



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2549

โครงการวิจัยที่ 3055 - 3584

เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย และบ๊วยปรุงรสชนิดผง

The development of apricot jelly and apricot powder

รศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี Assoc.Prof.Dr.Pairote Wiriyacharee

นางรัตติกง เตชะพันธุ์ Mrs.Rattikorn Techaphan

นางสาวนวินดา ไหระกุล Miss Nawinda Horakul

นางสาวสลักจิต บุญทาคำ Miss Salakjit Boontakum

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

ธันวาคม 2549

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์จากบ๊วย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย และการวิจัยพัฒนาบ๊วยปรุงรสชนิดผง สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยโดยการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ได้แก่ สี ความใส กลิ่นบ๊วย ความหวาน ความเปรี้ยว ความนุ่ม และความหยุ่น (เหนียว) ในขั้นต้นได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของสารที่ก่อให้เกิดเจล เพื่อทำการคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดเจล 4 ชนิด ได้แก่ ฟลาโนเจน คาราจีแนน เจลาติน และอะราบิกกัม เมื่อเปรียบเทียบจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสารที่ก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของฟลาโนเจน และเจลาตินในด้านสี ความใส ความนุ่ม ความหยุ่น (เหนียว) และการยอมรับโดยรวม โดยที่เจลาตินจะมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถคงตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง จึงเลือกฟลาโนเจนเพื่อนำมาใช้เป็นสารก่อให้เกิดเจล การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ของน้ำ และน้ำบ๊วยที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบ๊วย 20 กรัม และทำการศึกษาหาอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม การศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยผันแปรอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4, 25 และ 37 องศาเซลเซียส สำหรับภาชนะบรรจุมี 2 ชนิด คือ ภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเริ่มต้น 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย คือ 4 องศาเซลเซียส สำหรับภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย คือ ภาชนะทึบแสง ระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยสามารถเก็บรักษาได้ถึงสัปดาห์ที่ 6

การวิจัยพัฒนาบ๊วยปรุงรสชนิดผง โดยการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สำคัญของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง ได้แก่ สีน้ำตาล ขนาดผง ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นบ๊วย ความหวาน ความเค็ม และการละลาย การศึกษาหาสภาวะการอบแห้งบ๊วยดองเค็มที่เหมาะสมต่อการผลิตบ๊วยปรุงรสชนิดผง พบว่า ระดับอุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 17 ชั่วโมง การศึกษาหาส่วนผสมบ๊วยปรุงรสชนิดผงที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยบ๊วยอบแห้ง น้ำตาลทราย

แซคคารีน และอะเซม พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรุงรสบ๊วยอบแห้งชนิดผง ได้แก่ บ๊วยอบแห้งที่ระดับร้อยละ 0.48 น้ำตาลทรายที่ระดับร้อยละ 0.48 แซคคารีนที่ระดับร้อยละ 0.02 และอะเซมที่ระดับร้อยละ 0.02



Abstract

The objective of this research was to develop apricot jelly and apricot powder. Firstly, apricot jelly was developed using the ideal ratio profile. The important attributes were color, clearness, flavor of apricot, sweetness, sourness, softness and stickiness. Secondly, the apricot jelly composition was also studied. The 4 types of gelling agent (flanogen, carageenan, gelatin and arabic gum) were investigated to find out the suitable gelling agent. The studied found flanogen and gelatin gave highest score mean ideal ratio score in color, clearness, softness, stickiness and overall acceptability. Because of the gelatin can not be set at room temperature, but it can be set at 4°C. Therefore using flanogen as gelling agent should be advantage. Thirdly, the optimum condition of water and apricot juice was carried out. It was found that the suitable composition was 70 g of water with 20 g of apricot juice. Additionally, the optimum condition of sugar and flanogan was also studied. The results showed that the suitable composition was 20 g of sugar with 2 g of flanogen. The shelf life of apricot jelly was studied by vary storage temperature (4, 25 and 37°C) and package type was also studied (translucent, opaque). Measuring quality attribute at 0, 2, 4, 6 and 8 weeks. It was found that suitable storage temperature was 4°C and at the 8 week, the apricot jelly in opaque package has TPC, Yeast and Mold more than the standard level. So, the shelf life at apricot jelly was about 6 weeks.

However, apricot powder was also developed using ideal ratio profile technique. The importance attributes were brown color, homogenous, apricot flavor, sweetness, salty, and solubility. The drying condition and composition of apricot powder were investigated. The optimum drying condition of apricot powder processing was carried out. It was found that the optimum drying process was 70 °C or 80 °C for 17 hours. Moreover, the suitable composition of apricot powder (dried apricot, sugar, saccharin and licoric) was also studied. It was found that the suitable composition for apricot powder was 0.48% dried apricot, 0.48% sugar, 0.02% saccharin and 0.02% licoric.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ช
บทนำ	1
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	31
ผลการวิจัย	46
วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย	150
กิตติกรรมประกาศ	153
เอกสารอ้างอิง	154
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รูปภาพ	158
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส	161
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ	167

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

โรงเรียนการทอถวาง

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการใช้เจลลาตินตามค่าบวมของเจลลาติน	11
2	หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์จำแนกตามด้านเทคนิค และด้านการตลาด	14
3	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบว้ยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย	37
4	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย	39
5	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บว้ยปรุงรสชนิดผง	42
6	สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ของผลิตภัณฑ์บว้ยปรุงรสชนิดผง	44
7	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย	48
8	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย เมื่อทำการเปรียบเทียบสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ	50
9	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย เมื่อทำการเปรียบเทียบสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ	51
10	สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบว้ยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย	53
11	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบว้ย	54
12	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บว้ย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบว้ย	55

ตารางที่	หน้า
13	57
14	58
15	66
16	67
17	68
18	69
19	71
20	72
21	80
22	81
23	82
24	83
25	86
26	89
27	92

ตารางที่	หน้า
28 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	95
29 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	98
30 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	101
31 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความใสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	104
32 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นบิวรี่ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	107
33 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	110
34 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	113
35 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	116
36 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	119
37 การเปลี่ยนแปลงทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	122
38 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	125
39 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน	128
40 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่างๆที่สำคัญของผลิตภัณฑ์บิวรี่ปรุงรสชนิดผง	133

ตารางที่	หน้า
41	135
<p>สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง</p>	
42	136
<p>ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง</p>	
43	137
<p>ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง</p>	
44	139
<p>สมการแบบพหุนามทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง</p>	
45	140
<p>สมการถดถอยที่สองของคุณลักษณะด้านต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง</p>	
46	147
<p>อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง</p>	
47	148
<p>สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง</p>	
48	149
<p>สมการ Final equation in terms of actual components ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรปริมาณของน้ำตาลทราย แซคคารีน และอะซีเอม</p>	

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพแสดงขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัม เยลลี่ และพาสติลล์	7
2	การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง	20
3	ความสัมพันธ์ของระยะเวลาการอบแห้งและความชื้นในอาหาร	21
4	กระบวนการผลิตบ๊วยกรอบ	33
5	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	33
6	กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง	34
7	กราฟเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	49
8	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่า L เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	60
9	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่า a^* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	60
10	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความเป็นกรด - ด่าง เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	60
11	กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่า S_i เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	60
12	กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่นบ๊วย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	61
13	กราฟพื้นที่การตอบสนองของความเปรี้ยว เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	61
14	กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหยุ่น (เหนียว) เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	61
15	กราฟพื้นที่การตอบสนองของความนุ่ม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	61
16	กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย	61

ภาพที่	หน้า
17 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วน ฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	74
18 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วน ฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	74
19 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความเป็นกรด - ต่าง เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	74
20 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วน อัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	74
21 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวาน เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและ อัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	75
22 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความเปรี้ยว เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและ อัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	75
23 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความนุ่ม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและ อัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	75
24 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหยุ่น (เหนียว) เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	75
25 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่	75
26 กราฟเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม	84
27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง	87
28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะทึบแสง	87
29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง	87
30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง	90

ภาพที่	หน้า
72 กราฟเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	134
73 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	142
74 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	142
75 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	142
76 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความชื้น เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	142
77 กราฟพื้นที่การตอบสนองของสีน้ำตาล เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	143
78 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าขนาดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	143
79 กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่นบิวัย เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	143
80 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวาน เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง	143

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

บ๊วยเป็นผลไม้เขตหนาวประเภทเปลือกเมล็ดแข็ง มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน โดยมีหลักฐานการปลูกบ๊วยมานานกว่า 2,000 ปี ปัจจุบันบ๊วยได้แพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลก ได้แก่ เกาหลี ไต้หวันและญี่ปุ่น การแพร่กระจายไปยังตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา เชื่อว่ามาจากญี่ปุ่น เนื่องจากในสหรัฐอเมริกาเรียกบ๊วยว่า Japanese apricot

ในประเทศไทยเชื่อว่า บ๊วยแพร่กระจายเข้ามาอพยพจากประเทศจีน สำหรับช่วงเวลาที่แพร่เข้ามา นั้น คาดว่าคงอยู่ในช่วงเดียวกันกับท้อ และสามารถปลูกบ๊วยได้ในภาคเหนือของประเทศไทย ที่สภาพอากาศเหมาะสมทำให้ต้นบ๊วยเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตกในหลายพื้นที่ เช่น อำเภอแม่สาย อำเภอแม่จัน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และอำเภอโป่งแยงจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์บ๊วยที่พบในประเทศไทยเป็นพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งไม่ทราบชื่อที่แน่นอน ในปัจจุบันได้นำเอาพันธุ์บ๊วยจากประเทศไต้หวันและญี่ปุ่นเข้ามาปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ Jen Tao, Ping Ting, Bungo และ Shirasakaga

เนื่องด้วยเมื่อปี พ.ศ. 2547 งานไม้ผลประสบกับปัญหาผลผลิตบ๊วยมีขนาดเล็ก มีคุณภาพไม่เป็นไปตามที่ทางตลาดของมูลนิธิโครงการหลวงต้องการ ส่งผลให้เกิดผลผลิตบ๊วยที่ไม่ได้คุณภาพล้นตลาด ดังนั้นทางงานไม้ผลได้ขอคำปรึกษาโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการนำบ๊วยซึ่งเป็นผลไม้ที่ไม่สามารถรับประทานในรูปสดได้เนื่องจากมีรสเปรี้ยวและขม มาทำการแปรรูปเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า ในกรณีนี้นางโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้นำบ๊วยดิบมาแปรรูปด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งนอกเหนือจากวิธีการดองเกลือซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ระยะเวลาใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ อีกทั้งมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาต่ำ ดังนั้นโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงมีแนวคิดในการนำบ๊วยดังกล่าวมาแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์บ๊วยกรอบ ซึ่งใช้เวลาในการผลิตสั้น ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ซึ่งอยู่ในลักษณะของบ๊วยดิบที่มีความกรอบและไม่มีการผสมจากผลการทดลองดังกล่าวซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นต้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์บ๊วยกรอบที่มีคุณภาพที่เป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยกรอบให้มีคุณภาพเป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ และสามารถนำไปจำหน่ายในร้านของมูลนิธิโครงการหลวง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ในกระบวนการผลิตเยลลี่ จำเป็นต้องมีการใช้สารที่ก่อให้เกิดเจล อาทิเช่น คาราจีแนน เพคติน เจลาติน การใช้เพคตินจะทำให้ได้เจลที่มีโครงสร้างแข็งแรง โดยจำเป็นต้องมีองค์ประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น ความเป็นกรด - ด่าง ของน้ำผลไม้จะต้องไม่สูงเกินกว่า 3.5 เพราะจะทำให้เพคตินไม่สามารถฟอร์มตัวให้เป็นเจลได้ การใส่น้ำตาลลงในเยลลี่จะทำให้เยลลี่มีรสชาติดีขึ้น เพราะจะทำให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น (William, 1990)

Calvo (2000) ได้ทำการศึกษาการใช้สีธรรมชาติในการผลิตเยลลี่พบว่าสี Cochineal และ Curcumin สามารถนำมาใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ในการผลิตเยลลี่ได้ และเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค

ตามกฎหมายอาหารของสหรัฐอเมริกา (Food Regulations, 1995) เยลลี่ผลไม้ต้องประกอบด้วยน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 65

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาผลผลิตบ๊วยล้นตลาด ราคาต่ำ และบ๊วยที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามที่ทางตลาดต้องการ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำบ๊วยมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์บ๊วยกรอบโดยบรรจุอยู่ในขนมเยลลี่เพื่อให้เกิดความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ และสามารถดึงดูดใจผู้บริโภคได้ทุกเพศทุกวัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

บ๊วย (Japanese Apricot, *Prunus Mume* Sieb. Et Zucc.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยสามารถปลูกบ๊วยได้ในบริเวณภาคเหนือของประเทศ ปัจจุบันเป็นผลไม้ที่มีการปลูกมากที่สุดในพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวง ด้วยเหตุนี้ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดมากอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้บ๊วยมีราคาตกต่ำ เกษตรกรจึงขาดความสนใจในการดูแลรักษาทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่ดี ดังนั้นการส่งเสริมและพัฒนากการแปรรูปบ๊วยเพื่อขยายตลาดการบริโภคภายในประเทศ รวมทั้งขยายตลาดการส่งออกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าในเชิงการค้าแก่บ๊วย รวมทั้งแก้ปัญหาค่าผลผลิตส่วนเกินของบ๊วยในตลาด และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตบ๊วยสด (นรินทร์, 2544)

บ๊วยสดมีรสขม และเปรี้ยวมาก ทำให้ไม่สามารถรับประทานสด โดยทั่วไปผู้บริโภคนิยมบริโภคผลบ๊วยในรูปแบบของบ๊วยดองเค็ม ซึ่งมักจะต้องนำไปใช้ประกอบการทำอาหารอีกชั้นหนึ่งในต่างประเทศ เช่น จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น มีการนำบ๊วยดองเค็มมาทำการแปรรูปเพิ่มเติมในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น บ๊วยผง บ๊วยแช่อิ่ม บ๊วยอบแห้ง ลูกอมบ๊วย โดยเฉพาะบ๊วยผงปรุงรสมีการนำมาเป็นเครื่องเคียงบนโต๊ะอาหารเป็นจำนวนมาก

กระบวนการผลิตบ๊วยดองพื้นฐานจากญี่ปุ่น Manao Umebayashi ทำโดยคัดเลือกบ๊วยสดที่ไม่มีตำหนิ มีเปลือกบาง ขนาดใหญ่กว่า 30 มิลลิเมตรขึ้นไป มีความสุกเต็มที่โดยมีสีเหลืองอ่อน มีปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) มากกว่าร้อยละ 4 และมีเนื้อบ๊วยมากกว่าร้อยละ 90 นำมาล้างน้ำโดยแช่ผลบ๊วยในน้ำสะอาด เป็นเวลา 10 นาที ขั้นตอนการคลุกเคล้าเกลือ จะใช้เกลือร้อยละ 23 ของน้ำหนักบ๊วยสด โดยแบ่งเกลือนี้ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนแรกจะนำมาคลุกเคล้ากับผลบ๊วยอย่างทั่วถึง ส่วนที่สองจะใช้ในการโรยทับข้างบน สำหรับภาชนะที่ใช้ในการดองจะใช้ถังพลาสติกที่มีถุง Polyethylene ที่หนาและแข็งแรงรองอยู่ภายใน ปิดถุงแล้วกำจัดอากาศออกจากถุง โดยใช้เครื่องปั๊มอากาศ (Air pump) ระหว่างนี้ต้องมีการกำจัดอากาศออกทุกวัน และกลับถุงที่ปิดสนิทจากด้านบนลงด้านล่าง เพื่อให้เกลือละลายและทำให้ความเข้มข้นของเกลือสม่ำเสมอ (นรินทร์, 2544)

การทำแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activities, Aw) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นานขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร, 2546) ในกระบวนการผลิตบ๊วยผงบุงรูดเป็นการนำบ๊วยดองเค็มมาอบแห้งแบบถาด แล้วนำผลบ๊วยมาตีปนผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น น้ำตาล เกลือ สารให้ความหวานอื่น ๆ เช่น ไซเทม เป็นต้น โดยการศึกษาสภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อให้ได้บ๊วยอบแห้งที่มีคุณภาพที่ดี และการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค

ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยผงบุงรูด จะสามารถช่วยแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาด และผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตร และเพิ่มช่องทางในการบริโภคให้กับกลุ่มผู้บริโภคอีกทางหนึ่งได้

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

1. เพื่อคัดเลือกสารที่ก่อให้เกิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย
2. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย
3. เพื่อศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งบ๊วยดองเค็ม
2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

บ๊วย (Japanese Apricot)

บ๊วยเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคอย่างมากในหมู่คนแถบเอเชีย นำมาบริโภคได้ทั้งในรูปอาหารคาวหวานหรือทำเป็นเครื่องดื่มแก้กระหายได้เป็นอย่างดี บ๊วยมีการปลูกกันมานานแล้วทางภาคเหนือของประเทศไทยกว่า 30 – 40 ปี เพราะสภาพอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นบ๊วยมากและให้ผลดกในหลายท้องถิ่นที่ทางภาคเหนือ โดยไม่ต้องขึ้นที่สูงมากนักก็สามารถให้ดอกผลได้ดี เจริญเติบโตได้รวดเร็ว โรคและแมลงมีไม่มากนักและผลผลิตสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี จึงได้รับความสนใจที่จะปลูกกันมากขึ้น บ๊วยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Prunus mume* มีชื่อเรียกทั่วไปได้หลายชื่อ เช่น Japanese Apricot, Ume, Japanese Plum มีถิ่นกำเนิดในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน มีการปลูกกันมานานกว่า 2,000 ปี ในแถบมณฑลเสฉวน และยูนนาน ต่อมาได้กระจายพันธุ์ไปยังเกาหลี ญี่ปุ่นและไต้หวัน ในประเทศไทยนั้นเข้าใจว่าคงจะแพร่กระจายมาจากประเทศจีนผ่านมาทางพม่าเข้าสู่ประเทศไทยทางอำเภอแม่สาย จนกระทั่งสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพท้องถิ่นได้ อุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการเจริญเติบโตของบ๊วยอยู่ประมาณ 13 – 15 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการเลือกที่จะปลูกบ๊วย บ๊วยสามารถขึ้นได้ดีในดินร่วนที่มีการระบายน้ำดี โดยธรรมชาติแล้วบ๊วยมักจะสุกก่อนฤดูฝน คือ ประมาณกลางเดือนเมษายน โดยผลของบ๊วยจะสุกไม่พร้อมกันทั้งต้น

จึงต้องทำการเก็บผลผลิตหลายครั้ง ผลเริ่มสุกตั้งแต่เดือนเมษายนและเก็บได้ตลอดทั้งเดือน นิยมเก็บผลด้วยมือโดยเลือกเก็บเฉพาะผลที่สูงเท่านั้น นอกจากนั้นสามารถใช้วิธีเขย่าต้นหรือกิ่งให้ผลร่วงลงมา บ๊วยจะเริ่มให้ผลผลิตในปีที่ 4 และเมื่อเข้าปีที่ 5 - 6 จะให้ผลผลิตประมาณ 25 - 40 กิโลกรัมต่อต้น เมื่อต้นมีอายุมากขึ้น ผลผลิตจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย เช่น ต้นอายุ 10 ปี ให้ผลผลิตถึง 100 กิโลกรัมต่อต้น ผลผลิตของบ๊วยจะขึ้นอยู่กับขนาดและความแข็งแรงของต้น (สังคม, 2532)

พันธุ์บ๊วยที่พบในประเทศไทยเป็นพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งไม่ทราบชื่อพันธุ์ที่แน่นอน สำหรับในปัจจุบันได้มีการนำเอาพันธุ์บ๊วยจากไต้หวันและญี่ปุ่น เข้ามาปลูกในประเทศไทย พันธุ์ที่นำเข้ามานี้ได้แก่ Jen Tao, Pimg Ying, Bungo และ Shirakara บ๊วยเป็นไม้ผลเขตหนาวที่มีระบบรากหยั่งลึกลงไปดินมาก มีลำต้นแข็งแรง กิ่งก้านแผ่สาขากว้างมาก ใบมีขนาดค่อนข้างเล็ก รูปร่างแบบ Ovate แคบ จนถึง Ovate กลม ปลายใบแหลมฐานใบกลม ขอบใบมีจักรแบบ Serrate เล็กละเอียด หลังใบเรียบ ท้องใบสีอ่อนกว่าหลังใบ และมีขนปกคลุม ก้านใบมักมีตุ่ม ใบมีสีเขียวอมเทา ดอกมีสีขาวหรือสีชมพู ก้านดอกสั้น ดอกมีกลิ่นหอม กลีบดอกอาจเป็นกลีบดอกซ้อนหรือกลีบดอกชั้นเดียว ผลขนาดค่อนข้างเล็ก สีเหลืองหรือเหลืองอมเขียว เนื้อผลมักติดเมล็ด ผลบ๊วยนั้นไม่สามารถนำมาใช้เป็นผลไม้สดได้ เนื่องจากมีรสขมและเปรี้ยวมาก การใช้ประโยชน์ของบ๊วยจะเป็นไปในรูปแบบของผลผลิตที่แปรรูปแล้ว ในรูปบ๊วยดองและบ๊วยแห้ง ซึ่งบ๊วยดองนี้อาจเป็นการดองเค็ม หรือการปรุงแต่งให้มีรสชาติ สีสันต่าง ๆ สำหรับบ๊วยนี้ นับได้ว่าเป็นผลไม้เขตหนาวที่น่าสนใจมาก และมีอนาคตไปไกล เนื่องจากบ๊วยให้ผลผลิตสูง และไม่ต้องการการดูแลรักษามากนัก นอกจากนี้ ผลบ๊วยที่แปรรูปแล้ว ยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน จึงไม่มีปัญหาเรื่องของราคาตลาด และอีกประการหนึ่งคือ ผลผลิตของบ๊วยในแต่ละปีนั้นยังตอบสนองต่อความต้องการของตลาดโลกไม่เพียงพอ ซึ่งตลาดที่บริโภคบ๊วยมากที่สุดคือญี่ปุ่น (สุรินทร์, 2534)

เยลลี่ (Jellies)

เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิเหมาะสม อาจแต่งสี และกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

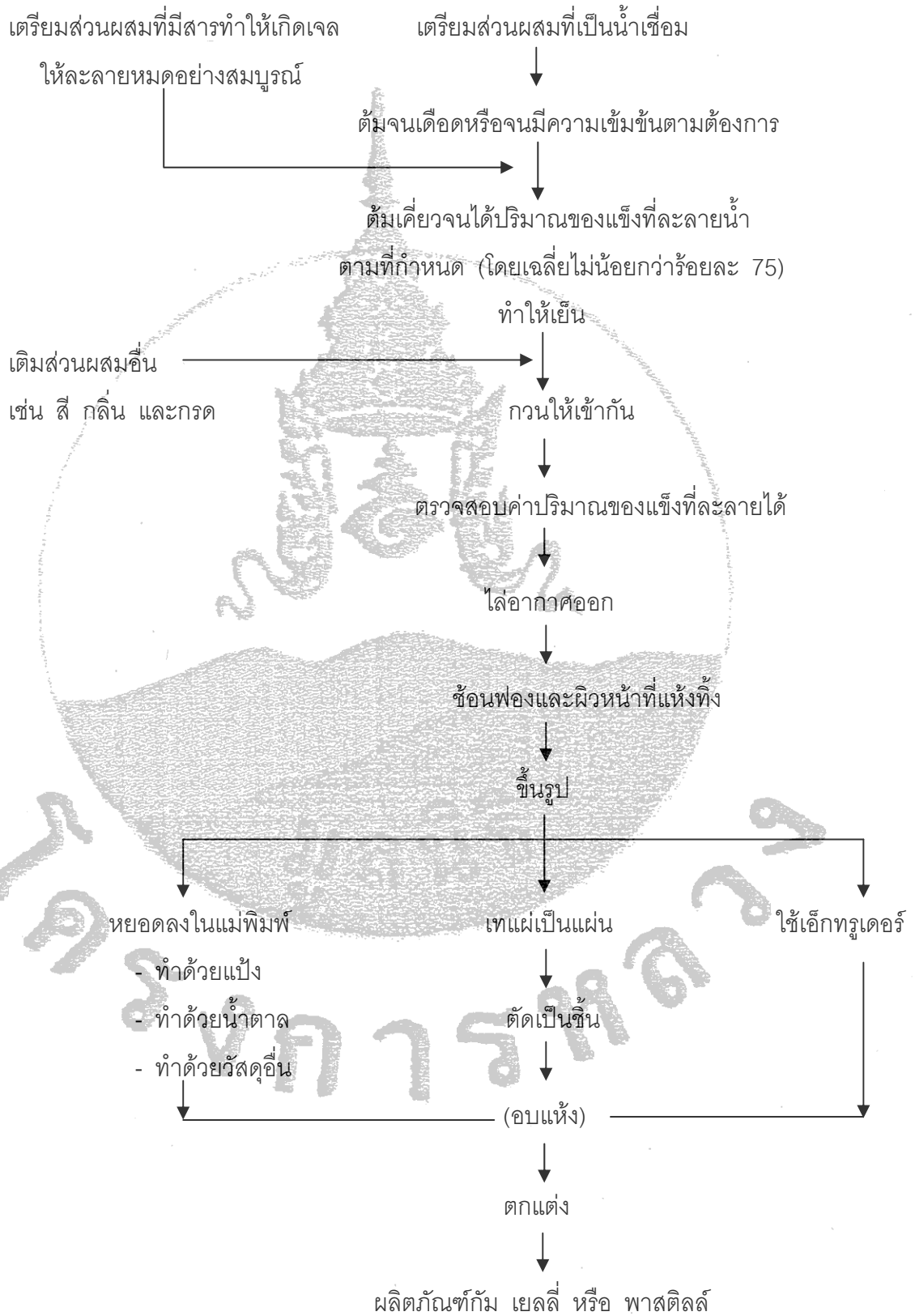
เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหยุ่น นุ่มเหนียว ต้องเคี้ยวกิน มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไป ตั้งแต่อ่อนนุ่มแต่มีความยืดหยุ่นสูง จนเหนียวแข็งกัดขาดได้ยาก ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ เยลลี่ กัมมีแบร์ (ซึ่งอาจเป็นรูปอื่น ๆ ที่ไม่ใช่หมึกก็ได้) พาสติลล์ (ซึ่งส่วนมากจะทำเป็นยา) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เรียกด้วยชื่อทางการค้า ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะมีความขึ้นค่อนข้างสูงอยู่ระหว่างร้อยละ 10 – 25 จากสมบัติในการจับรวมตัวกับน้ำ (Water binding) ของไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งมีส่วนทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่างกันไปด้วย จึงสามารถใช้ปริมาณความชื้นนี้เป็นตัวบ่งชี้ชนิดของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

- ผลิตภัณฑ์เยลลี่ ความชื้นร้อยละ 18 – 25 เนื้อสัมผัสนุ่ม กัดขาดได้ง่าย ใช้มีดตัดได้โดยไม่เหนียวติดใบมีด

- ผลิตภัณฑ์กัม จะมีชนิดแข็ง (Hard gum) ความชื้นร้อยละ 10 – 13 ลักษณะเนื้อแข็งเหนียว กัดขาดได้ หนึบมาก เคี้ยวได้นาน และชนิดนุ่ม (Soft gum) ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 16 – 20 เนื้อจะนุ่มเหนียว มีความยืดหยุ่น (Elastic) สูง

- พาสติลล์ (Pastills) จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่กึ่งกลางระหว่างกัมและเยลลี่ ที่พบในตลาดมักจะทำเป็นยาอมแก้เจ็บคอที่มีน้ำตาลเม็ดเล็ก ๆ เกาะติดอยู่รอบ ๆ มากกว่าจะขายในรูปของขนมขบเคี้ยว

นอกจากจะมีน้ำตาลกลูโคสซีรัป หรือน้ำตาลอินเวิร์ต ยังมีสารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent) ซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์รวมอยู่ด้วยทั้งสิ้น จึงทำให้มีการเรียกชื่อผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ว่า Hydrocolloid confectionery หรือ Hydrocolloid sweets เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์นี้ เป็นตัวทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันออกไปอย่างสิ้นเชิง สารไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้มีหลายชนิด เช่น แป้ง เจลาติน วัณ เพคติน กัมอะราบิก หรือบางครั้งก็ใช้ผสมกัน แต่ละชนิดมีสมบัติในการเกิดเจลโดยเฉพาะ บางชนิดก็เพียงทำให้สารละลายเกิดความข้นหนืดสูง แต่ทั้งหมดจะสามารถคงตัวอยู่ได้โดยไม่เกิดการแยกน้ำ (Syneresis) ออกมา ถ้าเตรียมด้วยวิธีการที่เหมาะสม ยังช่วยจับสารให้กลั่น และช่วยป้องกันมิให้น้ำตาลตกผลึกอีกด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นมักจะมีเนื้อใส แน่น เป็นมันวาว บางอย่างสามารถตีให้ขึ้นฟู และจับอากาศได้ดีมาก การเลือกใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดใดชนิดหนึ่งโดยลำพัง หรือใช้หลายชนิดร่วมกัน จะขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และหน้าที่ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วย ทั้งนี้โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับไฮโดรคอลลอยด์นั้น ๆ เป็นหลัก ส่วนขั้นตอนในกระบวนการผลิตจะมีหลักการคล้ายกันดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนในกระบวนการผลิตกัม เยลลี่ และพาสติลล์

