริมาณน้ำที่เหมาะสม จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

มีการนำสารดูดความชื้นมาใช้ในการพัฒนาการผลิตอาหารกึ่งแห้ง เพื่อให้มีปริมาณน้ำหรือน้ำที่นำไปใช้ได้ (available water) ให้เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ สารดูดความชื้นที่เป็นตัวอย่างที่สำคัญในการนำมาใช้เพื่อผลิตอาหารกึ่งแห้งคือ เกลือ หรือน้ำตาล การเติมเกลือหรือน้ำตาลลงไปเป็นองค์ประกอบในอาหารกึ่งแห้ง เพื่อช่วยลดค่าแอสเอร์แอกติวิตีในอาหารให้เหมาะสม ทำให้อาหารมีความอ่อนนุ่ม ไม่แข็งกระด้างมาก หรือแห้งเกินไป อีกทั้งเพื่อใช้เป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากเกลือและน้ำตาลมีขีดจำกัดในการใช้ ถ้าหากใช้ในปริมาณมากเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเค็มหรือหวานเกินไปจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ จึงได้มีการพัฒนาวิจัยหาสารดูดความชื้นที่เหมาะสมมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น มีการนำ กลีเซอรอล, โพรไพลีนไกลคอล, ซอร์บิต และ ไดออล ต่าง ๆ มาใช้แทนหรือร่วมกับเกลือและน้ำตาลเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น อีกทั้งสารดังกล่าวสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการใช้เกลือหรือน้ำตาลอย่างเดียว และสามารถแก้ปัญหการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่าง เช่น non-enzymatic browning reaction ด้วย (ไพโรจน์, 2539)

การใช้สารดูดความชื้นในอาหารนั้น วัตถุประสงค์ใหญ่เพื่อช่วยรักษาคุณภาพของอาหารให้คงเดิม หรือคล้ายของเดิม หรือให้เหมือนธรรมชาติมากที่สุด จนกว่าจะถึงมือผู้บริโภค นอกจากนี้เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่เดิม ซึ่งคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการนี้จะเกิดขึ้นได้ โดยผลจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์หรือเคมีของสารดูดความชื้น คุณสมบัติต่างๆ ที่สารดูดความชื้นให้แก่อาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารมีดังนี้ สีวาพร (2546)

6.1.1 ช่วยเพิ่มความหนืดหรือเนื้อสัมผัส การเติมสารดูดความชื้นเพียง

เล็กน้อยในอาหารจะทำให้ลิ้นและต่อรับรู้รสชาติต่างๆสามารถรู้สึกได้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อบริโภคอาหารนั้น ตัวอย่างของสารดูดความชื้นที่นิยมใช้ ได้แก่ ซอร์บิทอล โพรไพลีนไกลคอล หรือการใช้ของผสมของกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และน้ำตาลลงไปด้วยกัน

6.1.2 ช่วยป้องกันการตกผลึก อาหารประเภทผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ซึ่ง

อาหารประเภทนี้ในระหว่างการเก็บ มักจะมีผลึกน้ำตาลเกิดขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อายุการเก็บสั้นลงเนื่องจากมีลักษณะเนื้อไม่ดี การเติมน้ำตาลอินเวอร์ทลงไปทำให้เกิดความคงตัวของอาหารดีขึ้น การเติมกลีเซอรอลและซอร์บิทอลจะช่วยยืดอายุในการเก็บและลดการ hardening ลง

6.1.3 ช่วยเพิ่มความกลมกล่อมของรสชาติหรือความหวาน การใช้สารเพิ่มความชื้นในอาหาร มักจะใช้เพื่อไปช่วยปรับปรุงรสหวานของผลิตภัณฑ์มากกว่าที่จะใช้เพื่อเป็นสารให้รสหวาน ตัวอย่างเช่น การใช้ซอร์บิทอล แซคคารินและแมนนิทอลในอาหาร

6.1.4 ช่วยดูดซับความชื้นหรืออุ้มความชื้น ซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารประเภทผลิตภัณฑ์ขนมหวานมากเพราะจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีลักษณะน่ารับประทานตลอดเวลา โดยทั่วไปจะใช้พอลิอลในผลิตภัณฑ์ขนมหวานไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์

6.1.5 ช่วยในการละลาย พอลิอลมีความสามารถในการเป็นตัวทำละลาย โปรไพลีนไกลคอลจัดเป็นพอลิอลที่มีความสามารถในการเป็นตัวทำละลายได้สูงสุด นอกจากนี้กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และแมนนิทอล มักจะใช้มากสำหรับเป็นสารที่ช่วยเน้นกลิ่นรส (flavor carriers หรือ flavor encapsulating agents)

6.1.6 ช่วยในการคั้นตัว ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้งบางชนิด ก่อนบริโภคจะต้องมีการทำให้คืนตัวก่อน การใช้พอลิอลผสมลงไปในช่วงกรรมวิธีการแปรรูป พบว่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีการคั้นตัว มีคุณภาพดี

6.1.7 ช่วยป้องกันการหืนของอาหาร กลีเซอรอลจะช่วยชะลอการเกิดกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์

6.1.8 ช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ พอลิอลและน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูงจะสามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ และส่วนใหญ่จะต้องมีความเข้มข้นถึงร้อยละ 75 ยกเว้นโปรไพลีน ไกลคอล ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นวัตถุกันเสีย หรือป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ถึงแม้จะใช้ในปริมาณเพียงร้อยละ 10

6.1.9 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อนุ่มเนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำหรือเก็บความชื้นได้ดี ทำให้ลด Tg ของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษามีค่าน้อยกว่า Tg นั้น อาหารอยู่ในสถานะคล้ายแก้ว มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพน้อย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่สถานะนี้มีน้อยมาก สารเพิ่มความชื้นมีผลให้ Tg ของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลงทำให้การเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อสัมผัสน้อยจึงยังคงความนุ่มและชุ่มชื้นของผลิตภัณฑ์

6.2 ชนิดของสารดูดความชื้น

คุณสมบัติของสารดูดความชื้นที่ดีจะต้องละลายน้ำได้ง่าย มีความคงตัว ไม่ระเหย สามารถบริโภคได้ มีคุณค่าทางโภชนาการ และไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอาหารที่เติมลงไป (Ledward, 1981) สารดูดความชื้นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีหลายชนิด ตัวอย่างที่นิยมใช้กัน คือ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล แป้งข้าวโพดไฮโดรไลเสท (42 D.E.) และมอลโตเด็คซ์ตริน (สิวาพร, 2529) สามารถแบ่งชนิดของสารดูดความชื้น ดังนี้

6.2.1 น้ำตาลแอลกอฮอล์ หรือพอลิแอลกอฮอล์ (polyol) จัดเป็นอนุพันธ์ของแซคคาไรด์ซึ่งหมู่ของไฮดรอกซิลหรืออัลดีไฮด์ถูกแทนที่โดยหมู่ไฮดรอกซิล สารประกอบพอลิแอลกอฮอล์นั้นพบว่าจะมีความคงตัวต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีกว่าสารประกอบประเภทน้ำตาล เมื่อใช้ในการแปรรูปอาหารจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีคุณภาพดีกว่า ส่วนคุณสมบัติโดยทั่วไปของพอลิแอล คือสามารถละลายน้ำ ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี เมื่อใส่ลงในอาหารจะทำให้ความหนืดของอาหารเพิ่มขึ้น และจะมีรสหวานตั้งแต่ครึ่งหนึ่งของน้ำตาลจนถึงสูงกว่าน้ำตาลเล็กน้อย (สิวาพร, 2529) พอลิแอลที่ได้รับการรับรองในสหภาพยุโรปให้ใช้ในอาหารได้ ได้แก่ ไอโซมอลท์ แลคทิทิล แมนนิทอล ซอร์บิทอล มอลทิทอลและไซลิทอล และพอลิแอลที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ ซอร์บิทอล แมนนิทอล ไซลิทอล และมอลทิทอล (Dias, 1999) ความสามารถของพอลิแอลในการที่จะดูดซับหรืออุ้มความชื้นของอาหารไว้ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นปานกลางหรือความชื้นสูงนั้น จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของสารด้วย โดยปกติแล้วพอลิแอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ จะมีความสามารถในการดูดซับหรือเก็บความชื้นของอาหารไว้ได้น้อย ความสามารถในการละลายน้ำของพอลิแอลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล โครงสร้างของผลึก และจุดหลอมเหลวของพอลิแอล เช่น พอลิแอลซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น กลีเซอรอล พบว่าสามารถละลายน้ำได้ไม่จำกัดปริมาณ แต่เมื่อน้ำหนักโมเลกุลของพอลิแอลเพิ่มขึ้นความสามารถในการตกผลึกจะเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ความสามารถในการละลายของพอลิแอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ลดลง

กลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหวานประมาณ 0.6–0.7 เท่าของน้ำตาลซูโครส จัดเป็นสารประกอบประเภทไตรไฮดริคแอลกอฮอล์ (trihydric alcohol) คุณสมบัติที่สำคัญของกลีเซอรอล คือ ความสามารถในการดูดความชื้น (humectancy) ความสามารถในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์โดยการลดค่า a_w ของผลิตภัณฑ์อาหาร การให้ความหนืด ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้กลีเซอรอล

จัดเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ซึ่งกลีเซอรอลจัดอยู่ในรายชื่ออาหาร GRAS (Generally Recognized As Safe) ดังนั้นจึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอย่างแพร่หลาย อาทิ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ ขนมอบเพื่อช่วยในการกักเก็บความชื้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มและชุ่มชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม กลีเซอรอลช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลดจุดเยือกแข็งในไอศกรีม การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์นมเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเพื่อช่วยในการเก็บความชื้นและป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล เป็นต้น (Belitz and Grosch, 1987)

6.2.2 น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2

ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส เป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน ความสามารถในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ของซูโครสขึ้นกับความเข้มข้น โดยน้ำตาลซูโครสประมาณร้อยละ 60 สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสสามารถแตกตัวและกระจายตัวได้ดีในน้ำ (ณรงค์, 2538) ทำให้ค่าออกเตอร์แอกติวิตีของอาหารลดลง

6.2.3 กลูโคสไซรัป มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด สี ไม่มีสี คุณสมบัติของ

กลูโคสไซรัปขึ้นอยู่กับค่า Dextrose Equivalent (D.E.) หรือน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย ซึ่งกลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. สูง (น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่ำ) จะสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์สมดุล และลดการเกิดลักษณะแห้งของผลิตภัณฑ์ Parmer (1970) กล่าวว่ากลูโคสไซรัปสามารถนำมาใช้ในสูตรอาหารเพื่อทำให้อาหารมีความหนืดหรือความคงตัว ช่วยในการดูดความชื้น ช่วยเพิ่มกลิ่นรส ยับยั้งการตกผลึกหรือควบคุมขนาดของผลึก ทำให้เกิดแรงดันออสโมติก และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะดีเป็นมันเงา แม้ว่ากลูโคสไซรัปมีลักษณะสี ไม่มีสี แต่จะเกิดสีได้เมื่อได้รับความร้อนในขณะผ่านกรรมวิธีการผลิตอาหาร เนื่องจากความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีของส่วนประกอบต่างๆ ในกลูโคสไซรัป (Birch, 1977) โดยมีสารประกอบ hydroxymethyl furfural เกิดขึ้น และเพิ่มปริมาณขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของสีในกลูโคสไซรัปในปฏิกิริยามอลาร์ด (Ramchander and Feather, 1975)

6.2.4 เกลือ ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์และ

โพแทสเซียมซอร์เบทมีการใช้ในอาหารประเภทเนื้อสด ผลิตภัณฑ์ปลา เพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่อาหาร เกลือแกงที่มีความเข้มข้นสูงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ โดยโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ (จิรารัตน์, 2537)

6.2.5 ผลิตภัณฑ์แปรรูป ได้แก่ แป้งข้าวโพดไฮโดรไลเสท มอลโตเด็คซ์ทริน ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์แอลฟาเอมิเลส มีค่า Dextrose Equivalent (D.E.) ต่ำกว่า 20 ประกอบด้วยส่วนที่เหลือจากการย่อยเอมิโลส และเอมิโลเพกติน มีขนาดอยู่ในช่วง oligomers จนถึง macromolecules อาจผลิตในรูปของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อม หรือผงแห้งที่ละลายน้ำได้ง่ายและไม่มีรสหวาน (จิรารัตน์, 2537)

6.2.6 สารประกอบอื่นๆ สารประกอบบางชนิดที่ผ่านการตรวจสอบว่าเหมาะสมในการใช้เป็นสารที่ช่วยในการลดค่าออกซิเดชันสำหรับใช้ในอาหารกึ่งแห้ง ได้แก่ โลซีน, โมโนโซเดียมกลูตาเมต โปรตีนถั่วเหลือง โมโนโพแทสเซียมแอสปาเตท อัลบูมิน โซเดียมแลคเตท โมลาส อะลานีน เอธานอล โกลซีน (Chirife and Favetto, 1992)

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารลดความชื้นในอาหาร

วิภา (2546) พบว่ามีการนำกลีเซอรอลมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภทในรูปของวัตถุเจือปนอาหาร (food additives) ทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม โดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป เช่น ผลิตภัณฑ์เค้กจะใช้กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลายและตัวลดความชื้น การเติมกลีเซอรอลจะช่วยให้เค้กคงความชุ่มชื้นและยังช่วยลดปัญหาการเกิดสเตลิง ผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งและลูกอม กลีเซอรอลจะทำหน้าที่ควบคุมการระเหยและการตกผลึกเป็นเกล็ด (graining) ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ในการผลิตไส้คุกกี้ เจลลี่ ไอซิ่งเค้ก จะเติมกลีเซอรอลในสูตรของส่วนผสมเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มะพร้าวคั่วแห้งนิยมเติมกลีเซอรอลเพื่อให้ชิ้นมะพร้าวคงความชื้นไว้ได้แม้ว่าจะเก็บเป็นเวลานาน ผลิตภัณฑ์อาหารหวานมีการใช้กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลายส่วนผสมอาหาร ผลิตภัณฑ์กึ่งแข็งกึ่งเหลวพร้อมบริโภคที่สามารถเก็บได้ 2-3 เดือน มีการใช้กลีเซอรอลผสมในสารละลายแช่เส้นก๋วยเตี๋ยว ในขั้นตอนการเตรียมเส้นก่อนการบรรจุเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เนยถั่วจะมีกลีเซอรอลเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย โดยทำหน้าที่ป้องกันการแยกชั้นของไขมัน ผลิตภัณฑ์ไข่แช่เยือกแข็งพบว่า การเติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 จะช่วยให้ไข่แช่เยือกแข็งมีคุณภาพดีขึ้น ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำหรือปราศจากไขมัน กลีเซอรอลที่เติมจะมีอิทธิพลค่อนข้างสูงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและยังช่วยลดค่า a_w

Sherwin and Labuza (1998) ศึกษาผลของสารลดค่า a_w ในอาหารกึ่งแห้ง พบว่าการเติมไกลคอลจะเร่งปฏิกิริยา nonenzymatic browning เมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.2 อย่างไรก็ตามการเติม

ซอร์บิทอลจะไม่ทำอัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลง ส่วนกลีเซอรอลจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลสูง เมื่อค่า a_w เท่ากับ 0.11–0.75

Suhendro (1995) ศึกษาอิทธิพลของพอลิออลในกระบวนการแปรรูปและคุณภาพของทอร์ทิลลา เนื่องจากกลีเซอรอลช่วยในการขยายอายุการเก็บรักษาและคงคุณภาพของทอร์ทิลลา กลีเซอรอลช่วยเพิ่มความนุ่ม ความยืดหยุ่นและลด a_w การใช้กลีเซอรอลร้อยละ 6 และใช้โพรไฟลีนไกลคอล, ซอร์บิทอล หรือมอลทิทอลร้อยละ 6 จะมีความเหนียวมากขึ้นมากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วนทอร์ทิลลาที่ใช้กลีเซอรอลจะมีความชื้นน้อย ปริมาณของเหลวสูงและมีคุณภาพดี a_w จะลดลง โพรไฟลีนไกลคอลและกลีเซอรอล มีประสิทธิภาพในการลด a_w มากกว่าซอร์บิทอลและมอลทิทอล

Moraru (2002) ผสมเนื้อวัวและมันฝรั่งในสัดส่วน 1.48: 1 และเติมกลีเซอรอลและโพรไฟลีนไกลคอลร้อยละ 4 ผ่านเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์แบบสายคู่หมุนไปทางเดียวกัน (co-rotating twin screws) พบว่า กลีเซอรอลและโพรไฟลีนไกลคอลมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มมี a_w น้อยกว่า 0.67

Dymsza and Silverman (1979) ศึกษาถึงการผลิตเนื้อปลาแห้งด้วยการแช่เนื้อปลาในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 40 โซเดียมอะซิเตตร้อยละ 10 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 7 น้ำร้อยละ 43 ในขณะที่มีการให้ความร้อนแก่สารละลายควบคู่กันไปเป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อปลาแห้งที่ได้มีระดับวอเตอร์แอคติวิตี 0.82 ซึ่งมีค่าต่ำเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้เป็นระยะเวลา 87 วัน

Muguruma *et. al.* (1987) ศึกษาถึงอิทธิพลของสารลดค่า a_w ชนิดต่างๆ ที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทดลองใช้สารลดค่า a_w ชนิดต่างๆ ได้แก่ กลีเซอรอล โพรไฟลีนไกลคอล ซอร์บิทอล ร่วมกับการใช้เกลือในการผลิตเนื้อวัวและเนื้อหมูกึ่งแห้ง เมื่อทำการทดลองในตัวอย่างเนื้อวัวกึ่งแห้งพบว่าการใช้ส่วนผสมของกลีเซอรอลร้อยละ 10 โพรไฟลีนไกลคอลร้อยละ 5 และซอร์บิทอลร้อยละ 4 ร่วมกับการเกลือในการผลิตเนื้อวัวกึ่งแห้งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เกลือเพียงอย่างเดียว เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อวัวกึ่งแห้งที่ได้ดังกล่าวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือนจากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 เดือนพบว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Paseua *et. al.* (1994) ศึกษาการลดค่า a_w ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ในผลิตภัณฑ์ปลาแมคเคอเรล โดยแช่ปลาแมคเคอเรลลงในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 540 กรัม น้ำ 380 กรัม โซเดียมคลอไรด์ 70 กรัม และโพแทสเซียมซอร์เบต 7 กรัม ในสัดส่วนของปลาต่อสารละลายเท่ากับ 0.59 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก พบว่าผู้บริโภคริโกการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์เป็นระยะเวลา 20 นาที และระยะเวลาในการแช่ตัวอย่างลงในสารละลายดังกล่าวเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมงมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า a_w เท่ากับ 0.89 มีรสชาติหวานปานกลางและเนื้อสัมผัสมีลักษณะนุ่มน้ำ

Prabhaker and Ramanurthi (1990) ศึกษาการผลิตเนื้อกระป๋องกึ่งแห้งโดยการแช่เนื้อกระป๋องขนาด 2.5 x 2.5 x 2.5 เซนติเมตร ลงในสารละลายกลีเซอรอลร้อยละ 2 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 10 ไตรโซเดียมซิเตรทร้อยละ 2 โซเดียมเบนโซเอทร้อยละ 0.2 และน้ำร้อยละ 85.80 โดยน้ำหนัก ในสัดส่วนของเนื้อกระป๋องต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 1.5 โดยน้ำหนักเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตัวอย่างมาอบด้วยตู้อบลมร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์หลังการอบมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลงเท่ากับ 0.85 และร้อยละ 47.32 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อกระป๋องที่ไม่ได้แช่สารละลายซึ่งมี a_w และปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.93 และร้อยละ 78.95 ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีอายุหลังการเก็บเกี่ยว 6 เดือน ได้จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี
- 1.2 แปะแซ (ตราแฟนซีคาร์ฟ) มีค่า DE เท่ากับ 42
- 1.3 มะเขือเทศสุกพันธุ์ห่อ (จากตลาดองค์การเกษตรเพื่อเกษตรกร หรือออก.)
- 1.4 น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล)
- 1.5 อบเชยผง (ตรามือที่หนึ่ง)
- 1.6 ผลมะตูมพันธุ์ธรรมดา อายุประมาณ 4 เดือน (ซอยมะตูม บางกอกน้อย)
- 1.7 เนยเค็ม (ตราออร์คิด)
- 1.8 แป้งเค้ก (ตราบัวแดง)
- 1.9 ไข่ไก่ (ตราดอกเตอร์เฮน)
- 1.10 น้ำตาลไอซิ่ง (ตราอิมพีเรียล)
- 1.11 ผงฟู (ตราเบสท์ฟูด)
- 1.12 วานิลลาผง (ตราเบสท์โอเดอร์)
- 1.13 กัสเชอร์อล USP Grade (บริษัทเมกเคอเวิร์ดไวดส์ จำกัด)
- 1.14 สารดูดออกซิเจนยี่ห้อเอจเลส (Ageless) ในซองกระดาษเคลือบพลาสติกเอทิลีนไวน์อะซิเตต (Ethylene Vinyl Acetate; EVA) ขนาด 15 กรัม
- 1.15 ถูพลาสติกพอลิเอทิลีน
- 1.16 ถูอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนท ซึ่งเป็นฟิล์มพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตหนา 12 ไมครอนประกบติดกับอลูมิเนียมฟอยด์ หนา 12 ไมครอนและพอลิเอทิลีนหนา 75 ไมครอน

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและเตรียมวัตถุดิบ

- 2.1 ตะกร้าพลาสติก
- 2.2 กระบอกลี้น้ำ
- 2.3 เทอร์โมมิเตอร์
- 2.4 ถังน้ำ
- 2.5 กระชอน

- 2.6 เครื่องบดแป้ง (disk mill)
- 2.7 เครื่องบรรจุสุญญากาศ
- 2.8 เครื่องบด
- 2.9 ตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

- 3.1.1 ตู้อบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ยี่ห้อ severin
- 3.1.2 เครื่องเหวี่ยงแยกที่ควบคุมอุณหภูมิ
- 3.1.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง
- 3.1.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิได้
- 3.1.5 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์
- 3.1.6 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีโดยประมาณ
- 3.1.7 เครื่องรีแฟกโตมิเตอร์ (Hand Refractometer) รุ่น ATC บริษัท ATAGO

ประเทศญี่ปุ่น

- 3.1.8 ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ (Tray dryer) รุ่น B.W.S บริษัท ห.จ.ก. บี ดับบลิว.เอส.เทรดดิ้ง ประเทศไทย
- 3.1.9 ตู้อบความร้อนชนิดลดความดัน รุ่น 6515 S/N 60445-46 บริษัท Forma Scientific, INC ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2 อุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

- 3.2.1 เครื่องชั่ง
- 3.2.2 เครื่องวัดค่าสี (Spectrophotometer Minolta CR-3500d) ประเทศญี่ปุ่น
- 3.2.3 เครื่องวัดค่า a_w ยี่ห้อ Thermoconstanter รุ่น Th 200 บริษัท Novarsina Ltd.

ประเทศสวีเดน

- 3.2.4 เครื่องวัดค่าความหนืด (Rapid Viscosity Amylyzer) รุ่น RVA 4D บริษัท Scientific Newport, Ltd ประเทศออสเตรเลีย

3.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- 3.3.1 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส
- 3.3.2 แบบทดสอบ

วิธีการ

1. การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 การตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้อง

นำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้ ความบริสุทธิ์ของเมล็ด (ร้อยละ), น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม), ความงอก (ร้อยละ) มีวิธีการทดสอบดังภาคผนวก ง, ความชื้น (ร้อยละ), จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) และจำนวนยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

1.2 การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบสำหรับการผลิตไส้สมุนไพรกวน

นำวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตไส้สมุนไพรกวนได้แก่ มะเขือเทศสุกพันธุ์ท้อมาลาวีในน้ำเดือด 2 นาที จากนั้นปอกเปลือกมะเขือเทศออก นำไปบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนมะตูมใช้ผลมะตูมอ่อนพันธุ์ธรรมชาติซึ่งมีอายุประมาณ 4 เดือน โดยนำมาผ่าออกเป็น 2 ซีก แยกเนื้อและเมล็ดออกจากนั้นแยกเฉพาะเนื้อมะตูมแช่ในน้ำเป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำไปบดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดละเอียด บรรจุมะเขือเทศบดและมะตูมบดในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้ วัดค่าคุณภาพวัตถุดิบทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยเครื่องวัดสี และค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดด้วยเครื่องรีแฟคโตมิเตอร์ ความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และค่าความเป็นกรดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด

2. การศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวกล้องงอก

การศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำของเมล็ดข้าวกล้องที่เหมาะสม โดยนำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มาเพาะโดยจัดตั้งทดลองแบบ CRD ปัจจัยที่ศึกษา คือ ระยะเวลาของการแช่น้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และมีสิ่งทดลองควบคุม

(control) คือ ข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้แช่น้ำ รวมถึงทดลองทั้งหมดเท่ากับ 4 สิ่งทดลอง กรรมวิธีการเพาะเมล็ดข้าวคัดแปลงกรรมวิธีการเพาะเมล็ดข้าวกล้องตามวิธีการของ Liu *et. al.* (2005) โดยนำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาล้างด้วยน้ำสะอาดและแช่ด้วยสารละลายกรดเปอร์ออกซีอะซิติก (peroxy acetic acid) ความเข้มข้น 1000 ppm เป็นเวลา 15 นาที เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับข้าวกล้อง จากนั้นแช่ข้าวกล้องในน้ำสะอาดโดยมีสัดส่วนข้าวกล้องต่อน้ำสะอาด เท่ากับ 1 ต่อ 5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เก็บในตู้บ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง เมื่อได้ระยะเวลตามที่กำหนดแล้วใช้กระชอนทำให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง บรรจุในถุงไนลอนโดยใช้เครื่องบรรจุสุญญากาศ ระยะเวลาในการแช่น้ำแต่ละระยะทำการทดลอง 3 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างเมล็ดงอกเพื่อทำการวิเคราะห์โดยสุ่มจากหลายๆ จุดในอ่างเพาะ นำเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความยาวของต้นอ่อน และการงอก และคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ความชื้น นำเมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต ไปผ่านเครื่องบด (centrifugal mill) ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh บรรจุในถุงไนลอนปิดผนึกสุญญากาศ จากนั้นนำแบ่งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอก โดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) ใช้สารละลายแป้งข้าวกล้องร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแห้งต่อปริมาตร ใส่ในกระป๋องอลูมิเนียมใช้โปรแกรม RVA วัดความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้เวลาประมาณ 13 นาที ความแปรปรวนของอุณหภูมิไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มจาก 50 ไปจนถึง 95 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 12 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 13 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงที่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 นาที หยุดทำงานที่ 13 นาที ความเร็วในการกวนมอเตอร์ 10 วินาทีแรกที่ 960 รอบต่อนาที หลังจากนั้นลดลงและคงที่ที่ 160 รอบต่อนาที วิเคราะห์ผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม thermocline for window

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C (1995) และ โปรตีน ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

2.2.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีการของ Somogyi and Nelson (1952)

2.2.3 ปริมาณ gamma-aminobutyric acid (GABA) โดยใช้ HPLC ตามวิธีการของ Varanyanond *et. al.* (2000) ส่งตรวจที่สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกสอได้สมุนไพร

ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทคุกกี้สอได้สมุนไพร โดยนำแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากข้อ 2 มาผลิตอาหารว่างสอได้สมุนไพร

3.1 การพัฒนาแป้งหุ้มไส้

3.1.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้องและปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต่อคุณภาพแป้งหุ้มไส้

ทำการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยยังไม่สอได้สมุนไพร ซึ่งสูตรและกรรมวิธีการผลิตของอาหารว่างดัดแปลงจากธีรานุช (2546) ประกอบด้วย แป้งสาลีสำหรับทำเค้กร้อยละ 50 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 25 เนยร้อยละ 20 ไข่ไก่ร้อยละ 4 ผงฟูร้อยละ 0.5 และวานิลลาชนิดผงร้อยละ 0.5

ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้องและปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกต่อคุณภาพแป้งหุ้มไส้ จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง โดยปัจจัยที่หนึ่ง คือ ระยะเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้องงอก 2 ระดับ คือ 24 และ 72 ชั่วโมง ปัจจัยที่สอง คือ อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต่อแป้งสาลี ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 70: 30, 60: 40 และ 50: 50 มีกรรมวิธีการผลิตดังนี้ ร่อนแป้งสาลีกับผงฟูเข้าด้วยกัน เติมน้ำมันและพักไว้ ตีผสมเนยกับน้ำตาลไอซิ่งเข้าด้วยกัน ด้วยหัวตีรูปใบไม้ ใช้ความเร็วปานกลางนานประมาณ 3

นาที ลดความเร็วตำใส่ไข่ไก่ ตีต่อจนเข้ากันดี เดิมกลิ่นวานิลลาดีให้เข้ากัน ค่อย ๆ เดิมส่วนผสมแป้งที่ร้อนเตรียมไว้ ตีผสมให้เข้ากัน พักส่วนผสมแป้งที่ได้นานประมาณ 15 นาที (คลุมด้วยผ้าชื้น) นำไปพักไว้ในตู้เย็นประมาณ 1 ชั่วโมง แบ่งก้อนแป้งน้ำหนัก 20 กรัม ปั้นเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร เรียงใส่ถาด นำเข้าอบประมาณ 12 – 15 นาที หรือจนกระทั่งสุก ตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่างดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสใช้หัวกดแบบหวับอด (ball probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งทำให้ตัวอย่างแตก ทำการวัดทั้งหมด 10 ซ้ำ วัดค่าสีในระบบ L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี ทั้งหมด 5 ซ้ำ

2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่า water activity (a_w) โดยเครื่องวัดค่า a_w ทั้งหมด 5 ซ้ำ

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งหุ้มไข่ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ตามคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง กลิ่น รส ความหวานและความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3.1.2 การตรวจสอบคุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอกสำหรับผลิตอาหารว่าง

จากการคัดเลือกระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องในข้อ 3.1.1 จึงทำการเพาะข้าวกล้องโดยใช้เวลาการแช่น้ำข้าวกล้องที่เหมาะสม อบแห้งและบดเป็นแป้งเพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารว่างในขั้นต่อไป ทำการตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ได้แก่

1) คุณภาพทางกายภาพ วัดค่าสีของแป้งข้าวกล้องเริ่มงอก ในระบบ L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี

2) คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ทั้งหมด 5 ซ้ำ และองค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณในแป้งข้าวกล้องงอก ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งตามวิธีการของ Somogyi and Nelson (1952) ปริมาณ gamma-aminobutyric acid (GABA) โดยใช้ HPLC ตามวิธีการของ Varanyanond *et al.* (2000) ส่งตรวจที่สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวน ยีสต์และราตามวิธีการของ A.O.A.C (2000)

3.1.3 ศึกษาปริมาณน้ำและระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่อคุณภาพของอาหารว่าง

เมื่อได้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกและแป้งสาลีที่เหมาะสมแล้ว ทำการศึกษาสัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกและระยะเวลาการแช่แป้งในน้ำ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3 x 2 factorial in CRD ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอก 3 ระดับ คือ 1: 1, 2: 1 และ 3: 1 และเวลาแช่แป้งข้าวกล้องงอก 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยมีกรรมวิธีการผลิตอาหารว่างโดยแบ่งแป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 70 ของแป้งข้าวกล้องงอกทั้งหมดมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) จากนั้นผสมกับส่วนผสมอื่น ได้แก่ ไข่ไก่, แป้งสาลี, แป้งข้าวกล้องงอก (ร้อยละ 30) วานิลลา ผงฟู น้ำตาลไอซิ่งและเนย ปั่นเป็นก้อนกลมขนาด 20 กรัม เตรียมไส้โดยปั่นสับประดกวน (เป็นตัวแทนของไส้สมุนไพรงาน) ขนาด 10 กรัม นำแป้งอาหารว่างที่ได้ห่อไส้สับประดกวนและปั้นให้ยาว 1.5 นิ้ว กว้าง 0.5 นิ้ว วางเรียงใส่ถาดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที ตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่าง ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ประเมินคุณภาพทางกายภาพเฉพาะส่วนแป้งหุ้มไส้ (อาหารว่างที่ไม่ใส่ไส้) โดยวัดค่าความแข็งซึ่งมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1

2) คุณภาพทางเคมี ประเมินคุณภาพทางเคมีเฉพาะส่วนอาหารว่างที่ไม่ใส่ไส้ โดยวัดค่า a_w ซึ่งมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 3.1.1

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างไส้สับปะรด

ประเมินโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ (รูปร่าง) กลิ่นของแป้งอาหารว่าง ความแข็ง กลิ่นรสของส่วนแป้งอาหารว่างและความชอบรวม โดยใช้ไส้สับปะรดเป็นตัวแทนของไส้ก่อนที่จะพัฒนาไส้สมุนไพรกวน

3.1.4 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนต่อคุณภาพของแป้งหุ้มไส้

ทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนในน้ำ โดยนำแป้งข้าวกล้องงอกผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใส่ในถ้วยสแตนเลส จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิที่กำหนด โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ในขณะที่ให้ความร้อน คนส่วนผสมตลอดเป็นระยะเวลา 30 นาที และตัวอย่างควบคุมที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกผสมน้ำและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 30 นาที ตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่าง ทางกายภาพเฉพาะส่วนอาหารว่างที่ไม่ใส่ไส้ โดยวัดค่าความแข็งซึ่งมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1) ในข้อ 3.1.1

3.1.5 ศึกษาผลของระยะเวลาในการทำให้แป้งสุกบางส่วนต่อคุณภาพของอาหารว่าง

ทำการศึกษาเวลาการทำให้แป้งสุกบางส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกในน้ำที่ระดับอุณหภูมิเหมาะสมในข้อที่ 3.1.4 โดยศึกษาเวลาการทำให้แป้งสุกบางส่วน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 นาที และศึกษาคุณภาพของแป้งหุ้มไส้ และตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่าง ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ นำแป้งอาหารว่างที่ไม่ใส่ไส้มาวัดความแข็งซึ่งมีวิธีการเช่นเดียวกับข้อ 1) ในข้อ 3.1.1

2) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่าง ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างสดได้สี่ระดับ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ (รูปร่าง) กลิ่นแป้ง ความแข็ง กลิ่นรสแป้ง และความชอบรวม

