



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับการผลิตกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

Development of the Processes for Nutrition Addition for Making Sheet Dried Banana

นามผู้วิจัย นางสาวศุภนิยา สุทธิพงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับการผลิต
กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

Development of the Processes for Nutrition Addition for Making Sheet Dried Banana

โดย

นางสาวศุภนิษา สุทธิพงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภนิษา สุทธิพงษ์ 2553: การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
สำหรับการผลิตกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์, Ph.D. 206 หน้า

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยแผ่นร่วมกับการ
สอบถามความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจากผู้บริโภคและค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม จาก
การศึกษาพบว่า สภาพการอบกล้วยแผ่นที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 11
ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนเป็น 55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลใน
กล้วยแผ่นด้วยชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีและวิธีทางกายภาพคือเวลาที่ใช้ในการลวกกล้วย
จากการศึกษาพบว่า การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ใน
การแช่กล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้งสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นมากที่สุด ทำ
การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นผลิตกล้วยแผ่นเป็น 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบ
เสริมเมล็ดธัญพืช และกล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง จากการศึกษ
พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมเมล็ดธัญพืชที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ควรเป็น
ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนปริมาณเมล็ดธัญพืชรวมเป็น เมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ด
ฟักทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาคั่วและงาขาว 30 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ด
ธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นเป็น 0.1:1 สูตรของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสมคือสูตรที่มี
ปริมาณของส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย รวมร้อยละ
31.46 โดยมีร้อยละระหว่างส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาล
ทราย เป็น 72, 5 และ 23 ตามลำดับ มีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 18.75 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลี
ต่อแป้งกล้วย 2:1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาคั่วร้อยละ 1.67 และน้ำร้อยละ 18.39
คงที่ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและ
กล้วยแผ่นกรอบพบว่าได้คะแนนด้านความชอบรวม 7.41 และ 8.03 ตามลำดับ ทำการศึกษาสภาวะ
การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์แบบ
สุญญากาศและแบบธรรมดาทั้งในซองพลาสติกโพลีโพรพิลีน และซองลามิเนท พบว่า ผลิตภัณฑ์
กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบสามารถเก็บได้นานที่สุดในซองลามิเนทแบบบรรจุ
สุญญากาศที่ระยะเวลา 9 สัปดาห์ และ มากกว่า 12 สัปดาห์ตามลำดับ

Supanisa Suttipong 2010: Development of the Processes for Nutrition Addition for Making Sheet Dried Banana. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Siwalak Pathaverat, Ph.D. 206 pages.

This research was studied on the effect of temperature and time on the level of consumer acceptance of dried banana and using a hedonic scale for the tested texture and total color different. The results showed that the suitable conditions for making sheets dried banana was at 65 °C for 11 hours and then a changed of temperature to 55 °C for 3 hours. Studies of the brown color development of sheet banana by the 4 kinds of chemicals and the different durations for scalded banana, found $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution at 1000 ppm was suitable for dipped banana before drying. 2 kind of sheet banana were developed: sheet dried banana with cereal and crispy sheet banana with added protein isolated from soybean. The results showed that the sheet dried banana product with cereal which receive maximum consumer acceptance had a quantity of cereal in the ratio of quantity of all cereal between dried sunflower seed 40%, dried pumpkin seed 30% and black and white sesame seed 30% and had the ratio by weight of all cereal seed and sheet banana of 0.1:1. For crispy sheet banana had the suitable condition in formula which had the quantity of ingredient of banana, protein isolate from soybean and sugar 31.46%. Percentage between banana, protein isolate from soybean and sugar were 72, 5 and 23%. And had stable of starch 18.75% which had the ratio between wheat flour and banana starch 2:1, coconut milk 25.46%, NaCl 0.52% and black sesame 1.67% and water 18.39%. The resulted of consumer acceptance with sheet dried banana and crispy sheet banana were got all liking 7.41 and 8.03 respectively. Studies on preserving condition of sheet dried banana and crispy sheet banana by packed product in polyethylene plastic and laminate bag which both bag were packed in vacuum and normal condition. The results showed that sheet dried banana and crispy sheet banana had maximum preserving times in laminate bag at 9 and more than 12 week respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือในการวางแผน ให้ความรู้ ตลอดจนการ
ตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่
สละเวลาในการร่วมสอบประมวลความรู้ครั้งสุดท้ายและกรุณาให้คำแนะนำต่างๆ ในการแก้ไข
รูปเล่ม

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ประภาศรี สิงห์รัตน์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรม
อาหาร ที่ให้ความกรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี และเครื่องบดอาหาร Hammer
mill ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. รังสิณี โสธรวิทย์ ที่ให้คำแนะนำด้านการ
ตรวจสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัส ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชงชัย
สุวรรณสิขณณ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการทดลองแบบ mixture design และขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่
ควบคุมเครื่องที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือพร้อมทั้งช่วยอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่
และอุปกรณ์ต่างๆ

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่น้องทุกท่านที่ได้ให้ความ
อุปการะ เป็นกำลังใจ และให้โอกาสช่วยเหลือสนับสนุนข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา และประโยชน์อัน
เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่บุญการีและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอน
ให้ความรู้จนถึงปัจจุบัน

ศุภนิษา สุทธิพงษ์
มีนาคม 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	45
ผลและวิจารณ์	59
สรุป	139
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	141
ภาคผนวก	153
ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	154
ภาคผนวก ข แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภค	160
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) สำหรับการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	167
ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) สำหรับการศึกษาสถานะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ	172
ภาคผนวก จ การศึกษาสถานะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ	178
ภาคผนวก ฉ การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ	197
ภาคผนวก ช กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วย	204

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนที่เป็นเนื้อ) ของกล้วยสุกในระยะต่างๆ	6
2	ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าอาหารของผลกล้วยน้ำว้าสด 100 กรัม	7
3	การวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยที่ได้จากเตาอบและแสงอาทิตย์	8
4	อุณหภูมิการเกิดเจลลาทีโนเซชันของแป้งชนิดต่าง ๆ	11
5	ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง	12
6	คุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน	15
7	เกณฑ์การกำหนดทางจุลินทรีย์	29
8	อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสำหรับฟิล์มหลายชั้น ที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง	32
9	ความหนา และองค์ประกอบของผลไม้แผ่นที่ผลิตจากผลไม้ชนิดต่างๆ	35
10	อัตราส่วนของปริมาณเมล็ดทานตะวันอบ เมล็ดฟักทอง และ เมล็ดงาดำและงาขาว	50
11	ร้อยละของชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในการพัฒนากล้วยแผ่นกรอบ	52
12	สูตรที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	54
13	คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ที่ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นต่างๆ กัน	63
14	สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส	65
15	สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส	65
16	สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส	65
17	ค่า $L^* a^* b^*$, ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบแห้ง แบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส	66
18	ค่า $L^* a^* b^*$, ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบแห้ง แบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ค่า $L a^*$, $L^* a^*$, b^* , ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นที่ได้จากการอบแห้งแบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส	68
20	ระดับการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่ผ่านการลวกเป็นเวลาต่างกัน 4 ระดับ	73
21	การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่ผ่านการลวกเป็นเวลาต่างกัน 4 ระดับ	79
22	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จากการเสริมเมล็ดธัญพืชรวมในกล้วยแผ่น	81
23	สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมธัญพืช	84
24	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จากการเสริมเมล็ดธัญพืชรวมในกล้วยแผ่นโดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นในอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ	92
25	ค่าอเวอเจอร์แอคติวิตี เนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่างาน	96
26	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบจากการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสม	97
27	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบจากการพัฒนาสูตรวิธี 9-point hedonic scale	101
28	คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis)	102
29	สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน	104
30	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	110
31	สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน	111
32	จำนวนคำร้อยละของผู้บริโภค	116
33	คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้ง	121
34	คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
35 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริม ธัญพืชรวม	122
36 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน ไอโซเลตจากถั่วเหลือง	123
37 ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของผลิตภัณฑ์กล้วย อบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	129
38 ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของผลิตภัณฑ์กล้วย อบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	136
ตารางผนวกที่	
จ1 ค่า L^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	179
จ2 ค่า a^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	180
จ3 ค่า b^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	181
จ4 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	182
จ5 ค่า TBA เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	183
จ6 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา	184

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
จ7 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ	185
จ8 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา	186
จ9 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ	187
จ10 ค่า L* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	188
จ11 ค่า a* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	189
จ12 ค่า b* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	190
จ13 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	191
จ14 ค่า TBA เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	192
จ15 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษา ในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา	193
จ16 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษา ในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ	194
จ17 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษา ในถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา	195
จ18 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษา ในถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ	196

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ก) อะมิโลส ข) อะมิโลเพคติน	9
2	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งเมื่อให้ความร้อน	10
3	ระยะการเกิดเจลลาทีนในเซชันของเม็ดแป้ง	11
4	ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	19
5	เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	25
6	แสดงเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	27
7	Trilinear coordinate system ที่ใช้ในแผนการทดลองแบบ Mixture design	41
8	ตำแหน่งของสิ่งทดลองวิธี Mixture Design ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมธัญพืช	50
9	ตำแหน่งของสิ่งทดลองวิธี Mixture Design ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง	54
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียสของกล้วยแผ่นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้ง	59
11	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิอบแห้งต่างๆ	61
12	ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	85
13	Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	85
14	ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	86
15	Contour plot ของลักษณะปรากฏที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	86
16	ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	87
17	Contour plot ของสีที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
18 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น เสริมธัญพืช	88
19 Contour plot ของรสชาติที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	88
20 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น เสริมธัญพืช	89
21 Contour plot ของขนาดที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	89
22 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น เสริมธัญพืช	90
23 Contour plot ของความเหนียวที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช	90
24 ตำแหน่งของสูตรผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืชที่เหมาะสม	91
25 ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชรวม	93
26 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	105
27 Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นกรอบ	105
28 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	106
29 Contour plot ของรสชาติที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นกรอบ	106
30 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	107
31 Contour plot ของความกรอบที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์ กล้วยแผ่นกรอบ	107
32 ตำแหน่งของสูตรกล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสม	108
33 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	112
34 Contour plot ของค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	112

สารบัญภาพ (ต่อ)

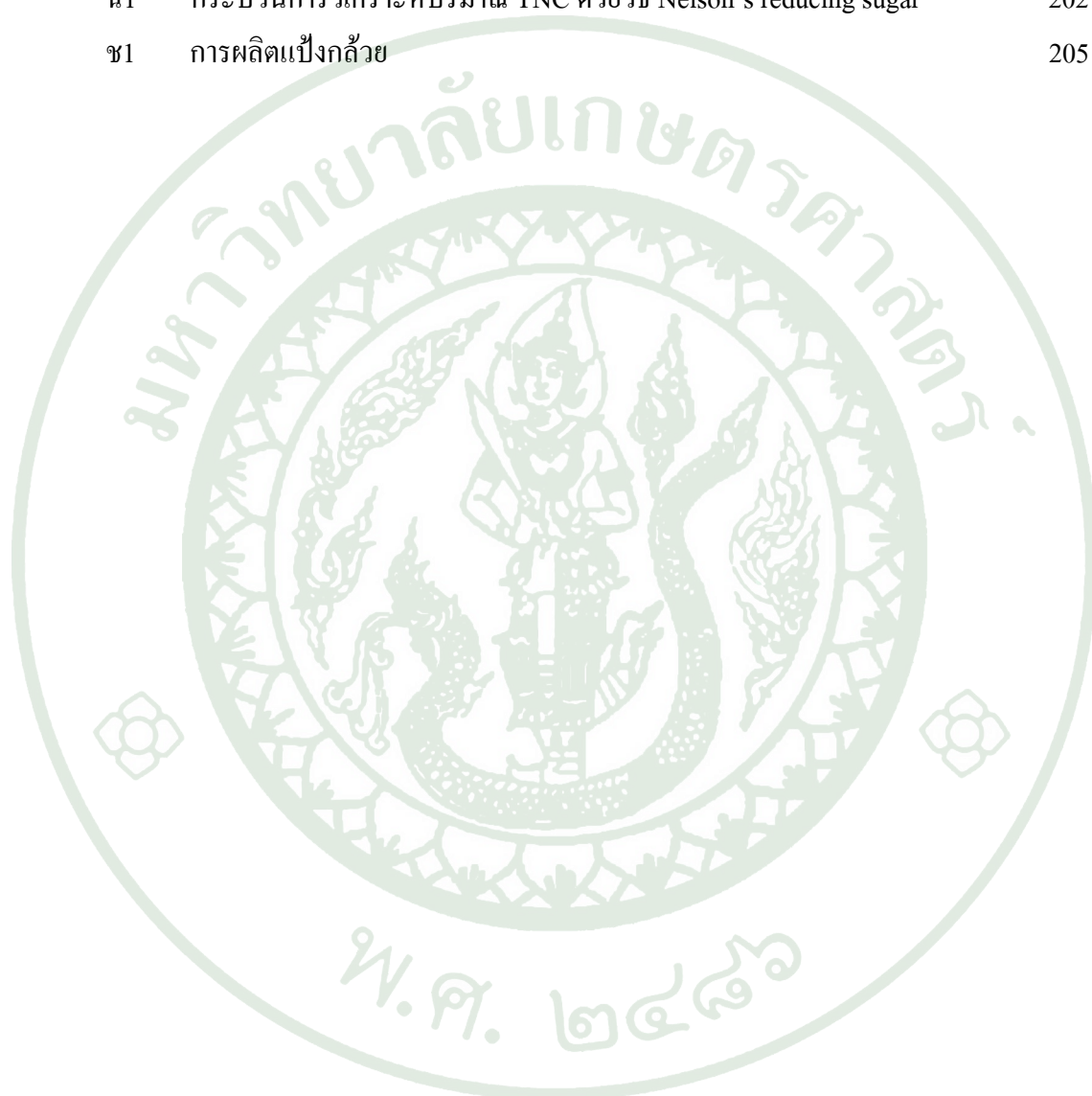
ภาพที่		หน้า
35	ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	113
36	Contour plot ของค่าแรงกดที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	113
37	ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	114
38	Contour plot ของค่างานที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ	114
39	ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง	115
40	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	124
41	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	125
42	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	126
43	การเปลี่ยนแปลงค่าอัตรการดูดซับของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	127
44	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	128
45	การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	131
46	การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	132
47	การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	133
48	การเปลี่ยนแปลงค่าอัตรการดูดซับของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	134
49	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	135

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

ฉ1	กระบวนการวิเคราะห์ปริมาณ TNC ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar	202
ช1	การผลิตแป้งกล้วย	205



การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับการผลิต
กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

Development of the Processes for Nutrition Addition for Making
Sheet Dried Banana

คำนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในประเทศไทยปลูกกล้วยน้ำว้าเป็น
การค้าทั่วไปในภาคกลาง ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลกเรียกว่าพันธุ์มะลิอ่อน เนื้อกล้วย
น้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารสูงพอๆ กับมันฝรั่ง แต่มีไขมัน คอเลสเตอรอลและเกลือแร่ต่ำ ด้วยเหตุนี้
กล้วยน้ำว้าจึงเป็นที่นิยมนำมาทำการผลิตเพื่อรับประทานภายในประเทศในรูปแบบผลสด หรือ
นำมาประกอบอาหารหวาน (เบญจมาศ, 2545) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551) ได้รายงาน
ปริมาณและมูลค่าของกล้วยสดส่งออก พ.ศ. 2549 ปริมาณ 19,576 ตัน มูลค่า 193,225 ล้านบาท
และ พ.ศ. 2550 ปริมาณ 20,110 ตัน มูลค่า 170,620 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีปริมาณ
การส่งออกกล้วยสดเพิ่มขึ้นแต่มีมูลค่าของกล้วยสดลดลง เบญจมาศ (2545) ในการส่งออกกล้วยไป
ยังต่างประเทศจะต้องมีการคัดเลือกผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ผลผลิตที่ไม่ได้
มาตรฐานหรือมีตำหนิก็จะถูกคัดทิ้ง ผลผลิตที่ถูกคัดทิ้งนี้ บางครั้งคุณภาพของเนื้อก็ยังดีอยู่เพียงแต่
ผิวไม่สวย รูปร่างไม่สวย หรือขนาดเล็กไป ดังนั้นปริมาณกล้วยที่บริโภคในประเทศและผลผลิต
กล้วยไม่ได้มาตรฐานจึงมีปริมาณมาก ทำให้เกิดภาวะกล้วยน้ำว้าล้นตลาด และมีผลทำให้ราคากล้วย
น้ำว้าที่บริโภคสดต่ำลงตามมาด้วย

ด้วยเหตุนี้ รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของกล้วย เพราะเป็นพืชเศรษฐกิจ ที่ตลาด
ต่างประเทศต้องการมาก จึงได้บรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ที่จะ
เร่งรัดในการค้นคว้า วิจัย และส่งเสริมให้เกษตรกรขยายการปลูกเพื่อส่งผลผลิตไปจำหน่ายในตลาด
ต่างประเทศให้มากขึ้น แต่ในการปลูกกล้วยเพื่อการส่งออกจะต้องเน้นการผลิตที่มีคุณภาพสูงและ
ในปริมาณที่มากพอ สำหรับประเทศไทยเราอาจจะต้องใช้เวลาอีกบ้าง เพื่อพัฒนาการปฏิบัติการทั้ง
ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวให้ทันกับต่างประเทศ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงจัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหากล้วยน้ำว้าล้นตลาดและราคาตกต่ำ โดยผู้วิจัยได้ เห็นถึงความสำคัญในส่งเสริมการแปรรูปกล้วยออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อการส่งออกและเพิ่ม ศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ในปัจจุบันทั่วทั้งประเทศต่างก็มีการแปรรูปผลผลิตกล้วย ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์มากมาย เช่น กล้วยอบ กล้วยตาก กล้วยฉาบ กล้วยทับ ฯลฯ ซึ่งเกษตรกรยัง ขาดความรู้และความเข้าใจทางเทคโนโลยีที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตในปัจจุบัน การ ส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปออกมามี มาตรฐานและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้ง ในเทศและต่างประเทศ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นเพื่อ นำมาผสมธัญพืชเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น มีโปรตีน และวิตามินเพิ่มขึ้น และพัฒนาเป็น กล้วยแผ่นกรอบเสริมโปรตีน เพื่อใช้บริโภคเป็นอาหารว่าง หรืออาหารเร่งด่วนมือเช้า

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเทคโนโลยีในการผลิตกล้วยน้ำว้าแปรรูปแบบแผ่น
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนา
4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะและบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ



ตรวจเอกสาร

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกล้วยน้ำว้าแปรรูป

1.1 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า [Musa (ABB group) 'Kluai Namwa'] ชื่ออื่นๆ กล้วยใต้ (เชียงใหม่, เชียงราย); กล้วยตานีอ่อน (อุบลราชธานี); กล้วยมะลิอ่อน (จันทบุรี), กล้วยอ่อน (ชัยภูมิ) ชื่อสามัญ Pisang Awak มีลักษณะผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพู หรือขาว (เบญจมาศ, 2545) กล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 5 สายพันธุ์ ได้แก่ น้ำว้าแดง น้ำว้าค่อม น้ำว้าเหลือง น้ำว้าขาว และน้ำว้านวล น้ำว้าเหลืองเมื่อสุกไส้จะมีสีเหลือง มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 26.4 (เบญจมาศ และฉลอง, 2527)

กล้วยจัดเป็น climacteric fruit โดยเมื่อเก็บเกี่ยวที่แก่จัดซึ่งเปลือกยังคงเป็นสีเขียวอยู่ แล้วนำมาบ่มกล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระยะที่กล้วยกำลังสุก ได้แก่ อัตราการหายใจสูง การเปลี่ยนแปลงเปลือก การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และการมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น เป็นต้น (Palmer, 1971) การเก็บเกี่ยวกล้วยน้ำว้า นิยมกระทำเมื่อผลแก่จัดเต็มที่สังเกตจากเหลี่ยมกล้วยจะหายไป ผลอวบกลมมากขึ้น(สายชล, 2528) กล้วยจะสุกเร็วและมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลมากหรือรสหวานมากกว่ากล้วยที่ตัดเมื่อยังเจริญไม่เต็มที่ (บรรเจิด และคณะ, ม.ป.ป.)

1.1.1 การเพาะปลูก

กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วไปในประเทศไทยเพราะเป็นผลไม้ที่รับประทานกันเป็นประจำ มีประโยชน์และราคาถูก ในปี 2544 มีพื้นที่เพาะปลูกกล้วยน้ำว้าในประเทศ 800,154 ไร่ ให้ผลผลิตถึง 1,607,774.7 ตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) แต่มีการส่งออกน้อย (น้อยกว่า 332 ตัน) ในขณะที่กล้วยไข่และกล้วยหอมทองมีปริมาณการส่งออกถึง 5,802 และ 1,410 ตัน ตามลำดับ (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2547) แสดงว่ากล้วยน้ำว้ามีการบริโภคภายในประเทศปริมาณมาก จึงเป็นการดีหากมีการนำกล้วยน้ำว้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

1.1.2 การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก

การสุกหมายถึง ระยะของการพัฒนาทางชีวเคมีของผลไม้ขณะที่มีอัตราการหายใจสูง(Climacteric) คลอโรฟิลล์จะพบที่เปลือกของกล้วยที่ยังไม่สุก ระหว่างการสุกคลอโรฟิลล์มีปริมาณลดลงเป็นสีเหลืองแคโรทีนอยด์ และแซนโทฟิลล์ (Mitra, 1997) เมื่อสีเหลืองของเปลือกเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสุก (Ding *et al.*, 2007)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยเป็นเครื่องชี้บ่งถึงระดับความสุกของกล้วย เปลือกกล้วยจะเริ่มมีสีเหลืองหลังจากถึงจุดที่มีการหายใจสูงสุด การที่กล้วยมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกพร้อมทั้งเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีเปลี่ยนน้ำตาลเป็นน้ำตาล จึงได้แบ่งความสุกของกล้วยตามสีเปลือกเป็น 8 ขั้น เรียกว่าดัชนีสีน้ำตาลของเปลือก (Peel Color index (PCI)) (เบญจมาศ, 2545)

Von Loesecke ได้แบ่งสเกลความสุกของกล้วยออกเป็นระยะที่ 1-8 โดยระยะที่ 1 เปลือกมีสีเขียวเข้ม ระยะที่ 2 เปลือกมีสีเขียว ระยะที่ 3 เปลือกมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง ระยะที่ 4 เปลือกมีสีเหลืองมากกว่าเขียว ระยะที่ 5 ตรงปลายเป็นสีเขียว ระยะที่ 6 มีสีเหลืองทั้งผล ระยะที่ 7 มีจุดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือก และระยะที่ 8 ผิวเปลือกมีสีน้ำตาลหรือสุกเต็มที่ (Mitra, 1997)

1.1.3 องค์ประกอบทางเคมี

ก. กลิ่น (aroma) สารระเหยในกล้วยมีต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความสุก ซึ่งมีอยู่ประมาณ 250 ชนิด โดยมีองค์ประกอบหลัก 4 ชนิดคือ เอสเทอร์ (ester) แอลกอฮอล์ (alcohols) กรด (acids) และคาร์บอนิล (carbonyls) เอสเทอร์ มีมากกว่า 100 ชนิด เป็นสารระเหยที่มีมากกว่าชนิดอื่นในสารจำพวกเอสเทอร์นั้น อะซิเตต (acetate) คือตัวที่มีความสำคัญได้แก่เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) 200 ppm 2 เพนทิล อะซิเตต (2 pentyl acetate) 10 ppm, บิวทิลอะซิเตต (butyl acetate) 4 ppm, แอลกอฮอล์ (alcohol) เป็นสารให้กลิ่นที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองในกล้วย ตัวที่พบมากคือ ไอโซเพนทานอล (isopentanol) 1-2 ppm 2 เพนทานอล (2-pentanol) 15 ppm ไอโซบิวทิล (isobutyl) 8 ppm และเฮกซะนอล (hexanol) 2 ppm กล้วยอุดมไปด้วยสารระเหยอินทรีย์ ประกอบด้วยกรดประมาณ 35 ชนิด สารในกลุ่มนี้คือ แอลดีไฮด์ (aldehyde) และคีโตน(ketone) มีประมาณ 30 ชนิด สารในกลุ่มแอลดีไฮด์ (aldehyde) ที่มีความเข้มข้นสูงได้แก่ 2 อี- เฮกซะนอล (2 E-hexanal) 18 ppm และ 32 ppm เฮกซะนอล (hexanal) 5 ppm และ 22 ppm (Hultin, 1961)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกลั่นกล้วยระหว่างการสุกคือ มีส่วนประกอบของเมทิล แอลกอฮอล์ (methyl alcohol) ในช่วงที่มีสีเขียวผสมเหลือง มีการเพิ่มขึ้นมากของเอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ในช่วงที่สุกมาก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนที่เป็นเนื้อ) ของกล้วยสุกในระยะต่างๆ

องค์ประกอบ	เขียว	ครึ่งเขียว-เหลือง	สุก	สุกมาก
อะซิติกแอซิด	0.26	0.56	0.48	1.57
เมทิลแอลกอฮอล์	2.2	18.5	1.5	5.6
เอทิลแอลกอฮอล์	1.1	0.4	0.5	22.6
ไอโซมิลแอลกอฮอล์	0.3	0.4	0.1	5.6
เมทิลอะซิเตต	4.5	9.5	1.3	5.0
เอทิลอะซิเตต	22.4	9.5	0	16.9
ไอโซมิลอะซิเตต	0.02	0.1	0.02	1.2
2-เฮกซะนอล	2.2	4.6	7.6	1.9
2-เพนทานอล	2.2	1.4	2.7	1.1
2-ออกตะนอล	0.3	0.2	0.8	0.8

ที่มา: Hultin (1961)

ข. กรด (Acids) กรดมาลิก กรดซิตริก และ กรดออกซาลิก เป็นกรดที่พบมากในกล้วยสุก ซึ่งกรดมาลิกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบมากในกล้วย

ค. ฟีนอลิก (Phenolics) เป็นสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาลในกล้วย พบมากในส่วนของเนื้อกล้วยที่ยังไม่สุกประมาณ 50 มิลลิกรัม และลดลงครึ่งหนึ่งเมื่อสุก เปลือกของกล้วยที่มีสีเขียวพบประมาณ 700 มิลลิกรัม เมื่อสุกจะลดลงหนึ่งส่วนสาม (Mitra, 1997)

1.1.4 คุณค่าทางอาหาร

เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารเช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และอุดมด้วยวิตามินเอและวิตามินซี รวมทั้งมีปริมาณแคลเซียมสูง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าอาหารของผลกล้วยน้ำว้าสด 100 กรัม

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก
ความชื้น (ก.)	69	71.6
ไขมัน(ก.)	0.2	0.3
โปรตีน(ก.)	1.4	1.2
คาร์โบไฮเดรต(ก.)	28.7	26.1
แคลเซียม(มก.)	8	12
ฟอสฟอรัส(มก.)	35	32
เหล็ก(มก.)	0.9	0.8
วิตามินเอ(IU)	483	375
วิตามินบี 1 (มก.)	0.04	0.03
วิตามินบี 2 (มก.)	0.02	0.04
ไนอาซีน(มก.)	0.6	0.6
วิตามินซี(มก.)	31	14

ที่มา: เบญจมาศ (2545)

1.2 แป้งกล้วย

แป้งกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยดิบซึ่งแก่เต็มที่มาแปรรูปเป็นแป้ง ก่อนนำไปประกอบอาหารเพื่อการบริโภค แป้งกล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ตารางที่ 2) มีกลิ่นเฉพาะตัวเนื้อสัมผัสละเอียดนุ่ม รสหวานเล็กน้อย มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เช่นรวมตัวกับน้ำได้ดี เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้นเนื่องจากมีอะมิโลสสูง แต่ปัญหาในการผลิตแป้งกล้วยคือ สีแป้งไม่ขาวเหมือนแป้งธัญพืชทั่วไป เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ อาจแก้ไขได้โดยใช้สารเคมีฟอกสี (วลัย และคณะ, 2543)

แป้งกล้วยมีการขายในตลาดท้องถิ่น ใช้เป็นอาหารเด็กทารกและคนชรา แป้งกล้วยที่ได้นำมาผสมทำอาหาร อาจนำไปผสมกับแป้งสาลีเพื่อทำขนมเค้กหรือขนมปัง แต่เราไม่สามารถใช้แป้งกล้วยอย่างเดียวได้เพราะแป้งกล้วยไม่มีกลูเตน ซึ่งจะทำให้แป้งนั้นเหนียว หรือมีความยืดหยุ่นได้ นอกจากนี้ยังมาทำเป็นขนมไทย ๆ ได้เช่น ขนมกล้วย ขนมบัวลอย ขนมต้ม เป็นต้น หรือใช้ในการปรุงอาหารได้ โดยทำ ขนมกล้วย ขนมเค้ก ลูกกี๋ ขนมบัวลอย เป็นต้น การทำแป้งกล้วย ทำได้โดยนำผลกล้วยดิบมาตากแดดจนกว่าจะแห้ง หรืออาจจะใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ หรือเตาอบธรรมดาก็ได้แต่การอบด้วยเตาอบจะทำให้ได้แป้งที่สะอาด หลังจากตากจนแห้งสนิทแล้วนำมาบดให้ละเอียด (เบญจมาศ, 2545)

จากการวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยเป็นร้อยละที่ตากด้วยแสงอาทิตย์และอบจากเตาอบ มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

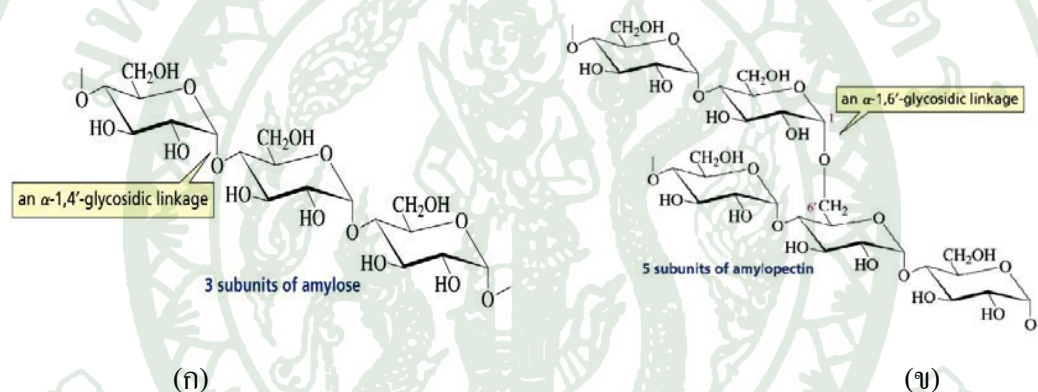
ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยที่ได้จากเตาอบและแสงอาทิตย์

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	เตาอบ	แสงแดด
ความชื้น	9.19	10.80
Reducing sugar	1.03	3.09
Non reducing sugar	3.72	4.82
แป้ง	65.98	60.64
Crude fiber	0.93	1.15
โปรตีน	3.26	3.68

ที่มา: อารี (2534)

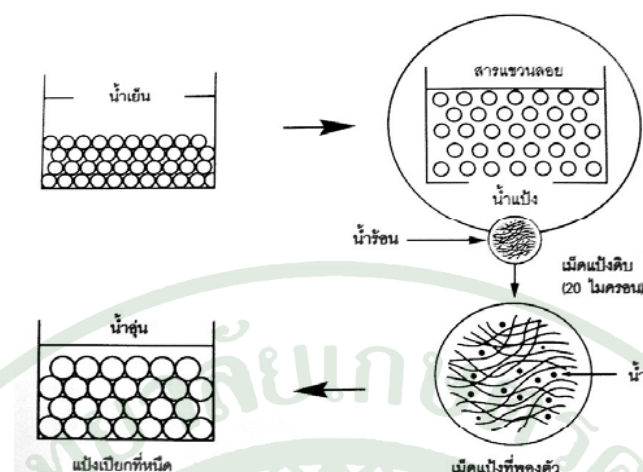
แป้งเป็นโพลีแซคคาไรด์ประกอบด้วยอะมิโลส (ภาพที่ 1ก.) เป็นโมเลกุลที่เป็นเส้นตรงสามารถเกิดการคั่นตัวได้ง่าย และอะมิโลเพคติน (ภาพที่ 1ข.) เป็นโมเลกุลที่เป็นกิ่งก้านเกิดการคั่นตัวอย่างช้า ๆ โครงสร้างของอะมิโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีอยู่หลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix), เกลียวที่คั่นตัว (interrupted helix) หรือ ม้วนอย่างไม่เจาะจง (random coil) เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิด

สมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้นร้อยละ 10 ถึง 17 น้ำที่อยู่ในเมล็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้นร้อยละ 8 ถึง 10 สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากการจับของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง จะได้สตราซโมโนไฮเดรต แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลลิตไนเซชัน เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตไนเซชัน พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว (ภาพที่ 2) ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลลิตไนเซชัน (gelatinization) (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)



ภาพที่ 1 ก) อะมิโลส ข) อะมิโลเพกติน

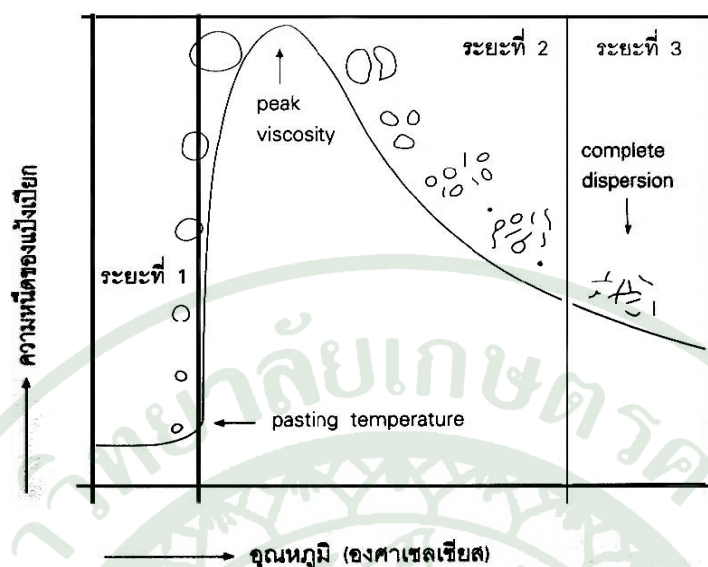
ที่มา: Bruice (2004)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งเมื่อให้ความร้อน

ที่มา: กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2546)

การเกิดเจลในเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ (ภาพที่ 3) คือระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ (micelles) ยึดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้น เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ (birefringence) เมื่อใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้งจนถึงอุณหภูมิในการเกิดเจลในเซชัน ซึ่งแป้งแต่ละชนิดมีอุณหภูมิในการเกิดเจลในเซชันแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง (ตารางที่ 4) ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะเริ่มพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นแป้งที่ละลายน้ำได้จะเริ่มละลายออกมาและมีความหนืดลดลง เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลซานขนาดเล็กจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546)



ภาพที่ 3 ระยะการเกิดเจลลาทีในเซชันของเม็ดแป้ง

ที่มา: Sanders (1996)

ตารางที่ 4 อุณหภูมิการเกิดเจลลาทีในเซชันของแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิการเกิดเจลลาทีในเซชัน(°C)
กล่ำว	72*
ข้าวโพด	80
ข้าวโพดข้าวเหนียว	74
มันฝรั่ง	64
ข้าวสาลี	63
ข้าวเจ้า	81

ที่มา: วรนุช (2535), *นุจรินทร์ และอภิญญา (2539)

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นในโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

กรดอะมิโนที่จำเป็น	ปริมาณ (มิลลิกรัม / กรัมโปรตีน)
ฮิสทีดิน	28
ไอโซลิวซีน	49
ลูซีน	82
ไลซีน	64
ซิสทีน + เมไทโอนีน	26
เฟนิลอะลานีน + ไทโรซีน	92
ทรีโอนีน	38
ทรีฟโทเฟน	14
วาเลีน	50

ที่มา: Hettiarachchy and Kalapathy (1997)

1.1 โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง เป็นโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญ ผลิตจากถั่วเหลืองที่สกัดไขมัน สกัดโปรตีนด้วยน้ำหรือสารละลายเบสอ่อน (pH 7-10) แล้วนำไปหมუნเหวี่ยงแยกส่วนที่ไม่ละลาย ตกตะกอนด้วยการปรับ pH ไปที่จุดไอโซอิเล็กทริก (pH 4.5) แยกตะกอนโปรตีน ล้าง แล้วปรับให้มี pH ประมาณ 6.8 ทำให้แห้งด้วยการพ่นฝอย โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง ประกอบด้วย โปรตีน (N x 6.25) ร้อยละ 90 – 92 ไขมันร้อยละ 0.5 – 1.0 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.1 - 0.2 เถ้าร้อยละ 4.0 – 5.0 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3 – 4 (คิดจากน้ำหนักแห้ง) โปรตีนที่ได้จากโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณมาก เช่น ไลซีน ยกเว้นกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ ซิสทีน และเมไทโอนีน ที่มีอยู่น้อย (Hettiarachchy and Kalapathy, 1997) (ดังตารางที่ 5)

นอกจากนั้นโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง ยังมีค่าการย่อยได้ของโปรตีน (protein digestibility) สูงถึงร้อยละ 93 – 97 ดังนั้นโปรตีนจากถั่วเหลืองจึงเหมาะที่จะเป็นส่วนผสมในอาหารจากธัญชาติ เพื่อเสริมให้ได้โปรตีนที่มีคุณภาพดี และยังสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์อาหารเข้า รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว (Hettiarachchy and Kalapathy, 1997)

1.2 ธัญพืช

Nakai (1996) ธัญพืชเป็นพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีพวกแป้งในปริมาณที่สูง คุณค่าทางอาหารโดยทั่วไปพบว่าโปรตีนในเมล็ดธัญพืชจากการแบ่งตามหลักสัณฐานวิทยา พบว่ามาจาก 3 ส่วนหลักคือ (1) ส่วนที่เป็นเนื้อเมล็ด (Endosperm) (2) ส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มผิวภายนอก (Aleurone layer) และ (3) ส่วนที่เป็นคัพพะ (Embryo หรือ Germ) นอกจากนี้ยังมีการแบ่งในแบบอื่นๆ เช่น การแบ่งตามหน้าที่ทางชีวภาพ การแบ่งตามลักษณะตามการละลาย และการแบ่งโดยอาศัยองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น ทั้งนี้พบโปรตีนมากที่สุดบริเวณคัพพะคือประมาณร้อยละ 30 ส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มประมาณร้อยละ 20 โดยเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในอัตราที่ค่อนข้างสูงและส่วนที่เป็นเนื้อเมล็ดมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด

นิรนาม (2550) จากผลการศึกษาของคณะวิจัยจาก Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School ยืนยันว่า การรับประทานเมล็ดธัญพืชแบบทั้งเมล็ดจะช่วยลดอัตราการตายจากโรคหัวใจได้ ผลงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง การรับประทานอาหารเช้าที่ผลิตด้วยธัญพืชทั้งเมล็ด เปรียบเทียบกับการรับประทานอาหารเช้า ที่ผลิตด้วยเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการขัดสีแล้ว โดยติดตามเก็บข้อมูลอัตราการตายทั้งหมด และการตายอันเนื่องมาจากโรคหัวใจในกลุ่มคนเพศชาย เฉพาะที่เป็นแพทย์ จำนวนมากกว่า 86,000 คน อายุเฉลี่ยระหว่าง 40 - 84 ปี ในช่วงระยะเวลา 5 ปี 6 เดือน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ก็แสดงให้เห็นว่า การรับประทานอาหารเช้าที่ประกอบด้วยธัญพืชทั้งเมล็ด จะช่วยลดอัตราการตายทั้งที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจ และไม่เกี่ยวข้องลงได้ โดยไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ และระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และจากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเพศชายที่ไม่เคยรับประทาน หรือรับประทานน้อยมาก กลับกลุ่มเพศชายที่รับประทานธัญพืชเป็นประจำวันละ 1 มื้อ พบว่ากลุ่มที่รับประทานเป็นประจำมีเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่พบการตายเนื่องจากโรคหัวใจ

ผลิตภัณฑ์จากธัญชาติ เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่อยู่ในรูป พอง เบา และกรอบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทแป้งปรุงรสต่างๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคมากในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น ทั้งนี้ใช้เป็นอาหารว่างที่มีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก โดยมีกลิ่นและรสชาติ รวมทั้งรูปร่างต่างๆ สนองความต้องการผู้บริโภคได้มาก แต่มีคุณค่าทางอาหารน้อย (ณรงค์, 2532)

ผลผลิตจากธัญพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารมีหลายชนิด เช่น เมล็ดทานตะวัน งา เมล็ดฟักทอง เป็นต้น

1.4.1 เมล็ดทานตะวัน

เมล็ดทานตะวัน ใช้บริโภคโดยตรง เป็นแหล่งของโปรตีนแทนเนื้อสัตว์ได้ ในเมล็ดมีธาตุเหล็กสูงใกล้เคียงกับไข่แดงและตับ เมื่อนำมาบดเป็นแป้งจะได้แป้งสีขาว มีไขมันสูง มีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณแป้ง (นพพร และคณะ, 2542)

น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดทานตะวันมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 35 และเป็นน้ำมันคุณภาพสูง (ตารางที่ 6) ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น linoleic และ linolenic สูงถึงร้อยละ 60 – 70 กรดไขมันเหล่านี้ เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการช่วยลดโคเลสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และยังประกอบไปด้วยวิตามิน เอ ดี อี และ เค ซึ่งคุณภาพของวิตามินอีจะสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ เมื่อเก็บน้ำมันทานตะวันไว้นานๆ จะไม่เกิดกลิ่นหืน อีกทั้งยังไม่ทำให้สีและรสชาติเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้น้ำมันทานตะวันยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำเนยเทียม สีนํ้ามันชักเงา สบู่ และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ (นพพร และคณะ, 2542)

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากทานตะวันมีอยู่หลายอย่าง อาทิ เมล็ดทานตะวันอบแห้ง คูกี้ทานตะวัน ข้าวเกรียบ ข้าวตังทานตะวัน น้ำผึ้งดอกทานตะวัน เกสรผึ้ง นมผึ้ง เป็นต้น (นิรนาม, 2551) นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปโดยสกัดน้ำมันสำหรับปรุงอาหาร เนยเทียม แป้งสำหรับทำขนม และอาหาร และที่กำลังเป็นที่นิยมอยู่ก็คือกรดไขมันจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Conjugated Linoleic Acid, CLA) ประเภทอาหารเสริม ซึ่ง CLA (Conjugated Linoleic Acid) คือ กรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถผลิตเองได้ มีอยู่ในเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากนม แต่มีปริมาณที่น้อยมาก และจากการค้นคว้าพบว่ากรดไขมัน CLA พบมากใน น้ำมันเมล็ดทานตะวัน ฉะนั้นเมล็ดทานตะวัน จึงเป็นแหล่งของ CLA ธรรมชาติที่ให้คุณค่าของสารอาหารอย่างเข้มข้น กรดไขมัน CLA มีประโยชน์ในการเร่งการเผาผลาญ ไขมันที่สะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยเพิ่มฮอร์โมนที่

ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Lipase เพื่อช่วยในการเผาผลาญไขมันที่สะสม มาใช้เป็นพลังงานอย่างเต็มที่ พร้อมทั้งลดปริมาณการเกิดไขมันสะสมที่จะเกิดใหม่ โดยยับยั้งการเกิดเอนไซม์ Lipo-Protein Lipase ซึ่งเป็นสาเหตุของการสะสมไขมันในร่างกาย (กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย, 2547)

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

Chemical composition (seed) (%)	
Moisture	5 - 7
Fat	22 - 40
Protein	22 - 33
Chemical and physical characteristics (oil)	
Iodine Value	120 - 142
Acid Value	3.0
Saponification Value	188 – 194
Unsaponifiable matter	1 – 1.5
Specific gravity (25/25 °C)	0.915 – 0.920
Refractive index (25 °C)	1.471 – 1.475
Color (Lovibond)	20Y : 2R
Fatty acid compositions (% methyl ester) (Asgrow 500)	
Palmitic acid	6.09
Steric acid	3.13
Total saturated fatty acid	9.22
Oleic acid	30.57
Linoleic acid	60.21
Total unsaturated fatty acid	90.78

ที่มา: กองเกษตรเคมี (2528)

1.4.2 งา

นพพร และคณะ (2542) งาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เมล็ดงามีไขมันสูงถึงร้อยละ 52 และมีโปรตีนร้อยละ 17 – 18 เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่แล้วพบว่างามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ประมาณ 4 – 6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ประมาณร้อยละ 5 แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า กากงาอุดมไปด้วยโปรตีน ไรตามิน และแร่ธาตุ กากงามีโปรตีนร้อยละ 28 – 48 โดยโปรตีนจากกากงามีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างไปจากพืชตระกูลถั่วและพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ คือ มีกรดอะมิโนที่จำเป็นพวก methionine สูง ซึ่งพืชส่วนใหญ่ มักมีน้อยหรือขาด แต่มี lysine ต่ำ ดังนั้นถ้านำงาหรือกากงามาเป็นสารอาหารเสริมโปรตีนในอาหารมนุษย์และสัตว์เลี้ยงก็สามารถปรับระดับกรดอะมิโนของอาหารให้สมดุลยิ่งขึ้น

การนำเมล็ดงาไปใช้ประโยชน์ในกรณีที่เป็นงาคั่ว หรืองาขาว นั้นอาจจะใช้ประโยชน์โดยตรงได้เลย แต่ในบางครั้งถ้าต้องการเมล็ดงาที่มีสีขาวสะอาดจะต้องนำมาขัดล้างเปลือก เนื่องจากเมล็ดงามี calcium oxalate และเยื่อใยอยู่สูง ทำให้มีรสขม และสีคล้ำไม่น่าดู ดังนั้นก่อนนำไปใช้ประโยชน์จึงมักแยกเอาส่วนเปลือกของเมล็ดงาออกเสียก่อน วิธีแยกที่ใช้กันทั่วไป มีอยู่ 2 วิธี คือ การแช่น้ำ (soaking method) และการแช่ด่าง (wet หรือ aqueous dehulling method)

ก. วิธีแช่น้ำ อาจแช่น้ำธรรมดาหรือน้ำอุ่น เปลือกซึ่งเป็นเยื่อบางๆ ที่หุ้มอยู่จะหลุดออก อาจใช้เกลือปรับความหนาแน่นของน้ำ เพื่อช่วยแยกส่วนเยื่อบางๆ ดังกล่าวออกจากเมล็ดได้ง่ายขึ้น หรืออาจใช้มือขัดถูร่วมด้วยและล้างเปลือกบนตะแกรงร่อน

ข. วิธีแช่ด่าง โดยแช่ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไบคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างใดอย่างหนึ่ง ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน

เมล็ดงาที่อบแห้งดีแล้วจะนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของการบริโภคโดยตรง และการสกัดเป็นน้ำมัน สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของการบริโภคโดยตรง ส่วนมากนิยมคั่วให้หอมแล้วนำมาคั่วแต่งผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เช่น โรยหน้าขนมต่างๆ ได้แก่ ขนมทอง ขนมหวดตัด เป็นส่วนผสมในขนมถั่วตัด กระจ่างสารท ส่วนการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของการสกัดเป็นน้ำมันนั้น จะนำไปใช้เป็นอาหารมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง ทำปุ๋ย ใช้เป็นเชื้อเพลิงและอื่นๆ (นพพร และคณะ, 2542)