ที่มา : สุวรรณา, 2543

สารที่ก่อให้เกิดเจล

คาราจีแนน (E407) (Carrageenan) เป็นโพลีแซ็กคาไรด์อีกตัวหนึ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไอร์ชมอส (Irish moss) แหล่งกำเนิดมาจากทวีปยุโรปตอนเหนือ สันนิษฐานว่าชื่อคาราจีแนนนี้อาจมาจากคำในภาษาไอร์ชว่า Carraigín ซึ่งหมายถึงหินก้อนเล็ก ๆ และเข้าใจว่าประเทศไอร์แลนด์เป็นประเทศแรกที่ผลิตคาราจีแนนได้ โดยใช้สารละลายต่างสกัดออกจากสาหร่ายทะเลสีแดงพวก Rhodophyceae เพราะแต่เดิมจะใช้สาหร่ายนี้ในการทำพุดดิ้งจากนม ในแคว้นเบรอตานญ (Bretagne) ของประเทศฝรั่งเศสก็มีผลิตภัณฑ์เจลจากนมที่เรียกว่า บล็องม็องจ์ (Blancmange) ซึ่งเตรียมจากสาหร่ายทะเลเช่นเดียวกัน ในอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ที่ใช้สกัดคาราจีแนนจะเป็นสาหร่ายทะเลสีแดง เช่น *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum*, *Chondrus crispus*, *Gigartina acicularis*, *Gigartina stellata*, *Gigartina pistillata*, *Gigartina skottsbertii*, *Gigartina chamissoi* และ *Iradaea* ซึ่งพบมากทางแถบชายฝั่งทะเลของประเทศฝรั่งเศส โมร็อกโก อาร์เจนตินา เปรู ชิลี ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย กรรมวิธีในการผลิต เริ่มจากการนำสาหร่ายทะเลมาล้างให้สะอาด สกัดด้วยน้ำร้อน บดย่อยสาหร่ายด้วยสารละลายต่างเพื่อช่วยให้สกัดได้ดีขึ้น กรองสารละลายที่ร้อนโดยใช้สารช่วยกรอง (พวก diatomaceous earth) ภายใต้ความดัน จะได้สารละลายเหนียวใส ตกตะกอนคาราจีแนนด้วยแอลกอฮอล์ออกมาในรูปของเส้นใย บีบน้ำออกล้างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น ซับให้แห้ง แล้วอบแห้งภายใต้สุญญากาศ จึงนำไปบดให้ได้ขนาดตามต้องการ คาราจีแนนที่ผลิตได้จะมี 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ใช้ สาหร่าย *Eucheuma cottonii* จะให้ผลผลิตเป็นคาราจีแนน แคปปา (Kappa (K) - carrageenan) ในขณะที่สาหร่าย *Eucheuma spinosum* จะให้ผลผลิตเป็นคาราจีแนนไอโอตา (Iota (I) - carrageenan) และสาหร่าย *Gigartina acicularis* ให้ผลผลิตเป็นคาราจีแนนแลมบ์ดา (Lambda (λ) carrageenan) ส่วนพวก *Chondrus crispus* *Gigartina stellata* และ *Iradaea* จะให้คาราจีแนนทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างหลักทางเคมีประกอบด้วยน้ำตาลดีกาแลคโตส (D-galactose) ต่อกันด้วย α -(1-3) และ β -(1-4) เป็นโมเลกุลใหญ่ บางจุดจะมีหมู่ซัลเฟตเกาะอยู่ด้วย ส่วนที่แตกต่างกันระหว่างคาราจีแนนทั้ง 3 ชนิดคือ จำนวนและตำแหน่งของหมู่ซัลเฟต คาราจีแนนชนิดแคปปาและไอโอตาเท่านั้นจะเป็นชนิดที่ทำให้เกิดเจลได้ (ชนิดไอโอตาจะมีหมู่ซัลเฟตมากกว่าชนิดแคปปา 1 หมู่) และมักจะปนกันอยู่เสมอ คาราจีแนนแคปปาละลายได้ดีในน้ำอุ่น อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมให้เจลที่หลอมได้เมื่อถูกความร้อน เจลนี้จะมีลักษณะเปราะ และเกิด

การแยกน้ำ (Syneresis) ได้ง่าย ดังนั้นจึงมักใช้ร่วมกับตัวอื่น (เช่น โลคัสบีนกัม) เพื่อแก้ปัญหา
นี้ ส่วนชนิดไฮโอตาจะละลายในน้ำอุ่น 55 องศาเซลเซียส เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนในนมให้เจลที่
มีความยืดหยุ่น (Elastic gel) โดยไม่มีการแยกน้ำ แต่เจลที่ได้ไม่ทนความร้อนเช่นกัน สำหรับ
ชนิดแลมบ์ดานั้นสามารถละลายได้ในน้ำเย็น และใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดเท่านั้น หากทำ
ปฏิกิริยากับโปรตีนนมจะได้เจลที่ละเอียด ในทางปฏิบัติแล้วจะไม่ใช้คาราจีแนนชนิดใดชนิดหนึ่งโดย
ลำพัง แต่จะผสมกันหรือผสมกับกัมอื่น ๆ ในสัดส่วนต่าง ๆ กันตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งทำ
ให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันไปมาก

เจลาติน (Gelatin) เป็นส่วนผสมตัวหนึ่งที่มีบทบาทหลายหน้าที่ (Multifunctional ingredient) ถูกนำไปใช้ในอาหารหลายประเภท เพราะเป็นส่วนผสมหลักที่ทำให้เกิดเนื้อสัมผัส โครงสร้าง และความคงตัวได้ตามต้องการ เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ได้จากการไฮโดรไลซ์ วัสดุที่มีคอลลาเจน (Fibrous protein collagen) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) กระดูก และเอ็นของสัตว์ทุกชนิด แต่วัสดุที่จะนำมาไฮโดรไลซ์จะต้องมีคอลลาเจนมาก ๆ เช่น หนังวัว หนังหมู และกระดูก ผลที่ได้จะมีกรดอะมิโน เช่นเดียวกับที่พบจากการไฮโดรไลซ์โปรตีนทั่วไป ยกเว้นไม่มีทริปโตเฟน (Tryptophane) และมีกรดอะมิโนบางตัวสูงเป็นพิเศษ ได้แก่ ไกลซีน (Glycine) ร้อยละ 27 โพรลีน (Proline) และไฮดรอกซีโพรลีน (Hydroxyproline) รวมร้อยละ 25 ที่รองลงมา มีกรดกลูตามิก (Glutamic acid) ร้อยละ 10 อะลานีน (Alanine) ร้อยละ 9 อาร์จินีน (Arginine) ร้อยละ 8 และกรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) ร้อยละ 6 สามารถเซตตัวเป็นเจลได้เหมือนกับคอลลาเจน โดยเจลที่ได้จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีจุดหลอมเหลวประมาณ 37 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิของร่างกาย

เจลาตินที่จำหน่ายในท้องตลาดมีอยู่ 2 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิต คือ เจลาติน แบบ A ใช้กรดอินทรีย์เพื่อจางในการไฮโดรไลซ์ (Acid process) และใช้หนังหมูเป็นวัตถุดิบ มีค่า pH ระหว่าง 7.5–9.5 หรือถ้าใช้กระดูกเป็นวัตถุดิบ จะมีค่า pH ระหว่าง 6.5–8.5 กับเจลาตินแบบ B ซึ่งใช้ด่าง (Lime) ในการไฮโดรไลซ์ (Alkaline process) และใช้หนังวัวเป็นวัตถุดิบจะมีค่า pH ระหว่าง 4.8–5.2 รูปแบบที่มีจำหน่าย ได้แก่ ชนิดแผ่นบาง (Leaf, sheet) ชนิดแกรนูล (Granule) ชนิดผง (Powder) และชนิดชิ้นหนา (Slab) ในกระบวนการไฮโดรไลซ์นั้น โมเลกุลของคอลลาเจนจะเกิดการแตกหักลงไปเรื่อย ๆ ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนของการย่อย เจลาตินจะมีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป ซึ่งส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของเจลาตินที่ได้ เช่น ความแข็งแรงของเจล ความหนืด ต่างกันไปด้วย หน่วยที่ใช้บอกความแข็งแรงของเจล เรียกว่าค่าบลูม (Bloom value) หมายถึง แรง (บันทึกน้ำหนักเป็นกรัม) ที่ต้องให้กับตัวกด (Plunger)

ที่มีขนาดและรูปร่างแน่นอนตามกำหนด กัดเนื้อเจลซึ่งเตรียมจากเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 6.67 น้ำหนัก โดยน้ำหนัก ทำให้เย็นจนถึง 10 องศาเซลเซียส ในถ้วย (Bloom jar) เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง ให้อยู่เป็นระยะทาง 4 มิลลิเมตร โดยแบ่งเจลาตินออกเป็น 3 ประเภท ตามค่าบลูม คือ

- พวกที่มีบลูมต่ำ (< 150 กรัม) จะให้เจลที่เหนียวและมีความยืดหยุ่นสูง
- พวกที่มีบลูมปานกลาง (150 – 220 กรัม) นิยมใช้มากที่สุด
- พวกที่มีบลูมสูง (> 220 กรัม) ให้เจลที่ไม่ค่อยมีความยืดหยุ่น เนื้อแข็งและแน่น

ค่าบลูมนี้จะใช้เป็นตัวบอกราคาซื้อขายอีกด้วย กล่าวคือพวกบลูมสูงจะมีราคาแพงกว่าพวกบลูมต่ำ

การใช้เจลาตินในผลิตภัณฑ์ จะต้องละลายเจลาตินให้หมดก่อนใช้ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ แช่เจลาตินในน้ำเย็น (Soaking) ก่อน 1 – 5 ชั่วโมง หรือแช่ค้างคืนไว้ในห้องเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ แล้วให้ความร้อนโดยการตุ๋น (ใช้หม้อ 2 ชั้น) ถึงประมาณ 60 องศาเซลเซียส หรือใช้วิธีค่อย ๆ เติมเจลาตินลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 75 - 90 องศาเซลเซียส พร้อมกับกวนอย่างแรงและเร็ว การจะเลือกใช้วิธีละลายอย่างไร ขึ้นกับว่าจะใช้ทำอะไร ขนาดอนุภาคของเจลาตินเล็กใหญ่เพียงใด ความเข้มข้นที่ใช้ เวลา และอุปกรณ์ที่มีอยู่ แต่โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมจะนิยมวิธีใช้น้ำร้อนมากกว่า เพราะประหยัดทั้งเวลา และสถานที่ แต่ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้ความร้อนกับสารละลายเจลาตินที่อุณหภูมิสูง ๆ เป็นเวลานาน โดยเฉพาะที่ pH ต่ำ ๆ เนื่องจากจะทำให้เสถียรภาพของสารละลายนั้นเปลี่ยนแปลง เพราะโมเลกุลของเจลาตินจะถูกไฮโดรไลซ์ต่อนั่นเอง ส่วนการต้มเคี่ยวนั้น สามารถใช้หม้ออัดความดันทั้งแบบเดี่ยว และแบบเจ็ทต้มพร้อมทั้งน้ำตาล และส่วนผสมอื่นได้ แล้วจึงต่อเข้ากับเครื่องทำสุญญากาศ ทำให้ส่วนผสมที่เคี่ยวแล้วเย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลานั้นมาก ไม่ต้องกลัวว่าโมเลกุลของเจลาตินจะถูกไฮโดรไลซ์ต่ออีก เจลาตินสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งสารทำให้เกิดเจล สารให้ความข้นหนืด สารช่วยให้เกิดความคงตัว เป็นอิมัลซิฟายเออร์ รักษาสภาพคอลลอยด์ ช่วยจับฟองอากาศ และยังทำให้สารละลายใสได้ โดยแสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เป็นเอกลักษณ์ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเจล เมื่อแช่เจลาตินในน้ำเย็นจะดูดน้ำเข้าไป 5 – 20 เท่าของปริมาตรตัว เมื่อให้ความร้อนประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส เจลาตินส่วนที่อมน้ำไว้นี้จะละลายได้สารละลายที่เรียกว่า “Sol” ซึ่งถ้าเย็นลงจะเกิดเป็นเจลใส หากได้รับความร้อนอีก เจลที่คงตัวแล้วจะหลอมละลายเป็น Sol ใหม่ (เป็นเจลชนิด Thermoreversible) ความเข้มข้นของเจลาตินที่จะเกิดเจลได้ เริ่มตั้งแต่ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก เจลาตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (เช่น พวกที่มี

ค่าบดสูง) จะมีอุณหภูมิในการทำให้คงตัวเป็นเจลอยู่ระหว่าง 18–25 องศาเซลเซียส ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของเจลาติน ถ้าบดสูงขึ้น ความเข้มข้นสูงขึ้นด้วย อุณหภูมิที่เจลจะคงตัวก็จะสูงตามไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลจากเจลาติน ได้แก่ เวลา ความเข้มข้น ค่าบด pH และอุณหภูมิ ดังนั้นในการพัฒนาสูตรจะพิจารณาเลือกกระบวนการผลิตจึงจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วย เช่น พบว่าเจลของเจลาตินจะแข็งตัวเพิ่มขึ้นถ้าทิ้งไว้เป็นเวลานานขึ้น แต่จะมีค่าสูงสุด หลังจากทิ้งไว้ประมาณ 14 ชั่วโมง ที่ pH มากกว่า 4 ค่าบดจะเป็นอิสระจากค่า pH แต่ถ้า pH น้อยกว่า 4 ความแข็งแรงของเจลจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากโมเลกุลของเจลาตินจะมีประจุบวกไปล้อมรอบอยู่มาก เกิดแรงผลักต่อกันอย่างรุนแรง จนทำให้เกิดจังก์ชันได้น้อยหรือไม่เกิดเลย นอกเหนือไปจากการถูกไฮโดรไลซ์ ส่วนอุณหภูมินั้น พบว่าความแข็งแรงของเจลาติน จะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิลดลง เพราะจะเกิดพันธะเชื่อมระหว่างโมเลกุลของเจลาตินมากขึ้น ดังนั้นในการทำให้เจลาตินคงตัว จึงควรปล่อยให้ค่อย ๆ เย็นลง เพราะเจลาตินที่มีค่าบดสูงกว่า จะให้เจลที่มีเนื้อแข็ง และแน่นกว่าเจลาตินที่มีค่าบดต่ำกว่า ทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้ตามค่าบดของเจลาติน เพื่อยังคงให้เจลมีเนื้อสัมผัสเหมือนกัน ดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นประโยชน์ที่สามารถใช้เจลาตินค่าบดต่ำ ซึ่งมีราคาสูงกว่า เพื่อให้ได้ปริมาณของแข็งมากในราคาที่ไม่ว่ากันอีกด้วย

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้เจลาตินตามค่าบดของเจลาติน

ค่าบดของเจลาติน (กรัม)	ปริมาณการใช้ (กรัม)
50	160
90	120
130	100
170	85
210	80

2. ลักษณะความหนืดของสารละลาย ความหนืดของสารละลายเจลาตินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเจลาตินเพิ่มขึ้นและเมื่ออุณหภูมิลดลงซึ่งจะทำให้เนื้อสัมผัสของเจลแข็งขึ้นเคี้ยวได้มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของเจลาติน แต่แรงตึงผิวจะต่ำที่สุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตมากเมื่อเทียบกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น เพราะสามารถนำไปขึ้นรูปได้สะดวกขึ้น ผลิตภัณฑ์จะไม่มีหางติด และทำได้เร็ว

3. การเป็นแอมโฟเทอริก (Amphoteric) มีผลต่อความใสของเจล และการที่เจลาตินจะรวมตัวได้กับส่วนผสมอื่น กล่าวคือเจลาตินมีประจุบวก จึงรวมกับโพลีแซกคาไรด์ที่มีประจุลบ (เช่น คาราจีแนน และวุ้น) ได้ ให้เจลที่มีเนื้อสัมผัสต่างกันออกไป และที่จุดไอโซอิเล็กทริก เจลาติน จะมีความข้นมากที่สุด

4. สมบัติในการเป็น Surface active agent เนื่องจากเจลาตินประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด มีทั้งชนิดที่ชอบน้ำ และชนิดที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้มันสามารถดูดซับสารอื่นได้ทั้งบริเวณระหว่างอากาศกับน้ำ และน้ำกับน้ำมัน ซึ่งเป็นสมบัติที่ทำให้เป็นสารเกิดฟองได้ รวมทั้งทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียรได้ด้วย นอกจากนี้ยังด้านการเกิดผลึกน้ำตาล จึงทำให้อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีเจลาตินอยู่มีความเสถียรค่อนข้างดี (ปาริชาติ, 2546)

กัมอะคาเซียหรือกัมอะราบิก (E414) (Gum acacia or gum Arabic) กัมชนิดนี้เป็นโพลีแซกคาไรด์จากเรซินที่ซึมออกมาตามกิ่งก้านและลำต้นของต้น *Acacia denegal* (L.) Willd. โดยเฉพาะหลังฤดูฝน ต้นอะคาเซียนี้เจริญได้ดีตามริมขอบทะเลทราย จึงจัดเป็นส่วนสำคัญของระบบนิเวศในภูมิภาคแถบนั้น มีทั้งชนิดที่ขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่เพาะปลูกขึ้น กัมที่มีคุณภาพดีที่สุดจะมาจากบริเวณรอบ Kordofan ในประเทศซูดาน ทำให้ซูดานกลายเป็นประเทศที่เป็นแหล่งผลิตกัมอะคาเซียที่สำคัญที่สุด ทั้ง ๆ ที่มีการปลูกในประเทศอื่น ๆ เช่น เซเนกัล และไนจีเรีย อย่างแพร่หลายด้วย การใช้ประโยชน์จากกัมชนิดนี้มีมานานแล้วตั้งแต่สมัยโบราณ แต่ข้อจำกัดในการผลิต เช่น ต้นไม้ 1 ต้น จะให้กัมเพียง 50 – 100 กรัม ต่อปี และผู้เก็บจะต้องเดินทางเป็นระยะทางไกลกว่าจะเก็บกัมได้จำนวน 2 – 3 กิโลกรัม และชาวพื้นเมืองจะใช้ต้นอะคาเซียเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงอีกด้วย ทำให้กัมชนิดนี้มีปริมาณลดน้อยลงจนขาดแคลน และราคาแพงมาก ผู้ผลิตจึงหันไปใช้แป้งดัดแปรแทนมากขึ้น หากจะใช้กัมชนิดนี้จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง เช่น ทำยาบางชนิด หรือผู้ผลิตบางรายอาจนำไปผสมกับกัมชนิดอื่นเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ผู้ซื้อต้องการก็ได้

กัมอะคาเซียเป็นกัมที่มีลักษณะการละลายเป็นเอกลักษณ์ในบรรดาสารไฮโดรคอลลอยด์ทั้งหลาย เพราะสามารถละลายในน้ำเย็นได้จนมีความเข้มข้นถึงร้อยละ 50 และเมื่อเป็นเจลจะให้เจลลักษณะดี คือ ไม่หลอมละลายในปาก มีรูปร่างคงสภาพดีคล้ายเจลที่ได้จากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว (Wax – corn starch) มีความใส (เป็นกัมเนื้อแข็งที่มีปริมาณของแข็งสูง แต่ยังคงความใสมากกว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ตัวอื่น ๆ) ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม มีความหวานน้อยมาก และสามารถเคี้ยวกลับไปกลับมาได้โดยที่เนื้อไม่เกาะติดกันแน่น จึงถูกนำไปใช้ทำไวน์กัม (Wine gum) ระยะเวลาในประเทศอาณานิคมของสหราชอาณาจักร โดยแต่งกลิ่นรสด้วย

ไวน์ นอกจากนั้นยังมีสมบัติในการเป็นตัวจับtringที่ดี ทำให้สามารถปลดปล่อยกลิ่นและรสอย่างช้า ๆ จากเนื้อขนมที่เคี้ยวอยู่ (สุวรรณา, 2543)

ฟลานोजิน (Flanogen) บริษัท Degussa Texturant Systems ได้พัฒนาสารเพิ่มความคงตัว ในกลุ่มของฟลานोजิน (Flanogen SG) เพื่อทดแทนสารเพิ่มความคงตัวประเภทเจลาตินในอุตสาหกรรมลูกกวาด สารเพิ่มความคงตัวในกลุ่ม Flanogen มีส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์หลายชนิดเช่น คาราจีแนน (Carrageenan) ลูคัสบีนกัน (Locust bean gum), คอนยัค (Konjac) และอาร์การ์ (Agar) ผสมกับสารประกอบของเกลือ เช่น โซเดียมซิเตรท หรือโพแทสเซียมซิเตรท ซึ่งสัดส่วนการผสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ผสมกันเป็น Flanogen ดังกล่าวข้างต้น จะทำให้เพิ่มความคงตัว มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ทั้งในด้านของลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพ ซึ่งทำให้มีข้อได้เปรียบในการใช้งานมากกว่าเจลาตินที่ใช้ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน (Allbusiness, 2002)

ความเป็นกรด - ต่างของอาหาร

ความเป็นกรด - ต่าง เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหาร ทั้งนี้มีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อนและความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปกติแล้วจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีความเป็นกรด - ต่างที่เหมาะสม อาหารแบ่งตามสภาพความเป็นกรด - ต่าง ได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดต่ำ คืออาหารที่มี pH ระหว่าง 5.0 ถึง 6.8 ได้แก่ อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ปีก สัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์นม และผลิตภัณฑ์ผักบางชนิด เป็นต้น
2. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดปานกลาง คืออาหารที่มี pH ระหว่าง 4.5 ถึง 5.0 ได้แก่ อาหารจำพวกซूप ผลิตภัณฑ์จากเส้นไหม เป็นต้น
3. กลุ่มอาหารที่เป็นกรด คืออาหารที่มี pH ระหว่าง 3.7 ถึง 4.5 ได้แก่ สับปะรด มะเขือเทศ ส้ม ลูกท้อ และผลไม้ผสม เป็นต้น
4. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดสูง คืออาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.7 ได้แก่ อาหารจำพวกผักดอง อาหารหมักดอง แยม เยลลี่ และน้ำผลไม้บางชนิด เป็นต้น (Camerson และEsty, 1940)

บรรจุภัณฑ์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์อาหารแปรรูปมีความสอดคล้องกับวิทยาการ 2 ด้าน คือ ด้านเทคนิค และด้านการตลาด จำแนกได้ดังนี้

ตารางที่ 2 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์จำแนกตามด้านเทคนิค และด้านการตลาด

ด้านเทคนิค	ด้านการตลาด
การบรรจุใส่	การส่งเสริมการขาย
การปกป้องคุ้มครอง	การแสดงข้อมูลอาหาร
การรักษาคุณภาพอาหาร	การตั้งราคาขายได้สูงขึ้น
การขนส่ง	การเพิ่มปริมาณขาย
การวางจำหน่าย	ให้ความถูกต้องรวดเร็ว
การรักษาสิ่งแวดล้อม	การรณรงค์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์สามารถให้คำอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

1. การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ ใส่ - ห่อ สินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
2. การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แดกหัก ไหลซึม
3. การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ ป้องกันความชื้นจากภายนอก
4. การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งขาย
5. การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้าเลย สามารถวางนอนหรือวางตั้งได้โดยสินค้าไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งควรคำนึงถึงขนาดที่เหมาะสมกับชั้นวางสินค้าด้วย
6. การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่
 - ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เป็นต้น
 - นำบรรจุภัณฑ์เวียนมาใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น ขวดเหล้า แก้วใส่แยม เป็นต้น

- หมุนเวียนนำกลับมาผลิตใหม่ คือ นำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปหลอมหรือย่อยสลาย เป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าอื่นได้

7. ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงาม สามารถใช้เป็น สื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้เฉพาะกาล เช่น มีการแนบของ แถมไปกับตัวบรรจุภัณฑ์ การนำรูปภาพตรา เครื่องหมายกีฬาที่ได้รับความนิยมมาพิมพ์บน บรรจุภัณฑ์ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเรียกความนิยมของสินค้า

8. ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางด้านโภชนาการ ส่วนประกอบของอาหาร วันที่ผลิต วันที่หมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือ เลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

9. ทำให้ตั้งราคาขายได้สูงขึ้น เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ สินค้า สร้างความนิยมในสินค้า จากตราและเครื่องหมายการค้าทำให้เกิดความภักดี (Loyalty) ในตัวสินค้าส่งผลให้ขายราคาที่สูงขึ้นได้ หรือ เรียกว่าสินค้าแบรนด์เนม (Brandname) การเพิ่ม ปริมาณขาย ด้วยการรวมหน่วยขายปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง เช่น นมกล่อง 1 โหลในกล่อง กระดาษลูกฟูกที่มีหูหิ้ว หรือการขายขวดน้ำยาทำความสะอาดพร้อมกับของน้ำยาทำความสะอาด เพื่อใช้เติมใส่ขวดเมื่อน้ำยาในขวดหมดแล้ว เป็นต้น

10. ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการพิมพ์บาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ทำให้ พนักงานคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านป้ายราคานบนบรรจุภัณฑ์แล้วกดเงินที่ต้องจ่าย แต่ให้เครื่องบาร์ โค้ดทำหน้าที่แทน ทำให้รวดเร็วขึ้น และถูกต้อง

11. ร่วมมีบทบาทในการรณรงค์เรื่องต่างๆ เช่น สัญลักษณ์รีไซเคิล ฉลากเขียว กีฬา ท้องเที่ยว กินของไทยใช้ของไทย เป็นต้น

บทบาทของบรรจุภัณฑ์อาหาร บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการเป็นขั้นตอน สุดท้ายที่จะช่วยรักษาคุณภาพอาหารซึ่งอาจทำให้เปลี่ยนแปลงไปโดยปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์หลักที่จัดว่าสำคัญมาก คือ การยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพของอาหารให้คงอยู่จนกระทั่งบริโภคหมด ในแง่ของการส่งออกจำเป็น อย่างยิ่งที่บรรจุภัณฑ์ช่วยรักษาคุณภาพของความหอม และรสชาติความอร่อยจนกระทั่งถึงมือ ผู้บริโภค ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตทางด้านเกษตรมากมาย การส่งออก อาหารจากการแปรรูปผลผลิตเกษตรจะนำมาซึ่งเงินตราเข้าประเทศ แต่ความไม่ได้มาตรฐานของ บรรจุภัณฑ์อาหารเป็นที่ตระหนักเมื่อมีการส่งสินค้าบริโภคออกสู่ตลาดโลก หรือเมื่อวางจำหน่าย สินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ตที่ต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ เป็นเซลล์แมนในการช่วยขายสินค้าและมี

การเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์พร้อมสินค้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ภายใต้การกำกับดูแลของ
 โลกาภิวัตน์จึงไม่มีประเทศใดในโลกที่จะอยู่อย่างโดดเดี่ยว และเฝ้าดูประเทศอื่นๆ ทำการค้ากันได้
 เพราะในไม่ช้าประเทศเหล่านั้นจะเข้ามาครอบครองตลาดของประเทศที่ไม่คิดจะขยายการค้า
 ในที่สุด

บรรจุภัณฑ์เพื่อการรักษาคุณภาพอาหาร บทบาทของบรรจุภัณฑ์ในอีกแง่มุมหนึ่ง
 คือ เป็นเครื่องมือในการช่วยเก็บรักษาคุณค่าของอาหาร และทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพ
 อาหาร 2 ทาง คือ การปกป้องเชิงรับ และการปกป้องเชิงรุก แต่สิ่งที่สำคัญที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการ
 การปกป้องเชิงรับ และการปกป้องเชิงรุกก็ตามตัวบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้
 ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณค่าหรือด้อยคุณภาพลง กล่าวคือ ตัวบรรจุภัณฑ์เองไม่ไปทำปฏิกิริยากับ
 ผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะพลาสติกยังต้องทำหน้าที่ช่วยเก็บกลิ่น
 ของผลิตภัณฑ์อาหารไว้ กลิ่นที่เปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากสิ่งแปลกปลอมจากบรรยากาศซึมผ่าน
 ผิวของบรรจุภัณฑ์เข้าไปทำปฏิกิริยา หรืออาจเกิดจากกลิ่นที่อยู่ในอาหารถูกดูดซึมโดย
 บรรจุภัณฑ์ หรือกลิ่นซึมผ่านออกสู่อากาศภายนอก

การปกป้องเชิงรับ หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ใส่อาหารเพียงอย่างเดียว ทำ
 หน้าที่เป็นตัวกั้นผลิตภัณฑ์ไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่เป็นกลไก
 ในการปกป้องผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหล่านี้

1. การป้องกันทางกายภาพ ผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องได้รับการปกป้องจากภัยอันตราย
 ดังต่อไปนี้

- การรั่ว การหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเป็นสิ่งที่
 ไม่ควรเกิดขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้ดูเหมือนว่าจะเกิดจากการปิดผนึกที่ไม่แข็งแรงพอที่จะรองรับ
 แรงกระแทกหรือแรงดันทะลุระหว่างการขนส่ง อีกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในแถบประเทศเขตร้อนก็คือ
 การทำลายบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากการชนของแมลงทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ในเวลา
 ต่อมา

- การซึมผ่านวัสดุ ปรากฏการณ์การซึมผ่านของผลิตภัณฑ์อาจเกิดได้ทั้งในสถานะ
 ของเหลวหรือในสถานะที่เป็นก๊าซ ในกรณีของเหลวภาวการณ์รั่วซึมส่วนมากจะพบเห็นที่รอยปิด
 ผนึกของถุงพลาสติกทั่วไป เนื่องจากวัสดุบรรจุภัณฑ์เกือบทั้งหมดยกเว้นรอยเชื่อมของกระป๋อง
 หรือฝาขวดแก้วจะมีรูพรุนเพียงพอที่ก๊าซจะผ่านได้ หากมองในแง่การซึมผ่านของก๊าซบรรจุภัณฑ์
 ทำหน้าที่ใน 2 ลักษณะ คือ

1.1 ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซจากภายนอกสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ อันได้แก่

- เกิดการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ จากการซึมผ่านของออกซิเจนที่เข้าไปทำปฏิกิริยา
- กลิ่นจากภายนอกปนเปื้อนกับกลิ่นของอาหาร ในสภาวะแวดล้อมที่เต็มไปด้วยกลิ่นหลากหลาย เช่น กลิ่นควัน กลิ่นน้ำมัน ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับคุณสมบัติของอาหารได้จากการซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์

1.2 ป้องกันการถ่ายเทจากภายในสู่ภายนอกบรรจุภัณฑ์

- ป้องกันการสูญเสียกลิ่นของบรรจุภัณฑ์
- ลดการระเหยของน้ำ
- หลีกเลี่ยงการรั่วซึมของก๊าซที่บรรจุไว้เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