3.2 การพัฒนาอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพร

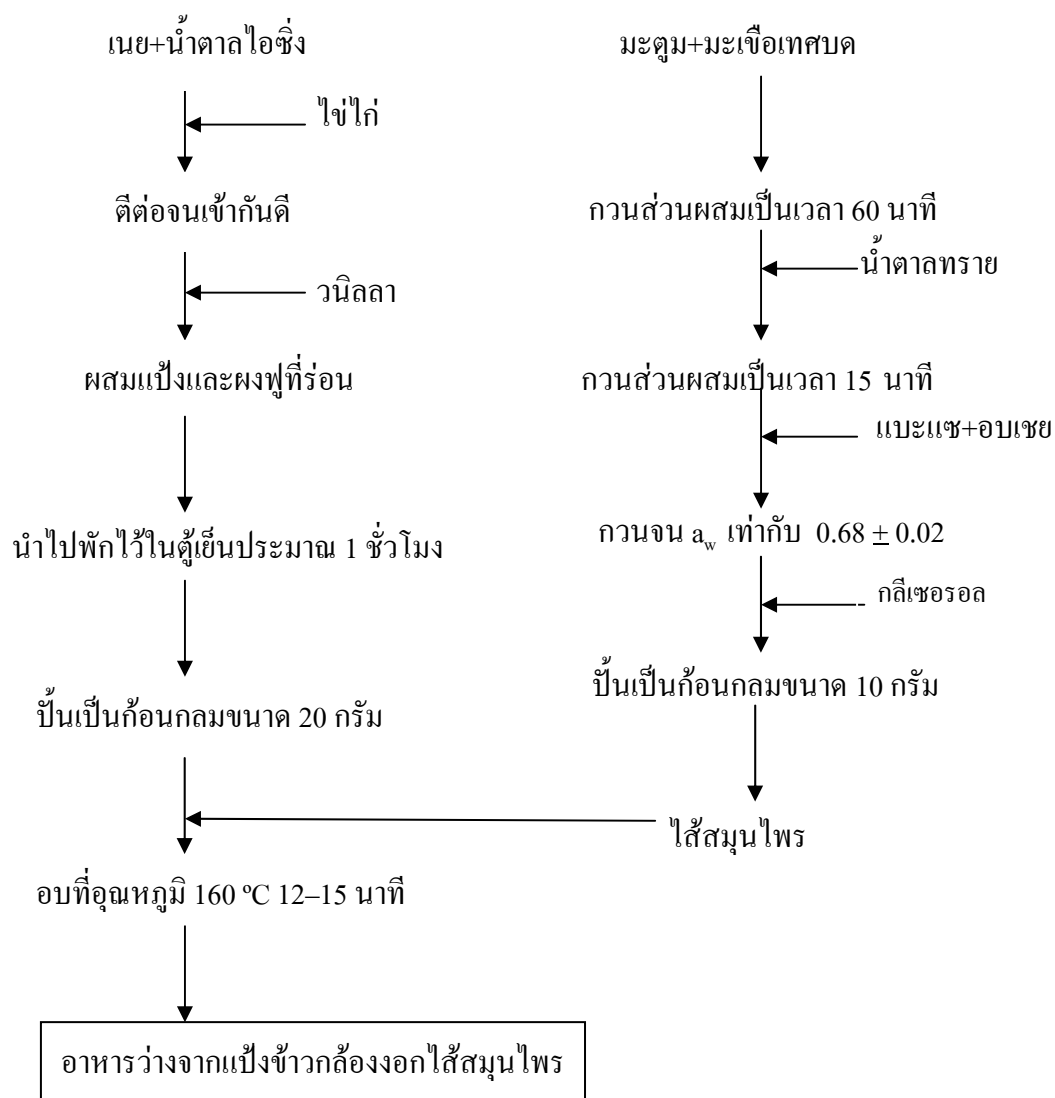
3.2.1 การศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมสมุนไพรต่อคุณภาพไส้สมุนไพรและอาหารว่างไส้สมุนไพร

ศึกษาสูตรและส่วนผสมในการผลิตไส้ โดยไส้สมุนไพรกวนมีส่วนผสมประกอบด้วยน้ำตาลทรายร้อยละ 20, แปะแซร์ร้อยละ 15 อบเชยร้อยละ 5 และมะเขือเทศผสมมะตูมร้อยละ 60 ศึกษาสัดส่วนของมะเขือเทศต่อมะตูม โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทั้งหมด 6 ระดับ ได้แก่ 5: 3, 4: 3, 3: 3, 5: 1, 4: 1 และ 3: 1 กรรมวิธีการผลิตโดยนำมะตูมและมะเขือเทศมาละลายน้ำแข็ง ซึ่งน้ำหนักของมะตูมและมะเขือเทศตามแผนการทดลองรวม 500 กรัม จากนั้นใส่ในกระทะทองและกวนโดยใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นใส่น้ำตาลทรายกวนต่อ โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จนกระทั่งมีลักษณะแห้งและไม่ติดกระทะ หลังจากนั้นใส่อบเชยและแปะแซร์ ผสมให้เข้ากันและกวนต่อโดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5–10 นาที จนได้ a_w เท่ากับ 0.68 ± 0.02 ที่งไว้ให้เย็นและปั้นเป็นก้อนกลมขนาด 10 กรัม กรรมวิธีการผลิตดังกล่าวที่ 1 จากนั้นนำไส้สมุนไพรกวนตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง LLoyd ใช้หัววัดแบบหัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร แรงกด 50 นิวตัน ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที ความสูงของตัวอย่าง 20 มิลลิเมตร โดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 50 ใช้โปรแกรม TPA วิเคราะห์และบันทึกค่าและวัดค่า L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี

2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยใช้รีแฟลโครมิเตอร์ และ a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w บันทึกเวลาที่เหมาะสมในการกวนไส้สมุนไพร โดยกำหนดให้ไส้สมุนไพรกวน มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65–0.70

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งไส้สมุนไพรมะตูมและอาหารว่างสอดไส้สมุนไพรมะตูม สำหรับอาหารว่างไส้สมุนไพรมะตูมมีกรรมวิธีการผลิตดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะตูม

3.2.2 การศึกษาอิทธิพลของการใช้สารดูดความชื้นต่อคุณภาพอาหารว่างไส้สมุนไพร

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยศึกษาสารดูดความชื้น คือ กลีเซอรอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักแห้งสมุนไพรในไส้สมุนไพรกวน โดยมีกรรมวิธีการผลิตไส้สมุนไพรกวน ดังภาพที่ 1 โดยใช้กลีเซอรอลในขั้นตอนเดียวกับเบะแซและอบเชย จากนั้นนำไส้กวนที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่า L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสใช้หัวกดแบบหัวบอล (ball probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการวัดทั้งหมด 10 ซ้ำ

2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้นตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และค่า a_w ด้วยเครื่องวัด a_w

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส นำไส้สมุนไพรกวนที่ใช้กลีเซอรอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักแห้งสมุนไพร มาสอดใส่ในคุกกี้ ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพร โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ที่มีความชอบในการบริโภคอาหารว่างมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ตามคุณลักษณะทางด้านสีเหลือง กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นรสเนย รสหวานของผลิตภัณฑ์ ความเหนียวของไส้สมุนไพร ความแข็งของแป้ง และความชอบรวม ร่วมกับการทดสอบ Just about right scale จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's multiple range test

4. การตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่พัฒนาได้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่า L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี ค่าความแข็ง วัดส่วนไส้สมุนไพรกวนซึ่งมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร³ โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส หัววัดแบบหัวกดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร แรงกด 50 นิวตัน ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 50 สำหรับแป้งคุกกี้ไส้สมุนไพรวัดตัวอย่างคุกกี้ไส้สมุนไพรที่มีมีความสูงเท่ากับ 1.5 เซนติเมตรโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

หัวกดแบบหัวบอล (ball probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งทำให้ตัวอย่างแตก ทำการวัดทั้งหมด 10 ซ้ำ

4.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัด a_w วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในแป้งข้าวกล้องงอก ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C (2000) และปริมาณ gamma-aminobutyric acid (GABA) โดยใช้ HPLC ตามวิธีการของ Varanyanond *et. al.* (2000) ส่งตรวจที่สถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

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

4.4 การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.4.1 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ใช้สเกลเส้นตรงความยาว 15 เซนติเมตร เพื่อหาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างที่พัฒนาได้

4.4.2 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) กับอาหารว่างที่พัฒนาได้ ประเมินโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่พัฒนา

ทดสอบการยอมรับอาหารว่างที่ได้จากการพัฒนา ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ต่อปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ รูปร่าง สี กลิ่น กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) และความชอบรวม รวมทั้งถามการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค จำนวน 200 คน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ central location test (CLT) สถานที่ทดสอบคือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non-probability) แบบสะดวก (convenience sampling) (Kotler, 1997) ใน

การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วันที่ 29 มกราคม–2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550)

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของคุกกี้สอดไส้สมุนไพรร

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่พัฒนาได้ โดยศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จัดสิ่งทดลองแบบ 2×2 factorial in CRD ทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง โดยศึกษา 2 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่ง คือ ภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณกลีเซอรอล ได้แก่ คุกกี้ที่ไม่ใส่และที่ใส่กลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งสมุนไพรร ขนาดบรรจุถุงละ 20 ชิ้น (100 กรัม) โดยคุกกี้ที่ใส่กลีเซอรอลมีการใช้สารดูดออกซิเจนร่วมด้วย ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เก็บทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ตรวจสอบคุณภาพในส่วนแป้งและส่วนไส้สมุนไพรร ดังนี้

6.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่องวัดสี ค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ไส้สมุนไพรรที่มีความสูงของตัวอย่างเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร โดยใช้หัวกดแบบหัวบอล (ball probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งทำให้ตัวอย่างแตก ทำการวัดทั้งหมด 10 ซ้ำ

6.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ Thiobarbituric acid number (TBA) ตามวิธีการของ A.O.A.C (1995) และค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w

6.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราตามวิธีการของ A.O.A.C (1995)

6.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการเชิงพรรณนา ด้วยการให้คะแนนความเข้ม (Intensity) ปัจจัยคุณภาพบนสเกลแบบเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตร (Meilaard *et. al.*, 1999) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน และทดสอบการยอมรับโดยวิธี overall quality rating โดยกำหนดคะแนน 1–10 จากไม่ยอมรับมากที่สุด ถึงยอมรับมากที่สุด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นตัวอย่างคุกกี้ที่ผลิตในวันที่ทำการทดสอบ โดยคะแนน 10 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพเหมือนกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 9 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม คะแนน 6–8 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมแต่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

คะแนน 3–5 หมายถึง ตัวอย่างมีคุณภาพแตกต่างกับตัวอย่างควบคุมในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับ แต่อาจสามารถใช้ทดสอบต่อไปได้ และคะแนน 1–2 หมายถึง ตัวอย่างมีการเสื่อมเสียคุณภาพอย่างชัดเจน ไม่เป็นที่ยอมรับและไม่ต้องทดสอบต่อไป (Lawless and Heymann, 1998) (แบบทดสอบดังกล่าว ค)

ผลและวิจารณ์

1. คุณภาพของวัตถุดิบ

1.1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดข้าวกล้อง

จากการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 เมล็ดข้าวมีความบริสุทธิ์และความชื้นผ่านมาตรฐานและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมาตรฐานเมล็ดข้าวกล้อง (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรมแห่งชาติ, 2546) ระบุเมล็ดข้าวควรมีความบริสุทธิ์และความงอกอย่างน้อยร้อยละ 98 และ 80 ตามลำดับ มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ซึ่งขึ้นอยู่กับการสูญเสียของข้าวในการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดจนสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิสูงขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงเมล็ดข้าวจะเสื่อมคุณภาพเร็ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละวันก็ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดข้าว (จวงจันทร์, 2529)

ตารางที่ 2 คุณภาพเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

คุณภาพ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์
ความบริสุทธิ์ของเมล็ด (ร้อยละ)	98.6 (0.2)
น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	2.4 (0.3)
ความงอก (ร้อยละ)	86 (1.2)
ความชื้น (ร้อยละ)	9.36 (0.43)
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	29 โดยประมาณ
จำนวนยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	17 โดยประมาณ

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

1.2 การเตรียมและตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบสำหรับการผลิตไส้สมุนไพรวงวน

วัตถุดิบในการผลิตไส้สมุนไพรวงวน ดังภาพผนวกที่ 7 และ 8 จากการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ พบว่ามะเขือเทศสุกมีค่า L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดงและสีเหลือง พบว่ามีค่าเท่ากับ 61.23, 23.12 และ 1.28 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นร้อยละ 78.12 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 16.1 องศาบริกซ์ และมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3.51 ส่วนมะตูมมีค่าความสว่าง, ค่าสีแดงและสีเหลืองเท่ากับ 49.90, 5.28 และ 27.58 ตามลำดับ ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 23.28 องศาบริกซ์ และค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.98 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 32.05 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบที่ผลิตไส้สมุนไพรวงวน

คุณภาพ	มะเขือเทศ	มะตูม
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	16.1 (0.14)	23.28 (0.49)
ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	3.51 (0.02)	7.98 (0.06)
L^*	61.23 (1.08)	49.90 (0.59)
a^*	23.12 (0.23)	5.28 (0.12)
b^*	1.28 (0.34)	27.58 (0.37)
ความชื้น (ร้อยละ)	78.12 (0.21)	32.05 (0.19)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

2. การศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกและแป้งข้าวกล้องงอก

การศึกษาระยะเวลาในการแช่น้ำของเมล็ดข้าวกล้องที่เหมาะสม โดยนำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มาเพาะโดยจัดตั้งทดลองแบบ CRD ทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ปัจจัยที่ศึกษาคือระยะเวลาของการแช่น้ำ 3 ระดับ คือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และมีสิ่งทดลองควบคุม (control) คือข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ไม่ได้แช่น้ำ รวมสิ่งทดลองทั้งหมดเท่ากับ 4 สิ่งทดลอง

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพในระหว่างการงอกของเมล็ดข้าวกล้อง แสดงไว้ในภาพที่ 2 โดยพบว่าใน 24 ชั่วโมงเมล็ดข้าวกล้องงอกมีการดูดน้ำทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน คือ ยอดอ่อน (coleoptile) เริ่มงอกออกมา จากนั้น 48 ชั่วโมงยอดอ่อนจะยาวขึ้น เมื่อเวลาแช่น้ำ 72 ชั่วโมงยอดอ่อนยืดยาวขึ้นโดยมีการงอกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการงอก โดยที่เวลาแช่น้ำ 72 ชั่วโมงมีการงอกเท่ากับร้อยละ 89.2 และวัดความยาวยอดอ่อนของเมล็ดข้าวกล้องงอกได้เท่ากับ 3.26 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4 และข้าวกล้องงอกมีการดูดน้ำ ดังภาพที่ 3 โดยมีอัตราการดูดน้ำเท่ากับร้อยละ 36.5 หลังจากแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และอัตราการดูดน้ำสูงถึงร้อยละ 40 หลังจากแช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง และจากภาพที่ 4 พบว่า เมล็ดข้าวกล้องมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นอย่างช้าเมื่อเข้าสู่ระยะเวลาการแช่น้ำ 3 ชั่วโมง โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 35 ซึ่งข้าวกล้องงอกโดยทั่วไปควรมีความชื้นร้อยละ 30-35 ส่วนในข้าวกล้องงอกบางพันธุ์จะมีปริมาณความชื้นสูงถึงร้อยละ 35-50 ซึ่งมีผลต่อการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรีย (Lindenfelser, Ciegler, and Hesseltine, 1978)

ตารางที่ 4 การงอกของข้าวกล้องและความยาวของยอดอ่อนที่ระยะเวลาการแช่น้ำต่างกัน

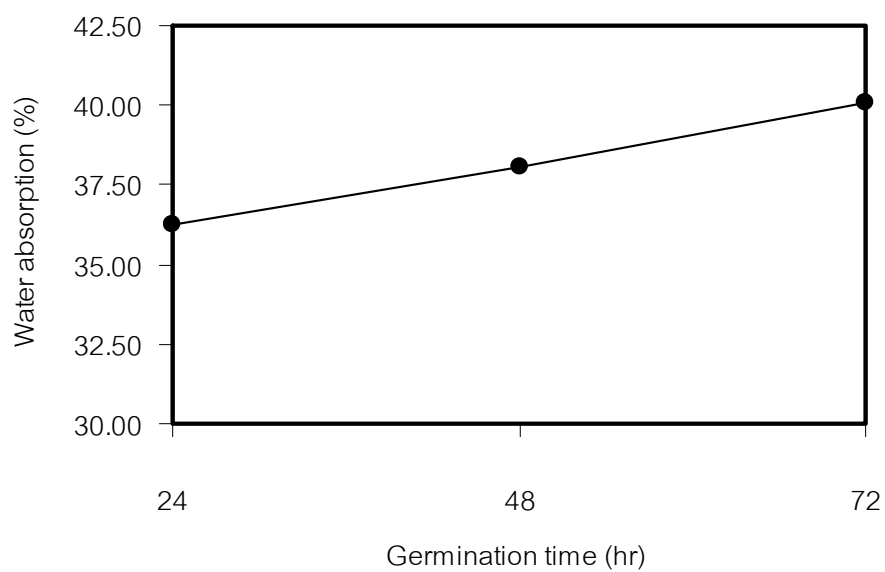
ระยะเวลาการงอก (ชั่วโมง)	การงอก (ร้อยละ)	ความยาวของยอดอ่อน (มิลลิเมตร)
24	42.1 c (3.24)	0.52c(0.12)
48	74.5 b (4.68)	1.78 b(0.46)
72	89.2 a (4.59)	3.26 a (0.34)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

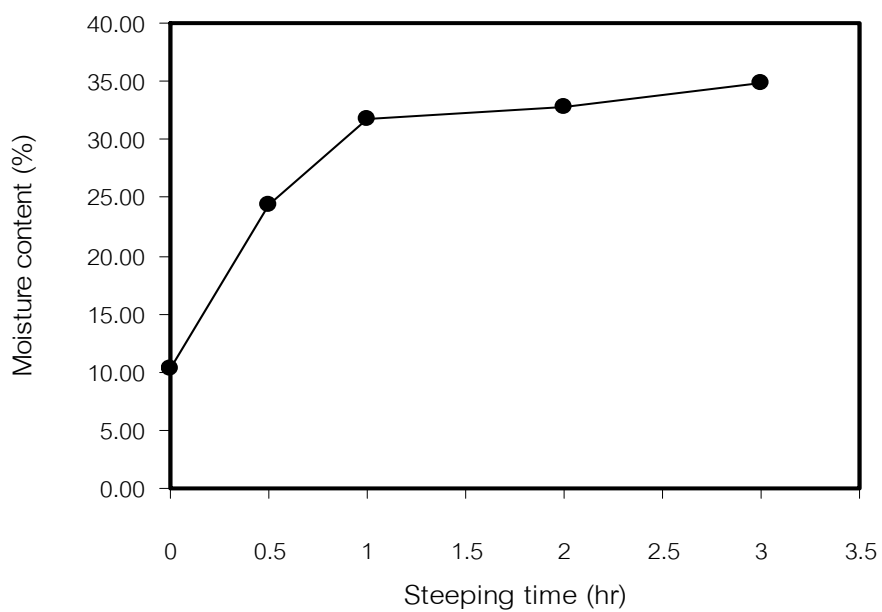
ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard deviation) ของข้อมูล



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างกัน ก) 24 ข) 48 และ ค) 72 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 อัตราการดูดน้ำของข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นเวลา 0 – 3 ชั่วโมง

จากนั้นนำเมล็ดข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ไปผ่านการอบแห้งและบดเป็นแป้ง และทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี พบว่า

2.1 คุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องงอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกโดยใช้เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) โดยค่าคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกแสดงดังตารางที่ 5 และภาพที่ 5 ตามลำดับ พบว่า ความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้อง โดยค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) และค่าการคืนตัว (Setback from trough) ลดลงตามระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้อง ทั้งนี้แป้งข้าวกล้องที่ได้จากการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง มีค่าความหนืดสูงสุดและค่าการคืนตัวต่ำที่สุด เท่ากับ 23.21 RVU และ 17.08 RVU ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแป้งข้าวกล้องจากข้าวกล้องที่ไม่ได้แช่น้ำ (control) และแป้งข้าวกล้องที่ได้จากข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ซึ่งการลดลงของความหนืดอาจเนื่องมาจากขณะที่เมล็ดงอกจะมีเอนไซม์แอมิเลสเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอัลฟาแอมิเลส เอนไซม์แอมิเลสจะย่อยคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีแอมิโลส และแอมิโลเพกทินเป็นส่วนประกอบให้เป็นเดกซ์ทริน และโมโนแซ็กคาไรด์ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของคัพภะ ทำให้แป้งจากธัญชาติที่งอก มีความหนืดต่ำกว่าแป้งจากธัญชาติที่ไม่งอก (Pathirana *et. al.*, 1983) ดังนั้นจากการทดลอง เมื่อเวลาในการเพาะเมล็ดเพิ่มขึ้น ความหนืดของแป้งจึงลดลงเช่นเดียวกันกับ Brandtzaeg (1981) ที่ได้ศึกษาผลความหนืดในแป้งข้าวฟ่างที่ผ่านการงอก พบว่าแป้งมีความหนืดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งข้าวฟ่างจากเมล็ดปกติหรือเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการงอก

เมื่อพิจารณาค่าการคืนตัว ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Newport scientific, 1995) โดยถ้ามีค่าการคืนตัวมากหรือมีค่าเป็นบวกจะมีลักษณะการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี และมีแนวโน้มที่จะให้เจลแป้งที่แข็งแรงมาก (Beta and Corke, 2001) จากผลการทดลองพบว่าระดับการคืนตัวของแป้งที่มากที่สุด คือ แป้งข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะ 24 ชั่วโมง มีค่า 73.42 RVU และการคืนตัวน้อยที่สุด คือ แป้งข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะ 72 ชั่วโมง มีค่า 17.08 RVU ในแป้งข้าวกล้องปกติมีค่าการคืนตัวของแป้ง 100.42 RVU และในแป้งข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีค่า 73.42, 66.50 และ 17.08 RVU ตามลำดับ ค่าการคืนตัว เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีโทรกราเดชัน หรือกระบวนการที่มีการจัดระเบียบใหม่ของโมเลกุล ค่าการคืนตัวจึงมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Halick and Kelly, 1959) การเกิดเจ

ลของแป้งสูกเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงอีกและตั้งทิ้งไว้ให้นานขึ้น ลักษณะการเรียงตัวกันเป็นโครงสร้างดังกล่าวยิ่งแน่นมากขึ้น ทำให้โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมานอกเจล (syneresis) และเจลมีลักษณะขาวขุ่น แป้งสูกไม่สามารถรักษาความหนืดไว้ได้ในสภาวะดังกล่าว ซึ่งปรากฏการณ์นี้คือการเกิดรีโทรเกรเดชัน หรือการคืนตัว (Smith, 1979) ค่าการคืนตัวต่ำหมายถึงแป้งมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำ (Ragae, 2006) จากการทดลองพบว่าค่าการคืนตัวของแป้งข้าวอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมงมีค่าการคืนตัวต่ำที่สุด แสดงว่า แป้งข้าวกล้องเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้แป้งหลังจากสุกแล้วมีการเกิดรีโทรเกรเดชันลดลง ซึ่งน่าจะสอดคล้องกับแป้งถูกย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟาแอมิเลสทำให้โมเลกุลของแป้งสั้นลง การเกิดรีโทรเกรเดชันของแอมิโลสจึงลดลง

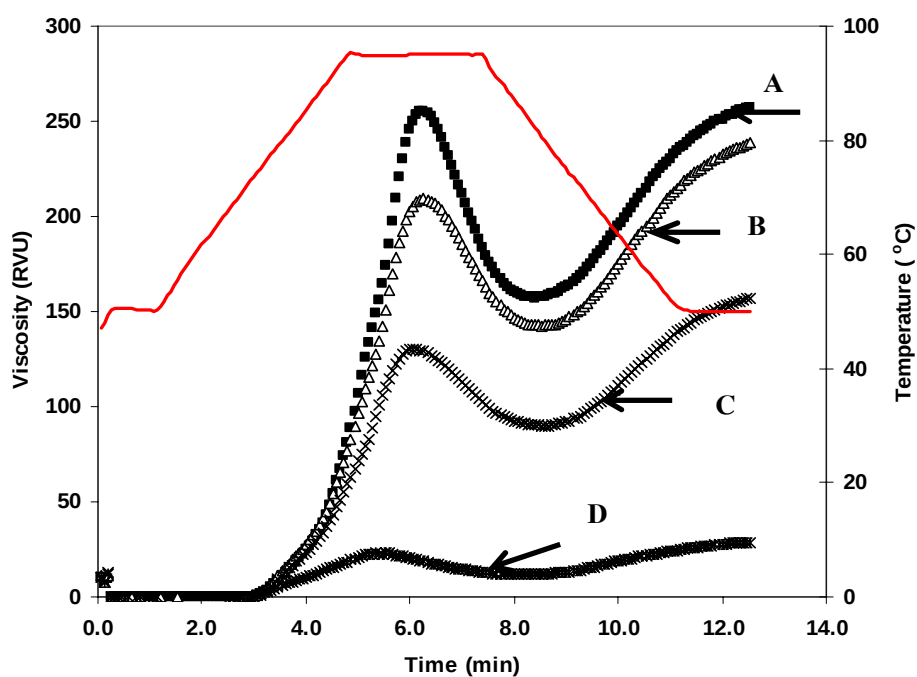
เมื่อพิจารณาถึงค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ในการบอกถึงคุณภาพของแป้งและเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะของแป้งหรือผลิตภัณฑ์ว่ามีลักษณะเป็นแป้งเปียกหรือเจลเมื่อผ่านการให้ความร้อน และทำให้เย็น (Newport Scientific, 1995) ความหนืดสุดท้ายที่เกิดขึ้น คือ ความหนืดเมื่อแป้งถูกทำให้เย็นหลังการเกิดเจลาคิไนซ์ ส่วนของแอมิโลสจะเกิดโครงสร้างขึ้นใหม่ในลักษณะโครงสร้างสามมิติ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นหรือเกิดลักษณะเจลขึ้น (Ragae, 2006) เนื่องจากเจลแป้งเมื่อผ่านการให้ความร้อน และทำให้เย็นจะเกิดการจับเรียงตัวกันใหม่ของแอมิโลสที่อยู่ใกล้กันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีผลทำให้น้ำแป้งมีความหนืดมากขึ้น (นิตติ, 2543; Whistler and BeMiller, 1999) ทำให้ข้าวที่มีแอมิโลสต่ำเกิดเจลที่อ่อนนุ่ม ส่วนข้าวที่มีแอมิโลสสูงเกิดเป็นเจลที่แข็งแรงมีผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่า (Hood, 1982) ความหนืดสุดท้ายซึ่งเป็นความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัวของแป้งข้าวกล้องที่แช่น้ำ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง คือ 236.72, 154.38 และ 28.63 RVU ตามลำดับ แป้งข้าวอกที่ผ่านการเพาะ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีค่าความหนืดสุดท้ายมากกว่าค่าความหนืดต่ำสุด นั่นแสดงว่าแป้งข้าวอกเมื่อผ่านการให้ความร้อน และทำให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล (Beta and Corke, 2001) ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้กับขนมที่ต้องการลักษณะของเจล เช่น ขนมชั้น ขนมเปียกปูน เป็นต้น ระยะเวลากการแช่น้ำข้าวกล้องมีผลต่อลักษณะเจลแป้ง โดยแป้งที่ให้ลักษณะเจลที่แข็งที่สุดคือ แป้งข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะ 24 ชั่วโมง (236.72 RVU) และเจลที่มีลักษณะแข็งน้อยที่สุด คือ แป้งข้าวกล้องที่ผ่านการเพาะ 72 ชั่วโมง (28.63 RVU)

สำหรับอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็วจนมีความหนืดเพิ่มขึ้น พบว่าแป้งข้าวกล้องจากข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่น้ำมีอุณหภูมิเริ่มขึ้นหนืด 74.00 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อนำข้าวกล้อง

แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการแช่น้ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด ของแป้งข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแป้งข้าวกล้องที่ได้จากข้าวกล้องแช่น้ำตามระยะเวลาดังกล่าวมีค่าอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดอยู่ในช่วง 73.18-74.05 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 คุณภาพการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องที่เวลาแช่น้ำ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (°C)	ความหนืด (RVU)				
		ความหนืดสูงสุด	ความหนืดต่ำสุด	ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและต่ำสุด	ความหนืดสุดท้าย	ค่าการคืนตัว
0	74.00	255.46	157.09	98.38	257.50	100.42
24	73.36	207.22	138.83	69.36	236.72	73.42
48	73.18	130.00	87.88	42.13	154.38	66.50
72	74.05	23.21	11.55	11.67	28.63	17.08



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกที่เวลาการแช่น้ำ (A) 0 ชั่วโมง, (B) 24 ชั่วโมง, (C) 48 ชั่วโมง และ (D) 72 ชั่วโมง

2.2 คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวกล้องงอก พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านการงอกมีปริมาณ 264.5 มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัม หลังจากนำข้าวกล้องมาแช่น้ำแล้วเกิดการงอก พบว่าแป้งข้าวกล้องที่ได้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น โดยแป้งข้าวกล้องที่ได้จากข้าวกล้องแช่น้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 505.0 มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัม น้ำหนักตัวอย่างสูงกว่าแป้งข้าวกล้องที่ได้จากข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง (ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 311.8 และ 354.7 มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัม น้ำหนักตัวอย่าง ตามลำดับ) และตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเป็น 1.9 เท่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทองปลิว (2532) ที่ศึกษาพบว่าข้าวที่เพาะในหังอกมีสารลดคลอโรฟิลล์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้น นอกจากนี้ Nirmala *et. al.* (2000) พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในข้าวกล้องเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 1.44 เป็นร้อยละ 8.36 ของข้าวที่ไม่ได้งอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่ยอดงอกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์แอลฟาเอมิเลส ที่กล่าวข้างต้น ทำให้มีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษายังมีความสอดคล้องกับการลดลงของความหนืดเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นและปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องงอกในระหว่างการแช่น้ำที่ 0–72 ชั่วโมง (ตารางที่ 6) ความชื้นของแป้งข้าวกล้องมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.42–10.45 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแป้งที่ควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 สำหรับปริมาณโปรตีน พบว่าเมล็ดข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำมีโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.01 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมากกว่าในเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่น้ำ (ร้อยละ 7.81 โดยน้ำหนักแห้ง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มขึ้นดังกล่าวเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนที่สะสมอยู่ภายในโครงสร้างเมล็ด และเกิดการสังเคราะห์โปรตีนใหม่ขึ้นในส่วนอื่นๆ ของเมล็ดเพื่อการเจริญเติบโตเป็นรากและต้น การย่อยสลายโปรตีนดังกล่าวเกิดจากเอนไซม์โปรติเอสถูกสร้างขึ้นระหว่างการงอกย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนขึ้นใหม่ (วันชัย, 2537) สอดคล้องกับ Hamad and Field (1979) ที่ทำการศึกษาปริมาณกรดอะมิโนไลซีนในข้าวทั้งงอก และรายงานว่าการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของไลซีนในข้าวทั้งงอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวธรรมดา และ Tsai *et. al.* (1975) ได้ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนในข้าวโพดทั้งงอก พบว่าการเพิ่มของไลซีน ทรีปโตเฟน และเมทไธโอนีนในข้าวโพดทั้งงอก นอกจากนี้ ทองปลิว

(2532) ได้นำเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 7 มาเพาะเป็นเวลา 5 วัน พบว่าข้าวที่เพาะให้งอกมีปริมาณ โปรตีน และทริปโตเฟนเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการงอกและลดลงในช่วงท้าย

จากการศึกษาพบว่าเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ดังตารางที่ 6) เนื่องจากเอนไซม์ Glutamate decarboxylase (GAD) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการสังเคราะห์ GABA โดยเมื่อนำข้าวกล้องแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง แป้งข้าวกล้องงอกที่ได้มีปริมาณ GABA (14.84, 25.79 และ 38.90 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ) เพิ่มขึ้นเป็น 3, 6 และ 8 เท่าตามลำดับเมื่อเทียบกับแป้งจากข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก (4.80 มิลลิกรัม/กรัม) ซึ่งสอดคล้องกับ Oh (2003) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวกล้องงอก โดยพบว่าการสะสมของ GABA เพิ่มขึ้นตามเวลาที่แช่น้ำโดยมีปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกมากกว่าข้าวกล้องที่ยังไม่แช่น้ำถึง 5 เท่า (150 มิลลิกรัมต่อกรัม)

ตารางที่ 6 ปริมาณ (โดยน้ำหนักแห้ง) ความชื้น โปรตีน น้ำตาลรีดิวซ์ และ GABA ของแป้งข้าวกล้องงอกที่ระยะเวลาแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน

เวลาแช่น้ำ ของข้าว กล้อง (ชั่วโมง)	ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	โปรตีน (ร้อยละ)	GABA (มิลลิกรัมต่อ 100กรัม ตัวอย่าง)
0	12.09 a (0.25)	264.5d (0.43)	7.81 b(0.01)	4.80 d (0.25)
24	9.49c (0.13)	311.8 c (0.51)	8.01 a (0.01)	14.84 c(0.18)
48	9.42c (0.26)	354.7 b (0.36)	8.02 a(0.05)	25.79 b(0.67)
72	10.45 b (0.35)	505.0a (0.48)	8.01 a(0.01)	38.90 a(2.82)

หมายเหตุ (a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพร

3.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้

3.1.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำของข้าวกล้องและปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต่อคุณภาพแป้งหุ้มไส้

ทำการผลิตอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอก จัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง โดยปัจจัยที่หนึ่ง คือ ระยะเวลาแช่น้ำข้าวกล้องงอก 2 ระดับ คือ 24 และ 72 ชั่วโมง ปัจจัยที่สอง คือ อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ต่อแป้งสาลี ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 70: 30, 60: 40 และ 50: 50 จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของแป้งหุ้มไส้พบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องงอกไม่มีผลต่อค่าความแข็งของอาหารว่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 แต่เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งของแป้งหุ้มไส้มีแนวโน้มลดลง แป้งหุ้มไส้ที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 72 ชั่วโมงจะมีค่าความแข็งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับแป้งหุ้มไส้ที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ใช้ระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้อง 24 ชั่วโมง และพบว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีมีผลต่อค่าความแข็งของอาหารว่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี 50: 50 มีค่าความแข็งสูงที่สุด เท่ากับ 20.20 นิวตัน และแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี 70: 30 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด เท่ากับ 14.11 นิวตัน แป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสส่วนมากขึ้น สอดคล้องกับ Sudha (2007) ที่ศึกษาผลของเส้นใยอาหารจากธัญชาติที่มีต่อคุณภาพของบิสกิต โดยพบว่าการใช้รำข้าวร้อยละ 40 จะทำให้ค่าความแข็งลดลง และสุนทร (2533) ผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าไม่แห้งพบว่า เนื้อในจะแห้งและร่วน แป้งข้าวเจ้ามีโครงสร้างที่แข็ง เนื่องจากมีโปรตีนกลูเตลิน (glutelin) เชื่อมกับแป้ง มีการพองตัวของเม็ดแป้งน้อยกว่าแป้งจากพืชชนิดอื่น เนื่องจากเมล็ดแป้งข้าวเจ้าเล็กมากและมีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างเม็ดแป้ง จึงขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวและสุกไม่เต็มที่ (Baxter, 2004) นอกจากนี้ข้าวกล้องงอกมีเชื้อหุ้มเมล็ดหนาเป็นไขห่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ ทำให้การดูดซึมน้ำของเมล็ดลดลง ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสอยู่มาก ดังนั้นข้าวกล้องงอกจึงแข็งกระด้างและแข็งกว่าข้าวขาว (Gujral and Kumar, 2003) รวมทั้งการไม่แห้งทำให้แป้งที่ได้มีคุณภาพต่ำเพราะเมล็ดข้าวยังคงความแข็ง และมีเส้นใยอาหารอยู่ แป้งที่ได้จึงมีลักษณะหยาบ ทำให้แป้งหุ้มไส้ที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกสูงจะมีเนื้อสัมผัสเป็นเม็ดทรายมากกว่าแป้งหุ้มไส้ที่มีปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกต่ำ สำหรับค่า L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดง และ

สีเหลืองตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกทำให้ค่าความสว่างของคุกกี้ลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดงไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกทำจากข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี จึงมีสีคล้ำและมีสีเหลืองน้ำตาล เมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลทำให้คุกกี้มีสีคล้ำขึ้น ส่วนคุณภาพทางเคมีของแป้งหุ้มไส้พบว่าค่า a_w ของแป้งหุ้มไส้มีค่าอยู่ในช่วง 0.43–0.48 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ค่าความแข็งและค่าสีของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี และระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน

อัตราส่วนแป้งข้าว กล้องงอก ต่อแป้งสาลี	ระยะเวลาการ แช่น้ำข้าวกล้อง (ชั่วโมง)	L*	a* ^{ns}	b*	ค่าความแข็ง (นิวตัน)
70: 30	72	58.27c (3.21)	18.81 (0.78)	18.21a (0.69)	14.11c (1.38)
70: 30	24	59.56c (2.82)	18.82 (0.67)	18.91a (0.93)	15.17c (1.38)
60: 40	72	67.59b (2.64)	18.89 (0.91)	15.79b (0.61)	16.74b (1.73)
60: 40	24	69.59b (2.72)	18.83 (0.68)	15.45b (0.78)	17.70b (1.35)
50: 50	72	73.15a (2.61)	18.86 (0.54)	14.65c (0.56)	19.15a (1.01)
50: 50	24	74.27a (3.20)	18.81 (0.71)	14.78c (0.43)	20.20a (1.13)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(ns) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่า a_w ของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีและระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน

อัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอก ต่อแป้งสาลี	ระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้อง (ชั่วโมง)	a_w
70: 30	72	0.43c (0.00)
70: 30	24	0.44bc(0.00)
60: 40	72	0.44bc(0.00)
60: 40	24	0.46ab(0.00)
50: 50	72	0.48a (0.00)
50: 50	24	0.47a (0.00)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง กลิ่นรส รสหวานและความชอบรวม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกมีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ในแต่ละคุณลักษณะมีค่าลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีผิวหน้าแตก (ดังภาพที่ 6) มีกลิ่นแป้งข้าวมากขึ้น ทางด้านเนื้อสัมผัสมีความร่วนมากขึ้นและมีความรู้สึกละคายหลังกลืนผลิตภัณฑ์ แป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกมากขึ้นจะมีคะแนนความชอบทางด้านความแข็งลดลงเนื่องจากมีเนื้อสัมผัสร่วนและรู้สึกละคายหลังกลืนผลิตภัณฑ์ (ดังตารางที่ 9) เนื่องจากในระหว่างการอบอาหารว่าง แป้งข้าวมีการเกิดเจลไม่สมบูรณ์ ทำให้แป้งข้าวสุกบางส่วน เพราะขนาดของแป้งข้าวมีขนาดโมเลกุลเล็กมาก มีอุณหภูมิในการเกิดเจลสูงและต้องการน้ำมากกว่าปกติในการทำให้อสุก ซึ่งการเกิดเจลในเซชันจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีน้ำในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 30 (Collison and Chilton, 1974) ซึ่งในสูตรอาหารว่าง มีส่วนผสมที่เป็นของเหลว คือ ไข่ไก่ เพียงร้อยละ 4 ส่วนคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสรวม พบว่าแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกมากขึ้น (อัตราส่วน 70: 30) จะมีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสรวมลดลง เนื่องจากมีกลิ่นรสเฉพาะของแป้งข้าวกล้องในผลิตภัณฑ์มากขึ้น โดยกลิ่นเฉพาะของข้าวกล้องเกิดจากสารระเหย 2-แอซีทิล-1-ไพโรลีน นอนานาล เฮกซานาล และออกธานาล (Buttery, 1983) นอกจากนี้ข้าวกล้องมีชั้นเอลลิวโรนและคัพเพะที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยน้ำมันในข้าวถูกออกซิไดซ์

เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ แอลดีไฮด์ คีโตน และกรดคาร์บอกซิลิก ที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนเมื่อผ่านความร้อน (Marshall, 1994) แป้งข้าวกล้องจึงมีกลิ่นรสเฉพาะตัว

ดังนั้นจึงเลือกสิ่งทดลองที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 72 ชั่วโมงมีอัตราส่วนของแป้งต่อแป้งสาลี 60: 40 เนื่องจากเป็นสูตรที่ใช้ปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกสูงสุดที่ทำให้ค่าคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และแป้งข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 72 ชั่วโมงมีปริมาณ GABA สูงกว่าที่แช่น้ำ 24 ชั่วโมง

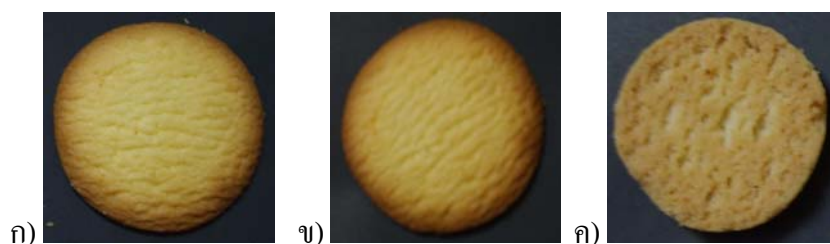
ตารางที่ 9 คะแนนความชอบโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งหุ้มไส้ที่มีอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องต่อแป้งสาลีและระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องต่างกัน

แป้งข้าว กล้องงอก ต่อแป้ง สาลี	เวลาการแช่ น้ำข้าว (ชั่วโมง)	ลักษณะ ปรากฏ	ความแข็ง	กลิ่นรส รวม	รสหวาน	ความ ชอบ รวม
70: 30	72	6.5b (1.1)	6.0b (2.2)	6.5cd (1.4)	6.6b (1.7)	6.4b (1.5)
70: 30	24	6.1b (1.9)	5.9b (2.0)	6.2d (1.5)	6.6b (1.6)	5.9c (2.0)
60: 40	72	7.3a (1.0)	7.7a (0.8)	7.2b (1.0)	7.2ab (1.2)	7.8a (0.9)
60: 40	24	6.3b (0.8)	7.1a (0.9)	6.8bc (1.3)	7.0b (1.2)	6.7b (1.4)
50: 50	72	7.7a (0.9)	7.7a (0.9)	7.8a (0.8)	7.8a (0.9)	7.8a (0.9)
50: 50	24	7.2a (0.9)	7.7a (1.0)	7.4ab (0.8)	7.6a (1.0)	7.6a (1.0)

หมายเหตุ (a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความ

แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล



ภาพที่ 6 ลูกกึ่งผลิตจากแป้งข้าวหอมผสมแป้งสาลีในอัตราส่วน ก) 50: 50 ข) 60: 40 และค) 70: 30

3.1.2 ตรวจสอบคุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอกสำหรับผลิตอาหารว่าง

จากการคัดเลือกระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องในข้อ 3.1.1 จึงทำการแช่ข้าวกล้องโดยใช้เวลาการแช่น้ำของข้าวกล้อง 72 ชั่วโมง อบแห้งและบดเป็นแป้งเพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารว่างในขั้นต่อไป ทำการตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพ ด้านค่า L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดง และสีเหลือง ตามลำดับ พบว่าแป้งข้าวกล้องงอกมีค่าความสว่าง, ค่าสีแดงและสีเหลือง เท่ากับ 88.56 , -0.02 และ 5.57 ตามลำดับ ค่า a_w ของแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 0.38 คุณภาพองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในแป้งข้าวกล้องงอกมีดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 8.74 ปริมาณไขมันร้อยละ 6.89 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.87 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 1.03 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.83 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 71.64 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 1079 มิลลิกรัมกลูโคสต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม คุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.8×10^3 โคโลนีต่อกรัมและยีสต์รำน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานแป้งข้าวเจ้าที่กำหนดไว้ซึ่งน้อยกว่า 10^6 โคโลนี ส่วนจำนวนยีสต์และรำน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม

ตารางที่ 10 ค่าคุณภาพแป้งจากเมล็ดข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง

คุณภาพ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี L*a*b*	88.56, -0.02, 5.57
ค่า water activity	0.38
ขนาดของแป้ง (ร้อยละ)	
น้อยกว่า 60	27.78
60-80	27.48
80 – 100	23.21
มากกว่า 100	21.52
คุณภาพทางเคมี	
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)	1079
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	8.74
ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)	6.89
ปริมาณโปรตีน(ร้อยละ)	9.87
ปริมาณเส้นใยหยาบ(ร้อยละ)	1.03
ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)	1.83
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)	71.64
GABA (มิลลิกรัมกลูโคสต่อ 100กรัม)	42.16
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	4.8×10^3
จำนวนยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	<10 โดยประมาณ

3.1.3 การศึกษาปริมาณของน้ำ และระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่อคุณภาพของอาหารว่าง

จากข้อ 3.1.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีเท่ากับร้อยละ 60: 40 แต่เนื่องจากแป้งหุ้มไส้ที่ได้มีเนื้อสัมผัสสรวนเป็นผงติดคอและมีความรู้สึกสากคอหลังกลืนผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อให้แป้งดูนุ่มและสุกมากขึ้น จึงทำการศึกษาลักษณะของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกและเวลาแป้งข้าวกล้องงอกในน้ำ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3 x 2

factorial in CRD ปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอก 3 ระดับ ได้แก่ 1: 1, 2: 1 และ 3: 1 และระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำ 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1 ชั่วโมง

คุณภาพส่วนแป้งที่ไม่ใส่ไส้ จากการวิเคราะห์ พบว่าแป้งหุ้มไส้หลังอบแล้วมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.43–0.46 ดังตารางที่ 11 และไส้สับปะรดมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.67–0.69 และพบว่าสัดส่วนของน้ำที่ใช้แช่แป้งข้าวกล้องงอกมีผลต่อค่าความแข็ง โดยสัดส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 ผลึกแป้งหุ้มไส้มีการสุกบางส่วนน้อย เนื่องจากมีปริมาณน้ำในส่วนผสมไม่เพียงพอ ทำให้การเกาะตัวกันของเม็ดแป้งและน้ำน้อย ทำให้ผลึกแป้งที่ได้มีลักษณะร่วน ผิวหน้าแตก และมีความแข็งต่ำที่สุด แต่เมื่อปริมาณของน้ำที่ใช้ในการแช่แป้งข้าวกล้องงอกมากขึ้นทำให้ค่าความแข็งของแป้งหุ้มไส้เพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีการเกิดเจลลิตินในเซชันมากขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำมากขึ้น จึงทำให้ผลึกแป้งที่ได้มีความแข็งและไม่แตกเป็นผงเมื่อหักออกจากกัน แต่เมื่อใช้ปริมาณน้ำมากเกินไป คือ สัดส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อน้ำเท่ากับ 1: 3 ที่ระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำเท่ากับ 1 ชั่วโมง ทำให้ผลึกแป้งที่ได้มีความแข็งมากที่สุด (25.09 นิวตัน) โดยมีลักษณะเนื้อแน่นและแข็ง เนื่องจากแป้งมีการเกิดเจลลิตินในเซชันมากขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำหรือความชื้นมากขึ้น (Gujral, 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Perez and Juliano (1988) ผลึกแป้งโดยน้ำแป้งข้าวเจ้าไม่แห้งมาแช่น้ำสัดส่วน 1: 3 (โดยน้ำหนักแห้ง) แล้วทิ้งไว้ 1 คืน ที่ 37–40 องศาเซลเซียส พบว่าแป้งมีเนื้อสัมผัสที่เหนียว และ และแน่น มีค่าความแข็งเท่ากับ 3.2 นิวตัน เนื่องจากแป้งมีการดูดน้ำมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณน้ำสูงขึ้น จากการทดลองพบว่าส่วนผสมของแป้งหุ้มไส้ก่อนอบมีลักษณะเหลว ไม่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ สำหรับส่วนผสมที่มีน้ำมากเกินไป เมื่อนำผลึกแป้งไปอบ ส่งผลให้มีการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าของผลึกแป้งก่อน ทำให้เกิดผิวแห้งแข็งที่เปลือก (Case hardening) ผลึกแป้งจึงมีความแข็งที่ผิวหน้า (Crust) แต่ยังคงมีความชื้นอยู่ภายในผลึกแป้ง น้ำที่อยู่ภายในผลึกแป้งระเหยออกไปได้ยาก จึงต้องใช้เวลาในการอบนานขึ้น (20 นาที) ทำให้ได้ผลึกแป้งมีเนื้อสัมผัสแข็งมาก

ตารางที่ 11 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของส่วนแบ่งอาหารว่างที่มีสัดส่วนน้ำต่อแป้งข้าวงอก และระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกลี้งอกในน้ำต่างกันเมื่ออบเวลาต่างกัน

สัดส่วนน้ำต่อแป้ง ข้าวกลี้งอก	ระยะเวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	เวลาอบ (นาที)	a_w	ค่าความแข็ง (นิวตัน)
1: 1	0.5	15	0.44a (0.00)	18.60c (1.14)
1: 1	1	15	0.44a (0.00)	19.06c(1.64)
2: 1	0.5	17	0.44a (0.00)	20.17b (1.16)
2: 1	1	17	0.43a (0.00)	21.67b (1.13)
3: 1	0.5	20	0.46a (0.00)	24.11a (1.01)
3: 1	1	20	0.45a(0.00)	25.09a(1.13)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard deviation) ของข้อมูล

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างไส้สับประรด เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ต้องการควรมีเนื้อสัมผัสกรอบนุ่ม ไม่กรอบแข็งกระด้าง และไม่ร่วน จนทำให้ไม่เกิดการเกาะกันของแป้ง จากการทดสอบพบว่า เมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการแช่แป้งกลี้งอกมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (รูปร่าง) ของอาหารว่างลดลง ดังตารางที่ 12 เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งและผิวหน้าแตกร่วน ไม่เหมาะสมในการทำเป็นแป้งหุ้มไส้ อาหารว่างที่ใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวงอกเท่ากับ 1: 1 มีลักษณะแห้งแข็งและร่วน ทำให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏต่ำที่สุด เนื่องจากข้าวกลี้งอกมีคาร์โบไฮเดรตที่ดูดน้ำได้สูง (Sanchez *et. al.*, 2002) ดังนั้นเมื่อมีปริมาณน้ำไม่มากพอในส่วนผสม ทำให้อาหารว่างหลังจากอบมีลักษณะร่วน แตกเป็นผงได้ง่ายเมื่อหัก และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำจะทำให้คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสลดลง อาหารว่างที่ได้มีลักษณะที่แข็งมากเนื่องจากแป้งข้าวกลี้งอกดูดน้ำได้มาก และเมื่อนำไปอบเม็ดแป้งข้าวกลี้งอกจึงมีปริมาณแป้งที่สุกสมบูรณ์มากขึ้น ระยะเวลาการดูดน้ำแป้งมีผลต่อคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัส โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกลี้งอกในน้ำมากขึ้น คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสลดลง เนื่องจากอาหารว่างที่ได้มีลักษณะที่แข็งมากขึ้น ส่วนอาหารว่างที่ใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวงอกเท่ากับ 3: 1 มีเนื้อสัมผัสที่แข็งมาก ส่วนของแป้งหุ้มไส้มีลักษณะคล้ายขนมปังกรอบมากกว่าคุกกี้ มีโพรงอากาศเล็กและแน่น ไม่มีการ

แตกเป็นผงเมื่อหัก ทำให้คะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด เมื่อใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 2: 1 และใช้เวลาแช่น้ำของแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 0.5 ชั่วโมง พบว่าอาหารว่างมีคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดโดยมีค่าความแข็งเท่ากับ 19.67 นิวตัน อาหารว่างที่ได้ไม่รวนเป็นผง มีความแข็งปานกลาง และมีคะแนนความชอบทางด้านความชอบรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอาหารว่างที่ใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 2: 1 และเวลาแช่น้ำของแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 0.5 ชั่วโมงเป็นส่วนของแป้งอาหารว่างหุ้มไส้สมุนไพรต่อไป

ตารางที่ 12 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สับปะรด ที่มีสัดส่วนน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกและเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่างกัน

สัดส่วนของ น้ำต่อแป้ง ข้าวกล้องงอก	เวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ลักษณะ ปรากฏ (รูปร่าง)	กลิ่นของ แป้ง	ความแข็ง	กลิ่นรส ของแป้ง	ความชอบ รวม
1: 1	0.5	6.9cd (0.8)	7.7a (0.8)	6.4bc (1.5)	7.3a (0.9)	6.2b (1.4)
1: 1	1	6.7d (1.1)	5.1c (1.3)	5.2d (1.5)	7.0a (1.3)	5.1c (1.5)
2: 1	0.5	7.8a (0.6)	7.2a (0.8)	7.7a (1.1)	7.2a (0.8)	7.4a (0.9)
2: 1	1	7.2bcd (1.4)	6.7ab (1.3)	6.9b (1.8)	7.4a (0.8)	7.1a (1.1)
3: 1	0.5	7.3abc (0.8)	6.9ab (1.0)	6.0c (1.3)	7.1a (0.8)	5.4c (1.3)
3: 1	1	7.5ab (0.9)	6.5b (1.1)	4.2e (1.2)	7.3a (0.8)	5.7b (1.3)

หมายเหตุ (a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

3.1.4 ศึกษาอุณหภูมิในการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วน (partially gelatinization) ต่อคุณภาพของแป้งหุ้มไส้

จากข้อ 3.1.3 ได้เลือกอาหารว่างที่ใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 2: 1 และระยะเวลาการแช่แป้งในน้ำเท่ากับ 0.5 ชั่วโมงเป็นส่วนหนึ่งของแป้งหุ้มไส้สมุนไพรต่อไป แต่เนื่องจากส่วนผสมของแป้งหุ้มไส้ก่อนนำไปอบมีลักษณะเหลว และปั้นได้ยาก ผลิตภัณฑ์อาหารว่างหลังจากอบ ยังคงมีลักษณะร่วนเนื่องจากต้องการให้แป้งมีการดูดน้ำในอัตราที่เพิ่มขึ้น จึงทำการศึกษาอุณหภูมิในการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วน โดยศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และตัวอย่างควบคุมที่แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ระยะเวลาการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนเท่ากับ 30 นาที ตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่าง ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนมีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิของน้ำมากขึ้นทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 13 โดยแป้งหุ้มไส้ที่ใช้อุณหภูมิในการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากที่สุด (23.68 นิวตัน) เนื่องจากความสามารถในการดูดน้ำของแป้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (นิธิยา, 2545) ดังนั้นเมื่อแป้งละลายอยู่ในน้ำอุ่น (50 องศาเซลเซียส) เม็ดแป้งจะค่อยๆ ดูดน้ำและพองตัวออก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นเรื่อยๆ เม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้นได้เป็นสารละลายข้นหนืด (paste) ทำให้แป้งหุ้มไส้ที่ใช้อุณหภูมิในการทำให้แป้งสุกบางส่วนเท่ากับ 70 องศาเซลเซียสมีการเกิดเจลลิตีในเซชันมากขึ้น ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้จึงไม่ร่วน ซึ่งมีลักษณะคล้ายขนมปังกรอบมากกว่าคุกกี้ จึงไม่เหมาะสมในการผลิตเป็นแป้งหุ้มไส้คุกกี้ ส่วนแป้งหุ้มไส้ที่ใช้อุณหภูมิในการทำให้แป้งสุกบางส่วนเท่ากับ 50 และ 60 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบนุ่ม ไม่กรอบแข็ง ไม่แตกร่วนเป็นผง ซึ่งมีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างที่แช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง จากการทดลองจึงเลือกอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ดี

ตารางที่ 13 ค่าความแข็งของส่วนแป้งหุ้มไส้ที่ใช้อุณหภูมิของน้ำสำหรับทำให้แป้งสุกบางส่วนต่างกัน

อุณหภูมิของน้ำที่ทำให้แป้งสุกบางส่วน (องศาเซลเซียส)	ค่าความแข็ง (นิวตัน)
ตัวอย่างควบคุม	15.55 c (1.02)
50	18.76 b (1.64)
60	19.10 b (1.41)
70	23.68 a (1.31)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

3.1.5 ศึกษาผลของระยะเวลาในการทำให้แป้งสุกบางส่วนต่อคุณภาพของอาหารว่าง

จากข้อ 3.1.4 ได้เลือกอาหารว่างที่ใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องงอกเท่ากับ 2: 1 และระยะเวลาการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนในน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเท่ากับ 0.5 ชั่วโมงเป็นส่วนของแป้งอาหารว่างหุ้มไส้สมุนไพรต่อไป แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทำให้แป้งสุกบางส่วนนาน ไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตระดับอุตสาหกรรม จึงทำการศึกษาระยะเวลาการทำให้แป้งสุกบางส่วนในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดระยะเวลาการผลิต โดยศึกษาระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่แป้ง 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 นาที ตรวจสอบคุณภาพของแป้งหุ้มไส้และอาหารว่าง พบว่า

1) คุณภาพทางกายภาพ

จากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนไม่มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 14 แต่จากการทดลองพบว่าระยะเวลาในการทำให้แป้งข้าวกล้องงอกสุกบางส่วนเท่ากับ 30 นาที จะทำให้ส่วนผสมของแป้งก่อนอบมีลักษณะร่วนแห้ง และแป้งไม่เกาะติดกัน เนื่องจากการระเหยของน้ำมากขึ้นในระหว่างการทำให้แป้งสุกบางส่วน ทำให้ขั้นตอนการปั้นไม่สะดวกเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการทำให้แป้งข้าว

กลี้งงอกสุกบางส่วนเท่ากับ 10 นาที ส่งผลให้ส่วนผสมก่อนอบมีลักษณะที่ปั้นได้ง่าย และสามารถคลึงเป็นลายได้ง่ายกว่า ส่วนของแป้งหุ้มไส้และไส้สมุนไพรเกาะติดกันได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าการทำให้แป้งข้าวกลี้งงอกสุกบางส่วน 30 นาทีเนื่องจากไม่ทำให้ผิวหน้าร่วนและแตก

ตารางที่ 14 ค่าความแข็งของส่วนแป้งหุ้มไส้สำหรับอาหารว่างที่ใช้เวลาในการทำให้แป้งสุกบางส่วนต่างกัน

เวลาในการทำให้แป้งข้าวกลี้งงอกสุกบางส่วน (นาที)	ค่าความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}
10	21.79 (1.42)
20	22.09 (1.24)
30	22.14 (1.31)

หมายเหตุ (ns) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

2) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่าง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ (รูปร่าง) กลิ่นของแป้ง ความแข็ง กลิ่นรสของแป้ง และความชอบรวม พบว่าระยะเวลาการทำให้แป้งข้าวกลี้งงอกสุกไม่มีผลต่อความชอบทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 15 โดยคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง จึงเลือกอาหารว่างที่ใช้ระยะเวลาการทำให้แป้งข้าวกลี้งงอกสุกบางส่วนน้อยที่สุด คือ 10 นาทีเป็นส่วนหนึ่งของแป้งอาหารว่างหุ้มไส้สมุนไพรต่อไป

ตารางที่ 15 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกไส้สับปะรด **

เวลาการทำแป้งสุก บางส่วน (นาที)	ลักษณะ ปรากฏ ^{ns}	กลิ่นของ แป้ง ^{ns}	ความ แข็ง ^{ns}	กลิ่นรสแป้ง ^{ns}	ความชอบ รวม ^{ns}
10	7.2(0.9)	6.7(1.2)	6.9(1.5)	7.4(0.8)	7.2(1.0)
20	6.7(1.1)	6.7(0.9)	6.7(0.9)	6.9(1.3)	6.6(1.1)
30	6.9(0.8)	7.0(0.8)	6.9(1.1)	7.3(0.8)	6.8(0.9)

หมายเหตุ (ns) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

($p > 0.05$)

** ไม้สับปะรด ใช้เป็นตัวแทนของไม้สนุนไพรในการศึกษาข้อนี้



ภาพที่ 7 อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องอกไม้สับปะรด

ในกรรมวิธีการผลิตอาหารว่าง จึงใช้สัดส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวกล้องอกเท่ากับ 2: 1 และเวลาการทำให้แป้งสุกบางส่วนที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียสเท่ากับ 10 นาทีเป็นส่วนหนึ่งของการทำให้แป้งสุกบางส่วน (partially gelatinization) ในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับแป้งที่เกิดการสุกสมบูรณ์ (gelatinization) มาผสมในส่วนผสม พบว่า แป้งไม้สับปะรดที่ใช้แป้งข้าวกล้องอกที่ผ่านการทำให้สุกสมบูรณ์มีค่าความแข็งสูง (25.09 นิวตัน) ส่วนผสมก่อนนำไปอบมีความเหนียวมากกว่าแป้งข้าวกล้องอกที่นำไปทำให้สุกบางส่วน ผลิตภัณฑ์หลังอบมีลักษณะแห้งแข็ง และใช้เวลาการอบน้อยกว่า เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำของแป้งเพิ่มขึ้นในระหว่างการทำให้แป้งสุก และแป้งสุกเมื่อมีน้ำมากพอในระหว่างการให้ความร้อน (Fukuoka *et. al.*, 2002) แป้งจึงสุกบางส่วนก่อนนำไปอบ ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบมีลักษณะแห้ง แข็ง ไม่เป็นผงเมื่อหัก ลักษณะคล้ายขนมปังกรอบมากกว่าแป้งคูกี้ จึงมีคุณลักษณะไม่เหมาะสำหรับทำแป้งหุ้มไส้อาหารว่าง ซึ่งการทำให้แป้งสุกสมบูรณ์เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความนุ่มและชุ่มชื้นภายในผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากคูกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความกรอบ จึงต้องระเหยน้ำภายในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีลักษณะแห้ง มีงานวิจัยที่ศึกษาแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์สำหรับทำขนมปัง Sharma (1998) ศึกษาการใช้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ด้วยวิธีการเอกซ์ทรูชันมาแทนที่แป้งสาลีในการทำขนมปัง จากการทดลองพบว่าขนมปังเป็นที่ยอมรับเมื่อมีการแทนที่ร้อยละ 25 จากแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ที่มีระดับเจลาติไนซ์มากกว่าร้อยละ 70 โดยลดความแน่นแข็งของ

เนื้อในขนมปังระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ Satin (1998) ได้ทำขนมปังจากแป้งมันสำปะหลัง โดยแบ่งมาร้อยละ 25 ของแป้งนำไปต้ม 4 นาทีแล้วผสมกับส่วนผสมอื่น มีการใช้สตาร์ชพรีเจลในอุตสาหกรรมอาหารมากมาย โดยให้ความนุ่มแก่เค้กสำเร็จรูป (Moore, 1984) และ Boettger (1963) ใช้สตาร์ชพรีเจลเป็นส่วนผสมในแป้งเค้กปริมาณร้อยละ 3.5 เพื่อช่วยให้ส่วนผสมมีความชื้นเหนียวมากขึ้นและรักษาความชุ่มชื้นของเนื้อเค้ก

3.2 การพัฒนาอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพร

3.2.1 ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมสมุนไพรต่อคุณภาพใส่สมุนไพรและอาหารว่างใส่สมุนไพร

ศึกษาสูตรและส่วนผสมในการผลิตไส้ โดยส่วนผสมในสูตรไส้กวน ประกอบด้วยน้ำตาลทรายร้อยละ 20, เบะแซร์ร้อยละ 15 อบเชยร้อยละ 5 และมะเขือเทศผสมมะตูมร้อยละ 60 ที่สัดส่วนของมะเขือเทศและมะตูมโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ที่สัดส่วน 5: 3, 4: 3, 3: 3, 5: 1, 4: 1 และ 3: 1 นำใส่สมุนไพรกวนตรวจสอบคุณภาพพบว่า

1) คุณภาพทางกายภาพ การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Lloyd พบว่า ปริมาณมะเขือเทศและมะตูมในสูตรไส้สมุนไพรกวนมีผลต่อค่าความแข็ง เมื่อปริมาณมะเขือเทศเพิ่มขึ้นค่าความแข็งของสมุนไพรกวนลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อปริมาณมะตูมเพิ่มขึ้นพบว่าค่าความแข็งของสมุนไพรกวนมีค่าเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทางด้านค่าสี L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดงและสีเหลืองตามลำดับ พบว่า ปริมาณมะเขือเทศและมะตูมในสูตรมีผลต่อค่าความสว่าง, สีแดงและสีเหลืองโดยค่าความสว่างของไส้สมุนไพรกวนอยู่ในช่วง 36.81–38.71 ค่าสีแดงของไส้สมุนไพรกวนอยู่ในช่วง 16.24–17.74 และค่าสีเหลืองของไส้สมุนไพรกวนอยู่ในช่วง 6.11–6.64 โดยเมื่อปริมาณมะตูมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างและสีแดงของไส้สมุนไพรกวนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมะเขือเทศมีสีแดง เมื่อปริมาณมะเขือเทศเพิ่มขึ้น ทำให้สมุนไพรกวนมีสีแดงมากขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง พบว่าเมื่อปริมาณมะตูมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมะตูมมีสีเหลืองเมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมจึงทำให้ไส้สมุนไพรกวนมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 8

2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของ
 สมุนไพรหวานมีค่าอยู่ในช่วง 65–67 องศาบริกซ์ และ a_w อยู่ในช่วง 0.65–0.67 โดยใส่สมุนไพร
 กวนแต่ละสูตรจะมีเวลาการกวนแตกต่างกัน เมื่อใช้อุณหภูมิการกวนเท่ากับ 90 ± 1 องศาเซลเซียส
 เป็นเวลา 60 นาทีเท่ากันทุกสูตร และใช้อุณหภูมิการกวนเท่ากับ 80 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา
 5–15 นาที ซึ่งเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกวนสมุนไพรอยู่ในช่วง 70–95 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ
 มะเขือเทศและมะตูม การใช้สัดส่วนมะตูมต่อมะเขือเทศเท่ากับ 1: 3, 1: 4 และ 1: 5 จะมีเวลาการ
 กวนเท่ากับ 85, 90 และ 95 นาที ตามลำดับ สูตรสมุนไพรที่ใช้มะตูมต่อมะเขือเทศ 3: 3, 3: 4 และ 3:
 5 จะมีเวลาการกวนเท่ากับ 70, 75 และ 85 นาที ตามลำดับ เมื่อมะเขือเทศมากขึ้นจะใช้เวลาในการ
 กวนเพิ่มขึ้นเนื่องจากมะเขือเทศมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง จึงต้องใช้ระยะเวลาในการระเหยนํ้ามาก
 ขึ้น



ภาพที่ 8 ใส่สมุนไพรหวานที่มีปริมาณมะเขือเทศและมะตูมในสัดส่วน 5: 1

ตารางที่ 16 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของใส่สมุนไพรหวานที่มีปริมาณมะเขือเทศและมะตูม
 ต่างกัน

มะเขือเทศต่อ มะตูม	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	L*	a*	b*	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)
5: 3	0.96 c (0.91)	37.77bc (1.24)	17.57a (0.28)	6.42bc (0.20)	66ab (1.00)
4: 3	1.21 b (0.86)	37.63c (0.52)	16.89b (1.48)	6.61ab (0.20)	67ab (0.78)
3: 3	1.40 a (0.61)	36.81c (0.66)	16.24c (0.14)	6.64a (0.09)	67a (0.50)

ตารางที่ 16 (ต่อ)

มะเขือเทศต่อ มะตูม	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	L*	a*	b*	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)
5: 1	0.82d (0.40)	38.71a (0.15)	17.74a (0.15)	6.11d (0.42)	65c (0.55)
4: 1	0.94c (0.93)	38.46ab (0.71)	17.72a (0.26)	6.30cd (0.12)	65bc (0.43)
3: 1	1.11 b (0.97)	38.41ab (0.68)	17.61a (0.16)	6.35c (0.13)	65bc (0.61)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้สมุนไพรด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) แสดงดังตารางที่ 17 พบว่าปริมาณมะตูมมีผลต่อคะแนนความชอบด้านสีของสมุนไพร โดยเมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมจะทำให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง เนื่องจาก ทำให้สมุนไพรที่มีสีเหลืองคล้ำมากขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณมะเขือเทศมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านสีเพิ่มขึ้นเนื่องจากสมุนไพรที่มีสีแดงส่งผลให้ผู้ทดสอบชอบมากกว่าสีเหลืองคล้ำ คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสรวม พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมะเขือเทศจะทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสรวมสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมทำให้มีค่าลดลง เนื่องจากมะตูมมีกลิ่นที่แรงมาจากน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารลินาลูลออกไซด์ เมื่อใช้ในปริมาณมากจะทำให้มีกลิ่นที่มากเกินไป คะแนนความชอบด้านรสหวาน พบว่าเมื่อปริมาณมะเขือเทศเพิ่มขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านรสหวานสูงขึ้น เนื่องจากมะเขือเทศมีรสเปรี้ยว ทำให้สมุนไพรมีรสหวานอยู่ในระดับหวานพอดี และเมื่อปริมาณมะตูมเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบด้านรสหวานลดลง เนื่องจากมะตูมมีรสหวาน เมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมทำให้ไส้สมุนไพรมีรสหวานมากเกินไป คะแนนความชอบด้านความเหนียว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมะเขือเทศจะทำให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากมะเขือเทศทำให้เนื้อสัมผัสของสมุนไพรมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและไม่เหนียวติดมือ ขณะที่การเพิ่มปริมาณมะตูมจะ