1.4.3 เมล็ดฟักทอง

นิรนาม (2552) เมล็ดให้โปรตีนมากรองลงมาจากถั่วลิสง มีไขมันต่ำ ให้ธาตุเหล็กสูง นอกจากนั้นก็ยังมีแร่ธาตุอย่างแคลเซียม ฟอสฟอรัส สังกะสี วิตามินเอ และมีใยอาหารอีกด้วย นอกจากนั้นยังช่วยลดไขมันในเส้นเลือด เพราะไขมันในเมล็ดฟักทองเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว จึงช่วยลดไขมันในเส้นเลือด แก่โรคหลอดเลือดอุดตันได้ ช่วยให้ต่อมลูกหมากทำงานเป็นปกติ เพราะในเมล็ดฟักทองมีแร่ธาตุสังกะสี ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตทั่วไป และการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ ตลอดจนการทำงานตามปกติของต่อมลูกหมาก อีกทั้งแร่ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่มากก็จะช่วยยับยั้งการเกิดผลึกนิ่วในกระเพาะปัสสาวะได้ และหากกินเมล็ดฟักทองในขณะที่ท้องว่างวันละสองครั้งก็จะช่วยขับพยาธิตัวดีด พยาธิเส้นด้าย พยาธิตัวกลม พยาธิใบไม้ได้อีกด้วย

ชนา (2552) สหรัฐอเมริกานิยมนำเมล็ดฟักทองมาคั่วปรุงรสต่างๆ เป็นขนมขบเคี้ยว ในครัวตะวันตก ใช้เมล็ดฟักทองมาปรุงอาหารอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะครัวเม็กซิกันขึ้นชื่อเรื่องการนำเมล็ดฟักทองเป็นส่วนประกอบในอาหาร โดยมักจะใช้เมล็ดฟักทองกะเทาะเปลือกคั่วเป็นส่วนผสมอาหารให้ขึ้นฉ่ำและเป็นการเพิ่มรสชาติไปในตัว ในการทำซอสก็ใช้เมล็ดฟักทองและเมล็ดงาเป็นส่วนผสม บดทำเป็นไส้ขนมผสมลงในน้ำซूप หรือใช้โรยหน้าอาหาร ปัจจุบัน เมล็ดฟักทองมิได้ขึ้นชื่อในฐานะส่วนประกอบของอาหารเท่านั้น หากยังเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในด้านตำรับยาสมุนไพรรักษาโรค โดยเฉพาะโรคพยาธิ มีสรรพคุณในการขับพยาธิได้ดี ซึ่งมีการวิจัยและทดลองมาแล้วในต่างประเทศ ในการวิจัยสมัยใหม่พบว่า เมล็ดฟักทองมีแร่ธาตุและสารอาหารหลายชนิด อาทิ ฟอสฟอรัส สังกะสี ใยอาหาร วิตามินอี ธาตุเหล็ก ฯลฯ จากการศึกษาพบว่า ช่วยป้องกันมะเร็งต่อมลูกหมาก ต่อมลูกหมากโต และการเป็นหมันในผู้ชาย คุณสมบัติเด่นอื่นๆ เช่น ช่วยลดปริมาณโรคหลอดเลือดและโรคหัวใจ น้ำมันในเมล็ดฟักทองยังมี gamma tocopherol (รูปแบบหนึ่งของวิตามินอี) ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ชะลอความแก่ แร่ธาตุฟอสฟอรัสช่วยลดการเกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ทั้งยังช่วยบำรุงสุขภาพอีกสารพัด เช่น ช่วยทำให้กล้ามเนื้อ ระบบประสาท รวมถึงสมองทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพ ไขมันของมันช่วยเพิ่มกากอาหาร ดักจับไขมันและสารพิษในลำไส้ ทำให้ขับถ่ายสะดวก และลดภาวะเสี่ยงในการเป็นมะเร็งลำไส้ แคลเซียมช่วยเสริมกระดูกให้แข็งแรง ป้องกันการเกิดโรคไขข้อ เป็นต้น เมล็ดฟักทองในวันนี้จึงมิใช่ของกินเล่น มันๆ เค็มๆ เคี้ยวเพลินเท่านั้น แต่เป็นอาหารสุขภาพที่มีคุณประโยชน์มหาศาล สามารถประยุกต์เป็นส่วนประกอบของอาหารได้มากมายหลายชนิด

2. การเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง

การเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง สามารถเกิดได้ตลอดเวลาตั้งแต่ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการทำแห้ง และในระหว่างการเก็บรักษา ในแต่ละขั้นตอนมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลต่างกันไป เช่น ในช่วงการเตรียมวัตถุดิบมีเอนไซม์เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดสีน้ำตาล หรือการใช้ความร้อนที่ไม่เหมาะสมในการทำแห้ง ส่วนในระหว่างการเก็บรักษา ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลได้แก่ สารยับยั้ง ค่าออกซิเจนอิสระในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ ออกซิเจน เป็นต้น (รัชณี, 2537; Williams, 1976)

2.1 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง

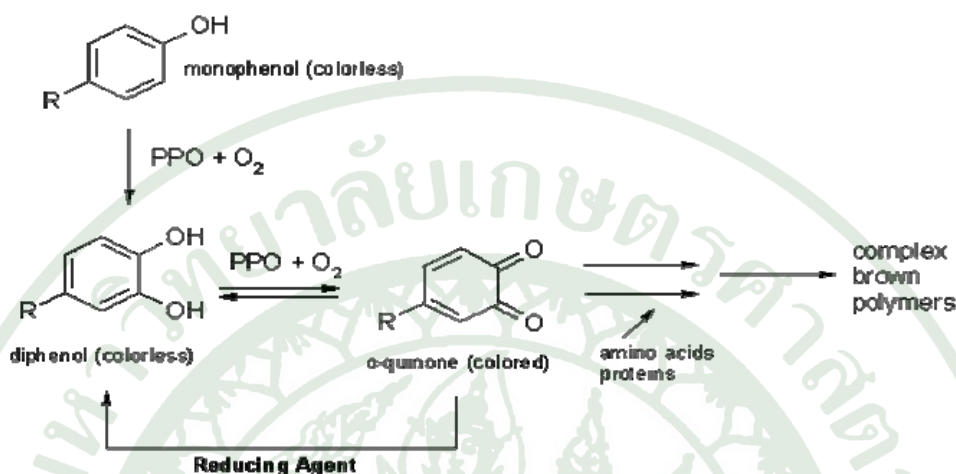
ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งเกิดจาก 2 ปฏิกริยา ดังนี้

2.1.1 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymatic browning reaction)

เมื่อผลไม้หรือผักมีรอยตำหนิหรือเสียหายซึ่งอาจเกิดจากรอยขีด รอยปอก หั่น แฉกหรือเป็นโรค ส่วนของเนื้อเยื่อที่มีเอนไซม์เอนไซม์ที่ยังคงทำงานได้ เมื่อสัมผัสกับอากาศจะเกิดเป็นสีน้ำตาลในผักและผลไม้ เป็นกลุ่มของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) เป็นเอนไซม์ที่มีทองแดง (Cu) ประกอบอยู่ด้วย ตัวอย่างเช่น catechol oxidase, catecholase, o-diphenolase, phenolase และ tyrosinase (Martinez and Whitaker, 1995) ค่าความเป็นกรดค่าที่เหมาะสมของเอนไซม์กลุ่มนี้ประมาณ 5 – 7 (รัชณี, 2537)

โดยทั่วไปพืชทุกชนิดมีกรดฟีนอลิก (phenolic acid) เป็นองค์ประกอบอยู่กรดเหล่านี้ในสภาพที่มีออกซิเจนจะถูกออกซิไดส์ได้เป็น ออร์โทควิโนน (o-quinones) ซึ่งในธรรมชาติปฏิกิริยานี้ถูกเร่งโดยเอนไซม์ PPO (Mauron, 1989) ออร์โทควิโนนเป็นสารสีเหลืองอ่อนมากจนเกือบไม่มีสี แต่เป็นสารตัวกลางที่ว่องไวต่อปฏิกิริยามากที่สุดตัวหนึ่งที่พบในสิ่งมีชีวิต ในปฏิกิริยาเหล่านี้มีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอยู่ด้วย โดยสารตั้งต้นตัวนี้เป็นสารตั้งต้นของการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้และผักที่ปอกผิวและตัดแต่งแล้ว (รัชณี, 2537)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง มักเกิดในขั้นตอนของการแปรรูป โดยเฉพาะในช่วงการเตรียมวัตถุดิบ คือ การตัดแต่ง หั่น ฯลฯ และเป็นปัญหาสำคัญในผลไม้ส่วนใหญ่ เช่น แอปเปิล แพร์ ท้อ กล้วย และองุ่น เป็นต้น (Sapers, 1993)



ภาพที่ 4 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ที่มา: Walker (1977)

2.1.2 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Nonenzymatic browning reaction)

Hodge (1953) แบ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก. ปฏิกริยา Carbonyl amino acid คือ การเกิดปฏิกริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ (aldehydes) และคีโตน (ketones) ของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่กรดอะมิโน เปปไทด์ และโปรตีน ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็น เมลานอยดินส์ (melanoidins) ซึ่งมีสีน้ำตาล ปฏิกริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตโกโก้ กาแฟ เนื้ออบ และเบเกอรี่ แต่ไม่เป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมผลิตผักและผลไม้อบแห้ง ไข่ผง และนมผง

ข. ปฏิกิริยา Caramelization เกิดจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลที่อุณหภูมิสูง โดยมีสภาพกรดหรือด่างเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile molecule) ลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบ dehydration fragmentation และ condensation ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มพวกโคล่า เบียร์ บรั่นดี ลูกกวาด และเค้ก

ค. ปฏิกิริยา Oxidation reaction (ascorbic oxidation) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก ได้ผลิตภัณฑ์เป็น furfural ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิกสูง เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง

อุณหภูมิและเวลาของการอบแห้ง การเก็บรักษา สารยับยั้ง ค่าออกซิเจนออกซิเจน สิ่งต่างๆเหล่านี้มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง ทั้งในระหว่างการผลิตหรือในช่วงของการเก็บรักษา

2.2.1 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

Chan and Cavaletto (1978) พบว่าการผลิตมะละกอแผ่นโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 3 ระดับ คือ 74, 84 และ 94 องศาเซลเซียส ได้มะละกอแผ่นที่มีสีต่างกัน คือ มะละกอแผ่นที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 74 องศาเซลเซียส มีสีนํ้อยสุรตรงจากที่ 84 และ 94 องศาเซลเซียส ตามลำดับ วัฒนพงษ์ และคณะ (2537) รายงานว่ากล้วยอบแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังแสงอาทิตย์มีสีเข้มกว่ากล้วยที่ทำการตากกลางแจ้ง เนื่องจากอุณหภูมิในตู้อบสูงกว่า

Che Man *et al.* (1997) รายงานว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งทุเรียนแผ่น โดยเกิดสีน้ำตาลไม่มากเกินไปคือ การใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temp Long Time, LTLT) ถ้าใช้เครื่องทำแห้งที่มีการเคลื่อนที่ของอากาศ (forced – air cabinet dryer) ซึ่งมีอัตราการไหลผ่านของอากาศ 1.5 เมตรต่อวินาที ควรใช้อุณหภูมิ 52.5 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง ถ้าทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศ (oven dryer) ให้ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12.6 ชั่วโมง

2.2.2 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา

Chen and Cavaletto (1978) พบว่าการเก็บรักษามะละกอแผ่นที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาล โดยมะละกอแผ่นเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าที่ 24 และ 34 องศาเซลเซียสตามลำดับ และเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น การเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นด้วย Irwandi and Che Man (1996) รายงานว่าทุเรียนแผ่นที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ เกิดสีน้ำตาลดำเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่ระยะการเก็บ 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ค่าสี L, a, b มีค่าดังนี้ ค่า L เท่ากับ 67.0, 63.4, 52.4 และ 47.4 ตามลำดับ ค่า a เท่ากับ -2.9, 1.7, 2.5 และ 6.4 ตามลำดับ ค่า b เท่ากับ 36.1, 29.8, 29.0 และ 26.6 ตามลำดับ

2.2.3 สารยับยั้ง

Chen and Cavaletto (1978) ผสมโซเดียมไบซัลไฟต์ในเนื้อมะละกอก่อนทำแห้งเป็นมะละกอแผ่น พบว่ามะละกอแผ่นที่มีโซเดียมไบซัลไฟต์ปริมาณ 552 และ 1105 ppm มีค่า Alcohol – soluble color (ASC) index (วัดที่ค่าการดูดกลืนแสง 400 นาโนเมตร) 13.6 และ 10.8 ตามลำดับ ค่า ASC index บอกลถึงการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ถ้าเกิดสีน้ำตาลขึ้นมากในมะละกอแผ่น ค่า ASC index สูง ถ้าเกิดสีน้ำตาลน้อยในมะละกอแผ่น ค่า ASC index ต่ำ ดังนั้นจากค่า ASC index ที่วัด แสดงว่าการใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องในมะละกอแผ่นได้

Torsresakul and Siri Wongwilaichat (1997) ได้ศึกษาผลของการใช้กรดซิตริกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการเกิดสีน้ำตาลในฝรั่งแช่หมอบแห้ง และพบว่าถ้าใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0, 2.5 และ 5.0 ปริมาณ hydroxymethylfurfural (HMF) เกิดขึ้น 6.425, 2.550 และ 2.420 ppm ตามลำดับ สาร HMF นี้เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด แสดงว่าการเกิดสีน้ำตาลลดลงเมื่อใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพิ่มขึ้น และถ้าใช้กรดซิตริกร่วมด้วยยิ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลลดลงมากขึ้น โดยถ้าใช้กรดซิตริกร่วมด้วยยิ่งทำให้เกิดสีน้ำตาลลดลงมากขึ้น โดยถ้าใช้กรดซิตริกร้อยละ 0.5 ร่วมกับสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0, 2.5 และ 5.0 จะมีปริมาณ HMF เกิดขึ้น 5.525, 2.350 และ 2.250 ppm ตามลำดับ

2.2.4 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี คือ ค่าอัตราส่วนความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ปฏิกิริยาที่สำคัญต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งระหว่างการทำแห้งและการเก็บรักษา คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ด อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดต่างกันไปตามค่าวอเตอร์แอกติวิตี เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุดที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีระหว่าง 0.6 – 0.7 (Robson, 1976) และที่ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำมาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดต่ำ Kopelman *et al.* (1977) รายงานว่า Freeze dried lemon crystals ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.22 ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น มากกว่า Freeze dried lemon crystals ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.11, 0.06 และ 0 ตามลำดับ โดยค่าการดูดกลืนแสงผันตามปริมาณการเกิดสีน้ำตาล

2.2.5 ออกซิเจน

การสัมผัสกับออกซิเจนในระหว่างกระบวนการผลิตหรือในช่วงของการเก็บรักษา ล้วนมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ ในสภาพที่มีออกซิเจนทำให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง การศึกษาของ Singleton *et al.* (1985) ซึ่งทดลองอุ่นภายใต้ 2 สภาพ คือ สภาพบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนกับสภาพบรรยากาศปกติ (มีออกซิเจน) โดยทั้งสองสถานะในขณะบดมีการใช้กรดแอสคอร์บิกและโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมด้วย พบว่าอุณหภูมิที่บดขยี้ภายใต้สภาวะบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจน มีปริมาณ caffeic acid เหลืออยู่ 64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด มากกว่าที่บดขยี้ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติซึ่งมีปริมาณ caffeic acid เหลืออยู่ 33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของน้ำหนักสด ปริมาณ caffeic acid ที่ลดลงจะสัมพันธ์กับปริมาณการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO เพราะ caffeic acid ที่มีอยู่ในผลองุ่นเป็นสับสเตรทของเอนไซม์ PPO เมื่อออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

นอกจากออกซิเจนทำให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องแล้ว ออกซิเจนยังมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาล จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง Kacem *et al.* (1987) ถ้ามีปริมาณออกซิเจนอยู่มากจะทำให้เกิดสีน้ำตาลได้เร็วขึ้น Waletzko and Labuza (1976) รายงานผลของการเก็บรักษาอาหารแห้งใน 2 สภาพ คือ สภาพที่มีออกซิเจนกับ

สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน การเก็บในสภาวะที่มีออกซิเจนทำให้สารละลายที่สกัดจากตัวอย่างอาหารที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร มากกว่าการเก็บในสภาวะปราศจากออกซิเจนที่ทุกอุณหภูมิการเก็บ คือ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส และทุกระยะเวลาการเก็บโดยที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร แปรผันตามปริมาณการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

2.3 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วย

Mowlah *et al.* (1982) กล่าวว่า การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยสามารถทำได้ทั้งวิธีทางกายภาพและทางเคมี หรืออาจใช้ร่วมกันสองวิธี

การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยด้วยวิธีการใช้ความร้อนหรือการลวก (blanching) เป็นวิธีทางกายภาพที่ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการลวกสูง และระยะเวลานาน แต่การใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลานานจะมีผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลง (Galeazzi *et al.*, 1981) Palmer (1971) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ความร้อนในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในกล้วย ซึ่งพบว่า การลวกกล้วยในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 – 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที หรือการให้ความร้อนจนจุดกึ่งกลางของผลกล้วยมีอุณหภูมิถึง 85 องศา นาน 1 นาที ก็เพียงพอที่จะทำลาย PPO Guyer and Erickson (1954) พบว่ากล้วยที่ปอกเปลือกแล้วนำไปลวกจนอุณหภูมิตรงกลางถึง 180 องศาฟาเรนไฮต์ (82.2 องศาเซลเซียส) หรือต่ำกว่า กล้วยจะเปลี่ยนสีภายในเวลา 5 นาที เมื่อสัมผัสกับอากาศ แต่ถ้าอุณหภูมิตรงกลางของผลกล้วยถึง 190 องศาฟาเรนไฮต์ (87.7 องศาเซลเซียส) ก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีภายในระยะเวลามากกว่า 1 ชั่วโมง และการอบด้วยไอน้ำหรือการลวกด้วยน้ำร้อนให้ผลต่างกันเล็กน้อย ทั้ง 2 วิธีใช้เวลา 6 – 8 นาที จึงจะทำให้อุณหภูมิตรงกลางถึง 190 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงการอบกล้วยที่ปอกเปลือกแล้วด้วยไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และลวกในน้ำร้อน 5 นาที พบว่ากล้วยที่อบด้วยไอน้ำจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีและรสชาติดีกว่าการลวกในน้ำร้อน ทั้งนี้เพราะมีการสูญเสียและกลืนรสในขณะที่ลวกด้วยน้ำร้อน หลังจากลวกหรืออบกล้วยแล้วควรทำให้เย็นด้วยการพ่นด้วยน้ำเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกล้วยสุกเกินไป การปอกเปลือกกล้วยก่อนลวกในน้ำร้อนจะให้ผลดีกว่าและใช้เวลาสั้น นอกจากการใช้ไอน้ำและน้ำร้อนทำลาย PPO แล้ว Collins and Mc Carty (1969) รายงานว่าการใช้พลังงานจาก microwave ก็มีประสิทธิภาพพอที่จะทำลาย phenolase ได้

การใช้สารเคมีในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยทั่วไปจะใช้สารพวกซัลไฟด์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมไบซัลไฟด์ และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ เป็นต้น และกรดแอสคอร์บิก สารซัลไฟด์นี้จะมีผลในการทำลายเอนไซม์ฟีนอลเลสได้อย่างถาวร (Embs and Markakis, 1965 ; Palmer and Roberts, 1967) และยังทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางเพื่อป้องกันการเกิดเม็ดสีน้ำตาล สารนี้มีความสามารถในการแทรกซึมไปในอาหารได้เร็ว ส่วนกรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์ออกซิเจนให้กลับไปเป็นสารประกอบออร์โทไดไฮดรอกซีฟีนอล ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ อย่างไรก็ตามเมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์จนกลายเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกหมดแล้ว สารออกซิเจนก็จะเกิดการสะสมมากขึ้น และดำเนินปฏิกิริยาไปจนเป็นสารสีน้ำตาลได้ ดีไฮโดรแอสคอร์บิกเองสามารถเกิดปฏิกิริยาให้สีน้ำตาลได้โดยไม่ใช้เอนไซม์ การใช้กรดแอสคอร์บิก จะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากับสารซัลไฟด์ เพราะว่าสารซัลไฟด์มีความคงตัวสูงกว่า และมีความสามารถในการแทรกซึมเข้าอาหารได้ดีกว่า

3. การกักน้ำในกล้วย

การกักน้ำหรือการทำให้แห้งหมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกักน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ หรือการระเหิดของแข็ง ในการอบแห้งแบบระเหิด วัตถุประสงค์ของการกักน้ำคือ การยืดอายุการรักษาสารอาหาร โดยการลดค่าออกซิเดชันซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ (วิไล, 2545) เครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้งมีหลายวิธี (บุหลัน และทัศนีย์, 2538) คือใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer) การพ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) การทำให้อาหารชั้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer) การกำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer) การลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave)

สำหรับการกักน้ำในกล้วย เป็นการให้ความร้อนทำให้น้ำภายในกล้วยระเหยออกสู่อากาศภายนอก จนความชื้นในกล้วยลดลง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [สมอ.] (2528) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 21 ความร้อนที่ใช้ทำแห้งกล้วยได้แก่ความร้อนจากธรรมชาติคือแสงอาทิตย์ และความร้อนจากไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงอื่นๆ ซึ่งปัจจุบันจะใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนในการทำน้ำในกล้วย

3.1 การกำจัดน้ำในกล้วยด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การกำจัดน้ำหรือการทำแห้งที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์แต่เดิม คือ การตากแดด โดยนำกล้วยที่เตรียมเสร็จแล้ววางเรียงบนแผงตากกล้วยในที่โล่งแจ้ง ใช้เวลาประมาณ 6 – 7 วัน (พรรณนิษฐ์, 2537) แต่วิธีนี้มักมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกระหว่างตาก มีการพัฒนาเป็นการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถลดเวลาตากเหลือประมาณ 4 – 5 วัน และยังช่วยลดการปนเปื้อนสิ่งสกปรกระหว่างการทำแห้งได้ด้วย (พานิชย์, 2541; Schirmer *et al.*, 1996) Sodha *et al.* (1985) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งผลไม้ โดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับการอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง พบว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพรวม (overall efficiency) สูงกว่าการอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรงมาก และยังสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า รัชฎ และ เจริญชัย (2532) การทำแห้งด้วยวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายต่ำ อุณหภูมิหรือความร้อนที่ใช้ทำแห้งไม่คงที่ ระยะเวลาการทำแห้งค่อนข้างนาน

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หรือตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อต้องการควบคุมอัตราการอบแห้ง และเพื่อควบคุมความสะอาดของผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 5) โดยทั่วไปตู้อบแสงอาทิตย์จะเป็นตู้หรือห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีผนังทำด้วยแผ่นเหล็กหรือสังกะสี ด้านบนที่สัมผัสกับแสงอาทิตย์จะเป็นแผ่นพลาสติกใสที่ยอมให้แสงผ่านแต่เก็บความร้อนไว้ ที่สำคัญต้องมีที่ระบาย ใช้น้ำที่ระเหยจากอาหารออกนอกตู้อบด้วย



ภาพที่ 5 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี (2550)

3.2 การกำจัดน้ำในกล้วยด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน

เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนมีแหล่งกำเนิดความร้อนคือ ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง และเครื่องที่ใช้ไฟฟ้า โดยหลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนโดยการทำให้อากาศร้อนแล้วนำอากาศนั้นมาไหลผ่านอาหารภายในตู้อบแล้วพาเอาไอน้ำออกไป การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นแต่สามารถควบคุมอุณหภูมิการทำแห้งได้ดีและใช้เวลาค่อนข้างสั้น ดังภาพที่ 6

รชฏ และเชิรชัย (2532) ได้อบกล้วยน้ำว้าด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสตลอดการอบ สามารถลดความชื้นจากร้อยละ 67.70 เป็น 19.60 ภายในเวลา 16 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งอีกแบบ คือ การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ โดย รัชมี (2519) ได้ใช้อุณหภูมิในการอบกล้วยช่วงแรกเป็น 45 – 50 องศาเซลเซียส นาน 13 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส อบจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12

น้ำในผลิตภัณฑ์ทางเกษตร อาจจะอยู่ในรูปของน้ำที่มองเห็นได้ และมองไม่เห็น น้ำที่มองเห็นได้คือน้ำที่เกาะติดอยู่ภายนอกเนื่องจากการล้าง ส่วนน้ำที่มองไม่เห็นคือน้ำที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อซึ่งอาจจะจับตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอาหาร และดูดซับอยู่ภายใน เช่น อยู่ในรูปของน้ำตาลซึ่งให้ความหวานกับผลไม้ หรือในรูปของกรดซึ่งให้รสเปรี้ยว หรือในรูปของสารประกอบทางเคมีเช่น โปรตีน เป็นต้น ซึ่งน้ำที่มองไม่เห็นนี้มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของอาหารทั้งทางเคมีและกายภาพ ทางเคมีคือ คุณค่าทางโภชนาการ ส่วนทางกายภาพจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับประสาทสัมผัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับรสชาติ ความนุ่ม ความกรอบ ความกระด้าง (บุหลัน และทัศนีย์, 2538)



ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน

ที่มา: บุหลัน และ ทศนี (2538)

4. มาตรฐานกล้วยอบ

สมอ. (2528) กล้วยอบหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกล้วยที่แก่และสุกพอดี ปอกเปลือกแล้วทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนช่วย(อบ) หรือ วิธีธรรมชาติ(ตาก) จนได้ปริมาณ ความชื้นที่เหมาะสม

4.1 ส่วนประกอบ

ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำกล้วยอบ ต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการบริโภคและ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ได้แก่

4.1.1 ส่วนประกอบหลัก คือ กล้วย

4.1.2 ส่วนประกอบอื่นๆที่อาจมีได้เช่น น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง หรือเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส
อื่นๆ

4.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

4.2.1 สี ต้องมีสีธรรมชาติของกล้วยอบ

4.2.2 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของกล้วยหรือส่วนประกอบที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส (ถ้ามี) ปราศจากกลิ่นรสน่ารังเกียจอื่นใด

4.2.3 ลักษณะเนื้อ เนื้อต้องนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ไม่เละ ไม่ยุ่ย และไม่มีเมล็ด

4.2.4 ปราศจากสิ่งสกปรก แมลง และรอยกัดหรือรอยแทะซึ่งเกิดจากแมลงและสัตว์อื่นๆ

4.2.5 ความสม่ำเสมอของขนาด น้ำหนักของกล้วยอบผลที่เล็กที่สุดและกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุดในภาชนะบรรจุเดียวกัน ซึ่งต้องแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 20 ของกล้วยอบผลที่ใหญ่ที่สุด

4.2.6 ความชื้น ต้องไม่เกิน ร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก

4.2.7 ข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน

ก. สีไม่สม่ำเสมอ มีได้ไม่เกิน ร้อยละ 10 ของจำนวนผล

ข. ผลไม่ปริแตก มีได้ไม่เกิน ร้อยละ 10 ของจำนวนผล

4.2.8 กล้วยอบจะมีจุลินทรีย์ได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ดังตารางที่ 7

4.3 ภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุต้องสะอาด ปิดสนิท และผิวภายในของภาชนะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับกล้วยอบ

ตารางที่ 7 เกณฑ์การกำหนดทางจุลินทรีย์

ชนิดจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ ที่ยอมให้มีได้	จำนวนจุลินทรีย์ ที่ยอมให้มีได้ สูงสุด
1. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด		
โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	1,000	10,000
2. ซาลาโมเนลลา (Salamonella)		
ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
3. สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus)		
ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
4. เอสเชอริเชีย โคลิ (Escherichia coli)		
โดยใช้ MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ต้องไม่พบ	3
5. คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)		
ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ

ที่มา: สมอ. (2528)

5. รูปแบบภาชนะบรรจุ และวัสดุบรรจุ

รูปแบบภาชนะที่บรรจุที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่างแบ่งได้เป็น 3 แบบ (งามทิพย์, 2538)

5.1 ถุงหรือซอง เป็นภาชนะที่นิยมมากที่สุด อาจจะมีกล่องกระดาษพับได้ (Folding Carton) อยู่ข้างนอกอีกชั้นหนึ่งเพื่อเพิ่มความคุ้มครองให้ผลิตภัณฑ์เพื่อรวบรวมผลิตภัณฑ์หลายๆ ถุงไว้ด้วยกัน ถุงที่ขึ้นรูปมาก่อน (Premade Bag) มีการใช้น้อยกว่าซองและมักพบในอุตสาหกรรมขนาดเล็กๆ สำหรับซองจะขึ้นรูปโดยเครื่องขึ้นรูป-บรรจุ ผนึก-ปิดผนึก จากม้วนฟิล์มม้วนเดียวหรือสองม้วนก็ได้ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของซองที่ต้องการ ถุงที่นิยมนำมาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ได้แก่

5.1.1 โพลีเอทธิลีน (Polyethylene หรือ PE)

โดยทั่วไปแล้วโพลีเอทธิลีนมีสีขาวขุ่นโปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว เมื่อสัมผัสจึงรู้สึกลื่น หย่อนตัวได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดแม่พิมพ์ มีความเหนียว ทนความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้า ใสสีผสมได้ง่ายมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะทำให้มีความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิหลอมตัวสูงขึ้น และอัตราการคายก๊าซเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นลดลง จะทำให้อัตราการเสื่อมสลายของผิวเพิ่มขึ้น กล่าวคือผิวจะแตกได้ง่ายขึ้น สมบัติทั่วไปคือ ยืดหยุ่นได้ดี เหนียวมาก ที่อุณหภูมิที่มีความทนทานต่อสารเคมีได้ดีมาก ทนต่อสภาวะอากาศได้ดีพอสมควร อากาศสามารถซึมผ่านได้ดี หดตัวแม่พิมพ์ได้ดีมาก ทำให้ถอดจากแม่พิมพ์ได้ง่าย เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก ผสมสีได้ง่าย ทำให้ผลิตเป็นฟิล์มใส ฟิล์มสี ฟิล์มโปร่งแสงหรือทึบแสงได้ ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่ ขวดใส่สารเคมี ขวดใส่น้ำ ถังหรือกล่องบรรจุสินค้า ภาชนะต่าง ๆ เครื่องเล่นของเด็ก ถังเย็น ถาดทำน้ำแข็ง ชิ้นส่วนแบตเตอรี่ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ฉนวนไฟฟ้า ฉนวนไฟฟ้า ถูใส่ของแผ่นฟิล์มสำหรับห่อของโตะ และเก้าอี้ (ไพศาล, 2548)

5.1.2 โพลีโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP)

โพลีโพรพิลีนมีลักษณะขาวขุ่น ทึบแสงกว่าโพลีเอทธิลีน มีความหนาแน่นในช่วง 0.890 – 0.905 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับโพลีเอทธิลีน ลักษณะอื่น ๆ คล้ายกับโพลีเอทธิลีน สมบัติทั่วไปคือ มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูปร่าง สามารถทำเป็นบานพับในตัว มีความทนทานมาก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมากแม้ที่อุณหภูมิสูง ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก แต่สารเคมีบางชนิดอาจทำให้พองตัวหรืออ่อนนุ่มได้ มีความเหนียวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 105 องศาฟาเรนไฮต์ไปจนถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์ (40 องศาเซลเซียส ถึง -10 องศาเซลเซียส) แต่ที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ จะเปราะ มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี สามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization ที่ 100 องศาเซลเซียส) ได้ และผสมสีได้ง่าย ทั้งลักษณะโปร่งแสงและทึบแสง ผลิตภัณฑ์ที่พบเสมอคือ กล่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและด้ามเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือนกล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์ของรถยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์ทางการแพทย์ขวดใส่สารเคมี กระป๋องน้ำมันเครื่องกระสอบข้าว และถุงบรรจุปุ๋ย (ไพศาล, 2548)

5.1.3 ลามิเนต (laminate)

ถุงชนิดนี้มีมากมายให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม มีทั้งที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชั้นเดียวและประเภทหลายชั้น ตามร้านที่จำหน่ายอาหารสำเร็จรูป เช่น ร้านขายอาหารกระป๋องหรือซูเปอร์มาร์เก็ต อาหารสำเร็จรูปบรรจุในถุงพลาสติกหลายชนิด ที่หน้าถุงมักมีรูปภาพตัวหนังสือพิมพ์ไว้อย่างสวยงามเป็นที่ดึงดูดความสนใจแก่ผู้ซื้อ ถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่จำหน่ายอยู่ตามร้านค้าทั่วไปนั้นมีลักษณะสีสันแตกต่างกันไป บางชนิดไม่มีสีและโปร่งแสง บางชนิดมีสีขาวใส บางชนิดมีสีขาวใสนุ่นและทึบแสง บางชนิดมีสีต่างๆ เช่น สีนํ้าตาล เขียว เหลือง เป็นต้น บางชนิดทำด้วยแผ่นพลาสติกเพียงชั้นเดียว บางชนิดจะทำด้วยพลาสติกหลายชั้น และต่างชนิดประกบกัน (ยุพาพรรณ, ม.ป.ป.)

5.2 ถาดกับฟิล์มปิด นิยมใช้มากกับอาหารแห้งที่ต้องเติมนํ้าก่อนนำไปบริโภค โดยจะใช้นํ้าของถาดเป็นมาตรวัดปริมาณนํ้าที่ต้องการด้วย เช่น ซูฟงสำเร็จรูป เมื่อต้องการบริโภคก็เติมนํ้าร้อนลงไปในถาดตามที่กำหนดไว้จะได้ซูฟงที่บริโภคได้ทันที ถาดที่นิยมใช้คือ HDPE (High Density Polyethylene) และ PS/EVOH/PE (Polystyrene/Ethylenevinylalcohol/Polyethylene) ส่วนฟิล์มปิดนิยมนิยมนํ้าออลิโอะ เช่น Metallized Polyethylenetetrachloride/Polyethylene) และ Met.ON/PE (Metallized Oriented Nylon/Polyethylene) เป็นต้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่แตกหักง่าย เช่น คุกกี้และขนมปังกรอบต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจัดเรียงให้สวยงาม มักจะบรรจุในถาดที่บ่งเป็นช่องย่อยๆ และปิดด้วยฟิล์มป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ถาดนี้อาจนำไปใส่ในกล่องกระดาษพับอีกชั้นหนึ่งเพื่อความแข็งแรงและสวยงาม

5.3 ถาดกับถุง ลักษณะคล้ายข้อ 5.2 เพียงแต่ใช้ถุงแทนฟิล์มปิด ภาชนะแบบนี้จะไม่ใช้กับการบรรจุภายใต้สุญญากาศ ถ้าใช้เครื่องบรรจุแบบเป็นชุดจะใช้ถุงขึ้นรูปมาแล้ว แต่ถ้าใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติที่สามารถขึ้นรูปถาดเทอร์โมฟอร์มได้ด้วยหรือไม่ก็ตาม จะใช้ฟิล์มจากม้วนมาขึ้นรูปเป็นช่องห่อหุ้มถาด นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่แตกหักง่ายเหมือนข้อ 5.2 และอาจใช้กล่องกระดาษพับเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความสวยงามอีกชั้นหนึ่งด้วย วัสดุที่นิยมใช้ทำถาดส่วนใหญ่เป็น PVC (Polyvinylchloride) และ PS (Polystyrene) ที่ไม่หนามาก (ประมาณ 100 – 10 ไมครอน) เนื่องจากคุณสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซนั้นได้จากถุงเป็นสำคัญ ถาดมีหน้าที่เพียงรองรับหรือจัดเรียงผลิตภัณฑ์เท่านั้น

ตารางที่ 8 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำ สำหรับฟิล์มที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง การเลือกใช้วัสดุบรรจุจะพิจารณาจากความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บที่ต้องการ โดยทั่วไปสำหรับอายุการเก็บ 2 – 6 เดือน ควรใช้วัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เกิน 2 ซีซีต่อตารางเมตร 24 ชั่วโมง ที่ 75 องศาฟาเรนไฮต์ และ WVTR ไม่เกิน 6 กรัมต่อตารางเมตร 24 ชั่วโมง ที่ 100 องศาฟาเรนไฮต์, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 (Sacharow and Griffin, 1980) ถ้าวัสดุบรรจุนั้นที่บ่งแสงหรือกรณีที่มีกล่องกระดาษหุ้มภายนอกอีกชั้น อาจใช้ฟิล์มที่ยอมให้ก๊าซออกซิเจนผ่านได้มากกว่า 20 – 25 เท่าของค่าเดิม

ตารางที่ 8 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและไอน้ำสำหรับฟิล์มหลายชั้น ที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารว่าง

ฟิล์ม	ความหนา (ไมครอน)	OTR* (ซีซีต่อตารางเมตร) (24 ชั่วโมง)	WVTR** (กรัมต่อตารางเมตร) (24 ชั่วโมง)
1. PET/Al/PE	12/7/40	0	0-10
2. OPP/EVOH/PE	25/10/65	0.4-0.8	3-4
3. Met.PET/PE	12/50	0.2-6	0.5-6
4. K-ON/PE	18/40	4-8	6-8
5. K-PET/PE	15/40	4-10	4-6
6. K-Cello/PE	25/40	1-13	9-11
7. K-OPP/PE	25/40	10-20	3-5
8. OPP/PE	25/50	2,000-3,000	6

หมายเหตุ *OTR = Oxygen Transmission Rate

** WVTR = Water Vapor Transmission Rate

ที่มา: ดัดแปลงจาก Kadoya (1990)

6. การแปรรูปกล้วยและผลไม้แผ่น

6.1 การแปรรูปกล้วย

กล้วยเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีการปลูกในทางการค้าหลายประเทศ และมีบางส่วนที่ถูกปล่อยให้เน่าเสียเนื่องจากยังขาดวิธีการในการถนอม ทางเลือกหนึ่งที่มีเสถียรภาพคือ การอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งผลไม้ในระดับการค้าได้รับความสนใจเป็นพิเศษในการผลิตผลไม้แผ่น (Maskan *et al.*, 2002)

สำหรับการผลิตกล้วยเพื่อรับประทานภายในประเทศนั้น ส่วนใหญ่มักจะรับประทานผลสดหรือนำมาประกอบอาหารหวาน กล้วยน้ำว้าใช้ทำกล้วยเชื่อม กล้วยบวชชี กล้วยทอด กล้วยปิ้ง ขนมหกล้วย ข้าวต้มมัด ข้าวต้มจิ้ม การแปรรูปกล้วยที่สำคัญและทำกันทั่วไป เช่น การทำเป็นอาหารเหลว หรือเรียกว่า พิวรี (puree) การบรรจุกระป๋อง กล้วยตาก กล้วยฉาบ แห้งแข็ง แป้ง และกล้วยกวน ส่วนการแปรรูป ชนิดอื่นนั้นมีการทำกันบ้างในบางประเทศ เช่น การทำ flake ซึ่งคล้าย corn flake ใ้รับประทานเป็นอาหารเช้าแต่ไม่ค่อยมีการทำกัน สำหรับน้ำส้มไวน์ มีทำกันมากในแถบแอฟริกา และได้มีการศึกษาชนิดของกล้วยที่เหมาะสมในการทำไวน์โดยเฉพาะ (เบญจมาศ, 2545)

กล้วยน้ำว้านำมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ตั้งแต่ผลกล้วยดิบที่แก่จัดไปจนถึงผลกล้วยสุก ผลดิบนำมาทำแป้งกล้วย หรือทำกล้วยฉาบ ผลห่ามนำมาทำกล้วยปิ้งและกล้วยทอด ผลสุกนิยมนำมาบริโภคสด และแปรรูปเป็นกล้วยบด กล้วยตาก กล้วยอบ กล้วยกวน (เบญจมาศ, 2545) ผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากกล้วยน้ำว้า มีดังนี้ พายว และสายสาวท (2541) แป้งกล้วยทำจากผลกล้วยดิบซึ่งแก่เต็มที่แล้ว ปอกเปลือกลวกน้ำร้อนนาน 1 – 2 นาที เพื่อป้องกันกล้วยเปลี่ยนสี เนื่องจากยางกล้วย ฝางบางๆ จัดเรียงในถาด ฝึ่งให้แห้ง 1 – 2 วัน บดและร่อนผ่านตะแกรงตาถี่ๆ จนได้ผงแป้งละเอียด เก็บไว้ทำขนมต่างๆ เช่น ขนมหกล้วย ขนมห้วยฟู เป็นต้น กล้วยฉาบ ใช้ผลกล้วยดิบ ฝางบางๆ ฝึกลมไว้สักครู่ แล้วจึงนำลงทอดในน้ำมันพืช กล้วยปิ้งหรือกล้วยทับ ใช้กล้วยน้ำว้าที่แก่จัดนำมาปอกเปลือกปิ้งบนไฟถ่านร้อนปานกลางจนสุก นำมาทาบให้แบนแล้วชุบน้ำกะทิ ผสมน้ำตาล หรือ น้ำเกลือ นำมาอังไฟจนเกือบแห้ง กล้วยทอด ใช้กล้วยน้ำว้าแก่จัดมาปอกเปลือก ฝานตามยาวของผลกล้วย นำมาชุบด้วยแป้งข้าวเจ้าผสมน้ำกะทิ และมะพร้าวขูดหยาบ ทอดในน้ำมันที่ร้อนจัด ข้าวต้มมัด ใช้กล้วยน้ำว้าแก่จัดก่อนล้างสุกฝานครึ่งซีกตามยาว นำข้าวเหนียวมาผสมกับน้ำกะทิ น้ำตาล และเกลือเล็กน้อย แล้วกวนให้เข้ากันจนเกือบสุก เกลี่ยข้าวเหนียวบนใบตอง วางซีกผลกล้วยบนข้าวเหนียว และกลบด้วยข้าวเหนียวอีกครั้ง ม้วนพับหุ้มท้ายประกบคู่กัน มัดด้วย

เชือกกล้วยหรือตอก นำไปนึ่งจนข้าวเหนียวสุก กล้วยเชื่อม คือการนำกล้วยน้ำว้า ปอกเปลือกผ่าซีกตามยาวและตามขวางเป็น 4 ส่วน นำไปเชื่อมในน้ำเชื่อมที่ไม่เข้มข้น กล้วยตาก นิยมใช้กล้วยน้ำว้าที่สุกงอมแล้ว ปอกเปลือกนำไปตากแดด เครื่องดื่มกล้วยน้ำว้าใช้กล้วยน้ำว้าสุกบดละเอียด ผสมกับน้ำตาลทรายที่ละลายในน้ำต้มเดือด กรองใส่ตะกวด แล้วต้มให้เดือดอีกครั้ง แต่งรสด้วยน้ำมะนาวและเกลือ กล้วยกวนทำจากกล้วยสุกงอมยีจนละเอียดกับน้ำตาล น้ำกะทิ กวนในกระทะทองเหลืองโดยใช้ไฟอ่อนจนสุกเหนียว ปั้นเป็นก้อน หรือใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้รับประทานได้นาน

Maskan *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาอัตราการแห้งของกล้วย โดยใช้ความหนาของชิ้นกล้วยที่ 4.3, 7.4 และ 14 มิลลิเมตร อบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นสุดท้ายใกล้เคียงกันพบว่าใช้เวลาในการอบ 482, 610 และ 777 นาทีตามลำดับ และอัตราการแห้งสูงในช่วงแรกที่มีความหนาของชิ้นกล้วยที่น้อยสุด

Dandamrongrak *et al.* (2002) ได้ศึกษาวิธีการปฏิบัติกับกล้วยสุกในระยะที่ 7 ก่อนการอบแห้ง 4 วิธีได้แก่ การลวกในน้ำร้อน 3 นาที การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส การแช่แข็งที่อุณหภูมิ -34 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงก่อนการแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส และใช้วิธีการลวกร่วมกับการแช่แข็งจากนั้นบรรจุภาชนะที่เจาะรูนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าวิธีการแช่แข็ง และการใช้วิธีลวกร่วมกับการแช่แข็งช่วยส่งเสริมอัตราการแห้งของกล้วย เนื่องจากทำให้เซลล์ของกล้วยแตกออกจากกัน ทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน

เบญจพร (2541) ได้ศึกษาสภาวะการผลิตพิริกกล้วยจากกล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้าขาว โดยลวกกล้วยทั้งผลในไอน้ำจนมีอุณหภูมิถึงกลางผล 87 องศาเซลเซียส จากนั้นแช่กล้วยที่ปอกเปลือกแล้วในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ร้อยละ 0.25 นาน 3 นาที แล้วนำไปบดแยกกากและเมล็ดออกบรรจุกระป๋อง ปิดฝาลึก และต้มฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 30 นาที ทำให้เย็น ซึ่งมีการใช้ประโยชน์พิริกกล้วยทั้ง 3 ชนิดไปผลิตเครื่องดื่มเนคต้า (สุพร, 2544) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยกวน โดยใช้กล้วยน้ำว้า 3 ชนิดคือ กล้วยน้ำว้าขาว กล้วยน้ำว้าเหลือง และกล้วยน้ำว้าแดง พบว่ากล้วยกวนที่ทำจากกล้วยน้ำว้าเหลืองได้รับความชอบทางด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงสุด สูตรกล้วยกวนที่เหมาะสมคือ กล้วยร้อยละ 72.92 กะทิร้อยละ 8.33 น้ำตาลทรายร้อยละ 14.58 และแอมะแซร้อยละ 4.17

6.2 ผลไม้แผ่น

ผลไม้แผ่น คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ตีป่นให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำให้เป็นแผ่น บางก่อนนำไปผ่านกระบวนการทำแห้ง (อนุวัตร, 2546) หรือจากการอบเป็นชั้นบาง ๆ ของผลไม้ พิวรี (Kendall and Sofos, 2000) ผลไม้ในประเทศไทยหลายชนิดสามารถนำมาทำผลไม้แผ่นได้ เช่น มะม่วง กุ้ง ทุเรียน ขนุน มะละกอ และสตรอเบอร์รี่ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถเติมรสชาติต่าง ๆ ลงในผลไม้แผ่นได้โดยกระทำในขั้นตอนการตีป่นก่อนที่จะทำแห้ง (อนุวัตร, 2546)

ตารางที่ 9 ความหนาและองค์ประกอบของผลไม้แผ่นที่ผลิตจากผลไม้ชนิดต่างๆ

ความหนา และองค์ประกอบ	ชนิดของผลไม้			
	มะม่วง	ทุเรียน	แอปเปิ้ล	องุ่น
ความหนา (มิลลิเมตร)	0.5	1.4	1.1	0.6
ความชื้น (ร้อยละ)	14.3	19.5	17.3	11.3
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	83.4	79.0	80.1	87.6
ปริมาณกรด (ร้อยละ)	0.2	2.3	6.2	0.7
โปรตีน (ร้อยละ)	2.0	2.0	1.9	4.1
เถ้า (ร้อยละ)	1.4	1.6	3.5	1.6
ไขมัน (ร้อยละ)	0.4	0.1	2.6	0.6

ที่มา: Eksi and Artik (1984)