โดยพื้นฐานของบทบาทบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว การปิดผนึกเพื่อป้องกันการรั่วซึมจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่มาทำบรรจุภัณฑ์จากวัสดุหลายชนิด สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ

- ชนิดของผลิตภัณฑ์
- วิธีการในการเก็บรักษาและระดับของอุณหภูมิที่เหมาะสม
- ความเสี่ยงต่อมลภาวะ
- อายุการเก็บที่ต้องการ

2. การถ่ายเทพลังงาน มีพลังงานอย่างน้อย 2 ประเภทที่สามารถถ่ายเทผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงผลิตภัณฑ์ได้ คือ แสง และความร้อน พลังงานทั้ง 2 ประเภทนี้อาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น

- แสง ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดมีความไวต่อแสงซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์อาหารซีดลง สูญเสียวิตามิน และเกิดการแปรสภาพของกรดอะมิโน
- ความร้อน การส่งผ่านของความร้อนเกิดขึ้นได้ในรูปแบบของการแผ่รังสี การนำพาความร้อน และการเหนี่ยวนำความร้อน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเสี่ยงต่อความร้อนสูงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย

3. จุลินทรีย์ บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ปกป้องผลิตภัณฑ์อาหารในทางกายภาพจากจุลินทรีย์ที่มีจำนวนมากมหาศาลในบรรยากาศ และจากตัวของผลิตภัณฑ์เอง ซึ่งวิธีนี้ก่อให้เกิดบรรจุภัณฑ์แบบปลอดเชื้อขึ้นมา มีผลิตภัณฑ์ 4 ประเภทที่จำต้องหลีกเลี่ยงจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ คือ

- ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เช่น ขนมัน เครื่องเทศ ซึ่งอาจถูกปนเปื้อนด้วยเชื้อโรค หรือจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บเกี่ยว และขนส่ง

- ผลิตภัณฑ์ประเภทที่หมักด้วยจุลินทรีย์บางประเภท เช่น โยเกิร์ต และได้กรอกผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ต้องระวังไม่ให้ถูกปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ภายนอก หรือ แฝงมากับอุปกรณ์เตรียมอาหาร

- ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของสด เช่น ปลา และผัก ต้องผ่านขั้นตอนการทำมาสะอาดที่ ถูกสุขลักษณะเพื่อป้องกันการเกิดอาหารเป็นพิษ

- ผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็ง ตัวผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องทนทานต่อการฆ่าเชื้อได้ กล่าวคือ หลังการฆ่าเชื้อคุณภาพอาหารยังเป็นที่ยอมรับได้

ในแง่ของการปกป้องเชิงรับนี้เป็นการป้องกันขั้นพื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันอันตราย จากสิ่งแวดล้อมภายนอกอันได้แก่ ภายนอก พลังงาน และจุลินทรีย์มีโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับ อาหารภายในบรรจุภัณฑ์น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

การปกป้องเชิงรุก เมื่อไรก็ตามที่บรรจุภัณฑ์มีบทบาทต่อการเตรียมและรักษา ผลิตภัณฑ์อาหาร บทบาทของบรรจุภัณฑ์นั้นก็นับเป็นการปกป้องเชิงรุก ในปัจจุบันนี้ด้วย วิทยาการความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ระบบบรรจุภัณฑ์ที่ถูกออกแบบเฉพาะด้วยเทคโนโลยี ใหม่ ๆ ที่น่าสนใจมีดังนี้ คือ

1. การฆ่าเชื้อ หนึ่งในกรรมวิธีการรักษาอาหารที่เก่าแก่ที่สุด คือ การใช้ความร้อนฆ่าเชื้อ อาหารที่บรรจุอยู่ในกระป๋อง และขวดแก้ว บรรจุภัณฑ์จะต้องถูกปิดผนึกเพื่อกันอากาศได้อย่าง สมบูรณ์ เพื่อป้องกันความร้อนที่จะทำให้รอยผนึกแยกออกจากกันได้ รวมถึงการระเบิดและบวม ด้วย วิทยาการของเทคโนโลยีการฆ่าเชื้อก้าวหน้าตามไปกับวิทยาการทางด้านบรรจุภัณฑ์ จาก การฆ่าเชื้อของกระป๋องและขวดแก้วได้พัฒนามาเป็นซอง และถาดพลาสติก

2. บรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อ วัสดุบรรจุภัณฑ์จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อโดยตรง ไม่ว่าจะโดย การฆ่าเชื้อภายใต้สารเคมีหรือการฉายรังสี หรือกรรมวิธีอื่น แล้วจึงบรรจุ และปิดผนึกในทันที ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ภายใต้สภาวะนี้วัสดุบรรจุภัณฑ์ และรอยปิดผนึกจะถูกควบคุมให้ ปราศจากเชื้ออย่างสมบูรณ์

3. บรรจุภัณฑ์ปรับสภาวะบรรยากาศ ภายใต้การปรับสภาวะบรรยากาศ (ก๊าซแต่ละชนิด จะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์บางประเภทเท่านั้น) ระบบของบรรจุภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดอายุของ ผลิตภัณฑ์ แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าการวิจัย และเทคโนโลยีขั้นสูงสาขานี้ถูกเก็บไว้เฉพาะในทาง ธุรกิจบางสาขาเท่านั้น

4. บรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษ ผลิตภัณฑ์บางประเภทที่มีมูลค่าสูงๆ เช่น กาแฟ ในการบรรจุ จะใช้บรรจุภัณฑ์แบบพิเศษที่สามารถช่วยลดป้ล่อยความดันภายในที่เกิดขึ้นจากเมล็ดกาแฟ แต่ราคาของบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ก็จะสูงตามคุณสมบัติในการใช้งานด้วย

บทบาทโดยตรงของบรรจุภัณฑ์ พิสูจน์ให้เห็นถึงความโดดเด่นในอนาคตของอุตสาหกรรมอาหาร ดังเห็นได้จากการออกแบบบรรจุภัณฑ์จะกลายเป็นสิ่งสำคัญส่วนหนึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ หรือในการพัฒนากระบวนการผลิตรูปแบบใหม่ๆ

การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทอาหาร มีปัจจัยอันดับแรกที่ต้องพิจารณา คือ คุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เป็นอาหารสด หรือเป็นอาหารที่ได้รับการแปรรูปแล้ว อันดับต่อมา คือ รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่จะหารได้ด้วยต้นทุนที่เหมาะสมกับสถานะตลาด พร้อมทั้งสามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้ตามอายุขัย (Shelf life) ที่ต้องการ ปัจจัยภายนอกที่จะต้องคำนึงถึง คือ เทคนิคในการบรรจุ สถานะการขนส่ง และการจัดเก็บ ปัจจัยที่สำคัญประการสุดท้าย คือ ช่องทางการจัดจำหน่าย หรือวิธีขาย ขายตามซูเปอร์มาร์เก็ตหรือขายตามตลาดสด เป็นต้น (ปุ่น และสมพร, 2541)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บิวตี้พรูรสนิตผง กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่อที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำ หรือการระเหิดของน้ำแข็งในการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) วัตถุประสงค์ของการอบแห้งคือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, A_w) ซึ่งมีผลไปยังยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและการขนส่ง รวมทั้งเพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการอบแห้งมีข้อเสียบางประการ กล่าวคือ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพการบริโภคและคุณภาพทางโภชนาการของอาหาร (วิไล, 2545)

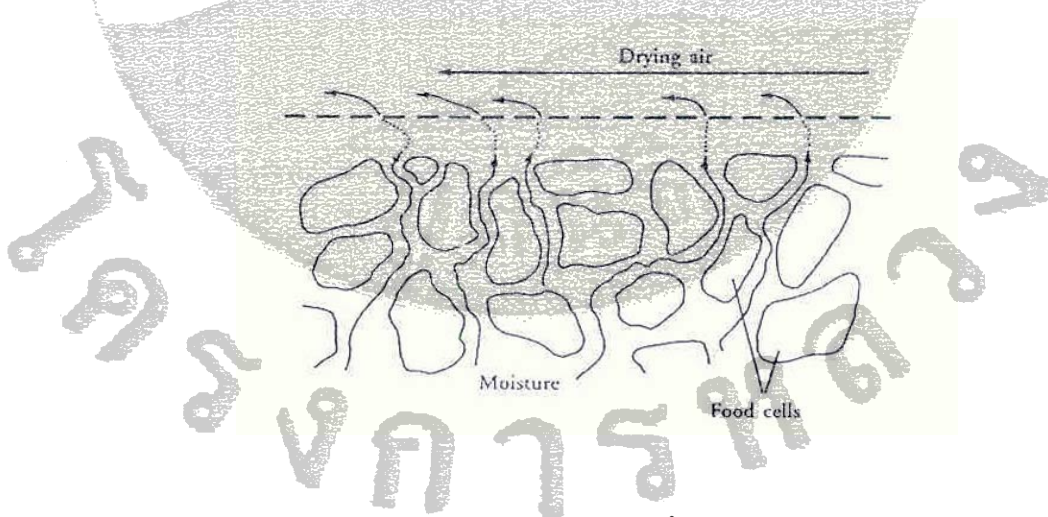
การทำแห้งเป็นการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, A_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บได้ที่ความชื้นร้อยละ 15-20 แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดเชื้อราได้

ประโยชน์ของการทำแห้ง

1. ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมี และเอนไซม์
2. ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูการผลิต หรือในแหล่งห่างไกล
3. เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษา และขนส่ง
5. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด จากการทำองุ่นแห้ง
6. ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวนอกของอาหาร ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization) จะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ และแพร่ผ่านฟิล์มอากาศ และถูกพัดพาไปโดยลมร้อนเคลื่อนที่ ดังแสดงภาพที่ 2 ทำให้บริเวณที่ผิวนอกของอาหารมีความดันไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในชิ้นอาหาร จึงเป็นแรงขับให้น้ำจากภายในเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหาร



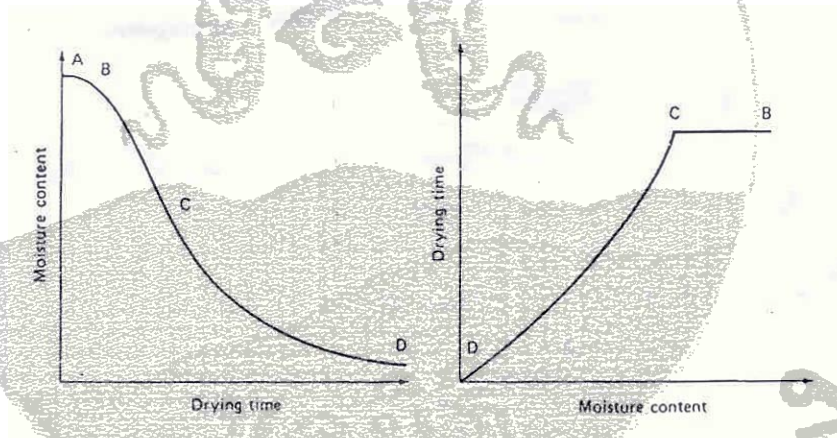
ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง
ที่มา : กฤติยา, 2546

เมื่อนำอาหารมาใส่ในเครื่องทำแห้ง ช่วงเวลาสั้น ๆ ตอนเริ่มการอบแห้งจะเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวนอกของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียกซึ่งเป็นช่วง AB ในภาพ หลังจากนั้นเป็นช่วงการทำให้แห้ง โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมาด้วยอัตราเร็วคงที่เท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวนอก ผิวนอกจึงเปียกอยู่ เรียกช่วงนี้ว่า เป็นช่วงอัตราเร็วคงที่

(Constant rate period, BC) และช่วงต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤต แต่ในทางปฏิบัติผิวหน้าของอาหารจะค่อย ๆ แห้งด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน และอัตราการทำให้แห้งโดยรวมจะค่อย ๆ ลดลงในช่วงของอัตราเร็วคงที่ จุดความชื้นวิกฤตของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องทำให้แห้ง และอัตราการทำให้แห้ง

สมบัติของอากาศขณะที่มีการระเหยของน้ำค้างที่ คือ ต้องมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

เมื่อความชื้นของอาหารลดต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำให้แห้งก็จะลดลงเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (ความชื้นในอาหารสมดุลกับความชื้นในอากาศแห้ง) หรือที่เรียกว่า เป็นช่วงอัตราลดลง (Falling – rate period, CD) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาการอบแห้งและความชื้นในอาหาร

ที่มา : กฤติยา, 2546

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมาก หรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้ คือ

1. การหดตัว การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำให้แห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำให้แห้งอย่างช้า ๆ

2. การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิ และเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 10 - 20 มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

3. การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูง และใช้อากาศที่มีความชื้นสูง เพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร

4. การเสียความสามารถในการคืนสภาพ อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์สตาร์ช และโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ช และโปรตีน

5. การเสียคุณค่าทางอาหาร และสารระเหย เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซี และแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียสารระเหยเนื่องจากความร้อน ทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม (กฤติยา, 2546)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้งคือการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ดังนั้นปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำจึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ดังนี้

1. ธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเนื้อเยื่อที่โปร่ง จะมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบเร็วกว่าการแพร่ในอาหารที่มีลักษณะเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารกลุ่มแรกจึงแห้งเร็วกว่ากลุ่มหลัง อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้การทำแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน ถ้าขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกัน การระเหยเกิดได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้า ทั้ง ๆ ที่พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักมีมาก ตำแหน่ง

ของอาหารในเครื่องอบแห้งน้ำบนอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

3. ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

4. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำมากอยู่แล้วจะรับไอน้ำได้น้อยกว่าอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่น้อย

5. อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำในอาหารดีขึ้น

6. ความเร็วของอากาศร้อน อากาศร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วอากาศร้อนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำก็จะเกิดขึ้นได้ดี การเคลื่อนย้ายไอน้ำเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตร/นาที นอกจากนั้นความเร็วของอากาศร้อนยังทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเครื่องอบแห้งอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Dryer)

หลักการทั่วไป

เป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารภายใต้สุญญากาศ และอุณหภูมิต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อให้การระเหยได้เร็วขึ้นแม้จะใช้อุณหภูมิต่ำสูงมากนัก ลักษณะของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ส่วนมากประกอบไปด้วยห้อง หรืออุโมงค์ที่สามารถลดความดันภายในได้ ภายในห้องมีถาดหรือสายพานที่ใช้วางอาหารในการปฏิบัติงาน

อาหารที่นิยมใช้กับวิธีการอบแห้งชนิดนี้มักเป็นอาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อใช้อุณหภูมิสูง (Heat sensitive food) เช่น ผัก หรือผลไม้ที่มีกลิ่นหอม ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสลายตัวของวิตามินบางชนิดที่ไม่ทนต่อความร้อน การสูญเสียกลิ่นรสเนื่องจากการสูญเสียสารระเหยง่าย ในระหว่างการดึงน้ำออกจากภายใต้สุญญากาศจะทำให้การระเหยเร็วมาก ทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์แห้ง เกิดการแข็ง และหดตัวทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งที่ผิวหน้าแต่ภายในยังและอยู่ ซึ่งเป็นข้อเสียของการทำแห้งโดยวิธีนี้

ระบบการทำงาน

การอบแห้งในระบบความดันต่ำ จะทำให้จุดเดือดของน้ำต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยการลดความดัน ถ้าลดความดันบรรยากาศให้ต่ำลงเท่ากับ 0.6107 กิโลปาสคาล จุดเดือดของ

น้ำจะเป็น 0 องศาเซลเซียส ระดับความดันและอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งในระบบนี้ขึ้นอยู่กับความไวต่อความร้อน อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำระเหยไปจะทำให้อาหารหดตัว ซึ่งจะทำให้พื้นที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนลดลง เครื่องอบแห้งความดันต่ำที่ใช้สำหรับอบแห้งผัก และผลไม้เป็นแบบถาดหรือชั้นในกรณีที่ต้องการกำลังการผลิตสูงสามารถปรับใช้สายพานแบบต่อเนื่อง แต่ต้องมีระบบลดความดันที่มีประสิทธิภาพ และขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนใหญ่จะใช้เป็นการอบแห้งในขั้นตอนที่สอง หลังจากที่ผ่านมาการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน และมีความชื้นเหลือประมาณร้อยละ 20 – 25 เพื่อที่จะลดความชื้นในขั้นตอนนี้ให้เหลือเพียงร้อยละ 1 – 3

ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากับ 30 – 60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ คุณสมบัติที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้ควรจะเป็นวัตถุดิบที่ไวต่อความร้อน โดยเฉพาะกรณีที่ไม่ต้องการให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี เช่น ผลไม้ประเภทส้ม สมุนไพร ที่ต้องการให้กลิ่นคงเดิม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดีเนื่องจากอบที่อุณหภูมิต่ำ สารระเหยต่าง ๆ ยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ ข้อดีอีกข้อหนึ่งคือ ใช้เวลาน้อยกว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็ง และแบบอื่น ๆ มาก (วิไล, 2545)

น้ำตาล

น้ำตาลมีองค์ประกอบของกลุ่มไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระอยู่มาก ซึ่งสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าแป้ง และโปรตีน น้ำตาลจึงสามารถดึงน้ำไปรวมได้ดีกว่าแป้ง ทำให้แป้งไม่สามารถใช้น้ำได้ การพองตัวของเม็ดแป้งจึงช้าลง แป้งเปียกที่มีน้ำตาลอยู่มากเกินไป เม็ดแป้งจะไม่สุก และไม่แตกตัว ด้วยเหตุนี้การต้มอาหารจำพวกแป้งจึงไม่ควรใส่น้ำตาลลงไปพร้อมกัน แต่ควรใส่หลังจากที่แป้งสุกแล้วหรือใส่เพียงเล็กน้อยก่อน แล้วจึงใส่ส่วนที่เหลือเมื่อแป้งสุกแล้ว การใส่น้ำตาลลงในแป้งจะเกิดผลดังนี้

1. การสุกของแป้งช้าลง
2. อุณหภูมิแป้งสูงขึ้น
3. แป้งเปียกมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นความหนืดรวมของแป้งกับน้ำตาล

ถ้าเป็นความหนืดของแป้งเปียกอย่างเดียวจะมีค่าต่ำลง

4. ความหนืดของเจลจะลดลง ถ้าแป้งเปียกมีน้ำตาลเกินร้อยละ 10 จะไม่เกิดเจลเลย แต่ถ้าต้องการให้เกิดเจลขึ้นอีก จะต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้น

5. เม็ดแป้งแตกตัวน้อยลง
6. การแยกตัวขบน้ำจะมีมากขึ้น
7. แป้งเปียกจะมีลักษณะใสมากขึ้น

หน้าที่ของน้ำตาล

1. น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้ว การนำไปทำเป็นอาหาร หรือใส่ลงในอาหารจึงเป็นที่นิยมกันมาก และใช้กันอย่างกว้างขวาง การใช้น้ำตาลเพื่อเป็นสารให้ความหวานนั้นมีปัจจัยหลายประการที่ต้องคำนึงถึง เช่น ความเข้มข้น ความเป็นกรด อุณหภูมิเกลือ และส่วนประกอบอื่น ๆ
2. เป็นสารกันบูด ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติที่จะป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ถ้าความเข้มข้นสูงมากพอ ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่เก็บได้นานได้อาศัยคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เช่น แยม เยลลี่ ผลไม้แช่อิ่ม เป็นต้น
3. ให้น้ำเนื้อแก่อาหาร (Body or texture) ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับอาหารบางครั้งเรียกว่า "Mouth feel" น้ำตาลให้ลักษณะดังกล่าวแก่อาหาร เช่น เครื่องดื่มที่ใส่น้ำตาล เจลาติน และของหวานที่ใส่เพคติน ลักษณะเนื้อส่วนหนึ่งของอาหารมาจากน้ำตาล
4. ให้อิทธิพลแก่อาหาร การใช้น้ำตาลเพียงเล็กน้อยจะมีผลทำให้รสชาติเปลี่ยนไป เช่น ใส่น้ำตาลลงในมายองเนส ชุป ซอสมะเขือเทศ และเนื้อสัตว์ น้ำตาลจะทำให้อาหารมีรสดีขึ้น
5. ให้สี เมื่อน้ำตาลมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 175 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และสีน้ำตาลในที่สุด เมื่อนำไปละลายน้ำจะให้สีคาราเมล
6. ทำให้เกิดเจล หรือป้องกันการเกิดเจล น้ำตาลเป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้เพคตินเกิดเจล แต่ในทางตรงข้ามจะป้องกันมิให้แป้งเกิดเจล (ณรงค์ และอัญชัญ, 2528)

แซคคาริน (Saccharin)

แซคคารินเป็นสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เดิมใช้เป็นวัตถุกันเสียและสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Antiseptic) แซคคารินมีการค้นพบครั้งแรกในปี 1878 โดยนักเคมีชาวอเมริกาคือ Rensen และ Fahlberg ในขณะที่กำลังทำงานวิจัยเกี่ยวกับการออกซิเดชันของ o - Toluenesulfonamide และพบว่าสารที่ได้จากการออกซิเดชันเป็น Condense heterocyclic ไม่ใช่ o - Sulfamoylbenzoic acid อย่างที่ได้คาดหวังไว้ และสารที่ได้นี้มีรสหวานมาก Fahlberg จึงได้ตั้งชื่อเป็น Fahlber's saccharin และจดสิทธิบัตรในปี 1885 ในสหรัฐอเมริกา (Walter และ Mitchell, 1985) แซคคารินมีความหวานกว่าน้ำตาล 300 - 50 เท่า มีลักษณะเป็นผลึก หรือเกล็ดสีขาว ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้เล็กน้อย จึงนิยมใช้กันในรูปเกลือมากกว่า ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปเกลือแคลเซียมและเกลือโซเดียม รสหวานของแซคคารินจะมีลักษณะออกกรสขมและโลหะปนเล็กน้อย และมีลักษณะหวานติดลิ้นหลังจากบริโภคเข้าไป ซึ่งรสหวานติดลิ้นนี้อาจแก้ไขได้โดยการใช้น้ำหรือการใช้แซคคารินร่วมกับสารให้ความหวานอื่น เช่น แล็กโตส

แอสพาร์แทม หรือซัคคาเมต เป็นต้น ซึ่งการใช้แซคคารีนร่วมกับสารให้ความหวานอื่นนั้น นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องรสแล้ว ยังเป็นการเสริมให้มีความหวานเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากแซคคารีนจะไปเสริมฤทธิ์กับสารให้ความหวานที่เข้าร่วมด้วย ทำให้ได้รสหวานเพิ่มขึ้น และปริมาณของสารให้ความหวานที่จะต้องใช้น้อยลง (Hyvonen, 1980)

การใช้แซคคารีนในผลิตภัณฑ์อาหาร

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้แซคคารีนเป็นสารให้ความหวาน ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทที่บริโภคโดยผู้ที่จะต้องจำกัดปริมาณแคลอรี หรือผู้ป่วยโรคเฉพาะ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน และโรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้แซคคารีนกันมาก ได้แก่ เครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่อัดคาร์บอนไดออกไซด์และไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ แยม เยลลี่ และผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น การใช้แซคคารีนเป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ มักจะพบปัญหาในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องแก้ไขโดยการใส่วัตถุเจือปนอาหาร และเทคนิคบางชนิดด้วย (Higginbotham, 1983)

ความปลอดภัยในการบริโภค

ความปลอดภัยในการบริโภคแซคคารีนนั้น ได้มีการโต้แย้งกันเป็นเวลานาน สำหรับในสหรัฐอเมริกา ได้มีการเข้ามาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 19 โดยใช้เป็นสารให้ความหวานในยา และอาหาร สำหรับผู้ที่ต้องจำกัดแคลอรี แต่หลังจากที่มีการอนุญาตให้ใช้ซัคคาเมตเป็นสารให้ความหวานได้ ก็มีการใช้แซคคารีนร่วมกับซัคคาเมตในอัตราส่วน 10 : 1 ซึ่งพบว่าจะให้ความหวานมากกว่าการใช้แซคคารีน หรือซัคคาเมตเป็นสารให้ความหวานเพียงอย่างเดียว และช่วยให้มีรสชาติดีขึ้น จึงมีการใช้สารให้ความหวาน 2 ชนิดนี้กันมากขึ้น โดยเฉพาะในเครื่องดื่มสำหรับผู้ที่ต้องการจะลดน้ำหนัก จนกระทั่งซัคคาเมตได้ถูกห้ามใช้ในปี 1969 แซคคารีนจึงเป็นสารให้ความหวานชนิดเดียวที่มีการใช้กัน จนกระทั่งมีการค้นพบแอสพาร์แทมในปี 1981 (Arnold et al., 1983)

เกลื่อ

สมบัติของเกลื่อ

1. เกลื่อมีจุดหลอมเหลวสูง
2. สามารถตกผลึกได้
3. เกลื่อที่เกิดจากปฏิกิริยาทำให้เป็นกลาง เมื่อละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะมีสมบัติเป็นกลาง คือ มี pH เป็น 7

สำหรับเกลื่อที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างต่างแก่กับกรดอ่อน เมื่อละลายน้ำ สารละลายเกลื่อที่ได้จะมีสมบัติเป็นต่าง เช่น โซเดียมคาร์บอเนตเป็นเกลื่อที่เกิดจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่ง

เป็นต่างแก่กับกรดคาร์บอนิกซึ่งเป็นกรดอ่อน ทำให้สารละลายไฮเดียมคาร์บอเนตในน้ำมีสมบัติเป็นต่าง

4. ความสามารถในการละลายของเกลือในตัวทำละลายจะแตกต่างกัน เกลือที่ละลายได้ดีในน้ำจะเป็นเกลือของไฮเดียมและโพแทสเซียม แต่เกลือของแคลเซียมไม่ละลายในน้ำหรือละลายได้เพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2543)

ชะเอม

ชะเอม มีผลช่วยเสริมสร้างการทำงานของระบบคุ้มกันร่างกาย และมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระสูง ชาวจีนได้ใช้ชะเอมเป็นสมุนไพรมานานกว่าพันปีมาแล้ว โดยชะเอมถูกนำมาศึกษาด้านคุณสมบัติเพื่อช่วยเสริมสุขภาพของหัวใจ เนื่องจากมีคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระอยู่มาก ชะเอมมีสารที่ออกฤทธิ์ คือ ฟลาโวนอยด์ ช่วยในการขับสารพิษ ขับเสมหะ รักษาอาการหอบหืด เหนื่อยล้าเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ และรักษาโรคเอดส์

ชื่ออื่น : ชะเอม กอกกั้น ส้มป่อยหวาน อ้อยช้าง ชะเอมไทย (ชุมพร) เซเปียด กาชา(ตรัง)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Albizzin myriophyll, Benth

วงศ์ : MIMOSEAE

ลักษณะทั่วไป ต้น : เป็นพรรณไม้เถาขึ้นต้นมีขนาดกลาง ตามลำต้นกิ่งก้านจะมีหนาม

ใบ : ใบจะเล็กละเอียดเป็นฝอย มีลักษณะคล้ายส้มป่อย หรือต้นหยก และกระถิน

ดอก : ดอกจะมีลักษณะเป็นดอกเล็ก และฟูเป็นช่อสีขาว มีกลิ่นหอม

ฝัก : จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ส่วนที่ใช้ : เนื้อไม้ ใบ ดอก และรากใช้เป็นยา

สรรพคุณ : เนื้อไม้ ใช้รักษาโรคในคอ รักษาลมรักษาเลือดออกตามไรฟัน บำรุงกล้ามเนื้อให้เจริญ

บำรุงธาตุและกำลัง ขับเสมหะ ใช้น้ำละลายเหนียว ใบใช้ขับเลือดให้ตก ดอก รักษาดี และเลือด

ทำให้เสมหะงวด ช่วยย่อยอาหาร รากจะมีรสหวาน ใช้ปรุงเป็นยา

ถิ่นที่อยู่ : พรรณไม้นี้ มักจะขึ้นตามพื้นที่ราบเชิงเขา ในตำบลบ้านอ่าง จังหวัดจันทบุรี

ข้อมูลทางคลินิก

1. รักษาอาการปัสสาวะออกมากผิดปกติ (เบาจืด)
2. รักษาแผลในกระเพาะอาหารหรือลำไส้เล็ก
3. รักษาอาการหอบหืดจากหลอดลมอักเสบ
4. รักษาโรคผิวหนังโรคปอด
5. รักษาเส้นเลือดดำขอด

6. รักษาไข้ปัสสาวะผิดปกติ ซ้อนกันเป็นก้อน
7. รักษาโรคไข้มาลาเรีย
8. รักษาโรคพยาธิใบไม้ในเลือดอย่างเฉียบพลัน
9. รักษาโรคตับอักเสบชนิดที่ติดต่อกันได้
10. รักษาเยื่อตาอักเสบ
11. รักษาผิวหนังบริเวณแขน ขา แดงเป็นขุย
12. รักษาผิวหนังอักเสบเป็นผื่นคัน
13. รักษาปากมดลูกอักเสบเน่าเปื่อย
14. รักษาแผลที่เกิดจากการถูกความเย็นจัด
15. รักษาเยื่อหุ้มลูกตาชั้นนอกอักเสบ (Scleritis)

ข้อมูลทางเภสัชวิทยา

1. มีฤทธิ์รักษาอาการอักเสบ และอาการแพ้ กรดกลีเซอเรติกมีฤทธิ์ในการรักษาอาการบวมอักเสบในหนูใหญ่
2. มีฤทธิ์อะดรีนาคอร์ติโคสเตียรอยด์ (Adrenocorticosteroids) ฤทธิ์คล้ายคอร์ติโคสเตียรอยด์ มีสารสกัดเข้มข้น โปแตสเซียมกลีเซอไรซิเนต หรือเอทโมเนียมกลีเซอไรซิเนต กรดกลีเซอเรติก (Glycyrrhetic acid) สารพวกนี้ล้วนแต่มีฤทธิ์เหมือนกับดีออกซีคอร์ติโซน (Deoxycortisone) ทำให้การขับถ่ายปริมาณของปัสสาวะ และเกลือโซเดียมลดน้อยลง และฤทธิ์คล้ายกลูโคคอร์ติโคสเตียรอยด์ (Glucocorticosteroids) กรดกลีเซอเรติกจะไปยับยั้งการทำลายกรด อะดรีนาคอร์ติโคสเตียรอยด์ ในร่างกายทำให้ปริมาณของคอร์ติโคสเตียรอยด์ในเลือดให้สูงขึ้น
3. มีฤทธิ์ในการรักษาพิษ กลีเซอไรซินและน้ำต้มสกัดชะเอม มีฤทธิ์รักษาพิษของตริคีนินได้ โดยสามารถลดความเป็นกรดและอัตราการตายจากสตริกนินได้ ฤทธิ์นี้อาจเนื่องมาจากกรดกลูควโรนิกที่มีอยู่ในชะเอม
4. มีฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหารคือ มีฤทธิ์ในการรักษาแผลเรื้อรังในระบบทางเดินอาหาร มีฤทธิ์ต่อการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและมีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบ
5. ฤทธิ์ต่ออาการดีซ่านที่ทำให้เกิดขึ้นในการทดลอง กลีเซอไรซินและกรดกลีเซอเรติก ทำให้บิลิรูบิน (Bilirubin) ในพลาสมาของกระต่ายและหนูใหญ่สีขาวที่เกิดจากการผูกท่อน้ำดีให้มีปริมาณลดลงและการขับบิลิรูบินออกทางปัสสาวะเพิ่มขึ้น

6. มีฤทธิ์ต่อการเผาผลาญไขมันในเส้นเลือด กลีเซอโรซินจะไม่มีผลต่อการเผาผลาญไขมันในคนปกติ แต่ในคนไข้ที่มีความดันเลือดสูง ส่วนมากเมื่อกินกลีเซอโรซินไปแล้วจะทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดนั้นลดลงและความดันเลือดจะลดลงด้วย
7. มีฤทธิ์รักษาอาการไอ หลังจากที่ได้กินอะเซมเตคแล้ว สารที่สกัดได้จะไปเคลือบเยื่อเมือกตามบริเวณที่อักเสบตามคอจะช่วยลดการระคายเคืองและบรรเทาอาการไอด้วย
8. มีฤทธิ์ช่วยบรรเทาอาการปวดและอาการชัก สารที่สกัดที่ได้จากอะเซม FM100 จะมีฤทธิ์บรรเทาอาการปวดได้
9. มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง กรดกลีเซอเรตินิกนี้มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งในไขกระดูกชนิด Oberling-Guerin ที่ได้เพาะเลี้ยงในไขกระดูกของหนูใหญ่สีขาว
10. มีฤทธิ์ต่อระบบปัสสาวะและระบบสืบพันธุ์ กลีเซอโรซิน และเกลือแคลเซียมกลีเซอโรเวเนตนำมาฉีดเข้าหลอดเลือดดำจะทำให้เพิ่มฤทธิ์ในการขับปัสสาวะของธีโอฟิลลีน (Theophylline)
11. ฤทธิ์อื่น ๆ โขเดียมกลีเซอโรซิเนตจะเพิ่มความดันเลือดสูงขึ้น และกลีเซอโรซินนี้มีฤทธิ์ในการลดไข้ในหนูเล็กสีขาวและกระต่ายทดลองที่ทำให้เกิดขึ้นได้ (Thaiall, 2548)

นางสาวกัญญาพร หงษ์ทอง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สถานที่ทดลอง

โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง

ระยะเวลาทำการทดลอง

กันยายน 2548 ถึง ตุลาคม 2549

วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเยลลี่บ๊วยและบ๊วยปรุงรสชนิดผง

- น้ำ
- น้ำบ๊วยกรอบ
- น้ำตาลทราย
- ฟลาโนเจน (Flanogen)
- บ๊วยอบแห้ง
- แซคคารีน (Saccharine)
- ชะเอม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเยลลี่บ๊วยและบ๊วยปรุงรสชนิดผง

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler : Model BB 120, Switzerland.)
- เครื่องให้ความร้อน (Hot plate, Ego : Type 14 – 12871 – 30, Germany.)
- ปีกเกอร์
- เทอร์โมมิเตอร์
- เต้าแก๊ส
- หม้อ
- ไม้พาย
- ถ้วยเยลลี่
- กระดาษฟลอยด์
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB 14, Germany.)