ทำให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวลดลง เนื่องจากเนื้อมะตูมมีสารเมือกที่เหนียวและเหนียวและเหนียวส่งผลให้สมุนไพรกวนมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวคล้ายแป้งมากขึ้น คะแนนความชอบรวมพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมะเขือเทศจะทำให้คะแนนความชอบรวมสูงขึ้น จากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านคุณลักษณะต่างๆ พบว่า สมุนไพรกวนสูตรที่ใช้มะเขือเทศต่อมะตูมเท่ากับ 5: 1 มีคะแนนความชอบทางด้านสี ความเหนียว และความชอบรวมสูงที่สุด จากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างสอดไส้สมุนไพร แสดงดังตารางที่ 18 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณมะเขือเทศ จะทำให้คะแนนความชอบด้านรสหวานเพิ่มขึ้น ซึ่งคะแนนความชอบด้านรสหวานของอาหารว่างสอดไส้สมุนไพรให้ผลเช่นเดียวกันกับไส้สมุนไพร เนื่องจากไส้สมุนไพรกวนที่มีมะเขือเทศมากขึ้น ทำให้ความหวานของอาหารว่างลดลง จึงมีรสหวานพอดี แต่เมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมจะทำให้คะแนนความชอบด้านรสหวานลดลง เนื่องจากมะตูมมีรสหวานทำให้อาหารว่างมีรสหวานมากเกินไป และเมื่อเพิ่มปริมาณมะตูมทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รวมลดลง เนื่องจากมะตูมมีกลิ่นที่แรง หากใช้ในปริมาณมาก และยังทำให้คะแนนความชอบด้านความเหนียวลดลง เนื่องจากมะตูมมีเมือกเหนียวมีผลทำให้ไส้สมุนไพรมีความเหนียวมากขึ้น จากคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะ พบว่า อาหารว่างที่ใช้สมุนไพรกวนสูตรที่ใช้มะเขือเทศต่อมะตูมเท่ากับ 5: 1 มีค่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสมุนไพรกวนสูตรที่ใช้มะเขือเทศต่อมะตูมในสัดส่วนเท่ากับ 5: 1 ในการผลิตเป็นไส้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารว่าง

ตารางที่ 17 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของไส้สมุนไพรกวนที่มีปริมาณมะเขือเทศและมะตูมต่างกัน

มะเขือเทศต่อ มะตูม	สี	กลิ่นรสรวม	รสหวาน	ความเหนียว	ความชอบ รวม
5: 3	6.2a (1.2)	6.7a (0.9)	6.6a (1.0)	6.91a (1.1)	6.2b (1.2)
4: 3	5.6b (1.4)	5.7bc (1.1)	5.6bc (1.2)	5.6b (1.4)	6.0b (1.0)
3: 3	6.2b (1.0)	4.7d (1.1)	4.9d (1.1)	5.4b (1.3)	5.3c (0.9)

ตารางที่ 17 (ต่อ)

มะเขือเทศต่อ มะตูม	สี	กลิ่นรสรวม	รสหวาน	ความเหนียว	ความชอบ รวม
5: 1	6.7a (1.2)	6.2ab (1.5)	6.1ab (1.3)	7.0a (0.9)	6.8a (1.0)
4: 1	6.5a (1.2)	5.7bc (1.2)	5.8b (0.09)	6.6a (1.2)	6.0b (1.1)
3: 1	6.3a (1.0)	5.2cd (1.2)	5.1cd (1.0)	5.5b (1.2)	5.7bc (0.8)

หมายเหตุ (a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 18 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพร

มะเขือเทศต่อ มะตูม	รสหวาน	กลิ่นรสรวม	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
5: 3	7.3a(0.9)	7.1ab(0.8)	6.8ab(1.0)	7.2a(0.8)
4: 3	7.0a(1.0)	6.7bc(1.2)	6.2bc(1.4)	6.6b(1.1)
3: 3	6.7b(1.2)	6.6bc(1.1)	5.3d(1.4)	6.5b(1.1)
5: 1	7.3a(0.8)	7.2a(0.8)	7.1a(0.9)	7.5a(1.1)
4: 1	7.1ab(0.9)	7.1ab(0.9)	6.3bc(1.5)	6.9a(1.1)
3: 1	6.7ab(1.2)	6.5c(1.1)	6.1c(1.2)	6.1bc(1.2)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูล

3.2.2 การศึกษาอิทธิพลของการใช้สารดูดความชื้นที่มีต่อคุณภาพของอาหารว่าง ไม้สมุนไพร

ไม้สมุนไพรกวนที่ใช้สำหรับเป็นไส้คุกกี้มีการใช้สารดูดความชื้น ได้แก่ น้ำตาลทรายและเบะแซเป็นส่วนผสมร้อยละ 20 และ 15 ตามลำดับ เบะแซมีคุณสมบัติในการเป็น สารดูดความชื้น และสามารถเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้เมื่อใช้ร่วมกับน้ำตาลซูโครสทำให้ a_w ของไม้สมุนไพรกวนลดต่ำลง นอกจากนี้การใช้เบะแซในสมุนไพรกวนเพื่อต้องการลักษณะเนื้อ สัมผัสที่เหนียวและเป็นมันเงา แต่จากการใช้สมุนไพรกวนดังกล่าวเป็นไส้คุกกี้ พบว่าคุกกี้ที่ได้มี เนื้อสัมผัสที่นุ่มในส่วนของแป้ง เนื่องจากไส้คุกกี้มีค่า a_w เท่ากับ 0.661 ทำให้ความชื้นจากส่วนของ ไม้สมุนไพรเคลื่อนย้ายไปยังส่วนของแป้งคุกกี้ โดยแป้งคุกกี้มี a_w เริ่มต้นเท่ากับ 0.41 ในระหว่าง การเก็บรักษา ทำให้แป้งคุกกี้มี (a_w เท่ากับ 0.664) ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งคุกกี้สอดไส้ ไม้สมุนไพรกวนประกอบด้วยส่วนแป้งหุ้มไส้ที่มีค่า a_w สูงกว่าส่วนไส้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเคลื่อนย้าย ของโมเลกุลน้ำจากส่วนที่มีระดับ a_w สูงไปยังส่วนที่มีระดับ a_w ต่ำอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บ รักษา การเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำจะเกิดขึ้นจนกระทั่งถึงสถานะสมดุลของระดับ a_w ระหว่าง ส่วนประกอบต่างๆ เหล่านั้นในอาหาร (Brockway, 1989) ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นที่เกิดขึ้น ทั้งหมดนี้มีผลให้คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเช่นเดียวกับการศึกษาของ Marston (1983) ที่พบว่าปริมาณความชื้นและระดับ a_w ของส่วนขนมปังในผลิตภัณฑ์ขนมปังลูกเกดมีค่า เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปริมาณความชื้นเพิ่มจากร้อยละ 33.0 (น้ำหนักเปียก) เป็นร้อยละ 42.6 (น้ำหนักเปียก) และระดับ a_w เพิ่มจาก 0.77 เป็น 0.83 ภายใน ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน

จากการศึกษานี้ จึงนำสูตรไม้สมุนไพรที่ได้จากการคัดเลือกข้อ 3.2.1 มา ศึกษาประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทิวิตีของส่วนไม้สมุนไพรกวน โดยการใช้กลีเซอรอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักแห้งของสมุนไพร จากนั้นนำไม้กวนที่ได้มา ตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความ สว่าง, สีแดงและสีเหลือง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้ค่าความสว่างสมุนไพรลดลงทาง สถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากกลีเซอรอลดี ไฮโดรเจนอนุพันธ์ของสารตัวกลางที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกลีเซอรอล (Cern and Dubini, 2006) และมีหมู่คาร์บอนิลสามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนไลซีน จึงเกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่เกิด

จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction products; MRPs) (Sa *et. al*, 2001) ส่งผลให้สมุนไพรสมุนไพรมีสีคล้ำขึ้น

ทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อใช้กลีเซอรอลในไส้สมุนไพรเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งของไส้สมุนไพรลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประกอบพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก สามารถแทรกไปยังส่วนต่างๆ ได้ดี และเก็บความชื้นได้ดี นอกจากนี้การมีหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้จับกับน้ำได้ดี มีการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเพื่อช่วยในการเก็บความชื้นและป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล เป็นต้น (Leffingwell and Lesser, 1945) เนื่องจากสารดูดความชื้น มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและลดค่า a_w ของอาหารลงได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความชื้นสูง มีความอ่อนนุ่ม มีลักษณะของอาหารเป็นแบบอาหารกึ่งแห้ง ไม่แข็งกระด้างมาก เมื่อเติมลงในไส้สมุนไพรจึงมีผลให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและยืดหยุ่นดีขึ้น (ศิวพร, 2529) เช่นเดียวกับ Ramanuja and Jayaraman (1980) ได้ศึกษาการเตรียมกล้วยขึ้นบางกึ่งแห้ง (intermediate moisture (IM) banana slices) โดยใช้กลีเซอรอลร่วมกับน้ำตาล โดยนำ กล้วยไปลวก และทิ้งไว้ให้เกิดสมดุลในสารละลายที่มีกลีเซอรอล ร้อยละ 42.5, ซูโครส ร้อยละ 42.5, น้ำร้อยละ 14.85, โพแทสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.45 และ โพแทสเซียมเมตาซัลไฟด์ร้อยละ 0.2 พบว่าการใช้กลีเซอรอลร่วมกับน้ำตาลจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าและลักษณะปรากฏที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ใช้กลีเซอรอลร่วมด้วย ซึ่งที่ผิวผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเหนียวและติดกับชั้นอื่นๆ และผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้กลีเซอรอลร่วมด้วยสามารถเก็บรักษาไว้ได้ถึง 9 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

2) ทางด้านคุณภาพทางเคมี พบว่าเมื่อใช้กลีเซอรอลในไส้สมุนไพรเพิ่มขึ้นจะทำให้ไส้สมุนไพรสมุนไพรมี a_w ลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 19 โดยไส้สมุนไพรสมุนไพรที่ใช้ กลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งของสมุนไพรมีค่า a_w เท่ากับ 0.578 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไส้สมุนไพรสมุนไพรที่ไม่ใช้กลีเซอรอล (a_w เท่ากับ 0.661) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตี เนื่องจากกลีเซอรอลมีขนาดเล็ก โดยมวลโมเลกุลของกลีเซอรอลนั้นคือ 92 จำนวนโมเลกุลมากทำให้สามารถยึดจับโมเลกุลของน้ำอิสระได้เป็นจำนวนมาก เป็นผลให้ความสามารถในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตี (Chen, 1987 ; Suhendro *et. al.*, 1995; Cauvain and Young, 2000) นอกจากนี้พบว่ากลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีความสามารถในการละลายได้ในน้ำดีที่สุด โดย Labuza and Hyman (1998) รายงานว่าความสามารถในการละลายได้ในน้ำสูงสุดของกลีเซอรอล คือ ร้อยละ 100 เมื่อเทียบกับซูโครส คือ ร้อยละ 69 และการที่กลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีสถานะเป็นของเหลว ในขณะที่ซูโครสมีสถานะเป็นของแข็ง ทำให้การผสมของ

กลีเซอรอลให้เข้ากับไส้สมุนไพรกวนในขั้นตอนการกวนไส้เป็นไปได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับรายงานของ Rao (1997) ที่กล่าวว่า การที่กลีเซอรอลมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้กลีเซอรอลมีประสิทธิภาพในการลดระดับ a_w ที่ดีและเป็นที่ยอมรับนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารคือการที่กลีเซอรอลนั้นมีสถานะเป็นของเหลวนั่นเอง ซึ่งงานวิจัยของ Chirfe *et. al.* (1980) รายงานว่ากลีเซอรอลมีประสิทธิภาพในการลดระดับ a_w ดีที่สุด

ตารางที่ 19 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไส้สมุนไพรกวนที่ใส่กลีเซอรอลปริมาณต่างกัน

คุณภาพ		ปริมาณของกลีเซอรอลในไส้ (ร้อยละ ของน้ำหนักแห้งสมุนไพร)		
		ร้อยละ 0	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10
สี	L*	38.45 a(0.59)	36.78 b(0.68)	34.27 c(0.61)
	a*	17.72 a(0.2)	17.24 b (0.6)	17.12 b(0.8)
	b*	6.09 b(0.35)	7.48 a(0.21)	7.52 a(0.18)
a_w		0.661a(0.002)	0.645 b(0.004)	0.578 c(0.003)
ความชื้น (ร้อยละ)		10.45 a(0.21)	9.01 b(0.27)	7.54 c(0.19)
ค่าความแข็ง (นิวตัน)		2.145 a(0.45)	1.984 b(0.60)	1.047c(0.49)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูล

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำสูตรไส้สมุนไพรที่ใช้มะเขือเทศต่อมะตูม 5: 1 เป็นไส้กวนโดยใช้กลีเซอรอลร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักแห้งสมุนไพร ซึ่งมี a_w เท่ากับ 0.661, 0.645 และ 0.578 ตามลำดับ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ร่วมกับ Just about right scale จากการพิจารณาตารางที่ 20 จะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบของลูกกัไส้สมุนไพรที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 และ 10 ทางด้านสีเหลือง กลิ่นสมุนไพร กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นรสเนย รสหวานของผลิตภัณฑ์ ความแข็งของแป้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลูกกึ่งสอได้สมุนไพรรทั้ง 2 สูตรในคุณลักษณะทั้ง 6 ด้านดังกล่าวในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6–7) ส่วนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของไส้สมุนไพรรของลูกกึ่งที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งสูงกว่าลูกกึ่งที่ไม่ได้ใช้กลีเซอรอล (ร้อยละ 0) และที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง (7.0) และส่งผลให้ความชอบรวมสูงกว่าลูกกึ่งที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง โดยให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากกลีเซอรอลทำให้เนื้อสัมผัสของไส้สมุนไพรรกวนนุ่มเหนียวมากขึ้น ไส้กวนมีเนื้อสัมผัสชุ่มชื้นเนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประกอบพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำหรือช่วยเก็บกักความชื้น ซึ่งคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นนี้จะสามารถคงอยู่ได้เป็นระยะเวลานานในระหว่างการเก็บรักษา (สิวาพร, 2529) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่รายงานถึงอิทธิพลของการเติมกลีเซอรอลที่มีต่อการปรับปรุงคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Shambhag (1981) ที่ทำการศึกษาในผลิตภัณฑ์ผลไม้กึ่งแห้ง และ Prabhakar and Ramammurthi (1990) ที่ทำการศึกษาในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้ง และพบว่าไส้สมุนไพรรกวนที่ใช้กลีเซอรอลไม่มีการตกผลึกของน้ำตาล ในขณะที่ไส้สมุนไพรรกวนที่ไม่ใช้กลีเซอรอลมีปัญหาการตกผลึก ผลิตภัณฑ์ฐานมีการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะคล้ายแก้วไปยังลักษณะคล้ายยางที่อุณหภูมิ glass transition temperature (T_g) การเคลื่อนที่ของโมเลกุลต่างๆ เพิ่มขึ้นและความหนืดจะลดลง ส่งผลทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียวเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษามากกว่า T_g จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่ม และอยู่ในสภาวะคล้ายยาง (rubbery state) ซึ่งเพิ่มความไม่เป็นระเบียบภายในโมเลกุล ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเพิ่มขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาเคมี แต่เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาดำกว่า T_g จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายแก้ว (glassy state) ซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีความเสถียรมาก (Ferry, 1980) Pouplin (2006) พบว่าน้ำ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล ทำให้ T_g ของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง Beristain *et. al.* (2002) พบว่า T_g ของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อเพิ่มความชื้น และเนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติดูดความชื้น และมีหมู่ไฮดรอกซิลที่จับกับน้ำ จึงทำให้ T_g ของผลิตภัณฑ์ลดลง (McFetridge *et. al.*, 2004) ผลิตภัณฑ์จะมีความเสถียรมากที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า T_g ของผลิตภัณฑ์ และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า T_g จะทำให้การเสื่อมเสียทางด้านเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น (Rahman, 2006) ดังนั้นการใช้กลีเซอรอลทำให้การตกผลึกเกิดขึ้นได้ช้า

จากผล Just about right scale ดังตารางที่ 21 พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่เห็นว่าคุณลักษณะด้านต่างๆ ของลูกกึ่งสอได้สมุนไพรรอยู่ในระดับพอดีแล้ว จากการพิจารณาค่า a_w ค่าความแข็ง และคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้สมุนไพรร จึงเลือกใช้กลีเซอรอลในไส้

สมุนไพรร้อยละ 10 ในการผลิตเป็นไส้คูกี้สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป โดยอาหารว่างที่พัฒนาได้ มีสูตรและกรรมวิธีการผลิตอาหารว่างแสดงดังตารางที่ 22 และภาพที่ 9 ในการผลิตอาหารว่างประเภทคูกี้ไส้สมุนไพรใช้ปริมาณแป้งหุ้มไส้คูกี้และไส้สมุนไพรกวนในอัตราส่วน 2: 1 ใช้แป้งคูกี้ 100 กรัมและไส้สมุนไพรกวน 50 กรัม จะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อาหารว่างได้ 25 ชิ้น

ตารางที่ 20 คะแนนความชอบเฉลี่ยในคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์คูกี้ไส้สมุนไพรที่ความเข้มข้นของกลีเซอรอลต่างกัน

คุณลักษณะ	ปริมาณของกลีเซอรอลในไส้ (ร้อยละของน้ำหนักแห้งสมุนไพร)		
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10
สีเหลือง	6.5a (0.9)	6.7 a (0.8)	6.5a (0.9)
กลิ่นสมุนไพร	5.8 b (1.1)	6.9a (0.8)	6.8a (0.9)
กลิ่นรสสมุนไพร	6.3 b(1.2)	6.6a (0.6)	6.8a (0.8)
กลิ่นรสเนย	6.5a (0.9)	6.6a (0.8)	6.8a (0.8)
รสหวานของผลิตภัณฑ์	5.1b(0.9)	6.4a (0.8)	6.4a (0.8)
ความเหนียวของไส้	5.1c(1.3)	6.6b (0.8)	7.0a (0.7)
ความแข็งของแป้ง	6.7a(0.8)	6.9a (0.7)	6.8a (0.9)
ความชอบรวม	6.9c(1.1)	7.4b (0.7)	7.77a (0.6)

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

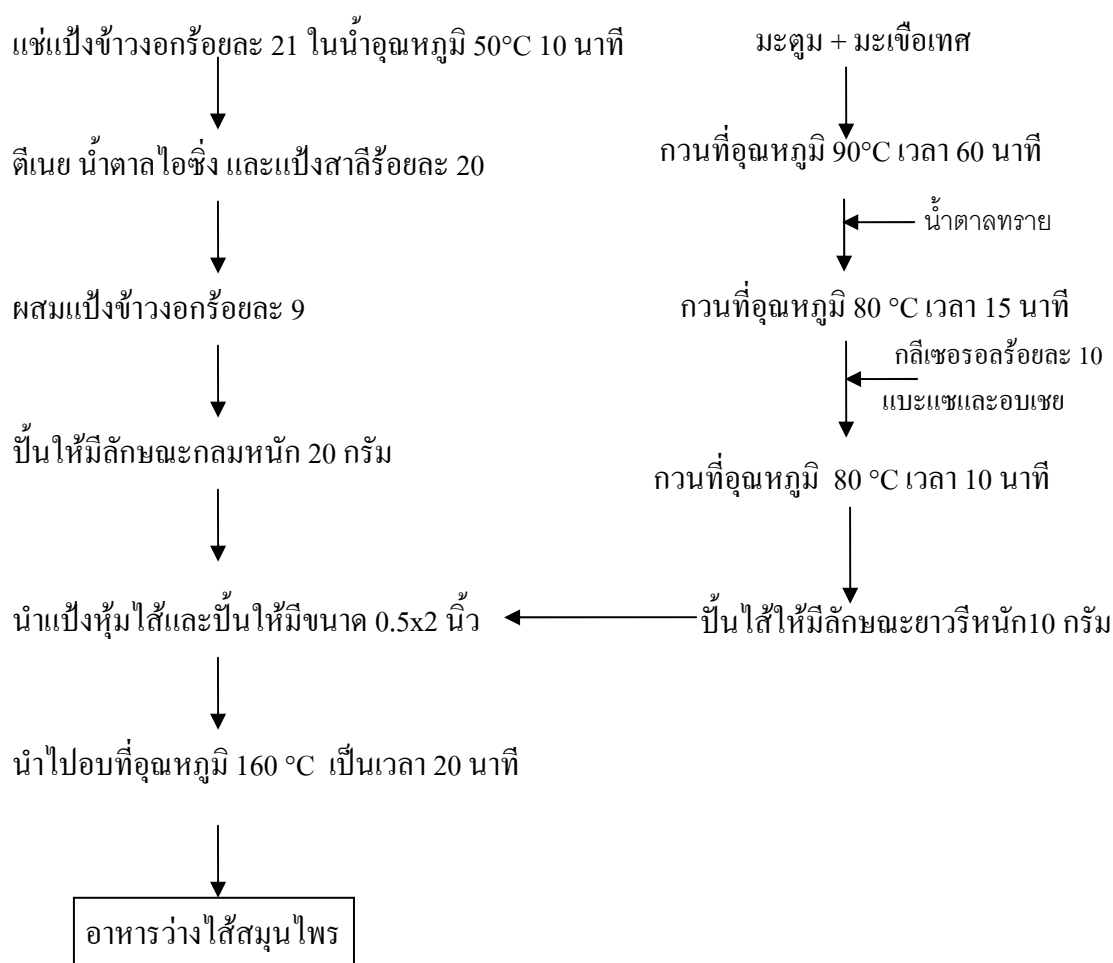
ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 21 จำนวนผู้ทดสอบ (ร้อยละ) ที่มีต่อคุณลักษณะต่างๆ ของลูกกล้วยไม้ที่ใช้กลี
เซอร์อลร้อยละ 0, 5 และ 10 ที่ทดสอบโดย Just about right scale

ปริมาณ กลีเซอร์อล	คุณลักษณะ	น้อย เกินไป มาก	น้อย เกินไป ปาน กลาง	น้อย เกินไป เล็กน้อย ย	พอดี	มาก เกินไป เล็กน้อย	มาก เกินไป ปาน กลาง	มาก เกินไป
ร้อยละ 0	สีเหลือง	0	0	33	67	0	0	0
	กลิ่นสมุนไพร	0	0	44	52	0	0	0
	กลิ่นรสสมุนไพร	0	0	10	80	10	0	0
	กลิ่นรสเนย	0	0	22	62	16	0	0
	รสหวาน	0	0	0	51	41	0	0
	ความเหนียวได้	0	0	0	48	52	0	0
	ความแข็ง	0	0	3	40	57	0	0
ร้อยละ 5	สีเหลือง	0	0	31	69	0	0	0
	กลิ่นสมุนไพร	0	0	8	86	6	0	0
	กลิ่นรสสมุนไพร	0	0	6	83	11	0	0
	กลิ่นรสเนย	0	0	20	63	17	0	0
	รสหวาน	0	0	3	83	14	0	0
	ความเหนียวได้	0	0	0	72	28	0	0
	ความแข็ง	0	0	31	63	6	0	0
ร้อยละ 10	สีเหลือง	0	0	37	63	0	0	0
	กลิ่นสมุนไพร	0	0	6	94	0	0	0
	กลิ่นรสสมุนไพร	0	0	14	86	0	0	0
	กลิ่นรสเนย	0	0	17	69	14	0	0
	รสหวาน	0	0	0	97	3	0	0
	ความเหนียวได้	0	0	0	97	3	0	0
	ความแข็ง	0	0	0	86	14	0	0

ตารางที่ 22 ส่วนผสมผลิตภัณฑ์คูกี้ไส้สมุนไพรรจากแป้งข้าวกล้องงอกที่ผ่านการพัฒนา

แป้งคูกี้		ไส้สมุนไพรรจาก	
ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)	ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งข้าวงอก	9.0	มะตูม	8.0
แป้งข้าวงอกทำให้สุกบางส่วนที่อุณหภูมิ 50 °C 10 นาที	21.0	มะเขือเทศ	40.0
แป้งสาลีตราบัวแดง	20.0	อบเชย	5.0
เนย	27.2	แบะแซ	15.0
น้ำตาลไอซิ่ง	21.7	กลีเซอรอล	12.0
ผงฟู	0.6	น้ำตาลทราย	20.0
วนิลลา	0.6		



ภาพที่ 9 กรรมวิธีการผลิตอาหารว่างที่พัฒนาได้

4. ตรวจสอบคุณภาพของอาหารว่างจากแป้งข้าวงอกไส้สมุนไพรที่พัฒนาได้

อาหารว่างที่พัฒนาได้แสดงในภาพที่ 10 โดยจากการวิเคราะห์คุณภาพของอาหารว่างที่พัฒนาได้ ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่าในส่วนแป้งลูกก็มีค่า L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดง และสีเหลืองตามลำดับ พบว่าแป้งหุ้มไส้มีค่าความสว่างเท่ากับ 75.17 ค่าสีแดงเท่ากับ 0.43 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 17.93 คือ อาหารว่างมีค่าความสว่างสูง มีค่าความเป็นสีแดงน้อย และค่าความเป็นสีเหลืองค่อนข้างสูง มีค่าความแข็งเท่ากับ 17.34 นิวตัน และค่า a_w เท่ากับ 0.41 ในส่วนไส้สมุนไพรกวนมีค่าความสว่างเท่ากับ 37.48 ค่าสีแดงเท่ากับ 17.65 และค่าสีเหลืองเท่ากับ 7.48 คือ สมุนไพรกวนมีค่าความสว่างปานกลาง มีความเป็นสีแดงมากและค่าความเป็นสีเหลืองต่ำ และมีค่า a_w เท่ากับ 0.579 ส่วนคุณภาพทางจุลินทรีย์ของลูกก็ พบว่า มีปริมาณ

จุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 โคโลนีต่อกรัม และยีสต์รำน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งจากมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2546) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ประเภทลูกก็ีต้องพบปริมาณจุลินทรีย์และยีสต์รำน้อยกว่า 25 โคโลนีต่อกรัม จึงจะอยู่ในระดับปลอดภัยในการบริโภค



ภาพที่ 10 อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะนาวที่พัฒนาได้

คุณภาพองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณในอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะนาวมีดังนี้ ปริมาณความชื้น คือ ร้อยละ 7.95 ไขมันร้อยละ 26.48 โปรตีนร้อยละ 1.07 เส้นใยหยาบ ร้อยละ 1.57 เถ้าร้อยละ 1.09 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 61.84 และ GABA 8.97 มิลลิกรัมกลูโคสต่อน้ำหนักลูกก็ี 100 กรัม โดยในสูตรลูกก็ีใช้แป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 30 (GABA เท่ากับ 29.89 มิลลิกรัมกลูโคสต่อแป้งข้าวกล้องงอก 100 กรัม) ดังนั้นปริมาณ GABA ในผลิตภัณฑ์ลูกก็ีจึงมีปริมาณลดลงจากแป้งข้าวกล้องงอกก่อนนำไปผลิตอาหารว่าง (42.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) เท่ากับร้อยละ 29.11 และพบว่าลูกก็ีที่พัฒนาได้มีปริมาณ GABA มากกว่าที่พบในใบชา (3.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) (Abe *et. al.*, 1995) ประมาณ 2–3 เท่า แต่มีปริมาณ GABA น้อยกว่าขนมปังที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอก และแป้งข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการเอ็กทราซันร้อยละ 30 ซึ่งมีปริมาณ GABA เท่ากับ 32.05 และ 30.01 มิลลิกรัมต่อ น้ำหนัก 100 กรัมขนมปังตามลำดับ (Ohtsubo *et. al.*, 2005)

จากการนำสูตรอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะนาวมาทดสอบกับผู้บริโภคเบื้องต้นจำนวน 30 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scaling เพื่อศึกษาระดับการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลูกก็ีจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะนาวในคุณลักษณะ รูปร่าง สี กลิ่น กลิ่นรสสมุนไพรมะนาว เนื้อสัมผัส(ความแข็ง) และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 24 ซึ่งทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 23 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของลูกกล้วยไม้สมุนไพรมะลิที่พัฒนาได้

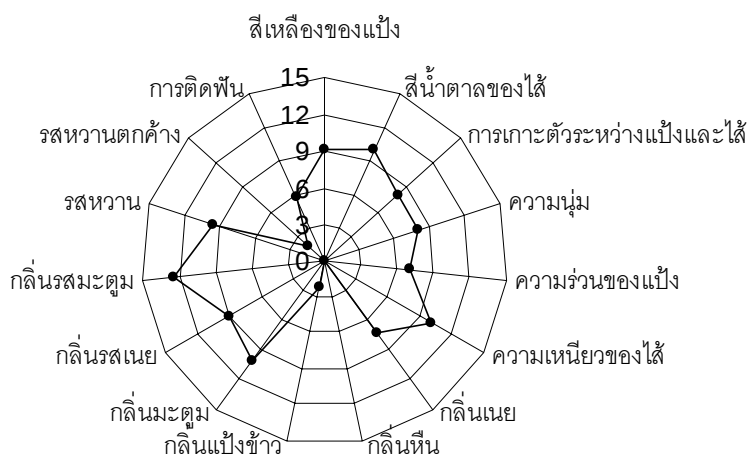
คุณภาพ	ส่วนของเปลือกกล้วย	ส่วนของไส้สมุนไพรมะลิ
ทางกายภาพ		
ค่าสี L*	75.17	37.48
a*	0.43	17.65
b*	17.93	7.48
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	17.34	1.46
ค่า a _w	0.412	0.579
ทางเคมี		
ความชื้น (ร้อยละ)	7.95	7.59
ไขมัน (ร้อยละ)	26.48	2.89
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	1.57	3.48
โปรตีน (ร้อยละ)	1.07	1.72
เถ้า (ร้อยละ)	1.09	1.18
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	61.84	83.14
GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		
แป้งข้าวกล้องงอก)	29.89	-
ทางจุลินทรีย์		
ปริมาณ จุลินทรีย์ ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	<25(โดยประมาณ)	<25(โดยประมาณ)
ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	<10(โดยประมาณ)	<10(โดยประมาณ)

ตารางที่ 24 คะแนนความชอบเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สอดไส้สมุนไพรของผู้บริโภค

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
รูปร่าง	6.3 (0.9)
สี	6.6 (1.1)
กลิ่น	7.1 (1.1)
กลิ่นรสสมุนไพร	7.4 (0.9)
รสหวาน	6.8 (1.2)
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)	6.5 (1.0)
ความชอบรวม	7.4 (1.2)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรมีคะแนนความชอบรวมในระดับชอบปานกลาง (7.4) จากการทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ใช้สเกลเส้นตรงความยาว 15 เซนติเมตร เพื่อหาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารว่างที่พัฒนาได้ ให้ผลแสดงดังภาพที่ 11 โดยพบว่าอาหารว่างมีคะแนนความเข้มข้นสีเหลืองของส่วนแป้ง สีน้ำตาลของส่วนไส้และความเกาะตัวระหว่างแป้งและไส้อยู่ในระดับเข้มข้นปานกลาง (9.1, 9.9 และ 8.1 ตามลำดับ) กลิ่นแป้งข้าวอยู่ในระดับต่ำ (2.2) กลิ่นมะตูมอยู่ในระดับสูง (10.0) ไม่พบกลิ่นหืน กลิ่นเนยและ กลิ่นรสเนยอยู่ในระดับปานกลาง (7.2 และ 9.0 ตามลำดับ) กลิ่นรสมะตูมอยู่ในระดับเข้มข้นมาก (12.5) ความนุ่มและความร่วนของแป้งอยู่ในระดับปานกลาง (8.1 และ 7.0 ตามลำดับ) ความเหนียวของไส้และรสหวานอยู่ในระดับปานกลาง (10 และ 9.7 ตามลำดับ) รสหวานตกค้างอยู่ในระดับต่ำ (1.8) ส่วนการติดฟันอยู่ในระดับปานกลาง (5.8)



ภาพที่ 11 คะแนนความเข้มของอาหารว่างไส้สมุนไพรมะตูมที่พัฒนาได้

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรมะตูมที่พัฒนา

จากการนำอาหารว่างที่ผ่านการพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิต มาทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 200 คน โดยใช้สถานที่ทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) ผู้บริโภคทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) ได้ผลดังตารางที่ 25 เป็นเพศหญิงร้อยละ 52.5 โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนในแต่ละช่วงใกล้เคียงกัน มีการศึกษาระดับอนุปริญญาและปริญญาตรี เป็นส่วนใหญ่ คือร้อยละ 36.1 และ 34.2 ตามลำดับ สำหรับอาชีพของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นข้าราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 45.0 รองลงมาคือ พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 32.2 มีรายได้โดยเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,001–10,000 บาท ร้อยละ 36.1 รองลงมาคือ 10,001–15,000 บาท ร้อยละ 24.3

ตารางที่ 25 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับอาหารว่าง
ด้วยวิธี CLT

ลักษณะประชากรศาสตร์		ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	47.5
	หญิง	52.5
อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	17.3
	21–25 ปี	17.8
	26–30 ปี	16.3
	30–35 ปี	15.8
	35–40 ปี	16.8
	มากกว่า 40 ปี	15.8
การศึกษา	ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	9.9
	มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	13.9
	อนุปริญญาหรือปวส.	36.1
	ปริญญาตรี	34.2
	สูงกว่าปริญญาตรี	5.9
อาชีพ	นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา	21.3
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	45.0
	พนักงานบริษัทเอกชน	32.2
	ธุรกิจส่วนตัว	1.5
	อื่นๆ ไปรตระบุ	-
รายได้ต่อเดือน	น้อยกว่า 2,000 บาท	10.9
	2,000–5,000 บาท	19.8
	5,001–10,000 บาท	36.1
	10,001–15,000 บาท	24.3
	15,001–20,000 บาท	8.9
	มากกว่า 20,000 บาท	-

ตารางที่ 26 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการบริโภคคูกี้ของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบการยอมรับคูกี้ที่พัฒนาได้ด้วยวิธี CLT