6.2.1 ขั้นตอนการผลิตผลไม้แผ่น

การผลิตผลไม้แผ่นทำได้โดย เลือกผลไม้ที่สุก ล้างน้ำ ตัดส่วนที่เสียออก ผลไม้พวก แอปเปิ้ล ส้ม พืช ลูกแพร์ และมะเขือเทศใช้วิธีปอกเปลือกออก ส่วนผลไม้ที่มีเมล็ด และแกน ต้องนำเมล็ดออกเช่น องุ่น หั่นผลไม้เป็นชิ้นแล้วนำไปนึ่งเป็นเวลา 15–20 นาที จนกระทั่งผลไม้นุ่ม ปั่นด้วยเครื่อง เติมส่วนผสม เช่น น้ำตาล น้ำอ้อย หรือน้ำผึ้งกระจายผลไม้ที่ผ่านการปั่นให้เป็นแผ่น จนทั่วภาชนะที่ทำด้วยน้ำมันพืชหรือหุ้มด้วยพลาสติก ทำให้แห้งด้วยตู้อบ ใช้เวลาในการอบ 4–10 ชั่วโมง ลักษณะของผลไม้แผ่นที่แห้งจะใส และติดเมื่อสัมผัสด้วยมือ วิธีการเก็บรักษาคือ ห่อด้วยพลาสติก กระดาษไข หรือตัดเป็นชิ้นละ 1 นิ้วตามยาวบรรจุในถุงพลาสติก ขวดแก้ว หรือภาชนะ

บรรจุอื่น ๆ ปิดฝาภาชนะให้สนิท หากผลไม้แผ่นแห้งไม่เต็มที่อาจเหนียวหนืด หรือเกิดการเจริญของเชื้อราระหว่างการเก็บ สามารถเก็บได้นานประมาณ 1 ปี เมื่อเก็บแบบแช่แข็ง เก็บได้หลายเดือนในตู้เย็น และ 1-2 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (Kendall and Sofos, 2000) ผลไม้แผ่นเป็นที่นิยมของชาวอเมริกาเหนือ ผลไม้แผ่นที่ทำในโรงงานโดยการดึงน้ำออกจากผลไม้พริวจนกระทั่งแห้งเป็นแผ่น สามารถทำจากผลไม้ต่าง ๆ ได้หลายชนิดเช่น กีวี กล้วย และมันเทศ (Balalola *et al.*, 2002) การผสมกันของผลไม้ไม่สามารถทำได้ กล้วยสุกใช้เป็นส่วนประกอบในผลไม้แผ่น และให้เนื้อกับผลไม้พริวจีนที่เนื้อกระจายตัวกัน เช่น องุ่น (Susan and Gavranich, 1994) ในการทำผลไม้แผ่นมีการผสมกล้วยที่ยังสุกไม่มากลงไปเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต ทำให้ความหนาแน่นสูงขึ้นลดเวลาในการอบแห้งลง กล้วยมีความเป็นกรดต่ำ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลภายหลังการปอกเปลือก และหั่น หลังการปอกเปลือกควรจุ่มลงในน้ำที่มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 400 ppm จะช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

นิรนาม (2548) กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านแห ตั้งอยู่เลขที่ 55 หมู่ 2 ตำบล บ้านแห อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง มีวิธีการผลิตกล้วยอบแผ่นม้วน เริ่มจากการเลือกกล้วยก่อน จะใช้กล้วยน้ำว้ามะลิองค์ที่แก่จัดและนำมาเรียงไว้บนชั้นวางกล้วย ไว้ประมาณ 4-5 วัน จนกล้วยสุกงอม หยิบหลุดออกจากหวี เปลือกจะบาง กลิ่นจะหอมมากในโรงบ่ม จึงนำออกมาปอกเปลือก แช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ทำการผ่าครึ่ง หลังจากนั้น ก็จะทับกล้วยด้วยวิธีดั้งเดิม คือเป็นไม้ทับกล้วย ต้องมีถุงพลาสติกกรองไม่ให้กล้วยติดไม้ ทับจนแบนและ นำกล้วยที่ทับแล้วพร้อมกับถุงพลาสติกที่รองออกจากไม้ทับกล้วยมาวางเรียงในถาด ตกแต่งให้สวยงาม ถาดละ 30 ลูก นำไปเข้าตู้อบ ความร้อน 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงนำออกมาพักไว้ 1 คืน พอรุ่งเช้าถึงนำมาแชะกลับด้าน นำใส่ถาดตะแกรง อบอีกครั้ง ความร้อน 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ทั้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ลังเพื่อนำส่งต่อไปบรรจุ

6.2.2 การพัฒนาผลไม้แผ่น

อนุวัตร (2546) ทำการพัฒนาผลไม้แผ่น โดยได้นำความรู้เกี่ยวกับการทำแผ่นฟิล์มรับประทานได้มาประยุกต์ปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาผลไม้ส่วนเกินที่ตลาดไม่ต้องการหรือเหลือทิ้ง การแปรรูปผลไม้โดยใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน เช่น อบแห้งแล้วทำให้เป็นแผ่นสามารถที่จะช่วยลดการสูญเสีย และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ ประกอบกับผู้บริโภคนิยมรับประทานผลไม้แผ่นผสมในรูปแบบของขนมขบเคี้ยวเป็นอย่างมาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นเป็นโอกาสที่ดีจะกระตุ้นเศรษฐกิจได้ และเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกร ทั้งผู้ประกอบการ SMEs ได้ทางหนึ่ง

อย่างไรตามการแปรรูปในรูปของผลไม้แผ่นนั้น มีการศึกษาและพัฒนาอย่างจำกัด ทั้งในเรื่องของ ชนิดของผลไม้ รูปแบบของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีการผลิต รวมทั้งภาชนะบรรจุ ถ้ามีการพัฒนาผลไม้ แผ่นให้อยู่ในรูปที่สนองตอบความต้องการของผู้บริโภคได้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจะเป็นอีกทางเลือก หนึ่งที่ยังมีโอกาสทางการตลาดภายในประเทศ และตลาดต่างประเทศ

สำหรับผลไม้ที่ได้ทำการพัฒนาผลไม้แผ่นมีหลายชนิดด้วยกันคือ ทูเรียนแผ่น กัลยแผ่น ขนุนแผ่น กระเจี๊ยบแผ่น มะละกอแผ่น และผลไม้แผ่นต่างๆ ซึ่งในการทำวิจัยนี้ได้ ถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวให้กับ บริษัท วิมิคซ์ ยูนิเวอร์เซลล์ จำกัด ในการทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ ดัชนีแบบ รวมทั้งขยายกำลังการผลิตจากระดับห้องปฏิบัติการเป็นระดับกึ่งอุตสาหกรรม พัฒนา รูปแบบของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุ ทดสอบตลาดโดยการวางจำหน่ายจริงในท้องตลาดโดยใช้ชื่อ ทางการค้าว่า "ชิมิกซ์" (อนุวัตร, 2546) นำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม ในเบื้องต้นได้ทดลองนำ ผลไม้ไทย 4 ชนิด มาทำการผลิต ได้แก่ สตรอเบอรี่ องุ่น ส้ม พันซ์ (สับปะรด มะละกอ กัลย) ใช้ชื่อ ทางการค้าว่า "ชิมิกซ์" ส่วนผลไม้ตัวต่อไปที่จะนำมาผลิตก็คือ ทูเรียน กัลย มะม่วง และมังคุด โดยมีเป้าหมายเพื่อการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ

เพ็ชรดา (2547) พัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์กัลยแผ่นด้วยวิธี Mixture Design พบว่าสูตรที่มีส่วนผสมของกัลยหอมร้อยละ 71.43 กลูโคสซีรัป และน้ำตาลทรายร้อยละ 7.84 น้ำร้อยละ 10.71 และแป้งสาลีร้อยละ 2.18 นั้นได้รับคะแนนความชอบในทุก ๆ คุณลักษณะ แตกต่างกับสูตรอื่น ๆ โดยได้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 7.36 และ 7.18 ตามลำดับ จากการทดสอบการยอมรับผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้คะแนน ความชอบผลิตภัณฑ์กัลยหอมแผ่นในคุณลักษณะสีเท่ากับ 6.01 ความหวาน 6.64 รสชาติรวม 7.12 กลิ่นรสกัลย 7.18 ความเหนียว 6.04 และความชอบรวมเท่ากับ 7.08 การประเมินอายุการเก็บของ ผลิตภัณฑ์กัลยแผ่นที่บรรจุของ OPP ที่เก็บอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) สามารถเก็บ ได้นาน 125 วัน ส่วนผลิตภัณฑ์กัลยแผ่นที่บรรจุของลามิเนตที่สามารถเก็บได้นาน 240 วัน

โกสิต (2544) พัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากกัลย โดยใช้กัลยน้ำว่าเนื่องจาก ง่าย และมีราคาถูก ในการพัฒนากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตกัลยแผ่นคือ การแช่ กัลยใน 0.1 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นเวลา 15 นาที นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 88-90 องศา เซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำไปปั่นละเอียดรวมกับมอลโตเดรกซ์ทริน ละลายน้ำแล้วกวนที่ไฟ อ่อนนาน 5 นาที เทลงถาดขนาด 16x22 ตารางเซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15

ชั่วโมง ซึ่งสูตรที่เหมาะสมของกล้วยแผ่นประกอบด้วย กล้วยน้ำว้าใส่ขาวสุกอมร้อยละ 50.0 มอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 7.5 และน้ำตาลอ้อยร้อยละ 42.5 ของน้ำหนักวัตถุดิบรวมทั้งหมด

โกสิต และอนุวัตร (2545) พัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum*, Linn.) จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับกล้วยแผ่นพบว่า การแช่กล้วยในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 0.1 นาน 15 นาที แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 95–100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำไปปั่นละเอียดรวมกับมอลโตเดกซ์ทริน นาน 5 นาที แล้วกวนที่ไฟอ่อน (60–70 องศาเซลเซียส) 5 นาที เทลงถาดขนาด 16x22 ตารางเซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง

จิระพา (2540) ใช้ขนุนพันธุ์ทองสุกใจในการพัฒนาเป็นผลขนุนแผ่น โดยแยกเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากขนุน และซังขนุน ส่วนประกอบที่ใช้ได้แก่ขนุน (เนื้อ หรือซังขนุน) น้ำตาลทราย กลูโคส กรดซิตริก โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ กรดซอร์บิก เกลือละเอียด และน้ำ กรรมวิธีการผลิตคือนำขนุนหรือซังขนุนล้างและล้างให้สะอาด ต้มในน้ำเดือด 30 นาที นำไปบดให้ละเอียด เติมน้ำตาล โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ กรดซอร์บิก และกรดซิตริกเพื่อให้ละลาย ยกตั้งไฟ เติมน้ำตาลทราย กลูโคส และเกลือละเอียด กวนจนได้ที่ เทใส่ถาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อขนุนมีความสว่าง (L^*) 45.33 สีแดง (a^*) -0.70 และสีเหลือง (b^*) 21.6 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากซังขนุนมีค่าออร์เอดิวิตี 0.602 มีความสว่าง (L^*) 45.33 สีแดง (a^*) 0.23 และสีเหลือง (b^*) 11.8

Maskan *et al.* (2002) ทำการศึกษาลักษณะการแห้งของงุ่นแผ่นเมื่ออบด้วยลมร้อนที่ความหนาต่าง ๆ กัน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส และความหนาที่ทำการศึกษาคือ 0.71, 1.53 และ 2.86 มิลลิเมตร ภายหลังการผสมส่วนผสมให้เข้ากัน และต้มเป็นเวลา 4 นาที กระจายให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรบนผ้า (Cloth) วัดความหนา 6 จุดด้วยไมโครมิเตอร์ ภายหลังการอบแห้งพบว่า การอบที่อุณหภูมิสูง (65 และ 75 องศาเซลเซียส) และแผ่นที่บางทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งอย่างรวดเร็ว ต่อมา Singh and Khanna (2002) ศึกษาอิทธิพลของ skim milk powder, soy protein concentrate และ sucrose ที่มีต่อการยอมรับมะม่วงแผ่น อัตราส่วนของส่วนผสมแต่ละชนิดคือร้อยละ 0, 4.5 และ 9 จากการทดสอบการยอมรับพบว่ามะม่วงแผ่นที่มีส่วนผสมของ skim milk powder 4.5 และ sucrose 4.5 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด

สุสติ (2546) พัฒนาผลิตภัณฑ์มะละกอแผ่นจากมะละกอพันธุ์แขกดำ จากมะละกอร้อยละ 84.83 โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 0.08 สับปะรดร้อยละ 10 วิธีการผลิตโดยการนำเนื้อของมะละกอ สับปะรด ไปนึ่งแล้วปั่นให้ละเอียด เติมน้ำตาล และโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ กวนในกระทะทองเหลืองจับเวลาหลังอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7.50 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มะละกอแผ่นที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.65 จุลินทรีย์ทั้งหมด 30,000 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และรา 2,200 โคโลนีต่อกรัม จากการทดสอบความชอบได้รับคะแนนความชอบรวม 7.12 ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ธรรมธิดา (2542) ศึกษาสูตร และกระบวนการผลิตทุเรียนแผ่น เริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบที่เหมาะสมคือ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ค่าวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมารับคือ 0.6 จากการพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ได้สูตรที่เหมาะสมคือสูตรที่มีเนื้อทุเรียน น้ำตาลทรายร้อยละ 7 โดยสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่ใช้คือโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1 โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร้อยละ 0.1 (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเนื้อทุเรียน) ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าได้รับคะแนนความชอบปานกลาง อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงอูมิเนียมฟอลด์ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส พบว่ามีอายุการเก็บประมาณ 4 สัปดาห์

7. กลิ่นหืน

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชและกล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองไว้ระยะเวลาหนึ่งอาจเกิดกลิ่นหืนได้ เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ซึ่งได้จากเมล็ดธัญพืชและน้ำมันจากกะทิเป็นส่วนใหญ่ การหืนของไขมันและน้ำมันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

7.1 การหืนที่เกิดจากการแยกสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis rancidity) เกิดขึ้นจากไขมันมีน้ำอยู่ด้วย บางครั้งอาจมีสาเหตุจากความร้อน ความเป็นกรดค้าง หรือจากเอนไซม์ที่ย่อยสลายไขมันซึ่งมีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ หรือเอนไซม์ที่ผลิตจุลินทรีย์ (Peterson and Johnson, 1978)

7.2 การหืนที่เกิดจากสารคีโตน (Ketonic rancidity) เกิดจากการกระทำของเชื้อราได้ สารคีโตนซึ่งมีกลิ่นคล้ายน้ำหอม และการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนไม่ค่อยมีปัญหาใน น้ำมันมะพร้าว เพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อย (ศิริวรรณ, 2531)

7.3 การหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (Oxidative rancidity) การหืนของน้ำมันมะพร้าวของผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันมะพร้าวประกอบอยู่ มีลักษณะแตกต่างจากน้ำมันพืชอื่นๆ ซึ่งเข้าใจกันว่าเป็นกลิ่นของกรดไขมันอิสระ โมเลกุลสั้นๆ ที่ได้จากการแยกสลายด้วยน้ำ จะมีกลิ่นรสสบู่ของกรด Myristic เค้นชัดที่สุด (ศิริวรรณ, 2531)

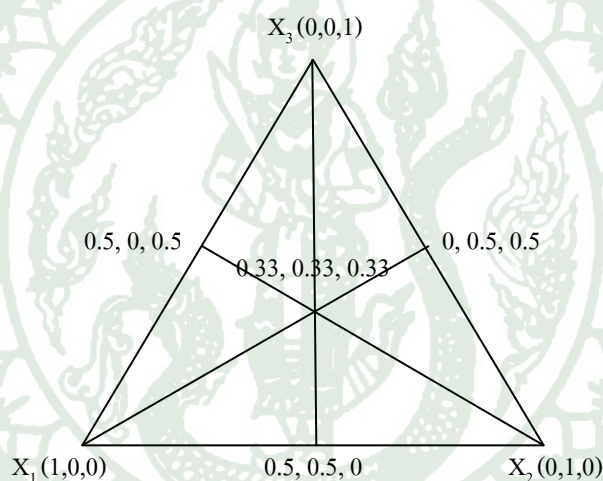
McGraw-Hill (1971) การป้องกันการหืนของไขมันและอาหารที่มีไขมันสามารถทำได้โดยบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและทึบแสง ป้องกันการเติมออกซิเจนและการได้รับแสงสว่างซึ่งเร่งปฏิกิริยาการหืน ป้องกันไม่ให้อาหารสัมผัสกับโลหะ เช่น ทองแดงและเหล็ก ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาลดความชื้นในอาหารให้ต่ำลง และเก็บในที่มืดอุณหภูมิต่ำ

8. การทดสอบผู้บริโภค (consumer test)

การทดสอบผู้บริโภคเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวนตัวแทนผู้บริโภคที่จะประเมินผลผลิตภัณฑ์ (consumer panel) จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับผู้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ (ศิริลักษณ์, 2533) การทดสอบผู้บริโภคในขั้นสุดท้าย เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์ในสภาพที่ควรจะเป็นปรกติ โดยมีตัวแทนประชากรเชิงสถิติที่เลือกจากประชากรทั้งหมดในตลาด เพื่อเป็นเครื่องชี้ที่เหมาะสมในแง่ความคิด และลักษณะผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในตลาดจริง ขั้นการทดสอบนี้อาจเป็นแบบ central location test ซึ่งผู้บริโภคทั้งหมดจะถูกกำหนดให้รวมตัวกันที่หนึ่ง เพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ภายใต้การดูแล และควบคุมของผู้ดำเนินการทดสอบ หรืออาจเป็นการทดสอบแบบ home use test ซึ่งผลิตภัณฑ์จะถูกใช้ให้กับผู้บริโภค เพื่อประเมินในวิธีทางที่ปรกติผู้บริโภคเหล่านั้นใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจริงตามบ้าน โดยเห็นปรกติวิสัยของการใช้ซึ่งอาจจะอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ก็ได้ระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (ไพโรจน์, 2539) การทดสอบผู้บริโภคควรมีความเข้าใจถึงความรู้สึกผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ได้เป็นความรู้สึกของผู้บริโภคจากใจจริง โดยจะไม่สามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะในส่วนลึกของผลิตภัณฑ์ได้ ผู้บริโภคจะเรียนรู้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ที่พบเห็น หรืออาศัยประสบการณ์จากอดีต จึงจำเป็นต้องใช้ผู้บริโภคจำนวนมากเพื่อให้ได้ค่าสรุปและผลในการวิเคราะห์สุดท้าย (ศิริวรรณ และคณะ, 2537)

9. แผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design)

อนุวัตร (2549) แผนการทดลองแบบผสมเป็นเทคนิคซึ่งเหมาะสำหรับการพัฒนาสูตร เนื่องจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลไม่เหมาะสมเมื่อส่วนประกอบมากกว่า 1 ชนิด แผนการทดลองแบบผสม อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อส่วนผสมใดเปลี่ยน ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย โดยที่ผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดรวมกันเท่ากับ 1.0 หรือ 100% ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบในแผนการทดลองแบบผสมชนิดที่มีส่วนประกอบ 3 ชนิด สามารถแสดงโดยใช้ระบบแกนเส้นตรง 3 เส้น (trilinear coordinate system) ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยที่จุดยอดของแกนแต่ละแกนมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 100% ส่วนปลายที่ตั้งฉากกับฐานจะมีค่าเท่ากับ 0



ภาพที่ 7 Trilinear coordinate system ที่ใช้ในแผนการทดลองแบบ Mixture design

ที่มา: อนุวัตร (2549)

แผนการทดลองแบบผสมสามารถสร้างได้ 2 วิธี คือ

9.1. แผนอย่างง่ายโดยการพิจารณาข้อจำกัดในส่วนประกอบว่ามีข้อกำหนดสูงต่ำได้เท่าไร แล้วนำมาสร้างพื้นที่ที่เป็นไปได้สำหรับข้อกำหนดของส่วนประกอบทุกตัว หลังจากนั้นจะกำหนดสิ่งทดลองโดยนิยามกำหนดสูตรที่ใช้ส่วนประกอบน้อยและมากที่สุด (มักอยู่ตรงบริเวณมุมของพื้นที่ที่เป็นไปได้) และมักเลือกสูตรที่มีส่วนประกอบทุกตัวในปริมาณเท่ากัน (มักอยู่ตรงกลางของพื้นที่ที่เป็นไปได้)

9.2. จากแผนการทดลองมาตรฐาน ซึ่งมักนิยามกำหนดสิ่งทดลองให้เป็นไปตามรูปร่างที่สมมาตรของรูปทรงเรขาคณิต เช่น แผนการทดลองแบบซิมเพลก (Simplex design) ซึ่งกำหนดที่จุดยอดของสามเหลี่ยมและจุดมัธยฐาน



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 กล้วยน้ำว้าไส้ขาว (ตลาดศรีสุข)
- 1.2 แป้งกล้วย (ผลิตตามกรรมวิธีในภาคผนวก ข)
- 1.3 น้ำกลั่น
- 1.4 โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (บริษัทสยามเวย์ จำกัด)
- 1.5 เมล็ดธัญพืช ได้แก่ เมล็ดทานตะวัน (กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเขื่อนป่าสัก)
งาขาวและงาดำ (เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด) และเมล็ดฟักทอง (ฟลาวเวอร์ฟู้ด)
- 1.6 น้ำตาลทราย (สินธุ์)
- 1.7 น้ำกะทิ (ชาวเกาะ)
- 1.8 น้ำมันพืช (องุ่น)

2. สารเคมี

- 2.1 โซเดียมคลอไรด์ (นกอินทรี)
- 2.2 โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (บริษัทวิทยาศาสตร์ จำกัด)
- 2.3 กรดซิตริก (บริษัทวิทยาศาสตร์ จำกัด)
- 2.4 กรดแอสคอร์บิก (บริษัทวิทยาศาสตร์ จำกัด)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 ตู้อบแห้งแบบลมร้อน (Fujitsu Thailand Co., LTD)
- 3.2 เครื่องรีดแผ่นและให้ความร้อน
- 3.3 เทอร์โมคัปเปิล (FLUKE 51)
- 3.4 เครื่องบด Hammer mill (Retsch GmbH 5657 HAAN, WEST-GERMANY)
- 3.5 เครื่องปั่น blender (Philip)

- 3.6 เตาแก๊ส
- 3.7 อุปกรณ์ชั่ง ตวง
- 3.8 อุปกรณ์พับกล้วย
- 3.9 ถาดอะลูมิเนียม
- 3.10 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (OSKON Co., Ltd รุ่น MTD – 045ND)
- 3.11 เครื่องชั่งหยابและเครื่องชั่งละเอียด (Ohaus Corp. Pine Brook, NJ, USA)
- 3.12 นาฬิกาจับเวลา
- 3.13 ภาชนะหาความชื้น (Moisture can)
- 3.14 โถดูดความชื้น (Desicator)
- 3.15 ถูพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน, โพลีเอทิลีน และลามิเนต (TTB Industry Co., Ltd)

4. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 4.1.1 เครื่องวัดสี (Konica Minalta, Chroma Meter CR 400)
- 4.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Universal Testing Machine, Instron 5569)
- 4.1.3 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Charpa Techcenter Co., Ltd)
- 4.1.4 Vernier caliper ขนาด 150 x 0.02 mm

4.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- 4.2.1 ห้องทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
- 4.2.2 แบบสอบถาม

5. อุปกรณ์ในการประมวลผล

- 5.1 คอมพิวเตอร์
- 5.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 11.5
- 5.3 โปรแกรม Statistica เวอร์ชัน 5

วิธีการ

1. การปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยอบแห้งแบบแผ่น

1.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง

1.1.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของกล้วยแผ่นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ

กล้วยที่ใช้ในการศึกษาเป็นกล้วยน้ำว้าใส่ขาวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 26 – 28 องศาบริกซ์ โดยวัดค่าดังกล่าวด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ภาคผนวก จ) ทำการแปรรูปเป็นกล้วยแผ่นด้วยการนำกล้วยน้ำว้าใส่ขาวมาปอกเปลือกและลอกใยออก วางกล้วยในถุงโพลีโพรพิลีนแล้วทับให้เนื้อแตกด้วยอุปกรณ์ทับกล้วย แล้วยกกล้วยให้เป็นแผ่นบางหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร ขนาด 9x12 ตารางเซนติเมตร บนถาดอะลูมิเนียม นำกล้วยแผ่นที่ได้ไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ ชั่วโมง ในช่วงเวลาที่กล้วยแผ่นอยู่ในตู้อบลมร้อนเพื่อหาความชื้นมาตรฐานเปียกและวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (ภาคผนวก จ) โดยทดลองจำนวน 3 ซ้ำในการหาความชื้นมาตรฐานเปียกในแต่ละอุณหภูมิและการหาค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส อบจนความชื้นสุดท้ายคงที่ นำค่าที่ได้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นกับเวลาในการอบ เพื่อนำไปศึกษาอิทธิพลของความชื้นของกล้วยแผ่นต่อความชอบของผู้บริโภค และอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยแผ่น ความชื้นมาตรฐานเปียกของกล้วยแผ่นหาได้จากสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \quad \dots(1)$$

1.1.2 การศึกษาอิทธิพลของความชื้นของกล้วยแผ่นต่อความชอบของผู้บริโภค

เตรียมกล้วยแผ่นตามวิธีข้อ 1.1.1 นำกล้วยแผ่นที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกล้วยแผ่นมีความชื้นที่ให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ต่างกัน 4 ค่า คือ 0.65, 0.60, 0.55 และ 0.50 ซึ่งเป็นระดับที่มีการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ยาก (Robson, 1976) โดยใช้ระยะเวลาการอบแห้งตามกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของกล้วยแผ่นกับเวลาในการอบแห้ง และความชื้นของกล้วยแผ่นกับค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ตามวิธีข้อ 1.1.1 เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีตามต้องการ นำกล้วยแผ่นที่ได้มาทดสอบความชอบด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่างกัน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการหาความชอบ (hedonic test) ใช้ระดับคะแนนเป็น 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากเป็นพิเศษ และ 9 หมายถึง ชอบมากเป็นพิเศษ คัดเลือกความชื้นของกล้วยแผ่นที่ได้คะแนนความชอบสูงสุดจากผลการทดสอบความชอบด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่น มากำหนดเป็นความชื้นสุดท้ายสำหรับการอบแห้งกล้วยแผ่นในการทดลองข้อ 1.1.3

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยมีบล็อกคือ ผู้บริโภค ปัจจัยคือ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

1.1.3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยแผ่น

เตรียมกล้วยแผ่นตามวิธีข้อ 1.1.1 นำกล้วยแผ่นที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิแบบ 2 อุณหภูมิร่วมกัน คือ 70 และ 60, 65 และ 55 และ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้อุณหภูมิช่วงแรกสูงกว่าช่วงที่สองและอบต่อเนื่องกัน เวลาการอบแห้งในช่วงแรกหาได้จากเวลาในการอบกล้วยแผ่นตั้งแต่กล้วยแผ่นมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเริ่มต้นจนกระทั่งค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับจุดเปลี่ยนความชื้น ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนอุณหภูมิของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่อุณหภูมินั้นๆ ตามการทดลองข้อ 1.1.1 จากนั้นจึงหาเวลาในการอบแห้งกล้วยแผ่นที่มีความชื้นที่จุดเปลี่ยนอุณหภูมิจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมินั้นๆ ตามการทดลองข้อ 1.1.1 เวลาการอบแห้งในช่วงที่สองจะใช้เวลาตั้งแต่เริ่มอบต่อจากเวลาในช่วงแรกจนกระทั่งความชื้นในกล้วยแผ่น มีค่าเท่ากับความชื้นสุดท้ายจากการทดลองข้อ

1.1.2 นำกล้วยแผ่นที่ได้มาตรวจคุณภาพด้านสีด้วยเครื่องวัดสี (ภาคผนวก ฉ) เลือกสภาวะการอบแห้งกล้วยแผ่นที่ทำให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (Total color difference, ΔE) มีค่าต่ำที่สุด ความแตกต่างของค่าสีที่แสดงด้วยค่า ΔE คำนวณได้จากสมการที่ 2 ซึ่งพบว่าถ้ากล้วยแผ่นมีความแตกต่างของ ΔE มาก แสดงว่ากล้วยแผ่นเกิดสีน้ำตาลคล้ำขึ้นมาก (Maskan, 2000)

$$\Delta E = [(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2]^{1/2} \quad \dots(2)$$

โดย L_0^* = ค่า L^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเริ่มต้น

L^* = ค่า L^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเก็บรักษา

a_0^* = ค่า a^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเริ่มต้น

a^* = ค่า a^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเก็บรักษา

b_0^* = ค่า b^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเริ่มต้น

b^* = ค่า b^* ของกล้วยแผ่นอบ ณ เวลาเก็บรักษา

วางแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์แบบแฟกทอเรียล (Complete Randomized Factorial Design, CRD) โดยมีปัจจัยคือ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีและค่าสี ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสีด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

1.2 การศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่น

1.2.1 การศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารเคมีในการลดการเกิดสีน้ำตาล

นำกล้วยน้ำว้าใส่ขาว (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 26 – 28 องศาบริกซ์) มาปอกเปลือกและลอกใยออก แช่ด้วยสารละลาย 4 ชนิด คือ NaCl, โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก ซึ่งแต่ละชนิดมีความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 500, 1000 และ 1500 ppm แช่ในสารละลายดังกล่าว 2 นาที และแช่ในน้ำกลั่น 1 นาที วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำและวางในถุงโพลีโพรพิลีน ทับให้เนื้อแตกด้วยอุปกรณ์ทับกล้วย เกลี่ยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร บนถาดอะลูมิเนียม นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองข้อ 1.1 เก็บรักษากล้วยแผ่นไว้ที่อุณหภูมิห้อง และนำกล้วยแผ่นไปตรวจคุณภาพด้านสีด้วยเครื่องวัดสีทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 11 สัปดาห์ เลือกสารละลายที่เหมาะสมในการทำกล้วยแผ่น

เกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุด โดยเลือกสภาวะที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (Total color difference, ΔE) ที่มีค่าต่ำที่สุดในแต่ละสัปดาห์เป็นจำนวนมากที่สุด ค่า ΔE คำนวณได้จากสมการที่ 2

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยมีบล็อกคือ ระยะเวลาการเก็บ ปัจจัยคือ ชนิดและความเข้มข้นของสารละลาย ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

1.2.2 การศึกษาวิธีทางกายภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาล

นำกล้วยน้ำว้าใส่ขาว (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 26–28 องศาบริกซ์) มาปอกเปลือกและลอกใยออก ลวกกล้วยด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 นาที (จากการทดลอง ถ้าใช้เวลา นานกว่านี้ กล้วยมีลักษณะเนื้อเปื่อยยุ่ย นิ่มมากเกินไป) วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำและวางในถุงโพลีโพรพิลีน ทบให้เนื้อแตกด้วยอุปกรณ์ทบกล้วย เกลี่ยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร บนถาดอะลูมิเนียม นำมาอบตามกระบวนการวางแผนการทดลอง เก็บรักษากล้วยแผ่นไว้ที่อุณหภูมิห้อง และนำกล้วยแผ่นไปตรวจคุณภาพด้านสีด้วยเครื่องวัดสีทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 11 สัปดาห์ เช่นเดียวกับข้อ 1.2.1 เลือกระยะเวลาการลวกที่เหมาะสมในการทำให้กล้วยแผ่นเกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุด โดยเลือกสภาวะที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (Total color difference, ΔE) ที่มีค่าต่ำที่สุดในแต่ละสัปดาห์เป็นจำนวนมากที่สุด ค่า ΔE คำนวณได้จากสมการที่ 2

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยมีบล็อกคือ ระยะเวลาการเก็บ ปัจจัยคือ เวลาในการลวก ทำการทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

1.2.3 การเปรียบเทียบการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลระหว่างวิธีการใช้สารเคมีและวิธีทางกายภาพ

นำสภาวะของกล้วยแผ่นที่เกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุดจากข้อ 1.2.1 มาเปรียบเทียบกับ สภาวะของกล้วยแผ่นที่เกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุดจากข้อ 1.2.2 เลือกสภาวะที่เหมาะสมในการการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่น โดยเลือกสภาวะที่มีจำนวนสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามากที่สุดที่มีผลทำให้ค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์เดียวกันต่ำที่สุด

1.3 การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

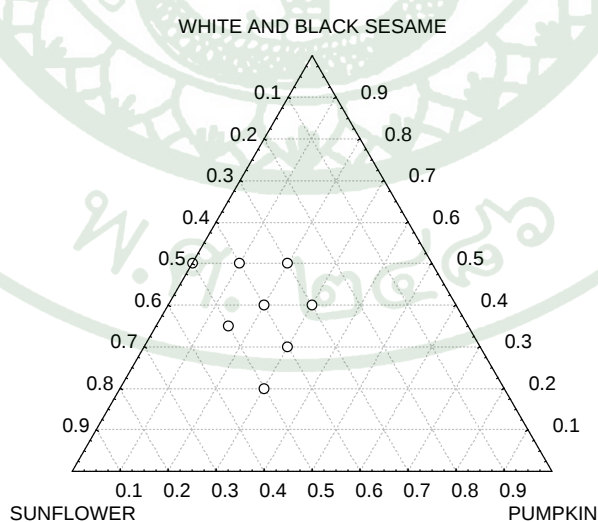
1.3.1 ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

ทำการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืช โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ระบบ Trilinear coordinate (Douglas, 2005) ภายใต้ข้อจำกัด เมล็ดทานตะวันอบร้อยละ 30 – 50 เมล็ดฟักทองร้อยละ 0 – 30 และเมล็ดงาดำและงาขาวในอัตราส่วนเท่ากันร้อยละ 20 – 50 ของน้ำหนักเมล็ดธัญพืชทั้งหมด ดังตารางที่ 10 และจัดตำแหน่งของสิ่งทดลองดังภาพที่ 8 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์คือการนำกล้วยน้ำว้าใส่ขาว (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 26 – 28 องศาบริกซ์) มาปอกเปลือกและลอกใยออก ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่ได้จากการทดลองข้อ 1.2.3 วางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำและวางในถุงโพลีโพรพิลีนทับให้เนื้อแตกด้วยอุปกรณ์ทับกล้วย เกี่ยให้เป็นแผ่นหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร บนถาดอะลูมิเนียม นำมาเสริมเมล็ดธัญพืชภายใต้ข้อจำกัดอัตราส่วนดังกล่าว โดยผสมและทำการโรยเมล็ดธัญพืชให้อยู่บนผิวหน้าของกล้วยแผ่น ซึ่งกำหนดให้ใช้อัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดธัญพืชรวมต่อน้ำหนักกล้วยแผ่นแต่ละสูตร (ตารางที่ 10) เป็น 0.1:1 นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองข้อ 1.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวม ในด้านอัตราส่วนระหว่างปริมาณเมล็ดธัญพืช โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการหาความชอบ (hedonic test) ใช้ระดับคะแนนเป็น 1 - 9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากเป็นพิเศษ และ 9 หมายถึง ชอบมากเป็นพิเศษ นำข้อมูลการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสไปทำ contour plot ร่วมกับการสร้างสมการรีเกรสชัน เพื่อเลือกอัตราส่วนระหว่างปริมาณเมล็ดธัญพืชที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) โดยมีบล็อกคือ สูตร ป้ายคือ คุณลักษณะความชอบด้านประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 10 อัตราส่วนของปริมาณเมล็ดทานตะวันอบ เมล็ดฟักทอง และ เมล็ดงาดำและงาขาว

สูตร	ปริมาณเมล็ดทานตะวันอบ (ร้อยละ)	ปริมาณเมล็ดฟักทอง (ร้อยละ)	ปริมาณเมล็ดงาดำและงาขาว (ร้อยละ)
1	50	30	20
2	50	10	35
3	50	0	50
4	40	30	30
5	40	20	40
6	40	10	50
7	30	30	40
8	30	20	50



ภาพที่ 8 ตำแหน่งของสิ่งทดลองวิธี Mixture Design ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบ เสิร์มชัยพีช

นำอัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชรวมที่ได้มาผสมและทำการโรยธัญพืชให้อยู่บนผิวหน้าของกล้วยแผ่น โดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชที่ได้ต่อกล้วยแผ่นในอัตราส่วน 0.2:1, 0.15:1, 0.1:1, 0.07:1 และ 0.05:1 โดยน้ำหนัก นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองข้อ 1.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาแบ่งเป็นชั้นๆ ขนาด 4 x 4 เซนติเมตร ตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการหาความชอบ (hedonic test) ใช้ระดับคะแนนเป็น 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากเป็นพิเศษ และ 9 หมายถึง ชอบมากเป็นพิเศษ เลือกอัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดธัญพืชรวมต่อน้ำหนักของกล้วยแผ่นที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) โดยมีบล็อกคือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่น ปัจจัยคือ คุณลักษณะความชอบด้านประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

1.3.2 ผลิตภัณฑ์แบบที่ 2

ก. การคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ โดยส่วนผสมที่ทำการศึกษา 4 ชนิด ได้แก่ แป้ง (แป้งสาลีและแป้งกล้วย ร้อยละ 15 และ 22.5 โดยมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยในแต่ละร้อยละของแป้งเป็น 0:1, 1:0, 1:1, 1:2 และ 2:1) โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (ร้อยละ 3 และ 6) น้ำตาลทราย (ร้อยละ 5.46, 8.46, 12.96 และ 15.96) โดยมีอัตราส่วนของกล้วยร้อยละ 20 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และ น้ำร้อยละ 18.39 ในอัตราคงที่ รวม 20 สูตร ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ร้อยละของชนิดและปริมาณของส่วนผสมที่ใช้ในการพัฒนากล้วยแผ่นกรอบ

สูตร	ส่วนผสม								
	กล้วย	แป้ง		SPI	น้ำตาลทราย	น้ำกะทิ	เกลือป่น	งาดำ	น้ำ
		แป้งสาลี	แป้งกล้วย						
1	20	0	15	3	15.96	25.46	0.52	1.67	18.39
2	20	0	15	6	12.96	25.46	0.52	1.67	18.39
3	20	0	22.5	3	8.46	25.46	0.52	1.67	18.39
4	20	0	22.5	6	5.46	25.46	0.52	1.67	18.39
5	20	15	0	3	15.96	25.46	0.52	1.67	18.39
6	20	15	0	6	12.96	25.46	0.52	1.67	18.39
7	20	22.5	0	3	8.46	25.46	0.52	1.67	18.39
8	20	22.5	0	6	5.46	25.46	0.52	1.67	18.39
9	20	7.5	7.5	3	15.96	25.46	0.52	1.67	18.39
10	20	7.5	7.5	6	12.96	25.46	0.52	1.67	18.39
11	20	11.25	11.25	3	8.46	25.46	0.52	1.67	18.39
12	20	11.25	11.25	6	5.46	25.46	0.52	1.67	18.39
13	20	5	10	3	15.96	25.46	0.52	1.67	18.39
14	20	5	10	6	12.96	25.46	0.52	1.67	18.39
15	20	7.5	15	3	8.46	25.46	0.52	1.67	18.39
16	20	7.5	15	6	5.46	25.46	0.52	1.67	18.39
17	20	10	5	3	15.96	25.46	0.52	1.67	18.39
18	20	10	5	6	12.96	25.46	0.52	1.67	18.39
19	20	15	7.5	3	8.46	25.46	0.52	1.67	18.39
20	20	15	7.5	6	5.46	25.46	0.52	1.67	18.39

หมายเหตุ SPI คือ โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

วิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยนำส่วนผสมในแต่ละสูตรเทลงบนเครื่องรีดแผ่นที่แผ่นความร้อนซึ่งเคลือบด้วยน้ำมันพืชและปรับอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส หนึบแผ่นความร้อนเข้ากันเป็นเวลา 50 วินาที เปิดแผ่นความร้อนออก ม้วนกล้วยแผ่นขณะที่ยังร้อนอยู่ทันที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวัดค่าอุณหภูมิแอดคิวิตี วัดเนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่างาน พร้อมทั้ง

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบ ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหาความชอบ (hedonic test) ใช้ระดับคะแนนเป็น 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากเป็นพิเศษ และ 9 หมายถึง ชอบมากเป็นพิเศษ กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี เนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่างาน โดยมีบล็อกคือ สูตร ปัจจัยคือค่าวอเตอร์แอกติวิตี เนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่างาน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าแรงกดด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

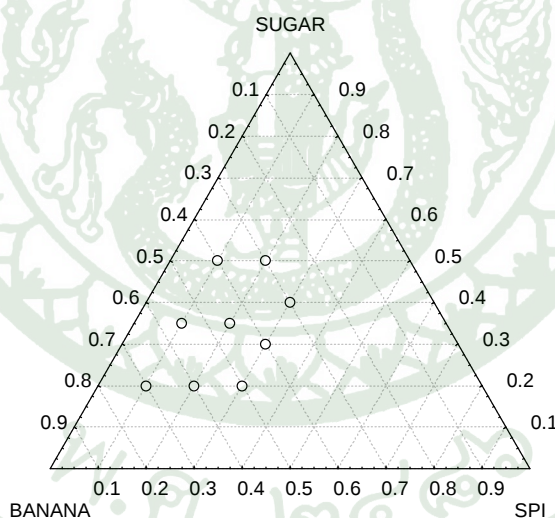
วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบ ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ โดยมีบล็อกคือ สูตร ปัจจัยคือลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าคะแนนความชอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ข. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

วางแผนการทดลองวิธี Mixture Design ระบบ Trilinear coordinate (Douglas, 2005) เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ส่วนผสมที่คัดเลือกจากข้อ ก. ภายใต้ปัจจัยที่ศึกษา 3 ชนิด คือ ปัจจัยที่ 1 ส่วนผสมกล้วย ร้อยละ 30 – 70 ปัจจัยที่ 2 โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI) ร้อยละ 10 – 30 ปัจจัยที่ 3 น้ำตาลทราย ร้อยละ 20 - 50 ส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ส่วนผสมของทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวร้อยละ 31.46 แป้ง (อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย 2:1) ร้อยละ 22.5 น้ำกะทิ ร้อยละ 25.46 เกลือป่น ร้อยละ 0.52 งาดำ ร้อยละ 1.67 และน้ำ ร้อยละ 18.39 คงที่ ทดลองทั้งหมด 9 สูตร ดังตารางที่ 12 และจัดตำแหน่งของสิ่งทดลองดังภาพที่ 9

ตารางที่ 12 สูตรที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

สูตร	ส่วนประกอบ			รวม
	กล้วย	โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI)	น้ำตาลทราย	
1	70	10	20	100
2	60	20	20	100
3	55	10	35	100
4	50	30	20	100
5	45	20	35	100
6	40	30	30	100
7	40	10	50	100
8	30	30	40	100
9	30	20	50	100



ภาพที่ 9 ตำแหน่งของสิ่งทดลองวิธี Mixture Design ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในข้อ ก ในการคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบด้วยการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale กับผู้

ทดสอบจำนวน 30 คน ในด้านรสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม ร่วมกับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) ดังภาคผนวก ก ซึ่งเป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน ในด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความกรอบ

หาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ โดยการสร้างสมการถดถอย (regression) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกล้วย โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI) และน้ำตาลทราย กับคะแนนจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม และผลการวัดค่าทางกายภาพ ได้แก่เนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่าวอเตอร์แอคติวิตี จากนั้นนำสมการถดถอยที่ได้มาสร้างเป็น Contour plot

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบด้วยการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale และวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) โดยมีบล็อกคือ สูตร ปัจจัยคือ ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าคะแนนความชอบด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ โดยมีบล็อกคือ สูตร ปัจจัยคือ ลักษณะคุณภาพทางกายภาพ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าแรงกดด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

2. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

นำผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นที่ผ่านการพัฒนาและได้รับการคัดเลือกแล้วทั้ง 2 ชนิด จากการทดลองข้อ 1.3 มาทดสอบการยอมรับผู้บริโภคแบบ Central Location Test (CLT) เพื่อทดสอบต่อไปว่าจากการที่ผู้บริโภคยอมรับแนวความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นมาแล้ว เมื่อมีสินค้าจริงให้รับประทานจะยอมรับในผลิตภัณฑ์หรือไม่ โดยนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่นรสกล้วย และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์

แบบ 9-point hedonic scale เมื่อ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด สถานที่ทำการทดสอบคือ โรงอาหารกลางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 150 คน วิเคราะห์ข้อมูลในรูปค่าร้อยละ และความถี่

3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

นำผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบที่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภค จากข้อ 1.3 มาวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ (ภาคผนวก ก) ดังนี้

3.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน (Bradford, 1976) ไขมัน (Pomeranz and Meloon, 1978) และเถ้า (AOAC, 1980)

3.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซิง และน้ำตาลรวม (Hode and Hofrieter, 1962)

3.3 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัสด้านแรงดึง แรงกด ค่าสี

3.4 ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (Food and Drug Administration, 2001)

4. การศึกษาสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

ศึกษาอายุการเก็บรักษากล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ โดยเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ และในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ นำผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในแต่ละสภาวะมาตรวจคุณภาพทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

4.1 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

4.1.1 คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นโดยการวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี และวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีทุกสัปดาห์

4.1.2 คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความหืน (Thiobarbituric acid number: TBA) ตรวจสอบทุกสัปดาห์

4.1.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์

4.1.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

4.2.1 คุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบโดยการวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี และวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีทุกสัปดาห์

4.2.2 คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความหืน (Thiobarbituric acid number: TBA) ตรวจสอบทุกสัปดาห์

4.2.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตรวจสอบทุก 2 สัปดาห์

4.2.4 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ โดยมีบล็อกคือ สัปดาห์ในการเก็บรักษา ปัจจัยคือ สภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design, RCBD) ในการศึกษาเรื่องการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ โดยมีบล็อกคือ สัปดาห์ในการเก็บรักษา ปัจจัยคือ คุณลักษณะของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

5. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ระยะเวลาการวิจัย

เดือนพฤศจิกายน 2551 – กันยายน 2552 เป็นระยะเวลา 11 เดือน

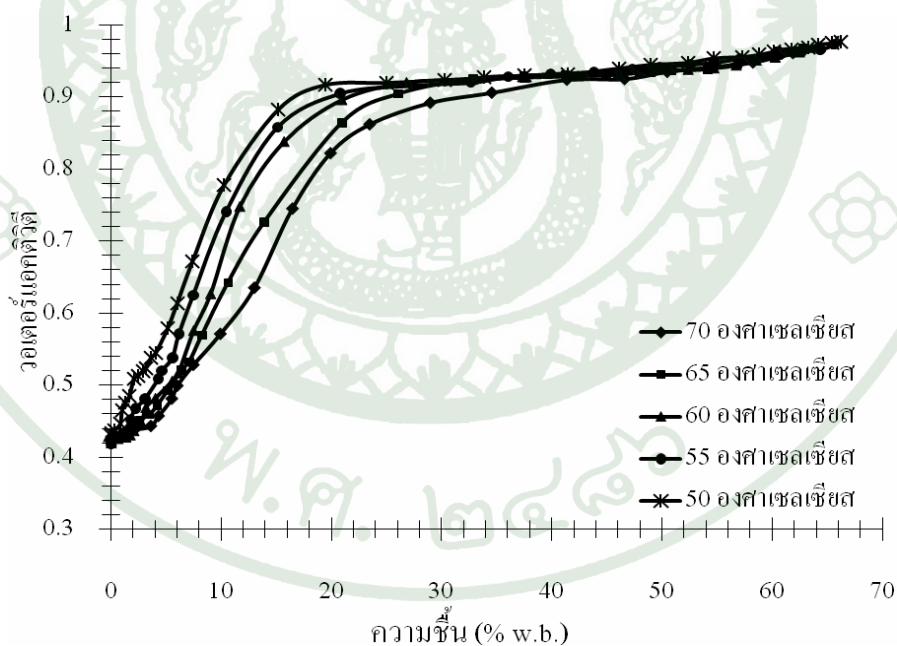
ผลและวิจารณ์

1. ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตกล้วยอบแห้งแบบแผ่น

1.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้ง

1.1.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของกล้วยแผ่นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้ง