- เครื่องปิดฝาถ้วยเยลลี่ (Automatic food container sealing machine, Kaiwill industrial : Model KV – 01, Taiwan.)
- ตู้อบแห้งระบบสุญญากาศ (Vacuum Dryer : Lanna Food & Supply Co.,Ltd)
- เครื่องปั่น (Blender, National : Model MX – T31 GN NO. 940823)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
 - เครื่องวัดค่าสี (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)
 - เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Model 5565, USA Instron, 1993.)
2. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
 - เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA.)
 - เครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA30, Germany.)
3. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
 - หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Hirayama : Model HA-300MIV, Japan.)
 - ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator, Heraeus : Model D-6450 Hanau, Germany.)
 - อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model WB14, Germany.)
4. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส
 - ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
 - แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

เครื่องประมวลผลข้อมูล

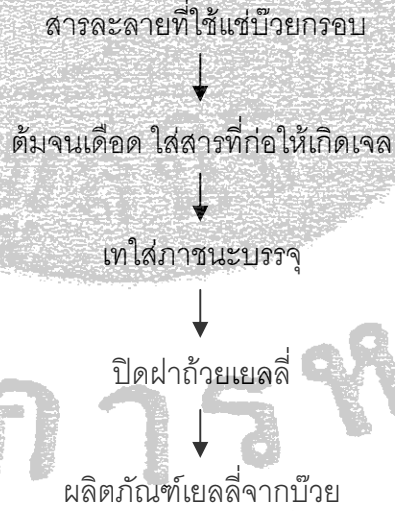
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 7.0
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 professional
- โปรแกรมสำเร็จรูป Sigma Plot 2000
- โปรแกรมสำเร็จรูป Plackette and Burman
- โปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert DX6

กระบวนการผลิตบ้วยกรอบ



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตบ้วยกรอบ

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ้วย



ภาพที่ 5 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ้วย

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บัวयरสรชชนิดผง



ภาพที่ 6 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บัวयरสรชชนิดผง

วิธีทดลองและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวयरและบัวयरสรชชนิดผงที่ทำการพัฒนาขึ้นมาใหม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคขึ้นมา เพื่อเป็นการสร้างแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค การสร้างเค้าโครงของผลิตภัณฑ์เพื่อหาลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ตามความคิดของผู้บริโภคเป็นวิธีการหนึ่งในการกำหนดแนวความคิดผลิตภัณฑ์ โดยการนำหลักการของ Ideal Ratio Profile มาใช้

วิธีการของ Ideal Ratio Profile เป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อดูลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน เป็นวิธีการที่ใช้ผู้บริโภคแสดงความเข้มหรือความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคจะเป็นผู้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนามีเค้าโครงลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับที่

ผู้บริโภคต้องการ ค่าโครงลักษณะที่ผู้บริโภคชอบหรือต้องการ (Ideal Ratio Profile) ควรได้รับการสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่กำลังพัฒนาได้ ในการทดสอบค่าโครงผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้าง ค่าโครงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดังกล่าว อาจจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาด หรือผลิตภัณฑ์จากการทดลองผู้บริโภคอาจจะให้ Ideal Ratio Profile ที่ต่างกัน แต่ Ratio profile ที่ได้จาก ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคนนั้นสามารถนำมาใช้เป็นค่าความคิดผลิตภัณฑ์คงที่ (Fixed ideal) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์หรือทิศทางในการเปรียบเทียบต่อไป

ค่าคะแนนที่ผู้บริโภคแต่ละคนให้กับลักษณะแต่ละอย่างของผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาหาร ด้วยค่าคะแนนที่ถูกกำหนดว่า ดีที่สุดหรือดีเลิศ หรือ คะแนนที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค (Ideal) ซึ่งจะได้สัดส่วน (Ratio) ของแต่ละคน นำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Ratio mean score) ที่ได้ของแต่ละลักษณะจะสามารถนำมาพิจารณาเปรียบเทียบได้ง่ายกับค่าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 ภาพรวมจาก ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะนี้เรียกว่า Numeric product profile ค่าสัดส่วนเฉลี่ยดังกล่าวสามารถจะแสดงเป็นรูปค่าโครงลักษณะรูปร่างกลมไข่มุม (Cyclic profile)

ในการทดสอบค่าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวและบิวรี่ปรุงรสชนิดผงนี้ ใช้ผู้บริโภคจำนวน 15 คน เป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภคคิดว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้ผลิตภัณฑ์เยลลี่และบิวรี่ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดเป็นตัวอย่างในการทดสอบ จากนั้นจึงทำการสร้างกราฟค่าโครงผลิตภัณฑ์ลักษณะรูปร่างกลมไข่มุมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

การวางแผนการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

ในการทดลองนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การคัดเลือกสารที่ก่อให้เกิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

สารก่อให้เกิดเจลที่นำมาศึกษา ได้แก่ ฟลาโนเจน คาราจีแนน เจลาติน และ อะราบิกกัม ทำการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของสารที่ก่อให้เกิดเจล และทำการคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดเจล โดยเปรียบเทียบจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสารที่ก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Least Significant Difference : LSD (ไพโรจน์, 2547)

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่จากบัว จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron Model 5565, USA Instron, 1993.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด - ด่าง (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช้ Hedonic scale scoring test (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

ศึกษาอัตราส่วนของ น้ำ น้ำบัวย น้ำตาล และฟลาโนเจน ในการทดลองนี้จะทำการหา ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าว เพื่อหาอัตราส่วนผสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เหมาะสม โดยการวางแผนการทดลองแบบ Factorial experimental design (ไพโรจน์, 2547)

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำ และน้ำบัวย ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points (ไพโรจน์, 2547) จะมีทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำ (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนน้ำบัวย (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบัวยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำ (กรัม)

ระดับต่ำ 50 กรัม

ระดับกลาง 70 กรัม

ระดับสูง 90 กรัม

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนน้ำบ้วย (กรัม)

ระดับต่ำ 20 กรัม

ระดับกลาง 35 กรัม

ระดับสูง 50 กรัม

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่จากบ้วย จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron Model 5565, USA Instron, 1993.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด – ด่าง (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช้ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2545)

2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาล และฟลาโนเจน ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บิว

วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points (ไพโรจน์, 2547) จะมีทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำตาล (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนฟลาโนเจน (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิว

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำตาล (กรัม)

ระดับต่ำ 20 กรัม

ระดับกลาง 30 กรัม

ระดับสูง 40 กรัม

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนฟลาโวนเจน (กรัม)

ระดับต่ำ 1.0 กรัม

ระดับกลาง 1.5 กรัม

ระดับสูง 2.0 กรัม

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตตามกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่จากบ๊วย จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron Model 5565, USA Instron, 1993.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด – ด่าง (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช้ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 3 การศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและชนิดของภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์ เยลลี่บัววย โดยวางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (ไพโรจน์, 2547) กำหนดให้

อุณหภูมิที่ทำการศึกษา คือ 4 25 37 องศาเซลเซียส

ชนิดของภาชนะบรรจุ คือ ภาชนะบรรจุชนิดโปร่งแสง

และภาชนะบรรจุชนิดทึบแสง

ทำการวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ตลอดจนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)
- ลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron Model 5565, USA Instron, 1993.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด – ด่าง (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช้ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2545)

คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)
- เชื้อยีสต์และรา (AOAC, 2000)
- *E.Coli* และ Coliform (AOAC, 2000)

การวางแผนการทดลองการพัฒนาผลิตภัณฑ์บัวปรงรสนิดมวง

ในการทดลองนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งบัวปรงเค็ม

ทำการศึกษาสภาวะการอบแห้ง โดยนำบัวที่ผ่านการดองเกลือมาแล้วมาทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งระบบสุญญากาศ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2-center points (ไพโรจน์, 2547) จะมีทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บัวปรงรสนิดมวง

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

ระดับต่ำ 60 องศาเซลเซียส

ระดับกลาง 70 องศาเซลเซียส

ระดับสูง 80 องศาเซลเซียส

ปัจจัย B คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)

ระดับต่ำ 17 ชั่วโมง

ระดับกลาง 20 ชั่วโมง

ระดับสูง 23 ชั่วโมง

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตตามกระบวนการผลิตบิวรี่ปรุงรสชนิดผง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความชื้น (Sartorius MA30, Germany.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช่ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์บิวรี่ปรุงรสชนิดผง

ทำการศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรุงรสบิวรี่อบแห้งชนิดผง โดยแปรปริมาณของ บิวรี่อบแห้ง น้ำตาลทราย แซคคารีน และอะเอม วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ซึ่งแผนการทดลองนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้อง เท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 (ไพโรจน์, 2547) และใช้โปรแกรม XVERT เพื่อช่วยในการกำหนด สิ่งทดลอง

ตารางที่ 6 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ของผลิตภัณฑ์ บิวรี่ปรุงรสชนิดผง

ระดับ	บิวรี่อบแห้ง	น้ำตาลทราย	แซคคารีน	อะเอม
ระดับต่ำ (ร้อยละ)	0.30	0.30	0.01	0.01
ระดับสูง (ร้อยละ)	0.50	0.50	0.03	0.03
สิ่งทดลองที่				
1	0.50	0.48	0.01	0.01
2	0.50	0.46	0.01	0.03
3	0.50	0.46	0.03	0.01
4	0.50	0.44	0.03	0.03
5	0.46	0.50	0.01	0.03
6	0.46	0.50	0.03	0.01
7	0.44	0.50	0.03	0.03

นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทำการผลิตตามกระบวนการผลิตบิวรี่ปรุงรสชนิดผง จากนั้นนำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* (Minolta camera, Chroma CR-300/310, Japan.)

คุณภาพทางเคมี

- ค่าความชื้น (Sartorius MA30, Germany.)

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- โดยใช่ Ideal Ratio Profile (ไพโรจน์, 2545)



ผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวนี้ ใช้ผู้บริโภคนับจำนวน 15 คน เป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภครู้สึกว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีอยู่ในท้องตลาดเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ด้วยวิธี Ideal ratio profile test ในการกำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก ผู้บริโภคจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะสีของเยลลี่
ผู้บริโภคจำนวน 14 คน กำหนดลักษณะของความใส
2. กลิ่นและรสชาติ ผู้บริโภคจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะของกลิ่นบัว
ผู้บริโภคจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะของความหวาน
ผู้บริโภคจำนวน 13 คน กำหนดลักษณะของความเปรี้ยว
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคจำนวน 14 คน กำหนดลักษณะของความนุ่ม
ผู้บริโภคจำนวน 13 คน กำหนดลักษณะของความหยุ่น
(เหนียว)

ข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ประมวลจากผู้บริโภค ได้แก่

1. สีของผลิตภัณฑ์
2. ผลิตภัณฑ์ควรมีความใส
3. กลิ่นบัวของผลิตภัณฑ์
4. ผลิตภัณฑ์ควรมีความหวาน
5. ผลิตภัณฑ์ควรมีความเปรี้ยว
6. ความนุ่มของผลิตภัณฑ์
7. ความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าไครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำโดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างค่าไครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

การแปลความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกันหรือพ้องกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการในขั้นต่อไป

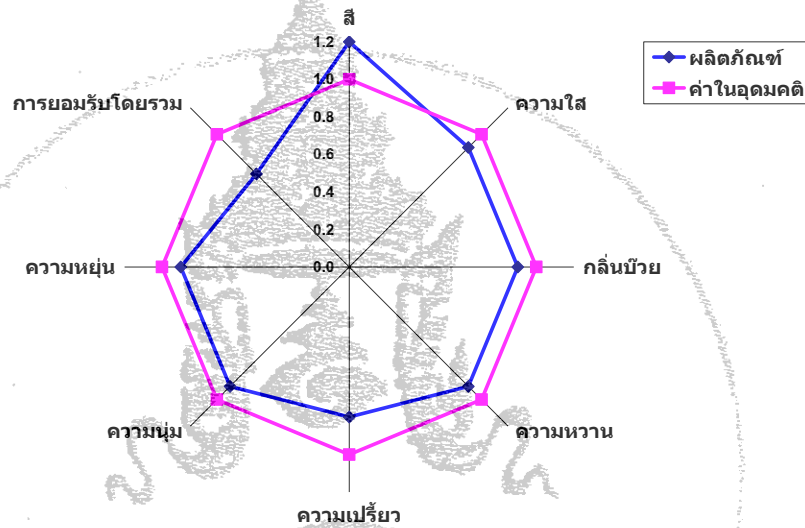
จากการออกแบบสอบถาม Ideal ratio profile กับผู้บริโภครวม 15 คน ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

ลักษณะที่สำคัญของ ผลิตภัณฑ์	Ideal (I)		Sample (S)		Ratio (S / I)	
	X	SD	X	SD	X	SD
	(cm)		(cm)		(cm)	
1. ลักษณะปรากฏภายนอก						
- สี	5.64	1.27	5.92	2.00	1.16	0.75
- ความใส	5.91	2.69	5.83	2.70	0.89	0.33
2. กลิ่นและรสชาติ						
- กลิ่นบัว	6.04	1.80	5.74	1.43	0.99	0.18
- ความหวาน	5.36	1.29	4.84	1.06	0.92	0.18
- ความเปรี้ยว	3.88	2.38	3.37	2.28	0.71	0.42
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส						
- ความนุ่ม	5.49	2.66	4.97	2.52	0.83	0.33
- ความหยุ่น (เหนียว)	4.60	2.83	4.26	2.58	0.76	0.43
4. การยอมรับโดยรวม	10.0	0.00	7.31	2.45	0.73	0.24

ตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางด้านความใส กลิ่นบัว ความหวาน ความเปรี้ยว ความนุ่ม ความหยุ่น (เหนียว) และการยอมรับโดยรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 0.89 ± 0.33 , 0.99 ± 0.18 , 0.92 ± 0.18 , 0.71 ± 0.42 , 0.83 ± 0.33 , 0.76 ± 0.43 และ 0.73 ± 0.24 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 7 ด้านนี้ให้เพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะทางด้านสีมีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.16 ± 0.75 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทางด้านสีให้ลดลง และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกลักษณะแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นต่อลักษณะต่าง ๆ แตกต่างกันไป

เมื่อประมวลลักษณะที่สำคัญที่ได้จากการสอบถามผู้บริโภคแล้ว จะนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยในแต่ละลักษณะและค่าอุดมคติซึ่งเป็นค่าโครงสร้างที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 มาสร้างเป็นรูปค่าโครงสร้างลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม (Profile) ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟค่าโครงสร้างลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

จากการทดสอบค่าโครงสร้างผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideal) ของแต่ละลักษณะนั้นได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1. การคัดเลือกสารที่ก่อให้เกิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

สารก่อให้เกิดเจลที่นำมาศึกษา ได้แก่ ฟลาโนเจน คาราจีแนน เจลาติน และ อะราบิกกัม ทำการคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดเจล โดยเปรียบเทียบจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสารที่ก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ ที่ผู้บริโภครับมากที่สุด โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Least Significant Difference : LSD (ไพโรจน์, 2547) แล้วนำผลิตภัณฑ์เยลลี่มาวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เมื่อทำการเปรียบเทียบสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ

สารก่อให้เกิดเจล	ฟลาโนเจน	คาราจีแนน	เจลาติน	อะราบิกกัม
คุณลักษณะทางกายภาพ				
ค่าสี L	90.50 ± 0.03 ^a	89.85 ± 0.74 ^a	89.77 ± 0.25 ^a	87.75 ± 0.95 ^b
ค่าสี a*	-2.14 ± 0.03 ^c	-1.74 ± 0.05 ^b	-2.25 ± 0.07 ^d	-1.62 ± 0.03 ^a
ค่าสี b*	6.52 ± 0.23 ^c	6.11 ± 0.20 ^d	8.50 ± 0.16 ^b	11.28 ± 0.19 ^a
แรงเฉือน (นิวตัน)	0.47 ± 0.03 ^b	6.46 ± 0.38 ^a	NA	NA
คุณลักษณะทางเคมี				
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	2.98 ± 0.01 ^b	2.78 ± 0.00 ^c	3.23 ± 0.01 ^a	2.98 ± 0.01 ^b

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P \leq 0.05$

NA ไม่สามารถวัดค่าแรงเฉือนได้

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ชนิดของสารก่อให้เกิดเจลที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยพบว่าอะราบิกกัมมีค่าสี L ต่ำกว่าสารก่อให้เกิดเจลชนิดอื่น ๆ แต่มีค่าสี a* และค่าสี b* ที่สูงกว่าสารก่อให้เกิดเจลชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับคาราจีแนน มีค่าแรงเฉือนสูงกว่าฟลาโนเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่เจลาติน และอะราบิกกัม ไม่สามารถนำไปวัดค่าแรงเฉือนได้ เนื่องจากเจลไม่มีความคงตัวเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนเจลาตินมีค่าความเป็นกรด - ต่าง สูงกว่าสารก่อให้เกิดเจลชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต เมื่อทำการเปรียบเทียบสารก่อให้เกิดกลิ่นติดต่าง ๆ

สารก่อให้เกิดกลิ่น	สี	ความมัน	กลิ่นบัวลอย	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความนุ่ม	ความหนืด (เหนียว)	การยอมรับโดยรวม
ฟลาโนเจน	6.73 ± 1.10 ^{ab}	7.87 ± 0.99 ^a	5.27 ± 1.71	5.67 ± 1.95	5.73 ± 1.83	6.93 ± 1.71 ^a	6.40 ± 1.30 ^a	7.40 ± 1.24 ^a
คาราจีแนน	6.00 ± 1.25 ^b	5.47 ± 1.36 ^b	5.73 ± 1.94	5.13 ± 2.42	5.47 ± 1.88	6.00 ± 1.36 ^a	7.00 ± 1.13 ^a	6.07 ± 1.53 ^b
เจลาติน	7.33 ± 1.35 ^a	7.53 ± 0.92 ^a	5.40 ± 2.56	4.80 ± 2.60	5.20 ± 2.31	6.87 ± 1.30 ^a	6.73 ± 1.91 ^a	6.87 ± 0.99 ^{ab}
อะราบิกัม	4.73 ± 1.75 ^c	5.20 ± 1.90 ^b	5.33 ± 1.88	4.60 ± .20	4.93 ± 2.19	2.60 ± 1.50 ^b	2.07 ± 1.53 ^b	3.13 ± 2.00 ^c

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งที่แตกต่างกัน แสดงว่าเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P ≤ 0.05

จากตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางประสาธสัมพันธ์โดยใช้ Ideal ratio profile ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยโดยใช้สารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ พบว่า ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านกลิ่นบ๊วย ความหวาน และความเปรี้ยว ของสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมไม่พบความแตกต่างของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มาจากสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ แต่สำหรับค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะด้านสี ความใส ความนุ่ม ความหยุ่น (เหนียว) และการยอมรับโดยรวม ของสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับฟลาโนเจน และเจลาติน มากกว่าคาราจีแนน และอะราบิกัม

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาธสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยการเปรียบเทียบสารก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยเมื่อใช้สารก่อให้เกิดเจลชนิดที่ต่างกัน ทำให้คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาธสัมพันธ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะทางประสาธสัมพันธ์ในด้านที่มีความแตกต่างกัน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับฟลาโนเจน และเจลาติน แต่ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เจลาตินจะมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแต่ไม่มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง จึงสรุปได้ว่า เลือกฟลาโนเจนเป็นสารก่อให้เกิดเจล เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยต่อไป

นางสาวกัญญาพร หงษ์ทอง
นางสาวกัญญาพร หงษ์ทอง
นางสาวกัญญาพร หงษ์ทอง

2. การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิต

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ น้ำ น้ำบ๊วย น้ำตาล และฟลาโวนเจน ทำการหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าว เพื่อหาอัตราส่วนผสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial experimental design (ไพโรจน์, 2547)

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำ และน้ำบ๊วย ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points (ไพโรจน์, 2547) จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำ (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนน้ำบ๊วย (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำ (กรัม)

ระดับต่ำ 50 กรัม

ระดับกลาง 70 กรัม

ระดับสูง 90 กรัม

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนน้ำบวญ (กรัม)

ระดับต่ำ 20 กรัม

ระดับกลาง 35 กรัม

ระดับสูง 50 กรัม

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญ เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบวญ

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	แรงเจล (นิวตัน)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
1 (1)	84.51 ± 0.78	-1.59 ± 0.09	10.82 ± 0.69	0.74 ± 0.04	2.56 ± 0.01
2 (a)	86.41 ± 0.26	-1.63 ± 0.02	7.43 ± 0.12	0.97 ± 0.10	2.69 ± 0.05
3 (b)	87.82 ± 0.66	-1.71 ± 0.06	10.57 ± 0.35	0.16 ± 0.01	2.35 ± 0.01
4 (ab)	86.11 ± 0.59	-1.83 ± 0.02	9.99 ± 0.53	0.07 ± 0.02	2.46 ± 0.05
5 (Cp ₁)	88.08 ± 0.44	-2.00 ± 0.04	8.38 ± 0.22	0.39 ± 0.02	2.51 ± 0.05
6 (Cp ₂)	88.36 ± 0.90	-1.98 ± 0.03	8.64 ± 0.32	0.38 ± 0.02	2.49 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาคาสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่วัย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำ และอัตราส่วนน้ำบวญ

สิ่งทดลอง	สี	ความใส	กลิ่นบวญ	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความนุ่ม	ความหยุ่น (เหนียว)	การยอมรับรวม
1 (1)	0.99 ± 0.24	0.90 ± 0.16	0.73 ± 0.23	1.05 ± 0.26	0.59 ± 0.24	0.90 ± 0.24	1.07 ± 0.21	0.61 ± 0.18
2 (a)	0.50 ± 0.29	1.13 ± 0.17	0.48 ± 0.26	0.83 ± 0.38	0.64 ± 0.32	0.90 ± 0.29	1.05 ± 0.25	0.58 ± 0.19
3 (b)	1.15 ± 0.16	0.83 ± 0.27	0.87 ± 0.38	0.77 ± 0.43	1.08 ± 0.34	0.96 ± 0.25	0.73 ± 0.26	0.42 ± 0.18
4 (ab)	1.01 ± 0.34	0.81 ± 0.25	0.93 ± 0.26	0.85 ± 0.35	0.94 ± 0.34	0.95 ± 0.38	0.56 ± 0.27	0.43 ± 0.15
5 (Cp ₁)	1.00 ± 0.30	0.85 ± 0.17	0.82 ± 0.22	1.00 ± 0.15	0.81 ± 0.27	1.00 ± 0.13	0.87 ± 0.25	0.62 ± 0.20
6 (Cp ₂)	0.95 ± 0.26	0.84 ± 0.23	0.79 ± 0.24	0.95 ± 0.24	0.72 ± 0.41	0.95 ± 0.19	0.91 ± 0.16	0.59 ± 0.17

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Mean ideal ratio scores ± Standard deviation)

ตารางที่ 11 แสดงให้เห็นถึงค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ได้ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เมื่อแปรรูปการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 84.51 – 88.36 ซึ่งจากการพิจารณาในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างน้อยที่สุดมีระดับการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยต่ำที่สุด ค่าสี a^* (สีเขียว - แดง) มีค่าอยู่ในช่วง (-1.59) – (-2.00) สิ่งทดลองที่มีค่า a^* สูงสุดหรือมีสีเขียวมากมีระดับการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยต่ำที่สุด ค่าสี b^* (สีน้ำเงิน - เหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง 7.43 - 10.82 สิ่งทดลองที่มีค่า b^* สูงสุดหรือมีสีเหลืองมาก มีระดับการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยต่ำที่สุด ค่าแรงเค้น มีค่าอยู่ในช่วง 0.07 - 0.97 ซึ่งสิ่งทดลองที่มีค่าแรงเค้นน้อยที่สุด มีระดับการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยสูงที่สุด สำหรับค่าความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 2.35 – 2.69

เมื่อพิจารณาโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า ระดับการใช้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ และเคมีดังกล่าว

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสมาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับระดับของอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย พบว่า อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย ที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงในรูปแบบการ (Coded equation) ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สมการแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ เยลลี่บ๊วย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย

สมการ (Coded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$88.22 + 0.753(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.903(\text{น้ำ})(\text{น้ำบ๊วย}) - 2.008(\text{น้ำ})^2$	0.99
ค่าสี a*	$-1.99 - 0.08(\text{น้ำบ๊วย}) + 0.3(\text{น้ำ})^2$	0.95
คุณลักษณะทางเคมี		
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	$2.51 + 0.06(\text{น้ำ}) - 0.11(\text{น้ำบ๊วย})$	0.99
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สี	$0.93 - 0.16(\text{น้ำ}) + 0.168(\text{น้ำบ๊วย}) + 0.0888(\text{น้ำ})(\text{น้ำบ๊วย})$	0.97
กลิ่นบ๊วย	$0.77 - 0.048(\text{น้ำ}) + 0.148(\text{น้ำบ๊วย}) + 0.775(\text{น้ำ})(\text{น้ำบ๊วย})$	0.97
ความเปรี้ยว	$0.796 + 0.197(\text{น้ำบ๊วย})$	0.90
ความนุ่ม	$0.975 + 0.028(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.048(\text{น้ำ})^2$	0.82
ความหยุ่น (เหนียว)	$0.865 - 0.208(\text{น้ำบ๊วย})$	0.91
การยอมรับโดยรวม	$0.605 - 0.085(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.095(\text{น้ำ})^2$	0.98

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการ ใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษา กับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ค่า R² จะบ่งบอกถึง ความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทาง คณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการ ที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สมการถดถอยหาค่าของคุณลักษณะด้านต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่