ข้อมูลสำรวจ		ความถี่ (ร้อยละ)
การรับประทานคูกี้	มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	7.9
	3-4 ครั้ง/สัปดาห์	17.8
	1-2 ครั้ง/สัปดาห์	39.1
	น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	32.2
	แล้วแต่โอกาส	3.0
จำนวนคูกี้ที่รับประทานต่อครั้ง	1-5 ชิ้น	42.1
	6-10 ชิ้น	48.0
	11-15 ชิ้น	7.4
	มากกว่า 15 ชิ้น	2.5
สถานที่ในการเลือกซื้อคูกี้	ตลาดสด	23.0
	ซูเปอร์มาร์เก็ต (ท็อปส์, โฮมเฟรชมาร์ท)	25.7
	ซูเปอร์สโตร์ (โลตัส, คาร์ฟูร์, บิ๊กซี)	22.6
	ร้านขายขนมอบที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ	28.8
การปรับปรุงคูกี้ที่จำหน่ายใน ท้องตลาด	คุณค่าทางโภชนาการ	26.9
	บรรจุภัณฑ์	25.6
	อายุการเก็บรักษา	21.5
	ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์	18.0
	ช่องทางการจำหน่าย	7.9
ปัจจัยที่คำนึงถึงในการเลือกซื้อ ผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพ	สมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์	21.6
	รสชาติ	11.6
	รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์	9.2
	คุณค่าทางโภชนาการ	43.7
	สรรพคุณ เช่น ป้องกันและรักษาโรคต่างๆ	13.9

ในด้านข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการบริโภคคูกี้สมุนไพร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 26 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานขนมอาหารว่าง 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ถึงร้อยละ 39.1 รองลงมา

คือ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ร้อยละ 32.2 โดยมีการรับประทานลูกก็ครั้งละ 6–10 ชิ้น ร้อยละ 48.0 รองลงมา คือ 1–5 ชิ้นร้อยละ 42.1 แสดงว่าลูกก็มีโอกาสและปริมาณการบริโภคสูง โดยสถานที่ที่ใช้ในการเลือกซื้อลูกก็ คือ ร้านขายขนมอบที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ ร้อยละ 28.8 รองลงมา คือ ซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้อยละ 22.6 สำหรับความคิดเห็นทางด้านการปรับปรุงลูกก็ที่กำหนดในท้องตลาด พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้ปรับปรุงทางด้านคุณค่าทางโภชนาการร้อยละ 26.9 รองลงมาคือด้านบรรจุภัณฑ์ ร้อยละ 25.6 โดยปัจจัยที่ผู้ทดสอบคำนึงถึงในการเลือกซื้ออาหารว่างเพื่อสุขภาพ อันดับแรกคือ คุณค่าทางโภชนาการ รองลงมาคือสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 43.7 และ 21.6 ตามลำดับ)

ข้อมูลสำหรับทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกก็ไส้สมุนไพรที่ผู้ทดสอบประเมินด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 คะแนนเพื่อประเมินความชอบที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้าน รูปร่าง สี กลิ่น กลิ่นรสสมุนไพร รสหวาน เนื้อสัมผัส (ความแข็ง) ความชอบรวมของขนมลูกก็ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 27 จากการศึกษาพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรูปร่างในระดับชอบเล็กน้อย (6.4) เนื่องจากผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์ลูกก็มีรูปร่างแปลกใหม่กว่าที่มีในท้องตลาด ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยทางด้านสีในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.7) และผู้บริโภคให้ความชอบเฉลี่ยทางด้านกลิ่นและกลิ่นรสสมุนไพร ระดับชอบปานกลาง (7.1) ส่วนรสหวานและเนื้อสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.5 และ 6.7 ตามลำดับ) และคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยระดับชอบปานกลาง (7.4) จะเห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบทางด้านคุณลักษณะกลิ่นและกลิ่นรสสมุนไพรของขนมลูกก็มากกว่าคุณลักษณะอื่น ดังตารางที่ 27 เมื่อพิจารณาผลการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับและการตัดสินใจซื้อขนมลูกก็สมุนไพร แสดงดังตารางที่ 28–29 พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 98.0 ส่วนร้อยละ 2.0 ไม่ยอมรับ เนื่องจาก ลูกก็มีรสหวานมากและแป้งร่วน สำหรับความคิดเห็นต่อการซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว พบว่าเพศชายและเพศหญิงมีการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างตัดสินใจซื้อร้อยละ 77.2 และไม่แน่ใจในการตัดสินใจซื้อร้อยละ 21.3 และร้อยละ 1.5 ตัดสินใจไม่ซื้อ เพราะต้องการควบคุมน้ำหนักและมีโรคประจำตัวที่ต้องควบคุมน้ำตาลและไขมัน ส่วนด้านบรรจุภัณฑ์พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 51.0 ต้องการบรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยล์ รองลงมาคือถุงพลาสติกใส ร้อยละ 24.3 และผู้บริโภคร้อยละ 49.0 ต้องการให้บรรจุ 10 ชิ้น รองลงมาคือ 15 ชิ้น ร้อยละ 42.1 ในด้านราคานั้นผู้บริโภคต้องการให้ลูกก็สมุนไพรมีราคา 30 บาทต่อถุง (1 ถุง 10 ชิ้น) ร้อยละ 45.0 รองลงมาคือ 25 บาทต่อถุงร้อยละ 39.6 แสดงดังตารางที่ 31

ตารางที่ 27 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของลูกไก่ไข่สมุนไพรที่พัฒนาแล้วของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่าง
ที่ทดสอบการยอมรับลูกไก่ด้วยวิธี CLT

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย						คะแนน ความชอบ เฉลี่ยรวม
	ต่ำกว่า 20 ปี	21 – 25 ปี	26 – 30 ปี	31 – 35 ปี	36 – 40 ปี	มากกว่า 40 ปี	
รูปร่าง	6.6 (1.1)	5.8 (1.4)	6.2 (0.7)	6.7 (1.0)	6.8 (0.8)	6.5 (0.9)	6.4 (1.1)
สี	6.9 (0.9)	6.3 (1.2)	6.5 (0.7)	6.9 (0.8)	6.4 (0.8)	7.2 (0.8)	6.7 (1.9)
กลิ่น	7.1 (1.2)	7.4 (1.1)	7.0 (0.8)	7.0 (0.7)	6.9 (0.8)	7.1 (0.9)	7.1 (1.9)
กลิ่นรส	7.0 (0.9)	6.9 (0.9)	6.8 (0.6)	7.4 (0.8)	7.1 (0.9)	7.8 (0.9)	7.1 (1.9)
สมุนไพร	6.5 (1.0)	6.8 (1.3)	7.0 (0.7)	6.9 (0.9)	5.9 (1.0)	6.0 (0.7)	6.5 (1.0)
เนื้อสัมผัส	7.1 (1.0)	6.5 (1.3)	6.5 (0.9)	6.6 (1.1)	7.3 (0.9)	6.5 (0.7)	6.7 (1.1)
(ความแข็ง)	7.0	7.3	7.2	7.6	8.1	7.4	7.4
รวม	(1.0)	(1.2)	(0.7)	(0.8)	(0.9)	(0.7)	(1.0)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูล

ตารางที่ 28 อิทธิพลของเพศต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์

การยอมรับ	ความถี่ (ร้อยละ) การยอมรับ		ความถี่ (ร้อยละ) การยอมรับรวม
	ชาย	หญิง	
ยอมรับ	99.0	97.2	98.0
ไม่ยอมรับ	1.0	2.8	2.0

ตารางที่ 29 อิทธิพลของเพศต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

การตัดสินใจซื้อ	ความถี่ (ร้อยละ) การตัดสินใจซื้อ		ความถี่ (ร้อยละ) การตัดสินใจซื้อโดยรวม
	ชาย	หญิง	
ซื้อ	77.1	77.4	77.2
ไม่ซื้อ	1.0	1.9	1.5
ไม่แน่ใจ	21.9	20.8	21.3

ตารางที่ 30 ความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อปัจจัยที่ต้องการในลูกไก่ใส่สมุนไพร

ข้อมูล	ความถี่ (ร้อยละ)
บรรจุภัณฑ์	ถุงพลาสติกใส
	ถุงออลูมิเนียมฟอยล์
	กล่องพลาสติกใส
	กระป๋อง
ขนาดบรรจุ	10 ชิ้น
	15 ชิ้น
	20 ชิ้น
ราคา	20 บาท
	25 บาท
	30 บาท
	40 บาท

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่พัฒนา

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่พัฒนาได้ โดยศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จัดตั้งทดลองแบบ 2×2 factorial in CRD ศึกษา 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่หนึ่ง คือ ภาชนะบรรจุ 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ และปัจจัยที่สอง คือ ปริมาณกลีเซอรอล ได้แก่ ลูกไก่ที่ไม่ใส่และที่ใส่กลีเซอรอล ขนาดบรรจุถุงละ 20 ชิ้น

(100 กรัม) โดยลูกกึ่งที่ใส่กลีเซอรอล มีการใช้สารดูดออกซิเจนร่วมด้วย ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เก็บทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 12 สัปดาห์

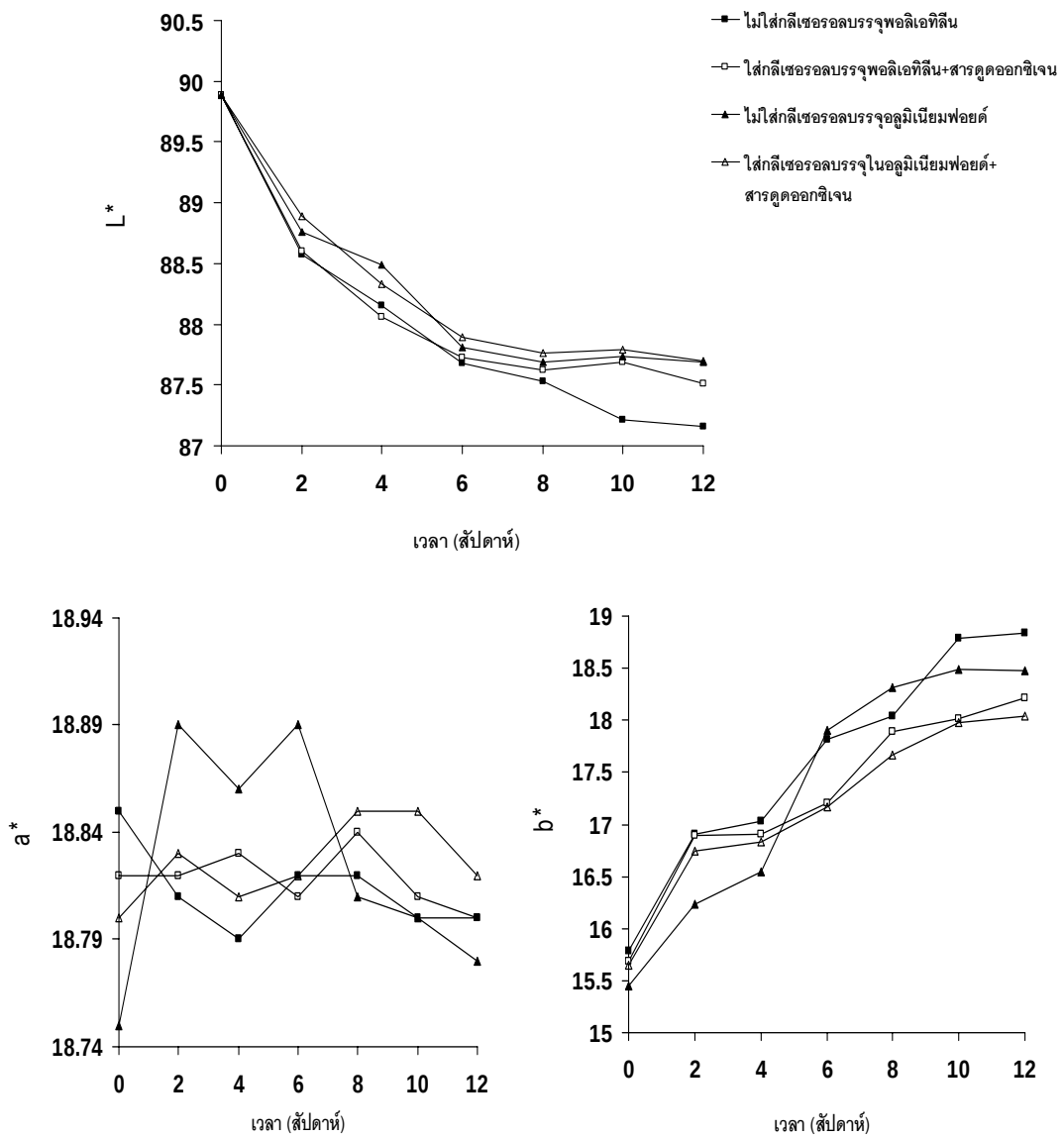
ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้พิจารณาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส โดยจะพิจารณาคุณภาพที่เสื่อมเสียก่อนใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพร และใช้ในการบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากส่วนแป้งหุ้มไส้มีเนยร้อยละ 26 ในส่วนผสมจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นหืน จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การเก็บรักษาลูกกึ่งที่ใส่และไม่ใส่กลีเซอรอลในช่องพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน มีกลิ่นหืนแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 10 และ 8 ตามลำดับ ลูกกึ่งที่ใส่และไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนจึงมีอายุการเก็บรักษา 8 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ และลูกกึ่งที่ไม่ใส่กลีเซอรอลในซองออลูมิเนียมฟอยด์ มีกลิ่นหืนแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 12 ลูกกึ่งที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนจึงมีอายุการเก็บรักษา 10 สัปดาห์ ส่วนลูกกึ่งที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยด์มีกลิ่นหืนแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ยอมรับได้ในสัปดาห์ที่ 12 ดังนั้นลูกกึ่งที่ใส่กลีเซอรอลในซองออลูมิเนียมฟอยด์สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์ จากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า ลูกกึ่งทั้ง 4 สิ่งทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในสัปดาห์ที่ 12 อยู่ในระดับมาตรฐานกำหนด (น้อยกว่า 10^4 และ น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ) (มผช 118, 2546) ดังนั้นปัจจัยที่ทำให้ลูกกึ่งเสื่อมเสีย คือ กลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาได้ผลดังนี้

6.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

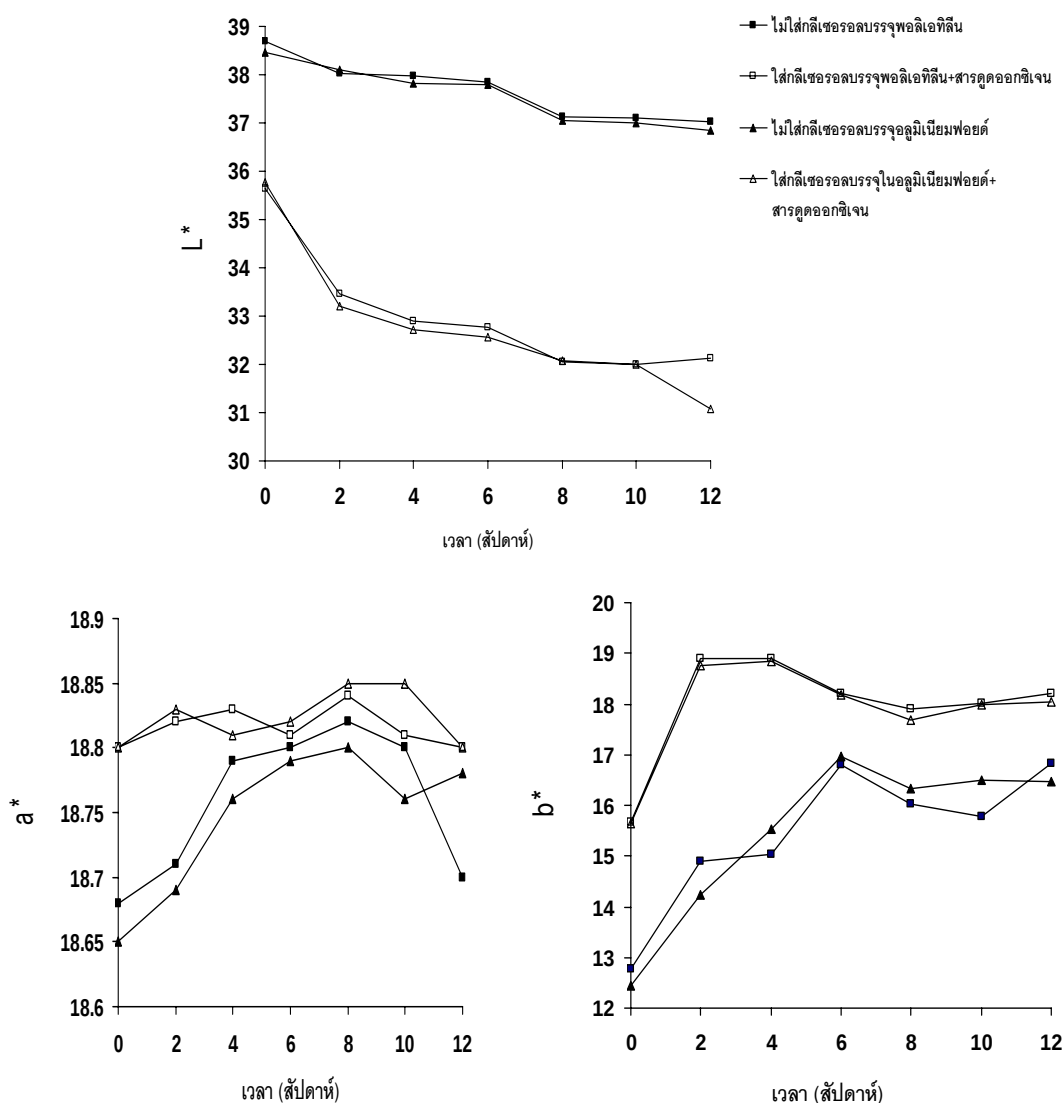
การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพด้านค่าสี L^* , a^* และ b^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่าง, สีแดง และสีเหลืองตามลำดับของลูกกึ่งตลอดอายุการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 12 โดยพบว่าค่าความสว่างของแป้งลูกกึ่งมีค่าลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาที่ทำการเก็บรักษา ค่าความสว่างที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยกรดอะมิโนหรือกลุ่มอะมิโนของโปรตีนและเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ (กลูโคสหรือฟรุกโทส) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (Yaylayan, 1997) จากการตรวจสอบ

คุณภาพสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่างและสีเหลืองของส่วนแบ่งคุกกี้ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและอลูมิเนียมฟอยด์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางผนวกที่ จ1 ส่วนค่าสีแดงของส่วนแบ่งคุกกี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางผนวกที่ จ2 โดยค่าความสว่างมีค่าลดลงหรือสีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น และค่าสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นหรือสีของผลิตภัณฑ์เหลืองขึ้น โดยเฉพาะคุกกี้ที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนและไม่ใช้ตัวดูดออกซิเจน พบว่า ค่าความสว่างของคุกกี้ลดลงมากตามระยะเวลาที่เก็บ เมื่อเก็บระยะเวลานาน 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงพอลิเอทิลีน มีค่าความสว่าง เปลี่ยนแปลงน้อยมากจาก 89.88 เป็น 89.16 แต่ผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีค่าความสว่างเปลี่ยนแปลงจาก 89.91 เป็น 87.7 ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง พบว่าค่าสีเหลืองของส่วนแบ่งหุ้มไส้มีค่าเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 12 โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนมีค่าสีเหลืองเปลี่ยนแปลงจาก 15.78 เป็น 18.84 และผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอล บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์มีค่าสีเหลืองเปลี่ยนแปลงจาก 15.65 เป็น 18.04

จากการตรวจสอบคุณภาพสีของไส้ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความสว่างของส่วนไส้คุกกี้ที่ใส่กลีเซอรอล และที่ไม่ใส่กลีเซอรอลมีความแตกต่างกันทางสถิติ($p \leq 0.05$) ดังตารางผนวกที่4 และภาพที่ 13 โดยค่าความสว่างมีค่าลดลงหรือสีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น โดยเฉพาะคุกกี้ที่ใส่กลีเซอรอล พบว่าค่าความสว่างของไส้คุกกี้มีค่าลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มากกว่าไส้คุกกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอล โดยมีค่า ค่าความสว่างของไส้คุกกี้เปลี่ยนแปลงจาก 35.65 เป็น 32.12 ในคุกกี้ที่ใส่กลีเซอรอลในถุงพอลิเอทิลีน และมีค่าความสว่างเปลี่ยนแปลงจาก 35.78 เป็น 31.08 ในผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกิดกลีเซอรอลดีไฮด์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสารตัวกลางที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกลีเซอรอล (Cern and Dubini, 2006) และมีหมู่คาร์บอนิลที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction products; MRPs) (Sa *et. al*, 2001) ส่งผลให้สมุนไพรกวนมีสีคล้ำขึ้น ในขณะที่คุกกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์และพอลิเอทิลีนมีค่าความสว่างเปลี่ยนแปลงจาก 38.45 เป็น 36.84 และ 38.68 เป็น 37.02 ตามลำดับ แต่การเปลี่ยนแปลงสีของไส้สมุนไพรไม่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากไส้สมุนไพรมีสีแดงเหลืองซึ่งมาจากสีของมะเขือเทศและมะเขือม่วงตั้งแต่เริ่มเก็บผลิตภัณฑ์



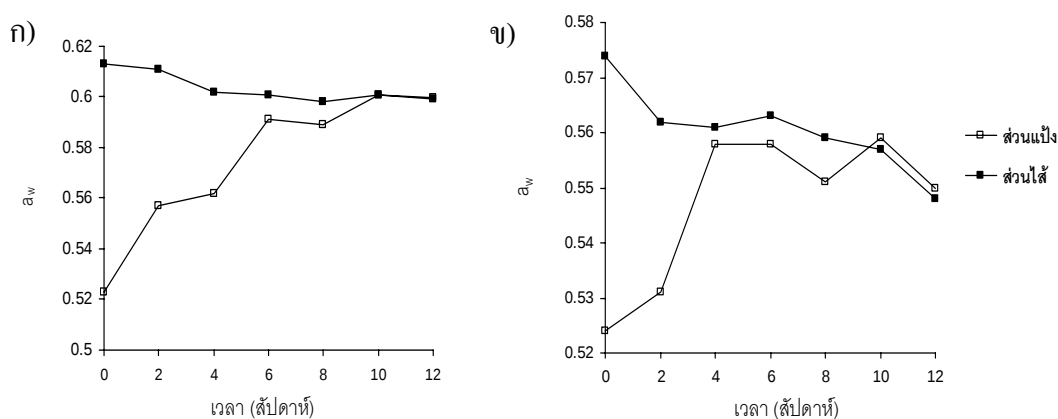
ภาพที่ 12 ค่า L*, a* และ b* ของส่วนแบ่งคูกี่สมุนไพรมันที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 13 ค่า L*, a* และ b* ของส่วนไส้ลูกกึ่งสมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

ค่าความแข็งของลูกกึ่งที่ไม่ใส่กลีเซอรอลและที่ใส่กลีเซอรอลที่เก็บรักษาในถุงพอลิเอทิลีนและอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ค่าความแข็งมีค่าลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังภาพที่ 14 โดยมีค่าลดลงจาก 18.47 เป็น 15.98 นิวตัน ในผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอลในถุงพอลิเอทิลีนและลดลงจาก 18.44 เป็น 16.48 นิวตัน ในผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ลูกกึ่งที่ไม่ใส่กลีเซอรอลในไส้สมุนไพรที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีนมีค่าความแข็งลดลงมากที่สุด โดยมีค่าลดลงจาก 18.43 เป็น 14.09 นิวตัน ในขณะที่ลูกกึ่งที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์มีค่าความแข็งเปลี่ยนแปลงจาก 18.45 เป็น 15.29 นิวตัน แสดงดังภาพที่ 15 จากการทดลองพบว่าลูกกึ่งที่เก็บในถุง

ระดับ a_w เช่นเดียวกันภาพที่ 15 ซึ่งแสดงข้อมูลในตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนของลูกก๊ี้้นจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก (4 สัปดาห์แรก) จากนั้นการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขององค์ประกอบทั้งสองส่วนเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงเวลาต่อมาจนถึงในช่วงท้ายของการเก็บรักษาก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะหมดอายุ (สัปดาห์ที่ 12) ระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนจะมีค่าใกล้เคียงกันที่ระดับ a_w ประมาณ 0.60 ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำจากส่วนไส้สมุนไพรกวนซึ่งมีค่า a_w สูงกว่าไปยังส่วนแป้งลูกก๊ี้้นซึ่งมีค่า a_w ต่ำกว่า ในผลิตภัณฑ์อาหารว่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างระหว่างระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของโมเลกุลน้ำจากส่วนประกอบที่มีระดับ a_w สูงกว่า (ส่วนไส้) ไปสู่ส่วนประกอบที่มีระดับ a_w ต่ำกว่า (ส่วนแป้ง) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเคลื่อนย้ายความชื้นนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษา ต่อจากนั้นอัตราการเคลื่อนย้ายความชื้นดังกล่าวจะค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอัตราการเคลื่อนย้ายความชื้นในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับขนาดของความแตกต่างระหว่างระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนในผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ซึ่งอัตราการแพร่ของโมเลกุลน้ำนี้จะลดลงเมื่อขนาดของความแตกต่างดังกล่าวมีค่าลดลง (Labuza and Hyman, 1998) ส่งผลให้อัตราการแพร่ของน้ำจากส่วนไส้สมุนไพรกวนไปยังส่วนแป้งลูกก๊ี้้นมีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงของระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนจึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งเกิดสถานะสมดุลของระดับ a_w ขององค์ประกอบทั้งสองส่วนในผลิตภัณฑ์ การเคลื่อนย้ายความชื้นดังกล่าวจึงสิ้นสุดลง

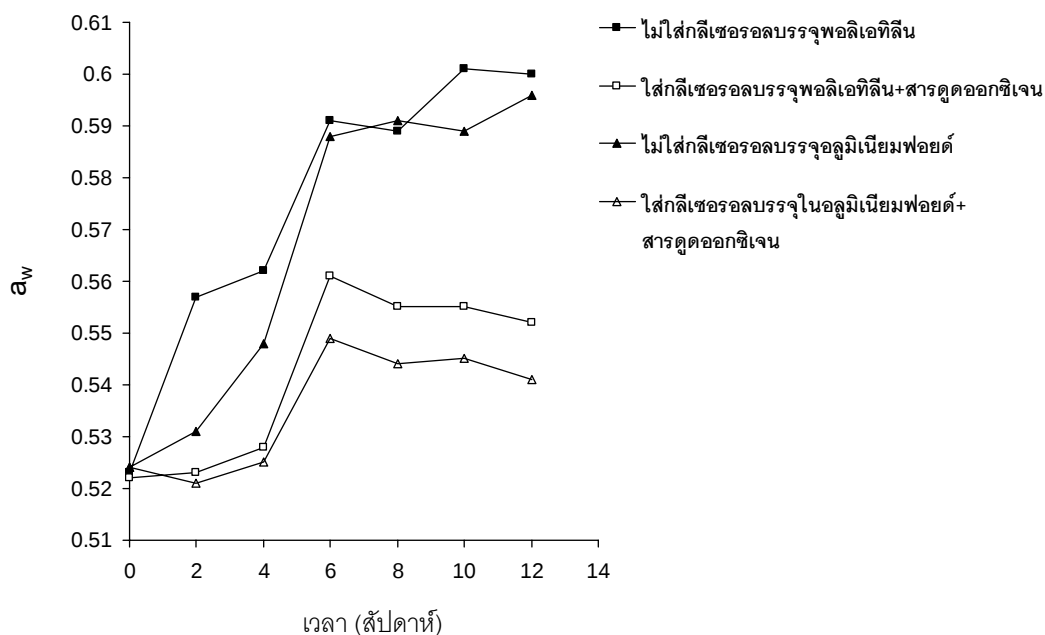


ภาพที่ 15 ค่า a_w ของส่วนแป้งลูกก๊ี้้นและไส้ลูกก๊ี้้นสมุนไพรกวน ก) ที่ไม่ใช้กลีเซอรอล

และ ข) ใช้กลีเซอรอล บรรจุในอูมิเนียมฟอยด์ในระหว่างการเก็บรักษา

ระดับ a_w ของส่วนแป้งหุ้มไส้มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของส่วนไส้สมุนไพรกวน กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของระดับ a_w ของส่วนแป้งนั้นเกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการลดลงของระดับ a_w ของส่วนไส้สมุนไพรกวนในระหว่างการเก็บรักษา สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากว่าไส้สมุนไพรกวนมีน้ำหนักคิดเป็นประมาณร้อยละ 70–80 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมากกว่าน้ำหนักส่วนแป้ง ดังนั้นโมเลกุลน้ำหรือความชื้นที่ถ่ายเทออกจากส่วนไส้จึงทำให้ระดับ a_w โดยรวมของส่วนประกอบดังกล่าวมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่เดียวกันส่วนแป้งมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 20–30 ของน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นโมเลกุลของน้ำที่เคลื่อนที่จากส่วนไส้มายังส่วนประกอบนี้จึงทำให้ระดับ a_w ขององค์ประกอบโดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้นมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระดับ a_w ในส่วนแป้งจึงมีมากกว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในส่วนไส้สมุนไพรกวน ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังกล่าวนี้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sapru and Labuza (1996) ที่ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นจากลูกเกดไปยังส่วนแผ่นธัญชาติอบกรอบในผลิตภัณฑ์อาหารเข้าในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณความชื้นและระดับ a_w ของส่วนลูกเกดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นในอัตราที่มากกว่าการเปลี่ยนแปลงหรือการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและระดับ a_w ของแผ่นธัญชาติอบกรอบ เนื่องจากแผ่นธัญชาติอบกรอบนั้นเป็นองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์อาหารเข้า โดยมีน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 80 ของน้ำหนักรวม ในขณะที่ลูกเกดนั้นเป็นองค์ประกอบรองของผลิตภัณฑ์ มีน้ำหนักเพียงร้อยละ 20 ของน้ำหนักรวม ดังนั้นโมเลกุลน้ำหรือความชื้นที่เคลื่อนที่จากลูกเกดมายังแผ่นธัญชาติอบกรอบจึงทำให้ปริมาณความชื้นและระดับ a_w ของส่วนธัญชาติอบกรอบเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marston (1983) ที่ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนขนมปังไปยังส่วนลูกเกดในผลิตภัณฑ์ขนมปังลูกเกด Larumbe *et. al.* (1991) ที่ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้คาราเมล ไปยังส่วนซ็อกโกแลตในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลตแท่งสอดไส้คาราเมล และ Baik and Chinnachoti (2000) ที่ศึกษาการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนเนื้อขนมปังไปยังส่วนเปลือกขนมปัง

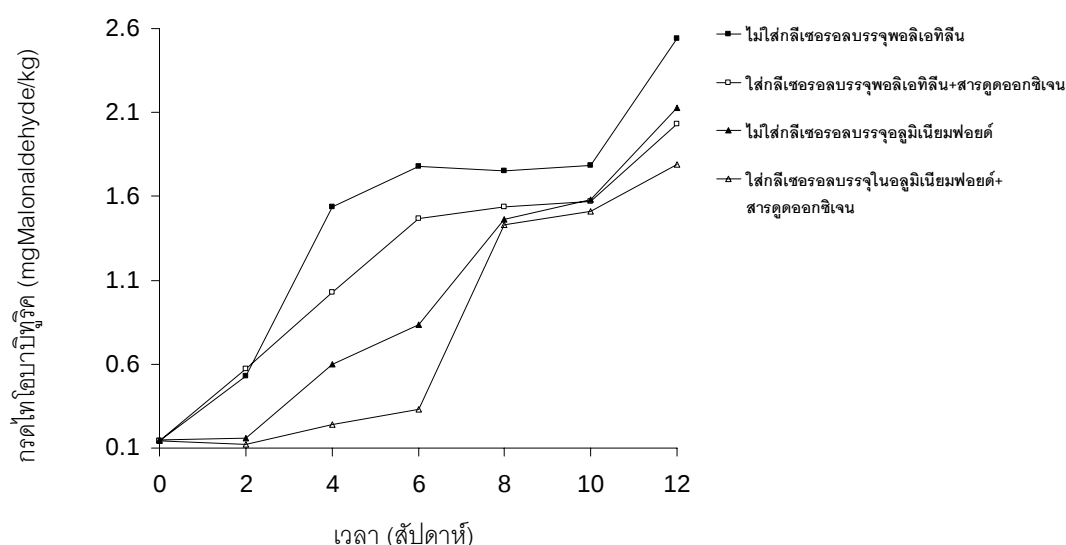


ภาพที่ 16 ค่า a_w ของส่วนแป้งคูกีสมนุไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

ระดับ a_w ของส่วนแป้งหุ้มไส้จากตัวอย่างคูกี่ไส้สมุนไพรมิใช่ไส้กลีเซอรอลมีค่าสูงกว่าส่วนแป้งจากตัวอย่างคูกี่ที่ทำจากไส้สมุนไพรมิใช่ไส้กลีเซอรอลทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติดูดความชื้น และทำให้ลดค่า a_w ของไส้สมุนไพรมิใช่ไส้กลีเซอรอล a_w ของแป้งหุ้มไส้จึงมีค่าต่ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับ a_w จากส่วนไส้สมุนไพรมิใช่ไส้กลีเซอรอลไปยังแป้งหุ้มไส้ส่งผลให้ความแข็งแรงของแป้งหุ้มไส้ของคูกี่ที่ไม่ใช่ไส้กลีเซอรอลในไส้สมุนไพรมิใช่ไส้กลีเซอรอล (หรือเนื้อสัมผัสนุ่มกว่า) คูกี่ที่ไม่ใช่ไส้กลีเซอรอล (ดังภาพที่ 14) การเปลี่ยนแปลงระดับ a_w ของส่วนแป้งจากตัวอย่างคูกี่ของสิ่งทดลองต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงไว้ในภาพที่ 16 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์มีค่า a_w ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในพอลิเอทิลีนทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งน่าจะเกี่ยวกับการซึมผ่านไอน้ำ (WVTR) ของวัสดุของภาชนะบรรจุที่ต่างกัน โดยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนมีค่าการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ $10 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{hr}$ ส่วนอลูมิเนียมฟอยล์มีค่าการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ $0 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{hr}$ (งามทิพย์, 2538) ดังนั้นอลูมิเนียมฟอยล์จึงสามารถป้องกันการซึมผ่านไอน้ำได้มากกว่าพอลิเอทิลีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์มี a_w ต่ำกว่า พอลิเอทิลีนทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของแป้งหุ้มไส้ของคูกี่ที่บรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์มีค่าสูงกว่าในพอลิเอทิลีน ดังภาพที่ 14