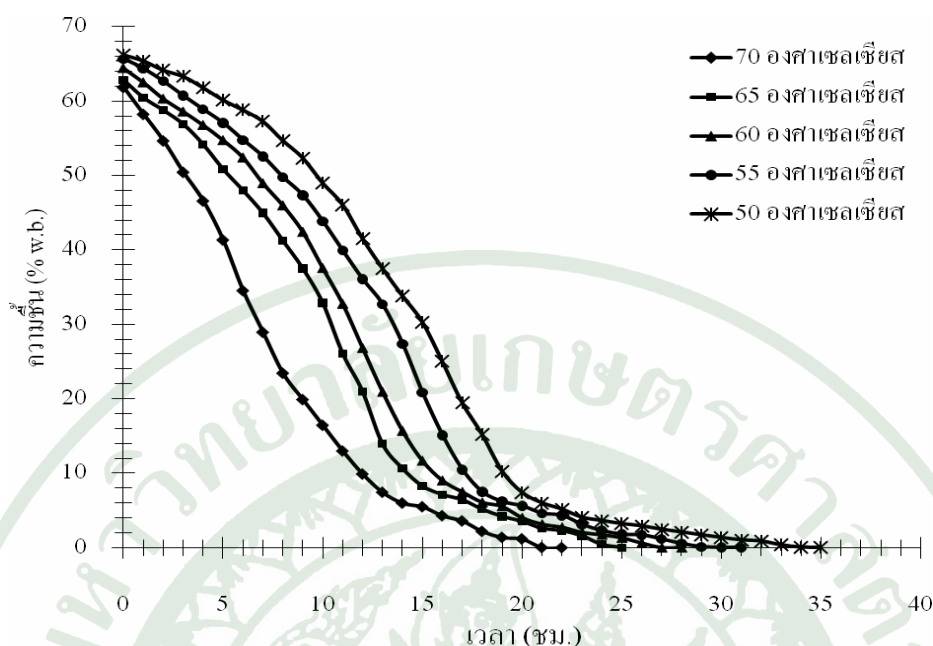
จากผลการนำกล้วยแผ่นที่ได้ไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส สุ่มเก็บตัวอย่างทุกๆ ชั่วโมงในช่วงเวลาที่กล้วยแผ่นอยู่ในตู้อบ อบจนความชื้นสุดท้ายคงที่ ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียสของกล้วยแผ่นที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้ง

จากภาพที่ 10 กล้วยแผ่นก่อนอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 61.9 - 66.2 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.961 - 0.977 เมื่อทำการอบแห้งจะเห็นว่าในช่วงแรกความชื้นลดลงจากประมาณ 61.9 - 66.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นประมาณ 16 - 24 เปอร์เซ็นต์ ค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่มาก คือ มีค่าลดลงเหลือประมาณ 0.86 - 0.90 สีน้ตาลที่เกิดขึ้นกับกล้วยแผ่นในช่วงนี้เกิดจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เพราะการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการอบแห้งผลไม้ เกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในผลไม้ (Macheix *et al*, 1990) เนื่องจากค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ยังมีค่าค่อนข้างสูง กลุ่มของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่มีอยู่ในกล้วยแผ่นยังคงมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ หลังจากค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ในกล้วยแผ่นค่อยๆ ลดลงในช่วงแรกต่อมาจะเห็นว่าค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส มีการลดลงอย่างรวดเร็ว คือ ความชื้นลดลงจากประมาณ 16 - 24 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเข้าใกล้ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 0.86 - 0.90 เหลือประมาณ 0.419 - 0.431 ซึ่งในช่วงหลังนี้การเกิดสีน้ำตาลบนกล้วยโดยส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง ส่วนปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องค่อยๆ ลดลง เนื่องจากค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ในกล้วยแผ่นมีค่าต่ำทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้เช่นเดิม ส่วนการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดได้ดีในช่วงนี้ โดยเฉพาะเมื่อกล้วยแผ่นมีค่าออสโมติกแอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ลดลงอยู่ในช่วง 0.6 - 0.7 จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด (Robson, 1976) หรือที่กล้วยแผ่นมีความชื้นประมาณ 8 - 15 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการกล้วยแผ่นที่มีค่าออสโมติกแอกติวิตีที่กำหนดไว้ ต้องอบกล้วยแผ่นจนมีความชื้นลดลงไปเท่าใด จากข้อมูลความชื้นที่หาทุก 1 ชั่วโมง ในระหว่างการอบแห้ง นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการอบกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ

ภาพที่ 11 แสดงความชื้นที่ลดลงในระหว่างการอบแห้งกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งกล้วยแผ่นจากกล้วยแผ่นก่อนอบแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 61.9, 62.8, 64.4, 65.7 และ 66.2 เปอร์เซ็นต์ จนกล้วยแผ่นมีความชื้นลดลงเข้าใกล้ 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาทั้งสิ้น 22, 25, 28, 31 และ 35 ชั่วโมง จากลักษณะกราฟการอบแห้งกล้วยแผ่นแสดงให้เห็น การเปลี่ยนแปลงของความชื้นที่มีอยู่ 2 ช่วง จากลักษณะกราฟพบว่า ช่วงแรกคือตั้งแต่เริ่มอบที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส จนเวลาผ่านไป 17.5, 15.5, 13.5, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ เส้นกราฟมีลักษณะลาดชันมาก นั้นหมายความว่าความชื้นในกล้วยแผ่นลดลงอย่างรวดเร็ว ช่วงแรกนี้เป็นช่วงการระเหยของน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ที่ผิวหน้าของกล้วยแผ่น ซึ่งความร้อนจากอากาศร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำโดยตรง และน้ำที่ระเหยออกมาถูกอากาศพัดพาจากผิวหน้าไปเรื่อยๆ ความชื้นในแผ่นกล้วยจึงเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับพรนภา (2544) ที่อบแห้งขึ้นกล้วย ด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ส่วนการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงที่สอง คือ ช่วงหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17.5, 15.5, 13.5, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ไปจนถึงสิ้นสุดการอบแห้ง เส้นกราฟช่วงนี้มีความลาดชันน้อย นั้นหมายถึงมีการลดลงของความชื้นในกล้วยแผ่นอย่างช้าๆ ในช่วงนี้น้ำที่อยู่บริเวณผิวหน้าของกล้วยแผ่นระเหยไปหมดแล้ว ทำให้ความชื้นภายในระเหยออกมาได้ช้าลงอย่างมาก เมื่อน้ำที่ผิวหน้าระเหยไปหมดแล้วเหลือแต่น้ำภายในที่อยู่ลึกเข้าไปในกล้วยแผ่น ความร้อน

ต้องส่งผ่านผิวหนังของกล้วยแผ่นทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้น และความชื้นเมื่อกลายเป็นไอน้ำต้องเดินทางผ่านชั้นของเนื้อกล้วยมายังผิวหนัง รวมทั้งน้ำที่เคลื่อนที่มายังผิวหนังของกล้วยต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่เช่นกัน ดังนั้นในช่วงหลังของการทำแห้งนี้ความชื้นจึงค่อยๆ ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ พรนภา (2544) ที่อบแห้งชิ้นกล้วย ด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ในช่วงแรกของการอบแห้งอุณหภูมิที่ใช้อบมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลไม่มาก จากการสังเกตในระหว่างการอบกล้วยแผ่น พบว่าในช่วงแรกของการอบกล้วยแผ่น การเกิดสีน้ำตาลบนกล้วยแผ่นเป็นสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผิวกล้วย แต่เมื่อเวลาการอบแห้งผ่านไป พบว่าหลังจากอบกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 17.5, 15.5, 13.5, 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ ผิวกล้วยมีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น แสดงให้เห็นว่าในช่วงหลังของการอบแห้งนั้นเกิดสีน้ำตาลได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ พรนภา (2544) พบว่าในช่วงหลังของการทำแห้งถ้ามีการลดอุณหภูมิ อาจสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้

จากภาพที่ 10 และ 11 ใช้เพื่อหาเวลาที่ต้องการทำการอบแห้งกล้วยแผ่นเพื่อให้ได้กล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ตามที่กำหนดในข้อ 1.1.2 และ 1.1.3

1.1.2 ผลการศึกษาความชื้นในกล้วยแผ่นต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ 0.65, 0.60, 0.55 และ 0.50 เป็นระดับที่การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ยาก ซึ่งในการทดลองเป็นการหาความชื้นของกล้วยแผ่นที่เหมาะสมในด้านการยอมรับของผู้บริโภคและความสามารถในการเก็บรักษา จากภาพที่ 10 การอบแห้งกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เป็น 0.65, 0.60, 0.55 และ 0.50 มีความชื้นเป็น 13.50, 12.00, 8.50 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากภาพที่ 11 พบว่าเวลาที่ต้องใช้อบกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 13.50, 12.00, 8.50 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ คือประมาณ 10.5, 11.5, 12.5 และ 14 ชม. ตามลำดับ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการหาความชอบ (hedonic test) สเกลที่ใช้เป็น 1 – 9 เพื่อบอกถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อกล้วยแผ่นในด้านเนื้อสัมผัส ผลจากการทดสอบแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส และความชื้นต่างๆ กัน

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่ 25 องศาเซลเซียส	ความชื้น (ร้อยละมาตรฐานเปียก)	คะแนนความชอบ
0.65	13.50	6.83(0.91)a
0.60	12.00	7.06(0.98)a
0.55	8.50	6.60(0.81)a
0.50	6.00	4.43(0.90)b

หมายเหตุ (a-b) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากตารางที่ 13 จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ในช่วง 0.55 – 0.65 เป็น 6.60 – 7.06 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ส่วนกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.50 มีคะแนนความชอบเป็น 4.43 ไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆซึ่งแตกต่างจากกล้วยแผ่นที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.55, 0.60 และ 0.65 อย่างมีนัยสำคัญ

จากคะแนนความชอบที่ได้จากผู้บริโภค เห็นได้ว่ากล้วยแผ่นที่มีความชื้นปานกลางมีคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสที่มากกว่ากล้วยแผ่นที่มีความชื้นต่ำเกินไป ในการทดลองครั้งนี้ความชื้นสูงที่สุดของกล้วยแผ่นคือ 13.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นในกล้วยแผ่นมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่านี้จะมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มขึ้น แต่เมื่อความชื้นสูงขึ้นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เพิ่มมากกว่า 0.65 ไปด้วยซึ่งจะมีผลเสียต่อกล้วยแผ่น คือมีความเสี่ยงสูงต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ส่วนความชื้นต่ำที่สุดของกล้วยแผ่นที่ผู้บริโภคยังยอมรับได้คือ 8.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่า วอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.55 ถ้าลดความชื้นต่ำกว่านี้ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ลดต่ำลงไปอีกและเป็นผลดีในด้านการทนทานต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (สุรีย์, 2534) แต่เป็นที่ไม่ยอมรับของผู้บริโภคโดยดูได้จากกล้วยแผ่นที่มีค่าความชื้นประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.50 ส่งผลให้มี

ลักษณะที่ค่อนข้างแห้งแข็งมากเกินไป เพราะใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน (14 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส) ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปค่อนข้างมาก ทำให้กล้วยแผ่นมีลักษณะแข็งและเหนียวจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ

ดังนั้นจากผลการทดสอบนี้ ในการอบแห้งกล้วยแผ่นควรอบให้กล้วยแผ่นมีความชื้นลดลงอยู่ในช่วง 8.50 – 13.50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และขณะเดียวกันมีค่าวอเตอร์ที่ 25 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วง 0.55 – 0.65 ซึ่งเป็นช่วงที่ปลอดภัยจากจุลินทรีย์

1.1.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่อการเกิดสีน้ำตาลของกล้วยแผ่น

การทดลองในข้อนี้เป็นการหาจุดที่เหมาะสมในการเปลี่ยนอุณหภูมิการอบเป็น 2 อุณหภูมิร่วมกัน โดยทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิเมื่อกล้วยแผ่นที่กำลังอบแห้งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส และที่ความชื้นซึ่งใช้สภาวะการอบแห้งในภาพที่ 10 และภาพที่ 11 ดังตารางที่ 14, 15 และ 16 เมื่อศึกษาสภาวะการอบแห้งดังกล่าวแล้วต้องพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นกับกล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้ ด้วยการนำกล้วยแผ่นหลังจากอบแห้งที่สภาวะต่างๆ จนมีความชื้นอยู่ในช่วง 8.50 – 13.50 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาตรวจวัดสี ดังแสดงในตารางที่ 17, 18 และ 19

ตารางที่ 14 สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส

ค่าอัตราการแอคทีวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ใช้เป็นจุดเปลี่ยนอุณหภูมิ	เวลาในการอบแห้ง (ชม.)		
	อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	รวม
0.88	7.5	5.0	12
0.84	8.0	4.0	12
0.80	8.5	3.5	12

ตารางที่ 15 สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส

ค่าอัตราการแอคทีวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ใช้เป็นจุดเปลี่ยนอุณหภูมิ	เวลาในการอบแห้ง (ชม.)		
	อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	รวม
0.90	11.0	3.0	14
0.86	12.0	2.0	14
0.82	12.5	1.5	14

ตารางที่ 16 สภาวะที่ใช้ในการอบแห้งแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

ค่าอัตราการแอคทีวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ใช้เป็นจุดเปลี่ยนอุณหภูมิ	เวลาในการอบแห้ง (ชม.)		
	อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	รวม
0.92	12.0	3.0	15
0.88	13.5	1.5	15
0.84	14.0	1.0	15

ตารางที่ 17 ค่า L^* , a^* , b^* , ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งแบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส

จุดเปลี่ยนอุณหภูมิ		ความชื้นสุดท้าย (% w.b.)	ค่าสี						
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่ 25 °ซ	ความชื้น (% w.b.)		L_0^*	L^*	a_0^*	a^*	b_0^*	b^*	ΔE
0.88	23.23	12.61	60.87(1.28)a	48.41(2.10)a	0.91(0.21)a	9.49(0.94)a	27.54(1.55)a	29.72(2.13)a	15.36(0.87)a
0.84	20.14	12.27	60.76(1.09)a	47.48(1.52)b	0.94(0.12)a	10.15(0.80)ab	27.96(0.96)a	30.03(1.12)a	16.32(0.59)b
0.80	17.80	12.06	60.32(1.32)a	46.51(1.30)b	0.96(0.11)a	10.43(0.71)b	27.86(0.99)a	30.47(1.18)a	16.97(0.46)c

หมายเหตุ (a-c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 18 ค่า L^* , a^* , b^* , ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งแบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส

จุดเปลี่ยนอุณหภูมิ		ความชื้นสุดท้าย (% w.b.)	ค่าสี						
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่ 25 °ซ	ความชื้น (% w.b.)		L_0^*	L^*	a_0^*	a^*	b_0^*	b^*	ΔE
0.90	25.24	12.72	60.07(0.85)a	49.11(1.22)a	0.91(0.11)a	9.33(1.19)a	27.97(1.12)a	29.65(1.24)a	13.98(0.9s)a
0.86	20.29	12.47	60.097(0.89)a	49.053(0.95)a	0.90(0.10)a	9.98(1.07)ab	28.01(0.99)a	29.88(1.29)a	14.46(0.86)ab
0.82	17.32	12.28	60.027(1.05)a	48.99(1.13)a	0.95(0.08)a	10.37(0.54)b	28.04(0.85)a	30.42(1.16)a	14.74(0.59)b

หมายเหตุ (a-b) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 19 ค่า L^* , a^* , b^* , ΔE และความชื้นของกล้วยแผ่นที่ได้จากการอบแห้งแบบใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกันที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

จุดเปลี่ยนอุณหภูมิ		ความชื้นสุดท้าย (% w.b.)	ค่าสี						
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ที่ 25 °ซ	ความชื้น (% w.b.)		L_0^*	L^*	a_0^*	a^*	b_0^*	b^*	ΔE
0.92	31.04	13.47	60.08(0.98)a	48.26(0.88)a	0.91(0.10)a	8.87 (0.91)a	27.96(0.68)a	29.01(0.95)a	14.31(0.72)a
0.88	18.34	13.35	59.99(1.03)a	47.99(0.95)a	0.93(0.10)a	9.01(0.8s)a	27.82(0.94)a	29.45(0.94)ab	14.58(0.95)ab
0.84	15.69	13.27	60.11(1.05)a	47.88(1.08)a	0.92(0.08)a	9.28(0.61)a	28.01(0.67)a	29.77(0.68)b	14.92(0.58)b

หมายเหตุ (a-b) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากตารางที่ 14 จะเห็นได้ว่าการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบแห้งทั้ง 3 จุด ใช้เวลาในการอบแห้งรวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง เหมือนกัน ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.88, 0.84 และ 0.80 ในตารางที่ 17 เป็นเวลา 2.77, 2.85 และ 2.90 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.88, 0.84 และ 0.80 ในตารางที่ 17 เป็นเวลา 14.77, 14.85 และ 14.90 ชั่วโมง ตามลำดับ) แต่ถ้าเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.88, 0.84 และ 0.80 ในตารางที่ 17 ใช้เวลามากกว่า 0.88, 0.77 และ 0.70 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.88, 0.84 และ 0.80 ในตารางที่ 17 เป็นเวลา 11.12, 11.23 และ 11.30 ชั่วโมง ตามลำดับ)

จากตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบแห้งทั้ง 3 จุด ใช้เวลาในการอบแห้งรวมทั้งหมด 14 ชั่วโมง เหมือนกัน ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.90, 0.86 และ 0.82 ในตารางที่ 18 เป็นเวลา 2.51, 2.56 และ 2.61 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.90, 0.86 และ 0.82 ในตารางที่ 18 เป็นเวลา 16.51, 16.56 และ 16.61 ชั่วโมง ตามลำดับ) แต่ถ้าเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.90, 0.86 และ 0.82 ในตารางที่ 18 ใช้เวลามากกว่า 0.63, 0.56 และ 0.51 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.90, 0.86 และ 0.82 ในตารางที่ 18 เป็นเวลา 13.37, 13.44 และ 13.49 ชั่วโมง ตามลำดับ)

จากตารางที่ 16 จะเห็นได้ว่าการทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบแห้งทั้ง 3 จุด ใช้เวลาในการอบแห้งรวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง เหมือนกัน ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.92, 0.88 และ 0.84 ในตารางที่ 19 เป็นเวลา 3.35, 3.38 และ 3.41 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.92, 0.88 และ 0.84 ในตารางที่ 19 เป็นเวลา 18.35, 18.38 และ 18.41 ชั่วโมง ตามลำดับ) แต่ถ้าเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ค่าความชื้นในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.92, 0.88 และ 0.84 ในตารางที่ 19 ใช้เวลามากกว่า 0.45, 0.42 และ 0.40 ชั่วโมง ตามลำดับ (จากภาพที่ 11 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการอบแห้งที่ค่าความชื้นสุดท้ายในกล้วยแผ่นที่ระดับจุดเปลี่ยนอุณหภูมิด้วยค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 3 ระดับ คือ 0.92, 0.88 และ 0.84 ในตารางที่ 19 เป็นเวลา 14.55, 14.58 และ 14.60 ชั่วโมง ตามลำดับ)

จากตารางที่ 17, 18 และ 19 จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าสีของกล้วยอบแห้ง E (total color) หรือ ค่า ΔE (Total color difference) ของทุกสภาวะการอบแห้ง ในสภาวะการอบแห้งของแต่ละตารางมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาค่า ΔE ใน 2 สภาวะการอบแห้งที่มีค่าต่ำ คือค่า ΔE ในตารางที่ 18 มีค่า 13.98 (เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งแบบ 2 อุณหภูมิร่วมกัน จากอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็น 55 องศาเซลเซียส ที่ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.90 ซึ่งใช้เป็นจุดเปลี่ยนอุณหภูมิ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้วยแผ่นที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิในการอบแห้งเมื่อกล้วยแผ่นมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.90 โดยเปลี่ยนจากอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็น 55 องศาเซลเซียส ทำให้มีสีคล้ำน้อยที่สุด เนื่องจากมีความแตกต่างของค่าสี ΔE น้อย แสดงว่ากล้วยแผ่นเกิดสีน้ำตาลคลำน้อย

ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จึงเลือกใช้สภาวะในการอบแห้งกล้วยเป็นแบบการใช้ 2 อุณหภูมิร่วมกัน คือ เริ่มต้นในช่วงแรกด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อบแห้งจนกระทั่งกล้วยแผ่นมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.90 จึงเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส และอบแห้งต่อไปจนกระทั่งกล้วยแผ่นอบแห้งมีสีเป็นที่น่าพอใจ (สีน้ำตาลอมเหลือง)

1.2 ผลการศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่น

1.2.1 ผลการศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารเคมีในการลดการเกิดสีน้ำตาล

การทดลองในข้อนี้ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นอบแห้ง โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ชนิดของสารเคมี และระดับความเข้มข้นของสารเคมี ตรวจวัดค่าสีของกล้วยแผ่นหลังจากอบแห้งทุกสัปดาห์ของการเก็บรักษา โดยแสดงค่าสีเป็นค่า ΔE สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยแผ่นจากผลการทดลองที่ได้ในข้อ 1.1.3 จะเป็นปัจจัยควบคุมในการอบแห้ง คือ อบแห้งในช่วงแรกด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 11 ชั่วโมง (กล้วยมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.90) แล้วจึงเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้กล้วยอบที่มีความชื้นประมาณ 12.72 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 20 แสดงผลของชนิดของสารเคมี และระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลคล้ำขึ้นของกล้วยแผ่นอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงด้วยค่า ΔE เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 11 สัปดาห์ กล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของชนิดของสารเคมี และระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่างๆ ในระยะเวลาการเก็บรักษา สัปดาห์เดียวกัน มีค่า ΔE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยชนิดของสารเคมีคือ สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ มีอิทธิพลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นอบแห้งมากกว่าชนิดของสารละลายอื่นๆ โดยมีจำนวนสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามากที่สุดที่มีผลทำให้ค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์เดียวกันต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ มีสารซัลไฟต์ที่มีผลต่อการทำลายเอนไซม์ฟีนอลเลสได้อย่างถาวรและทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางเพื่อป้องกันการเกิดเมดสีน้ำตาล ซึ่งสารซัลไฟต์นี้มีความสามารถในการแทรกซึมไปในอาหารได้เร็ว ส่วนสารละลาย NaCl มีปฏิกิริยาในการดูดซึมน้ำในกล้วยแผ่นทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีที่มีอยู่ในกล้วยแผ่นมีค่าน้อยลง จนทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีอัตราการเกิดลดลง แต่อัตราปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะต่ำเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำมาก ซึ่งมีผลทำให้สารละลาย NaCl สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นอบแห้งช้ากว่าสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ส่วนกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิกสามารถรีดิวซ์ออกซิเจนให้กลับไปเป็นสารประกอบออกซิไดซ์จนกลายเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่เมื่อกรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์จนกลายเป็นกรดไฮโดรแอสคอร์บิกหมดแล้ว สารออกซิไดซ์ก็จะเกิดการสะสมมากขึ้น และดำเนินปฏิกิริยาไปจนเป็นสารสีน้ำตาลได้ และดีไฮโดรแอสคอร์บิกเองสามารถเกิดปฏิกิริยาให้สีน้ำตาลได้โดยไม่ใช้เอนไซม์ ดังนั้นกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกจึงสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่น

อบแห้งได้ต่ำกว่าสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ประกอบกับสารซัลไฟด์มีความคงตัวสูงกว่า และมีความสามารถในการแทรกซึมเข้ากล้วยแผ่นได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบค่า ΔE ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ผ่านการแช่ในสารละลายทั้ง 4 ชนิดคือ NaCl , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก ที่ระดับความเข้มข้นชนิดละ 4 ระดับ ในสัปดาห์เดียวกันเป็นเวลานาน 1 – 11 สัปดาห์ พบว่า สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm มีค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์เป็นจำนวนมาก ที่มีค่าต่ำกว่าสารละลาย NaCl , กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบค่ามีค่า ΔE ของความเข้มข้นของสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 4 ระดับ พบว่า สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm มีจำนวนสัปดาห์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลานาน 1 – 11 สัปดาห์ ซึ่งมีค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์เดียวกันต่ำที่สุด ต่ำกว่าที่ระดับความเข้มข้น 0, 500 และ 1500 ppm ทั้งนี้เพราะ สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm มีสารซัลไฟด์มีความคงตัวและมีความสามารถในการแทรกซึมเข้ากล้วยแผ่นได้ดี ทำให้ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้น 0, 500 และ 1500 ppm กล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้รับปัจจัยร่วมระหว่างชนิดสารละลายและระดับความเข้มข้นในแต่ละสัปดาห์ เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานาน 1 – 7 สัปดาห์ มีค่า ΔE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 – 11 สัปดาห์ มีค่า ΔE ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 1 – 7 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยังไม่นานพอที่จะเห็นถึงความไม่แตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 – 11 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยแผ่นอบแห้งค่อนข้างนานจนทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยแผ่นอบแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก จนถึงจุดที่มากที่สุดที่จะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

ดังนั้นสารเคมีที่เหมาะสมในการทำให้อบแห้งกล้วยแผ่นอบแห้งเกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุด คือ สารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm

ตารางที่ 20 ระดับการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่ผ่านการลวกเป็นเวลาต่างกัน 4 ระดับ

ชนิดสาร ละลาย	ความเข้มข้น (ppm)	ระยะการเก็บ (สัปดาห์)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NaCl	0	12.27	13.35	14.33	15.22	16.13	16.48	18.37	17.66	17.43	18.02	17.71
		(0.88)	(0.96)	(0.57)	(0.81)	(0.48)	(0.42)	(0.46)	(0.65)	(0.69)	(0.64)	(0.48)
		Ad	Bd	Cf	Def	Ede	Ei	Gf	Fg	Fef	FGf	Fd
	500	10.72	12.94	13.00	13.94	12.06	13.23	13.25	13.82	13.88	13.41	14.00
		(0.88)	(0.76)	(1.50)	(1.25)	(0.65)	(0.36)	(2.80)	(1.08)	(1.03)	(1.11)	(1.05)
		Ac	BCd	BCcdef	Cde	Bb	BCc	BCbc	Cc	Cc	BCb	Cb
	1000	8.89	11.84	12.26	11.39	12.04	12.47	12.51	13.91	13.95	14.03	13.55
		(0.57)	(0.62)	(1.71)	(2.55)	(2.42)	(1.34)	(1.76)	(1.19)	(1.18)	(1.93)	(1.36)
		Aa	BCDbc	BCDbcde	Babc	BCDb	BCDb	BCDb	Dc	Dc	Db	CDb
	1500	9.60	11.41	12.75	12.87	13.99	14.11	14.18	15.56	15.95	15.37	15.52
		(0.54)	(1.20)	(1.13)	(2.09)	(2.13)	(0.80)	(1.91)	(1.07)	(0.73)	(1.67)	(1.51)
		Aab	Bb	Ccdef	Cbcd	CDe	CDEde	CDEcd	EFe	Fd	DEFc	EFc

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดสาร ละลาย	ความเข้มข้น (ppm)	ระยะการเก็บ (สัปดาห์)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Na ₂ S ₂ O ₅	0	12.21	13.09	14.14	15.10	11.15	16.57	18.64	17.93	17.77	18.29	17.89
		(0.75)	(0.91)	(1.18)	(1.38)	(1.16)	(1.11)	(0.71)	(0.50)	(0.55)	(0.47)	(0.47)
		Ad	Bd	Cef	Def	Ede	Ei	Ff	Fg	Ff	Ff	Fd
	500	8.91	9.82	10.62	11.27	9.97	11.30	11.08	12.65	12.70	12.24	12.32
		(0.63)	(2.60)	(4.11)	(0.75)	(3.37)	(0.76)	(0.89)	(0.59)	(0.75)	(1.10)	(1.16)
		Aa	ABa	ABCab	BCDab	ABa	BCDa	BCDa	Db	Db	CDa	CDa
	1000	8.79	9.75	10.09	11.04	9.86	10.88	11.19	11.76	11.67	11.95	11.84
		(0.55)	(0.68)	(1.54)	(1.54)	(2.13)	(0.68)	(1.13)	(1.17)	(1.03)	(1.17)	(0.74)
		Aa	ABa	BCa	CDa	ABa	BCDa	CDa	Da	Da	Da	Da
	1500	8.99	11.82	12.13	12.21	10.34	13.21	14.12	12.13	12.20	12.29	12.63
		(1.01)	(1.06)	(2.06)	(1.55)	(1.99)	(0.87)	(1.05)	(0.68)	(0.62)	(2.08)	(1.11)
		Aa	Cbc	Cbcd	Cabc	Bab	Cc	Dcd	Cab	Cab	Ca	Ca

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดสาร ละลาย	ความเข้มข้น (ppm)	ระยะการเก็บ (สัปดาห์)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Citric acid	0	12.01	13.07	14.52	15.02	16.04	16.41	18.09	17.57	17.67	18.14	17.91
		(0.92)	(0.82)	(0.57)	(0.52)	(0.61)	(0.52)	(0.33)	(0.32) Ffg	(0.52)	(0.64)	(0.88)
		Ad	Bd	Cf	Cef	Dde	Di	Ff		Fef	Ff	Fd
	500	10.84	13.42	14.46	16.00	14.66	15.64	17.78	16.82	16.93	17.24	17.15
		(0.67)	(0.68)	(1.50)	(2.48)	(2.29)	(0.93)	(1.75)	(0.63)	(0.86)	(0.72)	(0.71)
		Ac	Bd	BCf	Cf	BCcde	CDgh	Fef	DEFf	DEFf	EFef	EFd
	1000	9.45	12.72	13.49	15.18	14.52	15.02	14.18	15.23	15.61	15.57	16.07
		(0.60)	(1.03)	(1.71)	(1.39)	(2.53)	(0.84)	(1.52)	(1.11)	(0.38)	(0.55)	(0.50)
		Aab	Bcd	BCcdef	DEef	CDEcd	DEfg	CDcd	DEde	Ed	Ed	Ec
	1500	10.01	13.30	13.40	12.99	14.47	13.48	14.30	15.80	16.04	15.77	15.95
		(1.11)	(1.58)	(1.13)	(2.21)	(2.09)	(0.76)	(0.72)	(0.75)	(0.47)	(0.51)	(0.40)
		Abc	Bd	BCcdef	Bcd	Ccd	BCcd	Ccd	De	Dd	Dd	Dcd

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชนิดสาร ละลาย	ความเข้มข้น (ppm)	ระยะการเก็บ (สัปดาห์)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ascorbic acid	0	12.04	13.57	14.56	15.18	16.05	16.23	18.45	17.41	17.48	17.66	17.57
		(0.67)	(0.73)	(0.85)	(0.92)	(0.64)	(0.60)	(0.64)	(0.47)	(0.90)	(0.62)	(0.57)
		Ad	Bd	Cf	Cef	Dde	Dhi	Ff	Efg	Eef	Eef	Ecd
	500	10.70	13.07	14.04	14.34	16.56	15.44	16.82	17.39	17.28	17.02	17.49
		(0.93)	(0.36)	(1.86)	(1.39)	(1.86)	(1.15)	(1.69)	(1.16)	(0.44)	(0.46)	(0.43)
		Ac	Bd	BCdef	Cdef	Ee	Dg	Ee	Efgh	Eef	Ee	Ed
	1000	8.98	10.81	12.03	12.12	14.68	14.55	14.8	15.81	15.75	14.99	15.32
		(1.28)	(0.68)	(1.55)	(1.54)	(1.85)	(0.68)	(1.07)	(0.66)	(1.37)	(0.62)	(0.68)
		Aa	Bab	Cbc	Cabc	DEcde	Def	DEd	Ee	DEd	DEcd	DEc
	1500	9.04	11.49	11.98	11.87	14.65	13.74	13.92	14.68	14.44	14.31	14.23
		(1.65)	(1.67)	(1.96)	(2.08)	(2.29)	(0.30)	(0.84)	(0.56)	(0.65)	(0.70)	(0.50)
		Aa	Bb	Bbc	Babc	Ccde	Ccd	Ccd	Cd	Cc	Cbc	Cb

หมายเหตุ (a - i) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 (A - G) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

1.2.2 ผลการศึกษาวิธีทางกายภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาล

การทดลองในข้อนี้ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นอบแห้งด้วยวิธีทางกายภาพ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ เวลาการลวกกล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้ง ตรวจวัดค่าสีของกล้วยแผ่นหลังจากอบแห้งทุกสัปดาห์ของการเก็บรักษาโดยแสดงค่าสีเป็นค่า ΔE สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยแผ่นจากผลการทดลองที่ได้ในข้อ 1.1.3 จะเป็นปัจจัยควบคุมในการอบแห้งเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 21 แสดงผลของเวลาการลวกกล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้งที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลคล้ำขึ้นของกล้วยแผ่นอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงด้วยค่า ΔE เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 11 สัปดาห์ กล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของเวลาการลวกกล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้งในระยะเวลาการเก็บรักษาสัปดาห์เดียวกัน มีค่า ΔE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกล้วยแผ่นที่ใช้เวลาการลวก 12 นาที มีอิทธิพลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นอบแห้งในแต่ละสัปดาห์มากกว่ากล้วยแผ่นที่ใช้เวลาในการลวกกล้วยแผ่นที่ 0, 3, 6 และ 9 นาที ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลวกกล้วยแผ่นที่เวลา 12 นาที เป็นวิธีทางกายภาพที่สามารถช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลงได้มากกว่าการลวกกล้วยแผ่นเป็นเวลา 0, 3, 6 และ 9 นาที ซึ่งเอนไซม์นี้จะเกิดการทำปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นลดลงเมื่อใช้เวลาการลวกนานขึ้น อย่างไรก็ตามการลวกกล้วยแผ่นที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเกินไปจะมีผลทำให้คุณภาพทางด้านสีและกลิ่นรสของกล้วยแผ่นลดลง ซึ่งจากการทดลองการลวกกล้วยแผ่นที่เวลา 9 และ 12 นาที พบว่าคุณภาพทางด้านสีและกลิ่นรสของกล้วยแผ่นลดลง มีลักษณะเนื้อสัมผัสยุ่ยเกินไป เมื่อเปรียบเทียบค่า ΔE ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยแผ่นอบแห้งที่ผ่านการลวกกล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้งเป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 นาที ในแต่ละสัปดาห์เป็นเวลานาน 1 – 8 สัปดาห์ พบว่า มีค่า ΔE แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษานาน 9 – 11 สัปดาห์ มีค่า ΔE ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 1 – 8 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยังไม่นานพอที่จะเห็นถึงความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานาน 9 – 11 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาการเก็บรักษากล้วยแผ่นอบแห้งค่อนข้างนาน จนทำให้การเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยแผ่นอบแห้งเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก จนถึงจุดที่มากที่สุดที่จะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

ดังนั้น วิธีทางกายภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลด้วยวิธีการลวกกล้วยแผ่นก่อนทำการอบแห้งเป็นเวลา 6 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมในการทำให้กล้วยแผ่นอบแห้งเกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยลง เพราะวิธีการลวกกล้วยแผ่นก่อนการอบแห้งเป็นเวลา 6 นาที มีอิทธิพลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นอบแห้งในแต่ละสัปดาห์มากกว่ากล้วยแผ่นที่ใช้เวลาในการลวกที่ 0 และ 3 นาที ก่อนการอบแห้ง และมีคุณภาพทางด้านกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นดีกว่า กล้วยแผ่นอบแห้งในแต่ละสัปดาห์ที่ใช้เวลาในการลวกที่ 9 และ 12 นาที ก่อนการอบแห้ง

1.2.3 ผลการเปรียบเทียบการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลระหว่างวิธีการใช้สารเคมีและวิธีทางกายภาพ

จากการศึกษากล้วยแผ่นที่เกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุดจากข้อ 1.2.1 ซึ่งเป็นวิธีการใช้สารเคมี คือ กล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้รับปัจจัยจากสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ซึ่งมีค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์การเก็บรักษานาน 11 สัปดาห์ (ตารางที่ 20) ต่ำกว่าค่า ΔE ในแต่ละสัปดาห์การเก็บรักษานาน 11 สัปดาห์ (ตารางที่ 21) ของการศึกษากล้วยแผ่นที่เกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยที่สุดจากข้อ 1.2.2 ซึ่งเป็นวิธีทางกายภาพ คือ กล้วยแผ่นอบแห้งที่ได้รับปัจจัยจากวิธีการลวกกล้วยแผ่นก่อนการอบแห้งเป็นเวลา 6 นาที ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมในการทำให้กล้วยแผ่นอบแห้งเกิดสีน้ำตาลคล้ำน้อยลง ดังนั้นการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นอบแห้งที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้สารเคมีในการลดการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งก็คือการนำกล้วยแผ่นไปแช่ในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ก่อนนำไปอบแห้ง

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (ΔE) ในระหว่างการเก็บรักษาของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่ผ่านการลวกเป็นเวลาต่างกัน 4 ระดับ

เวลา (นาทีก)	ระยะการเก็บ (สัปดาห์)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	12.06	13.10	14.16	15.03	16.11	16.24	18.26	17.32	17.80	18.17	17.96
	(0.45)Ac	(0.53)Bc	(0.48)Cc	(0.52)Dd	(0.42)Ee	(0.45)Ed	(0.71)Gd	(0.76)Fd	(0.42)Ge	(0.50)Gd	(0.46)Gd
3	9.03	9.08	9.74	12.43	14.02	13.05	15.48	15.57	16.76	16.30	16.55
	(0.96)Ab	(0.99)Ab	(1.02)Ab	(2.09)Bc	(0.66)Cc	(0.33)BCc	(0.49)Dc	(1.06)Dc	(1.09)Ed	(1.20)Ec	(1.80)DEc
6	8.81	9.17	9.19	12.88	12.90	13.29	14.38	15.15	15.52	15.42	15.08
	(1.29)Ab	(1.19)Ab	(1.88)Ab	(1.48)Bc	(1.01)Bc	(0.48)Bc	(0.57)Cbc	(0.64)Cbc	(0.69)Cc	(0.92)Cb	(2.01)Cbc
9	7.42	8.55	8.57	11.33	12.06	12.15	14.80	14.76	14.63	15.02	14.99
	(0.43)Aa	(1.80)Bb	(1.49)Bab	(1.80)Cb	(0.39)Cb	(0.33)Cb	(0.48)Db	(0.63)Db	(0.58)Db	(0.45)Db	(0.60)Dab
12	7.32	7.36	7.61	9.39	10.40	11.12	13.22	13.17	13.24	13.65	13.89
	(0.48)Aa	(1.22)Aa	(0.83)Aa	(0.82)Ba	(0.71)Ca	(0.54)Ca	(0.50)Da	(0.62)Da	(0.81)Da	(0.83)Da	(1.35)DEa

หมายเหตุ (a - e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวดังเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

(A - G) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

1.3 ผลการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

1.3.1 ผลิตภัณฑ์แบบที่ 1

จากอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองข้อ 1.1 จะเป็นปัจจัยควบคุมในการอบแห้งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืช ซึ่งก็คือการใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 11 ชั่วโมง อบแห้งในช่วงแรก แล้วจึงเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 55 องศาเซลเซียส อบต่ออีกนาน 3 ชั่วโมง

ผลการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชที่มีอัตราส่วนระหว่างเมล็ดธัญพืชต่างกันทั้ง 8 สูตร ดังตารางที่ 22 พบว่า สูตรที่ 4 ที่มีส่วนผสมของอัตราส่วนระหว่าง เมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาขาวและงาดำ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวมมากที่สุด ผู้ให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏของสูตรที่ 1, 3, 5, 6, 7 และ 8 ด้านรสชาติของสูตรที่ 1, 3 และ 6 ด้านขนาดของสูตรที่ 1 และ 3 ด้านความเหนียวของสูตรที่ 1, 2, 3, 7 และ 8 และด้านความชอบรวมของสูตรที่ 3 แตกต่างจากสูตรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ได้รับความนิยมในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวมน้อยที่สุด

ตารางที่ 22 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จากการเสริมเมล็ดธัญพืชรวมในกล้วยแผ่น

คุณลักษณะ	สูตร							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ลักษณะปรากฏ	6.47(0.57)bc	6.73(0.64)cd	6.07(0.83)a	7.07(0.83)d	6.60(0.72)bc	6.23(0.86)ab	6.57(0.57)bc	6.53(0.68)bc
สี	6.43(0.77)a	6.83(0.59)b	6.90(0.66)b	7.00(0.64)b	6.87(0.63)b	6.80(0.55)b	6.90(0.71)b	6.73(0.83)ab
รสชาติ	6.83(0.70)b	7.10(0.61)bc	6.47(0.82)a	7.37(0.76)c	7.17(0.65)bc	6.93(0.58)b	7.17(0.65)bc	7.13(0.68)bc
ขนาด	6.40(0.62)a	7.03(0.89)b	6.30(0.75)a	7.27(0.83)b	7.20(0.89)b	6.90(0.61)b	6.87(0.97)b	7.13(0.78)b
ความเหนียว	6.60(0.86)bcd	6.77(0.94)cde	6.03(0.85)a	7.30(0.65)f	7.17(0.83)ef	7.03(0.89)def	6.30(0.84)ab	6.37(0.56)abc
ความชอบรวม	6.73(0.87)b	6.80(0.92)b	6.17(0.91)a	7.17(0.65)b	7.00(0.79)b	6.77(0.73)b	6.93(0.98)b	6.90(0.88)b

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

สูตรที่ 1 – 8 เป็นสูตรที่มีอัตราส่วนของน้ำหนักเมล็ดธัญพืชรวมต่อน้ำหนักกล้วยแผ่น 0.1:1 โดยมีร้อยละโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมดังนี้

สูตรที่ 1 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 50 เมล็ดฟักทอง 30 เมล็ดงาขาวและงาดำ 20

สูตรที่ 2 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 50 เมล็ดฟักทอง 15 เมล็ดงาขาวและงาดำ 35

สูตรที่ 3 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 50 เมล็ดฟักทอง 0 เมล็ดงาขาวและงาดำ 50

สูตรที่ 4 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 40 เมล็ดฟักทอง 30 เมล็ดงาขาวและงาดำ 30

สูตรที่ 5 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 40 เมล็ดฟักทอง 20 เมล็ดงาขาวและงาดำ 40

สูตรที่ 6 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 40 เมล็ดฟักทอง 10 เมล็ดงาขาวและงาดำ 50

สูตรที่ 7 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 30 เมล็ดฟักทอง 30 เมล็ดงาขาวและงาดำ 40

สูตรที่ 8 คือ ร้อยละ เมล็ดทานตะวันอบ 30 เมล็ดฟักทอง 20 เมล็ดงาขาวและงาดำ 50

ภายหลังการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชครั้งนี้ จะพบว่า สูตรของกล้วยแผ่นอบแห้งที่เสริมเมล็ดธัญพืชเพียง 2 ชนิด (สูตรที่ 3) ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวม น้อยกว่าสูตรของกล้วยแผ่นอบแห้งที่เสริมเมล็ดธัญพืชทั้ง 3 ชนิด (สูตรที่ 1, 2, 4, 5, 6, 7 และ 8) โดยเฉพาะเมื่อไม่เสริมเมล็ดฟักทองจะทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวมน้อยที่สุด การเติมเมล็ดฟักทองลงไป 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้รับการยอมรับด้านลักษณะดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเพิ่มเมล็ดฟักทองขึ้นอีกเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปริมาณเมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเมล็ดงาขาวและงาดำ 30 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) ก็จะทำให้คะแนนความชอบดังกล่าวเพิ่มมากที่สุด ขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มเมล็ดฟักทองขึ้นอีกเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปริมาณเมล็ดทานตะวันอบ 50 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเมล็ดงาขาวและงาดำ 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) ก็จะทำให้คะแนนความชอบดังกล่าวลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มปริมาณเมล็ดทานตะวันอบที่มากเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันจากเมล็ดมากขึ้น มีความเข้มข้นรสชาติมากขึ้น และปริมาณเมล็ดงาขาวและงาขาวที่น้อยเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะไม่น่าบริโภค จึงทำให้การยอมรับด้านดังกล่าวน้อยลงด้วย

จากตารางที่ 23 แสดงสมการรีเกรสชันของคะแนนความชอบจากการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมธัญพืช เมื่อพิจารณาสมการถดถอยของความชอบรวมที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient) แสดงการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวมเมื่อตัวแปรเมล็ดทานตะวันอบ เมล็ดฟักทอง และเมล็ดงาดำและงาขาว เปลี่ยนแปลงไป จากสมการถดถอยคะแนนในคุณลักษณะด้านความชอบรวม พบว่าปริมาณเมล็ดงาดำและงาขาวมีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบรวม โดยถ้ามีปริมาณของส่วนผสมมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบรวมเพิ่มขึ้น หากมีส่วนผสมของเมล็ดทานตะวันกับเมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดงาดำและงาขาว และเมล็ดฟักทองกับเมล็ดงาดำและงาขาว รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อคะแนนความชอบรวมด้วยเช่นกัน แต่เมล็ดทานตะวันและเมล็ดฟักทอง ทำให้ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังภาพที่ 12 และภาพที่ 13 ซึ่งภาพที่ 13 แสดง Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo – component โดยใช้สัดส่วนสูงและต่ำ ผลจากการใช้สัดส่วนที่อยู่ในช่วงที่จำกัดในแผนภาพสามเหลี่ยมนี้เรียกว่า pseudo-components (Nardi et al., 2004) ผลจากแผนภาพดังกล่าวจะนำไปหาสูตรที่เหมาะสม ซึ่งทำได้โดยวางแผนแต่ละ Response surface ซ้อนทับกัน ซึ่งบริเวณที่สีซ้อนทับกันจะให้สูตรของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Douglas, 2001)

จากสมการถดถอยของคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่า ปริมาณเมล็ดฟักทองมีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ โดยถ้ามีปริมาณของส่วนผสมมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้น หากมีส่วนผสมของเมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดฟักทอง และเมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดงาดำและงาขาว รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อคะแนนความชอบด้วยเช่นกัน แต่เมล็ดทานตะวันอบและเมล็ดงาดำและงาขาว ทำให้ความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังภาพที่ 14 และภาพที่ 15

จากสมการถดถอยของคะแนนความชอบด้านสี และรสชาติ พบว่า ปริมาณเมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง และเมล็ดงาดำและงาขาว มีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านสี และรสชาติ โดยถ้ามีปริมาณของส่วนผสมมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้น หากมีส่วนผสมของเมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดงาดำและงาขาว และเมล็ดฟักทองกับเมล็ดงาดำและงาขาว รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อคะแนนความชอบด้วยเช่นกัน ดังภาพที่ 16 กับ 17 และภาพที่ 18 กับ 19 ส่วนสมการถดถอยของคะแนนความชอบด้านขนาด และความเหนียว พบว่า ปริมาณเมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง และเมล็ดงาดำและงาขาว ทำให้คะแนนความชอบด้านขนาด และความเหนียวลดลง แต่ถ้ามีปริมาณของส่วนผสมของเมล็ดทานตะวันอบ

กับเมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวันอบกับเมล็ดงาดำและงาขาว และเมล็ดฟักทองกับเมล็ดงาดำและงาขาว รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อคะแนนความชอบเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 20 กับ 21 และภาพที่ 22 กับ 23

จากการซ้อนทับ Response surface ของความชอบรวม ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ขนาด และความเหนียว ดังภาพที่ 24 ได้สูตรที่เหมาะสมในการคัดเลือกอัตราส่วนปริมาณ เมล็ดธัญพืชของผลิตภัณฑ์ของกล้วยแผ่นอบแห้งแบบแผ่นคือ สูตรที่มีเมล็ดทานตะวันอบ 5 - 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 20 - 70 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาขาวและงาดำ 10 - 48.3 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า สูตรที่ 4 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด คือมีเมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาขาวและงาดำ 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมธัญพืช

คุณลักษณะ (Y_i)	สมการถดถอย	R^2
ลักษณะปรากฏ	$= -1.153X_1 + 4.103X_2 - 4.595X_3 + 14.87X_1X_2 + 35.817X_1X_3 + 16.247X_2X_3$	0.933
สี	$= 1.649 X_1 + 8.376X_2 + 0.839X_3 + 2.353X_1X_2 + 22.616X_1X_3 + 5.629X_2X_3$	0.931
รสชาติ	$= 1.466 X_1 + 0.451X_2 + 1.563X_3 + 17.929X_1X_2 + 19.824X_1X_3 + 17.031X_2X_3$	0.931
ขนาด	$= -3.075 X_1 - 6.994X_2 - 1.162X_3 + 35.683X_1X_2 + 33.578X_1X_3 + 27.134X_2X_3$	0.915
ความเหนียว	$= -17.466 X_1 - 12.97X_2 - 6.634X_3 + 82.211X_1X_2 + 72.369X_1X_3 + 16.969X_2X_3$	0.982
ความชอบรวม	$= -0.808X_1 - 0.816X_2 + 1.904X_3 + 26.465X_1X_2 + 22.492X_1X_3 + 13.485X_2X_3$	0.972

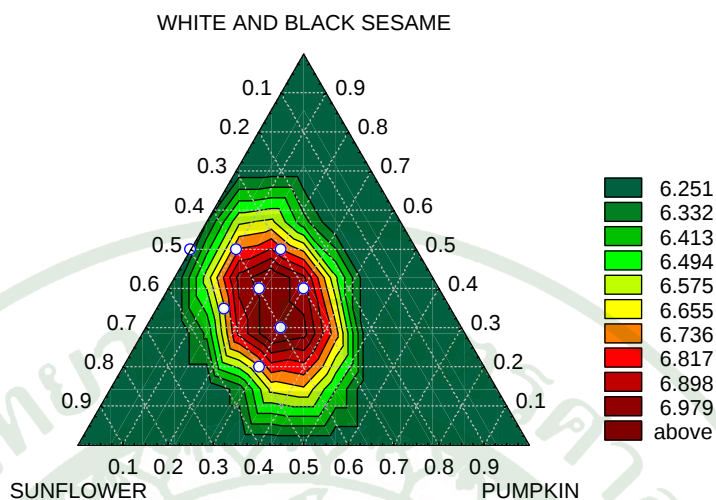
หมายเหตุ เมื่อ Y_i คือ คะแนนความชอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้ง

X_1 คือ ปริมาณของเมล็ดทานตะวัน

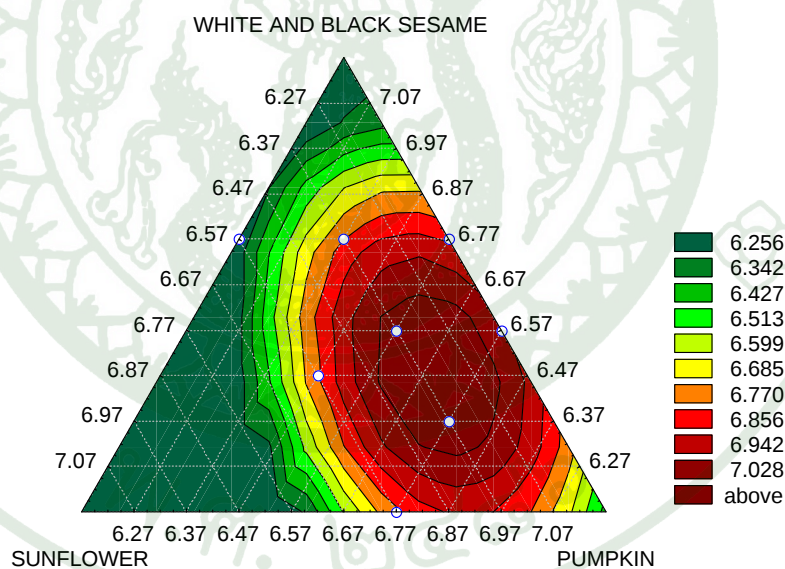
X_2 คือ ปริมาณของเมล็ดฟักทอง

X_3 คือ ปริมาณของเมล็ดงาขาวและงาดำ

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v = -0.808*x - 0.816*y + 1.904*z + 26.465*x*y + 22.492*x*z + 13.485*y*z$

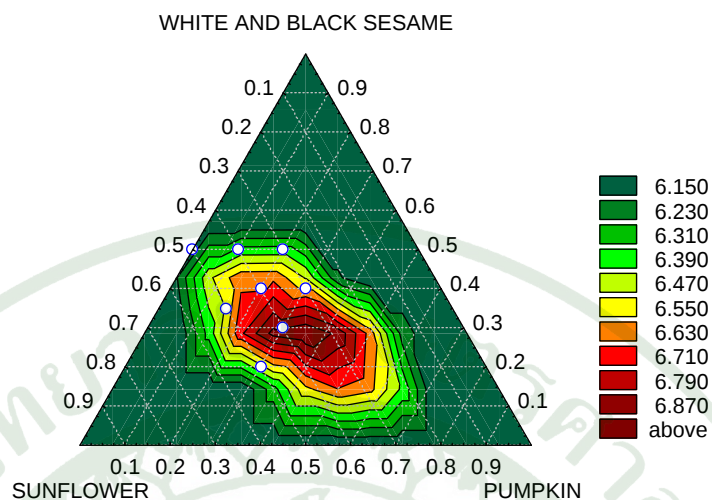


ภาพที่ 12 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธาตุพืช

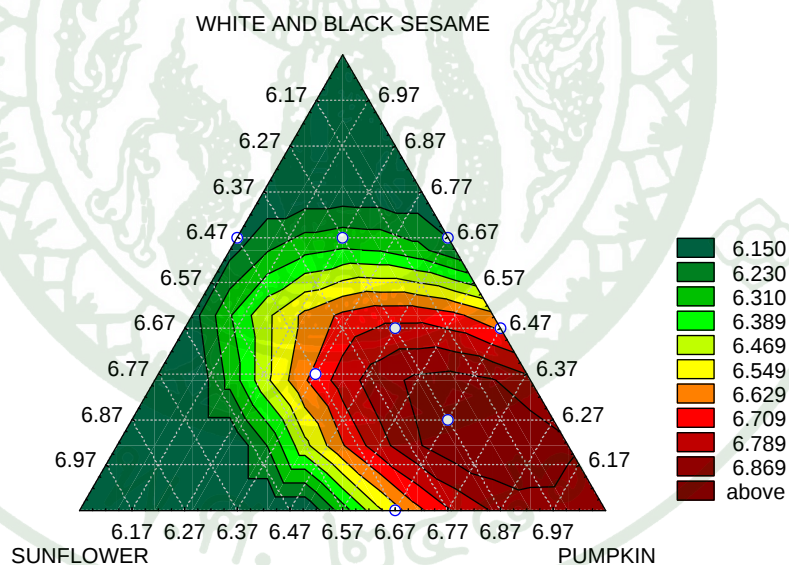


ภาพที่ 13 Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธาตุพืช

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v = -1.153x + 4.103y - 4.595z + 14.87x^2y + 35.817x^2z + 16.247y^2z$

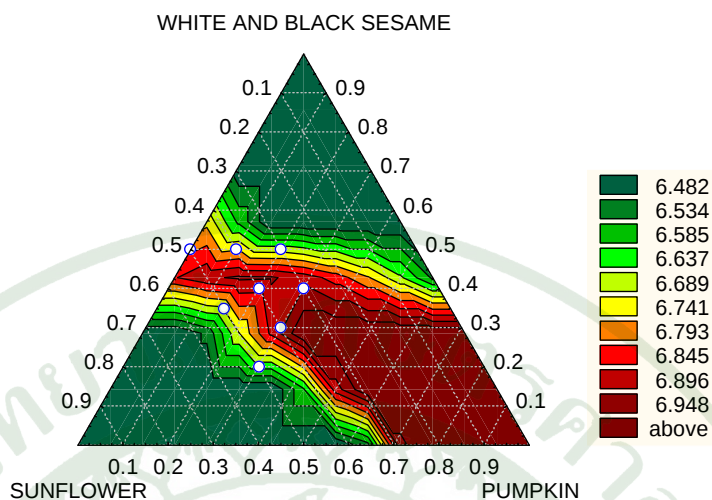


ภาพที่ 14 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

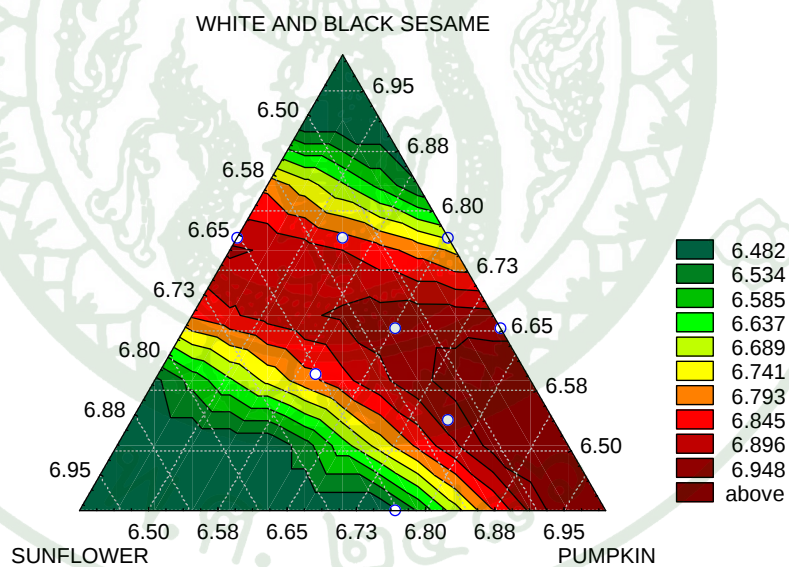


ภาพที่ 15 Contour plot ของลักษณะปรากฏที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=1.649*x+8.376*y+0.839*z+2.353*x*y+22.616*x*z+5.629*y*z$

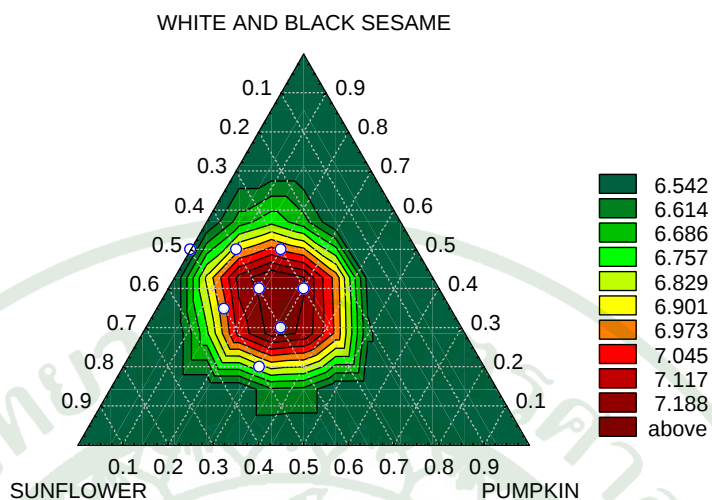


ภาพที่ 16 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

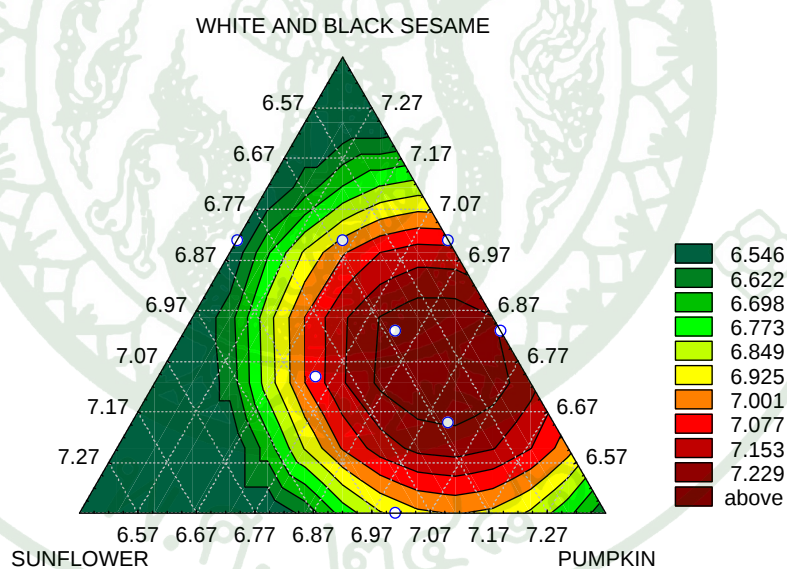


ภาพที่ 17 Contour plot ของสิ่งที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=1.466*x+0.451*y+1.563*z+17.929*x*y+19.824*x*z+17.031*y*z$

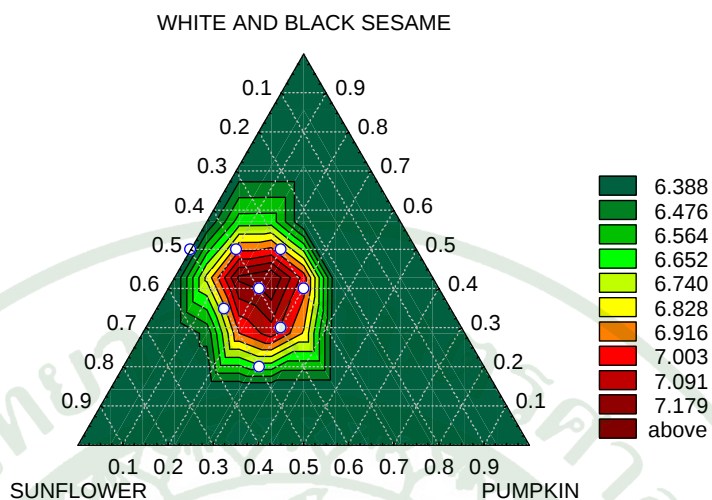


ภาพที่ 18 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

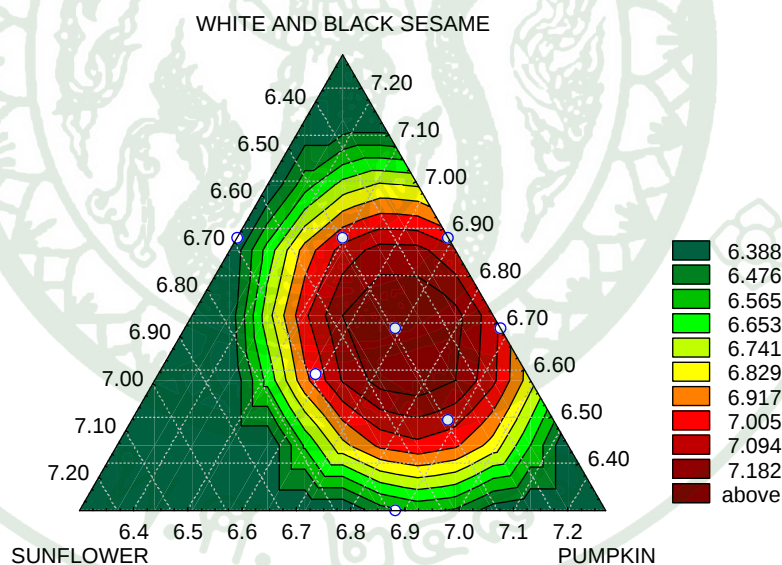


ภาพที่ 19 Contour plot ของรสชาติที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v = -3.075*x - 6.994*y - 1.162*z + 35.683*x*y + 33.578*x*z + 27.134*y*z$

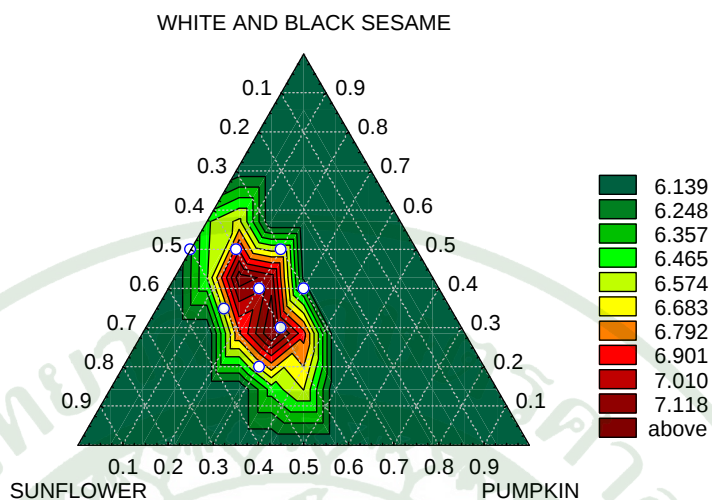


ภาพที่ 20 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

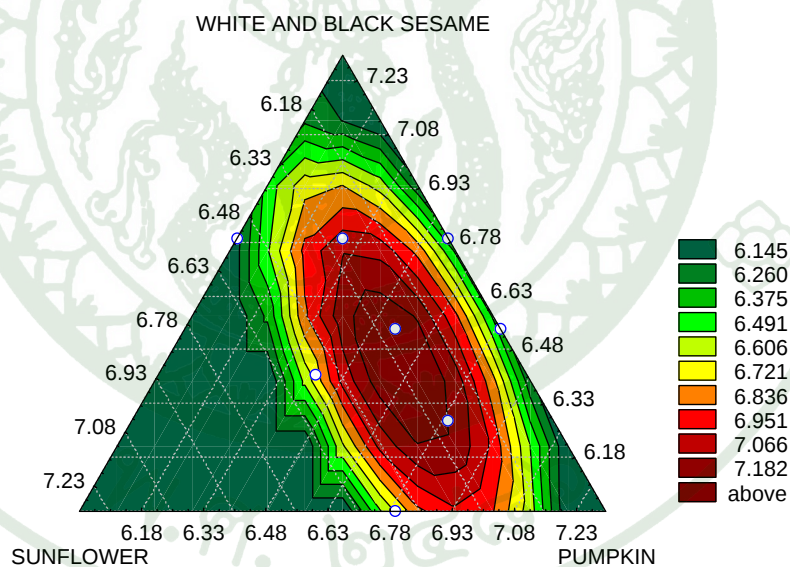


ภาพที่ 21 Contour plot ของขนาดที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช

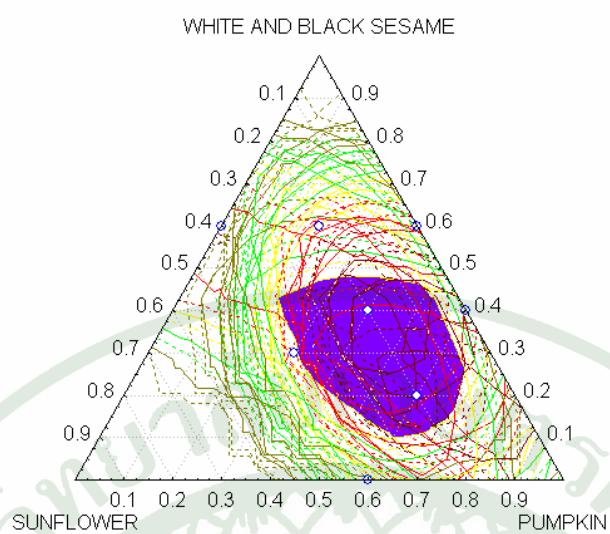
Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v = -17.466x - 12.97y - 6.634z + 82.211x^2y + 72.369x^2z + 16.969y^2z$



ภาพที่ 22 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช



ภาพที่ 23 Contour plot ของความเหนียวที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืช



ภาพที่ 24 ตำแหน่งของสูตรผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเสริมธัญพืชที่เหมาะสม

เมื่อนำอัตราส่วนเมล็ดธัญพืชรวมที่ได้มาผสมและทำการโรยอยู่บนผิวหน้าของกล้วยแผ่นโดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชที่ได้ต่อกล้วยแผ่นในอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ และนำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ได้ผลการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ขนาด ความเหนียว และความชอบรวม ดังตารางที่ 24 พบว่า กล้วยแผ่นอบแห้งที่มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นเป็น 0.1:1 ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบรวม มากกว่ากล้วยแผ่นอบแห้งที่มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่น 0.2:1, 0.15:1, 0.1:1, 0.07:1 และ 0.05:1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี ขนาด ความเหนียว ของกล้วยแผ่นอบแห้งในแต่ละอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่น ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 24 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จากการเสริมเมล็ดธัญพืชรวมในกล้วยแผ่น โดยใช้อัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นในอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่น				
	0.2:1	0.15:1	0.1:1	0.07:1	0.05:1
ลักษณะปรากฏ	7.07(0.62)A	7.53(0.68)B	7.97(0.89)C	7.17(0.75)A	6.93(0.64)A
สี	6.87(0.78)A	6.97(0.81)A	6.97(0.69)A	7.03(0.57)A	6.87(0.82)A
รสชาติ	7.13(0.73)A	7.33(0.88)A	7.73(0.64)B	7.17(0.65)A	7.10(0.55)A
ขนาด	7.10(0.66)A	7.17(0.46)A	7.20(0.41)A	7.13(0.43)A	7.17(0.53)A
ความเหนียว	6.67(0.66)A	6.77(0.63)A	6.87(0.82)A	6.70(0.53)A	6.63(0.61)A
ความชอบรวม	7.30(0.60)A	7.37(0.90)A	7.77(0.68)B	7.33(0.66)A	7.27(0.52)A

หมายเหตุ (A - B) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชที่ได้รับการพัฒนาแล้วได้รับการยอมรับมากที่สุด ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนปริมาณเมล็ดธัญพืชรวมเป็นเมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาขาวและงาคั่ว 30 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นเป็น 0.1:1 ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวแผ่นอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมเมล็ดธัญพืชรวม

1.3.2 ผลลัพธ์แบบที่ 2

ก. ผลการคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

จากการคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น 3 ชนิดคือ แป้งโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย ในอัตราส่วนต่างๆ กันรวม 20 สูตร โดยมีส่วนผสมของกล้วย น้ำกะทิ เกลือป่น งาดำ และน้ำในอัตราส่วนคงที่ นำผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบในแต่ละสูตรที่ได้จากการผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยเครื่องรีดแผ่น มาวิเคราะห์คุณภาพด้านค่าวอเตอร์แอกติวิตี เนื้อสัมผัสด้านแรงกด (ตารางที่ 25) พบว่า สูตรที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 1:0 ในสูตรที่ 7 และ 8 ที่มีโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองเป็น 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำตาลทราย 8.46 และ 5.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะมีค่าแรงกดมากที่สุดประมาณ 5.05 และ 5.11 นิวตัน ตามลำดับ และค่างานประมาณ 0.00768 และ 0.00833 จูล ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ ที่มีส่วนผสมของแป้ง 15 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 0:1, 1:1, 1:2 และ 2:1 และสูตรที่มีส่วนผสมของแป้ง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 1:0 เนื่องจากแป้งสาลีช่วยให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นเปลี่ยนไป โดยเป็น texturizing และช่วยเพิ่มความหนืด (thickening) ให้กับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น (นิธิยา, 2545) จึงทำให้กล้วยแผ่นเกาะตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี ค่าแรงกดจึงมาก ส่วนในสูตรที่ 1, 2, 9, 10, 13, 14, 17 และ 18 ที่มีแป้งกล้วย 15 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1 และ 2) และแป้งสาลีผสมแป้งกล้วย 15 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 9, 10, 13, 14, 17 และ 18) และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองต่อน้ำตาลทรายเป็น 3 ต่อ 15.96 เปอร์เซ็นต์ และ 6 ต่อ 12.96 เปอร์เซ็นต์ กับสูตรที่ 3 และ 4 ที่มีแป้งกล้วย 22.5 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองต่อน้ำตาลทรายเป็น 3 ต่อ 8.46 เปอร์เซ็นต์ และ 6 ต่อ 5.46 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าแรงกด และค่างานต่ำกว่าสูตรที่ 11, 12, 15, 16, 19 และ 20 ที่มีแป้งสาลีผสมแป้งกล้วย 22.5 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองต่อน้ำตาลทรายเป็น 3 ต่อ 8.46 เปอร์เซ็นต์ และ 6 ต่อ 5.46 เปอร์เซ็นต์ กับสูตรที่ 5 และ 6 ที่มีแป้งสาลี 15 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองต่อน้ำตาลทรายเป็น 3 ต่อ 15.96 เปอร์เซ็นต์ และ 6 ต่อ 12.96 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาส่วนผสมในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า หากมีการเติมแป้งที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งกล้วยลงในสูตรเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 1:1, 1:2 และ 2:1 ทำให้มีค่าแรงกด และความกรอบไม่แตกต่างจากการใช้ส่วนผสมแป้งกล้วยเพียงอย่างเดียวที่ 15 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 0:1 เนื่องจากการใช้ส่วนผสมแป้งกล้วยเพียงอย่างเดียวทำให้กล้วย

แผ่นมีส่วนผสมก่อนนำไปรีดแผ่นที่มีความหนืดต่ำและหลังจากรีดแผ่นแล้วกล้วยแผ่นมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปราะง่ายจึงมีผลทำให้มีแรงกดต่ำด้วย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งกล้วยลงในสูตรอีก 0.5 เท่าเป็น 22.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มีค่าแรงกดเพิ่มขึ้น 1 เท่าด้วย และมีค่าแรงกดและความกรอบไม่แตกต่างจากการใช้ส่วนผสมแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 1:0 เนื่องจากการใช้ส่วนผสมแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวทำให้กล้วยแผ่นมีความหนืดมากขึ้นและเกาะตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีจึงมีผลทำให้มีแรงกดสูงขึ้นด้วย

สูตรที่ 1 – 20 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของกล้วยร้อยละ 20 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และน้ำ 18.39 คงที่ โดยมีร้อยละของแป้ง โปรตีนไอโซเลต จากถั่วเหลือง (SPI) และน้ำตาลทราย ต่างกันดังนี้

สูตรที่ 1 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 0 แป้งกล้วย 15 SPI 3 น้ำตาลทราย 15.96
 สูตรที่ 2 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 0 แป้งกล้วย 15 SPI 6 น้ำตาลทราย 12.96
 สูตรที่ 3 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 0 แป้งกล้วย 22.5 SPI 3 น้ำตาลทราย 8.46
 สูตรที่ 4 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 0 แป้งกล้วย 22.5 SPI 6 น้ำตาลทราย 5.46
 สูตรที่ 5 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 15 แป้งกล้วย 0 SPI 3 น้ำตาลทราย 15.96
 สูตรที่ 6 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 15 แป้งกล้วย 0 SPI 6 น้ำตาลทราย 12.96
 สูตรที่ 7 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 22.5 แป้งกล้วย 0 SPI 3 น้ำตาลทราย 8.46
 สูตรที่ 8 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 22.5 แป้งกล้วย 0 SPI 6 น้ำตาลทราย 5.96
 สูตรที่ 9 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 7.5 แป้งกล้วย 7.5 SPI 3 น้ำตาลทราย 15.96
 สูตรที่ 10 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 7.5 แป้งกล้วย 7.5 SPI 6 น้ำตาลทราย 12.96
 สูตรที่ 11 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 11.25 แป้งกล้วย 11.25 SPI 3 น้ำตาลทราย 8.46
 สูตรที่ 12 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 11.25 แป้งกล้วย 11.25 SPI 6 น้ำตาลทราย 5.46
 สูตรที่ 13 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 5 แป้งกล้วย 10 SPI 3 น้ำตาลทราย 15.96
 สูตรที่ 14 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 5 แป้งกล้วย 10 SPI 6 น้ำตาลทราย 12.96
 สูตรที่ 15 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 7.5 แป้งกล้วย 15 SPI 3 น้ำตาลทราย 8.46
 สูตรที่ 16 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 7.5 แป้งกล้วย 15 SPI 6 น้ำตาลทราย 5.46
 สูตรที่ 17 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 10 แป้งกล้วย 5 SPI 3 น้ำตาลทราย 15.96
 สูตรที่ 18 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 10 แป้งกล้วย 5 SPI 6 น้ำตาลทราย 12.96
 สูตรที่ 19 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 15 แป้งกล้วย 7.5 SPI 3 น้ำตาลทราย 8.46

สูตรที่ 20 คือ ร้อยละ แป้งสาลี 15 แป้งกล้วย 7.5 SPI 6 น้ำตาลทราย 5.46

ตารางที่ 25 ค่าอเวอร่าจแอคทีวิตี เนื้อสัมผัสด้านแรงกด และค่างาน

สูตร	ค่าอเวอร่าจแอคทีวิตี	แรงกด (นิวตัน)	งาน (จูล)
1	0.439	2.15(0.05)a	0.00269
2	0.426	2.19(0.08)a	0.00267
3	0.437	2.17(0.07)a	0.00273
4	0.418	2.15(0.06)a	0.00256
5	0.427	4.11(0.08)b	0.00518
6	0.440	4.14(0.06)b	0.00537
7	0.398	5.05(0.07)c	0.00768
8	0.387	5.11(0.05)c	0.00833
9	0.483	2.15(0.06)a	0.00280
10	0.476	2.17(0.06)a	0.00273
11	0.482	4.15(0.10)b	0.00544
12	0.463	4.13(0.09)b	0.00553
13	0.470	2.18(0.03)a	0.00266
14	0.427	2.16(0.02)a	0.00259
15	0.419	4.20(0.25)b	0.00533
16	0.431	4.15(0.08)b	0.00531
17	0.425	2.19(0.06)a	0.00265
18	0.458	2.22(0.07)a	0.00255
19	0.417	4.17(0.06)b	0.00530
20	0.420	4.19(0.04)b	0.00545

หมายเหตุ (a - c) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 26 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบจากการศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสม

สูตร	สี	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
1	5.30(0.65)a	5.37(0.67)a	5.63(0.61)a	5.53(0.53)abc
2	5.17(0.65)a	5.33(0.71)a	5.60(0.62)a	5.40(0.72)a
3	5.43(0.68)a	5.27(0.45)a	5.83(0.70)abcde	5.60(0.72)abc
4	5.33(0.71)a	5.23(0.43)a	5.76(0.77)abc	5.50(0.82)ab
5	6.13(0.57)bc	5.33(0.55)a	6.20(0.61)dfgh	5.93(0.74)cd
6	6.10(0.55)bc	5.30(0.47)a	6.07(0.78)f	5.90(0.76)bcd
7	6.57(0.82)d	5.26(0.45)a	6.53(0.51)gh	6.10(0.76)def
8	6.50(0.68)cd	5.20(0.61)a	6.50(0.63)gh	6.03(0.76)de
9	6.27(0.74)bcd	6.27(0.45)bcd	5.96(0.72)abcde	6.17(0.70)def
10	6.17(0.70)bcd	6.20(0.66)bc	5.80(0.61)abcd	6.13(0.68)def
11	6.20(0.61)bcd	6.67(0.68)cde	6.47(0.82)gh	6.53(0.63)fg
12	6.17(0.75)bcd	6.63(0.72)de	6.43(0.73)gh	6.47(0.97)ef
13	6.13(0.78)bc	6.40(0.62)bcd	5.83(0.83)abcde	6.20(0.55)def
14	6.07(0.64)b	6.33(0.55)bcd	5.80(0.85)abcd	6.13(0.68)def
15	6.17(0.83)bcd	6.50(0.73)bcde	6.23(0.50)efgh	6.43(0.73)ef
16	6.17(0.87)bcd	6.43(0.57)bcd	6.13(0.35)cdefg	6.30(0.79)def
17	6.07(0.81)b	6.27(0.64)bcd	6.03(0.61)bcde	6.23(0.77)def
18	6.10(0.55)bc	6.17(0.83)b	6.00(0.69)abcde	6.17(0.87)def
19	7.23(0.68)e	7.10(0.66)f	6.56(0.73)h	7.03(0.72)h
20	7.13(0.68)e	6.83(0.75)ef	6.53(0.82)h	6.90(0.76)gh

หมายเหตุ (a - h) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ภายหลังการตรวจสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ 20 สูตร คะแนนความชอบดังตารางที่ 26 จากการศึกษาพบว่าสูตรที่ 19 ที่มีส่วนผสมของแป้ง 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 2:1 ร่วมกับส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 8.46 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ได้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทั้งด้านสี รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม มากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรที่ 20 ที่มีส่วนผสมของแป้ง 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 2:1 ร่วมกับส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง 6 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 5.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรที่ 2 เป็นสูตรที่ได้รับความนิยมชอบในทุกคุณลักษณะน้อยที่สุด จึงเป็นสูตรที่มีชนิดและอัตราส่วนปรุงแต่งที่ไม่เหมาะกับการนำไปพัฒนาสูตร

จากผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบในครั้งนี้ จะพบว่าสูตรของกล้วยแผ่นกรอบที่มีส่วนผสมของแป้ง 15 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 0:1 และ 1:0 (สูตร 1 – 8) ผู้ทดสอบจะให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบร่วนน้อยกว่าการใช้สูตรที่มีส่วนผสมของแป้ง 15 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 1:1, 1:2 และ 2:1 (สูตร 9 – 20) โดยเฉพาะเมื่อมีส่วนผสมของแป้ง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 0:1 ร่วมกับส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง 6 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลทราย 12.96 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านความชอบร่วนน้อยที่สุด การเติมแป้งสาลีผสมกับแป้งกล้วยทำให้ได้รับคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเติมแป้งที่มีส่วนผสมระหว่างแป้งสาลีและแป้งกล้วย 1:1, 1:2 และ 2:1 จาก 15 เปอร์เซ็นต์เพิ่มอีก 0.5 เท่าเป็น 22.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ได้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบรวมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเติมแป้ง 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 2:1 จะทำให้ได้รับคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะมากที่สุด การเติมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองจาก 3 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นอีก 1 เท่า เป็น 6 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้มีรสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมลดลง ดังนั้นในการคัดเลือกส่วนผสมครั้งนี้จึงเลือกสูตรที่มีส่วนผสมของแป้ง 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 2:1 ร่วมกับส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 8.46 เปอร์เซ็นต์

ข. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

หลังจากคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบในข้อ ก. จะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 8.46 เปอร์เซ็นต์ และมีแป้ง 22.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยเป็น 2:1 ได้คะแนนความกรอบเล็กน้อย 6.56 และความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบรวมปานกลางเท่ากับ 7.23, 7.10 และ 7.03 ตามลำดับ ดังนั้นจึงนำส่วนผสมดังกล่าวมาพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นด้วยวิธี Mixture design เนื่องจากแผนการทดลอง Mixture design สามารถหาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ และสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ได้ (Nardi *et al.*, 2004)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี 9 point hedonic scale ดังตารางที่ 27 พบว่าสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะทั้งในด้านของรสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม มากกว่าสูตรอื่นๆ โดยได้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และความชอบรวมมากเท่ากับ 8.13 และ 8.03 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ ยกเว้นสูตรที่ 2 และได้คะแนนความกรอบปานกลางเท่ากับ 7.97 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ ยกเว้นสูตรที่ 3 ซึ่งสูตรที่ 1 นี้เป็นสูตรที่มีปริมาณเนื้อกล้วยสูงสุด และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง กับน้ำตาลทรายต่ำสุด ส่วนสูตรที่ได้รับการยอมรับน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 7 ซึ่งมีน้ำตาลทรายมากกว่าโปรตีนไอโซเลตประมาณ 5 เท่า ทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติเล็กน้อยเท่ากับ 6.47 ซึ่งแตกต่างกับสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นสูตรที่ 4 และได้รับคะแนนความชอบรวมเล็กน้อยเท่ากับ 6.03 ซึ่งแตกต่างกับสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนคะแนนความกรอบได้รับคะแนนความชอบเล็กน้อยไม่แตกต่างกับสูตรที่ 6 – 9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หลังการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 15 คน พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบมีคุณลักษณะที่สำคัญอยู่ 7 คุณลักษณะ ได้แก่ สีน้ำตาล กลิ่นกล้วย กลิ่นถั่วเหลือง รสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ดังตารางที่ 28 โดยสูตรที่ 1 นั้นมีความเข้มในคุณลักษณะของกลิ่นกล้วย กลิ่นถั่วเหลือง รสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลืองสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ โดยมีคุณลักษณะของรสหวานน้อยที่สุด ซึ่งอาจเป็นเหตุผลให้ได้รับการยอมรับมากที่สุด ส่วนสูตรที่ได้รับการยอมรับน้อยที่สุดคือ

สูตรที่มีปริมาณกล้วยน้อยที่สุดและน้ำตาลมากที่สุดในสูตรที่ 9 ทำให้ได้รับคะแนนความชอบด้าน
สีน้ำตาล กลิ่นกล้วย รสหวาน และกลิ่นรสกล้วยน้อยที่สุด

สูตรที่ 1 – 9 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 22.5 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้ง
สาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 2:1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และน้ำ
18.39 คงที่ และมีส่วนผสมอีกร้อยละ 31.46 เป็นส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ กล้วย โปรตีน
ไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI) และน้ำตาลทราย โดยมีร้อยละของส่วนผสมใน 3 ชนิด ต่างกันดังนี้

- สูตรที่ 1 คือ ร้อยละ กล้วย 70 SPI 10 น้ำตาลทราย 20
- สูตรที่ 2 คือ ร้อยละ กล้วย 60 SPI 20 น้ำตาลทราย 20
- สูตรที่ 3 คือ ร้อยละ กล้วย 55 SPI 10 น้ำตาลทราย 35
- สูตรที่ 4 คือ ร้อยละ กล้วย 50 SPI 30 น้ำตาลทราย 20
- สูตรที่ 5 คือ ร้อยละ กล้วย 45 SPI 20 น้ำตาลทราย 35
- สูตรที่ 6 คือ ร้อยละ กล้วย 40 SPI 30 น้ำตาลทราย 30
- สูตรที่ 7 คือ ร้อยละ กล้วย 40 SPI 10 น้ำตาลทราย 50
- สูตรที่ 8 คือ ร้อยละ กล้วย 30 SPI 30 น้ำตาลทราย 40
- สูตรที่ 9 คือ ร้อยละ กล้วย 30 SPI 20 น้ำตาลทราย 50

ตารางที่ 27 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบจากการพัฒนาสูตรวิธี 9-point
hedonic scale

ส่วนประกอบ	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
1	8.13(0.78)c	7.97(0.67)d	8.03(0.76)c
2	7.87(0.97)c	7.23(0.68)c	7.73(0.87)c
3	7.20(0.71)b	7.80(0.71)d	7.07(0.74)b
4	6.80(1.03)ab	6.27(0.87)a	7.17(0.79)b
สิ่งทดลอง 5	7.07(1.03)b	6.33(0.55)a	7.00(0.83)b
6	7.17(0.75)b	6.40(0.86)ab	6.97(0.67)b
7	6.47(0.51)a	6.80(0.76)b	6.03(0.76)a
8	7.07(0.74)b	6.53(0.94)ab	7.10(0.55)b
9	7.17(0.79)b	6.47(0.97)ab	6.87(0.68)b

หมายเหตุ (a - b) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 28 คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบวิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis)

ส่วนประกอบ	สูตร								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
สีน้ำตาล	7.17(0.75)d	6.77(0.68)bcd	6.87(0.82)bcd	7.13(0.94)d	6.47(0.94)ab	6.93(0.87)cd	6.57(0.77)abc	7.17(0.87)d	6.20(0.55)a
กลิ่นกล้วย	7.90(0.96)d	7.47(1.01)c	7.43(0.73)c	7.37(0.61)bc	7.27(0.64)abc	7.23(0.50)abc	6.97(0.61)ab	7.00(0.59)ab	6.87(0.57)a
กลิ่นฉ่ำเหลือง	7.77(0.63)c	6.97(0.76)ab	7.23(0.68)b	6.80(0.61)a	6.93(0.64)ab	7.00(0.69)ab	7.03(0.43)ab	6.73(0.69)a	6.97(0.49)ab
รสหวาน	8.03(0.72)c	7.33(0.71)b	7.07(0.94)ab	7.20(0.87)ab	7.07(0.69)ab	7.17(0.79)ab	6.90(0.61)ab	7.00(0.64)ab	6.77(0.68)a
กลิ่นรสกล้วย	8.07(0.74)c	7.33(0.88)b	7.27(1.14)ab	7.20(1.09)ab	7.10(0.55)ab	6.97(0.76)ab	6.87(0.82)ab	6.83(0.65)a	6.80(0.45)a
กลิ่นรสฉ่ำเหลือง	7.83(0.75)b	7.13(0.97)a	7.20(1.10)a	6.97(1.07)a	7.03(0.56)a	7.13(1.04)a	7.17(0.70)a	6.90(0.71)a	6.93(0.45)a
ความกรอบ	7.83(0.87)e	7.33(0.88)cd	7.60(1.03)de	6.87(0.73)ab	6.43(0.68)a	6.53(0.57)ab	6.67(0.76)ab	6.73(0.58)ab	6.97(0.72)bc

หมายเหตุ (a - e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

จากตารางที่ 29 ที่แสดงสมการถดถอยของคะแนนความชอบจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ เมื่อพิจารณาจากสมการถดถอยของความชอบรวมที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน (Partial regression Coefficient) แสดงการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวมเมื่อตัวแปรกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย เปลี่ยนแปลงไป จากสมการถดถอยคะแนนในคุณลักษณะด้านความชอบรวมและรสชาติ พบว่า ปริมาณกล้วยน้ำว้า และน้ำตาลทราย มีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบรวม โดยถ้ามีปริมาณของส่วนผสมมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบรวมและรสชาติเพิ่มขึ้น หากมีส่วนผสมของกล้วยน้ำว้ากับโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองกับน้ำตาลทราย รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลต่อคะแนนความชอบรวมและรสชาติด้วยเช่นกัน แต่โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และส่วนผสมของกล้วยน้ำว้ากับน้ำตาลทรายรวมกัน ทำให้ความชอบรวมและรสชาติของผลิตภัณฑ์ลดลง ดังภาพที่ 26 และภาพที่ 27 ซึ่งภาพที่ 27 แสดง Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo – component และภาพที่ 28 และภาพที่ 29 ซึ่งภาพที่ 29 แสดง Contour plot ของความชอบด้านรสชาติที่แสดงในรูป pseudo – component จากสมการถดถอยของคะแนนความชอบด้านความกรอบ พบว่า ปริมาณกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาล มีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านความกรอบ โดยถ้ามีปริมาณของส่วนผสมมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านความกรอบเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากมีส่วนผสมของกล้วยน้ำว้ากับโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง กล้วยน้ำว้ากับน้ำตาลทราย และโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองกับน้ำตาลทราย รวมกันเพิ่มขึ้นก็จะมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านความกรอบลดลง ดังภาพที่ 30 กับ 31

จากการซ้อนทับ Response surface ของความชอบรวม ความกรอบ และรสชาติ ดังภาพที่ 32 ได้สูตรที่เหมาะสมในการคัดเลือกอัตราส่วนปริมาณกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ของกล้วยแผ่นกรอบคือ สูตรที่มีกล้วยน้ำว้าร้อยละ 51.00 – 100 โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองร้อยละ 0.00 – 20.25 และน้ำตาลทรายร้อยละ 0.00 – 38.75

ตารางที่ 29 สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ
ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน

คุณลักษณะ (Y_i)	สมการถดถอย	R^2
รสชาติ	$= 10.994X_1 - 12.443X_2 + 3.939X_3 + 16.314X_1X_2 - 7.942X_1X_3 + 45.659X_2X_3$	0.937
ความกรอบ	$= 11.294X_1 + 15.367X_2 + 4.680X_3 - 29.862X_1X_2 - 0.055X_1X_3 - 6.020X_2X_3$	0.901
ความชอบรวม	$= 11.009X_1 - 7.166X_2 + 3.017X_3 + 10.366X_1X_2 - 7.212X_1X_3 + 38.828X_2X_3$	0.981

หมายเหตุ เมื่อ Y_i คือ คะแนนความชอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

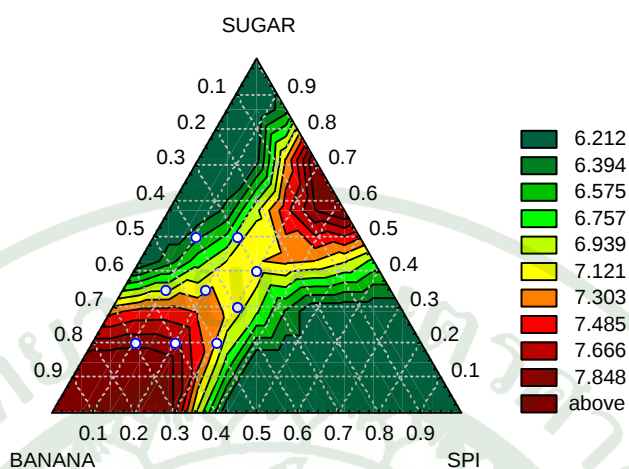
กล้วยแผ่นกรอบ

X_1 คือ ปริมาณของกล้วยน้ำว้า

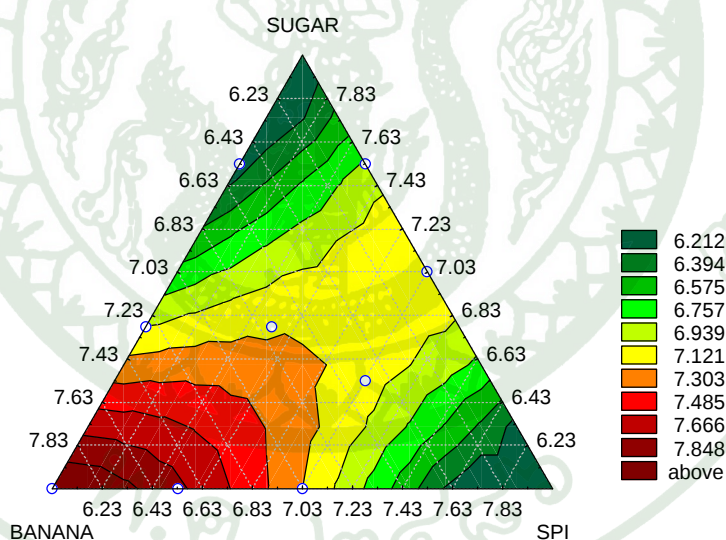
X_2 คือ ปริมาณของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI)

X_3 คือ ปริมาณของน้ำตาลทราย

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=11.009*x-7.166*y+3.017*z+10.366*x*y-7.212*x*z+38.828*y*z$

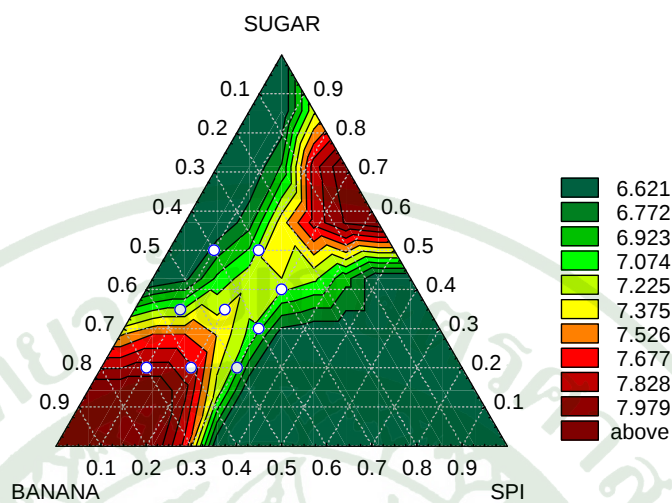


ภาพที่ 26 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

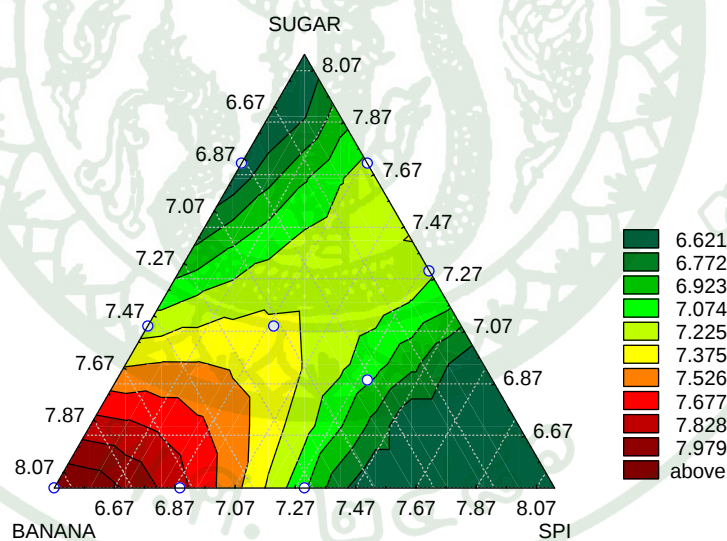


ภาพที่ 27 Contour plot ของความชอบรวมที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=10.994*x-12.443*y+3.939*z+16.314*x*y-7.942*x*z+45.659*y*z$