สมการ (Decoded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$54.49 + 0.808(\text{น้ำ}) + 0.26(\text{น้ำบิวรี่})$ $- 0.003(\text{น้ำ})(\text{น้ำบิวรี่}) - 0.005(\text{น้ำ})^2$	0.99
ค่าสี a*	$1.87 - 0.105(\text{น้ำ}) - 0.0053(\text{น้ำบิวรี่})$ $+ 0.00075(\text{น้ำ})^2$	0.95
คุณลักษณะทางเคมี		
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	$2.56 + 0.003(\text{น้ำ}) - 0.0073(\text{น้ำบิวรี่})$	0.99
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สี	$1.817 - 0.0183(\text{น้ำ}) - 0.0093(\text{น้ำบิวรี่})$ $+ 0.00029(\text{น้ำ})(\text{น้ำบิวรี่})$	0.97
กลิ่นบิวรี่	$6.92 - 0.0928(\text{น้ำ}) + 0.171(\text{น้ำบิวรี่})$ $+ 0.0025(\text{น้ำ})(\text{น้ำบิวรี่})$	0.97
ความเปรี้ยว	$0.335 + 0.0132(\text{น้ำบิวรี่})$	0.90
ความนุ่ม	$0.322 - 0.0168(\text{น้ำ}) + 0.0018(\text{น้ำบิวรี่})$ $- 0.00012(\text{น้ำ})^2$	0.82
ความหยุ่น (เหนียว)	$1.35 - 0.0139(\text{น้ำบิวรี่})$	0.91
การยอมรับโดยรวม	$-0.36 - 0.033(\text{น้ำ}) - 0.0056(\text{น้ำบิวรี่})$ $- 0.00023(\text{น้ำ})^2$	0.98

จากตารางที่ 14 พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ค่าสี L ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ และอัตราส่วนน้ำในรูปสมการยกกำลังสอง

ค่าสี a* ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงอัตราส่วนน้ำในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งจากคุณลักษณะทางกายภาพแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าสี L และค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

คุณลักษณะทางเคมี ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ ซึ่งอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด - ด่าง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ ความชอบด้านสีปรากฏ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำ 50 กรัม และอัตราส่วนน้ำบิวรี่ 20 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 11

กลิ่นบิวรี่ พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบิวรี่ 50 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 12

ความเปรี้ยว พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำบิวรี่ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำบิวรี่ 50 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 13

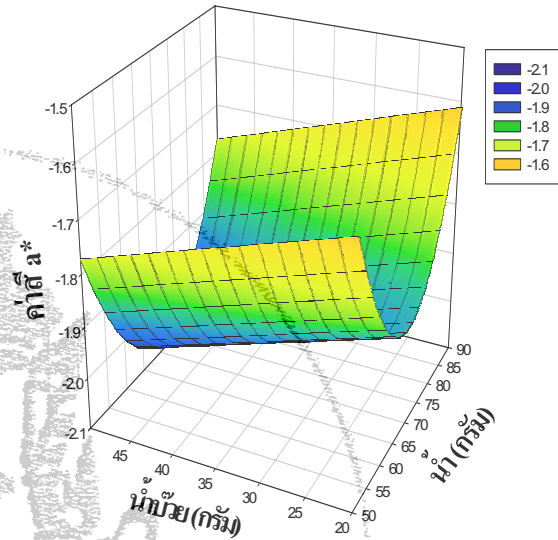
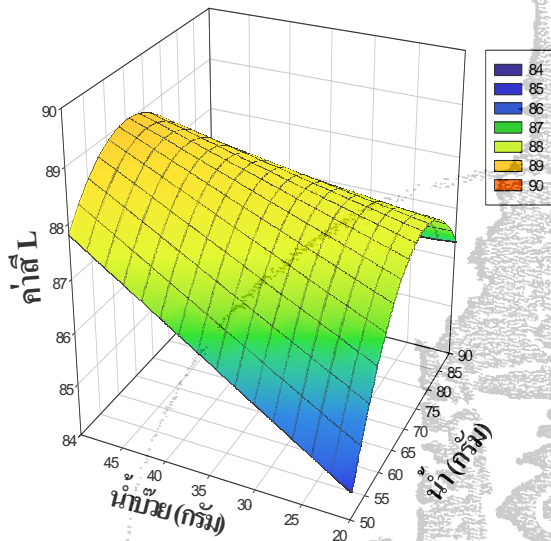
ความหนืด (เหนียว) พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำบิวรี่ จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำบิวรี่ 20 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 14

ความนุ่ม พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงอัตราส่วนน้ำในรูปสมการยกกำลังสอง จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบิวรี่ 35 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 15

การยอมรับโดยรวม พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบิวรี่ รวมถึงอัตราส่วนน้ำในรูปสมการยกกำลังสอง จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบิวรี่ 20 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 16

ค่าสี L = 54.49 + 0.808(น้ำ) + 0.26(น้ำบวญ)
 - 0.003(น้ำ)(น้ำบวญ) - 0.005(น้ำ)² R² = 0.99

ค่าสี a* = 1.87 - 0.105(น้ำ) - 0.0053(น้ำบวญ)
 + 0.00075(น้ำ)² R² = 0.95

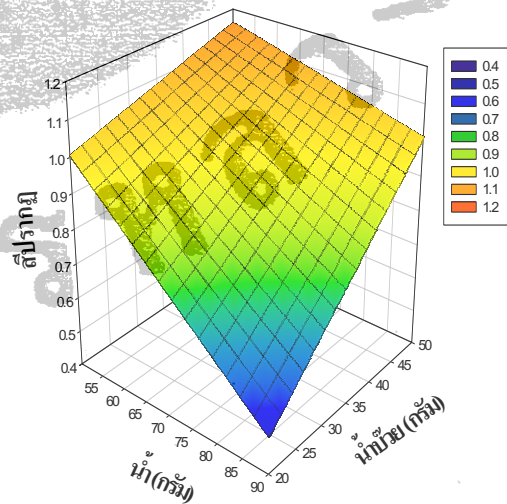
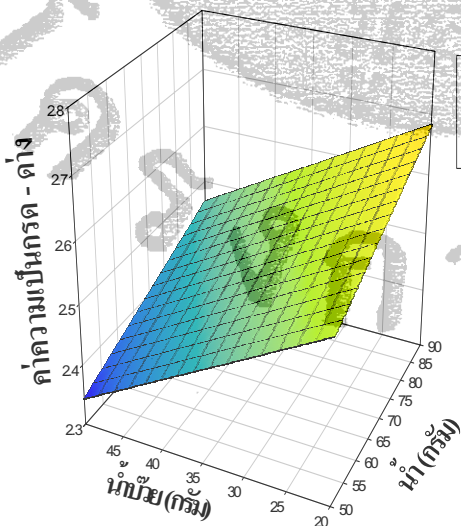


ภาพที่ 8 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญ

ภาพที่ 9 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญ

pH = 2.56 + 0.003(น้ำ) - 0.0073(น้ำบวญ) R² = 0.99

สี = 1.817 - 0.0183(น้ำ) - 0.0093(น้ำบวญ) + 0.00029(น้ำ)(น้ำบวญ) R² = 0.97

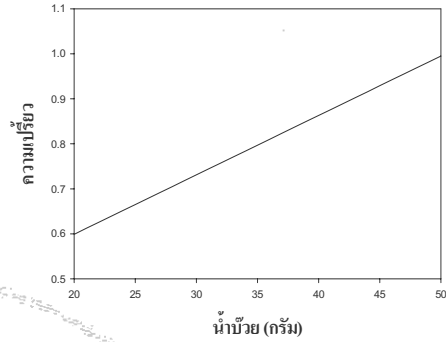
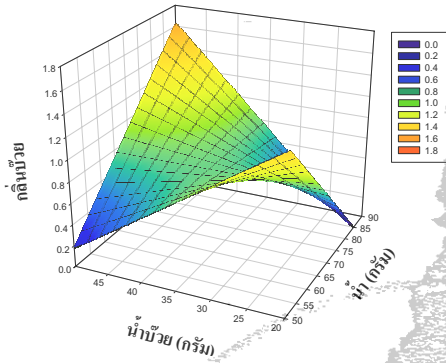


ภาพที่ 10 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความเป็นกรด - ด่าง เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญ

ภาพที่ 11 กราฟพื้นที่การตอบสนองของสีปรากฏ เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวญของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญ

กลิ่นบ๊วย = $6.92 - 0.0928(\text{น้ำ}) - 0.171(\text{น้ำบ๊วย}) + 0.0025(\text{น้ำ})(\text{น้ำบ๊วย})$ $R^2 = 0.97$

ความเปรี้ยว = $0.335 + 0.0132(\text{น้ำบ๊วย})$ $R^2 = 0.90$

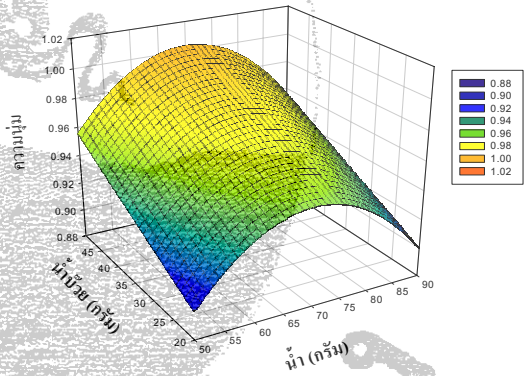
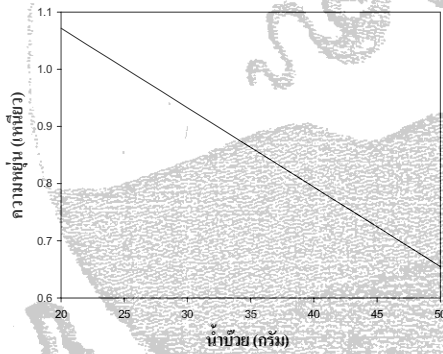


ภาพที่ 12 กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่นบ๊วย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ภาพที่ 13 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความเปรี้ยว เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ความหยุ่น = $1.35 - 0.0139(\text{น้ำบ๊วย})$ $R^2 = 0.91$

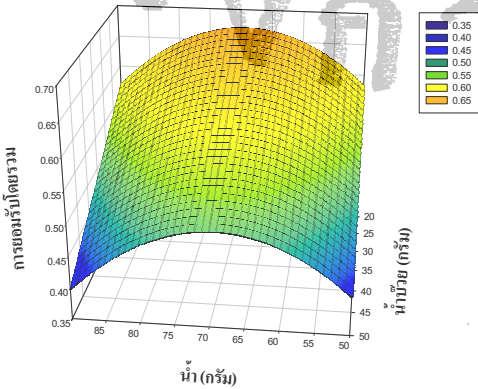
ความนุ่ม = $0.322 - 0.0168(\text{น้ำ}) + 0.0018(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.00012(\text{น้ำ})^2$ $R^2 = 0.82$



ภาพที่ 14 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหยุ่น เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ภาพที่ 15 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความนุ่ม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

การยอมรับรวม = $-0.36 - 0.033(\text{น้ำ}) - 0.0056(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.00023(\text{น้ำ})^2$ $R^2 = 0.98$



ภาพที่ 16 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวย ซึ่งทำได้โดยการนำอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวย ในช่วงที่ทำการศึกษา แทนค่าลงในสมการที่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถดถอยแล้ว เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละคุณลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณลักษณะที่ทำการถดถอยแล้วนำมาแทนค่าอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวย ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

$$\text{สีปรากฏ} = 1.817 - 0.0183(\text{น้ำ}) - 0.0093(\text{น้ำบวย}) + 0.00029(\text{น้ำ})(\text{น้ำบวย}) \quad R^2 = 0.97$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำ, อัตราส่วนน้ำบวย) ได้ผลดังนี้

$$f(50,20) = 1.01$$

$$f(50,35) = 1.09$$

$$f(50,50) = 1.17$$

$$f(70,20) = 0.76$$

$$f(70,35) = 0.93$$

$$f(70,50) = 1.09$$

$$f(90,20) = 0.51$$

$$f(90,35) = 0.77$$

$$f(90,50) = 1.02$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบวย ต่อคุณภาพของสีปรากฏ พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำ 50 กรัม และอัตราส่วนน้ำบวย 20 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของสีปรากฏ ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.01

$$\text{กลิ่นบัว} = 6.92 - 0.0928(\text{น้ำ}) + 0.171(\text{น้ำบัว}) + 0.0025(\text{น้ำ})(\text{น้ำบัว}) \quad R^2 = 0.97$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำ, อัตราส่วนน้ำบัว) ได้ผลดังนี้

$f(50,20)$	$= 1.44$
$f(50,35)$	$= 0.81$
$f(50,50)$	$= 0.19$
$f(70,20)$	$= 0.62$
$f(70,35)$	$= 0.76$
$f(70,50)$	$= 0.91$
$f(90,20)$	$= 0.20$
$f(90,35)$	$= 0.72$
$f(90,50)$	$= 1.64$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบัวต่อคุณภาพของกลิ่นบัว พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบัว 50 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของกลิ่นบัว ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.91

$$\text{ความเปรี้ยว} = 0.335 + 0.0132(\text{น้ำบัว}) \quad R^2 = 0.90$$

แทนค่า f (น้ำบัว) ได้ผลดังนี้

$f(20)$	$= 0.59$
$f(35)$	$= 0.79$
$f(50)$	$= 0.99$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำบัวต่อคุณภาพของความเปรี้ยว พบว่า อัตราส่วนน้ำบัว 50 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความเปรี้ยว ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.99

$$\text{ความนุ่ม} = 0.322 - 0.0168(\text{น้ำ}) + 0.0018(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.00012(\text{น้ำ})^2 \quad R^2 = 0.82$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำ, อัตราส่วนน้ำบ๊วย) ได้ผลดังนี้

$$f(50,20) = 0.89$$

$$f(50,35) = 0.92$$

$$f(50,50) = 0.95$$

$$f(70,20) = 0.94$$

$$f(70,35) = 0.97$$

$$f(70,50) = 1.03$$

$$f(90,20) = 0.89$$

$$f(90,35) = 0.92$$

$$f(90,50) = 0.95$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยต่อคุณภาพของความนุ่ม พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบ๊วย 35 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความนุ่ม ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.97

$$\text{ความหยุ่น (เหนียว)} = 1.35 - 0.0139(\text{น้ำบ๊วย}) \quad R^2 = 0.91$$

แทนค่า f (น้ำบ๊วย) ได้ผลดังนี้

$$f(20) = 1.07$$

$$f(35) = 0.86$$

$$f(50) = 0.65$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำบ๊วยต่อคุณภาพของความหยุ่น (เหนียว) พบว่า อัตราส่วนน้ำบ๊วย 20 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความหยุ่น (เหนียว) ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.07

$$\text{การยอมรับโดยรวม} = -0.36 - 0.033(\text{น้ำ}) - 0.0056(\text{น้ำบ๊วย}) - 0.00023(\text{น้ำ})^2 \quad R^2 = 0.98$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำ, อัตราส่วนน้ำบ๊วย) ได้ผลดังนี้

f (50,20)	= 0.59
f (50,35)	= 0.51
f (50,50)	= 0.42
f (70,20)	= 0.69
f (70,35)	= 0.60
f (70,50)	= 0.52
f (90,20)	= 0.59
f (90,35)	= 0.51
f (90,50)	= 0.42

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย ต่อคุณภาพของการยอมรับโดยรวม พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบ๊วย 20 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของการยอมรับโดยรวม ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.69

นำอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย ที่ได้ในทุกคุณลักษณะมาพิจารณาว่าสัดส่วนใดเข้ากันมากที่สุด เพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 อัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วยที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนน้ำ (กรัม)	อัตราส่วนน้ำบ๊วย (กรัม)
สี	50	20
กลิ่นบ๊วย	70	50
ความเปรี้ยว	-	50
ความนุ่ม	70	35
ความหยุ่น (เหนียว)	-	20
การยอมรับโดยรวม	70	20
ค่าเฉลี่ย	70	20

ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวมถึงอัตราส่วนน้ำและอัตราส่วนน้ำบ๊วย ในระดับที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

อัตราส่วนน้ำ ควรใช้ที่ระดับ 70 กรัม

อัตราส่วนน้ำบ๊วย ควรใช้ที่ระดับ 20 กรัม

2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาล และฟลาโนเจน ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points (ไพโรจน์, 2547) จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำตาล (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนฟลาโนเจน (กรัม)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอัตราส่วนของน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อัตราส่วนน้ำตาล (กรัม)

ระดับต่ำ 20 กรัม

ระดับกลาง 30 กรัม

ระดับสูง 40 กรัม

ปัจจัย B คือ อัตราส่วนฟลาโวนอยด์ (กรัม)

ระดับต่ำ 1.0 กรัม

ระดับกลาง 1.5 กรัม

ระดับสูง 2.0 กรัม

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโวนอยด์

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	แรงเนียน (นิวตัน)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง
1 (1)	78.16 ± 0.62	-0.31 ± 0.04	2.63 ± 0.33	0.17 ± 0.01	2.25 ± 0.01
2 (a)	78.86 ± 0.41	-0.47 ± 0.09	1.82 ± 0.12	0.04 ± 0.02	2.24 ± 0.01
3 (b)	75.66 ± 0.08	-0.27 ± 0.03	4.42 ± 0.10	1.71 ± 0.06	2.30 ± 0.01
4 (ab)	73.35 ± 1.85	-0.55 ± 0.04	3.52 ± 0.42	0.84 ± 0.04	2.28 ± 0.01
5 (Cp ₁)	73.05 ± 0.86	-0.43 ± 0.07	4.31 ± 0.45	0.29 ± 0.04	2.31 ± 0.01
6 (Cp ₂)	72.63 ± 0.36	-0.43 ± 0.10	4.16 ± 0.22	0.29 ± 0.03	2.32 ± 0.00

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาคาสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่วอย เมื่อมีนแปรอัตราส่วนน้ำตาล และอัตราส่วนฟลาโนเจน

สิ่งทดลอง	สี	ความใส	กลิ่นบ๊วย	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความนุ่ม	ความหยุ่น (เหนียว)	การยอมรับรวม
1 (1)	0.77 ± 0.27	1.05 ± 0.12	0.76 ± 0.41	0.89 ± 0.41	0.99 ± 0.42	1.12 ± 0.20	0.67 ± 0.24	0.52 ± 0.14
2 (a)	0.90 ± 0.26	0.93 ± 0.18	0.88 ± 0.32	1.19 ± 0.44	0.87 ± 0.47	1.20 ± 0.31	0.47 ± 0.24	0.40 ± 0.15
3 (b)	0.73 ± 0.24	1.01 ± 0.11	0.80 ± 0.30	0.95 ± 0.20	0.80 ± 0.28	1.00 ± 0.23	1.05 ± 0.29	0.63 ± 0.13
4 (ab)	1.11 ± 0.24	0.77 ± 0.29	0.74 ± 0.29	1.04 ± 0.36	0.69 ± 0.29	0.96 ± 0.21	1.06 ± 0.23	0.56 ± 0.17
5 (Cp ₁)	0.99 ± 0.26	0.86 ± 0.23	0.85 ± .37	1.06 ± 0.30	0.89 ± 0.20	1.02 ± 1.04	0.83 ± 0.16	0.55 ± 0.19
6 (Cp ₂)	0.97 ± 0.16	0.83 ± 0.18	0.89 ± 0.31	1.07 ± 0.20	0.91 ± 0.19	1.05 ± 0.10	0.82 ± 0.27	0.56 ± 0.12

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Mean ideal ratio scores ± Standard deviation)

ตารางที่ 17 แสดงให้เห็นถึงค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ได้ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เมื่อแปรรูปการใช้อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 72.63 – 78.86 ค่าสี a* (สีเขียว – แดง) มีค่าอยู่ในช่วง (-0.27) – (-0.55) สิ่งทดลองที่มีค่า a* สูงสุดหรือมีสีเขียวมากมีระดับการใช้อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนสูงที่สุด ค่าสี b* (สีน้ำเงิน - เหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง 1.82 – 4.42 ค่าแรงเค็มน มีค่าอยู่ในช่วง 0.04 – 1.71 สำหรับค่าความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 2.24 – 2.32

เมื่อพิจารณาโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า ระดับการใช้อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ และเคมีดังกล่าว

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสมาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับระดับของอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนน้ำบ๊วย พบว่า อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนน้ำบ๊วย ที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงในรูปแบบการ (Coded equation) ดังแสดงในตารางที่ 19

นางสาวกัญญาพร หงษ์ทอง

ตารางที่ 19 สมการแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ เยลลี่บัวบ เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน

สมการ (Coded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$72.84 - 2.003(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.753(\text{น้ำตาล})(\text{ฟลาโนเจน}) + 3.668(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.98
ค่าสี a*	$-0.41 - 0.11(\text{น้ำตาล})$	0.90
ค่าสี b*	$4.235 - 0.428(\text{น้ำตาล}) + 0.873(\text{ฟลาโนเจน}) - 1.138(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.99
คุณลักษณะทางเคมี		
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	$2.315 + 0.0225(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.0475(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.94
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
ความหวาน	$1.03 + 0.098(\text{น้ำตาล}) - 0.053(\text{น้ำตาล})(\text{ฟลาโนเจน})$	0.91
ความเปรี้ยว	$0.9 - 0.058(\text{น้ำตาล}) - 0.093(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.063(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.99
ความนุ่ม	$1.0583 - 0.09(\text{ฟลาโนเจน})$	0.84
ความหยุ่น (เหนียว)	$0.8167 + 0.243(\text{ฟลาโนเจน})$	0.92
การยอมรับโดยรวม	$0.53 - 0.047(\text{น้ำตาล}) + 0.067(\text{ฟลาโนเจน})$	0.94

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษา กับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ค่า R² จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 สมการถดถอยหาค่าของคุณลักษณะด้านต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน

สมการ (Decoded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$105.08 - 0.225(\text{น้ำตาล}) - 43.504(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.15(\text{น้ำตาล})(\text{ฟลาโนเจน}) + 14.67(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.98
ค่าสี a*	$-0.08 - 0.011(\text{น้ำตาล})$	0.90
ค่าสี b*	$-7.342 - 0.0428(\text{น้ำตาล}) + 15.402(\text{ฟลาโนเจน}) - 4.552(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.99
คุณลักษณะทางเคมี		
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	$1.82 + 0.615(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.19(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.94
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
ความหวาน	$0.259 + 0.025(\text{น้ำตาล}) + 0.318(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.00106(\text{น้ำตาล})(\text{ฟลาโนเจน})$	0.91
ความเปรี้ยว	$0.786 - 0.0058(\text{น้ำตาล}) - 0.57(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.252(\text{ฟลาโนเจน})^2$	0.99
ความนุ่ม	$1.328 - 0.18(\text{ฟลาโนเจน})$	0.84
ความหยุ่น (เหนียว)	$0.087 + 0.486(\text{ฟลาโนเจน})$	0.92
การยอมรับโดยรวม	$0.476 - 0.0047(\text{น้ำตาล}) + 0.135(\text{ฟลาโนเจน})$	0.94

จากตารางที่ 20 พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ค่าสี L ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน รวมถึงความสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน และอัตราส่วนฟลาโนเจนในรูปสมการยกกำลังสอง

ค่าสี a* ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาล

ค่าสี b* ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน รวมถึงอัตราส่วนฟลาโนเจนในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L, ค่าสี a* และค่าสี b*

คุณลักษณะทางเคมี ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนฟลาโนเจน รวมถึงอัตราส่วนฟลาโนเจนในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งอัตราส่วนฟลาโนเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด - ด่าง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ ความหวาน ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 21

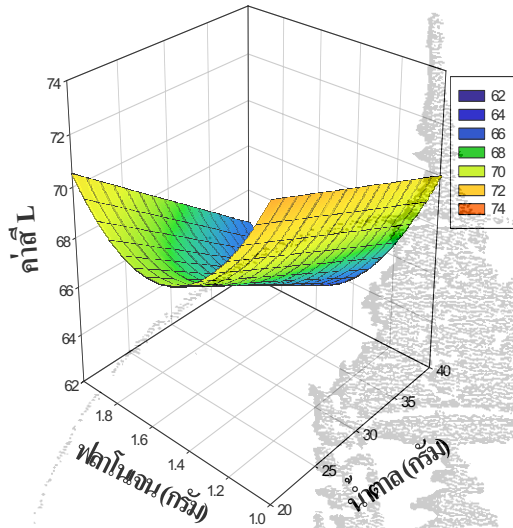
ความเปรี้ยว พบว่าขึ้นอยู่กับขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน รวมถึงอัตราส่วนฟลาโนเจนในรูปสมการยกกำลังสอง จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 1 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 22

ความนุ่ม พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนฟลาโนเจน จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 23

ความหยุ่น (เหนียว) พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนฟลาโนเจน จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 24

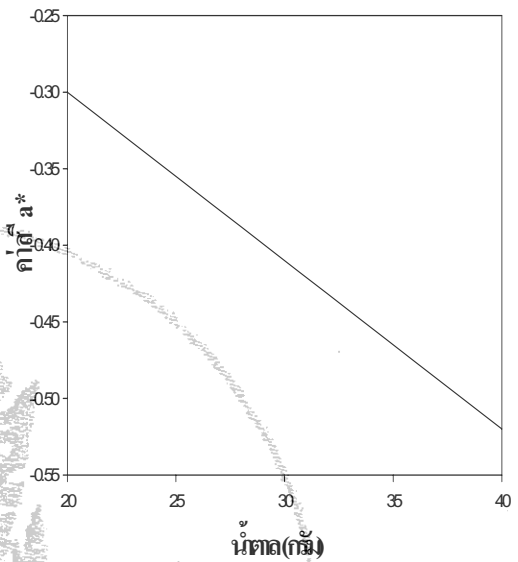
การยอมรับโดยรวม พบว่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 25

ค่าสี L = 105.08(น้ำตาล) - 43.504(ฟลาโนเจน) - 0.15(น้ำตาล)(ฟลาโนเจน) + 14.67(ฟลาโนเจน)² R²=0.98



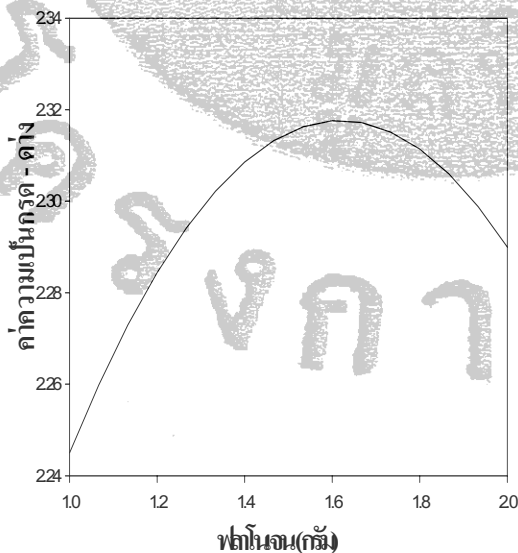
ภาพที่ 17 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

ค่าสี a* = -0.08 - 0.011(น้ำตาล) R²=0.90



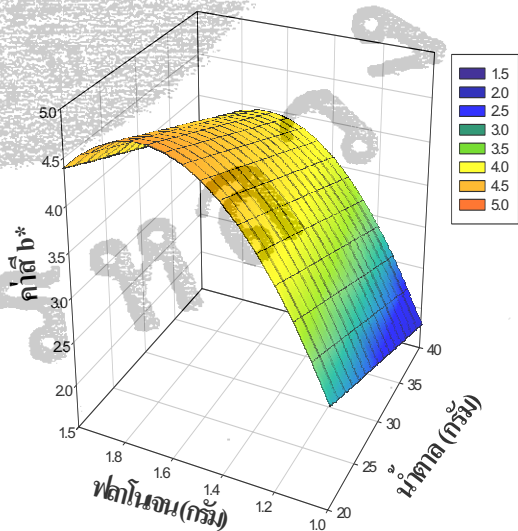
ภาพที่ 18 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

pH = 1.82 + 0.615(ฟลาโนเจน) - 0.19(ฟลาโนเจน)² R²=0.99



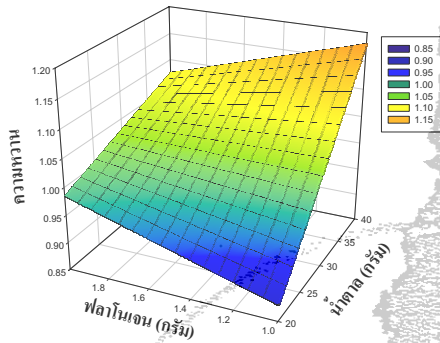
ภาพที่ 19 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความเป็นกรด - ต่าง เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

ค่าสี b* = -7.342 - 0.0428(น้ำตาล) + 15.402(ฟลาโนเจน) - 4.552(ฟลาโนเจน)² R²=0.99

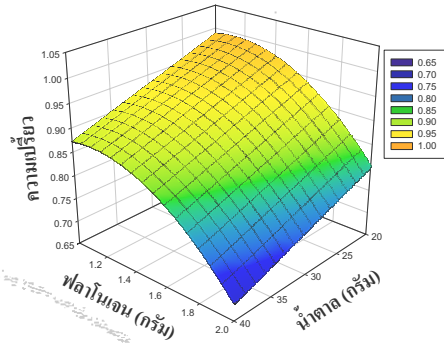


ภาพที่ 20 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

ความหวาน = 0.259 + 0.025(น้ำตาล) + 0.318(ฟลาโนเจน) - 0.00106 (น้ำตาล)(ฟลาโนเจน) R²=0.91



ความเปรี้ยว = 0.786 - 0.0058(น้ำตาล) - 0.57(ฟลาโนเจน) - 0.252 (ฟลาโนเจน)² R²=0.99

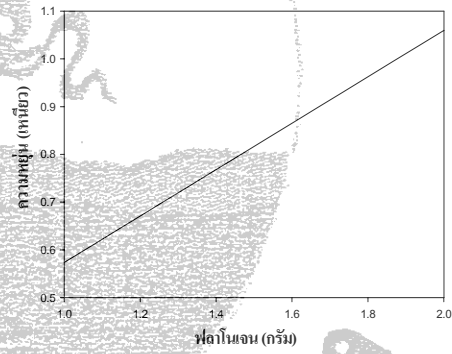
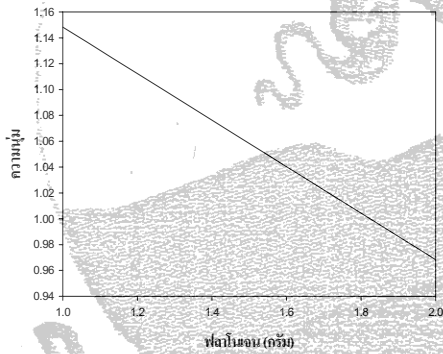