6.2 คุณภาพทางเคมี

ค่า TBA เป็นการประเมินค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิดร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจน พบว่า ค่า TBA มีค่าเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางผนวกที่ จ8 ทั้งนี้เนื่องจากค่า a_w ของแป้งหุ้มไส้ผลิตภัณฑ์ลูกก๊วยในช่วง 0.55–0.60 ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.50–0.85 ปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมันจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (นิธิยา, 2545) ดังภาพที่ 17 โดยลูกก๊วยที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์ร่วมกับการใช้สารดูดออกซิเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากอูมิเนียมฟอยด์สามารถป้องกันแสงและการสัมผัสกับออกซิเจนในการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมันที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยปฏิกริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกริยาเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวอิสระและเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิปิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (นิธิยา, 2545) และเนื่องจากคุณสมบัติของถุงอูมิเนียมฟอยด์ที่มีค่าการซึมผ่านออกซิเจนเท่ากับ $0 \text{ cc/m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm}$ ซึ่งต่ำกว่าพอลิเอทิลีน ($2,000 \text{ cc/m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm}$) ทำให้ปฏิกริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เกิดได้ช้า ลูกก๊วยที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์จึงมีค่า TBA ต่ำกว่าลูกก๊วยที่บรรจุในถุงพอลิเอทิลีน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงพอลิเอทิลีน มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.145 เป็น 2.54 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.146 เป็น 2.13 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอล ในถุงพอลิเอทิลีนมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.144 เป็น 2.03 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในถุงอูมิเนียมฟอยด์มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0.143 เป็น 1.79 มิลลิกรัมของมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 17 ปริมาณกรดไทโอบาพิทริกของแป้งคูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

6.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะแวดล้อมที่มีระดับ a_w อยู่ในช่วง 0.6–0.90 (xerophilic fungi) ที่พบในตัวอย่างคูกี้ทรีทเมนต์ต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งผลการทดลองนั้นแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 9 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในตัวอย่างคูกี้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น แต่ในสัปดาห์ที่ 12 คูกี้ทั้ง 4 สิ่งทดลองยังไม่มี การเสื่อมเสียโดยเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1×10^4 และ 10 โคโลนี/กรัม และยีสต์ต่ำกว่า 25 โคโลนี/กรัม ดังตารางผนวกที่ 11 และ 12

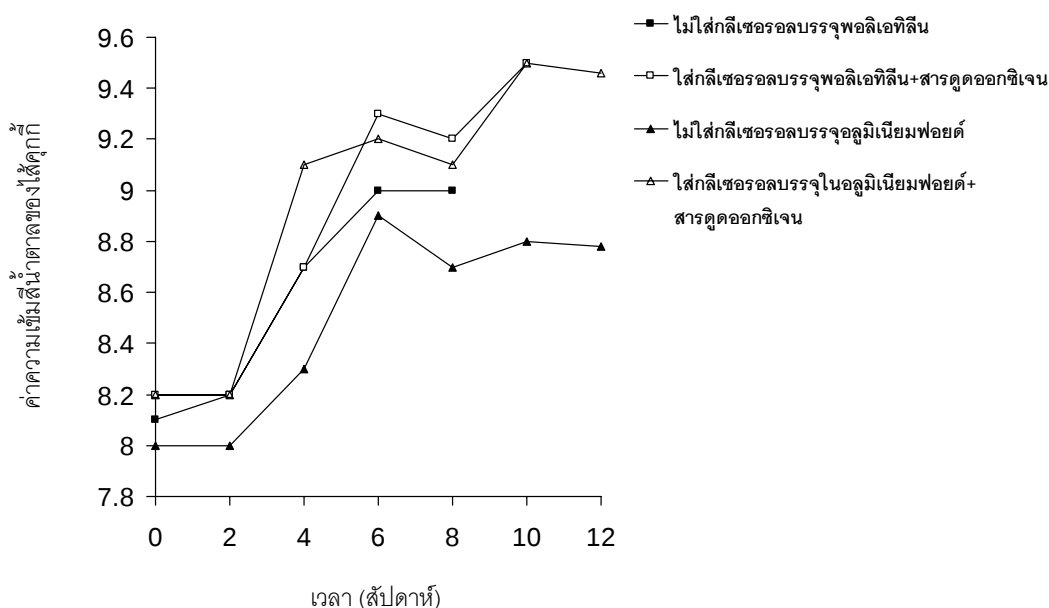
นอกจากการใช้สารดูดออกซิเจนในภาชนะบรรจุแล้วยังมีปัจจัยของความสามารถในการยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ของบรรจุภัณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรจุภัณฑ์ (งามทิพย์, 2538) ตลอดจนระดับ a_w ของส่วนผิวหน้าอาหาร อันจะมีบทบาทสำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะในตัวอย่างคูกี้ที่มีการเคลื่อนย้ายความชื้นจากส่วนไส้สมุนไพรภายในผลิตภัณฑ์สู่ส่วนแป้งซึ่งอยู่ภายนอก และมีการถ่ายเทความชื้นดังกล่าวต่อไปยังบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นผลให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศเหนืออาหารในบรรจุภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น ซึ่ง

ความสามารถในการยอมให้อิอน้ำซึมผ่านได้ของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุจะเป็นตัวกำหนดอัตราการถ่ายเทความชื้นจากภายในบรรจุภัณฑ์ไปสู่บรรยากาศภายนอก ถ้าบรรจุภัณฑ์นั้นมีความสามารถในการยอมให้อิอน้ำซึมผ่านได้ต่ำ การถ่ายเทความชื้นจากภายในบรรจุภัณฑ์ไปสู่ภายนอกจะเกิดขึ้นได้น้อยและมีผลให้เกิดปัญหาการสะสมความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นผลให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์มีค่าสูง สภาวะดังกล่าวจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผิวหน้าผลิตภัณฑ์อาหาร (Troller and Christian, 1987)

6.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะสีเหลืองของแป้ง สีน้ำตาลของไข่ กลิ่นเนย กลิ่นหืน การเกาะตัวกันระหว่างไข่และแป้ง ความร่วน ความนุ่ม และความเหนียวของไข่ ร่วมกับการทดสอบการยอมรับโดยวิธี Overall quality rating ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่า เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น ระดับคุณภาพต่างๆ ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระดับความเข้มเฉลี่ยด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลที่บรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์และพอลิเอทิลีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใส่กลีเซอรอล บรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์และพอลิเอทิลีนก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยความเข้มเฉลี่ยด้านสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลและที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์และพอลิเอทิลีนอยู่ในช่วง 9.3 ± 0.34 และ 9.5 ± 0.27 ตามลำดับ ดังตารางผนวกที่ 11

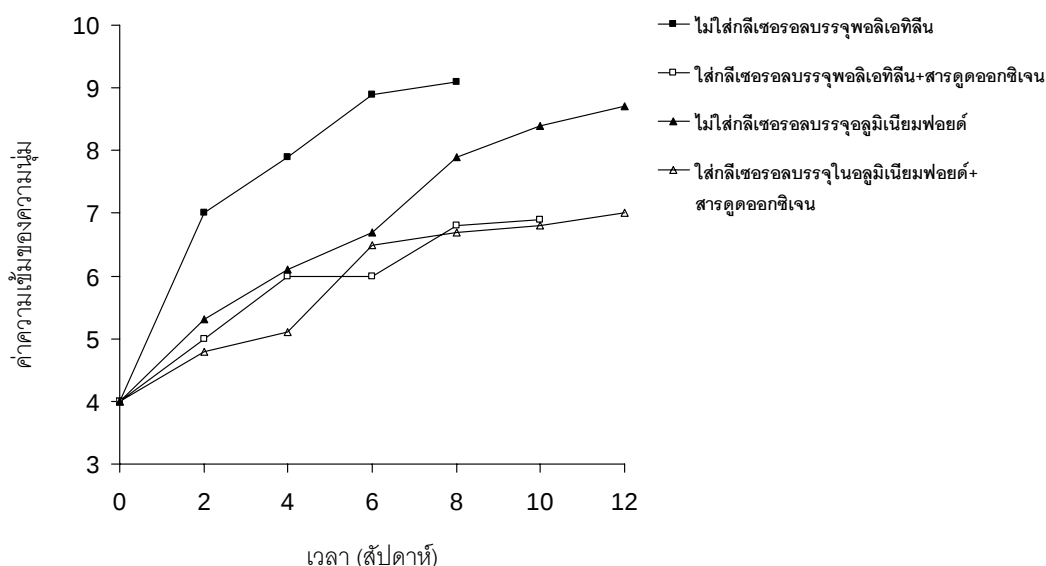
ส่วนระดับความเข้มเฉลี่ยด้านสีน้ำตาลของสมุนไพรกวน เมื่อเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ระดับความเข้มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางผนวกที่ 12 และภาพที่ 18 โดยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 4 สัปดาห์ของการเก็บรักษา และค่อนข้างคงที่ในเวลาที่เหลือของการเก็บรักษา โดยมีความสัมพันธ์กับค่าความสว่างที่ลดลงและค่าสีแดงและสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น คุกกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอล มีอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับสีน้ำตาลของสมุนไพรกวนสูงกว่าคุกกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดดังกล่าวมาแล้ว ส่งผลให้สมุนไพรกวนมีสีคล้ำขึ้น



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้นน้ำตาของไส้คูกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

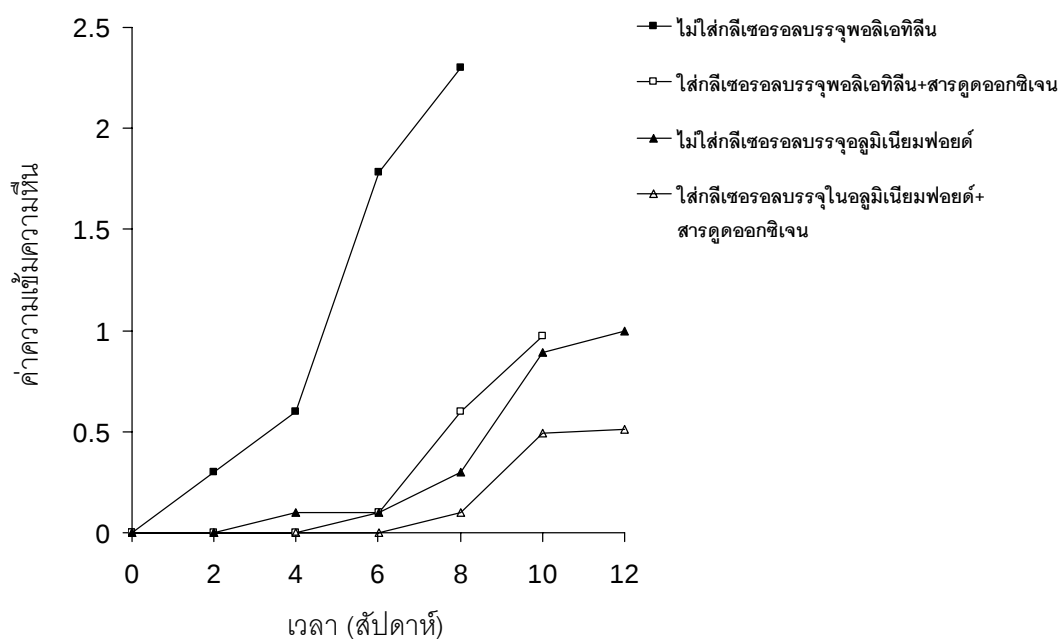
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส่วนแบ่งจากสิ่งทดลองต่างๆ พบว่าระดับความชื้นเฉลี่ยด้านความนุ่มของส่วนแบ่งคูกี้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แสดงดังภาพที่ 19 โดยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก (4 สัปดาห์) ของการเก็บรักษาและค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลาที่เหลือ (ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6) ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพด้านความแข็งที่มีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยคูกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอูรีเทน+ฟอยล์มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านความนุ่มเปลี่ยนแปลงจาก 4 เป็น 8.7 ผลิตรัทท์ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในพอลิเอทิลีนมีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านความนุ่มเปลี่ยนแปลงจาก 4 เป็น 11.3 และคูกี้ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอูรีเทน+ฟอยล์มีค่าความชื้นเฉลี่ยด้านความนุ่มเปลี่ยนแปลงจาก 4 เป็น 7 ผลิตรัทท์ที่ใส่กลีเซอรอล บรรจุในพอลิเอทิลีน ค่าความชื้นเฉลี่ยด้านความนุ่มเปลี่ยนแปลงจาก 4 เป็น 7.1 ตามลำดับ ถูบรรจุพอลิเอทิลีนทำให้ผลิตรัทท์มีการเปลี่ยนแปลงความนุ่มมากกว่าถูบรรจุในอูรีเทน+ฟอยล์ เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับความนุ่มของส่วนแบ่งจากคูกี้ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าระดับความนุ่มของส่วนแบ่งคูกี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งของคูกี้ โดยพบว่าคูกี้ที่มีค่าความแข็งลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยอัตราการลดลงของความแข็งของคูกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลจะสูงกว่าคูกี้ที่ใส่กลีเซอรอล ในขณะที่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับความเหนียวของไส้สมุนไพรพบว่าผู้ทดสอบสังเกตเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงความเหนียวของไส้คูกี้ที่ใส่กลีเซอรอลได้น้อย

มาก โดยมีค่าความเหนียวของไส้สมุนไพรกวนเปลี่ยนแปลงจากความแข็งเฉลี่ย 6.1 เป็น 6.8 เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มและกักเก็บความชื้นภายใน



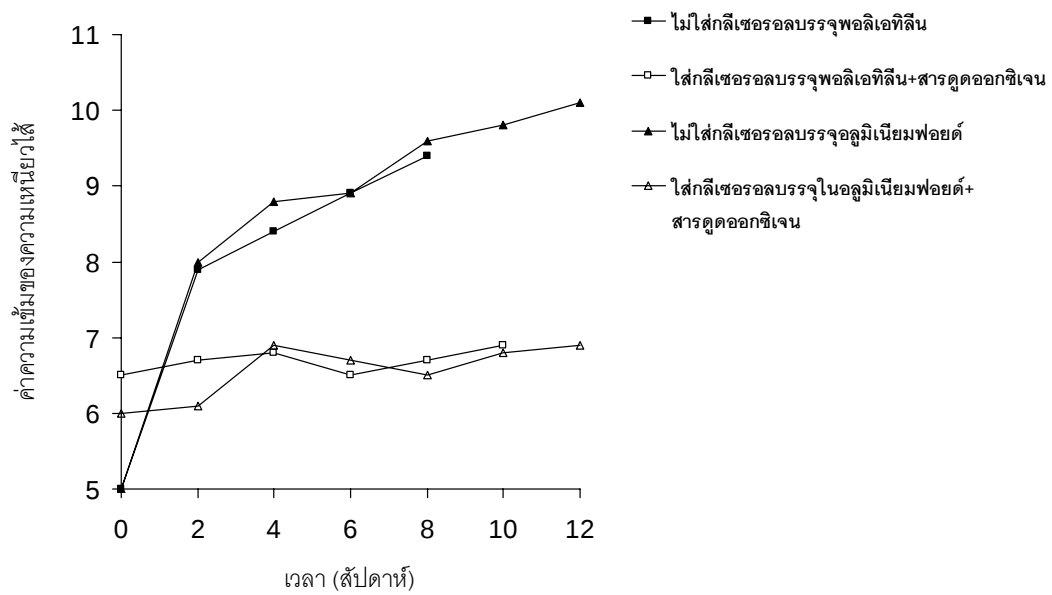
ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงด้านความนุ่มของคูกี้ที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความแข็งเฉลี่ยทางด้านกลืนหืนมีระดับความแข็งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 20 โดยคูกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลที่บรรจุในพอลิเอทิลีนนั้นผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงกลืนหืนที่เกิดขึ้นได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา และมีความแข็งด้านกลืนหืน (2.32 ± 0.27) ไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีปริมาณไทโอบาร์บิทูริก เท่ากับ 1.75 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม คูกี้ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในพอลิเอทิลีนร่วมกับการใช้ตัวดูดออกซิเจนมีค่าความแข็งเฉลี่ยด้านกลืนหืน (0.97 ± 0.16) ไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 10 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 1.57 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม คูกี้ที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์มีค่าความแข็งเฉลี่ยด้านกลืนหืน (1.05 ± 0.21) ไม่เป็นที่ยอมรับในสัปดาห์ที่ 12 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริกเท่ากับ 2.13 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมและคูกี้ที่ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงกลืนหืนที่เกิดขึ้นได้ช้าที่สุด คือ มีค่าความแข็งเฉลี่ยด้านกลืนหืนเท่ากับ (0.51 ± 0.11) ในสัปดาห์ที่ 12 โดยมีปริมาณไทโอบาร์บิทูริก เท่ากับ 1.79 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

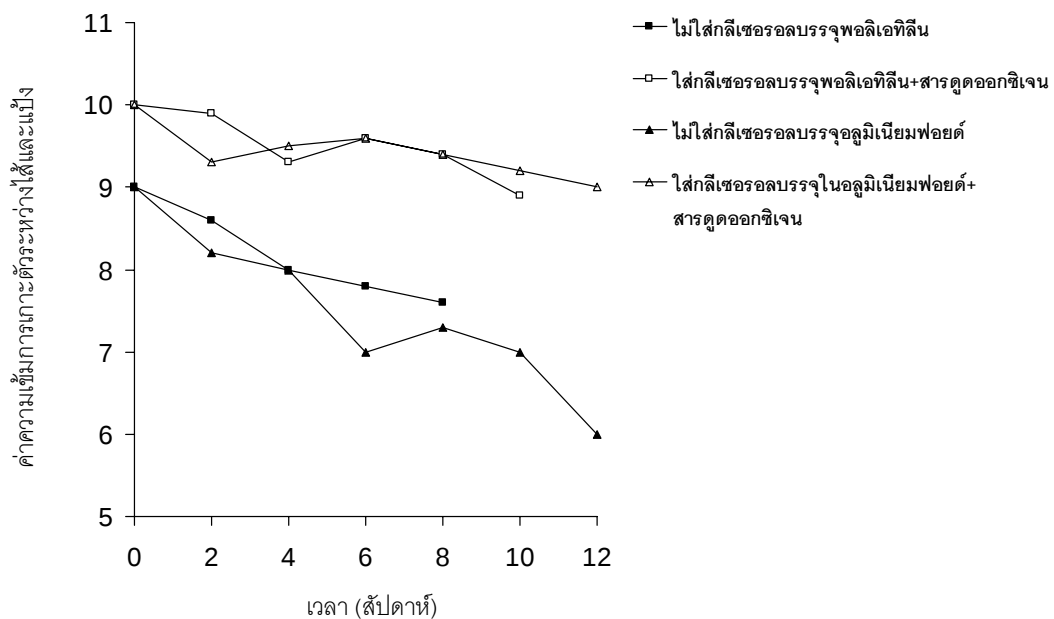


ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้นของคุกกี้สมุนไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

ส่วนไส้สมุนไพรกวนมีลักษณะแห้งและแข็งมากขึ้น ในขณะที่ส่วนแป้งภายนอกมีลักษณะชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดเนื่องจากการเคลื่อนย้ายความชื้นระหว่างส่วนแป้งและส่วนไส้ของตัวอย่างคุกกี้จึงมีผลให้การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวลดน้อยลง



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงด้านความเหนียวของไส้คูกักสุมไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงด้านการเกาะตัวระหว่างไส้และแป้งของคูกักสุมไพรที่บรรจุในภาชนะต่างชนิดกัน ณ อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา

คุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความเหนียวของส่วนไส้สมุนไพรกวน จากคุกกี้ที่ทำจากไส้สมุนไพรที่ใส่กลีเซอรอลและไม่ใส่กลีเซอรอล พบว่าการลดระดับ a_w ด้วยกลีเซอรอล ในกรณีของไส้สมุนไพรกวนที่ใส่กลีเซอรอล นั้นไม่มีผลให้ระดับคุณภาพดังกล่าวเปลี่ยนแปลง สามารถคงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวไว้ได้เป็นระยะเวลานานกว่าในกรณีของไส้สมุนไพรกวนที่ไม่ใส่กลีเซอรอล และไส้สมุนไพรกวนที่ไม่ใส่กลีเซอรอลดังกล่าวนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสจากนุ่มเหนียวกลายเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นในอัตราที่เร็วกว่าไส้สมุนไพรกวนที่ใส่กลีเซอรอล ในบรรจุกัณฑ์อูมิเนียมฟอยด์ ดังภาพที่ 21 ทำให้ระดับความเกาะตัวระหว่างไส้และแป้งลดลง ดังภาพที่ 22 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากว่ากลีเซอรอลนั้นเป็นสารประกอบพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำหรือเก็บความชื้นได้ดี เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏชุ่มชื้นและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและยืดหยุ่นดีขึ้น ซึ่งคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นนี้จะสามารถคงอยู่ได้เป็นระยะเวลานานในระหว่างการเก็บรักษา (ศิวาพร, 2529) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ที่รายงานถึงอิทธิพลของการเติมกลีเซอรอลที่มีต่อการปรับปรุงคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาของ Shambhag (1981) ที่ศึกษากลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์ผลไม้กึ่งแข็งและ Prabhakar and Ramamurthi (1990) ที่ใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแข็ง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ค่าการยอมให้อิอน้ำซึมผ่านได้ที่แตกต่างกันของฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุทั้งสองชนิดมีผลให้ระดับคุณภาพดังกล่าวของตัวอย่างคุกกี้ที่บรรจุภายในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน

จากผลการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษาในภาชนะบรรจุต่างกันที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส โดยวิธี Overall quality rating พบว่า อาหารว่างมีคุณภาพแตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานในระดับที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เนื่องจากมีกลิ่นหืน ดังนั้นอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและสมุนไพรที่ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุอูมิเนียมฟอยด์และพอลิเอทิลีนพบว่ามีอายุการเก็บรักษา 11 และ 7 สัปดาห์ตามลำดับ ส่วนอาหารว่างที่ใช้กลีเซอรอลบรรจุอูมิเนียมฟอยด์ และพอลิเอทิลีน พบว่ามีอายุการเก็บรักษา 12 และ 9 สัปดาห์ ตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาระยะเวลาการงอกของข้าวกล้องงอกที่เวลาแช่น้ำ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำของเมล็ดข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวกล้องมีการดูดน้ำทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นและยอดอ่อนงอกมากขึ้น และพบว่าระยะเวลาที่แช่น้ำของเมล็ดข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ GABA และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าวกล้องงอกสูงขึ้น แต่ทำให้ความหนืดสูงสุดลดลง โดยเมล็ดข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงมีสารปริมาณ GABA สูงที่สุด (38.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

คุณภาพของแป้งข้าวกล้องงอกสำหรับผลิตอาหารว่าง พบว่าค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 88.56, -0.02 และ 5.5 ตามลำดับ ค่า a_w คือ 0.38 ปริมาณความชื้นร้อยละ 8.74 ปริมาณไขมันร้อยละ 6.89 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.87 ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 1.03 ปริมาณเถ้าร้อยละ 1.83 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 71.64 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 1079 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณ GABA 42.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.8×10^3 โคโลนีต่อกรัม จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

การศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และแป้งข้าวสาลี ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้โดยนำแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จากข้าวกล้องที่แช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 และ 72 ชั่วโมงมาผลิตลูกกึ่งทอดไส้สมุนไพร พบว่าอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลีมีผลต่อค่าความแข็งของอาหารว่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอาหารว่างที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี 50: 50 มีค่าความแข็งสูงสุดเท่ากับ 20.20 นิวตัน และอาหารว่างที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี 70: 30 มีค่าความแข็งต่ำที่สุดเท่ากับ 14.11 นิวตัน สิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับคือสิ่งทดลองที่ใช้แป้งข้าวกล้องงอกที่มีระยะเวลาการงอก 72 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวกล้องงอกต่อแป้งสาลี เท่ากับ 60: 40

การศึกษาปริมาณของน้ำที่แช่แป้งข้าวกล้องงอกและระยะเวลาการแช่แป้งข้าวกล้องงอกในน้ำต่อคุณภาพของอาหารว่าง พบว่า เมื่อปริมาณของน้ำที่ใช้ในการแช่แป้งข้าวกล้องงอกมากขึ้นทำให้ค่าความแข็งของแป้งหุ้มไส้เพิ่มขึ้นทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการแช่แป้งไม่เพียงพอ คืออัตราส่วนของน้ำต่อแป้งเท่ากับ 1: 1 จะทำให้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ

ของอาหารว่างลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีลักษณะแห้งและผิวหน้าแตกร่วนไม่เหมาะสมในการทำเป็นแป้งหุ้มไส้สมุนไพร สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำที่แช่แป้งและแป้งข้าวกล้องงอกในการผลิตอาหารว่าง คือ 2: 1 ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำให้แป้งสุกบางส่วนในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสคือ 10 นาที

การศึกษาอิทธิพลของสมุนไพรได้แก่ มะเขือเทศ, มะตูมและอบเชยต่อคุณภาพไส้สมุนไพรและอาหารว่างสอดไส้สมุนไพรการศึกษาสูตรไส้สมุนไพรหวาน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมะเขือเทศจะทำให้ความชอบทางด้านความเหนียวเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนที่เหมาะสมคือมะเขือเทศและมะตูม สำหรับทำไส้สมุนไพรหวาน เท่ากับ 5: 1 ร้อยละ 60 และอบเชยร้อยละ 1 อาหารว่างที่พัฒนาได้มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก การศึกษาอิทธิพลของการใช้สารดูดความชื้นที่มีต่อการลดระดับ a_w ของไส้สมุนไพรหวาน พบว่าเมื่อใช้กลีเซอรอลในไส้สมุนไพรเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งของไส้สมุนไพรหวานลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลทำให้ค่าความสว่างและ a_w ลดลงทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไส้สมุนไพรหวานที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งของสมุนไพรมีค่า a_w เท่ากับ 0.578 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไส้สมุนไพรหวานที่ไม่ใช้กลีเซอรอล (a_w เท่ากับ 0.661) ส่วนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของไส้สมุนไพรของคูกี้ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้งสูงกว่าคูกี้ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง (7.0) และส่งผลให้ความชอบรวมสูงกว่าคูกี้ที่ใช้กลีเซอรอลร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง โดยให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

คุณภาพของอาหารว่างประเภทคูกี้ที่พัฒนาได้ พบว่ามีค่าความแข็งของแป้งหุ้มไส้เท่ากับ 17.34 นิวตัน a_w ของแป้งหุ้มไส้คูกี้และไส้สมุนไพรเท่ากับ 0.41 และ 0.58 ตามลำดับ และ GABA 8.79 มิลลิกรัมกลูโคสต่อแป้งคูกี้ 100 กรัม จากการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบรวม ต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ในระดับชอบปานกลาง เท่ากับ 7.4 และผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ ร้อยละ 98.0 อายุการเก็บรักษาของอาหารว่างบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์และพอลิเอทิลีนไอสารดูดออกซิเจน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บอย่างน้อย 12 และเท่ากับ 10 สัปดาห์ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์สารชีวภาพที่มีประโยชน์ในข้าวกล้องงอก เช่น โฟเลต วิตามินบี และสาร GABA วิเคราะห์สารไลโคปีนในมะเขือเทศและตัวด้านออกซิเดชันในอบเชย และมะตูมที่เหลือในผลิตภัณฑ์สุดท้าย
2. ควรมีการปรับปรุงการผลิตจากแป้งข้าวกล้องงอกในขั้นตอนการทำให้แป้งสุกบางส่วน เนื่องจากมีความยุ่งยากและไม่เหมาะสมในการผลิตระดับอุตสาหกรรม
3. ควรมีการพัฒนาสูตรสมุนไพรกวนให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่ม โดยการศึกษาคุณสมบัติของสารดูดความชื้น ได้แก่ น้ำตาลทราย แบะแซและกลีเซอรอล

เอกสารอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์, อรสา ดิษฐาพร, สุจิตา เตชะวงศ์เสถียร และวีระ ภาควิชัย. 2544. ผลใน
ประเทศไทย: เสถียรภาพของการผลิต การตลาดและการวิจัย. รายงานการประมวลองค์
ความรู้. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2.
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กลุ่มเกษตรสัญจร. 2531. มะเขือเทศ. หจก. พรสาสน์, กรุงเทพฯ.
- แก้วตา แดงสี. 2546. การใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งโปรตีนและสารสีในอาหารสัตว์ปีก.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- งามชื่น คงเสรี. 2532. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก, น. 351–359. ใน รายงานการประชุม
วิชาการโภชนาการเพื่อสุขภาพ. สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2538. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร,
กรุงเทพฯ.
- จำลอง เพ็งคล้าย. 2535. พรรณไม้ในสวนปาลิรักิตต์(จังหวัดราชบุรี). หจก. ชูติมาการพิมพ์,
กรุงเทพฯ.
- จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2541. เบเกอร์เทคโนโลยีเบื้องต้น.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรเดช สังข์เถื่อน. 2537. เกษกรรมล้านนา ตำรายาสมุนไพรล้านนา. ภาควิชาเทคโนโลยีเกษตร
กรรม คณะเกษตรกรรม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชษฐา พยากรณ์. 2525. **สมุนไพรในชีวิตประจำวัน**. สำนักพิมพ์เชษฐา, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **ธัญชาติและพืชหัว**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวี คุปต์กาญจนกุล. 2544. **ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. ความรู้เรื่องข้าว**. กรมวิชาการเกษตร, ปทุมธานี.

ทองปลิว ปลื้มปัญญา. 2532. **ความหนืดและปริมาณสารอาหารในข้าวที่เพาะในหังอก และผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นเป็นอาหารเด็กอ่อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธีรนุช ฉายศิริโชติ. 2546. **ขนมอบ. คู่มือทบทปฏิบัติการเทคโนโลยีขนมอบ**. สถาบันราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ สุนทร. 2543. **การพัฒนาข้าวกล้องผสมธัญชาติและถั่วบรรจุกระป๋อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. **เครื่องเทศ**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิติ เต็มเวชชยานนท์. 2543. **การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Ball-Mill และศึกษาสมบัติของแป้งดัดแปร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2526. **มะเขือเทศ**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

บุรินทร์ ริมศิริ. 2534. **การเลี้ยวของทุเรียนกวนจากเชื้อราและการเก็บรักษาภายใต้สภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราโมทย์ ศรีภิรมย์. 2524. **ชุมชนสมุนไพรไทย**. หอสมุดกลาง 09, กรุงเทพฯ.

ปรีชา วิบูลย์เศรษฐ์ และ วราภา มหากาญจนกุล. 2536. การวิเคราะห์จำนวนยีสต์ในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เกษตร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิพย์ วิรัชวงศ์. 2549. **สารต้านอนุมูลอิสระ**. วิจัยวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์. แหล่งที่มา: <http://www.healthyfood.net>, 25 สิงหาคม 2549.

พะยอม ดันติวัฒน์. 2521. **พืชสมุนไพร**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เพียว เหมือนวงศ์ญาติ. 2529. **ตำราวิทยาศาสตร์สมุนไพร**. ศูนย์การพิมพ์พลชัย, กรุงเทพฯ.

พัชรี ตั้งตระกูล, วารุณี วารัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล และลัดดา วัฒนศิริธรรม. 2550. การเพิ่มปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทอริกในคัพพะข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยการแช่น้ำ. **วารสารอาหาร**. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **อาหารกึ่งแห้ง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ลูกกี้**. มพช. 118-2546.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรมแห่งชาติ. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า**. มกอช.4000-2546

ยุวดี จอมพิทักษ์. 2541. **รักษาโรคด้วยสมุนไพร**. สำนักพิมพ์หอสมุดกลาง 09., กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. **สรีรวิทยาเมล็ดข้าว**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2546. คุณสมบัติและประโยชน์ของกลีเซอรอล. วารสารอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2550. นวัตกรรมข้าวไทย. วารสารอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิไลภรณ์ ชนกันชัย. ม.ป.ป. การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/lebrary/html/rice_all.html , 23 พฤษภาคม 2549.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2529. วัตถุดิบอาหาร: เล่ม 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ จำกัด. 2543. มันฝรั่งแผ่น: ขนมอบเกี่ยวขุดสด ปี 2000. วารสารวิจัยการตลาด. แหล่งที่มา: <http://www.scb.co.th/~scbri/mkthai/mk00q2t.html>, 23 กันยายน 2543.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2548. เบเกอร์รี่ผลิตภัณฑ์. วารสารวิจัยการตลาด. ประจำเดือนกุมภาพันธ์ แหล่งที่มา: <http://www.scb.co.th/~scbri/mkthai/mk00q2t.html>, 13 กุมภาพันธ์ 2548.
- สุนทร สหสโพธิ์. 2533. ความสำคัญของอะมัยโลสและสารยึดเกาะในการผลิตขนมปังโดยใช้แป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- สุนทรีย์ สิงหนุตตรา. 2525. สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด. บริษัทคุณ 39 จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สุภาณี จงดี,สุนันทา วงศ์ชัยชน และวัชรีย์ สุขวิวัฒน์. 2548. โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก. ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, อุบลราชธานี
- อภิญญา มาระโพธิ์. 2536. การใช้แป้งคัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวในซอสมะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรรควุฒิ ทศน์สองชั้น. 2530. เรื่องของข้าว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534. **ผลิตภัณฑ์จากข้าวและคุณค่าทางโภชนาการ**. อุตสาหกรรมเกษตร.
2(2): 109–115 น.

อัมพร แซ่เอียว. 2543. **คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ของแป้งจากเมล็ดพืชงอก**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abe, Y., S. Umemura, K. Sugimoto, N. Hirawa, Y. Kato, N. Yokoyama, T. Yokoyama, J. Iwai,
and M. Ishii. 1995. Effect of Green Tea Rich in γ -Aminobutyric Acid on Blood
Pressure of Dahl Salt-Sensitive Rats. **Am J. Hypert.** 8(1): 74-79

A.O.A.C. 1995. **Official Method of Analysis**. 15th ed. Association of Analytical Chemists,
Inc., Washington, D.C.

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical
Chemists, Arlington, Virginia.

Agarwal, S. and A.V. Rao. 1998. Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a
human dietary intervention study. **Lipids**. 33: 981–984.

Agu, R.C. and G.H. Palmer. 1997. The effect of temperature on the modification of sorghum
and barley during malting. **Process Biochem.** 32 (6): 501–507.

Akiyama, T.H. Kalco and N. Shibuya. 1998. A cell wall- bond beta- glucosidase from
germination rice: purification and properties. **Phytochem.** 48(1): 49–54.