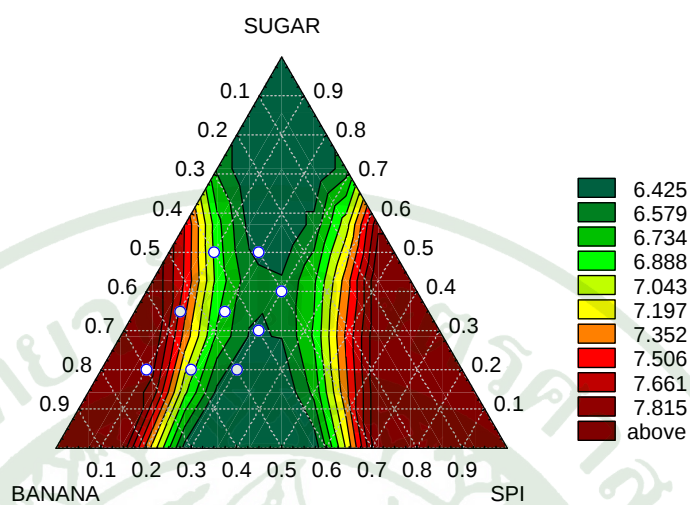


ภาพที่ 28 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

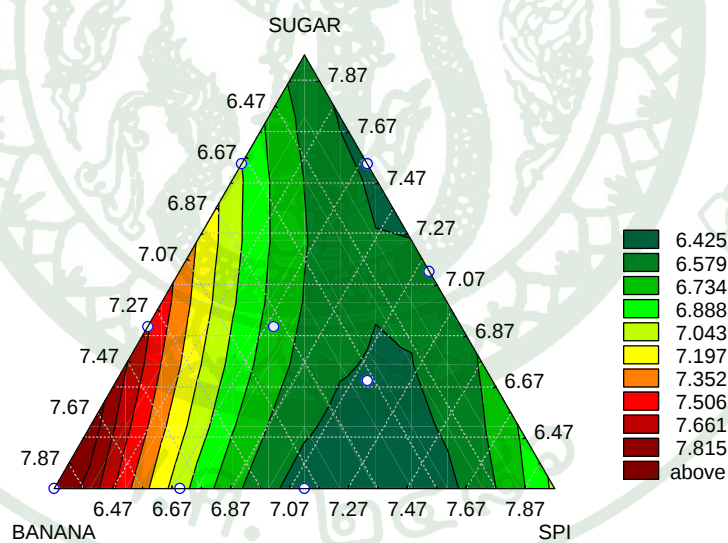


ภาพที่ 29 Contour plot ของรสชาติที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

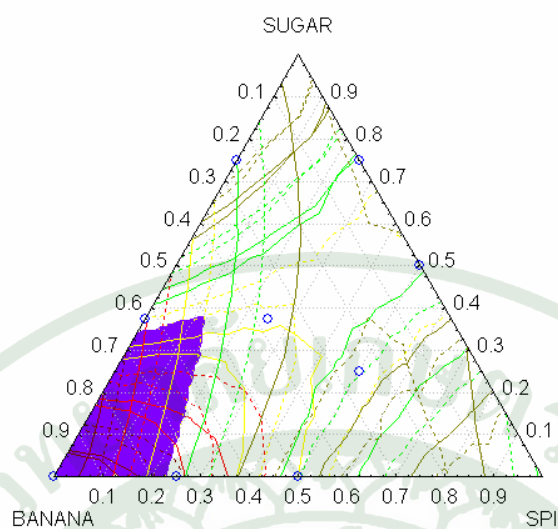
Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=11.294*x+15.367*y+4.68*z-29.862*x*y-0.055*x*z-6.02*y*z$



ภาพที่ 30 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ



ภาพที่ 31 Contour plot ของความกรอบที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ



ภาพที่ 32 ตำแหน่งของสูตรกล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสม

สูตรที่ 1 – 9 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 22.5 ซึ่งมีอัตราส่วนของ แป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 2:1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และ น้ำ 18.39 คงที่ และมีส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ กล้วย โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI) และ น้ำตาลทราย ร้อยละต่างกันดังนี้

สูตรที่ 1 คือ ร้อยละ กล้วย 22.02 SPI 3.15 น้ำตาลทราย 6.29

สูตรที่ 2 คือ ร้อยละ กล้วย 18.88 SPI 6.29 น้ำตาลทราย 6.29

สูตรที่ 3 คือ ร้อยละ กล้วย 17.30 SPI 3.15 น้ำตาลทราย 11.01

สูตรที่ 4 คือ ร้อยละ กล้วย 15.73 SPI 9.44 น้ำตาลทราย 6.29

สูตรที่ 5 คือ ร้อยละ กล้วย 14.16 SPI 6.29 น้ำตาลทราย 11.01

สูตรที่ 6 คือ ร้อยละ กล้วย 12.58 SPI 9.44 น้ำตาลทราย 9.44

สูตรที่ 7 คือ ร้อยละ กล้วย 12.58 SPI 3.15 น้ำตาลทราย 15.73

สูตรที่ 8 คือ ร้อยละ กล้วย 9.44 SPI 9.44 น้ำตาลทราย 12.58

สูตรที่ 9 คือ ร้อยละ กล้วย 9.44 SPI 6.29 น้ำตาลทราย 15.73

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบพบว่าสูตรที่ 1 ที่มี อัตราส่วนของกล้วยน้ำว้ามากที่สุดคือร้อยละ 22.02 และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่ว เหลืองกับน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 2 เท่า จะมีค่าแรงกด 4.20 นิวตัน และค่างานสูงสุดเท่ากับ 0.00542 จูล แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสูตรอื่นๆ ดังตารางที่ 30 ส่วนสูตรที่มี ค่างานและแรงกดน้อยที่สุดคือ สูตรที่มีกล้วยน้ำว้าในปริมาณน้อยที่สุดในสูตรคือ ร้อยละ 9.44 และมีส่วนผสมของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 2.5 เท่า จากการ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบด้านความกรอบมาก ที่สุด นั่นคือผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบควรมีค่าแรงกดและค่างานในระดับที่สูงพอที่จะไม่ทำให้ กล้วยแผ่นมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปราะจนเกินไป

ตารางที่ 30 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

สูตร	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี	แรงกด (นิวตัน)	ค่างาน (จูล)
1	0.415	4.20(0.03)f	0.00542
2	0.420	4.12(0.01)de	0.00503
3	0.424	4.09(0.04)cd	0.00487
4	0.417	4.15(0.06)e	0.00519
5	0.428	4.06(0.05)bc	0.00467
6	0.422	4.09(0.02)cd	0.00491
7	0.438	3.98(0.02)a	0.00454
8	0.430	4.03(0.04)b	0.00472
9	0.434	3.96(0.05)a	0.00440

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

สมการถดถอยของตารางที่ 31 แสดงสมการถดถอยคุณค่าทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ โดยสมการที่ได้นำไปสร้างเป็นภาพ Response surface ดังภาพที่ 34 – 38 จากสมการถดถอยของค่าวอเตอร์แอกติวิตี อธิบายได้ว่าปริมาณของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง น้ำตาล ส่วนผสมระหว่างกล้วยน้ำว้ากับโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และ ส่วนผสมระหว่างโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองกับน้ำตาล มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากค่าบวกของค่าสัมประสิทธิ์ (Nardi et al., 2004) เมื่อปริมาณดังกล่าวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จากสมการถดถอยของค่าแรงกด อธิบายได้ว่าปริมาณของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง น้ำตาล ส่วนผสมระหว่างกล้วยน้ำว้ากับน้ำตาล มีผลต่อค่าแรงกดของผลิตภัณฑ์ เมื่อปริมาณดังกล่าวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงกดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และจากสมการถดถอยของค่างาน อธิบายได้ว่าปริมาณของกล้วยน้ำว้า ส่วนผสมระหว่างกล้วยน้ำว้ากับโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง ส่วนผสมระหว่างกล้วยน้ำว้ากับน้ำตาล และ ส่วนผสมระหว่างโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองกับน้ำตาล มีผลต่อค่างานของผลิตภัณฑ์ เมื่อปริมาณดังกล่าวเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่างานของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 31 สมการถดถอย และสัดส่วนความแปรปรวนของค่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน

คุณลักษณะ (Y_i)	สมการถดถอย	R^2
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี	$= 0.393X_1 + 0.323X_2 + 0.474X_3 + 0.174X_1X_2 - 0.003X_1X_3 + 0.072X_2X_3$	0.957
ค่าแรงกด	$= 4.403X_1 + 5.699X_2 + 3.595X_3 - 2.715X_1X_2 + 0.286X_1X_3 - 1.846X_2X_3$	0.988
ค่างาน	$= 0.003X_1 - 0.003X_2 - 0.005X_3 + 0.013X_1X_2 + 0.02X_1X_3 + 0.026X_2X_3$	0.971

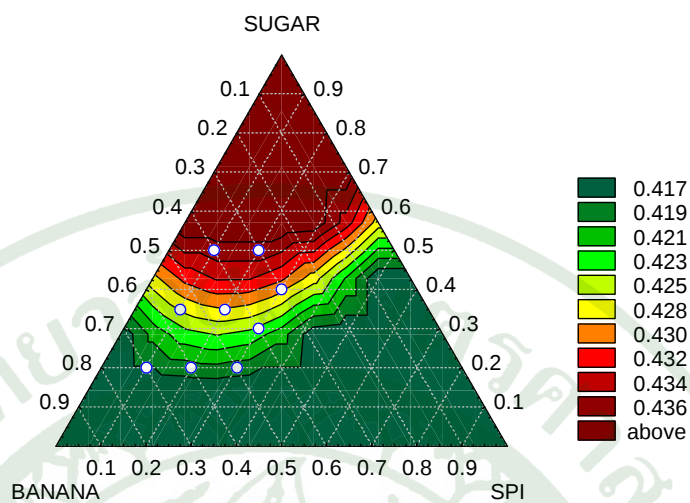
หมายเหตุ เมื่อ Y_i คือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

X_1 คือ ปริมาณของกล้วยน้ำว้า

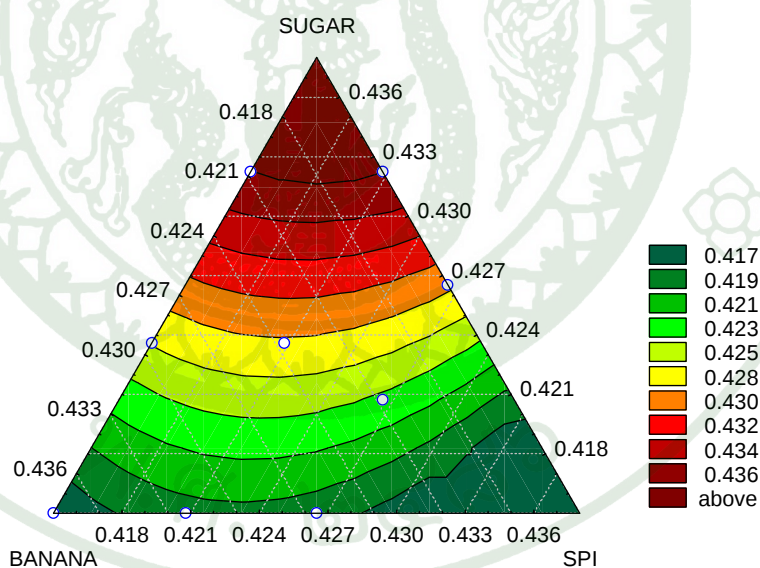
X_2 คือ ปริมาณของโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง (SPI)

X_3 คือ ปริมาณของน้ำตาลทราย

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=0.393*x+0.323*y+0.474*z+0.174*x*y-0.003*x*z+0.072*y*z$

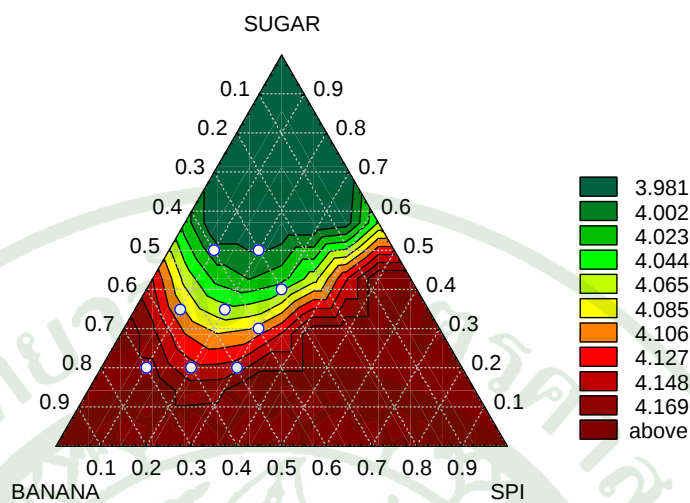


ภาพที่ 33 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

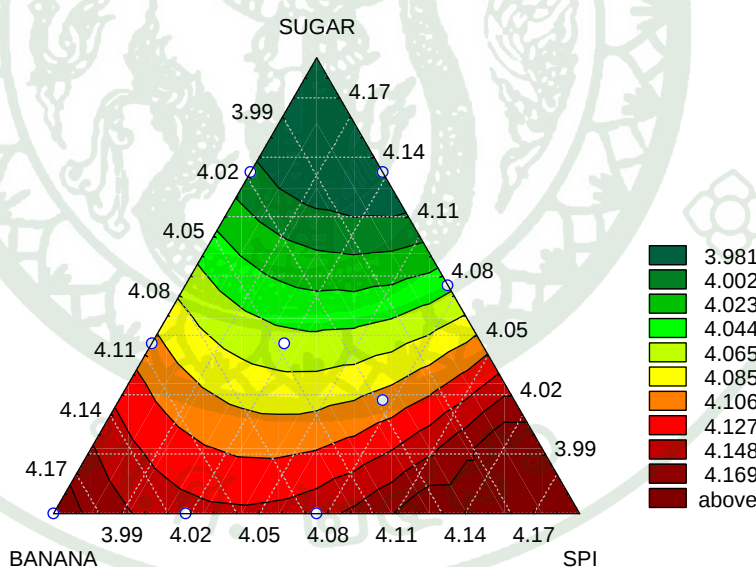


ภาพที่ 34 Contour plot ของค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่แสดงในรูปแบบ pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v=4.403*x+5.699*y+3.595*z-2.715*x*y+0.286*x*z-1.846*y*z$

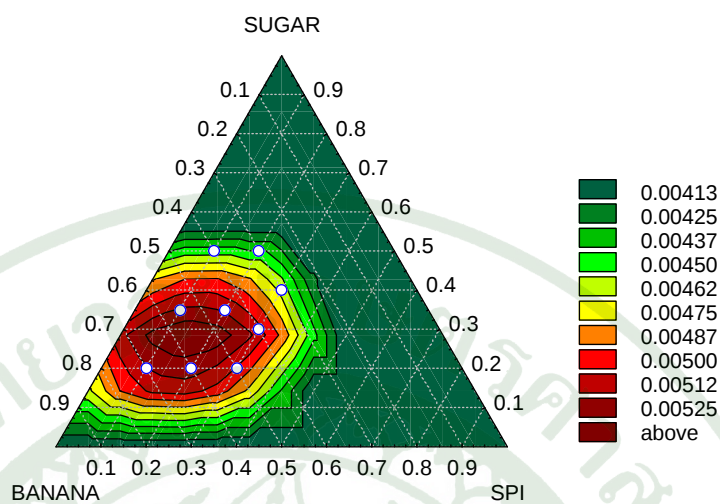


ภาพที่ 35 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

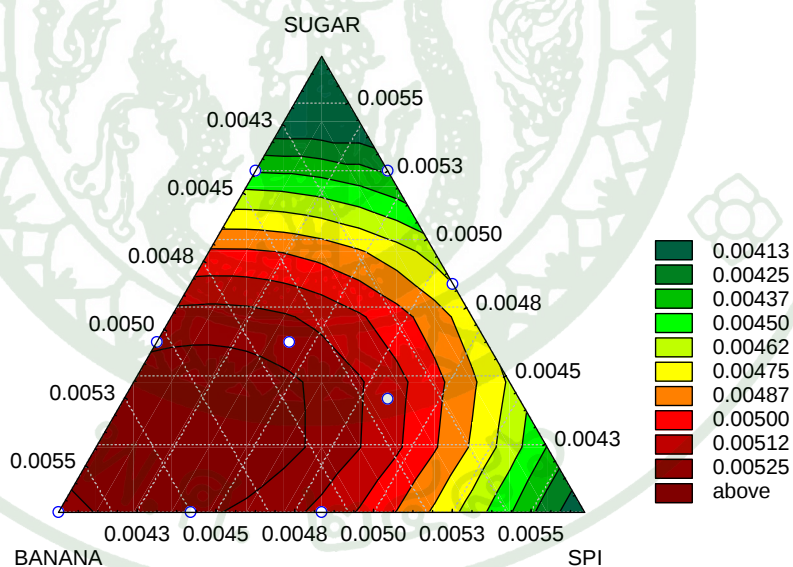


ภาพที่ 36 Contour plot ของค่าแรงกดที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

Ternary Graph (mixture make.STA 10v*10c)
 $v = -0.003 \cdot x - 0.003 \cdot y - 0.005 \cdot z + 0.013 \cdot x \cdot y + 0.02 \cdot x \cdot z + 0.026 \cdot y \cdot z$



ภาพที่ 37 ตำแหน่งสิ่งทดลองขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ



ภาพที่ 38 Contour plot ของค่างานที่แสดงในรูป pseudo-components ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

ในการพัฒนาสูตรในครั้งนี้พบว่าสูตรของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 1 ที่มีปริมาณของส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย รวมร้อยละ 31.46 โดยมีร้อยละอัตราส่วนระหว่างส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทรายร้อยละ 72, 5 และ 23 ตามลำดับ และมีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 18.75 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 2:1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และน้ำร้อยละ 18.39 คงที่ ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

จากการทดสอบผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งส่วนที่ 1 เป็นการถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 เป็นความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วย และผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบ และส่วนที่ 3 เป็นการให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นทั้ง 2 ชนิด ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 จำนวนค่าร้อยละของผู้บริโภค

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	48	32
หญิง	102	68
อายุ		
12-20 ปี	20	13.3
21-30 ปี	81	54
31-40 ปี	27	18
41-50 ปี	15	10
51-60 ปี	7	4.7
การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	43	28.7
ปริญญาตรี	86	57.3
สูงกว่าปริญญาตรี	21	14
อาชีพ		
นักเรียน นักศึกษา	79	52.7
พนักงานบริษัทเอกชน	12	8
รับราชการ	25	16.7
รัฐวิสาหกิจ	13	8.7
ธุรกิจส่วนตัว	17	11.3
แม่บ้าน	4	2.6

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
รายได้		
น้อยกว่า 5,000 บาท	28	18.7
5,000-10,000 บาท	52	34.7
10,001-15,000 บาท	26	17.3
15,001-20,000 บาท	21	14
20,000-25,000 บาท	14	9.3
สูงกว่า 25,000 บาท	9	6
ชอบผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วย		
ชอบ	128	85.5
ไม่ชอบ	22	14.5
ความถี่ในการรับประทาน		
1-2 ครั้งต่อปี	17	11.3
3-6 ครั้งต่อปี	39	26
1-2 ครั้งต่อเดือน	58	38.7
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	22	14.7
อื่น ๆ	14	9.3
รูปแบบของผลิตภัณฑ์		
กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น		
แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	58	38.7
แผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	30	20
วงกลม	27	18
อื่น ๆ	35	23.3
กล้วยแผ่นกรอบ		
แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	36	24
แผ่นยาวม้วนเป็นแท่ง	54	36
วงกลม	32	21.33
อื่น ๆ	28	18.67

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม		
กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น		
กล่องพลาสติก	57	38
ซองพลาสติกใส	46	30.67
ซองอะลูมิเนียม	17	11.33
ซองลามิเนต	26	17.33
อื่น ๆ	4	2.67
กล้วยแผ่นกรอบ		
กล่องพลาสติก	60	40
ซองพลาสติกใส	42	28
ซองอะลูมิเนียม	15	10
ซองลามิเนต	24	16
อื่น ๆ	9	6
วิธีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์		
อุณหภูมิปกติ	117	78
เก็บแบบแช่เย็น	24	16
เก็บแบบแช่แข็ง	7	4.67
อื่น ๆ	2	1.33
อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์		
1-2 เดือน	54	36
3-4 เดือน	47	31.33
5-6 เดือน	18	12
6-12 เดือน	21	14
มากกว่า 12 เดือน	10	6.67
ราคาผลิตภัณฑ์ต่อชิ้น		
0.1-0.5 บาท	42	28
0.6-1.0 บาท	65	43.33

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1.01-1.50 บาท	13	8.67
1.50-2.0 บาท	10	6.67
2.6-3.0 บาท	5	3.33
3.6-4.0 บาท	6	4
4.1-5.0 บาท	4	2.67
สูงกว่า 5 บาท	5	3.33
สถานที่สะดวกในการซื้อ		
ซูเปอร์มาร์เก็ต	38	25.33
ร้านสะดวกซื้อ	54	36
ร้านสรรพากร	19	12.67
ร้านขายของถูก	14	9.33
สถานที่ท่องเที่ยว	12	8
ตลาดสด	7	4.67
อื่น ๆ	6	4
สื่อที่สามารถแนะนำผลิตภัณฑ์ถึงท่านได้ดีสุด		
วารสาร/นิตยสาร	24	16
หนังสือพิมพ์	48	32
โทรทัศน์	54	36
วิทยุ	7	4.67
โปสเตอร์/ใบปลิว	11	7.33
อื่น ๆ	6	4
สนใจในตัวผลิตภัณฑ์หรือไม่		
สนใจ	132	88
ไม่สนใจ	18	12

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 150 คน ในโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 20 กันยายน 2552 เวลา 8.30 น. ถึง 15.30 น. ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย ร้อยละ 32 และเพศหญิง ร้อยละ 68 มีอายุตั้งแต่ 12 ถึง 60 ปี การศึกษาส่วนใหญ่ปริญญาตรีร้อยละ 57.3 มีรายได้น้อยกว่า 5,000 ถึง 10,000 บาท

ผู้บริโภคร้อยละ 84 ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วย ความถี่ในการรับประทาน 1 ถึง 2 ครั้งต่อเดือน บรรลุเกณฑ์ที่คิดว่าเหมาะกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นคือ กล่องพลาสติก และคิดว่าจะเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิปกติร้อยละ 78 ราคาของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งต่อชิ้น ขนาด 4.5 x 4.5 เซนติเมตรคือ 0.1 – 0.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 28 และราคา 0.6 – 1 บาท ร้อยละ 43.3

สถานที่สะดวกในการซื้อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นคือ ร้านสะดวกซื้อ ร้อยละ 42.7 ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้อยละ 25.3 สื่อที่สามารถแนะนำผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นถึงผู้บริโภคมากที่สุดคือ โทรทัศน์ ร้อยละ 36 หนังสือพิมพ์ ร้อยละ 32 และวารสาร/นิตยสาร ร้อยละ 16

ในส่วนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้ง วิธี 9-point hedonic scale ดังตารางที่ 33 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 7.05 ความหวาน 7.45 รสชาติรวม 7.53 กลิ่นรสกล้วย 7.30 ความเหนียว 7.02 และความชอบรวมเท่ากับ 7.41 จะพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนทุกคุณลักษณะปานกลาง ตารางที่ 34 เป็นส่วนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ วิธี 9-point hedonic scale พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 7.29 ความหวาน 7.95 รสชาติรวม 8.06 กลิ่นรสกล้วย 7.92 กลิ่นรสถั่วเหลือง 7.86 ความกรอบ 7.79 และความชอบรวมเท่ากับ 8.03 ซึ่งจะพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี ความหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ปานกลาง และให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านรสชาติรวม และความชอบรวมมาก

ตารางที่ 33 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้ง

ลักษณะทั่วไป	คะแนน
สี	7.05
ความหวาน	7.45
รสชาติรวม	7.53
กลิ่นรสกล้วย	7.30
ความเหนียว	7.02
ความชอบรวม	7.41

ตารางที่ 34 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

ลักษณะทั่วไป	คะแนน
สี	7.29
ความหวาน	7.95
รสชาติรวม	8.06
กลิ่นรสกล้วย	7.92
กลิ่นรสตัวเหลือง	7.86
ความกรอบ	7.79
ความชอบรวม	8.03

3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

หลังพัฒนากระบวนการผลิตและสูตรของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด นำผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีและกายภาพ ดังตารางที่ 35 และ 36

ตารางที่ 35 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบเสริมธัญพืชรวม

คุณภาพ	ปริมาณ
เคมี	
โปรตีน (ร้อยละ)	8.14
ไขมัน (ร้อยละ)	11.50
เถ้า (ร้อยละ)	2.73
ความชื้น (ร้อยละ)	12.48
น้ำตาลรีดิวซิง (ร้อยละ)	16.89
น้ำตาลรวม (ร้อยละ)	26.23
กายภาพ	
ค่า L*	61.38
ค่า a*	6.31
ค่า b*	16.05
วอเตอร์แอกติวิตี	0.625
แรงดึง (นิวตัน)	3.41
จุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	<100
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	<100

จากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งสูตรท้ายพบว่ามีค่าความชื้นเท่ากับ 12.48 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับความชื้นในกล้วยแผ่น 11.26 เปอร์เซ็นต์ (เพ็ชรดา, 2004) องุ่นแผ่น (Eksi and Aryik, 1984) มีความชื้น 11.3 เปอร์เซ็นต์ ผลไม้ประเภทหม่มเบอร์รี่ (Mulberry) แอปเปิ้ลคอต (Apricot) และพลัม (Plum) ในรูปแผ่นมีที่ความชื้น 14.3, 17.3 และ 19.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 36 ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน
ไอโซเลตจากถั่วเหลือง

คุณภาพ	ปริมาณ
เคมี	
โปรตีน (ร้อยละ)	5.21
ไขมัน (ร้อยละ)	10.93
เถ้า (ร้อยละ)	2.39
ความชื้น (ร้อยละ)	2.77
น้ำตาลรีดิวซิง (ร้อยละ)	10.60
น้ำตาลรวม (ร้อยละ)	24.26
กายภาพ	
ค่า L*	64.85
ค่า a*	5.48
ค่า b*	12.68
วอเตอร์แอกติวิตี	0.424
แรงกด (นิวตัน)	4.15
จุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	<100
ยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)	<100

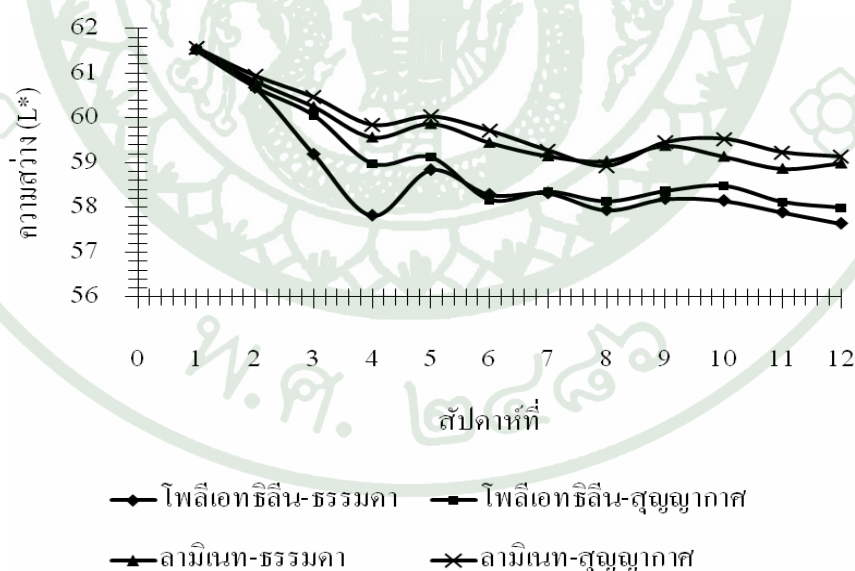
จากการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวแผ่นกรอบสุดท้ายพบว่ามีความชื้นเท่ากับ 2.77 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับความชื้นในขนมปังกรอบเสริมรำข้าวผสมกากข้าวโพด ขนมปังกรอบเสริมกากข้าวโพด และขนมปังกรอบเสริมกากมะพร้าว 2.75, 3.25 และ 2.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (นาตยา, 2545) และความชื้นในข้าวเกรียบใบมะกรูด 2.46 เปอร์เซ็นต์ (เสาวณีย์, 2547)

4. ศึกษาภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

ทำการศึกษาภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ โดยศึกษาภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และนำผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบมาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนและลามิเนท โดยทำการบรรจุแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ และแยกเก็บในที่มืดและไม่มืด ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส โดยให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นตัวบ่งชี้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

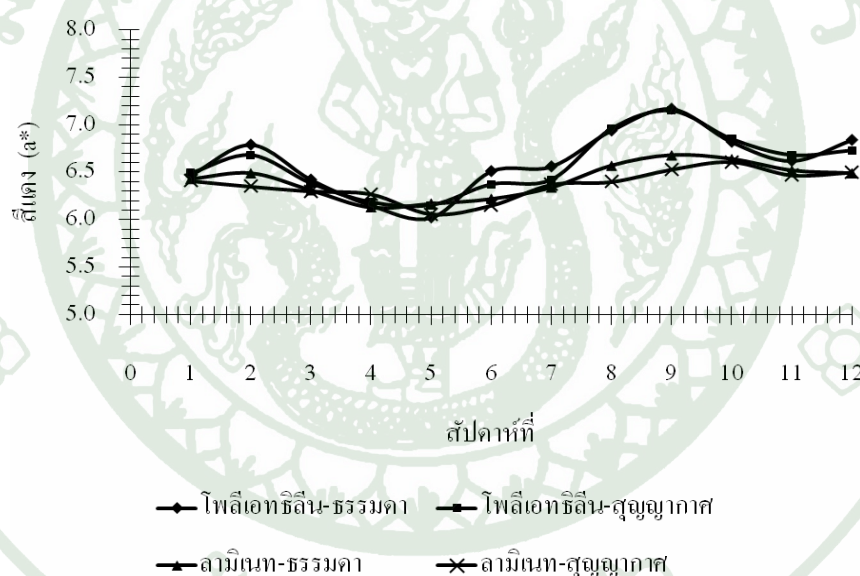
4.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

4.1.1 คุณภาพด้านกายภาพ การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ สี (L^* , a^* และ b^*) ค่าอวอเตอร์แอคติวิตี แสดงดังภาพที่ 40, 41, 42 และ 43 ตามลำดับ และดังตารางผนวกที่ จ1, จ2, จ3 และ จ4 ตามลำดับ



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

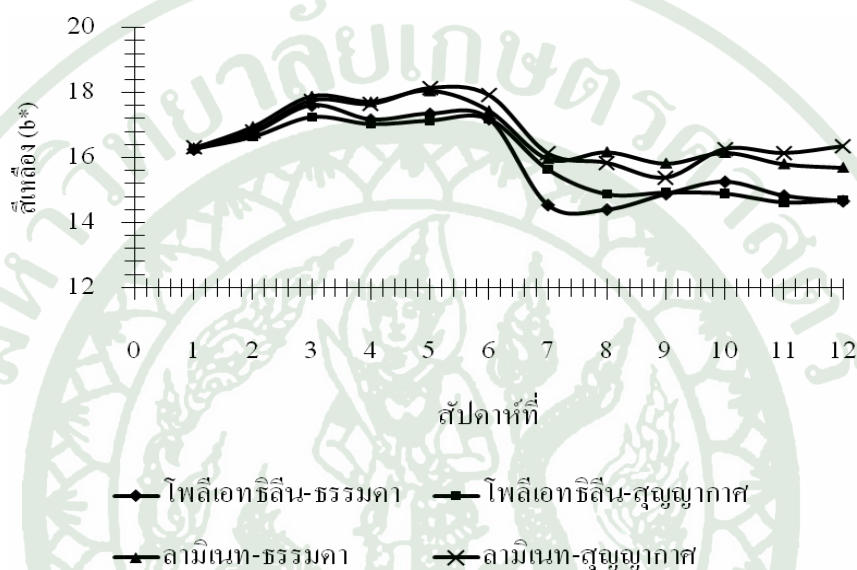
จากการตรวจสอบคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ กล้วยามินทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า L^* มีแนวโน้มของค่าลดลง หรือสีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น ดังภาพที่ 40 และตารางภาคผนวกที่ 1 โดยเฉพาะที่การเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่า ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นลดลงมากตามระยะเวลาที่เก็บ ค่า L^* ของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ กล้วยามินทแบบบรรจุธรรมดา และกล้วยามินทแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 57.64 – 61.53, 57.99 – 61.51, 58.87 – 61.54 และ 58.92 – 61.56 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้นจากสีน้ำตาลอมเหลืองจะค่อยๆ มีสีน้ำตาลมากขึ้น



ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

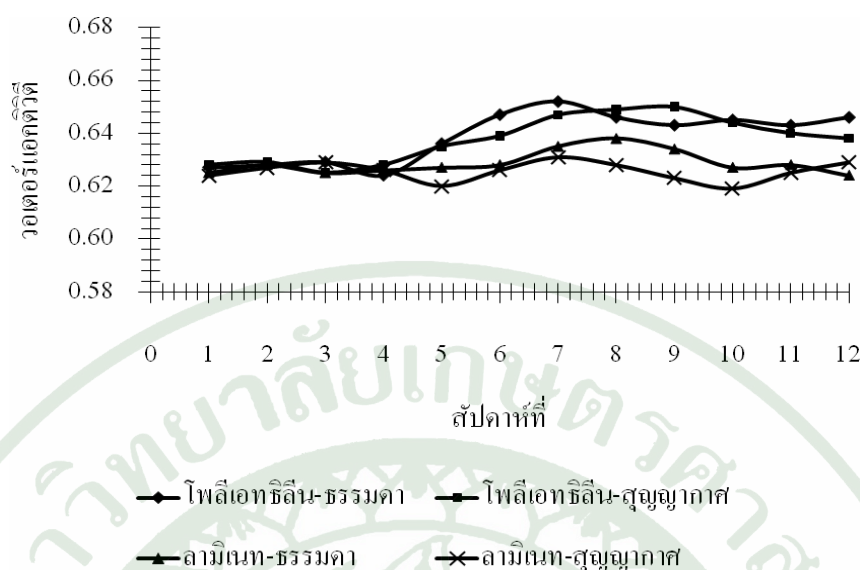
ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ กล้วยามินทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่าค่าสี a^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า a^* มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้น หรือสีของผลิตภัณฑ์แดงมากขึ้น ดังภาพที่ 41 และตารางภาคผนวกที่ 2 โดยเฉพาะที่การเก็บรักษาในถุง

โพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่า ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นเพิ่มขึ้นมากตามระยะเวลาที่เก็บ ค่า a^* ของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนตแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 6.02 – 7.17, 6.15 – 7.15, 6.13 – 6.68 และ 6.06 – 6.61 ตามลำดับ



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

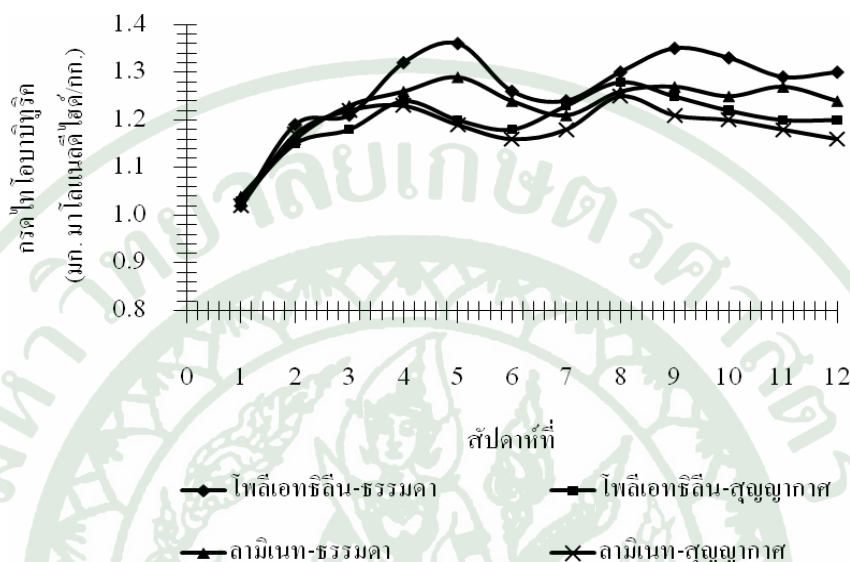
ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่าค่า b^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า b^* มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 1 – 6 และหลังจากสัปดาห์ที่ 6 ค่า b^* ค่อยๆ ลดลง หรือสีของผลิตภัณฑ์เหลืองน้อยลง ดังภาพที่ 42 และตารางภาคผนวกที่ 3 โดยเฉพาะที่การเก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่า ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นลดลงมากตามระยะเวลาที่เก็บ ค่า b^* ของกล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนตแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 14.53 – 17.61, 14.62 – 17.25, 15.80 – 18.06 และ 15.39 – 18.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีเป็นค่าที่แสดงถึงน้ำอิสระที่มีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งน้ำชนิดนี้เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีเป็นดังภาพที่ 43 และตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จาก 0.624 เป็น 0.652, 0.625 เป็น 0.650, 0.625 เป็น 0.638 และ 0.620 เป็น 0.631 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุธรรมดา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด และค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

4.1.2 คุณภาพด้านเคมี การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพความชื้น (TBA) แสดงดังภาพที่ 44 และดังตารางผนวกที่ 5



ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ค่า TBA เป็นการประเมินค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุบรรจุมดาและสุญญากาศ ในถุงลามิเนทแบบบรรจุบรรจุมดาและสุญญากาศในช่วง 12 สัปดาห์ พบว่าค่าความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังภาพที่ 44 และตารางภาคผนวกที่ 5 ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า TBA ลดลงในช่วงสัปดาห์ 5 – 7 ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนและถุงลามิเนทแบบบรรจุบรรจุมดา และในช่วงสัปดาห์ 4 – 6 ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนและถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ ค่า TBA ที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนแบบบรรจุบรรจุมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุบรรจุมดาและสุญญากาศ ตลอดอายุการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 1.02 – 1.36, 1.03 – 1.28, 1.04 – 1.29, และ 1.02 – 1.25 มิลลิกรัม. มาโลเนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4.1.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แสดงดังตาราง ที่ 37 และปริมาณยีสต์และรา

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ อุณหภูมิแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		อุณหภูมิแบบ	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
0	<100	<100	<100	<100
2	<100	<100	<100	<100
4	<100	<100	<100	<100
6	1.2×10^2	<100	<100	<100
8	2.5×10^2	<100	<100	<100
10	4.7×10^2	1.9×10^2	1.4×10^2	<100
12	3.2×10^3	3.5×10^3	4.4×10^2	2.8×10^2

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ พบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ และอุณหภูมิแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีแนวโน้มของจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจากจำนวนน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม จนถึง 3.2×10^3 , 3.5×10^3 , 4.4×10^2 และ 2.8×10^2 โคโลนีต่อกรัม ส่วนปริมาณยีสต์และราทุกสภาวะการเก็บรักษา มีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม ตลอดอายุการเก็บ 12 สัปดาห์ และพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บ 12 สัปดาห์ มีจำนวนน้อยกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในกล้วยอบ ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 586/2528 ได้กำหนดไว้ไม่เกิน 100,000 โคโลนีต่อกรัม และ 100 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ (ศูนย์วิจัยรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ, 2548)

4.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะสี น้ำตาล รสหวาน รสชาติรวม กลิ่นรสกล้วย กลิ่นหืน ความเหนียว และการยอมรับ ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ดังตารางผนวกที่ ๖6 – ๖9 มีคุณภาพดังนี้

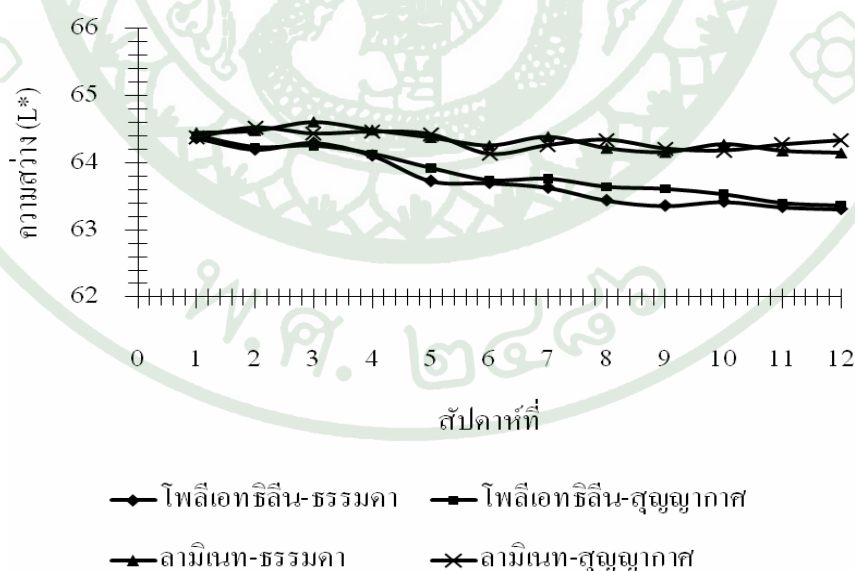
ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ คุณลักษณะทางด้านกลิ่นรสกล้วยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางผนวกที่ 6 และ 7 ตามลำดับคุณลักษณะทางด้านสีน้ำตาล รสหวาน รสชาติรวม กลิ่นหืน ความเหนียว และการยอมรับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางผนวกที่ 6 และ 7 โดยมีค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล รสหวาน กลิ่นหืน ความเหนียว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รสชาติรวม กลิ่นรสกล้วย และการยอมรับ มีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา มีคุณลักษณะด้านรสชาติรวมและกลิ่นรสกล้วยมีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ 6.47 ± 0.81 และผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะรสชาติรวมและกลิ่นรสกล้วย มีความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.75 ± 0.42 ถึง 8.41 ± 0.53 และ 7.22 ± 0.30 ถึง 8.12 ± 0.41 ตามลำดับ เมื่อเก็บเป็นเวลา 7 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ 6.12 ± 0.54 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ สามารถเก็บรักษาได้ 6 และ 7 สัปดาห์ ตามลำดับ หลังจากนั้นผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.97 ± 0.68 และ 5.71 ± 0.75 ตามลำดับ เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นเสียสภาพไปก็มีสีน้ำตาลคล้ำและเหนียวมาก และมีรสหวานมากขึ้นและกลิ่นหืน

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีคุณลักษณะทางด้านสีน้ำตาล รสหวาน รสชาติรวม กลิ่นรสกล้วย กลิ่นหืน ความเหนียว และการยอมรับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางผนวกที่ 8 และ 9 ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดา มีค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล กลิ่นหืน และความเหนียว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนคุณลักษณะด้านรสหวาน และกลิ่นรสกล้วย มีความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.75 ± 0.21 ถึง 3.11 ± 0.38 และ 7.31 ± 0.37 ถึง 8.14 ± 0.35 ตามลำดับ คุณลักษณะด้านรสชาติรวมและการยอมรับมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อเก็บเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ 6.02 ± 0.52 หลังจากสัปดาห์ที่ 8 ผู้ทดสอบให้การยอมรับลดลงจนสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีสีน้ำตาลคล้ำและเหนียวเพิ่มขึ้นและมีกลิ่นหืน ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าความชื้นเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล กลิ่นหืน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนคุณลักษณะด้านรสหวาน, ความเหนียว และกลิ่นรสกล้วย มีความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.64 ± 0.18 ถึง 2.89 ± 0.42 , 0.00 ถึง 2.32 ± 0.30 และ 7.12 ± 0.41 ถึง 8.14 ± 0.37 ตามลำดับ คุณลักษณะด้านรสชาติรวมและการยอมรับมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่อเก็บเป็นเวลา 9 สัปดาห์ ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ 6.25 ± 0.48 หลังจากสัปดาห์ที่ 9 ผู้ทดสอบให้การยอมรับลดลงจนสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นและมีกลิ่นหืน

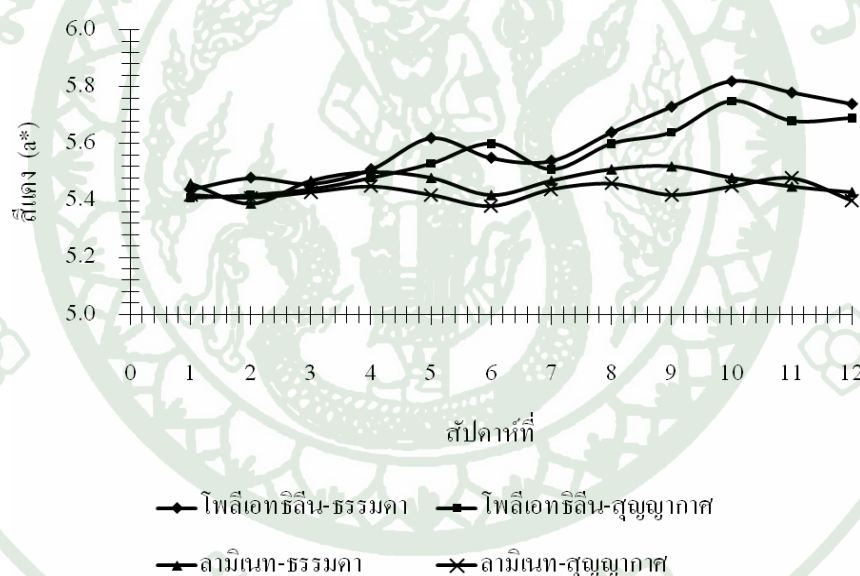
4.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

4.2.1 คุณภาพด้านกายภาพ การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ สี (L^* , a^* และ b^*) ค่าอวเตอร์ แอคติวิตี แสดงดังภาพที่ 45, 46, 47 และ 48 ตามลำดับ และดังตารางผนวกที่ จ10, จ11, จ12 และ จ13 ตามลำดับ