ภาพที่ 21 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวาน เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ภาพที่ 22 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความเปรี้ยว เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ความนุ่ม = 1.328 - 0.18(ฟลาโนเจน) R²=0.84

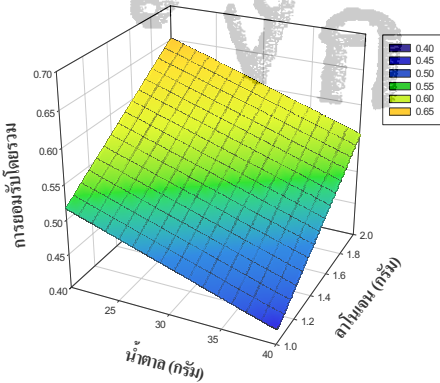
ความหยุ่น = 0.087 + 0.486(ฟลาโนเจน) R²=0.92



ภาพที่ 23 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความนุ่ม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

ภาพที่ 24 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหยุ่น เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาล และฟลาโนเจนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

การยอมรับโดยรวม = 0.476 - 0.0047(น้ำตาล) + 0.135 (ฟลาโนเจน) R²=0.94



ภาพที่ 25 กราฟพื้นที่การตอบสนองของการยอมรับโดยรวม เมื่อผันแปรอัตราส่วนน้ำตาลและฟลาโนเจนของเยลลี่บ๊วย

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ซึ่งทำได้โดยการนำอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ในช่วงที่ทำการศึกษาค้นคว้าในสมการที่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถดถอยแล้ว เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละคุณลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณลักษณะที่ทำการถดถอยแล้วนำมาแทนค่าอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

$$\text{ความหวาน} = 0.259 + 0.025(\text{น้ำตาล}) + 0.318(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.00106(\text{น้ำตาล})(\text{ฟลาโนเจน}) \quad R^2 = 0.91$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำตาล , อัตราส่วนฟลาโนเจน) ได้ผลดังนี้

$$f(20,1) = 0.87$$

$$f(20,1.5) = 0.93$$

$$f(20,2) = 0.98$$

$$f(30,1) = 1.03$$

$$f(30,1.5) = 1.03$$

$$f(30,2) = 1.03$$

$$f(40,1) = 1.18$$

$$f(40,1.5) = 1.12$$

$$f(40,2) = 1.07$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ต่อคุณภาพของความหวาน พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความหวาน ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.98

$$\text{ความเปรี้ยว} = 0.786 - 0.0058(\text{น้ำตาล}) - 0.57(\text{ฟลาโนเจน}) - 0.252(\text{ฟลาโนเจน})^2 \quad R^2 = 0.99$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำตาล , อัตราส่วนฟลาโนเจน) ได้ผลดังนี้

f (20,1)	= 0.98
f (20,1.5)	= 0.95
f (20,2)	= 0.80
f (30,1)	= 0.93
f (30,1.5)	= 0.90
f (30,2)	= 0.74
f (40,1)	= 0.87
f (40,1.5)	= 0.84
f (40,2)	= 0.68

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ต่อคุณภาพของความเปรี้ยว พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 1 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความเปรี้ยว ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.98

ความนุ่ม = $1.328 - 0.18(\text{ฟลาโนเจน})$

$R^2 = 0.84$

แทนค่า f (ฟลาโนเจน) ได้ผลดังนี้

$$f(1) = 1.14$$

$$f(1.5) = 1.05$$

$$f(2) = 0.96$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนฟลาโนเจนต่อคุณภาพของความนุ่ม พบว่า อัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความนุ่ม ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.96

ความหยุ่น (เหนียว) = $0.087 + 0.486(\text{ฟลาโนเจน})$

$R^2 = 0.92$

แทนค่า f (ฟลาโนเจน) ได้ผลดังนี้

$$f(1) = 0.57$$

$$f(1.5) = 0.81$$

$$f(2) = 1.06$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนฟลาโนเจนต่อคุณภาพของความหยุ่น (เหนียว) พบว่า อัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของความหยุ่น (เหนียว) ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.06

$$\text{การยอมรับโดยรวม} = 0.476 - 0.0047(\text{น้ำตาล}) + 0.135(\text{ฟลาโนเจน}) \quad R^2 = 0.94$$

แทนค่า f (อัตราส่วนน้ำตาล , อัตราส่วนฟลาโนเจน) ได้ผลดังนี้

$$f(20,1) = 0.51$$

$$f(20,1.5) = 0.58$$

$$f(20,2) = 0.65$$

$$f(30,1) = 0.46$$

$$f(30,1.5) = 0.53$$

$$f(30,2) = 0.60$$

$$f(40,1) = 0.42$$

$$f(40,1.5) = 0.48$$

$$f(40,2) = 0.55$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ต่อคุณภาพของการยอมรับโดยรวม พบว่า การใช้อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม จะให้ค่าการตอบสนองของการยอมรับโดยรวม ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.65

ภาควิชาการอาหาร

นำอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ที่ได้ในทุกคุณลักษณะมาพิจารณาว่า สัดส่วนใดซ้ำมากที่สุด เพื่อให้ได้อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 อัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจนที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนน้ำตาล (กรัม)	อัตราส่วนฟลาโนเจน (กรัม)
ความหวาน	20	2
ความเปรี้ยว	20	1
ความนุ่ม	-	2
ความหยุ่น (เหนียว)	-	2
การยอมรับโดยรวม	20	2
ค่าเฉลี่ย	20	2

ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวมถึงอัตราส่วนน้ำตาลและอัตราส่วนฟลาโนเจน ในระดับที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

อัตราส่วนน้ำตาล ควรใช้ที่ระดับ 20 กรัม

อัตราส่วนฟลาโนเจน ควรใช้ที่ระดับ 2 กรัม

ตอนที่ 3 การศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ผลของการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยตามกระบวนการที่สรุปได้จากการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 นำผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่ได้ไปศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ซึ่งภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

สิ่งทดลอง	ชนิดของภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิที่เก็บรักษา (องศาเซลเซียส)
1	ภาชนะโปร่งแสง	4
2	ภาชนะทึบแสง	4
3	ภาชนะโปร่งแสง	25
4	ภาชนะทึบแสง	25
5	ภาชนะโปร่งแสง	37
6	ภาชนะทึบแสง	37

บรรจุเยลลี่บ๊วยในถ้วยพลาสติกชนิดโปร่งแสง ที่แสงสามารถผ่านได้ และถ้วยพลาสติกชนิดทึบแสง น้ำหนัก 80 กรัม ต่อถ้วย จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่กำหนดดังตารางที่ 22 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อวันเริ่มต้น และช่วงอายุการเก็บรักษา 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าคุณภาพเริ่มต้นหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่ผลิตตามสูตรและกระบวนการที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 23 และ 24

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย โดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ค่าวิเคราะห์ทางคุณภาพ	ปริมาณที่วิเคราะห์ได้
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี L (ความสว่าง)	48.37 ± 0.13
ค่าสี a* (แดง - เขียว)	7.62 ± 0.36
ค่าสี b* (เหลือง - น้ำเงิน)	19.34 ± 0.61
ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)	5.01 ± 0.05
คุณภาพทางเคมี	
ค่าความเป็นกรด - ต่าง	2.73 ± 0.12
คุณภาพทางจุลชีววิทยา	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu / g)	ไม่พบ
ยีสต์และรา (cfu / g)	ไม่พบ
อีโคไลน์และโคลิฟอร์ม (MPN / g)	ไม่พบ

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โรงเรียนการทอผ้า

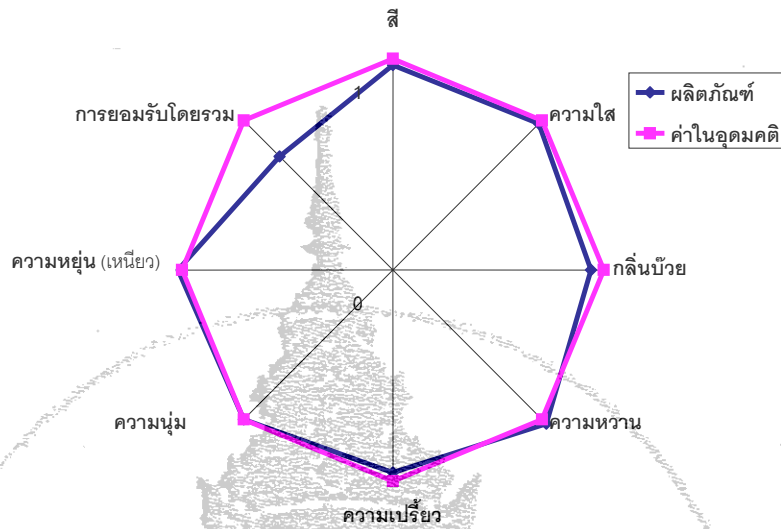
ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส (Mean Ideal Ratio Scores)	ค่าสัดส่วนเฉลี่ย
สีปรากฏ	0.97 ± 0.10
ความใส	0.98 ± 0.06
กลิ่นบ๊วย	0.94 ± 0.20
ความหวาน	1.03 ± 0.05
ความเปรี้ยว	0.96 ± 0.07
ความนุ่ม	1.00 ± 0.06
ความหยุ่น (เหนียว)	1.02 ± 0.04
การยอมรับโดยรวม	0.76 ± 0.13

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Mean ideal ratio scores ± Standard deviation)

นำค่าคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่วิเคราะห์ได้ มาสร้างกราฟค่าโครงผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่ผลิตด้วยสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 กราฟเค้าโครงผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัวที่ผลิตจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลสรุปการศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัว

ผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัว เป็นผลิตรภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำสูง จึงเสื่อมเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้แสงและอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสี และค่าความเป็นกรด - ด่าง เป็นต้น

จากผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัว พบว่า ผลิตรภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 37 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า ผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัวมีการเปลี่ยนแปลงด้านสีปรากฏ เนื้อสัมผัส และเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัวมีลักษณะที่ไม่สามารถบริโภคได้ ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา ดังนั้นผลการทดลองการเก็บรักษาผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัวจึงไม่มีข้อมูลที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 37 องศาเซลเซียส

การศึกษาชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตรภัณฑ์เยลลี่บัวทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยา ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 25 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 27 พบว่า อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 25 ผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 28 พบว่า อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง

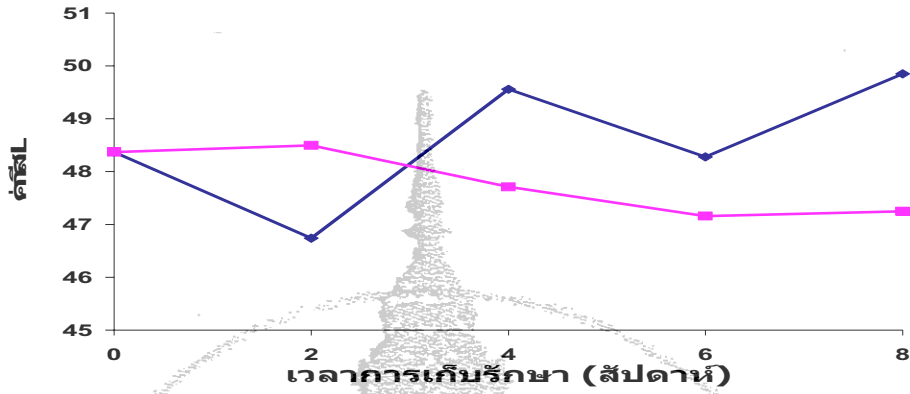
เมื่อเปรียบเทียบค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 29 พบว่า ไม่มีผลทำให้ค่าสี L (ความสว่าง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าความสว่าง

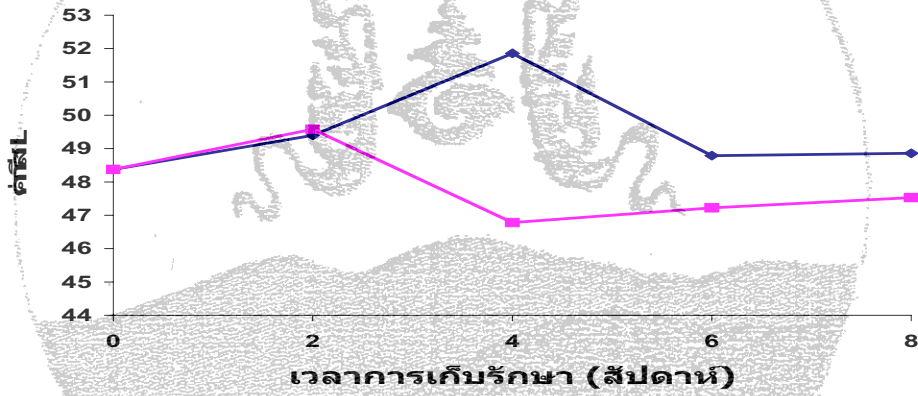
ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่วุ้นในระหว่างการผลิตเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาวะบรรจุ	ค่าสี L (ความสว่าง)						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	48.37 ± 0.13	46.74 ± 0.08	49.56 ± 0.52	48.28 ± 0.41	49.85 ± 0.20	48.59 ± 1.23	
25 °C	48.37 ± 0.13	48.50 ± 0.20	47.71 ± 0.05	47.16 ± 0.09	47.25 ± 0.19	47.80 ± 0.62	
เฉลี่ย	48.37 ± 0.13	47.62 ± 1.24	48.64 ± 1.31	47.72 ± 0.79	48.55 ± 1.84		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	48.37 ± 0.13	49.40 ± 0.10	51.86 ± 0.83	48.79 ± 0.07	48.86 ± 0.22	49.46 ± 1.39	
25 °C	48.37 ± 0.13	49.58 ± 0.42	46.78 ± 0.00	47.22 ± 0.07	47.53 ± 0.05	47.90 ± 1.11	
เฉลี่ย	48.37 ± 0.13	49.49 ± 0.13	19.32 ± 3.59	48.01 ± 1.11	48.20 ± 0.94		

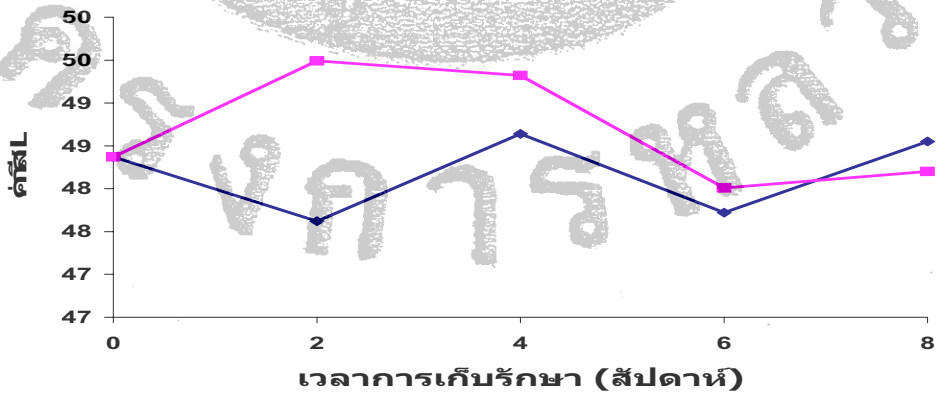
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 27 และ 28 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 29 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* (เขียว - แดง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* (เขียว - แดง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงในตารางที่ 26 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 30 พบว่า อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี a^* (เขียว - แดง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* (เขียว - แดง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงในตารางที่ 26 ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 31 พบว่า อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี a^* (เขียว - แดง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง

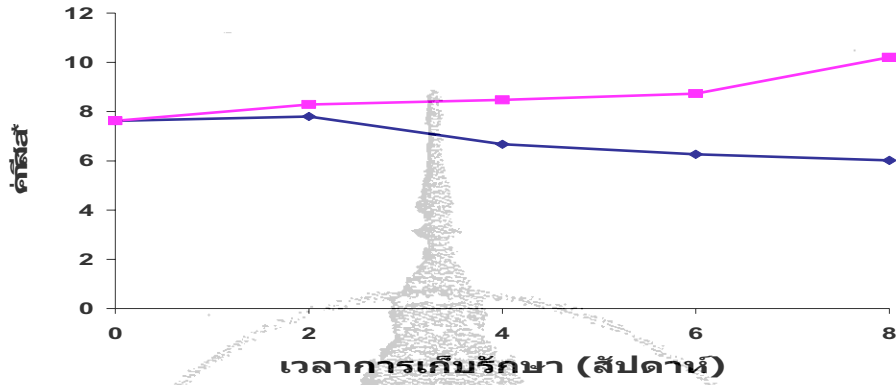
เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a^* (เขียว - แดง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 32 พบว่า ไม่มีผลทำให้ค่าสี a^* (เขียว - แดง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะการทดลอง

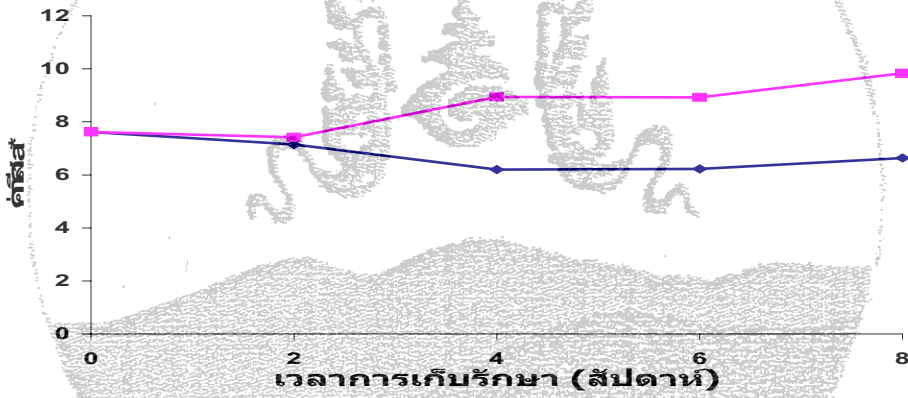
ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า α^* (เขียว - แดง) ของผลิตภัณฑ์เคลือบผิวในระหว่างการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาวะบรรจุ	เริ่มต้น	ค่า α^* (เขียว - แดง)					เฉลี่ย
		อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	
ภาวะโปร่งแสง							
4 °C	7.62 ± 0.36	7.80 ± 0.07	6.67 ± 0.17	6.26 ± 0.13	6.01 ± 0.15	6.87 ± 0.80	
25 °C	7.62 ± 0.36	8.28 ± 0.15	8.47 ± 0.05	8.72 ± 0.17	10.20 ± 0.03	8.66 ± 0.95	
เฉลี่ย	7.62 ± 0.36	8.04 ± 0.34	7.57 ± 1.27	7.47 ± 1.74	8.11 ± 2.96		
ภาวะทึบแสง							
4 °C	7.62 ± 0.36	7.15 ± 0.22	6.20 ± 0.26	6.23 ± 0.07	6.64 ± 0.20	6.77 ± 0.61	
25 °C	7.62 ± 0.36	7.42 ± 0.18	8.94 ± 0.04	8.92 ± 0.14	9.84 ± 0.04	8.55 ± 1.01	
เฉลี่ย	7.62 ± 0.36	7.29 ± 0.19	7.57 ± 1.94	7.58 ± 1.90	8.24 ± 2.26		

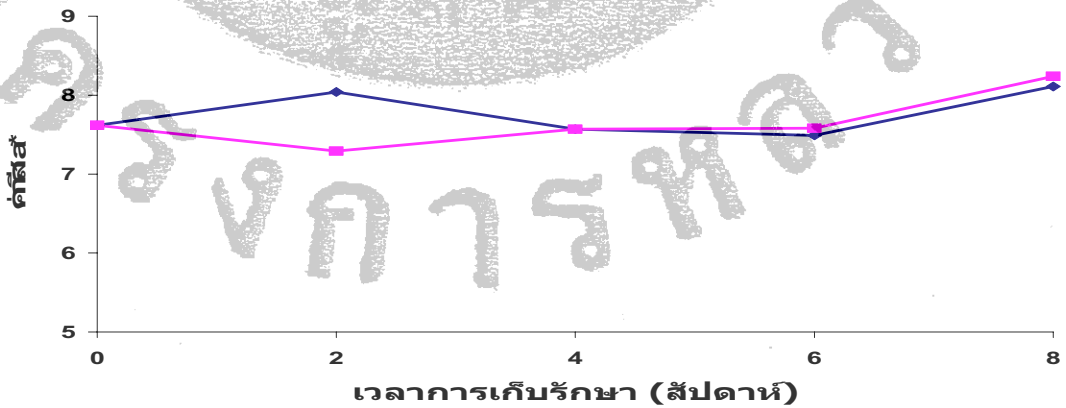
หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 31 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 30 และ 31 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 32 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* (เหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 27 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 33 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 27 ผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 34 พบว่า อุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

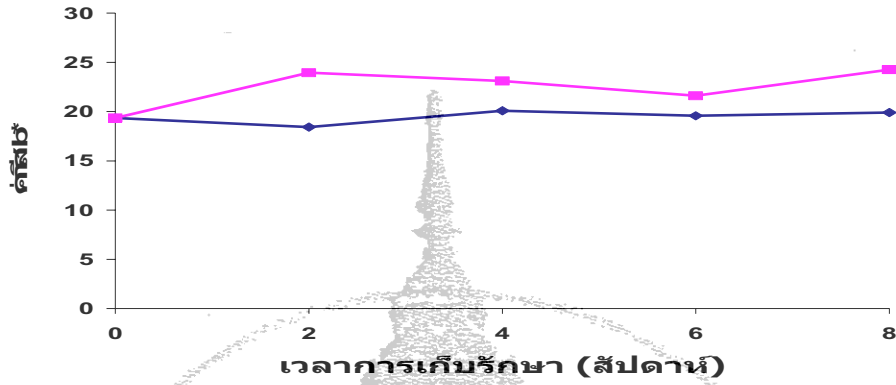
เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 35 พบว่า ไม่มีผลทำให้ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภา
ค
ง
ก
า
ร
ท
ด
ว
า
ง

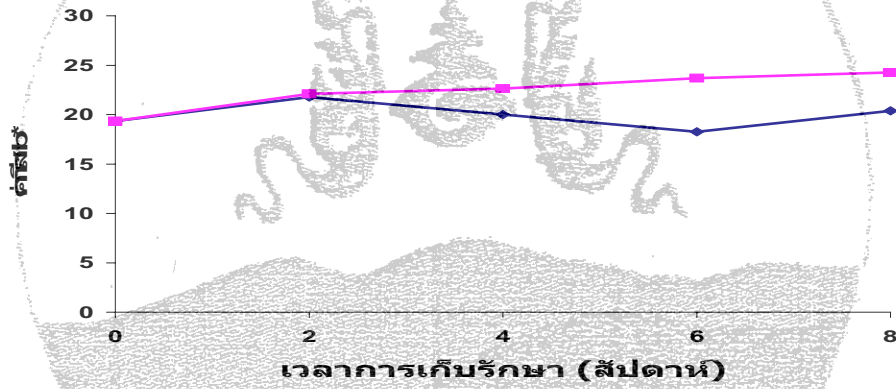
ตารางที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* (น้ำเงิน - เหลือง) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญในระหว่างการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ค่า b^* (น้ำเงิน - เหลือง)						เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์		
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	19.34 ± 0.61	18.42 ± 0.23	20.07 ± 0.75	19.56 ± 0.35	19.88 ± 0.75	19.45 ^b ± 0.64	
25 °C	19.34 ± 0.61	23.93 ± 0.51	23.09 ± 0.05	21.59 ± 0.15	24.24 ± 0.42	22.44 ^a ± 2.01	
เฉลี่ย	19.34 ± 0.61	21.18 ± 3.90	21.58 ± 2.14	20.58 ± 1.44	22.06 ± 3.08		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	19.34 ± 0.61	21.76 ± 0.68	20.01 ± 0.81	18.25 ± 0.51	20.37 ± 0.25	19.95 ± 1.30	
25 °C	19.34 ± 0.61	22.10 ± 0.57	22.63 ± 0.05	23.69 ± 0.31	24.27 ± 0.09	22.41 ± 1.91	
เฉลี่ย	19.34 ± 0.61	21.93 ± 0.24	21.32 ± 1.85	20.97 ± 3.85	22.32 ± 2.76		

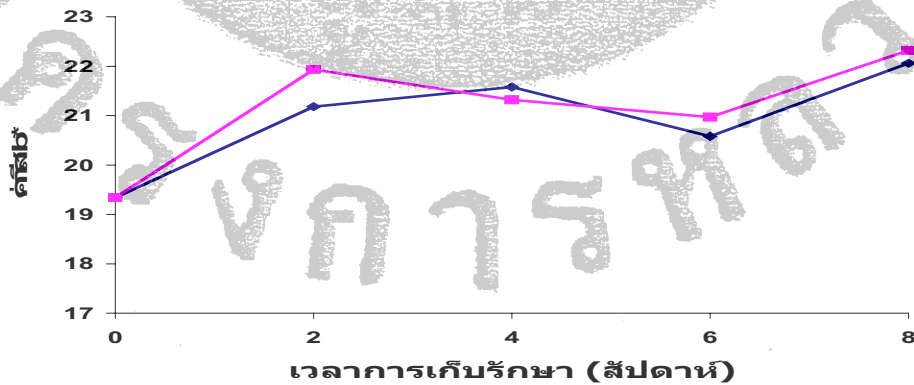
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 33 และ 34 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 35 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บววยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง แสดงในตารางที่ 28 พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าแรงเฉือนจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ค่าแรงเฉือนจะมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้น คือมีค่าเท่ากับ 5.01 นิวตัน และมีค่าต่ำสุดเมื่อสัปดาห์ที่ 6 คือเท่ากับ 2.57 นิวตัน และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 ดังภาพที่ 36

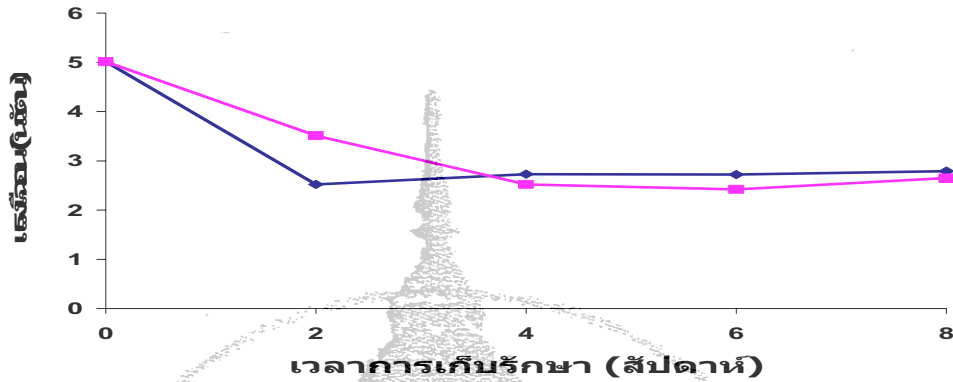
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง แสดงในตารางที่ 28 พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าแรงเฉือนจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ค่าแรงเฉือนจะมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้น คือมีค่าเท่ากับ 5.01 นิวตัน และมีค่าต่ำสุดเมื่อสัปดาห์ที่ 8 คือเท่ากับ 2.52 นิวตัน ดังภาพที่ 37

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์เยลลี่บววย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 38 พบว่า ไม่มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

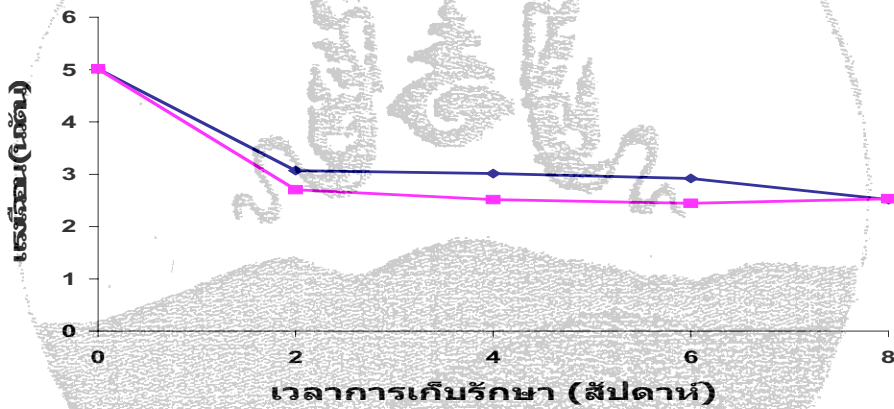
ตารางที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์เคลือบภายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	เริ่มต้น	ค่าแรงเฉือน (นิวตัน)						เฉลี่ย
		อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง								
4 °C	5.01 ± 0.05	2.52 ± 0.03	2.73 ± 0.08	2.72 ± 0.01	2.79 ± 0.02	3.15 ± 1.04		
25 °C	5.01 ± 0.05	3.51 ± 0.07	2.52 ± 0.00	2.42 ± 0.00	2.65 ± 0.02	3.22 ± 1.09		
เฉลี่ย*	5.01 ^a ± 0.05	3.02 ^b ± 0.70	2.63 ^b ± 0.15	2.57 ^b ± 0.21	2.72 ^b ± 0.10			
ภาชนะทึบแสง								
4 °C	5.01 ± 0.05	3.07 ± 0.09	3.01 ± 0.05	2.92 ± 0.04	2.51 ± 0.00	3.30 ± 0.98		
25 °C	5.01 ± 0.05	2.70 ± 0.10	2.51 ± 0.00	2.44 ± 0.04	2.53 ± 0.03	3.04 ± 1.11		
เฉลี่ย*	5.01 ^a ± 0.05	2.89 ^b ± 0.26	2.76 ^b ± 0.35	2.68 ^b ± 0.34	2.52 ^b ± 0.01			