Baik, M.Y. and P Chinachoti. 2001. Effects of glycerol and moisture gradient on
thermomechanical properties of white bread. **J. Agric. Food Chem.** 49: 4031–4038.

Barthakur, N.N. and N.P. Arnold. 1989. Certain organic and inorganic constituents in bael
(*Aegle marmelos* Correa.) fruit. **Trop. Agr.** 6(1): 65–68.

Baxter, G., C. Blanchard, and J. Zhao. 2004. Effects of prolamin on the textural and pasting properties of rice flour and starch. **J. Cereal Sci.** 40: 205–211.

Belitz, H.D. and W. Grosch. 1986. **Food Chemistry**. Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York.

Belkina, L.M., I.V. Arkhipenko, L.M. Dzhaparidze, V.A. Saltykova, F.Z. Meerson. 1986. Effect of vitamin E deficiency on the development of cardiac arrhythmias as affected by acute ischemia. **Biull Eksp Biol Med.** 102(11): 530–532.

Beta, T. and H. Corke. 2001. Noodle quality as related to sorghum starch properties. **Cereal Chem.** 78(4): 417–420.

Beuchat, L.R. 1981. Microbial stability as affected by water activity. **Cereal Food World.** 26(7): 345–349.

Blenford, D.E. 1982. What is a snack? **Food Flavourings, Ingredients Processing and Packagings.** 4 (11): 30–37.

Brandtzaeg, B., N.G. Malleshi, and U. Svanberg. 1981. Dietary bulk as a limiting factor for nutrient intake with special reference to the feeding of preschool children (III). **Trop Ped.** 27: 184–189.

Brennan, J.G. 1994. Dictionary of Food Deydration. **Food Dehydrarion: A Dictionary and Guide.** Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford.

Briggs, D.E. 1998. **Malts and Malting.** Blackie Academic and Professional, London..

- Bvochora, J.M. , J.S. Reed and R. Zavauya. 1999. Effect of fermentation process on proanthocyanidins in sorghum during preparation of Mahewu, a non-alcoholic beverage. **Process Biochem.** 35: 21–25.
- Canella, M. and G. Castriotta. 1980. Protein composition and solubility of tomato seed meal. **Lebensmittel – Wissenschaft Technology.** 13: 18–21.
- Capanzana, M.V. and K.A.Buckle. 1997. Optimisation of germination conditions by response surface methodology of a high amylase rice (*Oryza Sativa*) cultivar. **Iwt.** 30: 155–165.
- Cauvain, S.P. and L.S. Young. 2000. **Bakery Food Manufacture and Quality : Water Control and Effects.** Blackwell Science, Ltd., UK.
- Cerny, C. and R. Duntz-Dubini. 2006. Role of the solvent glycerol in the maillard reaction of D-fructose and L-alanine. **J. Agric Food Chem.** 54: 574–577.
- Chang, C.H. and Y. C. Liu. 2007. Study on lycopene and antioxidant contents variations in tomatoes under air-drying process. **J. Food Sci.** 72(9): 532-540.
- Chavan, J.K. and S.S. Kadam. 1989. Nutritional improvement of cereals by fermentation. **Crit. Rev Food Sci. Nutr.** 28(5): 349
- Chen, C.S. 1987. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems. **J. Food Sci.** 52(2): 433–435
- Chirfe, J. and C. Ferro Fontan. 1980. Prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods: experimental investigation of the a_w lowering behavior of sodium lactate and some related compounds. **J. Food Sci.** 45: 802–804.

- Chuyen, N.V. 1998. Maillard Reaction and Food Processing, pp. 2133–235. In F. Shahidi, C.T. Ho and N.V. Chuyen, ed. **Process-Induced Chemical Changes in Food**. Plenum Press, New York.
- Cirak, C., K. Kevseroglu and A.K. Ayan. 2006. Breaking of seed dormancy in a Turkish endemic Hypericum species: *Hypericum aviculariifolium* subsp. *Depilatum* var. *depilatum* by light and some pre-soaking treatments. **J. Arid Envir.** 41: 102–117.
- Collison, G.B. and V.J. Chilton. 1974. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. **Cereal Chem.** 36: 91–98.
- Deman, J.M. 1999. **Principles of Food Chemistry**. 3rd. Aspen Publishers, Inc. Maryland.
- Dymsha, H.A. and G. Silverman. 1979. Improving the acceptability of intermediate moisture fish. **Food Technol.** 33(10): 52–53.
- Egli, I., L. Davidsson, M.A. Juillerat, D. Barclay, and R.F. Hurrell. 2002. The Influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feeding. **J. Food Sci.** 67(9).
- Eichner, K. 1975. The influence of water content on non-enzymic browning reaction in dehydrated foods and model systems and the inhibition of fat oxidation by browning intermediates, pp. 417–434. In R.B. Duckworth, ed. **Water Relations of Foods: Food Science and Technology A Series of Monographs**. Academic Press, London.
- Elliott, K., and F. Hobbiger. 1959. Gamma-aminobutyric acid: Circulatory and respiratory effects in different species; re-investigation of the anti-strychnine action in mice. **J. Physiol.** 146: 70–84.

- Elmaki, H.B., E.E. Babiker and A.H.El Tinay. 1999. Changes in chemical composition, grain malting, starch and tannin contents and protein digestibility during germination of sorghum cultivars. **Food Chem.** 35: 21–25.
- Emenhiser, C., N. Simunovic, L. C. Sander and S.J. Schwartz. 1996. Separation of geometric isomers in biological extracts using a polymeric C 30 column in reserved phase liquid chromatography. **Agric. Food Chem.** 44: 3887–3893.
- Frantz, S. 2003. Antihypertensive treatments-all hats off to the golden oldie. *Nature Rev. Drug Discov.* 2: 91.
- Gartner, C., W. Stahl and H. Sies. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomato. **Am. J. Clin. Nutr.** 66: 116–122.
- Ghadirian, P., A. Lacroix, P. Maisonneuve, C. Perret, C. Potvin, D. Gravel, D .Bernard, and P. Boyle. 1997. Nutritional factors and colon carcinoma: a case-control study involving French Canadians in Montreal, Quebec, Canada. **Cancer.** 80(5): 858–64.
- Gopadas, T., P. Mehta, A. Patil, and H. Gandhi. 1986. Study on reduction in viscosity of thick rice gruel with small quantities of amylase rich cereal malt. **Food and Nutr. Bull.** 8: 42–47
- Gordon, B.R. 1990. **Snack Food.** AVI Publishing., New York. 401p
- Gujral, H. S. and V. Kumar. 2003. Effect of accelerated aging on the physicochemical and texture properties of brown and milled rice. **J. Food Eng.** 59: 117–121
- Halick, J.V. and V.T Kelly. 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. **Cereal Chem.** 36 : 91–98

- Hamad, A.M. and M.L. field. 1979. Evaluation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented cereals. **Food Sci.** 44 : 456.
- Hamilton, R.T. 1994. The chemistry of rancidity in food, pp. 1-21. *In* J.C. Allen and R.J. Hamilton, eds. **Rancidity in Foods**. 3rd ed. Blackie Academic and Professional, London.
- Herrington, T.M. and F.C. Vernier. 1995. Vapour pressure and water activity, pp. 1–16. *In* S.T. beckett, ed. **Physico-Chemical Aspects of Food Processing**. Blackie Academic & Professional, London.
- Hiromichi, A., S. Tomomi, S. Hiroto, M. Aya, K. Mitsuo, T. Sachi-yuki, S. Sachio, T. Keiko, and I. Kenichi. 2002. **Germinated brown rice**. US.Patent 2002031596.
- Hisakatsu, S. 2001. **Method for producing healthy liquor, healthy food or functional food by germinating brown rice**. JP. Patent 2001231501.
- Hocking, A.D. and J.I.Pitt. 1980. Dichloran-glycerol medium of enumeration of xerophilic fungi from low moisture foods. **Appl. Environ. Microbiol.** 56(8): 2319–2326.
- Huberlant, J. 1993. Sucrose, pp. 4431–4436. *In* R. Macrae, R.K. Robinson and M.J. Sadler, eds. **Encyclopedia of Food Science Food Technology and Nutrition**. Academic Press, London.
- Inoue, K., T. Shirai, H. Ochiai, M. Kasao, K. Hayakawa, M. Kimura, and H. Sansawa. 2003. Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing gamma-aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. **Eur. J. Clin. Nutr.** 57: 490–495.
- Ito, S. and Y. Ishikawa. 2004. **Marketing of Value-Added Rice Products in Japan: Germinated Brown rice and Rice Bread**. FAO International Rice Year.

- Jarvis, B. 1976. **Domycotoxis Present a Potential Hazard for Intermediate Moisture Foods**. Applied Science Publishers Ltd., London.
- Jeon, T., S.G. Hwang, B.O. Lim, and D.K. Park. 2003. Extracts of phellinus linteus grown on sprouted brown rice suppress liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. **Biotechnology Letters**. 25(24): 2093–6.
- Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition, pp.16–74. *In: Rice chemistry and Technology 1st ed.* D.F. Houston ed. Am. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Mn.
- Kayahara, H. and K. Tsukahara. 2000. Flavor, Health and Nutritional Quality of Pre-sprouted Brown Rice, presented at 2000. **International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii**, December 2000.
- Kim, K.O., M.K. Kim, Y.Y. Kang and Y.C. Lee. 1993. Effect of malting condition on quality characteristics of malt and roasted malt extract. **Cereal Chem.** 70(4): 440–442.
- Kneen, E. and A.D. Dickson. 1967. Malt and Malting. *In: Encyclopedia of chemical Technology*. Edited by Kirk-Othmer. 12: 861–886.
- Kneen, E. 1944. A comparative study of the development of amylases in germinating cereals. **Cereal chem.** 21: 304–313.
- Kochetov, V., V. Moiseeva and I. Lutsenko. 1981. Byproducts from vegetable canning in diets for finishing pigs. **Zhivotnovodstvo**. 8: 41–42.
- Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. **J. Food Eng.** 78: 556–560.

- Kotler, P. 1997. Marketing Management: **Analysis, Planing, Implementation, and Control**, 9th ed. Prentice-Hall, Inc., New jersey.
- Labuza, T.P. 1974. Interpretation of sorption data in relation to the state of constituent Water, pp. 155–172. *In* R.B. Duckworth, ed. **Water Relations of Foods: Food Science and Technology A serie of Monographs**. Academic Press, New York.
- Labuza, T.P. and C.R.Hyman. 1998. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Sci. & Tech.** 9: 47–55.
- Lampronti, I., D. Martello, N. Bianchi, M. Borgatti, E. Lambertini, R. Piva, S. Jabbar, M. Shahabuddin Kabir Choudhuri, M. Tareq Hassan Khan, and R. Gambari. 2003. In vitro antiproliferative effects on human tumor cell lines of extracts from the Bangladeshi medicinal plant *Aegle marmelos Correa*. **Phytomed.** 10: 300–308.
- Lavelli, V., S. Hippeli, C. Peri and E.F. Elstner. 1999. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by there model reactions. **J. Agric. Food Chem.** 47: 3826–3831.
- Laurie, V.F. and A.L. Waterhouse. 2006. Glyceraldehyde bridging between flavanols and malvidin-3-glucoside in model solutions. **J. Agric. Food Chem.** 54: 9105–9111.
- Lawless, H.T. and H. Heymann. 1998. **Sensory Evaluation of Food**. Principles and Practices. Chapman and Hall, New York.
- Leistner, L. and W. Rodel. 1976. The stability of intermediate moisture foods with respect to micro-organism, pp.120–137. *In* R. Davies, G.G. Birch and K.J. Parker, eds. **Intermediate Moisture Foods**. Applied Science Publishers, Ltd., London.

- Liu, L.L., H. Q. Zhai, and J. M. Wan. 2005. Accumulation of Γ -aminobutyric acid in giant-embryo rice grain in relation to glutamate decarboxylase activity and its gene expression during water soaking. **Cereal Chem.** 82(2): 191–196.
- Lorenz, K. 1980. Cereal sprouts: Composition, nutrition value. **Food Application Critical Reviews in Food Sci. and Nutri.** 13(4): 353–385.
- Macleod, A.J. and N.M. Pieris. 1981. Volatile flavor components of bael fruit (*Aegle marmelas*) and a process product. **J. Agric. Food Chem.** 29: 1262–1264.
- Meilgard, M., G.V. Civille, and B.T. Carr. 1999. **Sensory Evaluation Techniques.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Miller, D.D. 1998. Nonenzymetic Browning. **Food Chemistry A Laboratory Manual.** John Wiley & Sons Inc, New York. 153p.
- Miura, D, Y. Ito, A. Mizukuchi, M. Kise, H. Aoto and K. Yagasaki. 2006. Hypochlosterolemic action of pre-germinated brown rice in hepatoma-bearing rats. **Life Sci.** 45: 102–117.
- Moraru C.I., T.-C. Lee, M.V. Karwe, and J.L. Kokini. 2002. Plasticizing and antiplasticizing effects of water and polyols on a meat-starch extruded matrix. **J. Food Sci.** 67(9).
- Motonobu, K., R. Kosei, and S. Shinji. 2004. **Method for producing germinated brown rice tea containing large amount of gamma-aminobutyric acid.** JP. Patent 2004194580.
- Muguruma, M., T. Nishimura, R. Umetsu, I. Goto, and M. Yamaguchi. 1987. Humectants improve myosin extractability and water activity of raw, cured intermediate moisture meats. **Meat Sci.** 20: 179–194.

- Neilson, M.T., R.E. Meade, G.M. Paulsen, and R.C. Hoseney. 1978. Improvement of wheat protein quality by germination, pp. 48–59. In Proc. **National Conference Wheat Utilization Research**, Arizona.
- Newport Scientific. 1995. **Operation Manual for The Series 4 Rapid Visco Analyser**. Warriewood, New South Wales. 93 p.
- Nguyen, M. L. and S. J. Schwartz. 1999. Lycopene chemical and biological properties. **Food Tech.** 53: 38–45.
- Nirmala,M., S. Rao, and G. Muralikrishna. 2000. Carbohydrated and their degrading enzymes from native and malted finger millet (Ragi, Eleusine coracana,Indaf-15). **Food Chem.** 69: 175–180.
- Oh, S. H., J. R. Soh, and Y. S. Cha. 2003. Germinated brown rice extract shows a nutraceutical effect in the recovery of chronic alcohol-ratated symptoms. **J. Med. Food.** 6: 115 -121.
- Ohtsubo, K., K. Suzuki, Y. Yasui, and T. Kasumi. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. **J. Food Compos. and Anal.** 18(4): 303-316.
- Okada, T., T. Sugishita, T. Murakami, H. Murai, T. Saikusa, T. Horino, A.Onoda, S. Kajimoto, R.Takahashi and T. Takahashi. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. **Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi.** 47(8): 596–603.
- Opuku, A.R., S.O. Ohenhen, and N. Ejiofor. 1981. Nutrient composition of millet, (*pennisetum typhoides*) grains and malts. **J. Agric. Food Chem.** 29: 1247.

- Pathirana, R.A., K. Sivayohasundarum, and P.M. Jaytissa. 1983. Optimization of conditions for malting of sorgham. **J. Food Sci. &Tech.** 20: 108–111.
- Perez, C.M. and B.O. Juliano. 1988. Physicochemical changes of rice grain in storage: A brief review, pp. 180–190. *In* **Documentation of the seminar paddy deterioration in the humid tropics, Baguio City Philippines**. Eschborn, Germany: German Agency for Technical Cooperation.
- Pomni, M., P. Riso and G. Tedtolin. 1998. Absorption of lycopene from single of daily portion of raw and processed tomato. **Br. J. Nutr.** 4: 353–361.
- Pouplin, M., A. Redl, and N. Gontard. 1999. Glass transition of wheat gluten plasticized with water, glycerol, or sorbitol. **J. Agric. Food Chem.** 47: 538–543.
- Prabhakar, K. and R. Ramurthi. 1990. A study on the preparation of intermediate moisture meat. **J. Food Sci &Tech.** 27: 162–164.
- Rahman, M. S. 2006. State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability. **Trends in Food Sci & Tech.** 17: 129–141.
- Ranhotra, G.S., R.J. Lowe, and T.A. Lehmann. 1997. Breadmaking quality and nutritive value of sprouted wheat. **Food Sci. & Tech.** 42: 1373.
- Rao, P.V.S. and K.R. Bhattacharya. 1997. Effect of parboiling on thiamin content of rice. **J. Agric. Food Chem.** 14(5): 479–482.
- Roy, S.K. 1998. Bael fruit, pp. 217-260. *In* P.E. Shaw, H.T. Chan and S. Nagy, eds **Tropical and Subtropical fruits**. Agacience Inc. Florida, U.S.A.

- Sa, P.F.G., M. James, Jr. Treubig, R. B. Pyllis, and J. A. Dain. 2001. The use of capillary electrophoresis to monitor maillard reaction products (MRP) by glyceraldehyde and the epsilon amino group of lysine. **Food Chem.** 72: 379–384.
- Saikusa, T., T. Horino, and Y. Mori. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. **J. Agric. Food Chem.** 42: 1112-1126.
- Salunkhe, D.K. and Madhavi, D.L. 1998. **Handbook of vegetable Science and Technology.** Marcel Dekker, Inc. New York.
- Sanchez, H.D., C.A. Osella, and M.A. Torre. 2002. Optimization of gluten free bread prepared from corn starch, rice flour and cassava starch. **J. Food Sci.** 67: 416–419.
- Schwartz, S. J. 2000. **Effects of the consumption of fresh and processed tomato products on blood and tissue lycopene concentrations.** Ph. D. Thesis, The Ohio State University. Ohio, USA.
- Senya, Y. 2004. **Method of making amazake.** US. Patent 2004156974.
- Shanbhag, S.P. and A.S. Szczesniak. 1981. **Fruit and cereal products and process therefore.** US. Patent 42567772.
- Sheorain, V.S. and D.S. Wagle. 1973. Beta-amylase activity in germinated bajra and barley varieties. **Food Sci. & Tech.** 10: 184–186.
- Sherwin, C.P., and T. P. Labuza. 2003. Role of moisture in maillard browning reaction rate in intermediate moisture foods: Comparing solvent phase and matrix properties. **J. Food Eng. and Phy. Propert.** 68(2).

- Shi, J., M.L. Maguerb, Y. Kakudab, A. Liptayc and F. Niekampb. 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. **Food Research Inter.** 32: 15–21.
- Smith, R.J. 1979. **Food Carbohydrate.** The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
- Somogyi, S. and N. Nelson. 1944. A photometric adaptation of somogyi and method for the determination of cellulose. **Biol. Chem.** 153(1).
- Steele, R.J. 1988. The Effect of Sulphites on the Drying of Fruit Leathers, pp. 221–232. *In* C.C. Seow, ed. **Food Preservation by Moisture Control.** Elsevier Applied Science Publishers Ltd, London. 277p.
- Stephens, N.G., A. Parsons, P.M. Schofield, F. Kelly, K. Cheeseman, and M.J. Mitchinson. 1996. Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease: Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS) [see comments]. **Lancet.** 347(9004): 781–6.
- Sudha, M.L, R. Vetrmani, K. Leelavathi. 2007. Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. **Food Chem.** 100: 1365–1370.
- Suhendro, E.L., R.D. Waniska, L.W. Rooney and M.H. Gomez. 1995. Effects of polyols on the processing and qualities of wheat tortillas. **Cereal Chem.** 72(1): 122–127.
- Takahashi, H., M. Tiba, M. Iino, and T. Takayasu. 1995. The effect of gamma-aminobutyric acid on blood pressure. **Jpn. J. Physiol.** 5: 334–341.
- Taketada, N. 2005. **Underwater Polishing of brown rice for promotion of normal germination and cooking method for germinated brown rice.** JP. Patent 2005324178.

- Tanaka, Y., T. Ito, and T. Akazawa. 1970. Enzymic mechanism of starch breakdown in germinating rice seeds. **Plant Physiol.** 46: 650–654.
- Taylor, J.R.N. 1983. Effect of malting on the protein and free amino nitrogen composition of sorghum. **J. Sci. Food. Agric.** 34 : 885–892.
- Terumi, T. 2000. **Cereal cake and manufacturing method.** US. Patent 6060098.
- Troller, J.A. and J.H.B. Christian. 1978. **Water Activity and Food.** Academic Press, Inc., USA. 235p.
- Trugo, L.C., M. Muzaquiz, M.M. Pedrosa, G. Ayet, C. Burbano, C. Cuadrado and E. cavieres. 1999. Influence of malting on selected components of soya bean, black bean, chickpea and barley. **Food Chem.** 65: 85–90.
- Tsai, C.Y. and A. Delby. 1975. Lysine and tryptophan increasing during germination of maize seed. **Cereal Chem.** 43: 231–235.
- Tsatsaronis, G. C. and D.G. Boskou. 1975. Amino acid and mineral salt content of tomato seed and skin waste. **J. Sci Food Agric.** 26: 421–4.
- Tsen, J.H., Y.P. Lin, H.Y. Huang and V. King. 2007. Studies on the fermentation of tomato juice by using k-carrageenan immobilized lactobacillus acidophilus. **J. Food Proc. And Preserv.** 32: 178-189.
- Varayanond, W., P. Tungtrakul, V. Surojanametakul, L. Watanasiritham, and W. Luxiang. Effects of water soaking on gamma aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. **J. Kaset. Univ.** 12: 145–151.

- Vatsala, C.N. and S.R. Shurpalekar. 1985. Suitability of germinated wheat for the preparation of biscuit and cakes. **Indian Miller**. 15: 27.
- Virtamo, J., J.M. Rapola, S. Ripatti, O.P. Heinonen, P.R. Taylor, D. Albanes, J.K. Huttunen. Effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of primary nonfatal myocardial infarction and fatal coronary heart disease. **Arch Intern Med**. 158(6): 668–75.
- Wang, Y. and M.L. Fielers. 1978. Germination of corn and sorghum in the home to improve nutritive value. **J. Food Sci**. 43: 1113–1115.
- Whistle, R.L. and J.N., BeMiller. 1999. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. American Association of Cereal Chem. 241 p.
- Wijewickreme, A.N., Z. Krejpcio, and D.D. Kitts. 1999. Hydroxyl scavenging activity of glucose, fructose, and ribose-lysine model maillard products. **J. Food Sci**. 64(3)
- Williams, J.C. 1976. Chemical and Non-Enzymatic Changes in Intermediate Moisture Foods, pp. 100-119. In R. Davies, G.G. Birch and K.J. Parker, eds. **Intermediate Foods**. Applied Science Publishers, Ltd., London.
- Yamada, C., H. Izumi, J. Hirano, A. Mizukuchi, M. Kise, T. Matsuda, and Y. Kato. 2005. Degradation of soluble proteins including some allergens in brown rice grains by endogenous proteolytic activity during germination and heat-processing. **J. Biotech**. 69 (10): 1877–1883.
- Yang, F., T.K. Basu, and B. Ooraikui. 2001. Studies on Germination Conditions and Antioxidant Contents of Wheat Grain. International. **J. Food Sci. Nutr**. 52: 319–330.

Zagibalov, A. L., L. Nikitenko, A. D'yakonava and A. Fel'd man. 1986. **Raw material from tomato seeds.** Mukomol' no-elevatomaya Kombikormovaya Promyshlennost. 10: 40 .

Zang, H., H. Y. Yao, , and Y. R. Jiang. 2002. Development of the health food enriched with gamma-aminobutyric acid (GABA). **Food Ferment. Ind.** 28: 69–72.

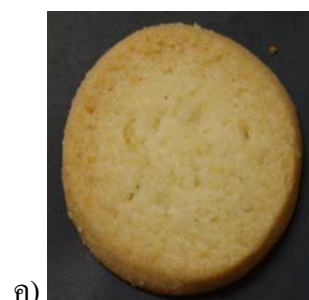
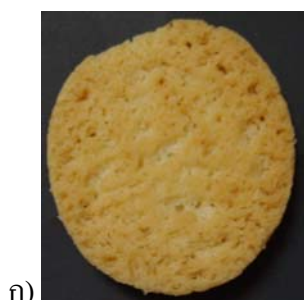
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพข้าวกล้องงอก ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้สมุนไพร และวัตถุดิบในการผลิตไส้สมุนไพร



ภาพผนวกที่ ก1 ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนแป้งสาลีทั้งหมด

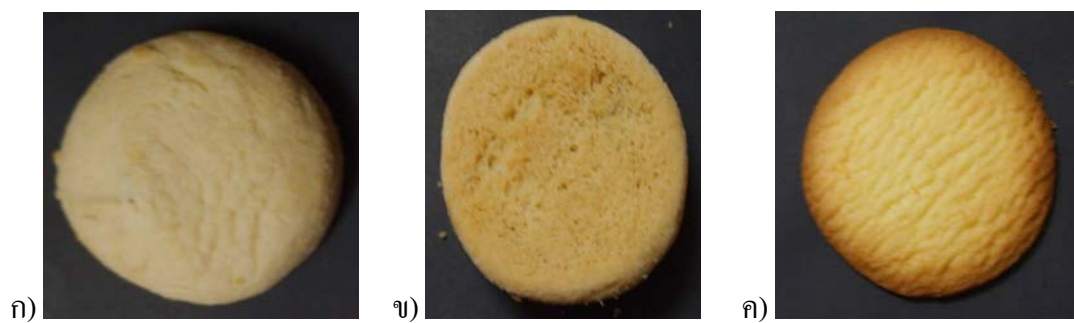


ภาพผนวกที่ ก2 ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้อัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอกต่อน้ำแตกต่างกัน

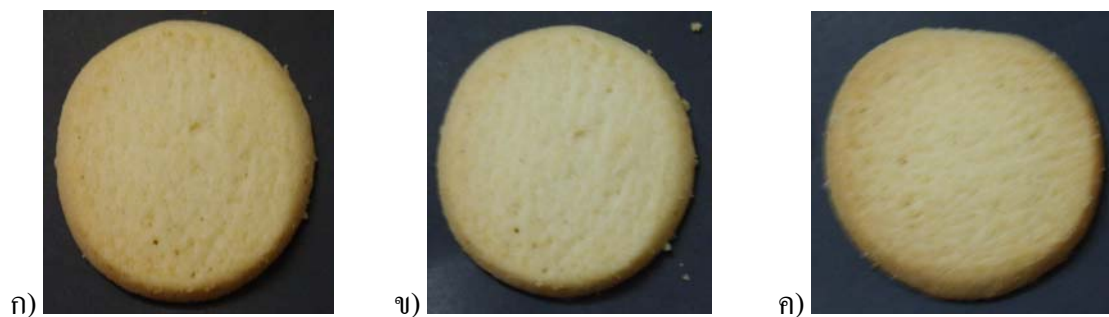
ก) 1: 1 ข) 1: 2 และ ค) 1: 3



ภาพผนวกที่ ก3 ลูกกอล์ฟไส้สับปะรดที่ใช้อัตราส่วนของแป้งต่อน้ำต่างกัน ก) 1: 1 ข) 1: 2 และ ค) 1: 3



ภาพผนวกที่ ก4 ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ทำให้แป้งข้าวกล็องงอกสุกบางส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่างกัน
ก) 50 ข) 60 และ ค) 70 องศาเซลเซียส



ภาพผนวกที่ ก5 ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้การทำให้แป้งข้าวกล็องงอกสุกบางส่วนโดยใช้เวลา
ต่างกัน ก) 10 ข) 20 และ ค) 30 นาที



ภาพผนวกที่ ก6 ผลิตภัณฑ์แป้งหุ้มไส้ที่ใช้แป้งข้าวกล็องงอกที่ผ่านการทำให้สุกสมบูรณ์



ภาพผนวกที่ ก7 เนื้อมะตูมจากผลมะตูมพันธุ์ธรรมดาอายุประมาณ 4 เดือน ที่ใช้สำหรับได้
สมุนไพรกวาน



ก)



ข)

ภาพผนวกที่ ก8 วัตถุดิบสำหรับผลิตได้สมุนไพรกวาน ก) มะเขือเทศพันธุ์ที่อบละเอียด และข)
อบเซยผง

ภาคผนวก ข

การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งอกและสมุนไพร

การคำนวณต้นทุนการผลิตอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกและสมุนไพร (คิดเฉพาะค่าวัตถุดิบ)

สูตรอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกและสมุนไพรที่พัฒนาได้

แป้งคูกี้		ไส้สมุนไพรหวาน	
ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)	ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งข้าวกลี้งงอก	9.0	มะตูม	8.0
แป้งข้าวกลี้งงอกแช่น้ำ 50 °C 10 นาที	21.0	มะเขือเทศ	40.0
แป้งสาลี	20.0	อบเชย	5.0
เนย	27.2	แบะแซ	15.0
น้ำตาลไอซิ่ง	21.7	กลีเซอรอล	12.0
ผงฟู	0.6	น้ำตาลทราย	20.0
วนิลลา	0.6		

แป้งคูกี้ 100 กรัม และไส้สมุนไพรหวาน 50 กรัม สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ 25 ชิ้น

โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดมีรายละเอียดของราคาดังต่อไปนี้ (ราคาเมื่อเดือนมีนาคม 2551)

ข้าวกลี้งสำหรับผลิตข้าวกลี้งงอก 1000 กรัม ราคา 25 บาท ดังนั้น แป้งข้าวกลี้งงอก 30 กรัม ราคา 0.75 บาท

แป้งเค้ก ทรายขาว 1000 กรัม ราคา 52 บาท ดังนั้น แป้งเค้ก 20 กรัม ราคา 1.04 บาท

เนย ทรายขาว 227 กรัม ราคา 77 บาท ดังนั้น เนย 27.2 กรัม ราคาเท่ากับ 9.23 บาท

น้ำตาลไอซิ่ง ทรายขาว 400 กรัม ราคา 17.5 บาท ดังนั้น น้ำตาลไอซิ่ง 21.7 กรัม ราคา 0.95 บาท

ผงฟู ทรายขาว 400 กรัม ราคา 44 บาท ดังนั้นผงฟู 0.6 กรัม ราคาเท่ากับ 0.066 บาท

วนิลลา ทรายขาว 30 กรัม ราคา 14.5 บาท ดังนั้น วนิลลา 0.6 กรัม ราคาเท่ากับ 0.29 บาท

มะตูม 100 กรัม ราคา 20 บาท ดังนั้นมะตูม 4 กรัม ราคาเท่ากับ 0.8 บาท

มะเขือเทศ 1000 กรัม ราคา 12 บาท ดังนั้น มะเขือเทศ 20 กรัม ราคาเท่ากับ 0.2 บาท

อบเชย ทรายขาว 45 กรัม ราคา 25 บาท ดังนั้น อบเชย 2.5 กรัม ราคาเท่ากับ 1.39 บาท

กลูโคส ทรายขาว 500 กรัม ราคา 15 บาท ดังนั้น กลูโคส 7.5 กรัม ราคาเท่ากับ 0.23 บาท

กลีเซอรอล 1000 กรัม ราคา 589 บาท ดังนั้น กลีเซอรอล 6 กรัม ราคาเท่ากับ 3.53 บาท

น้ำตาลทราย ทรายขาว 1000 กรัม ราคา 18.25 บาท ดังนั้น น้ำตาลทราย 10 กรัม ราคา 0.18 บาท

รวมราคาคำนวณวัตถุดิบของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกและสมุนไพร จำนวน 25 ชิ้น มีราคาเท่ากับ 18.656 บาท ดังนั้นราคาคำนวณการผลิตต่อ 1 ชิ้น มีค่าเท่ากับ 0.75 บาท

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point Hedonic Scaling)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ชุดที่.....

ตัวอย่าง : ลูกก็แพงข้าวกล้างนอก

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรณียบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง.....

ความชอบด้านลักษณะปรากฏ

[illegible]

ความชอบด้านความกรอบ

[illegible]

ความชอบด้านกลินรต

[illegible]

ความชอบด้านรสหวาน

[illegible]

ความชอบรวม

[illegible]

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point Hedonic Scaling)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ชุดที่.....

ตัวอย่าง : อาหารว่างประเภทลูกก๊วยต้บะปุด

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรณาวินิจฉัยระหว่างตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง.....

ความชอบด้านลักษณะปรากฏ

[illegible]

ความชอบด้านกลิ่นแบ่ง

[illegible]

ความชอบด้านความแข็ง

[illegible]

ความชอบด้านกลิ่นรสของแป้งหุ้มไส้

[illegible]

ความชอบรวม

[illegible]

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point Hedonic Scaling)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ชุดที่.....

ตัวอย่าง : ไม้สนทนไฟรบกวนและถูกไฟสดไม้สนทนไฟ

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนดและกรุณาเขียนปากระหว่างตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง.....

๒. ใต้สมุนไพรรกวน

ความชอบด้านสี

[illegible]

ความชอบด้านกลินรศโดยรวม

[illegible]

ความชอบด้านรสหวาน

[illegible]

ความชอบด้านความเหนียว

[illegible]

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point Hedonic Scaling)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ชุดที่.....

ตัวอย่าง : คุณก็สอดไส้สมุนไพรมะนาวที่ใส่เกลือ

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังกล่าวที่กำหนดและกรณียบวนค่าระหว่างตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง.....

1. คุณลักษณะด้านสีเหลืองของคุณก็

1.1 ความชอบด้านสีเหลือง

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ ว่า ชอบ หรือไม่	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบมาก	ชอบมาก ที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1.2 ความรู้สึกด้านสีเหลือง

อ่อนเกินไปมากที่สุด	อ่อนเกินไปมาก	พอดี	เข้มข้นเกินไปมาก	เข้มข้นเกินไปมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐

2. คุณลักษณะด้านกลิ่นสมุนไพร

2.1 ความชอบด้านกลิ่นสมุนไพร

ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	บอกไม่ได้ ว่า ชอบ หรือไม่	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบมาก	ชอบมาก ที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

2.2 ความรู้สึกด้านกลิ่นสมุนไพร

อ่อนเกินไปมากที่สุด	อ่อนเกินไปมาก	พอดี	เข้มข้นเกินไปมาก	เข้มข้นเกินไปมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐

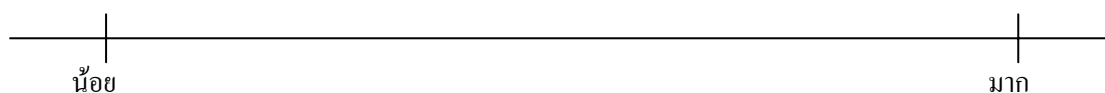
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความเข้มอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกและ
สมุนไพรในระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทดสอบ.....