ภาพที่ 45 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

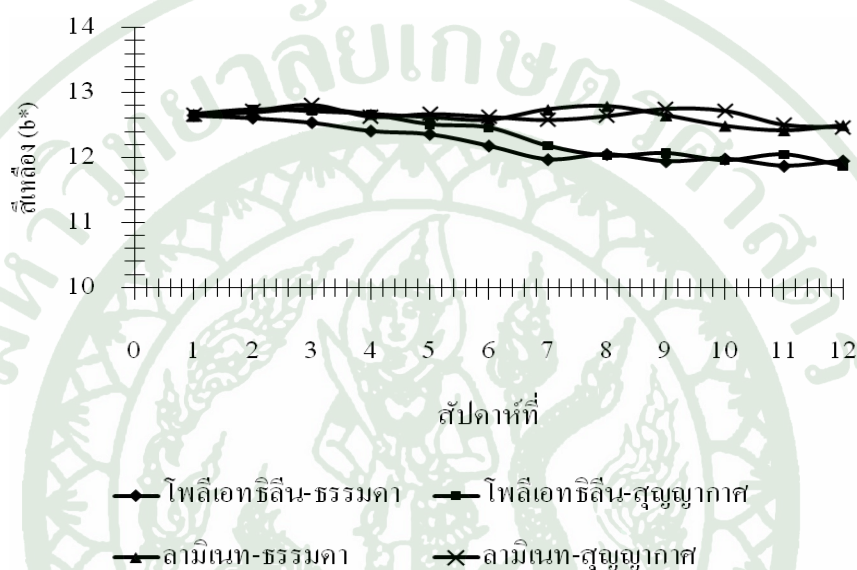
จากการตรวจสอบคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ อุณหภูมิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า L^* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีแนวโน้มของค่าลดลงมากตามระยะเวลาที่เก็บ หรือสีของผลิตภัณฑ์คล้ำขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศมีค่า L^* เพิ่มขึ้นและลดลงคงที่ตามระยะเวลาที่เก็บ หรือสีของผลิตภัณฑ์ที่ ดังภาพที่ 45 และตารางภาคผนวกที่ 10 ค่า L^* ของกล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ อุณหภูมิเนทแบบบรรจุธรรมดา และอุณหภูมิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 63.31 – 64.37, 63.36 – 64.40, 64.15 – 64.61 และ 64.33 – 64.52 ตามลำดับ



ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

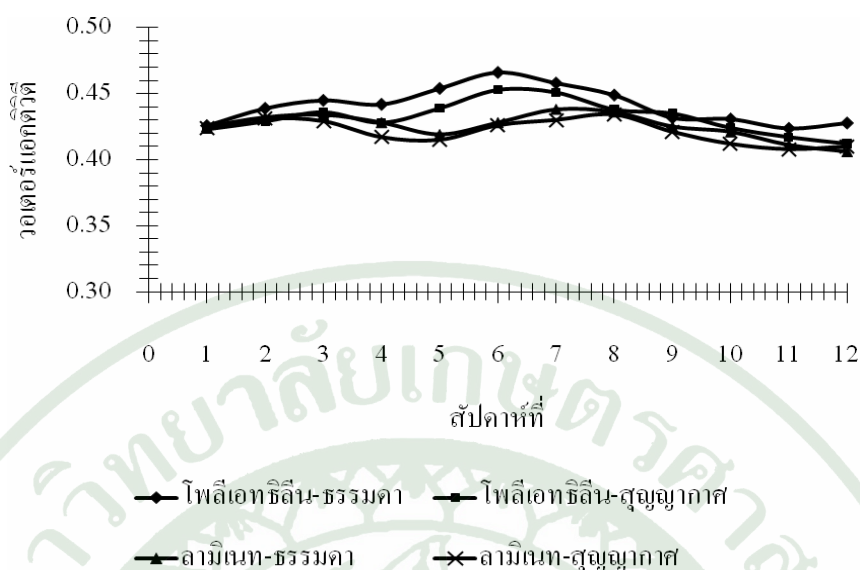
ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ อุณหภูมิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่าค่า a^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บ หรือ

สีของผลิตภัณฑ์แดงมากขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศมีค่า a^* เพิ่มขึ้นและลดลงคงที่ตามระยะเวลาที่เก็บ หรือสีของผลิตภัณฑ์คงที่ ดังภาพที่ 46 และตารางภาคผนวกที่ 11 ค่า a^* ของกล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 5.44 – 5.82, 5.41 – 5.75, 5.39 – 5.52 และ 5.40 – 5.48 ตามลำดับ



ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

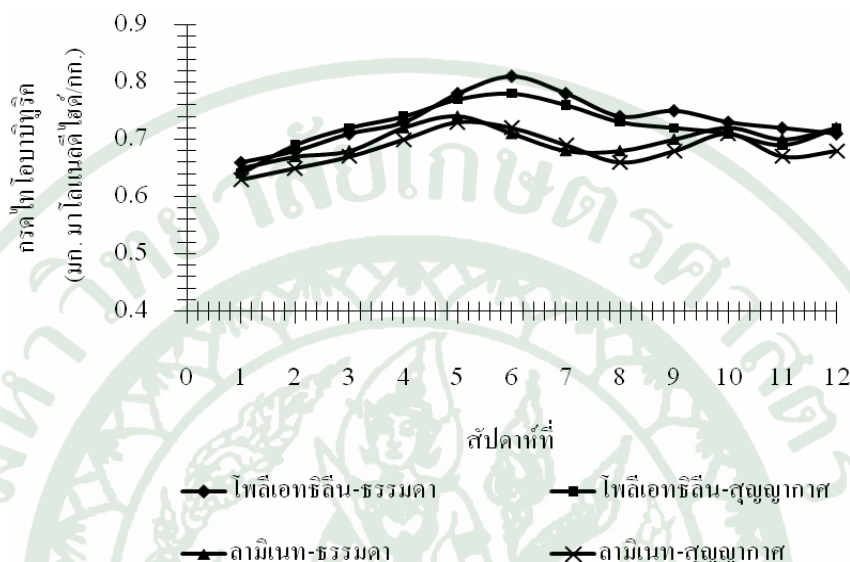
ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ พบว่าค่าสี a^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีแนวโน้มของค่าลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ หรือสีของผลิตภัณฑ์เหลืองน้อยลง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศมีค่า b^* เพิ่มขึ้นและลดลงคงที่ตามระยะเวลาที่เก็บ หรือสีของผลิตภัณฑ์คงที่ ดังภาพที่ 47 และตารางภาคผนวกที่ 12 ค่า b^* ของกล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 11.87 – 12.65, 11.87 – 12.74, 12.42 – 12.79 และ 12.47 – 12.81 ตามลำดับ



ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ การวัดค่าอวอเตอร์แอคติวิตีเป็นดังภาพที่ 48 และตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในถุงโพธิ์เอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพธิ์เอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพธิ์เอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ ถุงลามิเนทแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จาก 0.442 เป็น 0.466, 0.428 เป็น 0.451, 0.419 เป็น 0.436 และ 0.417 เป็น 0.434 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพธิ์เอทิลีนแบบบรรจุธรรมดามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุด และค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และค่าอวอเตอร์แอคติวิตีของกล้วยแผ่นกรอบที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บหลังจากสัปดาห์ที่ 7 เป็นต้นไป มีแนวโน้มค่อยๆ

4.2.2 คุณภาพด้านเคมี การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ ตลอดจนอายุการเก็บรักษา ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพความหืน (TBA) แสดงดังภาพที่ 49 และ ตารางผนวกที่ จ14



ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา และสุญญากาศ ในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศในช่วง 12 สัปดาห์ พบว่าค่าความหืนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงดังภาพที่ 49 และ ตารางผนวกที่ 14 ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่า TBA ลดลงในช่วง สัปดาห์ 6 – 8 ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ และในช่วงสัปดาห์ 5 – 7 ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ค่า TBA ที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ตลอดจนอายุการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 0.66 – 0.81, 0.64 – 0.78, 0.65 – 0.74 และ 0.63 – 0.73 มิลลิกรัม. มาโลแนลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4.2.3 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 38 และปริมาณยีสต์และรา

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ อุณหภูมิแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		อุณหภูมิตype	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
0	<100	<100	<100	<100
2	<100	<100	<100	<100
4	<100	<100	<100	<100
6	<100	<100	<100	<100
8	3.8×10^2	<100	<100	<100
10	5.2×10^2	2.1×10^2	<100	<100
12	8.7×10^2	5.9×10^2	1.7×10^2	<100

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ พบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ และอุณหภูมิตypeแบบบรรจุธรรมดา มีแนวโน้มของจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจากจำนวนน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม จนถึง 8.7×10^2 , 5.9×10^2 และ 1.7×10^2 โคโลนีต่อกรัม ส่วนปริมาณยีสต์และราทุกสภาวะการเก็บรักษา มีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม ตลอดอายุการเก็บ 12 สัปดาห์ และพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บ 12 สัปดาห์ มีจำนวนน้อยกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราในกล้วยอบ ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 586/2528 ได้กำหนดไว้ไม่เกิน 100,000 โคโลนีต่อกรัม และ 100 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ

4.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะสีน้ำตาล รสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง กลิ่นหืน ความกรอบ และการยอมรับ ทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ดังตารางผนวกที่ จ15 – จ18 มีคุณภาพดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา คุณลักษณะทางด้านรสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล กลิ่นหืน และการยอมรับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล อยู่ในช่วง 0.93 ± 0.63 ถึง 1.56 ± 0.39 รสหวาน อยู่ในช่วง 0.88 ± 0.52 ถึง 1.24 ± 0.49 กลิ่นรสกล้วย อยู่ในช่วง 0.76 ± 0.27 ถึง 8.04 ± 0.35 กลิ่นรสถั่วเหลือง อยู่ในช่วง 7.45 ± 0.45 ถึง 7.86 ± 0.46 กลิ่นหืน อยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.82 ± 0.34 ความกรอบ อยู่ในช่วง 7.62 ± 0.42 ถึง 8.04 ± 0.56 และการยอมรับมีแนวโน้มลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ (6.14 ± 0.86) เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นทำให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ลดลงเนื่องจากมีสีน้ำตาลคล้ำและกลิ่นหืนมากขึ้น

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ คุณลักษณะทางด้านรสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล กลิ่นหืน และการยอมรับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล อยู่ในช่วง 0.75 ± 0.36 ถึง 1.56 ± 0.38 รสหวาน อยู่ในช่วง 0.97 ± 0.46 ถึง 1.22 ± 0.33 กลิ่นรสกล้วย อยู่ในช่วง 0.68 ± 0.42 ถึง 7.96 ± 0.46 กลิ่นรสถั่วเหลือง อยู่ในช่วง 7.55 ± 0.46 ถึง 7.93 ± 0.39 กลิ่นหืน อยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.39 ± 0.34 ความกรอบ อยู่ในช่วง 7.67 ± 0.26 ถึง 8.02 ± 0.41 และการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น โดยเมื่อเป็นเวลา 11 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ (6.05 ± 0.69)

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิแบบบรรจุธรรมดา คุณลักษณะทางด้านสีน้ำตาล รสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นหืน และการยอมรับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล อยู่ในช่วง 0.97 ± 0.30 ถึง 1.28 ± 0.21 รสหวาน อยู่ในช่วง 0.99 ± 0.35 ถึง 1.20 ± 0.43 กลิ่นรสกล้วย อยู่ในช่วง 7.63 ± 0.41 ถึง 7.98 ± 0.48 กลิ่นรสถั่วเหลือง อยู่ในช่วง 7.64 ± 0.46 ถึง 7.91 ± 0.52 กลิ่นหืน อยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.25 ± 0.34 ความกรอบ อยู่ในช่วง 7.75 ± 0.33 ถึง 8.03 ± 0.49 และการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น โดยเมื่อเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ (6.24 ± 0.36)

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิแบบบรรจุสุญญากาศ คุณลักษณะทางด้านสีน้ำตาล รสหวาน กลิ่นรสกล้วย กลิ่นรสถั่วเหลือง และความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นหืน และการยอมรับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าความเข้มเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสี อยู่ในช่วง 0.95 ± 0.44 ถึง 1.22 ± 0.36 รสหวาน อยู่ในช่วง 0.98 ± 0.32 ถึง 1.16 ± 0.30 กลิ่นรสกล้วย อยู่ในช่วง 7.72 ± 0.51 ถึง 8.02 ± 0.41 กลิ่นรสถั่วเหลือง อยู่ในช่วง 7.69 ± 0.40 ถึง 7.88 ± 0.36 กลิ่นหืน อยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.23 ± 0.24 ความกรอบ อยู่ในช่วง 7.67 ± 0.43 ถึง 8.06 ± 0.46 และการยอมรับมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น โดยเมื่อเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้ทดสอบยังยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับยอมรับได้ (6.57 ± 0.27)

สรุป

1. ในการอบกล้วยแผ่นความชื้นในกล้วยค่อยๆ ลดลงเป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว จาก 61.9 – 66.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นประมาณ 16 – 24 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 0.961 – 0.977 เป็น 0.86 – 0.90 ในช่วงที่สอง ความชื้นลดลงอย่างช้าๆ ช่วงลดความชื้นจาก 16 – 24 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งเข้าใกล้ 0 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงจาก 0.86 – 0.90 เป็น 0.419 – 0.431
2. กล้วยอบที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 8.5 – 13.50 เปอร์เซ็นต์ (ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียสในช่วง 0.55 - 0.65) ผู้บริโภคชอบเนื้อสัมผัสเล็กน้อยถึงปานกลาง กล้วยอบที่มีความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์ (ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.50) ผู้บริโภคไม่ชอบเนื้อสัมผัสเล็กน้อย เพราะแห้งแข็งและเหนียวเกินไป
3. การอบกล้วยแผ่นที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 11 ชั่วโมง (กล้วยมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ 25 องศาเซลเซียส 0.90) แล้วเปลี่ยนเป็น 55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้กล้วยอบที่มีความชื้นประมาณ 12.75 มีสีน้ำตาลอมเหลือง
4. การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นอบแห้งที่เหมาะสมที่สุด คือ การใช้สารเคมีในการลดการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งก็คือการนำกล้วยแผ่นไปแช่ในสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ก่อนนำไปอบแห้ง
5. ผลึกภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมเมล็ดธัญพืชที่เหมาะสมควรเป็นผลึกภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนปริมาณเมล็ดธัญพืชรวมเป็น เมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดฟักทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาขาวและงาดำ 30 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นเป็น 0.1:1 ผลึกภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสมควรเป็นผลึกภัณฑ์ที่มีปริมาณของส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย รวมร้อยละ 31.46 โดยมีร้อยละระหว่างส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทราย เป็น 72, 5 และ 23 ตามลำดับ มีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 18.75 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยร้อยละ 2:1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และน้ำร้อยละ 18.39 คงที่

6. ผู้บริโภครับการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นว่า ได้คะแนนด้านความชอบรวม 7.41 ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าแรงดึง 3.41 นิวตัน ค่าความชื้น 12.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.625 ส่วนผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบพบว่า ได้คะแนนด้านความชอบรวม 8.03 ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าแรงกด 4.15 นิวตัน ค่าความชื้น 2.77 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.424

7. การศึกษาสภาวะการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ และถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดาและสุญญากาศ ฝักรองสนิท ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสทุกสัปดาห์พบว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งโดยใช้การยอมรับของผู้บริโภคเป็นเกณฑ์การตัดสินใจ ในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ ถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนตแบบสุญญากาศ เท่ากับ 6, 7, 8 และ 9 สัปดาห์ตามลำดับ ลักษณะของกล้วยแผ่นอบแห้งเมื่อสิ้นอายุเก็บมีสีน้ำตาลคล้ำ เหนียวมากขึ้นและมีกลิ่นหืน อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบโดยใช้การยอมรับของผู้บริโภคเป็นเกณฑ์การตัดสินใจ ในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา ถุงโพลีเอทิลีนแบบสุญญากาศ เป็นเวลา 10 และ 11 สัปดาห์ตามลำดับ ลักษณะของกล้วยแผ่นอบแห้งเมื่อสิ้นอายุเก็บมีสีน้ำตาลคล้ำ มีความกรอบลดลงและมีกลิ่นหืน ส่วนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบในถุงลามิเนตแบบบรรจุธรรมดา และถุงลามิเนตแบบสุญญากาศ มีค่ามากกว่า 12 สัปดาห์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. ข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยและต้นทุนการผลิตกล้วยน้ำว้า. กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th>, 30 ตุลาคม 2551.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์. 2547. ข้อมูลการค้าและการส่งออก ปี 2544. กระทรวงพาณิชย์. แหล่งที่มา: <http://www.moc.go.th>, 30 ตุลาคม 2551.

กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. 2547. เมล็ดทานตะวัน. กรมอนามัย. แหล่งที่มา: <http://dental.anamai.moph.go.th>. 28 ตุลาคม 2551.

กองเกษตรเคมี. 2528. รายงานการการวิเคราะห์ผลผลิตพืชน้ำมันและสารธรรมชาติ. 8.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โกสิต ทองคำสิง. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากกล้วย. สัมมนาปริญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และอนุวัตร แจ่มชัด. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากกล้วย. น. 47 – 54. ใน รายงานการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ กุ้วโรดม. 2538. ถั่วบรอกกับผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ลินคอร์น โปรโมชั่น, กรุงเทพฯ.

จิระพา เพ็งจันทร์. 2540. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Fruit leather จากขนุนแผ่น. ปริญญาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนา ชลาศัย. 2552. รู้เฟื่องเรื่อง "เมล็ดฟักทอง". ครีว. แหล่งที่มา:

<http://webboard.yenta4.com/topic/339326>. 1 ตุลาคม 2552.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2532. การแปรรูปข้าว, น. 1-13. ใน เอกสารประกอบการบรรยายสัมมนา
การแปรรูปอาหารและคลินิกปรึกษาแนะนำ 27-28 มิถุนายน 2532. ศูนย์พัฒนา
อุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

ธรรมธิดา เกียรติบุญญาฤทธิ. 2542. การพัฒนาทุเรียนแผ่น. สัมมนาปริญญาตรี.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นาคยา บุรณะ. 2545. ขนมหั้กรอบเสริมใยอาหารจากกากข้าวโพด กากมะพร้าว และรำข้าว
ผสมกากข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต
ปัตตานี.

นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. เขตบางกอกน้อย กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2548. กล้วยแผ่นอบม้วน OTOP 5 ดาว. กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านแห. แหล่งที่มา:

<http://www.google.co.th>, 29 ตุลาคม 2551.

นิรนาม. 2550. **Food & Health**. หนังสือพิมพ์สยามดารา.

แหล่งที่มา: [http:// women.sanook.com/health/know_eat/knoweat_48081.php](http://women.sanook.com/health/know_eat/knoweat_48081.php), 28 ตุลาคม
2551.

นิรนาม. 2551. ทุ่งทานตะวัน อำเภอวังม่วง จ.สระบุรี. ชุมชนเด็กไอดอล. แหล่งที่มา:

<http://www.dekidol.com/forums/thread-2197-1-1.html>. 3 พฤศจิกายน 2551.

นิรนาม. 2552. เมล็ดฟักทอง...เดี่ยวที่ไรได้คุณค่า..และเป็นยา. ครัวบ้านนอก. แหล่งที่มา:

<http://www.google.co.th>. 1 ตุลาคม 2552.

นุจรินทร์ โชติพิชญกานต์ และ อภิญา พรหมดวงวงศ์, 2539. ปัญหาพิเศษทางเทคโนโลยีอาหาร เรื่องการทดลองผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี, ขอนแก่น.

นพพร สายัมพล, เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, รังสฤษฎ์ กาวิตะ และ สนิชชัย จันทร์เปรม. 2542. **พืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บรรเจิด คดีการ และคณะ. ม.ป.ป. โครงการศึกษาวิธีการบางอย่างเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตของ **กล้วยหอม.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุหลัน พิทักษ์ผล และ ทศนี สรสุชาติ. 2538. การถนอมผลผลิตการเกษตร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เบญจพร เพ็งอัน. 2541. การผลิตและการใช้ประโยชน์พริกกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. **กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____ และ นลอง แบบประเสริฐ. 2527. แหล่งพันธุ์กรรมกล้วยในประเทศไทย, น. 299 ใน การสัมมนาเรื่องแหล่งพันธุ์กรรมทางพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2. สภาวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุสติ บุรณะอำนาย และ อนุวัตร แจ่มชัด. 2546. การพัฒนาเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่น ดันแบบด้วยวิธีวิเคราะห์ปัจจัย, น. 126 ใน รายงานการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เพียว รอดโพธิ์ทอง และ สายสวาท พระคำยาน. 2541. ขนมไทย, น. 70 – 74 ใน สถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ผู้รวบรวม. เทคโนโลยีสำหรับชาวบ้าน. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

พรรณนิษฐ์ วิชชาชู. 2537. กล้วยตากบางกระทุ่ม...วันนี้ไม่ต้องมีแคดก็ได. วารสารส่งเสริม
การเกษตร. 24(83): 10-14.

พานิชย์ ศักดิ์ปัญญา. 2541. กล้วยในเมืองไทย. มติชน, กรุงเทพฯ.

เพ็ชรดา แซ่โง้ว. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรนภา เกิดดอนแฝก. 2544. อิทธิพลของน้ำผึ้ง สภาวะการทำแห้ง และการเก็บรักษา ที่มีผลต่อการ
เกิดสีน้ำตาลของกล้วยอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล นาคพิพัฒน์. 2548. พลาสติกในชีวิตประจำวัน. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 28.
แหล่งที่มา: <http://guru.sanook.com>. 2 มีนาคม 2553.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. หลักการทางเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์. ภาควิชาการพัฒนา
เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี. 2550. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. โครงการส่วนพระองค์สวน
จิตรลดา. แหล่งที่มา: <http://images.google.co.th>. 3 ตุลาคม 2551.

ยุพาพรรณ รักบัว. ม.ป.ป. ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยพลาสติก. กรมส่งเสริมเกษตร.
แหล่งที่มา: <http://www.doae.go.th>. 3 ตุลาคม 2551.

รชฏ เชื้อวิโรจน์ และ เรือราชย์ สันดุญญี. 2532. ศึกษาการทดลองและเปรียบเทียบการทำกล้วยตาก
ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์กับการทำกล้วยตากด้วยตู้อบไฟฟ้า. วารสารวิจัยและ
ส่งเสริมวิชาการเกษตร. 6(3): 144-148.

รัชณี ตันตะพานิชกุล. 2537. เคมีอาหาร. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

รัศมิ์ สุภศรี. 2519. การทำกล้วยตากโดยใช้ตู้อบ. อาหาร. 8: 25-38.

วลัย หุตะโกวิท, บุญรา ศรีอระย้า, ดวงแข สุขโข, เพ็ญฟ้า เมฆเกรียงไกร, รัมภา สุวรรณพฤษ, จุฑาวิริยะ และ วไลภรณ์ สุทธา. 2543. ผลกระทบจากกล้วย. วารสารวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 1 (3): 15 – 27.

วัฒนพงษ์ รัถยวิเชียร, สุขฤดี สุขใจ, สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์ และ มานพ อัสโย. 2537. สมรรถนะของเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยแสงอาทิตย์. วารสาร สจธ. 17: 1-17.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

วรรณช ศรีเจษฎารักษ์. 2535. เอกสารประกอบการสอนวิชา 667473 เทคโนโลยีธัญญาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2528. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกล้วยอบ. มอก. 919-2528.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2549-2550. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th>, 29 ตุลาคม 2551.

เสาวณีย์ เลิศวรศิริกุล. 2547. การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ. อุทยานเทคโนโลยี 60 ปี. แหล่งที่มา: <http://www.rdi.ku.ac.th>, 4 พฤศจิกายน 2552.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพร ชุ่มจิตต์. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยกวนเพื่อตลาดนักท่องเที่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2534. การเสี้ยวของกล้วยตากและการเก็บรักษาในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ สันธวาลย์. 2525. **ทฤษฎีอาหาร**. สวณกิจการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เนติวรานนท์, 2531. **ชนิดของการหมักหื่นหื่นของน้ำมันมะพร้าวและวิธีป้องกัน**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, ปริญ ลักขิตานนท์, ศุภร เสรีรัตน์ และ องอาจ ปทะวานิช. 2537. **การบริหารตลาดยุคใหม่ ฉบับปรับปรุงใหม่**. ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจน์ประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ฉายรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. 2548. **กล้วยตากฉายรังสี**. สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ องค์การมหาชน.

แหล่งที่มา: <http://www.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5104/nkc5104y.html>, 26 มีนาคม 2553.

อนุวัตร แจ่มชัด. 2546. **ผลไม้แผ่น ผลงานวิจัยสู่อุตสาหกรรม**. นิตยสารเกษตรศาสตร์ ปีที่ 4.

แหล่งที่มา: <http://www.ku.ac.th/e-magazine>, 20 ตุลาคม 2551.

_____. 2549. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อารี วัลยะเสวี. 2534. **กล้วยกับสุขภาพในแง่โภชนาการ**, น. 32-38. ใน **การสัมมนาวิชาการกล้วยเพื่อสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1**. สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรมส่งเสริมการเกษตร สถานีแห่งชาติในพระบรมราชูปถัมภ์ และกรมการประชาสัมพันธ์สิ่งแวดล้อม ณ โรงแรมเซ็นทรัลพลาซ่า. กรุงเทพฯ

A.O.A.C. 1980. **Official Final Action Method**. 125.

Babalola, S.O., Ashaye O.A., Babalola, A .O and Aina J.O. 2002. Effect of cold temperature storage on the quality attributes of pawpaw and guava leathers. **African Journal of Biotechnology**. 1: 61 – 63.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein – dye binding, **Anal Biochemistry**. 72(248-254).

Bruice, P.Y. 2004. **Organic Chemistry**. Case Western Reserve University, Cleveland.

Chan, H.T. and C.G. Cavaletto. 1978. Dehydration and storage stability of papaya leather. **J. Food Sci.** 43: 1723-1725.

Che Man, Y.B., I. Jaswir, S. Yosof, J. Selamat and H. Sugisawa. 1997. Effect of different dryers and conditions on acceptability and physic-chemical characteristics of durian leather. **J. Food Proc. Pres.** 21: 425-441.

Collins, T.L. and I.E. Mc Carty. 1969. Comparison of microwave energy with boiling water for blanching whole potatoes. **Food technol.** 23: 337.

Dandamrongrak, R., Young, G. and Mason, R. 2002 . Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. **J. of Food Engineering**. 55 : 139 – 146.

Ding, P.B., S. H. Ahmad, Abd. R. Abd. Razak, N. Saari and Mohamed M. T. M. 2007. Plastid ultrastructure, chlorophyll contents and color expression during ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* ‘Williams’) at 18°C and 27°C. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**. 35: 201–210.

Douglas, C. Montgomery. 2001. **Design and Analysis of Experiments**. 6th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

_____. 2005. **Design and Analysis of Experiments**. 5th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Eksi, A. and Artik. N. 1984. Pestil nasil yapıhr. **Bilim Teknik**. 17: 32-34.

Embs, R.J. and P. Markakis. 1965. The mechanism of sulfite inhibition of browning caused by polyphenoloxidase. **J. Food Sci.** 30: 753-758.

Food and Drug Administration. 2001. **Bacteriological Analytical Manual of Food**.
FDA, Arlington, VA.

Galeazzi, M.A.M., C.S. Valdemiro and S.M. Constantinides. 1981. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L). **J. Food Sci.** 46: 150-155.

Guyer, R.B. and F.B. Erickson. 1954. Canning of acidified banana puree. **Food Technol.** 3: 165-167.

Hettiarachchy, N. and U. Kalapathy. 1997. Soybean protein product, pp. 379-441. In K. Liu (ed.). **Soybeans : Chemistry, Technology and Utilization**. Chapman & Hall, New York.

Hodge, J.E. 1953. Dehydrate foods: Chemistry of browning reaction in model system. **J. Agr. Food Chem.** 1: 928-943.

_____ and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrate, pp. 380-394. In R.L. Whister and M.L. Wolfrom(eds). **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Academic Press, New York.

Hultin, H.O. and B.E. Proctor. 1961. Changes in some volatile of the banana during ripening, storage and processing. **J. Food Technology**. 15: 440 –444.

Irwandi, J. and Y.B. Che man. 1996. Durian Leather; Development properties and storage stability. **J. Food Quality**. 19: 479-489.

Kadoya, T. 1990. **Food Packaging**. Academic Press. San Diego.

Kacem, B., J.A. Cornell, M.R. Marshall, R.B. Shireman and R.F. Matthews. 1987. Nonenzymatic browning in aseptically packaged orange drinks: Effect of ascorbic acid, amino acid and oxygen, **Food tech.** pp. 1668-1672. *Cited* G.M. Sapers. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants, and other means. **Food tech.** 47(10): 75-81.

Kendall, P and Sofos. 2000. **Food and Nutrition** . Colorado State University, America.

Kopelman, I.J., S. Meydav and S. Weinberg. 1977. Storage studies of freeze dried lemon crystals. **J. Food Technology.** 16: 667-685.

Labuza, T.P. and M.K. Schimid. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Tech.** 39: 57-62.

Macheix, J.J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. **Fruit Phenolics**. CRC Press, U.S.A.

Maskan, M. 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. **J. Food Eng.** 44: 71 - 78

Mauron, J. 1989. Browning reaction products and food quality, pp. 667-683. *In* M.R. Raghavendra, N. Chandrasekhara and K.A. Ranganath (eds.). **Trends in Food Science and Technology**. Sharada Press, India.

Martinez, M.V. and J.R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends Food Science and Technology.** 6: 195-200.

Maskan, A., Kaya, S and Masken, M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). **J. of Food Engineering.** 23: 81-88.

Maskan, A., Kaya, S and Masken, M. 2001. Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). **J. of Food Engineering**. 54: 75-80.

McGraw-Hill. 1978. **Encyclopedia of Food Science**. Vol. 5, McGraw-Hill, New York. 635 p.

Mitra, S.K. 1997. **Postharvest Physiology of Tropical and Subtropical Fruits**. Faculty of Horticulture West Benga, India.

Mowlah, G., K. Takano, I. Kamoi and T. Obara. 1982. Physicochemical properties and protein behavior of banana as affected by processing treatments and conditions. **Labbesm. Wiss. U. Technol.** 15: 211.

Nakai, S. and H.W. Moldler. 1996. **Food Proteins Properties and Characterization**. VCH Publisher, Inc., New York.

Nardi, J.V., Acchar, W. and Hotza. D. 2004. Enhancing the properties of ceramic products through mixture design and response surface analysis. **J. of the European ceramic Society**. 24: 375-379.

Palmer, J.K. 1971. **The Biochemistry of Fruits and Their Products**. Vol. 2. Academic Press, London.

——— and J.B. Roberts. 1967. Inhibition of banana polyphenoloxidase by z-merapto-benzothiazole. **Food Chemistry**. p. 200. *Cited* M.A.M. Galeazzi, V.C. Sgarbieri and S.M. Constantinides. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L.). **J. Food Sci.** 46: 150.

Peterson, M.S. and K.A. Johnson. 1978. **Encyclopedia of Food Science**. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 1005 p.

- Pomeranz, Y and Meloan, CE. 1987. **Food Analysis: Theory and Practice**. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Robson, J.N. 1976. Some introductory thoughts on intermediate moisture foods, pp. 32-42. *In* R. Davies, G.G. Brich and K.J. Parker (eds.). **Intermediate Moisture Foods**. Applied Science Publishers Ltd., England.
- Sacharow, S. and Griffin, R.C. 1980. **Principles of Food Packaging**. 2nd ed. Westport, CT: The AVI Publishing Co., Inc. America.
- Sanders, J.M.P. 1996. Starch manufacturing in the world, pp. *In* **Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology**. AIT Center, Bangkok.
- Sapers, G.M. 1993. Browning of foods: Control by sulfites, antioxidants and other means. **Food Technology**. 47(10): 75-84.
- Schirmer, P., S. Janjai, A. Esper, R. Smitabhindu and W. Muhlbauer. 1996. Experimental investigation of the performance of the solar tunnel dryer for drying bananas. **Renewable Energy**. 7: 119-129.
- Singh, H.S and Khanna. 2002. Effect of skim milk powder, soy protein concentrate and sucrose on the dehydration behaviour, texture, color and acceptability of mango leather. **J. of Food Engineering**. 55 : 343 – 348.
- Singleton, V.L., E. Trousdale and J. Zaya. 1985. One reason sun-dried rasins brown so much. **Am. J Enol. Vitic**. 36: 111-113.
- Sodha, M.S., A. Dang, P.K. Bansal and S.B. Sharma. 1985. An analytical and experimental study of open sun drying and a cabinet type drier. **Energy Convers. Mgmt**. 25(3): 263-271.

Susan, O and Gavranich. C. 1994. **How to make fruit leather**. University of California, America.

Torsresakul, L. and P. Siri Wongwilaichat. 1997. The effect of citric acid and sodium metabisulfite on inhibition of non-enzymic browning reaction in osmotic dehydrated guava, pp. 1-6. *In* FOSTAT/Propak Asia'97 Food Conference: Challenges in Food Processing and Packaging, 22-24 May 1997. **Queen Sirikit Nat. Convention Center**, Bangkok.

Waletzko, P.T. and T.P. Labuza. 1976. Accelerated shelf-life testing of an intermediate moisture food in air and in an oxygen-free atmosphere. **J. Food Sci.** 41: 1338-1344.

Walker, J.R.L. 1977. Enzymatic browning in foods. **Food Technol. NZ.** 12: 19-25.

Williams, J.C. 1976. Chemical and non-enzymic changes in intermediate moisture foods, pp. 100-119. *In* R. Davies, G.G. Brich and K.J. Parker (eds.). **Intermediate Moisture Foods**. Applied Science Publishers Ltd., England.





แบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้ง และขีดเครื่องหมาย / ให้ตรงกับ
คำอธิบายความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

คะแนนความชอบที่กำหนด

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
ชอบมากเป็นพิเศษ	.....	.....	.....	.....
ชอบมาก	.....	.....	.....	.....
ชอบปานกลาง	.....	.....	.....	.....
ชอบเล็กน้อย	.....	.....	.....	.....
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	.....	.....	.....	.....
ไม่ชอบเล็กน้อย	.....	.....	.....	.....
ไม่ชอบปานกลาง	.....	.....	.....	.....
ไม่ชอบมาก	.....	.....	.....	.....
ไม่ชอบมากเป็นพิเศษ	.....	.....	.....	.....

พ.ศ. ๒๕๕๖

แบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งจากการเสริมเมล็ดธัญพืชรวม
และให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

คะแนนความชอบที่กำหนด

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ

สี

รสชาติ

ขนาด

ความเหนียว

ความชอบรวม

แบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งเสริมเมล็ดธัญพืชรวม โดยใช้
อัตราส่วนของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นในอัตราส่วนต่างๆ และให้คะแนน
ความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

คะแนนความชอบที่กำหนด

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

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ขนาด	.....	.....	.....	.....
ความเหนียว	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

แบบทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง กล้วยแผ่นกรอบ

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบจากพัฒนาสูตรวิธี 9-point hedonic scale และให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์

คะแนนความชอบที่กำหนด

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

รหัสตัวอย่าง	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			

พ.ศ. ๒๕๕๖



แบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือในการทดสอบการยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น และกล้วยแผ่นกรอบ

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สำหรับการผลิตกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น (Development of the Processes for Nutrition Added for Making Dried Banana Sheet) ของนางสาวศุภนิษา สุทธิพงษ์ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้การดูแลของ ผศ.ดร. ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ ในการนี้จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดสละเวลาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ และขอขอบพระคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้ โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วย ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

ส่วนที่ 3 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

คำแนะนำ : โปรดใส่เครื่องหมาย / ลงในช่อง () หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุดที่ได้รับ

() ต่ำกว่าปริญญาตรี

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

() นักเรียน/นักศึกษา

() พนักงานบริษัทเอกชน

() รับราชการ

() รัฐวิสาหกิจ

() ธุรกิจส่วนตัว

() แม่บ้าน

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

() น้อยกว่า 5,000 บาท

() 5,000 – 10,000 บาท

() 10,001 – 15,000 บาท

() 15,001 – 20,000 บาท

() 20,001 – 25,000 บาท

() สูงกว่า 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วย ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้ง
แบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

คำอธิบาย : กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นแบบเสริมธัญพืชรวม คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกล้วย
น้ำว้าทุบแบนจนเนื้อแตก เคลี่ยกล้วยให้เป็นแผ่นบาง จากนั้นจึงนำไปเสริมธัญพืชและ
ผ่านกระบวนการอบแห้ง

กล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีน คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกล้วยน้ำว้าปั่นละเอียด
ผสมกับส่วนผสมต่างๆ คือ แป้งกล้วย, แป้งสาลี, น้ำตาลทราย น้ำกะทิ, เกลือป่น, งาดำ
และโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง จากนั้นจึงนำส่วนผสมไปผ่านกระบวนการทำ
กล้วยแผ่นกรอบด้วยเครื่องทำทองม้วน

1. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วยหรือไม่

- () ชอบ
() ไม่ชอบ เพราะ.....

2. ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วยคือ

- () 1 – 2 ครั้งต่อปี () 3 – 6 ครั้งต่อปี
() 1 – 2 ครั้งต่อเดือน () 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์
() อื่น ๆ

3. ท่านรับประทานผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วยอย่างไรบ้าง(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- () เป็นของฝากจากญาติพี่น้องหรือเพื่อน () ซื้อเมื่อไปเที่ยวตามต่างจังหวัด
() ซื้อเมื่อมีการลดราคาเท่านั้น () เป็นของแถมที่ติดมากับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ
() ได้รับเป็นของแจกเช่น ปั้นน้ำมันบางจาก () อื่น ๆ

4. รูปแบบของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าแผ่นอบแห้งที่ท่านเห็นคิดว่าเหมาะสมแล้วหรือไม่

- () เหมาะสม ข้ามไปข้อ 8
() ไม่เหมาะสม

5. รูปแบบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่ท่านเห็นคิดว่าเหมาะสมแล้วหรือไม่

() เหมาะสม ข้ามไปข้อ 9

() ไม่เหมาะสม

6. รูปแบบของผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าแผ่นอบแห้งที่ท่านคิดว่าเหมาะสมคือ

() สีส้มส้ม

() สีส้มจัด

() วงกลม

() อื่นๆ

7. รูปแบบของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่ท่านคิดว่าเหมาะสมคือ

() สีส้มส้ม

() แผ่นยาวม้วนเป็นแท่ง

() วงกลม

() อื่นๆ

8. บรรจุภัณฑ์ที่ท่านคิดว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าแผ่นอบแห้งคือ

() กล่องพลาสติกใส

() ซองพลาสติกใส

() ซองอะลูมิเนียม

() ซองลามิเนต

() อื่น ๆ โปรดระบุ.....

9. บรรจุภัณฑ์ที่ท่านคิดว่าเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบคือ

() กล่องพลาสติกใส

() ซองพลาสติกใส

() ซองอะลูมิเนียม

() ซองลามิเนต

() อื่น ๆ โปรดระบุ.....

10. ท่านมีวิธีการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ซื้ออย่างไร

() เก็บอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้อง)

() เก็บแบบแช่เย็น (ในตู้เย็น)

() เก็บแบบแช่แข็ง (ในตู้เย็น)

() อื่น ๆ.....

11. ท่านคาดหวังว่าผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วยควรมีอายุการเก็บเท่าใด

- () 1 – 2 เดือน () 3 – 4 เดือน () 5 – 6 เดือน
() 6 – 12 เดือน () มากกว่า 12 เดือน

12. ราคาของกล้วยน้ำว้าแผ่นอบแห้งต่อชิ้นที่ท่านคิดว่าเหมาะสมคือ

..... บาท

13. ราคาของกล้วยแผ่นกรอบต่อชิ้นที่ท่านคิดว่าเหมาะสมคือ

..... บาท

14. สถานที่ที่ท่านคิดว่าสะดวกในการหาซื้อผลิตภัณฑ์จากกล้วยมากที่สุด คือ

- () ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น เซ็นทรัล, เดอะมอลล์
() ร้านสะดวกซื้อ เช่น เซเว่นอีเลเว่น
() ร้านสรรพากร เช่น ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต
() ร้านขายของถูก เช่น คาร์ฟู
() สถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ
() ตลาดสด
() อื่น ๆ

16. สื่อชนิดใดที่ท่านคิดว่าสามารถแนะนำผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นทั้งสองชนิดถึงท่านได้ดีที่สุด

- () วารสาร () หนังสือพิมพ์ () โทรทัศน์
() วิทยู () โปสเตอร์/ใบปลิว () อื่น ๆ

17. หากมีผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นทั้งสองชนิดนี้ออกจำหน่ายในท้องตลาดจริงท่านสนใจจะซื้อหรือไม่

- () สนใจ
() ไม่สนใจ เพราะ.....

ส่วนที่ 3 การยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและ
กล้วยแผ่นกรอบ

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบที่มีต่อตัวอย่าง โดยให้คะแนนตาม
คำอธิบาย

คะแนนความชอบที่กำหนด กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างต่อไป

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

	กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น	กล้วยแผ่นกรอบ
สี		
ความหวาน		
รสชาติรวม		
กลิ่นรสกล้วย		
ความเหนียว/ความกรอบ		
ความชอบรวม		



นิยามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ
วิธีพรรณนาเชิงปริมาณ

ลักษณะปรากฏ

สีน้ำตาล หมายถึง สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสีน้ำตาล

กลิ่น

กลิ่นกล้วย หมายถึง กลิ่นกล้วยที่ระเหยออกมาจากกล้วยแผ่น

กลิ่นฉ่ำเหลือง หมายถึง กลิ่นฉ่ำเหลืองที่ระเหยออกมาจากกล้วยแผ่น

รส

รสหวาน หมายถึง รสหวานที่เกิดจากการเติมน้ำตาลลงไปในกล้วยแผ่น

กลิ่นรส

กลิ่นรสกล้วย หมายถึง ความรู้สึกรวมของกลิ่นรสกล้วยที่เกิดขึ้นภายในปาก

กลิ่นรสฉ่ำเหลือง หมายถึง ความรู้สึกรวมของกลิ่นรสฉ่ำเหลืองที่เกิดขึ้นภายในปาก

เนื้อสัมผัส

ความกรอบ หมายถึง ความกรอบของเนื้อกล้วยแผ่น

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี QDA ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบ

ชื่อ.....

วันที่.....

สีน้ำตาล



กลิ่นกล้วย



กลิ่นฉ่ำเหลือง



รสหวาน



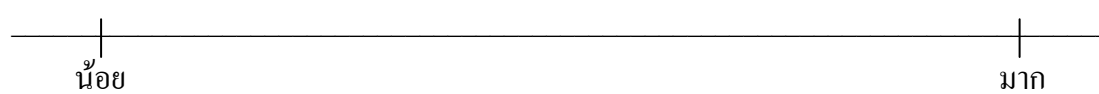
กลิ่นรสกล้วย



กลิ่นรสฉ่ำเหลือง



ความกรอบ



แบบทดสอบความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง กล้วยแผ่นกรอบ

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างควบคุม “C” แล้วจึงทดสอบตัวอย่าง จากนั้นจึงบอกขนาดของ
ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม “C”

คุณลักษณะ	ขนาดของความแตกต่างกับ “C”										
	แตกต่างที่สุด(น้อยกว่า “C”)					ไม่แตกต่าง		แตกต่างที่สุด(มากกว่า “C”)			
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
สีน้ำตาล											
กลิ่นกล้วย											
กลิ่นฉ่ำเหลือง											
รสหวาน											
กลิ่นรสกล้วย											
กลิ่นรสฉ่ำเหลือง											
ความกรอบ											

ส่วนที่ 2 คะแนนความชอบ

คำชี้แจง : ให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1 ถึง 9 ตามลำดับคะแนน

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

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สีน้ำตาล	
กลิ่นกล้วย	
กลิ่นฉ่ำเหลือง	
รสหวาน	
กลิ่นรสกล้วย	
กลิ่นรสฉ่ำเหลือง	
ความกรอบ	

ส่วนที่ 3 การยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : ให้ทำเครื่องหมาย / ลงในช่องเพื่อแสดงการยอมรับหรือไม่ยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์

แต่ละรหัส

	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		
รหัส.....		



ภาคผนวก ง
 แบบประเมินคุณภาพทางประสาธน์สัมพันธ์วิธีการพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA)
 สำหรับการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

นิยามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ
วิธีพรรณนาเชิงปริมาณ

ลักษณะปรากฏ

สีน้ำตาล หมายถึง สีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสีน้ำตาล

กลิ่น

กลิ่นหืน หมายถึง กลิ่นไขมันที่ระเหยออกมาจากกล้วยแผ่น

รส

รสหวานในกล้วยอบแห้งแบบแผ่น หมายถึง รสหวานที่เกิดจากการเติมน้ำตาลลงไป
ในกล้วยแผ่น

รสหวานในกล้วยแผ่นกรอบ หมายถึง รสหวานที่เกิดจากการเติมน้ำตาลลงไป
ในกล้วยแผ่น

รสชาติรวมในกล้วยอบแห้งแบบแผ่น หมายถึง รสชาติรวมที่เกิดจากเมล็ดธัญพืชและกล้วย
แผ่น

กลิ่นรส

กลิ่นรสกล้วย หมายถึง ความรู้สึกรวมของกลิ่นรสกล้วยที่เกิดขึ้นภายในปาก

กลิ่นรสถั่วเหลืองในกล้วยแผ่นกรอบ หมายถึง ความรู้สึกรวมของกลิ่นรสถั่วเหลืองที่
เกิดขึ้นภายในปาก

เนื้อสัมผัส

ความเหนียว หมายถึง ความเหนียวของเนื้อกล้วยอบแห้งแบบแผ่น

ความกรอบ หมายถึง ความกรอบของเนื้อกล้วยแผ่นกรอบ

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิธี QDA ผลิตภัณฑ์อบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

30.....

วันที่.....

๓
สํานาตล

อ่อน

ហ្នែង

กลิ่นห็น

น้อย

มาก

รหัสหวาน

น้อย

มาก

กลิ่นรสกล้วย

น้อย

มาก

กตินรศวห์เลื่อง

น้อย

มาก

ความเหนียว

น้อย

มาก

ความกรอบ

น้อย

มาก

แบบทดสอบความชอบ

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างจากตัวอย่างความชอบ

ตัวอย่าง กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างความชอบ “C” แล้วจึงทดสอบตัวอย่าง จากนั้นจึงบอกขนาดของความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างความชอบ “C”

	แตกต่างที่สุด(น้อยกว่า “C”)	ไม่แตกต่าง										แตกต่างที่สุด(มากกว่า “C”)
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
คุณลักษณะ	ขนาดของความแตกต่างกับ “C”											
สีน้ำตาล	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสหวาน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นหืน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความเหนียว	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตัวอย่าง กล้วยอบแห้งแบบแผ่น(ต่อ)

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างความชอบ “C” แล้วจึงทดสอบตัวอย่าง จากนั้นจึงบอกขนาดของความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างความชอบ “C”

	แตกต่างที่สุด(น้อยกว่า “C”)	ไม่แตกต่าง										แตกต่างที่สุด(มากกว่า “C”)
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
คุณลักษณะ	ขนาดของความแตกต่างกับ “C”											
รสชาติรวม	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรสกล้วย	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตัวอย่าง กล้วยแผ่นกรอบ

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างควบคุม “C” แล้วจึงทดสอบตัวอย่าง จากนั้นจึงบอกขนาดของ
ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม “C”

แตกต่างที่สุด(น้อยกว่า “C”) ไม่แตกต่าง แตกต่างที่สุด(มากกว่า “C”)
-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5

คุณลักษณะ ขนาดของความแตกต่างกับ “C”

สีน้ำตาล
รสหวาน
กลิ่นหืน

ตัวอย่าง กล้วยแผ่นกรอบ(ต่อ)

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างควบคุม “C” แล้วจึงทดสอบตัวอย่าง จากนั้นจึงบอกขนาดของ
ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม “C”

แตกต่างที่สุด(น้อยกว่า “C”) ไม่แตกต่าง แตกต่างที่สุด(มากกว่า “C”)
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

คุณลักษณะ ขนาดของความแตกต่างกับ “C”

กลิ่นรสกล้วย
กลิ่นรส
ตัวเหลือง
กลิ่นหืน

ส่วนที่ 2 การยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คำชี้แจง : ให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1 ถึง 10 ตามลำดับคะแนน

ความชอบ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ไม่ชอบมากที่สุด			ไม่ชอบ			ชอบ			ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง กล้วยอบแห้งแบบแผ่น

คุณลักษณะ คะแนนความชอบ

สีน้ำตาล	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสหวาน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติรวม	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรสกล้วย	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นหืน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความเหนียว	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ตัวอย่าง กล้วยแผ่นกรอบ

คุณลักษณะ คะแนนความชอบ

สีน้ำตาล	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสหวาน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรสกล้วย	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นรส	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ฉ่ำเหนียว	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่นหืน	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความกรอบ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
การยอมรับ	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....