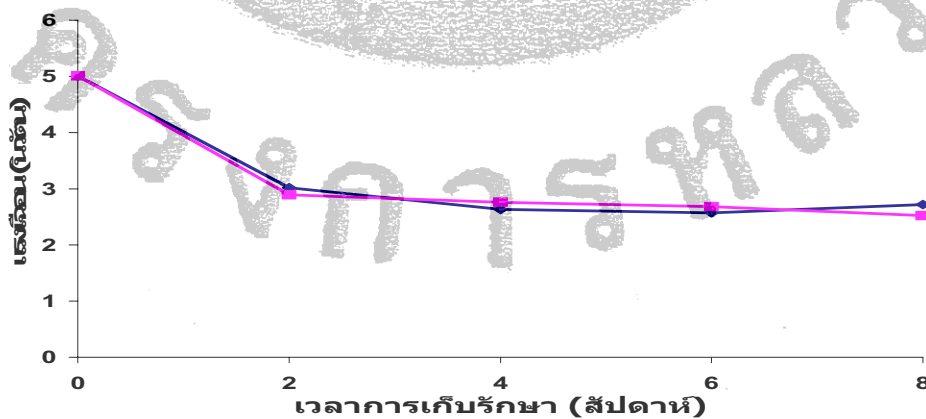
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 36 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 37 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 38 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน (นิวตัน) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 36 และ 37 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 38 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่าง ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง แสดงในตารางที่ 29 พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้น คือมีค่าเท่ากับ 2.73 และมีค่าต่ำสุดเมื่อสัปดาห์ที่ 6 คือเท่ากับ 2.37 และมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีเชื้อจุลินทรีย์เจริญมากขึ้น ดังภาพที่ 39

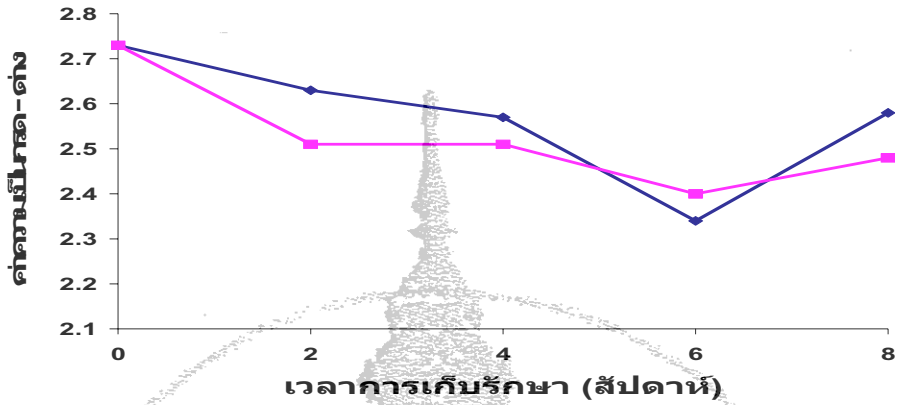
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง แสดงในตารางที่ 29 พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างจะมีค่าสูงสุดเมื่อวันเริ่มต้น คือมีค่าเท่ากับ 2.73 และมีค่าต่ำสุดเมื่อสัปดาห์ที่ 6 คือเท่ากับ 2.36 และมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีเชื้อจุลินทรีย์เจริญมากขึ้น ดังภาพที่ 40

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่างของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 41 พบว่าไม่มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

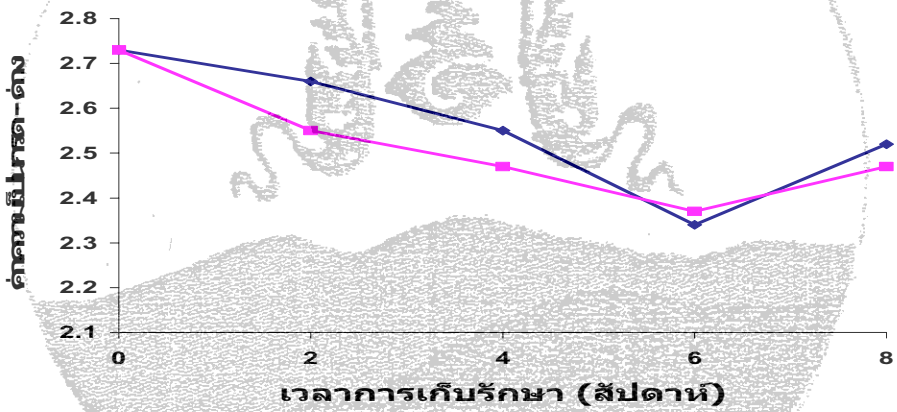
ตารางที่ 29 การเปลี่ยนแปลงค่าความแปรปรวน - ต่างของผลผลิตกักตุนที่เขตลุ่มน้ำในระหว่างการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ค่าความแปรปรวน - ต่าง						เฉลี่ย
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	2.73 ± 0.12	2.63 ± 0.02	2.57 ± 0.01	2.34 ± 0.01	2.58 ± 0.01	2.57 ± 0.14	
25 °C	2.73 ± 0.12	2.51 ± 0.01	2.51 ± 0.01	2.40 ± 0.02	2.48 ± 0.01	2.53 ± 0.12	
เฉลี่ย*	2.73 ^a ± 0.12	2.57 ^b ± 0.08	2.54 ^b ± 0.04	2.37 ^c ± 0.04	2.53 ^b ± 0.07		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	2.73 ± 0.12	2.66 ± 0.01	2.55 ± 0.05	2.34 ± 0.01	2.52 ± 0.03	2.56 ± 0.15	
25 °C	2.73 ± 0.12	2.55 ± 0.05	2.47 ± 0.01	2.37 ± 0.02	2.47 ± 0.01	2.52 ± 0.13	
เฉลี่ย*	2.73 ^a ± 0.12	2.61 ^b ± 0.08	2.51 ^b ± 0.06	2.36 ^c ± 0.02	2.50 ^b ± 0.04		

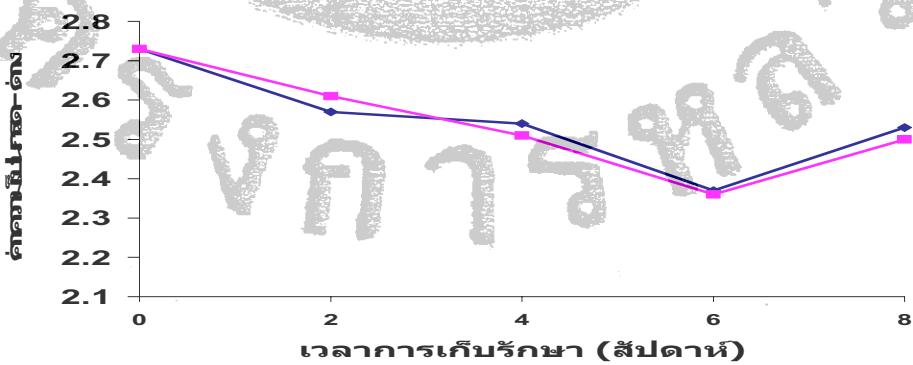
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 40 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 41 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 39 และ 40 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 41 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงในตารางที่ 30 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 42 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านสีปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะด้านสีปรากฏที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยลักษณะด้านสีปรากฏมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.95 ± 0.13

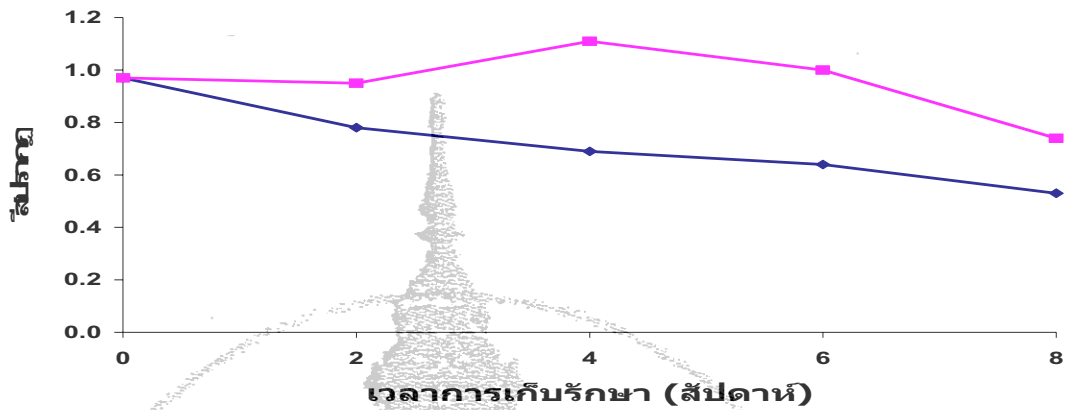
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงในตารางที่ 30 ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 43 พบว่า เวลาการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านสีปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะด้านสีปรากฏที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยลักษณะด้านสีปรากฏมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.97 ± 0.13

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 44 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

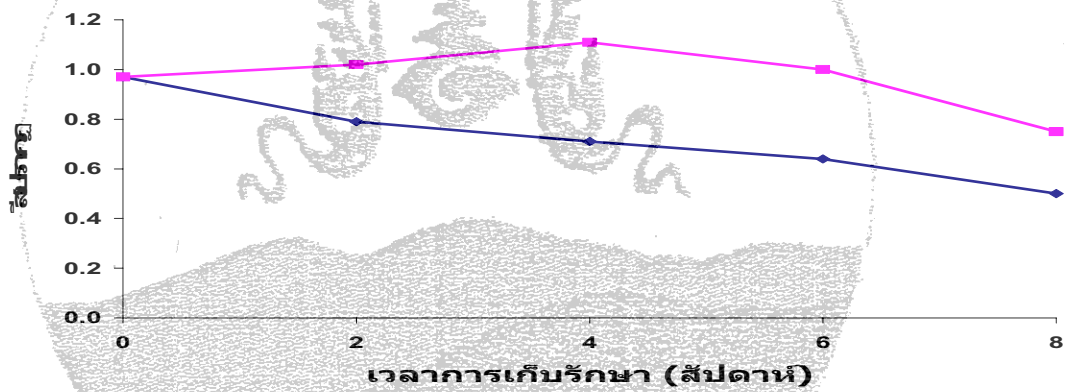
ตารางที่ 30 การเปลี่ยนแปลงทางด้านสีปรากฏของผลิตภัณฑ์เคลือบผิวในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	สีปรากฏ							เฉลี่ย**
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย**	
ภาชนะโปร่งแสง								
4 °C	0.97 ± 0.10	0.78 ± 0.21	0.69 ± 0.28	0.64 ± 0.22	0.53 ± 0.12		0.72 ^b ± 0.17	
25 °C	0.97 ± 0.10	0.95 ± 0.25	1.11 ± 0.21	1.00 ± 0.19	0.74 ± 0.11		0.95 ^a ± 0.13	
เฉลี่ย	0.97 ± 0.10	0.87 ± 0.12	0.90 ± 0.30	0.82 ± 0.25	0.64 ± 0.15			
ภาชนะทึบแสง								
4 °C	0.97 ± 0.10	0.79 ± 0.24	0.71 ± 0.30	0.64 ± 0.27	0.50 ± 0.17		0.72 ^b ± 0.17	
25 °C	0.97 ± 0.10	1.02 ± 0.28	1.11 ± 0.19	1.04 ± 0.18	0.75 ± 0.18		0.97 ^a ± 0.13	
เฉลี่ย	0.97 ± 0.10	0.91 ± 0.16	0.91 ± 0.28	0.82 ± 0.25	0.63 ± 0.18			

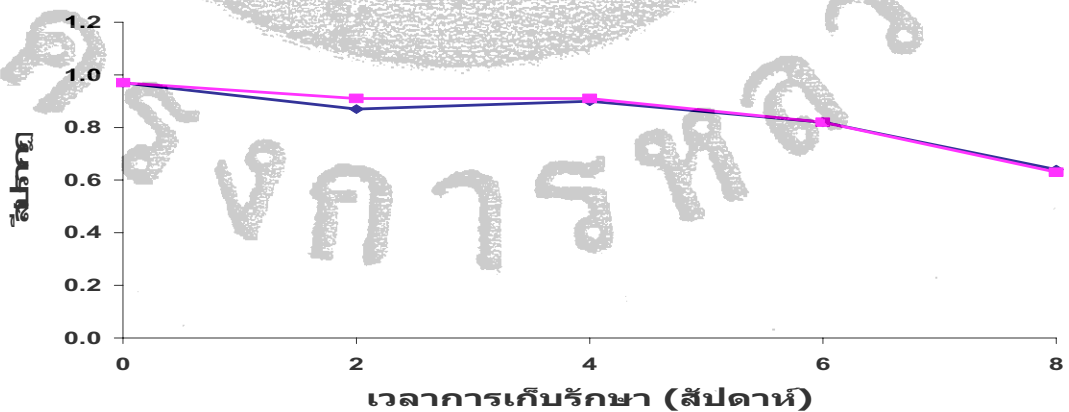
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษซึ่งกำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 42 การเปลี่ยนแปลงด้านสีปรากฏ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 43 การเปลี่ยนแปลงด้านสีปรากฏ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 44 การเปลี่ยนแปลงด้านสีปรากฏ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 42 และ 43 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 44 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความใสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความใสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงในตารางที่ 31 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 45 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความใสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมากกว่า นอกจากนี้ลักษณะด้านความใสจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ลักษณะด้านความใสจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะด้านความใสเฉลี่ยเป็น 0.83 ± 0.12

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความใสของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 31 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 46 พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความใสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมากกว่า นอกจากนี้ลักษณะด้านความใสจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือ ลักษณะด้านความใสจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยผู้บริโภคให้การยอมรับลักษณะด้านความใสเฉลี่ยเป็น 0.87 ± 0.10

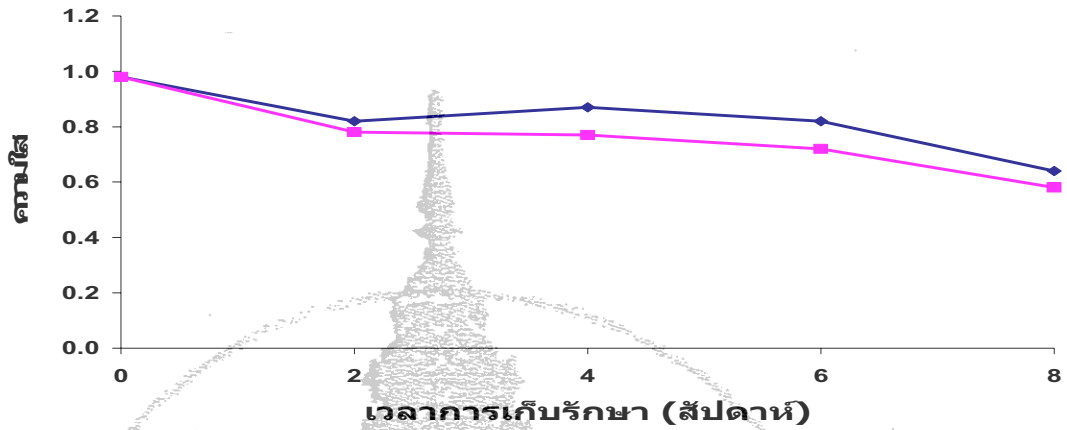
จากการทดลอง พบว่าการเก็บรักษาที่นานขึ้น จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เกิดฟองที่บริเวณผิวหน้า ทำให้ผู้บริโภคสังเกตเห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความชื้นของผลิตภัณฑ์เยลลี่ภายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

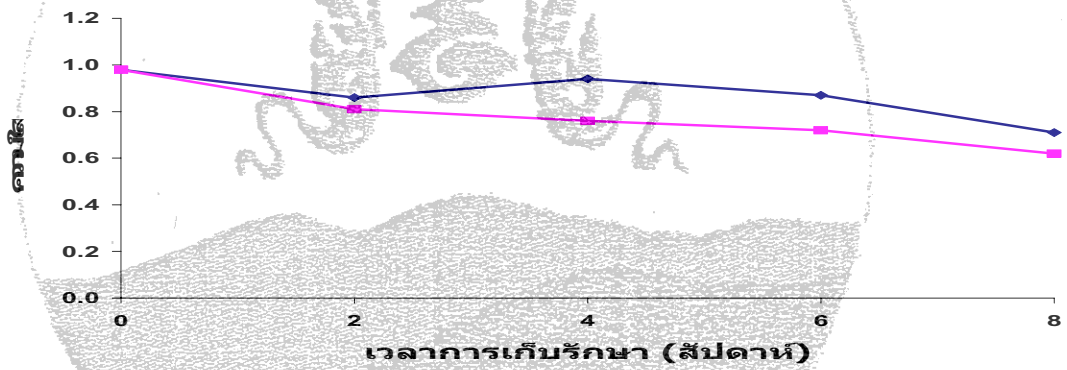
ภาชนะบรรจุ	ความชื้น						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย**	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	0.98 ± 0.06	0.82 ± 0.20	0.87 ± 0.28	0.82 ± 0.26	0.64 ± 0.15	0.83 ^a ± 0.12	
25 °C	0.98 ± 0.06	0.78 ± 0.27	0.77 ± 0.23	0.72 ± 0.24	0.58 ± 0.26	0.77 ^b ± 0.14	
เฉลี่ย*	0.98 ^a ± 0.06	0.80 ^b ± 0.03	0.82 ^b ± 0.07	0.77 ^b ± 0.07	0.61 ^c ± 0.04		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	0.98 ± 0.06	0.86 ± 0.15	0.94 ± 0.27	0.87 ± 0.26	0.71 ± 0.16	0.87 ^a ± 0.10	
25 °C	0.98 ± 0.06	0.81 ± 0.31	0.76 ± 0.24	0.72 ± 0.24	0.62 ± 0.13	0.78 ^b ± 0.13	
เฉลี่ย*	0.98 ^a ± 0.06	0.84 ^b ± 0.04	0.85 ^{ab} ± 0.13	0.80 ^{bc} ± 0.11	0.67 ^c ± 0.06		

* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

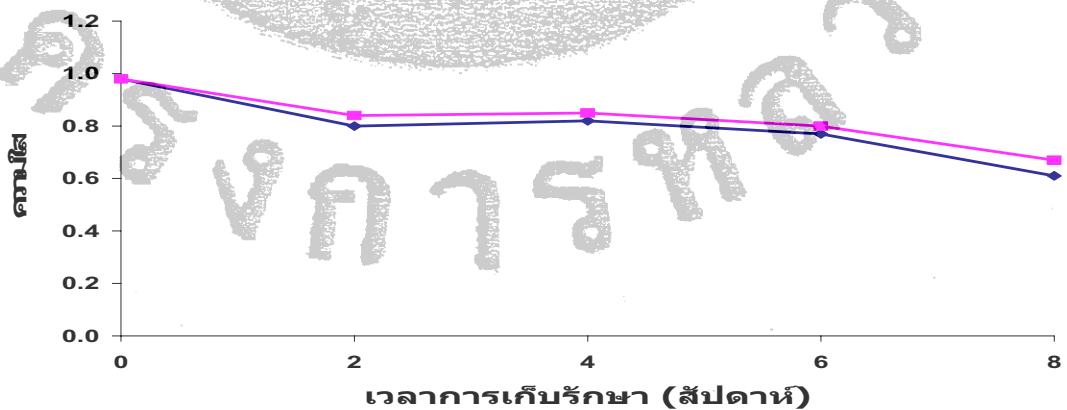
** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 45 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 46 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 47 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 45 และ 46 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 47 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 32 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 48 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.59 ± 0.04

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 32 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 49 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.61 ± 0.04

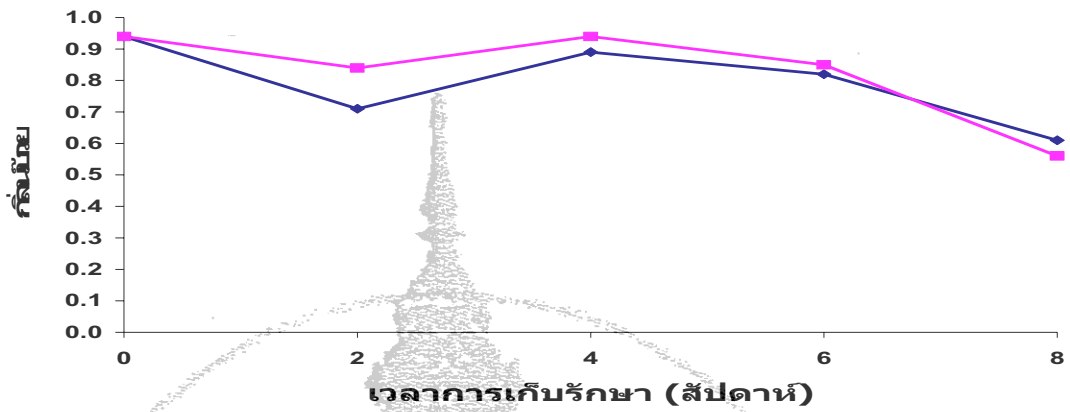
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 50 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านกลิ่นบ๊วยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะบรรจุอาหารพลาสติก

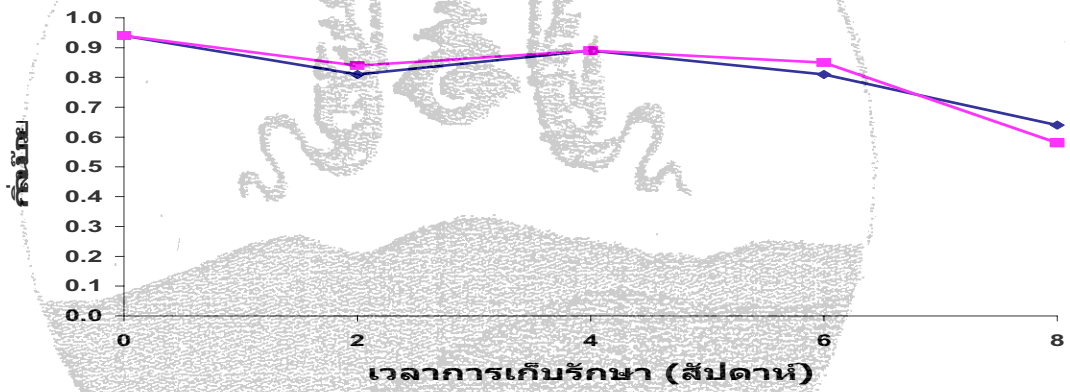
ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์เบคกิ้งบ๊วยในระหว่างการผลิตบ๊วยเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	กลิ่นบ๊วย						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	0.94 ± 0.20	0.71 ± 0.22	0.89 ± 0.14	0.82 ± 0.13	0.61 ± 0.23	0.79 ± 0.13	
25 °C	0.94 ± 0.20	0.84 ± 0.18	0.94 ± 0.24	0.85 ± 0.25	0.56 ± 0.28	0.83 ± 0.16	
เฉลี่ย*	0.94 ^a ± 0.20	0.78 ^b ± 0.09	0.92 ^a ± 0.04	0.84 ^{ab} ± 0.02	0.59 ^c ± 0.04		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	0.94 ± 0.20	0.81 ± 0.18	0.89 ± 0.21	0.81 ± 0.20	0.64 ± 0.24	0.82 ± 0.11	
25 °C	0.94 ± 0.20	0.84 ± 0.18	0.89 ± 0.29	0.85 ± 0.28	0.58 ± 0.21	0.82 ± 0.14	
เฉลี่ย*	0.94 ^a ± 0.20	0.83 ^b ± 0.02	0.89 ^{ab} ± 0.00	0.83 ^b ± 0.03	0.61 ^c ± 0.04		

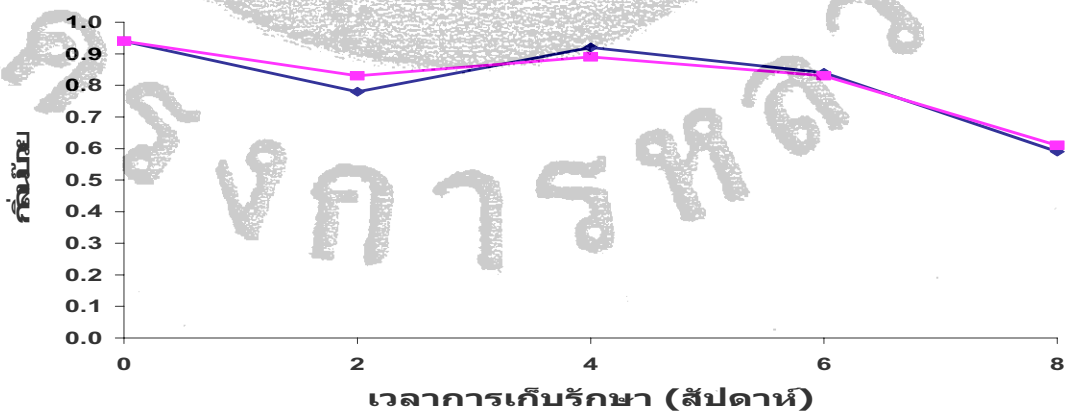
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 48 การเปลี่ยนแปลงด้านกัณษีบวญ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรววจในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 49 การเปลี่ยนแปลงด้านกัณษีบวญ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรววจในภาชนะที่บแสง



ภาพที่ 50 การเปลี่ยนแปลงด้านกัณษีบวญ ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรววจในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะที่บแสง

ภาพที่ 48 และ 49 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 50 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะที่บแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 33 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 51 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความหวานจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือลักษณะด้านความหวานจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยลักษณะด้านความหวาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.79 ± 0.04

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 33 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 52 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความหวานจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือลักษณะด้านความหวานจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยลักษณะด้านความหวาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.79 ± 0.11

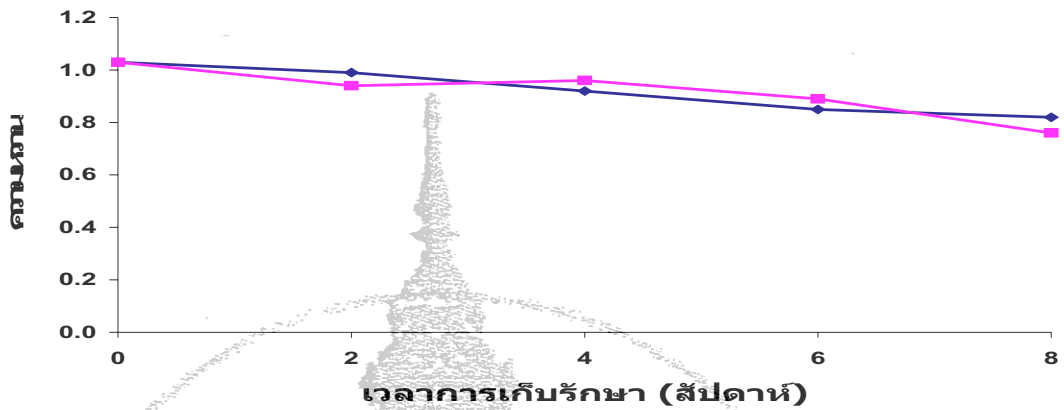
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 53 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านความหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะบรรจุอาหารเหลว

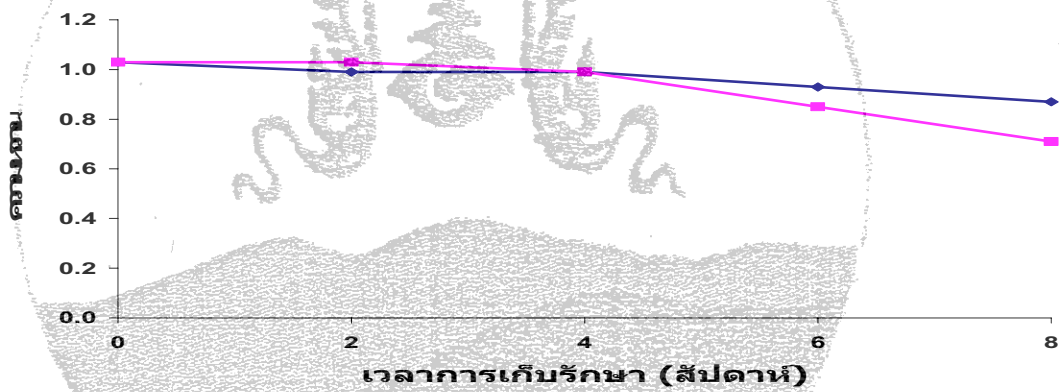
ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหวานของผลิตภัณฑ์เบคคาเรียในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ความหวาน						เฉลี่ย
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	1.03 ± 0.05	0.99 ± 0.14	0.92 ± 0.24	0.85 ± 0.21	0.82 ± 0.25	0.92 ± 0.09	
25 °C	1.03 ± 0.05	0.94 ± 0.33	0.96 ± 0.15	0.89 ± 0.14	0.76 ± 0.13	0.92 ± 0.10	
เฉลี่ย*	1.03 ^a ± 0.05	0.97 ^b ± 0.04	0.94 ^{ab} ± 0.03	0.87 ^{bc} ± 0.03	0.79 ^d ± 0.04		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	1.03 ± 0.05	0.99 ± 0.18	0.99 ± 0.31	0.93 ± 0.29	0.87 ± 0.15	0.96 ± 0.06	
25 °C	1.03 ± 0.05	1.03 ± 0.28	0.99 ± 0.11	0.85 ± 0.13	0.71 ± 0.21	0.92 ± 0.14	
เฉลี่ย*	1.03 ^a ± 0.05	1.01 ^a ± 0.03	0.99 ^a ± 0.00	0.89 ^a ± 0.06	0.79 ^b ± 0.11		