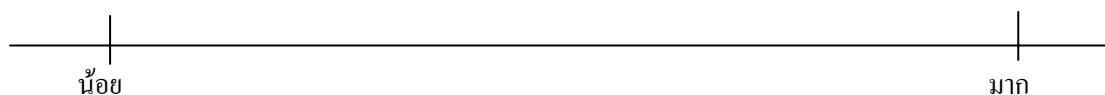
คำแนะนำ: กรุณาให้คะแนนความเข้มในแต่ละคุณลักษณะของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกและสมุนไพร โดยทำเครื่องหมาย / บนเส้นที่ซึ่งตรงกับความรู้สึกของท่าน บ้วนปากทุกครั้งก่อนการประเมินตัวอย่างถัดไป

ลักษณะปรากฏ

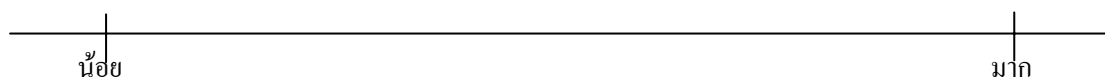
สี่เหลี่ยมของแป้



สีน้ำตาลของไต้

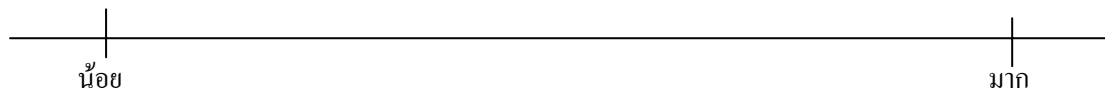


การเกาะรวมตัวระหว่างแป้งและโปรตีน

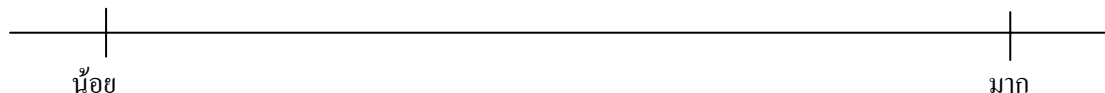


ที่ดิน

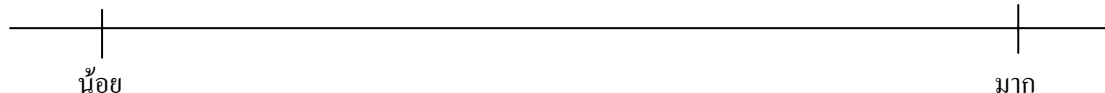
กลิ่นแป้งข้าว



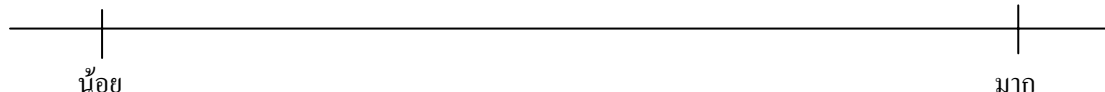
กัณนิมะตุม



กลิ่นหืน

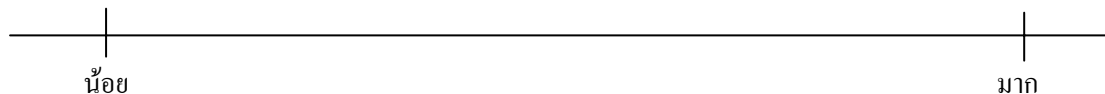


กตินเนย

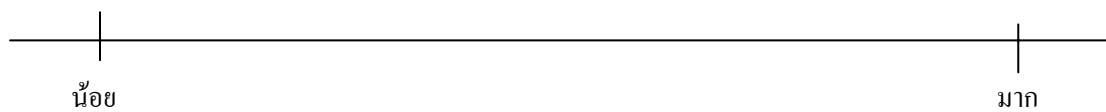


กตินรต

กตินรสนเษ



กลิ่นระสมะตูม

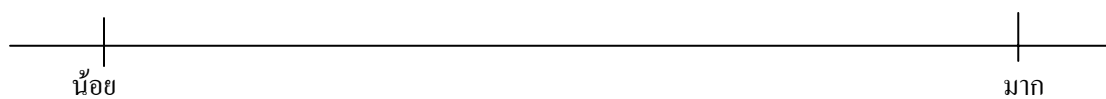


เนื้อสัมผัส

ความนุ่ม



ความร่วน

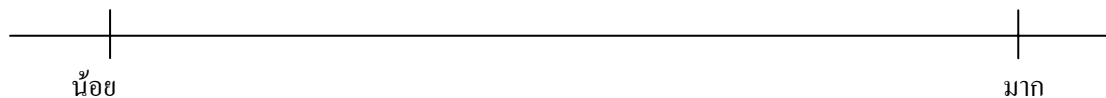


ความเหนียวของไส้



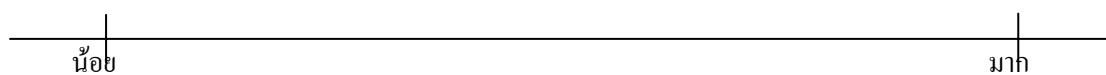
รสชาติ

รสหวาน

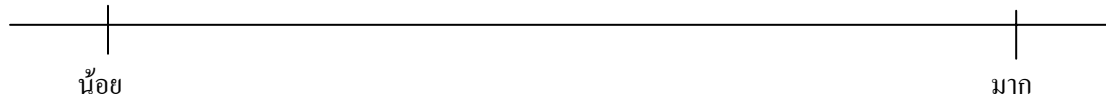


ความรู้สึกตกค้าง

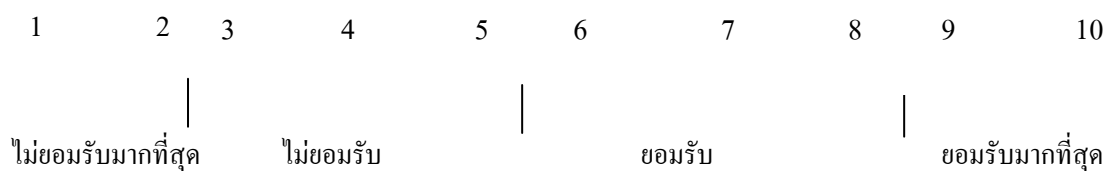
การติดฟัน



รสหวาน



การยอมรับ



ตารางผนวก ค คุณลักษณะ คำจำกัดความ และตัวอย่างอ้างอิงสำหรับการฝึกฝนผู้ทดสอบในการ
ทดสอบเชิงพรรณนา

คุณลักษณะ	คำจำกัดความ	ตัวอย่างอ้างอิง
<u>ลักษณะปรากฏ</u>		
สีเหลืองของแป้ง	สีเหลืองของแป้งลูกก็โดยใช้สายตา	กระดาษเทียบสี A=2 B=9.3
สีน้ำตาลของไส้	หักหรือบิลูกก็เพื่อดูไส้สมุนไพร	กระดาษเทียบสี A=3.3 B=13.4
การเกาะตัวของแป้ง และไส้	หักและบิลูกก็เพื่อดูการยึดเกาะตัว ระหว่างแป้งลูกก็และไส้สมุนไพร	ลูกก็ลับประด Kid Dee =7.3 ลูกก็ลับประด (ขาว) =12.6
<u>กลิ่น</u>		
กลิ่นเนย	กลิ่นเนยที่ได้รับหลังจากดมกลิ่น ผลิตภัณฑ์	ลูกก็เนย S&P =10.8 ลูกก็เนย (โลตัส) = 3.0
กลิ่นแป้งข้าว	กลิ่นแป้งข้าวเจ้าที่ได้รับหลังจากดม กลิ่นผลิตภัณฑ์	แป้งข้าวผสมน้ำ 1: 1=10 3: 1=3.0
กลิ่นมะตูม	กลิ่นมะตูมที่ได้รับหลังจากดมกลิ่น ผลิตภัณฑ์	มะตูมตากแห้ง = 12.7
กลิ่นเหิน	กลิ่นเหินที่ได้รับหลังจากดมกลิ่น ผลิตภัณฑ์	S&P = 3.9 Lotus = 10.3
<u>กลิ่นรส</u>		
กลิ่นรสเนย	กลิ่นรสเนยที่เกิดขึ้นหลังจากกลิ่น ผลิตภัณฑ์	ลูกก็เนย S&P = 10.4 ลูกก็เนย (โลตัส) = 5.2
กลิ่นรสมะตูม	กลิ่นรสมะตูมที่เกิดขึ้นหลังจากกลิ่น ผลิตภัณฑ์	น้ำมะตูม = 10.5
<u>เนื้อสัมผัส</u>		
ความนุ่ม	ความนุ่มของผลิตภัณฑ์ขณะเคี้ยว	ขนมปังสับประด = 2.5 ลูกก็ลับประด (ขาว) = 11.1 ลูกก็ลับประด (บ้านอัยการ) = 8.9

ตารางผนวก ค (ต่อ)

คุณลักษณะ	คำจำกัดความ	ตัวอย่างอ้างอิง
ความร่วนของแป้ง	ความร่วนของผลิตภัณฑ์ขณะเคี้ยว	กลีบลำดวน = 4.6 ลูกกิสัปประด (Kid Dee) = 10
ความเหนียวของไส้	ความเหนียวของสมุนไพรกวนขณะเคี้ยวผลิตภัณฑ์	สัปประดกวน = 7.6 กล้วยกวน = 12.7
<u>ความรู้สึกลูกตลก้าง</u>		
การติดฟัน	การติดฟันหลังจากเคี้ยวและกลืนผลิตภัณฑ์	สัปประดกวน = 6.5 กล้วยกวน = 11.4
รสหวาน	รสหวานหลังจากกลืนผลิตภัณฑ์	สารละลาย sucrose 5% = 0.4 และ 10% = 1.2

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งจากแป้งข้าวกล้องงอกสดใส่สมุนไพร

คำแนะนำ : กรุณาใส่เครื่องหมาย / ลงในวงเล็บ () ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ต่ำกว่า 20 ปี

() 21 – 25 ปี

() 26 – 30 ปี

() 31 – 35 ปี

() 36 – 40 ปี

() มากกว่า 40 ปี

3. การศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

() มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า

() ปวส/ อนุปริญญา

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() นักเรียน/นิสิต/นักศึกษา

() ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว

() อื่นๆ โปรดระบุ

5. รายได้ต่อเดือน

() น้อยกว่า 2,000 บาท

() 2,000 – 5,000 บาท

() 5,001 – 10,000 บาท

() 10,001 – 15,000 บาท

() 15,001 – 20,000 บาท

() มากกว่า 20,000 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคลูกกึ่ง

6. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์ลูกกึ่งบ่อยครั้งแค่ไหน

() มากกว่า 3 – 4 ครั้ง/สัปดาห์

() 3 – 4 ครั้ง/สัปดาห์

() 1 – 2 ครั้ง/สัปดาห์

() น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์

() อื่นๆ โปรดระบุ

7. ท่านรับประทานขนมลูกก็๋ครั้งละกี่ชิ้น

() 1 – 5 ชิ้น

() 6 – 10 ชิ้น

() 11 – 15 ชิ้น

() มากกว่า 15 ชิ้น

8. สถานที่ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกก็๋ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() ตลาดสด

() ซูเปอร์มาร์เก็ต (เช่น ท็อปส์, โฮมเพอร์มาร์ท)

() ซูเปอร์สโตร์ (เช่น โลตัส, คาร์ฟูร์, บิ๊กซี)

() ร้านขายผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับ

9. ท่านคิดว่าขนมลูกก็๋ที่จำหน่ายในท้องตลาดควรมีการปรับปรุงทางด้านใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() คุณค่าทางโภชนาการ

() บรรจุภัณฑ์

() อายุการเก็บรักษา

() รูปแบบและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์

() ช่องทางการจำหน่าย

() อื่นๆ

10. ปัจจัยใดที่ท่านคำนึงถึงในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() สมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์

() รสชาติ

() รูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์

() คุณค่าทางโภชนาการ

() สรรพคุณ เช่น ป้องกันและรักษาโรคต่างๆ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกก็๋สอดไส้สมุนไพรที่ผ่านการพัฒนา

11. กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ลูกก็๋แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

คุณลักษณะ	ชอบ มาก ที่สุด	ชอบ มาก	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ เล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบ เล็กน้อย	ไม่ชอบ ปานกลาง	ไม่ชอบ มาก	ไม่ชอบ มาก ที่สุด
รูปร่าง									
สี									
กลิ่น									
กลิ่นรส สมุนไพร									
รสหวาน									
เนื้อสัมผัส (ความแข็ง)									
ความชอบรวม									

ข้อเสนอแนะ.....

12. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ.....

() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

13. ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

() ซื้อ เพราะ

() ไม่แน่ใจ เพราะ

() ไม่ซื้อ เพราะ

14. ท่านต้องการให้ลูกก็่สอได้สมุนไพรมะรุมในภาชนะบรรจุใด

() ถุงพลาสติกใส

() ถุงอูมิเนียมฟอยด์

() กล่องพลาสติกใส

() กระป๋อง

15. ท่านต้องการให้ลูกก็่สอได้สมุนไพรมะรุมขนาดบรรจุเท่าใดในบรรจุภัณฑ์ที่ท่านเลือกในข้อ (14.)

() 10 ชิ้น

() 15 ชิ้น

() 20 ชิ้น

16. ท่านต้องการให้ลูกก็่สอได้สมุนไพรมะรุม (ขนาดบรรจุ 1 ถุง 10 ชิ้น) จำนวนในราคาเท่าไร

() 20 บาท

() 25 บาท

() 30 บาท

() 40 บาท

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบคุณในความร่วมมือ

ภาคผนวก ง

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

1. การทดสอบการงอกของเมล็ดโดยวิธีของจวงจันท์ (2529)

1.1. เมล็ดข้าว ใช้เมล็ดบริสุทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของเมล็ด

1.2. จำนวนเมล็ดข้าวที่ใช้ ใช้เมล็ดข้าวอย่างน้อย 400 เมล็ด สุ่มนับเมล็ดจำนวน 400

เมล็ดโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 100 เมล็ดในกรณีที่เมล็ดข้าวมีปริมาณน้อยให้ลดลงเหลือเพียง 200 หรือ 100 เมล็ด โดยแบ่งเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด และ 25 เมล็ดตามลำดับ เมล็ดข้าวที่สุ่มมาทดสอบต้องนับมาโดยยุติธรรม ไม่คำนึงขนาด รูปร่าง น้ำหนัก โรคหรือแมลงที่ติดมากับเมล็ด

1.3. วิธีการเพาะ นำเมล็ดข้าวแช่น้ำอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 0 – 48 ชั่วโมง

หลังจากนั้นตรวจสอบผล โดยตรวจนับเมล็ดครั้งแรกที่เวลา 0 ชั่วโมง และนับเมล็ดที่เวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมงของการเพาะ

1.4. การวิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบ รายงานผลลักษณะต่างๆ ของเมล็ด

พันธุ์ที่ต้องตรวจวิเคราะห์ ได้แก่

- เมล็ดงอกมีรากงอก 0.5 – 1 มิลลิเมตร และส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วนสมบูรณ์
- เมล็ดแข็ง: เมล็ดมีชีวิตแต่ไม่งอกเนื่องจากเปลือกหนาไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน
- เมล็ดที่มีการพักตัว: ดูนุ่นแต่ไม่งอก
- เมล็ดตาย: ไม่งอก เน่าเปื่อย เมล็ดมีรูปร่างผิดปกติไปจากเดิม เมล็ดบวมและเน่าและ

การรายงานผล รายงานเป็นร้อยละความงอกจากต้นกล้าปกติ (รวมเมล็ดที่แข็งของแต่ละซ้ำ) ในกรณีที่มีการเพาะเมล็ดน้อยกว่า 100 เมล็ด ให้แปลงตัวเลขให้เป็นซ้ำละ 100 เมล็ดก่อน แล้วจึงคำนวณผลการทดสอบความงอก โดยรวมผลทั้ง 4 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย แล้วตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำที่มีร้อยละความงอกสูงสุดและต่ำสุดว่ามากกว่าค่าความแตกต่างที่ยอมรับหรือไม่ถ้าค่าความแตกต่างยอมรับได้ให้ทำการคำนวณร้อยละความงอกของทั้ง 4 ซ้ำ หากค่าความแตกต่างสูงกว่าค่าความแตกต่างที่ยอมรับ ให้ตัดซ้ำที่มีร้อยละความงอกต่ำสุดออกแล้วคำนวณร้อยละความงอกที่เหลือ ในกรณีที่ตัดซ้ำการทดลองที่มีร้อยละความงอกต่ำสุดออกแล้ว ค่าความแตกต่างยังสูงกว่าค่ายอมรับ ให้ดำเนินการทดสอบความงอกใหม่ สำหรับค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้อ้างอิงจากจวงจันท์(2529)

2. น้ำหนักของเมล็ดข้าว

น้ำหนักของเมล็ดข้าวหรือความถ่วงของเมล็ดข้าว มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของเมล็ดข้าว โดยเฉพาะความแข็งแรง ความมีชีวิต และอัตราเร็วในการงอก โดยปกติเมล็ดข้าวที่มีน้ำหนักมากย่อมมีร้อยละความงอกสูง มีความมีชีวิตสูง สามารถงอกได้รวดเร็ว และเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าเมล็ดข้าวที่เบาหรือน้ำหนักน้อย จากการตรวจสอบพันธุ์ข้าวที่ปลูกในประเทศไทย ประมาณ 344 พันธุ์พบมีน้ำหนักเมล็ดอยู่ในช่วง 16.20 – 41.68 กรัม/1000 เมล็ด (เครือวัลย์, 2536) น้ำหนักเมล็ดของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 20.77 กรัม/1000 เมล็ด

3. การทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์

1. แบ่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์
2. คัดแยกตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ตามองค์ประกอบทางกายภาพออกเป็นสามส่วนดังนี้
 - 2.1 เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure seed)
 - 2.2 เมล็ดพืชอื่น (other seeds)
 - 2.3 สิ่งเจือปน (inert matter)
3. ชั่งน้ำหนักองค์ประกอบแต่ละส่วนให้ได้ตัวเลขสี่หลัก รวมน้ำหนักองค์ประกอบทั้งสี่ส่วนเข้าด้วยกันเป็นน้ำหนักตัวอย่างหลังการทดสอบ แล้วคิดเป็นร้อยละขององค์ประกอบแต่ละส่วนจากน้ำหนักรวมหลังการทดสอบนี้

4. คุณสมบัติความหนืด (A.A.C.C., 1995)

เปิดเครื่อง RVA ทิ้งไว้ 30 นาทีเพื่ออุ่นเครื่อง เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์รัน โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและเวลา (Profile) ที่ชื่อ Idle Temperature 30 ° C

1. 50 ° C @ 1.0 min
2. 95 ° C @ 4.8 min
3. 95 ° C @ 7.3 min
4. 50 ° C @ 11.1 min
5. End of test 12.5 min

ความเร็วของมอเตอร์เมื่อ 10 วินาทีแรกเป็น 960 รอบต่อนาที จากนั้นจะเปลี่ยนลงมาอยู่ที่ 160 รอบต่อนาทีตลอดการทดสอบ

ตวงน้ำ 25.0 ± 0.1 มิลลิลิตร (คำนวณที่ความชื้นร้อยละ 12) ใส่ลงในแคน
ชั่งตัวอย่างแป้งมา 3.00 กรัม (คำนวณที่ความชื้นร้อยละ 12) แล้วถ่ายลงแคน
ใส่พาด (Paddle) ลงในแคน ขยับพายขึ้นลงแรงๆ เพื่อคนประมาณ 10 ครั้ง
วางพาดไว้ในแคนแล้วใส่ลงในเครื่อง RVA ทำการทดสอบ

จากการทดสอบ จะได้กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืด ซึ่งสามารถหาค่าของ Pasting Temperature, Peak Viscosity, Hold Strength, Final Viscosity

5. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) โดยวิธี Somogyi and Nelson (1952)

5.1 การเตรียมสารเคมี

Alkaline Copper Reagent: ชั่งสารต่อไปนี้ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 71 กรัม, NaK Tartrate 40 กรัม, NaOH 4 กรัม และ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 8 กรัม ละลายสารในน้ำกลั่นประมาณ 700 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเริ่มให้ความร้อนเมื่อ

เติม $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จนละลายหมดแล้วจึงเติม Na_2SO_4 180 กรัม จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง 24 – 48 ชั่วโมง แล้วนำมากรองตะกอนออกก่อนใช้

Nelson Reagent: ชั่งสารต่อไปนี้ $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 53.2 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 21 มิลลิลิตร และ $\text{Na}_2\text{HASO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 6 กรัม ละลายสารตามลำดับในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง 24 – 48 ชั่วโมง แล้วนำมากรองตะกอนออกก่อนใช้

5.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคสเข้มข้นร้อยละ 0.2 นำสารละลายน้ำตาลที่ได้มาทำให้เจือจางเป็นความเข้มข้นร้อยละ 0.02 และนำมาทำให้มีความเข้มข้นต่างๆ จากน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 0.02

5.3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

- 1) ปิเปตสารละลายน้ำตาลลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร
- 2) เติมสารละลาย Alkaline Copper Reagent 1 มิลลิลิตร ผสมกัน นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นจัด
- 3) เติมสารละลาย Nelson Reagent 1 มิลลิลิตร ผสมกันทันที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
- 4) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน (กราฟมาตรฐาน)
- 5) สำหรับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1 – 4 โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรแทนสารละลายกลูโคส 1 มิลลิลิตร โดยปริมาณน้ำตาลของตัวอย่างต้องอยู่ในช่วงที่วิเคราะห์ได้ ถ้าตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลอยู่สูงจะต้องเจือจางให้อยู่ในช่วงที่จะวิเคราะห์ได้ และหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ภาคผนวก จ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกได้สมุนไพรมะนาว

ตารางผนวกที่ จ1 ค่าความสว่าง (L*) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	89.89a(0.34)	88.57b(0.24)	88.15c(0.21)	87.68c(0.27)	87.53c(0.29)	87.21d(0.45)	87.16d(0.43)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	89.89a(0.45)	88.60b(0.33)	88.06c(0.27)	87.73b(0.32)	87.62c(0.28)	87.69c(0.32)	87.51c(0.34)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	89.89a(0.23)	88.76b(0.35)	88.49b(0.31)	87.81c(0.41)	87.69c(0.36)	87.74c(0.37)	87.69c(0.26)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	89.89a(0.31)	88.89a(0.46)	88.33b(0.26)	87.89c(0.38)	87.76c(0.45)	87.79c(0.51)	87.70c(0.54)

(a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ2 ค่าสีแดง (a*) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) ^{ns}						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	18.85(0.39)	18.81(0.43)	18.79(0.23)	18.82(0.20)	18.82(0.35)	18.80(0.29)	18.80 (0.28)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	18.82(0.32)	18.82(0.45)	18.83(0.29)	18.81(0.28)	18.84(0.43)	18.81(0.36)	18.80 (0.34)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	18.75(0.33)	18.89(0.34)	18.86(0.27)	18.89(0.37)	18.81(0.25)	18.80(0.43)	18.78 (0.35)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	18.80(0.36)	18.83(0.41)	18.81(0.21)	18.82(0.21)	18.85(0.38)	18.85(0.29)	18.82 (0.39)

(ns) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ3 ค่าสีเหลือง (b*) ในส่วนแบ่งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	15.78f(0.23)	16.91d(0.22)	17.03d(0.33)	17.81c(0.37)	18.04b(0.32)	18.79a(0.26)	18.84a(0.31)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	15.68f(0.43)	16.89d(0.29)	16.91d(0.20)	17.21d(0.33)	17.89c(0.37)	18.01b(0.23)	18.21ab(0.24)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	15.45f(0.39)	16.23e(0.32)	16.54de(0.41)	17.91c(0.29)	18.32ab(0.30)	18.49ab(0.22)	18.48ab(0.28)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	15.65f(0.41)	16.75d(0.34)	16.83d(0.23)	17.17d(0.45)	17.67cd(0.38)	17.98c(0.29)	18.04b(0.33)

(a-f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ4 ค่าความสว่าง (L*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	38.68a(0.41)	38.03ab(0.45)	37.97b(0.32)	37.84b(0.37)	37.12bc(0.25)	37.09c(0.42)	37.02c(0.39)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	35.65d(0.43)	33.45e(0.39)	32.89e(0.31)	32.78e(0.21)	32.05 f(0.38)	32.01f(0.44)	32.12f(0.38)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	38.45a(0.44)	38.10ab(0.38)	37.82b(0.39)	37.79b(0.22)	37.05c(0.23)	37.01c(0.45)	36.84c(0.33)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	35.78d(0.42)	33.21e(0.33)	32.73f(0.37)	32.56f(0.28)	32.08f(0.36)	32.01f(0.42)	31.08g(0.23)

(a-g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ5 ค่าสีแดง (a*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลีงงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) ^{ns}						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	18.68(0.51)	18.71(0.57)	18.79(0.69)	18.8(0.97)	18.82(0.91)	18.80(0.68)	18.7(0.97)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	18.8(0.24)	18.82(0.67)	18.83(0.37)	18.81(0.68)	18.84(0.69)	18.81(0.38)	18.82(1.01)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	18.65(0.39)	18.69(0.69)	18.76(0.88)	18.79(0.98)	18.8(0.97)	18.76(0.68)	18.78(0.68)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	18.8(0.48)	18.83(0.87)	18.81(0.91)	18.82(0.78)	18.85(1.02)	18.85(0.66)	18.8(0.68)

(ns) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ6 ค่าสีเหลือง (b*) ในส่วนไส้สมุนไพรของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลีงงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	12.78f(0.67)	14.91c(0.67)	15.03d(0.68)	16.81c(0.38)	16.04c(0.61)	15.79d(0.67)	16.84c(0.99)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	15.68d(0.68)	18.89a(0.61)	18.91a(0.87)	18.21b(0.67)	17.89b(0.89)	18.01b(0.68)	18.21b(0.94)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	12.45f(0.51)	14.23e(0.59)	15.54d(0.99)	16.97c(0.27)	16.32c(0.67)	16.49c(0.92)	16.48c(0.97)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	15.65d(0.69)	18.75a(0.34)	18.83a(0.45)	18.17a(0.74)	17.67b(0.55)	17.98b(0.93)	18.04b(0.68)

(a-f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ7 ค่าความแข็ง (นิวตัน) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	18.43a(1.31)	18.39a(1.43)	17.85b(1.23)	17.23bc(1.14)	16.34c(1.28)	15.31d(1.23)	14.09e(1.31)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	18.47a(1.23)	18.33ab(1.42)	18.27ab(1.46)	17.34bc(1.13)	17.08bc(1.29)	16.23c(1.27)	15.98d(1.32)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	18.45a(1.22)	18.37a(1.51)	18.19ab(1.35)	18.03b(1.23)	17.84b(1.20)	16.56c(1.35)	15.29d(1.09)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	18.44a(1.30)	18.41a(1.37)	17.95ab(1.39)	17.92ab(1.29)	17.89b(1.34)	17.63bc(1.26)	16.48c(1.27)

(a-e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ8 ค่า a_w ในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	0.523e(0.002)	0.557cd(0.005)	0.562c(0.006)	0.591a(0.005)	0.589b(0.004)	0.601a(0.003)	0.603a(0.007)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	0.522e(0.003)	0.523e(0.007)	0.528de(0.003)	0.551c(0.003)	0.555c(0.005)	0.555c(0.004)	0.552c(0.006)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	0.524e(0.004)	0.531d(0.002)	0.548c(0.004)	0.588bc(0.004)	0.591a(0.002)	0.589b(0.005)	0.596a(0.005)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+ดูดออกซิเจน	0.524e(0.002)	0.521e(0.004)	0.525e (0.006)	0.549c(0.003)	0.544d(0.003)	0.545d(0.006)	0.541d(0.005)

(a-e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๙ ค่า a_w ในส่วนไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	0.613a(0.006)	0.611a(0.007)	0.602b(0.007)	0.601b(0.007)	0.598bc(0.008)	0.601b(0.006)	0.599b(0.007)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	0.572b(0.007)	0.570b(0.008)	0.564c(0.005)	0.568c(0.005)	0.569c(0.009)	0.563c(0.008)	0.564c(0.005)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอูมิเนียมฟอยล์	0.624a(0.006)	0.618a(0.009)	0.615a(0.006)	0.613a(0.006)	0.613a(0.005)	0.611a(0.007)	0.609a(0.004)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอูมิเนียมฟอยล์+ดูดออกซิเจน	0.574b(0.006)	0.572b(0.007)	0.571b(0.009)	0.573b(0.008)	0.569c(0.005)	0.564c(0.006)	0.566c(0.006)

(a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๑๐ ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริก (มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม) ในส่วนแป้งหุ้มไส้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	0.145k(0.021)	0.531h(0.028)	1.54e(0.019)	1.78d(0.017)	1.75d(0.029)	1.78d(0.023)	2.54a(0.038)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	0.144k(0.032)	0.159jk(0.018)	1.40f(0.021)	1.47f(0.012)	1.54e(0.025)	1.57e(0.025)	2.03c(0.013)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอูมิเนียมฟอยล์	0.146k(0.023)	0.158jk(0.017)	0.59h(0.028)	0.83g(0.019)	1.46f(0.027)	1.58e(0.029)	2.13b(0.011)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอูมิเนียมฟอยล์+ดูดออกซิเจน	0.143k(0.029)	0.154jk(0.013)	0.236j(0.026)	0.33i(0.022)	1.43f(0.018)	1.51e(0.0034)	1.79d(0.034)

(a-k) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	0	4	8	10	11	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	<25	<25	<25	6.6x10	1.02x10 ²	6.03x10 ²
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	<25	<25	<25	<25	9.3x10	1.12x10 ²
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	<25	<25	<25	9.3x10	1.28x10 ²	4.46x10 ²
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	<25	<25	<25	<25	6.61x10	1.02x10 ²

ตารางผนวกที่ จ12 ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกลี้งงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	0	4	8	10	11	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	nd	nd	< 10	< 10	< 10	< 10
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	nd	nd	< 10	< 10	< 10	< 10
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	nd	< 10	< 10	< 10	< 10	<10
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	nd	nd	< 10	< 10	< 10	< 10

เครื่องหมาย – หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ และ nd หมายถึง ไม่สามารถตรวจพบ

ตารางผนวกที่ จ13 ค่าความเข้มข้นสีเหลืองในส่วนแป้งหุ้มไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) ^{ns}					
	0	2	4	6	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	9.31(0.55)	9.32(0.44)	9.42(0.41)	9.42(0.32)	9.50(0.28)	
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	9.32(0.41)	9.31(0.62)	9.34(0.31)	9.41(0.41)	9.48(0.29)	9.49(0.41)
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	9.32(0.42)	9.31(0.32)	9.34(0.41)	9.33(0.52)	9.32(0.35)	9.38(0.38)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	9.31(0.63)	9.31(0.52)	9.31(0.32)	9.31(0.33)	9.31(0.47)	9.39(0.39)

(ns) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ14 ค่าความเข้มข้นสีน้ำตาลในส่วนไส้ของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกไส้สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)					
	0	2	4	6	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	8.12d(0.23)	8.22d(0.32)	8.71c(0.33)	9.02b(0.45)		
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	8.23d(0.31)	8.21d(0.42)	8.70c(0.35)	9.32a(0.42)	9.52a(0.32)	
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	8.11d(0.32)	8.26d(0.58)	8.30d(0.38)	8.92c(0.44)	8.81bc(0.31)	8.78c(0.46)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	8.24d(0.54)	8.22d(0.34)	9.11b(0.28)	9.21b(0.39)	9.50a(0.29)	9.46a(0.51)

(a-d) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ15 ค่าความเข้มข้นความนุ่มของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	4.02f(0.34)	7.02c(0.54)	7.94bc(0.32)	8.92a(0.49)	9.11a(0.29)		
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	4.05f(0.27)	5.04e(0.51)	6.02cd(0.45)	6.01cd(0.50)	6.84c(0.46)	6.95c(0.31)	
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	4.06f(0.45)	5.33e(0.31)	6.13cd(0.44)	6.72c(0.29)	7.92bc(0.56)	8.41b(0.39)	8.72ab(0.48)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	4.01f(0.51)	4.82ef(0.29)	5.14e(0.36)	6.52c(0.35)	6.74c(0.29)	6.83c(0.46)	7.08c(0.43)

(a-f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ16 ค่าความเข้มข้นความเหนียวใสของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	5.02g(0.46)	7.92d(0.45)	8.45cd(0.51)	8.95c(0.27)	9.45b(0.34)		
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	6.12f(0.32)	6.73e(0.39)	6.82e(0.34)	6.51ef(0.31)	6.72e(0.37)	6.90e(0.46)	
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์	5.09g(0.47)	8.09d(0.38)	8.85c(0.45)	8.92c(0.35)	9.63b(0.28)	9.82a(0.21)	10.14a(0.34)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในอลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	6.03f(0.82)	6.11f(0.29)	6.92e(0.29)	6.74e(0.22)	6.51f(0.46)	6.85e(0.45)	6.92e(0.35)

(a-g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ17 ค่าความเข้มข้นความชื้นของอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน 9	0.00e(0.00)	0.32de(0.34)	0.62d(0.03)	1.78b(0.13)	2.32a(0.27)		
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	0.00e(0.00)	0.00e(0.00)	0.00e(0.02)	0.13e(0.05)	0.64d(0.19)	0.97c(0.16)	
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	0.00e(0.00)	0.00e(0.00)	0.13e(0.18)	0.15e(0.08)	0.35de(0.16)	0.89c(0.13)	1.05c(0.21)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	0.00e(0.00)	0.00e(0.00)	0.00e(0.00)	0.00e(0.00)	0.11e(0.15)	0.49d(0.15)	0.51d(0.11)

(a-e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ18 คะแนนการยอมรับอาหารว่างจากแป้งข้าวกล้องงอกใส่สมุนไพรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	2	4	6	8	10	12
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน	8.51a(0.71)	8.13ab(0.94)	7.62c(0.93)	6.48e(1.01)	5.32f(1.27)		
ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงพอลิเอทิลีน+สารดูดออกซิเจน	7.99.ab(0.53)	8.12ab(0.89)	7.95b(0.92)	7.13d(1.05)	5.94e(1.19)	3.51g(0.96)	
ไม่ใส่กลีเซอรอลบรรจุถุงออลูมิเนียมฟอยล์	8.12ab(0.47)	8.57a(0.680)	8.32a(0.98)	7.15d(1.08)	7.35cd(1.16)	6.89d(0.93)	5.51f(0.91)
ใส่กลีเซอรอลบรรจุในออลูมิเนียมฟอยล์+สารดูดออกซิเจน	8.59a(0.54)	8.37a(0.90)	8.11ab(0.90)	7.95b(1.00)	8.19a(1.15)	7.49cd(0.95)	6.01e(0.61)

(a-g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และตัวเลขในวงเล็บคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวรสพร เจียมจริยธรรม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 สิงหาคม 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (พ.ศ. 2548)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยสอน จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2549