ภาคผนวก จ
การศึกษาภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ

ตารางผนวกที่ จ1 ค่า L^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	61.53(0.06)j	61.51(0.03)j	61.54(0.03)k	61.56(0.02)k
2	60.68(0.02)i	60.69(0.02)i	60.82(0.02)j	60.94(0.03)j
3	59.19(0.03)h	60.06(0.06)h	60.25(0.01)i	60.46(0.01)i
4	57.82(0.02)b	58.98(0.05)f	59.57(0.01)g	59.84(0.02)g
5	58.84(0.02)g	59.12(0.05)g	59.87(0.03)h	60.03(0.01)h
6	58.29(0.03)f	58.17(0.05)b	59.45(0.03)f	59.71(0.03)f
7	58.32(0.03)f	58.35(0.01)d	59.15(0.02)d	59.27(0.03)c
8	57.94(0.03)d	58.13(0.04)b	59.04(0.04)c	58.92(0.04)a
9	58.19(0.04)e	58.36(0.01)d	59.38(0.02)e	59.45(0.03)d
10	58.15(0.01)e	58.48(0.04)e	59.14(0.01)d	59.53(0.04)e
11	57.89(0.03)c	58.12(0.08)b	58.87(0.03)a	59.23(0.04)c
12	57.649(0.01)a	57.99(0.05)a	58.99(0.01)b	59.13(0.01)b

หมายเหตุ (a - k) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ2 ค่า a* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโฟลีโอเทธิลิน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	6.47(0.01)d	6.49(0.01)d	6.43(0.03)d	6.41(0.02)e
2	6.79(0.03)g	6.68(0.04)e	6.49(0.01)e	6.35(0.02)d
3	6.42(0.03)c	6.38(0.04)bc	6.31(0.06)c	6.30(0.04)c
4	6.15(0.02)b	6.18(0.01)a	6.13(0.02)a	6.27(0.01)c
5	6.02(0.02)a	6.15(0.04)a	6.17(0.04)ab	6.06(0.02)a
6	6.51(0.01)d	6.37(0.01)b	6.22(0.03)b	6.15(0.03)b
7	6.56(0.02)e	6.42(0.01)c	6.34(0.01)c	6.37(0.01)de
8	6.94(0.03)i	6.96(0.05)h	6.57(0.02)f	6.40(0.05)de
9	7.17(0.06)j	7.17(0.02)i	6.68(0.01)g	6.53(0.04)g
10	6.82(0.05)gh	6.85(0.02)g	6.64(0.02)g	6.61(0.04)h
11	6.62(0.02)f	6.68(0.02)e	6.52(0.03)ef	6.47(0.01)f
12	6.84(0.01)i	6.73(0.03)f	6.49(0.03)e	6.50(0.03)fg

หมายเหตุ (a - j) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ3 ค่า b* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโฟลีโอเทธิลิน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	16.25(0.01)f	16.27(0.01)e	16.29(0.03)e	16.31(0.05)de
2	16.76(0.03)g	16.64(0.03)f	16.95(0.03)f	16.82(0.03)f
3	17.61(0.07)j	17.25(0.02)i	17.89(0.01)i	17.76(0.04)h
4	17.17(0.03)h	17.03(0.04)g	17.72(0.03)h	17.65(0.04)g
5	17.35(0.03)i	17.14(0.05)h	18.06(0.05)j	18.14(0.04)j
6	17.19(0.06)h	17.19(0.03)i	17.44(0.02)g	17.92(0.06)i
7	14.53(0.03)b	15.63(0.03)d	15.96(0.03)c	16.13(0.02)c
8	14.39(0.02)a	14.87(0.03)c	16.17(0.04)d	15.84(0.03)b
9	14.87(0.04)d	14.92(0.06)c	15.82(0.01)b	15.39(0.04)a
10	15.25(0.03)e	14.89(0.03)c	16.15(0.03)d	16.27(0.02)d
11	14.82(0.06)d	14.62(0.03)a	15.80(0.01)b	16.14(0.02)c
12	14.65(0.03)c	14.69(0.06)b	15.69(0.05)a	16.35(0.03)e

หมายเหตุ (a - j) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ4 ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะ
ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	0.627(0.003)a	0.628(0.002)ab	0.625(0.001)a	0.624(0.003)abcd
2	0.628(0.004)a	0.629(0.004)ab	0.628(0.006)abc	0.627(0.002)bcd
3	0.629(0.001)a	0.625(0.005)a	0.625(0.004)a	0.629(0.004)de
4	0.624(0.004)a	0.628(0.007)ab	0.626(0.005)a	0.626(0.004)acd
5	0.636(0.004)b	0.635(0.005)bc	0.627(0.003)ab	0.620(0.005)ab
6	0.647(0.006)cd	0.639(0.005)cd	0.628(0.002)abc	0.626(0.003)adcd
7	0.652(0.0046)d	0.647(0.001)ef	0.635(0.002)cd	0.631(0.002)e
8	0.646(0.003)cd	0.649(0.002)f	0.638(0.008)c	0.628(0.007)de
9	0.643(0.001)c	0.650(0.004)f	0.634(0.003)bcd	0.623(0.002)abc
10	0.645(0.004)c	0.644(0.003)def	0.627(0.001)ab	0.619(0.005)a
11	0.643(0.003)c	0.640(0.005)cde	0.628(0.005)abc	0.625(0.005)abcd
12	0.646(0.005)cd	0.638(0.004)cd	0.62490.003)a	0.629(0.002)de

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ5 ค่า TBA เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บที่สภาวะ
ต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	1.02(0.04)a	1.03(0.04)a	1.04(0.05)a	1.02(0.09)a
2	1.19(0.05)b	1.15(0.03)b	1.16(0.03)b	1.17(0.04)b
3	1.21(0.04)bc	1.18(0.03)bc	1.23(0.06)bc	1.25(0.06)b
4	1.32(0.04)def	1.24(0.05)bc	1.26(0.03)c	1.23(0.04)b
5	1.36(0.03)f	1.20(0.07)bc	1.29(0.03)c	1.19(0.05)b
6	1.26(0.06)bcde	1.18(0.08)bc	1.24(0.03)c	1.16(0.06)b
7	1.24(0.04)bcd	1.23(0.05)bc	1.21(0.04)bc	1.18(0.03)b
8	1.30(0.02)def	1.28(0.06)c	1.26 (0.06)c	1.25(0.08)b
9	1.35(0.08)f	1.25(0.11)bc	1.27(0.05)c	1.21(0.08)b
10	1.33(0.05)ef	1.22(0.06)bc	1.25(0.05)c	1.2(0.02)b
11	1.29(0.04)cdef	1.20(0.08)bc	1.27(0.04)c	1.18(0.04)b
12	1.30(0.05)def	1.20(0.06)b	1.24(0.01)c	1.16(0.04)b

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๖6 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา

ลำดับที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	รสชาติรวม	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นหืน	ความเหนียว	การยอมรับ
1	0.75(0.25)a	1.25(0.35)a	8.38(0.48)d	8.00(0.83)b	0.00a	0.00a	8.85(0.59)g
2	1.03(0.23)ab	1.47(0.19)ab	8.23(0.51)d	7.92(0.71)ab	0.45(0.14)b	0.00a	8.47(0.59)g
3	1.15(0.29)abc	1.78(0.32)b	7.96(0.44)cd	7.89(0.66)ab	1.25(0.42)c	0.86(0.36)b	7.64(1.02)f
4	1.32(0.18)bc	2.37(0.32)c	8.01(0.47)cd	7.83(0.50)ab	1.78(0.34)d	1.29(0.42)c	7.15(0.75)ef
5	1.24(0.30)bc	2.53(0.21)cd	7.95(0.45)cd	7.79(0.55)ab	2.24(0.37)e	1.31(0.35)c	6.82(0.56)de
6	1.36(0.27)bc	2.64(0.28)cde	7.53(0.39)bc	7.67(0.56)ab	2.98(0.40)f	1.56(0.30)cd	6.47(0.81)cd
7	1.54(0.46)c	2.79(0.51)def	7.39(0.59)ab	7.75(0.37)ab	3.15(0.39)f	1.79(0.23)de	5.97(0.68)bc
8	2.75(0.61)d	2.83(0.34)defg	7.23(0.68)ab	7.65(0.62)ab	3.76(0.51)g	1.92(0.51)ef	5.64(0.65)ab
9	2.93(0.56)de	2.86(0.31)defg	6.95(0.68)acd	7.60(0.52)ab	3.82(0.75)g	2.21(0.31)fg	5.19(0.76)a
10	3.12(0.73)def	2.97(0.39)efg	7.02(0.48)ab	7.53(0.52)ab	4.26(0.60)h	2.45(0.55)gh	5.61(0.69)ab
11	3.38(0.64)ef	3.16(0.45)g	6.92(0.51)a	7.50(0.69)ab	4.28(0.48)h	2.63(0.62)h	5.54(0.61)ab
12	3.57(0.88)f	3.09(0.43)fg	6.88(0.62)a	7.33(0.46)a	4.41(0.40)h	2.74(0.34)h	5.12(0.80)a

หมายเหตุ (a - g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๖7 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ

ลำดับที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	รสชาติรวม	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นหืน	ความเหนียว	การยอมรับ
1	0.55(0.21)a	0.85(0.31)a	8.41(0.53)f	8.12(0.41)e	0.00a	0.00a	8.96(0.47)i
2	0.87(0.28)b	1.14(0.32)ab	8.16(0.59)ef	8.03(0.51)de	0.00a	0.00a	8.63(0.58)i
3	1.06(0.32)bc	1.42(0.29)b	7.88(0.55)def	7.85(0.30)cde	0.78(0.27)b	0.53(0.23)b	7.73(0.84)h
4	1.19(0.32)bcd	2.04(0.39)c	7.94(0.40)def	7.94(0.38)de	1.13(0.31)c	0.98(0.41)c	7.02(0.60)g
5	1.35(0.21)cd	2.25(0.35)cd	8.02(0.74)ef	7.62(0.52)abcd	1.25(0.31)c	1.25(0.24)cd	6.74(0.41)fg
6	1.43(0.37)d	2.43(0.33)de	8.05(0.45)ef	7.71(0.49)bcde	1.57(0.23)d	1.42(0.11)de	6.37(0.81)ef
7	1.88(0.43)e	2.67(0.42)ef	7.93(0.65)def	7.59(0.48)abcd	1.73(0.32)de	1.65(0.19)ef	6.12(0.54)de
8	2.50(0.38)6f	2.76(0.29)f	7.67(0.48)cde	7.42(0.45)abc	1.94(0.44)e	1.84(0.45)fg	5.71(0.75)cd
9	2.79(0.44)fg	2.8(0.34)f	7.43(0.66)bcd	7.22(0.30)a	2.47(0.23)f	1.97(0.40)gh	5.25(0.48)bc
10	2.96(0.36)g	2.99(0.44)fg	7.21(0.52)abc	7.49(0.44)abc	2.68(0.34)f	2.08(0.41)ghi	5.11(0.63)ab
11	3.07(0.40)g	3.13(0.34)g	6.95(0.47)ab	7.35(0.62)ab	3.11(0.34)g	2.15(0.30)hi	4.86(0.52)ab
12	3.11(0.36)g	3.18(0.34)g	6.75(0.42)a	7.28(0.27)ab	3.26(0.42)g	2.32(0.44)i	4.59(0.67)a

หมายเหตุ (a - i) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๖8 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเนกแบบบรรจุธรรมดา

ลำดับที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	รสชาติรวม	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นหืน	ความเหนียว	การยอมรับ
1	0.57(0.22)a	0.75(0.21)a	8.37(0.39)i	8.05(0.44)cde	0.00a	0.00a	8.96(0.51)i
2	0.75(0.26)ab	1.51(0.25)bc	8.25(0.35)hi	8.14(0.35)e	0.00a	0.00a	8.57(0.60)hi
3	0.94(0.31)bc	1.26(0.30)b	8.16(0.31)ghi	8.08(0.52)de	0.25(0.21)b	0.00a	8.25(0.37)gh
4	1.10(0.23)cd	1.80(0.38)cd	7.93(0.40)fgh	7.83(0.45)bcde	0.47(0.16)b	0.44(0.24)b	7.84(0.30)g
5	1.23(0.30)d	2.39(0.41)ef	7.82(0.42)efg	7.62(0.36)abc	0.98(0.28)c	0.83(0.30)c	7.27(0.29)f
6	1.35(0.18)de	2.17(0.37)e	7.74(0.27)def	7.44(0.51)ab	1.31(0.30)d	1.23(0.21)d	6.48(0.35)e
7	1.53(0.12)e	2.06(0.33)de	7.65(0.35)cdef	7.48(0.45)ab	1.64(0.25)e	1.49(0.20)e	6.17(0.49)de
8	1.82(0.26)f	2.53(0.43)fg	7.52(0.20)bcde	7.63(0.45)abc	1.93(0.32)f	1.67(0.28)ef	6.02(0.52)d
9	2.25(0.32)g	2.74(0.44)gh	7.44(0.41)bcd	7.35(0.45)a	2.15(0.34)fg	1.85(0.35)fg	5.11(0.35)c
10	2.50(0.37)h	2.86(0.41)ghi	7.36(0.42)bc	7.66(0.52)abcd	2.27(0.23)g	2.01(0.29)gh	4.97(0.70)bc
11	2.71(0.28)hi	2.97(0.41)hi	7.28(0.44)b	7.45(0.30)ab	2.56(0.27)h	2.12(0.23)h	4.63(0.54)b
12	2.94(0.41)i	3.11(0.38)i	6.95(0.43)a	7.31(0.37)a	2.73(0.35)h	2.35(0.27)i	4.11(0.50)a

หมายเหตุ (a - i) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๑๑ ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งแบบแผ่นที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเย็นแบบบรรจุสุญญากาศ

ลำดับที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	รสชาติรวม	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นหืน	ความเหนียว	การยอมรับ
1	0.44(0.28)a	0.64(0.18)a	8.46(0.38)e	8.14(0.37)f	0.00a	0.00a	8.90(0.49)i
2	0.63(0.31)ab	1.12(0.46)b	8.32(0.44)e	8.11(0.38)f	0.00a	0.00a	8.68(0.58)hi
3	0.75(0.31)bc	1.25(0.31)b	8.28(0.40)e	8.02(0.35)ef	0.00a	0.58(0.14)b	8.31(0.29)gh
4	0.96(0.41)c	1.74(0.26)cd	8.11(0.38)de	7.85(0.39)def	0.33(0.12)b	0.94(0.21)c	7.94(0.44)fg
5	1.27(0.26)d	2.23(0.43)ef	7.89(0.35)cd	7.56(0.32)bcd	0.74(0.18)c	1.46(0.21)d	7.62(0.44)ef
6	1.33(0.22)d	2.10(0.33)def	7.66(0.41)bc	7.92(0.48)ef	0.91(0.29)c	1.24(0.26)d	7.35(0.51)e
7	1.55(0.22)de	1.84(0.42)cd	7.52(0.29)ab	7.71(0.26)cde	1.13(0.38)d	1.73(0.27)e	6.91(0.39)d
8	1.72(0.27)ef	1.65(0.27)c	7.47(0.29)ab	7.44(0.35)abc	1.32(0.21)d	1.97(0.37)f	6.53(0.44)cd
9	1.95(0.25)f	1.92(0.42)cde	7.38(0.44)ab	7.28(0.32)ab	1.54(0.22)e	2.05(0.40)fg	6.25(0.48)bc
10	2.28(0.24)g	2.41(0.39)f	7.30(0.48)ab	7.12(0.41)a	1.82(0.25)f	2.26(0.20)gh	5.86(0.67)ab
11	2.56(0.45)h	2.76(0.46)g	7.28(0.33)ab	7.24(0.36)ab	2.03(0.40)g	2.15(0.30)fgh	5.67(0.37)a
12	2.79(0.41)h	2.89(0.42)g	7.15(0.32)a	7.16(0.35)a	2.47(0.23)h	2.32(0.30)h	5.52(0.68)a

หมายเหตุ (a - i) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๑๑๐ ค่า L^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	64.37(0.05)e	64.40(0.07)h	64.45(0.06)def	64.38(0.03)ef
2	64.20(0.07)d	64.23(0.06)g	64.48(0.06)ef	64.52(0.05)g
3	64.30(0.08)e	64.25(0.04)g	64.61(0.04)g	64.43(0.03)f
4	64.11(0.07)d	64.13(0.04)f	64.49(0.06)f	64.46(0.04)fg
5	63.73(0.09)c	63.92(0.04)e	64.38(0.06)d	64.42(0.06)f
6	63.70(0.09)c	63.74(0.03)d	64.26(0.05)bc	64.13(0.03)a
7	63.63(0.05)c	63.76(0.05)d	64.39(0.05)de	64.26(0.03)bcd
8	63.44(0.02)b	63.64(0.03)c	64.22(0.02)abc	64.34(0.06)de
9	63.36(0.03)ab	63.61(0.03)c	64.16(0.05)a	64.21(0.04)abc
10	63.42(0.05)b	63.53(0.06)b	64.28(0.04)c	64.18(0.07)ab
11	63.34(0.03)ab	63.40(0.06)a	64.18(0.01)ab	64.27(0.05)cd
12	63.31(0.03)a	63.36(0.04)a	64.15(0.05)a	64.33(0.04)de

หมายเหตุ (a - h) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ11 ค่า a* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโฟลีโอเทธิลิน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	5.44(0.03)a	5.41(0.06)a	5.46(0.02)bcd	5.42(0.04)abc
2	5.48(0.03)abc	5.42(0.03)a	5.39(0.03)a	5.41(0.02)ab
3	5.46(0.04)ab	5.44(0.02)a	5.47(0.05)bcd	5.43(0.03)abc
4	5.51(0.03)bc	5.48(0.05)ab	5.50(0.03)cd	5.45(0.03)bc
5	5.62(0.03)d	5.53(0.05)b	5.48(0.03)bcd	5.42(0.03)abc
6	5.55(0.02)c	5.60(0.03)c	5.42(0.04)ab	5.38(0.04)a
7	5.54(0.03)c	5.51(0.04)b	5.47(0.05)bcd	5.44(0.03)bc
8	5.64(0.03)d	5.60(0.03)c	5.51(0.05)cd	5.46(0.02)bc
9	5.73(0.04)ef	5.64(0.00)cd	5.52(0.02)d	5.42(0.05)abc
10	5.82(0.04)f	5.75(0.04)e	5.48(0.01)bcd	5.45(0.03)bc
11	5.78(0.09)e	5.68(0.06)de	5.45(0.03)abc	5.48(0.03)c
12	5.74(0.040)e	5.69(0.04)de	5.43(0.05)ab	5.40(0.05)ab

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ12 ค่า b* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	12.65(0.02)g	12.67(0.06)fg	12.64(0.03)cd	12.66(0.04)cde
2	12.61(0.06)fg	12.74(0.03)g	12.69(0.08)de	12.72(0.05)ef
3	12.54(0.02)f	12.71(0.06)fg	12.75(0.03)ef	12.81(0.06)g
4	12.41(0.05)e	12.66(0.03)f	12.67(0.03)de	12.63(0.04)cd
5	12.36(0.04)e	12.51(0.04)e	12.62(0.05)cd	12.67(0.04)de
6	12.18(0.04)d	12.46(0.04)e	12.58(0.06)bc	12.63(0.01)cd
7	11.97(0.07)bc	12.18(0.02)d	12.74(0.02)ef	12.58(0.04)bc
8	12.05(0.04)c	12.03(0.04)bc	12.79(0.06)f	12.64(0.06)cde
9	11.94(0.02)ab	12.07(0.03)c	12.65(0.02)cd	12.75(0.05)fg
10	11.98(0.05)bc	11.96(0.05)b	12.49(0.07)a	12.72(0.02)ef
11	11.87(0.03)a	12.05(0.05)c	12.42(0.03)a	12.51(0.04)ab
12	11.95(0.09)ab	11.87(0.04)a	12.50(0.05)ab	12.47(0.04)a

หมายเหตุ (a - g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ จ13 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ
เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	0.426(0.003)a	0.423(0.004)bc	0.425(0.003)cd	0.424(0.004)def
2	0.439(0.003)bc	0.429(0.004)cd	0.432(0.006)def	0.431(0.005)fg
3	0.445(0.003)cd	0.436(0.002)de	0.434(0.004)def	0.429(0.003)fg
4	0.442(0.004)cd	0.428(0.004)c	0.428(0.008)cde	0.417(0.006)bcd
5	0.454(0.004)ef	0.439(0.006)e	0.419(0.003)bc	0.415(0.004)abc
6	0.466(0.005)g	0.453(0.006)f	0.428(0.006)cde	0.426(0.002)ef
7	0.458(0.006)f	0.451(0.002)f	0.438(0.006)f	0.430(0.006)fg
8	0.449(0.003)de	0.438(0.002)e	0.436(0.004)ef	0.434(0.003)g
9	0.432(0.004)ab	0.435(0.006)de	0.425(0.006)cd	0.421(0.006)cde
10	0.431(0.002)a	0.424(0.002)c	0.421(0.005)c	0.412(0.004)ab
11	0.424(0.005)a	0.417(0.002)ab	0.411(0.006)ab	0.408(0.003)a
12	0.428(0.007)a	0.412(0.004)a	0.406(0.003)a	0.410(0.004)ab

หมายเหตุ (a - g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๑14 ค่า TBA เกลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บที่สภาวะต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ถุงโพลีเอทิลีน		ถุงลามิเนต	
	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุธรรมดา	บรรจุสุญญากาศ
1	0.66(0.03)a	0.64(0.02)a	0.65(0.03)a	0.63(0.03)a
2	0.68(0.04)ab	0.69(0.03)ab	0.67(0.04)ab	0.65(0.03)ab
3	0.71(0.03)abc	0.72(0.02)bc	0.68(0.03)abc	0.67(0.02)abcd
4	0.73(0.04)bcde	0.74(0.04)bc	0.72(0.04)bc	0.70(0.05)bcd
5	0.78(0.04)ef	0.77(0.06)bc	0.74(0.03)c	0.73(0.03)d
6	0.81(0.03)f	0.78(0.06)c	0.71(0.04)abc	0.72(0.04)cd
7	0.78(0.03)def	0.76(0.03)bc	0.68(0.01)abc	0.69(0.03)abcd
8	0.74(0.03)bcde	0.73(0.04)bc	0.68(0.05)abc	0.66(0.03)abc
9	0.75(0.04)def	0.72(0.04)bc	0.70(0.04)abc	0.68(0.03)abcd
10	0.73(0.01)bcde	0.71(0.04)abc	0.72(0.01)bc	0.71(0.03)bcd
11	0.72(0.04)abcd	0.69(0.04)ab	0.70(0.03)abc	0.67(0.04)abcd
12	0.71(0.06)abcd	0.72(0.06)bc	0.72(0.03)bc	0.68(0.06)abcd

หมายเหตุ (a - f) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง
 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางผนวกที่ ๑15 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุธรรมดา

ลำดับที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นรสฉ่ำเหลือ้ง	กลิ่นหืน	ความกรอบ	การยอมรับ
1	0.93(0.63)a	0.97(0.39)a	8.04(0.35)a	7.82(0.48)a	0.00a	8.04(0.56)a	8.83(0.37)g
2	0.95(0.64)a	0.88(0.52)a	7.99(0.43)a	7.86(0.46)a	0.33(0.19)b	8.02(0.46)a	8.57(0.32)fg
3	1.16(0.52)ab	0.94(0.32)a	8.06(0.55)a	7.73(0.38)a	0.56(0.35)b	7.98(0.37)a	8.19(0.39)ef
4	1.12(0.44)ab	1.12(0.44)a	7.83(0.60)a	7.62(0.27)a	0.91(0.28)c	7.65(0.38)a	8.07(0.51)ef
5	1.17(0.49)ab	1.10(0.29)a	7.87(0.37)a	7.47(0.25)a	1.16(0.28)cd	7.86(0.39)a	7.74(0.43)e
6	1.18(0.61)ab	1.14(0.39)a	7.76(0.27)a	7.53(0.32)a	1.18(0.52)cd	7.75(0.54)a	7.25(0.39)d
7	1.12(0.50)ab	1.19(0.41)a	7.95(0.46)a	7.46(0.46)a	1.29(0.33)d	7.68(0.29)a	7.04(0.76)d
8	1.15(0.30)ab	1.22(0.19)a	7.88(0.50)a	7.48(0.36)a	1.42(0.23)d	7.62(0.42)a	6.81(0.58)cd
9	1.27(0.36)ab	1.18(0.40)a	7.79(0.37)a	7.51(0.38)a	1.37(0.34)d	7.74(0.39)a	6.48(0.21)bc
10	1.28(0.40)ab	1.15(0.22)a	7.86(0.38)a	7.45(0.45)a	1.33(0.22)d	7.71(0.36)a	6.14(0.86)ab
11	1.33(0.18)ab	1.17(0.60)a	7.85(0.48)a	7.82(0.49)a	1.73(0.38)e	7.69(0.42)a	5.94(0.58)a
12	1.56(0.39)b	1.24(0.49)a	7.92(0.47)a	7.60(0.59)a	1.82(0.34)e	7.65(0.33)a	5.81(0.75)a

หมายเหตุ (a - g) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางภาคผนวกที่ จ16 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนแบบบรรจุสุญญากาศ

สัปดาห์ที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นรสฉ่ำเหลือียง	กลิ่นหืน	ความกรอบ	การยอมรับ
1	0.75(0.36)a	1.12(0.51)a	7.96(0.46)a	7.93(0.39)a	0.00a	8.02(0.41)a	8.91(0.44)e
2	0.84(0.30)ab	0.97(0.46)a	7.85(0.41)a	7.84(0.47)a	0.00a	8.05(0.49)a	8.43(0.50)de
3	0.95(0.31)abc	1.08(0.43)a	7.68(0.34)a	7.76(0.38)a	0.00a	7.95(0.35)a	8.38(0.48)de
4	1.14(0.23)bcd	1.04(0.28)a	7.94(0.48)a	7.82(0.39)a	0.61(0.25)b	7.78(0.29)a	8.26(0.40)d
5	1.17(0.36)cd	1.21(0.34)a	7.73(0.35)a	7.65(0.30)a	0.87(0.28)c	7.83(0.46)a	8.11(0.40)d
6	1.23(0.29)cde	1.18(0.45)a	7.71(0.44)a	7.80(0.26)a	0.91(0.30)c	7.91(0.40)a	7.86(0.41)cd
7	1.25(0.39)cde	1.22(0.33)a	7.84(0.40)a	7.55(0.46)a	1.23(0.30)d	7.84(0.36)a	7.48(0.47)c
8	1.18(0.37)cd	1.03(0.48)a	7.90(0.45)a	7.63(0.35)a	1.39(0.34)d	7.81(0.32)a	6.64(0.69)b
9	1.31(0.38)de	1.14(0.29)a	7.68(0.42)a	7.68(0.40)a	1.18(0.27)d	7.83(0.53)a	6.45(0.90)ab
10	1.38(0.29)de	1.16(0.32)a	7.73(0.45)a	7.60(0.23)a	1.35(0.24)d	7.77(0.41)a	6.21(0.62)ab
11	1.56(0.38)e	1.12(0.35)a	7.83(0.39)a	7.71(0.39)a	1.33(0.28)d	7.73(0.41)a	6.05(0.67)a
12	1.44(0.23)de	1.20(0.240)a	7.74(0.44)a	7.74(0.42)a	1.26(0.28)d	7.67(0.26)a	5.93(0.69)a

หมายเหตุ (a - e) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางภาคผนวกที่ จ17 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเนพแบบบรรจุธรรมดา

สัปดาห์ที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นรสฉ่ำเหลือ	กลิ่นหืน	ความกรอบ	การยอมรับ
1	0.97(0.30)a	0.99(0.35)a	7.98(0.48)a	7.91(0.52)a	0.00a	8.00(0.46)a	8.95(0.60)h
2	1.01(0.21)a	1.02(0.39)a	7.75(0.37)a	7.86(0.42)a	0.51(0.19)b	8.03(0.49)a	8.57(0.55)gh
3	0.98(0.37)a	1.06(0.32)a	7.82(0.47)a	7.82(0.38)a	0.62(0.24)bc	7.96(0.40)a	8.34(0.62)fg
4	0.95(0.44)a	1.12(0.28)a	7.65(0.36)a	7.91(0.49)a	0.75(0.22)bcd	7.98(0.38)a	7.94(0.53)ef
5	1.04(0.33)a	1.15(0.53)a	7.63(0.41)a	7.79(0.35)a	0.85(0.24)cde	7.84(0.40)a	7.74(0.39)de
6	1.08(0.23)a	1.20(0.43)a	7.85(0.45)a	7.85(0.41)a	1.05(0.28)efg	7.86(0.35)a	7.63(0.39)de
7	1.12(0.40)a	1.18(0.50)a	7.68(0.31)a	7.83(0.46)a	0.95(0.28)def	7.76(0.32)a	7.32(0.38)cd
8	1.27(0.35)a	1.10(0.28)a	7.71(0.42)a	7.79(0.46)a	1.13(0.24)fg	7.75(0.33)a	7.16(0.40)c
9	1.23(0.28)a	1.17(0.34)a	7.66(0.37)a	7.81(0.42)a	1.18(0.42)fg	7.81(0.34)a	6.91(0.40)bc
10	1.26(0.34)a	1.13(0.32)a	7.78(0.36)a	7.75(0.51)a	1.22(0.30)g	7.83(0.31)a	6.51(0.68)ab
11	1.25(0.37)a	1.09(0.18)a	7.82(0.42)a	7.64(0.42)a	1.25(0.34)g	7.73(0.49)a	6.32(0.18)a
12	1.28(0.21)a	1.14(0.30)a	7.80(0.42)a	7.68(0.40)a	1.20(0.26)fg	7.62(0.37)a	6.24(0.36)a

หมายเหตุ (a - h) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางภาคผนวกที่ จ18 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเย็นแบบบรรจุสุญญากาศ

สัปดาห์ที่	สีน้ำตาล	รสหวาน	กลิ่นรสกล้วย	กลิ่นรสฉ่ำเหลือียง	กลิ่นหืน	ความกรอบ	การยอมรับ
1	0.95(0.44)a	0.98(0.32)a	8.02(0.41)a	7.87(0.40)a	0.00a	8.06(0.46)a	8.97(0.29)j
2	1.05(0.42)a	1.06(0.30)a	7.94(0.37)a	7.85(0.33)a	0.00a	8.02(0.52)a	8.78(0.27)ij
3	0.86(0.27)a	1.11(0.32)a	7.97(0.37)a	7.81(0.47)a	0.00a	7.97(0.65)a	8.64(0.35)i
4	0.93(0.29)a	1.08(0.32)a	7.84(0.39)a	7.88(0.36)a	0.38(0.22)b	7.84(0.42)a	8.23(0.28)h
5	0.94(0.25)a	1.12(0.20)a	7.81(0.42)a	7.74(0.46)a	0.75(0.25)cd	7.99(0.40)a	7.92(0.34)g
6	1.04(0.43)a	1.07(0.32)a	7.78(0.36)a	7.80(0.33)a	0.82(0.26)cd	7.85(0.40)a	7.73(0.28)fg
7	1.11(0.28)a	1.16(0.30)a	7.83(0.32)a	7.79(0.35)a	0.68(0.23)c	7.78(0.33)a	7.59(0.23)ef
8	1.19(0.31)a	1.14(0.26)a	7.76(0.35)a	7.73(0.29)a	0.93(0.22)de	7.82(0.45)a	7.41(0.26)de
9	1.17(0.27)a	1.10(0.23)a	7.72(0.51)a	7.69(0.40)a	1.12(0.26)ef	7.75(0.31)a	7.23(0.17)cd
10	1.21(0.36)a	1.13(0.26)a	7.79(0.47)a	7.82(0.34)a	1.23(0.24)f	7.72(0.35)a	6.99(0.39)bc
11	1.15(0.49)a	1.15(0.23)a	7.83(0.39)a	7.77(0.42)a	1.16(0.32)f	7.69(0.38)a	6.82(0.44)ab
12	1.22(0.36)a	1.16(0.26)a	7.75(0.37)a	7.71(0.41)a	1.20(0.32)f	7.67(0.43)a	6.57(0.27)a

หมายเหตุ (a - j) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวเลขในวงเล็บ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล



การตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

1. ทำความสะอาดช่องปริซึมสำหรับทดสอบตัวอย่าง โดยการใช้น้ำกลั่นหยดที่ช่องปริซึม กดปุ่ม CAL รอเวลาประมาณ 5 วินาที หน้าจอ LCD จะส่องแสงวาบ และแสดงคำว่า rEF หลังจากนั้น 10 วินาที ให้กดปุ่ม Mes เป็นเวลา 5 วินาที เครื่องจะเริ่มทำการปรับค่าเริ่มต้น หลังจากนั้น หน้าจอ LCD จะแสดงคำว่า End เช็ดทำความสะอาดช่องปริซึมสำหรับทดสอบตัวอย่างอีกครั้ง
2. นำเนื้อกล้วยน้ำว้าไปปั่นด้วยเครื่องปั่น blender ให้ละเอียด และกรองด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนที่ใสของของเหลวจากกล้วยน้ำว้าที่กรองได้ไปหยดใส่ช่องปริซึมสำหรับทดสอบตัวอย่าง กดปุ่ม Mes ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในหน่วย องศาบริกซ์
3. ปิดเครื่องทดสอบ เช็ดทำความสะอาดช่องปริซึมสำหรับทดสอบตัวอย่าง และเปิดเครื่องใหม่ ทำความสะอาดช่องปริซึมสำหรับทดสอบตัวอย่าง ตามข้อ 1 และ 2 ใหม่อีกครั้งเมื่อทำการทดสอบตัวอย่างต่อไป

การตรวจสอบค่าวอเตอร์แอกติวิตี

1. เตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่มีสภาวะการอบแห้งต่างๆ ที่ต้องการนำมาทดสอบ ถ้าเป็นตัวอย่างกล้วยแผ่นกรอบให้นำไปอบคให้ละเอียด โดยตัวอย่างจะต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ใส่ตัวอย่างลงในแท่นรองรับตัวอย่างรูปทรงกระบอกเตี้ย เกลี่ยให้ผิวหน้าตัวอย่างเรียบ
2. เปิดสวิตช์เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี นำแท่นรองรับตัวอย่างที่ใส่ตัวอย่างเรียบร้อยแล้ววางลงในตำแหน่งในเครื่องเพื่อทำการวัด หมุนปุ่มวัดไปที่ตำแหน่ง READ ระหว่างนี้เครื่องจะทำการอ่านค่า เมื่อเครื่องอ่านค่าเสร็จ ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี และอุณหภูมิ พร้อมกับส่งเสียง บี๊ป และมีแสงวาบ
3. นำแท่นรองรับตัวอย่างออกจากเครื่อง เช็ดทำความสะอาดและเปลี่ยนตัวอย่างและที่ทดสอบต่อไป โดยทำการทดสอบตามข้อ 1 และ 2

การตรวจสอบค่าเนื้อสัมผัสด้านแรงดึง แรงกด

นำตัวอย่างกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นขนาด 1.2x4 cm มาทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (Instron 5569) โดยใช้ load cell 500 นิวตัน ความเร็วในการดึง 15 mm/min ดึงตัวอย่างจนตัวอย่างขาดออกจากกัน บันทึกค่า maximum load (N) และ extension load (mm)

นำตัวอย่างกล้วยแผ่นกรอบมาทดสอบแรงกดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (Instron 5569) โดยใช้ load cell 500 นิวตันโดยใช้หัวกดลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ความเร็วในการกด 15 mm/min กดตัวอย่างจนตัวอย่างแตก บันทึกค่า maximum compression load (N) และ compression extension (mm)

การตรวจสอบค่าสี

ตรวจสอบค่าสีด้วย Colormeter Minolta โดยวัดค่าเป็นระบบ C.I.E. ($L^*a^*b^*$ chroma และ $^{\circ}H$) การวัดค่าสีในกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นจะใช้เครื่องวัดสีวัดบนผิวหน้าของกล้วยแผ่นในบริเวณที่มีสีของเนื้อกล้วยสม่ำเสมอ และไม่มีส่วนของไส้กล้วย ส่วนการวัดค่าสีในกล้วยแผ่นกรอบจะใช้เครื่องวัดสีวัดบนผิวหน้าของกล้วยแผ่นกรอบ

การวิเคราะห์โปรตีน

การเตรียมสกัดตัวอย่าง

นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดคือ กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ ไปอบแห้งจนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ แล้วนำไปบดให้ละเอียด นำตัวอย่างที่ได้ 0.5 กรัม ไปทำการ dilution ด้วย buffer 0.1 M phosphate 9.5 ml นำสารละลายที่ได้ไปปั่นด้วย homogenize นาน 1 นาที แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำของเหลวที่กรองได้ไปเหวี่ยงด้วย centrifugal ที่ 1,000 rpm เป็นเวลานาน 20 นาที

,

วิธีการวิเคราะห์โปรตีน

1. นำน้ำในส่วนที่สกัดได้ 1 ml เติมสารละลาย Coomassie Blue G250 เข้มข้น 0.0125% w/v ปริมาณ 4 ml ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

2. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 595 nm เปรียบเทียบกับกราฟจากสูตร bovine serum albumin (BSA) ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, 100 $\mu\text{g/ml}$

ค่าโปรตีนทั้งหมด = ค่าที่อ่านได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสง $\times (20/1000)$ mg/ml

การเตรียม BSA ด้วยสารละลายที่ใช้สกัดตัวอย่าง ทำได้โดยชั่ง BSA 0.01 g/ สารละลายที่สกัดได้ 100 ml ใช้ความเข้มข้น BSA 96-99% ดังนั้นต้องชั่ง BSA 0.0052g/สารละลาย 50 ml

การวิเคราะห์ไขมัน

1. ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบที่อบแห้งสนิทและบดละเอียดแล้ว 2 กรัม ใส่ใน extracting timble เพื่อเข้าเครื่องสกัด (soxhlet extracting) โดยใช้ hexane เป็นตัวทำละลาย สกัดเป็นเวลา 15 ชั่วโมง

2. ทำการแยก hexane โดยการระเหยออกจากไขมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง vacuum evaporator (EYELA รุ่น NE-1, Japan) หลังจากนั้นนำไขมันที่แยกได้ใส่ในโหลกันความชื้น (desiccator) ที่บรรจุ silica gel สำหรับดูดความชื้นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จึงนำออกมาชั่งน้ำหนักขูดรวมกับไขมัน นำน้ำหนักขูดเปล่าไปหักลบ จะได้น้ำหนักของไขมันในตัวอย่าง คำนวณไขมันเป็นกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิง และน้ำตาลรวม

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิง

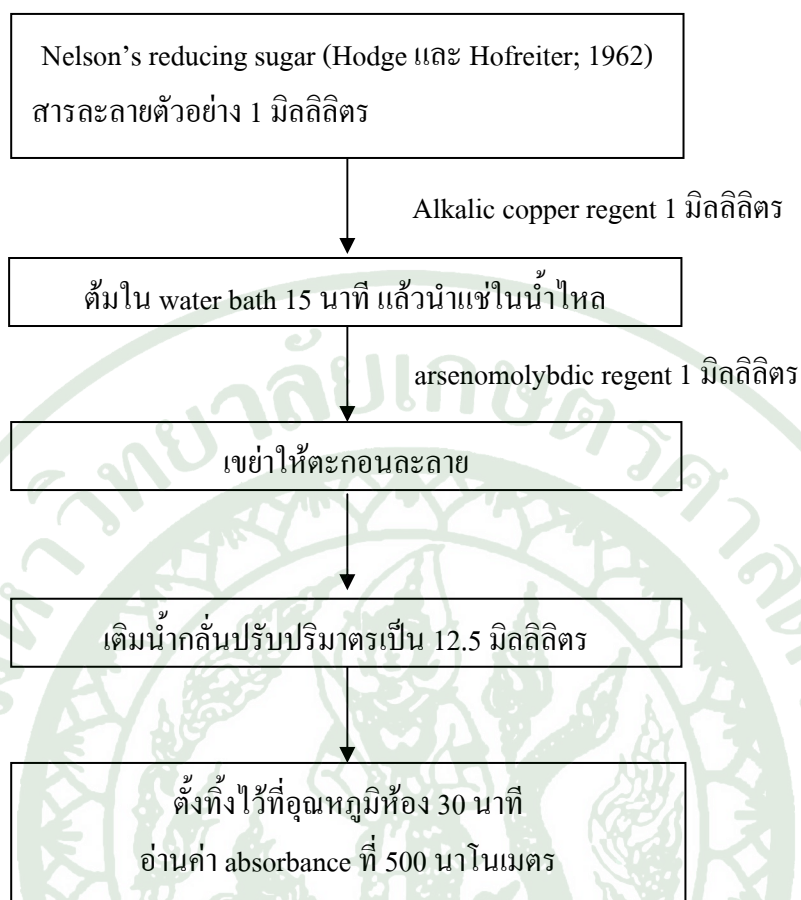
อบตัวอย่างกล้วยน้ำอับแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้งสนิท บดให้ละเอียดชั่งน้ำหนักมา 0.05 g เติม ethanol 50% 20 มิลลิลิตร ปิดปากภาชนะด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปอบที่ อุณหภูมิ 60 °C นาน 2 ชั่วโมง เขย่า flash ทุกๆ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 ปริมาณเป็น 100 มิลลิลิตร หรือน้ำคั้นที่เจือจางแล้ว คูดสารละลายที่สกัดและเจือจาง 1 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิงด้วยวิธี Nelson's reducing sugar (Hodge และ Hofreiter; 1962)

การวิเคราะห์น้ำตาลรวม

คูดสารละลายที่สกัดหรือเจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ 0.1 NHC 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath 15 นาที แล้วนำหลอดทดลองมาแช่ในน้ำเย็น เติม 0.1 N NaOH 0.5 มิลลิลิตร คูดสารผสมนั้น 1 มิลลิลิตร นำไปหาค่าน้ำตาลตามวิธี Nelson's sugar (Hodge และ Hofreiter; 1962)

การวิเคราะห์ Total nonstructural carbohydrate (TNC)

ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำอับแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบที่อบแห้งสนิทและบดแล้ว 0.05 กรัม เติม 0.2 NH_2SO_4 40 มิลลิลิตร ปิดปากภาชนะด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไปอบที่ อุณหภูมิ 100 °C นาน 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 42 ปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย 1.0 NaOH และ 50 % HCl แล้วจึงปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น คูดสารละลายที่สกัดแล้วหรือเจือจาง 1 มิลลิลิตรไปวิเคราะห์ปริมาณ TNC ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar (Hodge และ Hofreiter; 1962)



ภาพผนวกที่ ๑๑ กระบวนการวิเคราะห์ปริมาณ TNC ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar

ค่า Absorbance ที่ได้เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน D-glucose (ความเข้มข้น 0.01 – 0.04 %) ผลวิเคราะห์มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม D-glucose/กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร

วิธีการเตรียมสารละลาย สำหรับวิเคราะห์ Reducing sugar, Total sugar และ TNC ดังนี้

1. Alkaline copper reagent ละลาย Anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) 25 กรัม ในน้ำ 250 มิลลิลิตร แล้วใส่ potassium sodium titrate ($\text{C}_4\text{H}_4\text{HNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 12 กรัม แล้วใส่สารละลาย 10 % copper sulfate 40 มิลลิลิตร (ใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 4 กรัม ละลายน้ำจนครบ 40 มิลลิลิตร) เติม Sodium bicarbonate (NaHCO_3) อีก 16 กรัม (สารละลาย I) ละลาย Anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) 180 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร (สารละลาย II) ผสมสารละลาย I และ II แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร หลังจาก 1 สัปดาห์ กรองแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 – 70 องศาเซลเซียส

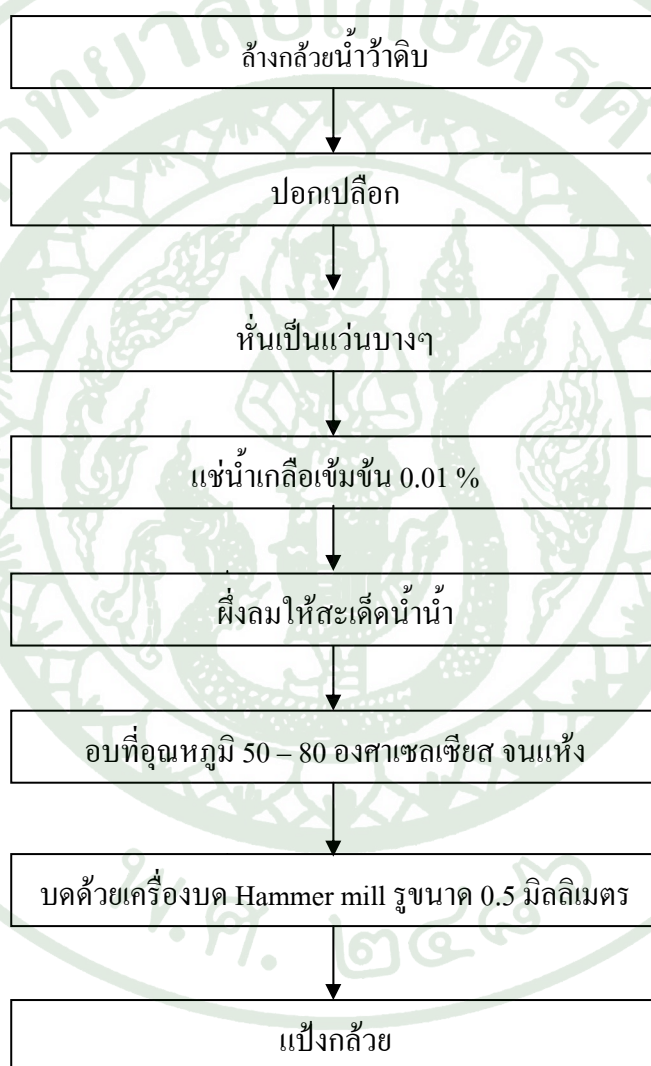
2. Assenomolybdic reagent ละลาย Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 50 กรัม ในน้ำ 900 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก เข้มข้น (H_2SO_4) 42 มิลลิลิตร (สารละลาย I) ละลาย disodium hydrogen arsenate ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 6 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร (สารละลาย II) ค่อยๆ เติม สารละลาย IV ในสารละลาย III แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 – 37 องศาเซลเซียส



ภาคผนวก ข
กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วย

กรรมวิธีการผลิตแป้งกล้วย

การผลิตแป้งกล้วย เริ่มต้นจากการล้างผลกล้วยน้ำว้าใส่ขาวดิบที่แก่เต็มที, ปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นบางๆ หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปแช่น้ำเกลือเข้มข้น 0.01 %, ผึ่งลมให้สะเด็ดน้ำ, อบที่อุณหภูมิ 50 – 80 องศาเซลเซียส จนแห้ง และบดด้วยเครื่องบด Hammer mill รูขนาด 0.5 มิลลิเมตร จะได้แป้งกล้วยที่ความชื้นประมาณ 9 – 10 %



ภาพผนวกที่ ข1 การผลิตแป้งกล้วย

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวศุภนิยา สุทธิพงษ์
เกิดวันที่	13 กรกฎาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	การศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งกล้วยแผ่นเพื่อเพิ่มโปรตีนโดยใช้เทคนิคการทำโฟม
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนส่งเสริมการวิจัยเครือข่ายภาคกลางตอนบน