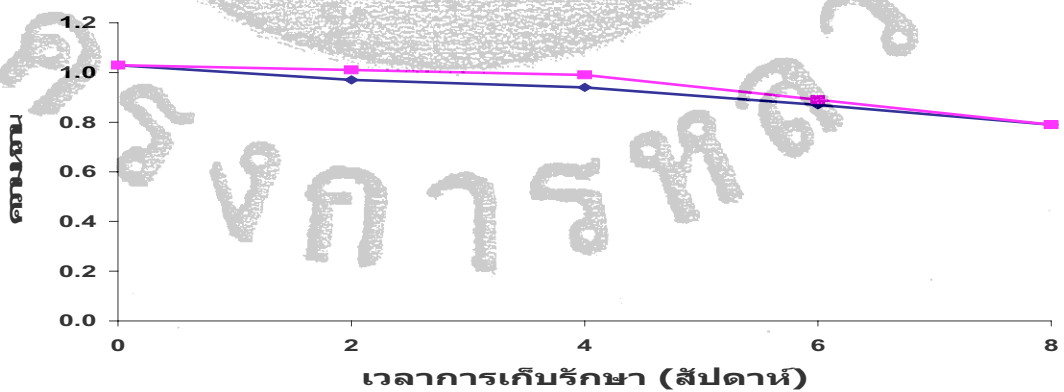
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 51 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 52 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 53 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 51 และ 52 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 53 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงในตารางที่ 34 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 54 พบว่า อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษาไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านความเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย แสดงดังตารางที่ 34 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 55 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความเปรี้ยวมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.79 ± 0.05

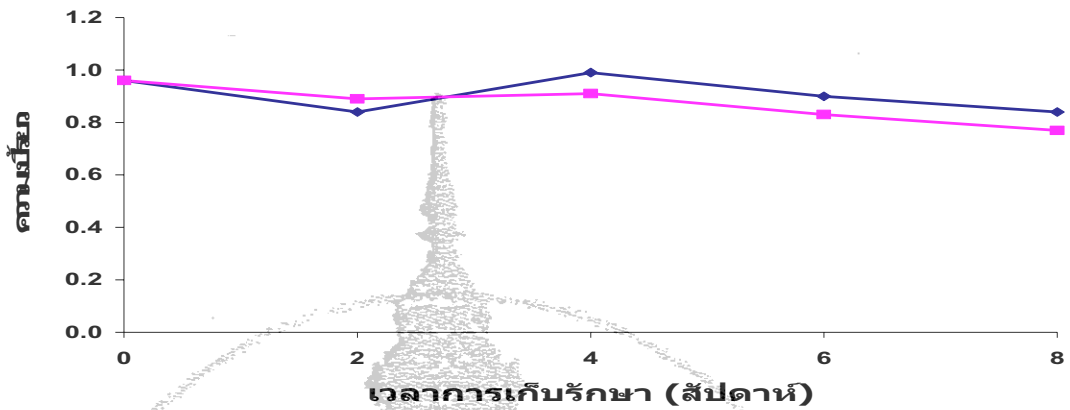
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 56 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านความเปรี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะบรรจุอาหารเหลว

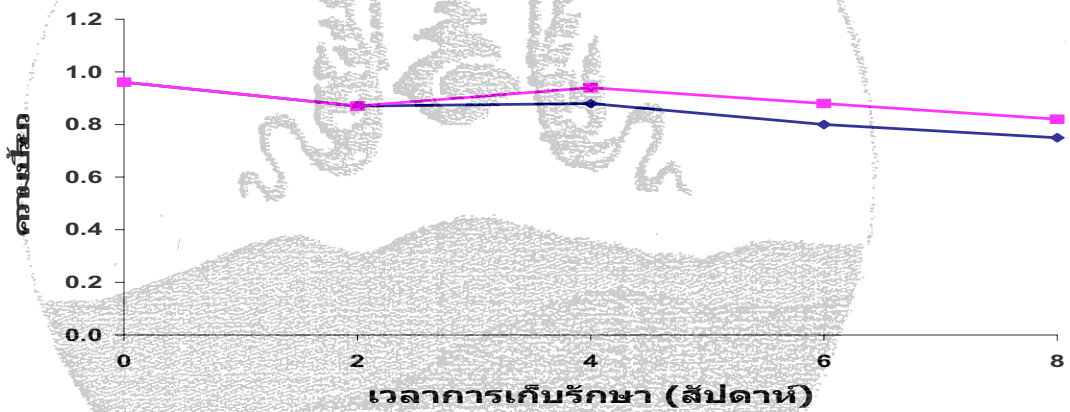
ตารางที่ 34 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เยลลี่ภายในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ความเปรี้ยว						เฉลี่ย
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	0.96 ± 0.07	0.84 ± 0.28	0.99 ± 0.25	0.90 ± 0.28	0.84 ± 0.27	0.91 ± 0.07	
25 °C	0.96 ± 0.07	0.89 ± 0.19	0.91 ± 0.15	0.83 ± 0.15	0.77 ± 0.16	0.87 ± 0.07	
เฉลี่ย*	0.96 ± 0.07	0.87 ± 0.04	0.95 ± 0.06	0.87 ± 0.05	0.81 ± 0.05		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	0.96 ± 0.07	0.87 ± 0.34	0.88 ± 0.26	0.80 ± 0.26	0.75 ± 0.14	0.85 ± 0.08	
25 °C	0.96 ± 0.07	0.87 ± 0.20	0.94 ± 0.15	0.88 ± 0.14	0.82 ± 0.15	0.89 ± 0.06	
เฉลี่ย*	0.96 ^a ± 0.07	0.87 ^b ± 0.00	0.91 ^{ab} ± 0.04	0.84 ^{bc} ± 0.06	0.79 ^c ± 0.05		

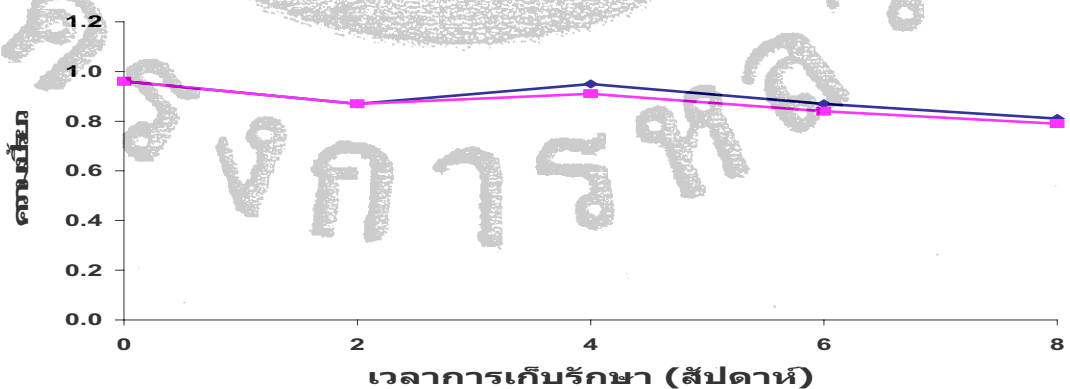
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 54 การเปลี่ยนแปลงด้านความเปรี้ยว ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 55 การเปลี่ยนแปลงด้านความเปรี้ยว ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 56 การเปลี่ยนแปลงด้านความเปรี้ยว ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 54 และ 55 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 56 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ แสดงดังตารางที่ 35 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 57 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความนุ่มจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือลักษณะด้านความนุ่มจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น โดยลักษณะด้านความนุ่มมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.62 ± 0.01

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ แสดงดังตารางที่ 35 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 58 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความนุ่มจะแปรตามระยะเวลาการเก็บรักษา คือลักษณะด้านความนุ่มจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ลักษณะด้านความนุ่มมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.63 ± 0.01

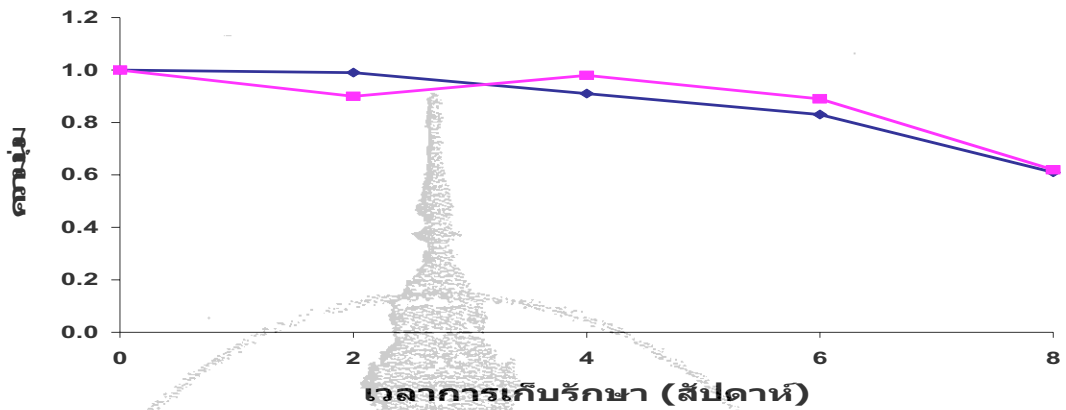
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 59 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านความนุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะการทดลอง

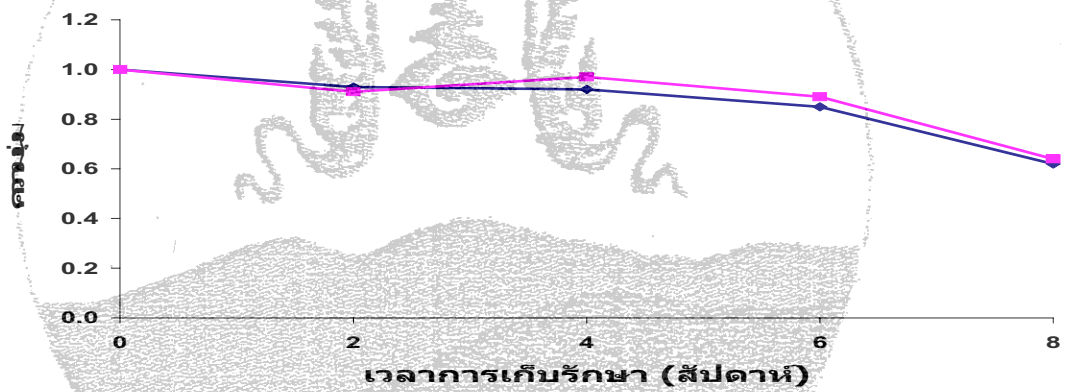
ตารางที่ 35 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์เคลือบภายในระหว่างการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ความหนืด						
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	1.00 ± 0.06	0.99 ± 0.22	0.91 ± 0.19	0.83 ± 0.18	0.61 ± 0.16	0.87 ± 0.16	
25 °C	1.00 ± 0.06	0.90 ± 0.26	0.98 ± 0.14	0.89 ± 0.15	0.62 ± 0.24	0.88 ± 0.15	
เฉลี่ย*	1.00 ^a ± 0.06	0.95 ^{ab} ± 0.06	0.95 ^{ab} ± 0.05	0.86 ^b ± 0.04	0.62 ^c ± 0.01		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	1.00 ± 0.06	0.93 ± 0.10	0.92 ± 0.15	0.85 ± 0.15	0.62 ± 0.14	0.86 ± 0.15	
25 °C	1.00 ± 0.06	0.91 ± 0.22	0.97 ± 0.20	0.89 ± 0.21	0.64 ± 0.26	0.88 ± 0.14	
เฉลี่ย*	1.00 ^a ± 0.06	0.92 ^{bc} ± 0.01	0.95 ^{ab} ± 0.04	0.87 ^c ± 0.03	0.63 ^d ± 0.01		

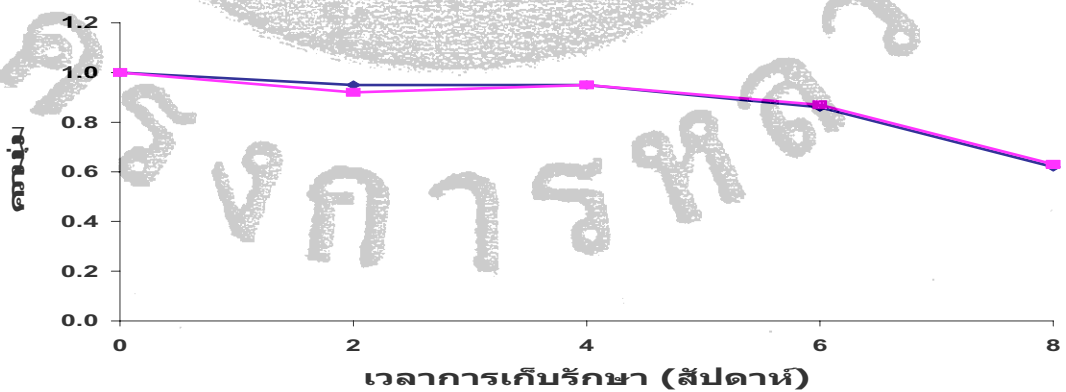
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 57 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 58 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 59 การเปลี่ยนแปลงด้านความชื้น ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัววยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 57 และ 58 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C

ภาพที่ 59 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยแสดงดังตารางที่ 36 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 60 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) ค่าเฉลี่ยเป็น 0.74 ± 0.12

การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยแสดงดังตารางที่ 36 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 61 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.76 ± 0.05

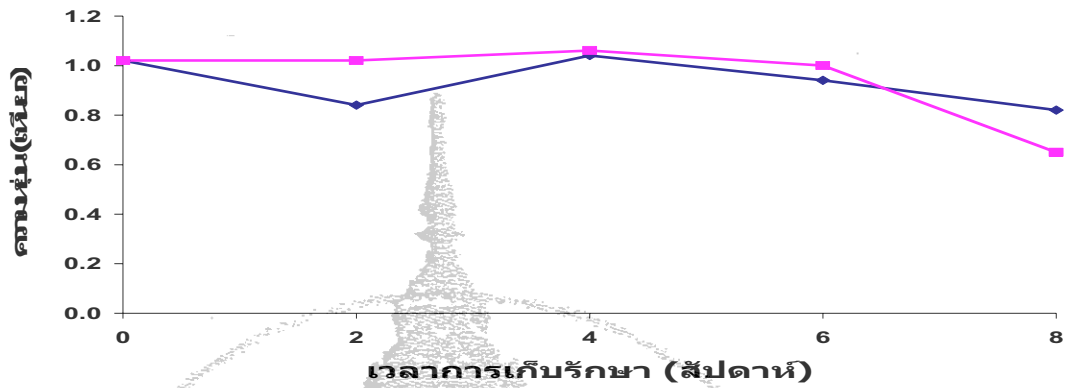
เมื่อเปรียบเทียบลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 62 พบว่า ไม่มีผลทำให้ลักษณะด้านความหยุ่น (เหนียว) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะบรรจุอาหารเหลว

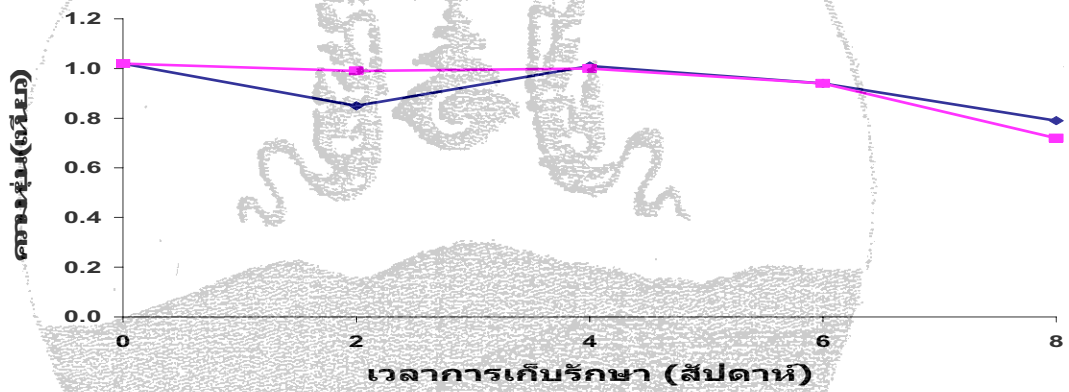
ตารางที่ 36 การเปลี่ยนแปลงทางด้านความหนุ่น (เหนียว) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่วอยในระหว่างการผลิตเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ความหนุ่น (เหนียว)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย		
ภาชนะโปร่งแสง								
4 °C	1.02 ± 0.04	0.84 ± 0.28	1.04 ± 0.14	0.94 ± 0.13	0.82 ± 0.19	0.93 ± 0.10		
25 °C	1.02 ± 0.04	1.02 ± 0.09	1.06 ± 0.12	1.00 ± 0.13	0.65 ± 0.23	0.95 ± 0.17		
เฉลี่ย*	1.02 ^a ± 0.04	0.93 ^{ab} ± 0.13	1.05 ^a ± 0.01	0.97 ^{ab} ± 0.04	0.74 ^c ± 0.12			
ภาชนะทึบแสง								
4 °C	1.02 ± 0.04	0.85 ± 0.21	1.01 ± 0.15	0.94 ± 0.15	0.79 ± 0.21	0.92 ± 0.10		
25 °C	1.02 ± 0.04	0.99 ± 0.16	1.00 ± 0.09	0.94 ± 0.13	0.72 ± 0.23	0.93 ± 0.12		
เฉลี่ย*	1.02 ^a ± 0.04	0.92 ^a ± 0.10	1.01 ^a ± 0.01	0.94 ^a ± 0.00	0.76 ^b ± 0.05			

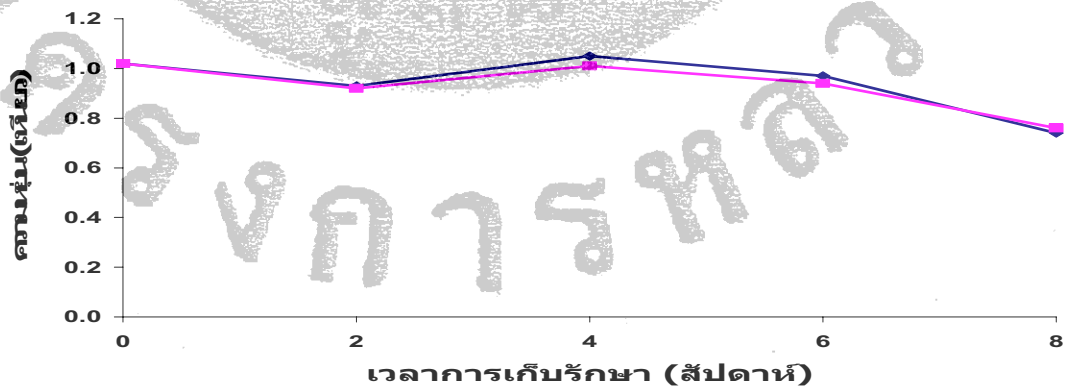
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$



ภาพที่ 60 การเปลี่ยนแปลงด้านความหยุ่น (เหนียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 61 การเปลี่ยนแปลงด้านความหยุ่น (เหนียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 62 การเปลี่ยนแปลงด้านความหยุ่น (เหนียว) ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 60 และ 61 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 62 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ แสดงดังตารางที่ 37 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 63 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนการยอมรับโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.47 ± 0.06

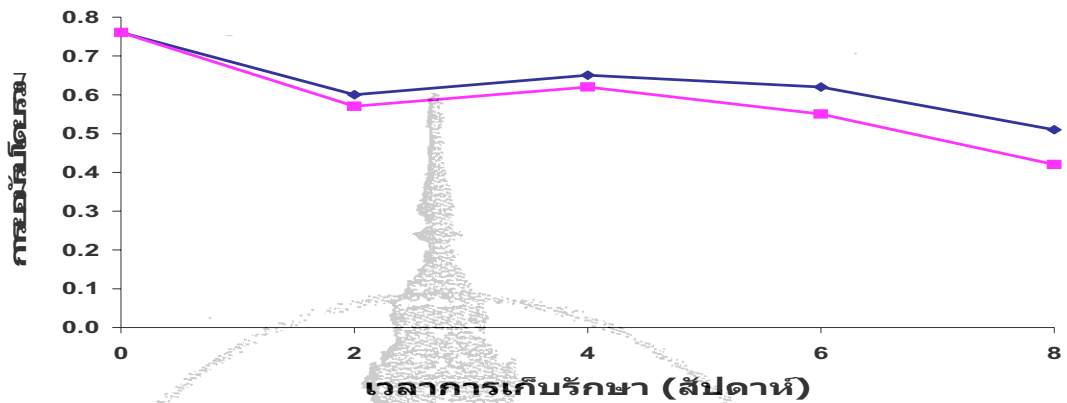
การเปลี่ยนแปลงทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่แสดงดังตารางที่ 37 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 64 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนการยอมรับโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.54 ± 0.06

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลโดยรวม สามารถสรุปได้ว่าค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ในด้านต่าง ๆ มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น จึงส่งผลให้การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ลดลงด้วยเช่นกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบทางด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 65 พบว่า ไม่มีผลทำให้ค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 6 โดยในสัปดาห์ที่ 8 เยลลี่บิวรี่ในภาชนะทึบแสงมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าเยลลี่บิวรี่ในภาชนะโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

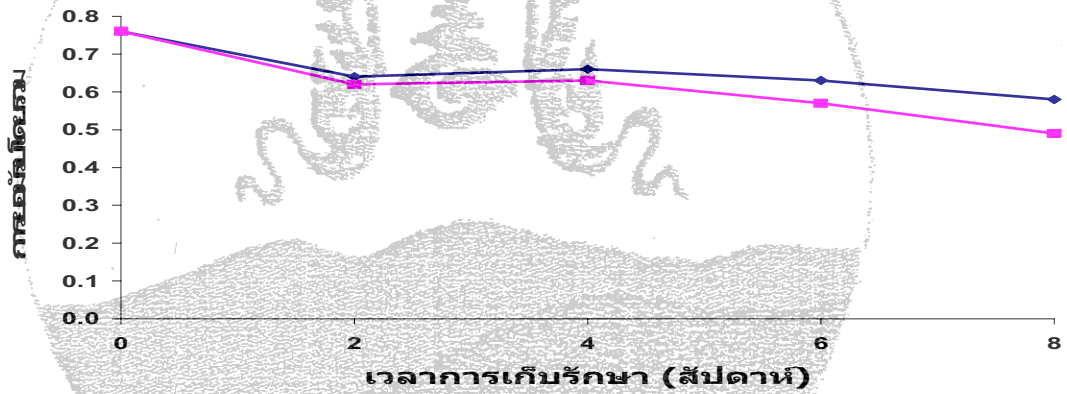
ตารางที่ 37 การเปลี่ยนแปลงทางด้านารยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เอสดีบีวียในระหว่างการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	การยอมรับโดยรวม							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย		
ภาชนะโปร่งแสง								
4 °C	0.76 ± 0.13	0.60 ± 0.16	0.65 ± 0.17	0.62 ± 0.17	0.51 ± 0.23	0.63 ± 0.09		
25 °C	0.76 ± 0.13	0.57 ± 0.22	0.62 ± 0.17	0.55 ± 0.15	0.42 ± 0.21	0.58 ± 0.12		
เฉลี่ย*	0.76 ^a ± 0.13	0.59 ^b ± 0.02	0.64 ^b ± 0.02	0.59 ^b ± 0.05	0.47 ^c ± 0.06B			
ภาชนะทึบแสง								
4 °C	0.76 ± 0.13	0.64 ± 0.17	0.66 ± 0.16	0.63 ± 0.18	0.58 ± 0.14	0.65 ± 0.07		
25 °C	0.76 ± 0.13	0.62 ± 0.18	0.63 ± 0.19	0.57 ± 0.17	0.49 ± 0.15	0.61 ± 0.10		
เฉลี่ย*	0.76 ^a ± 0.13	0.63 ^b ± 0.01	0.65 ^b ± 0.02	0.60 ^{bc} ± 0.04	0.54 ^c ± 0.06A			

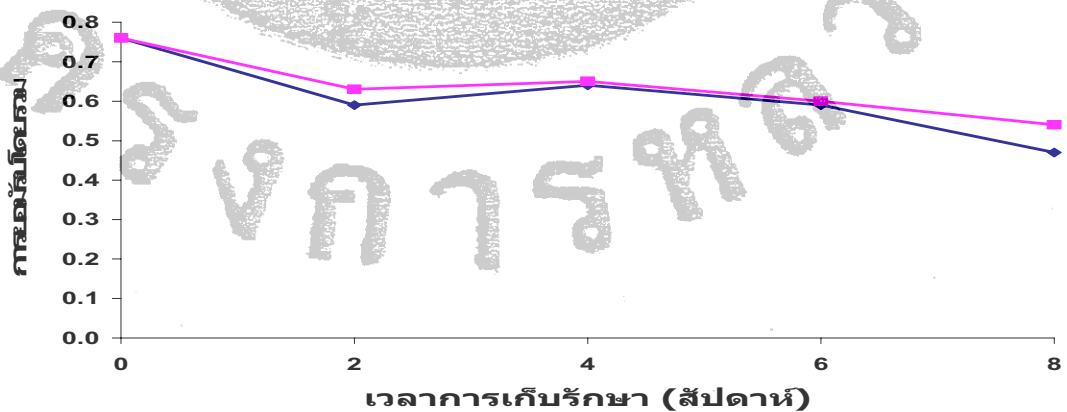
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 63 การเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับโดยรวม ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 64 การเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับโดยรวม ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 65 การเปลี่ยนแปลงด้านการยอมรับโดยรวม ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 63 และ 64 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 65 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total count) ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 37 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 66 พบว่า ระยะเวลา 6 และ 8 สัปดาห์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ 25 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.47 Log cfu / g ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 37 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 67 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย ณ วันเริ่มต้นไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยพบจำนวนจุลินทรีย์ในสัปดาห์ที่ 8 คือ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.08 Log cfu / g ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) สำหรับอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าในสัปดาห์ที่ 8 อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.58 Log cfu / g ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) เช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 68 พบว่าไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

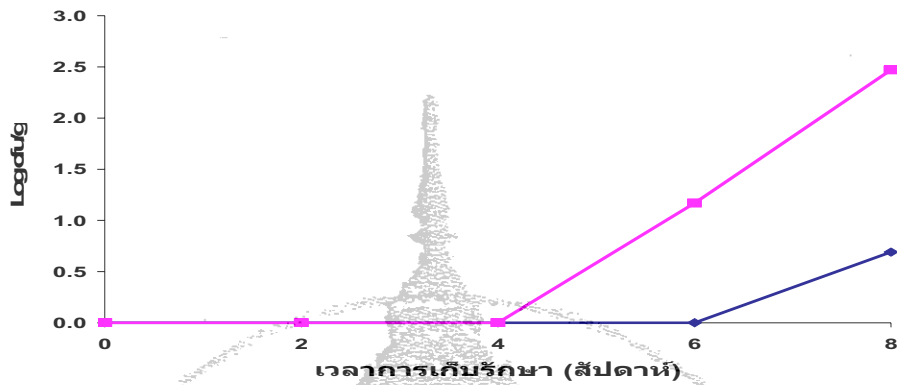
ตารางที่ 38 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวยในระหว่างการรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	เริ่มต้น	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log cfu / g)					เฉลี่ย**
		อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	
ภาชนะโปร่งแสง							
4 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	0.69 ± 0.71	0.35 ± 0.49	
25 °C	N/D	N/D	N/D	1.17 ± 2.12	2.47 ± 0.05	1.82 ± 0.92	
เฉลี่ย	0	0	0	0.59 ± 0.83	1.58 ± 1.26		
ภาชนะทึบแสง							
4 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	1.69 ± 0.71	0.85 ^b ± 1.20	
25 °C	N/D	N/D	N/D	0.69 ± 0.71	2.47 ± 0.05	1.58 ^a ± 1.26	
เฉลี่ย*	0	0	0	0.35 ^b ± 0.49	2.08 ^a ± 0.55		

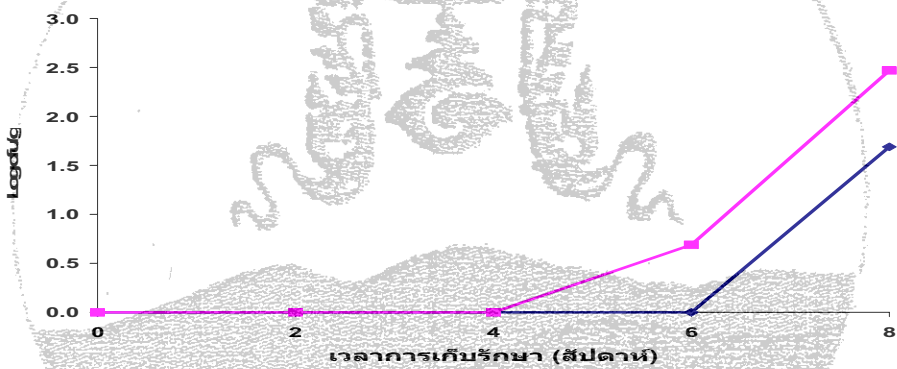
* ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

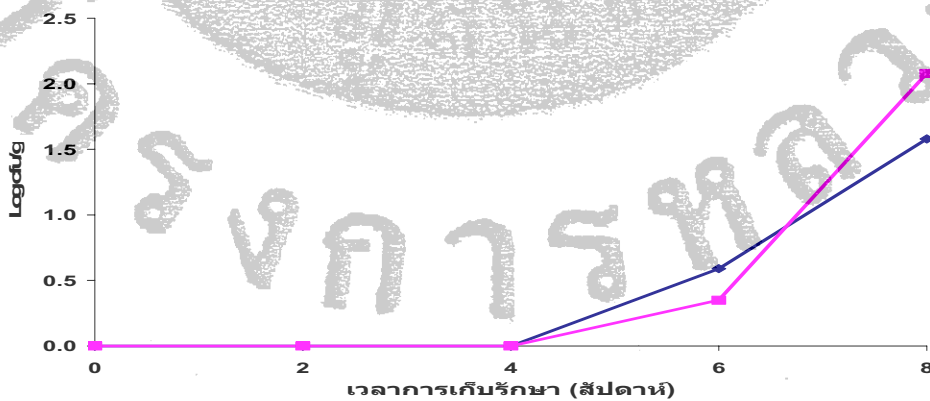
N/D ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์



ภาพที่ 66 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่ อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 67 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่ อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 68 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่ อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 66 และ 67 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 68 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 39 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง ดังภาพที่ 69 พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนยีสต์และรา 2.47 Log cfu / g ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว แสดงดังตารางที่ 39 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง ดังภาพที่ 70 พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนยีสต์และรา 2.47 Log cfu / g ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

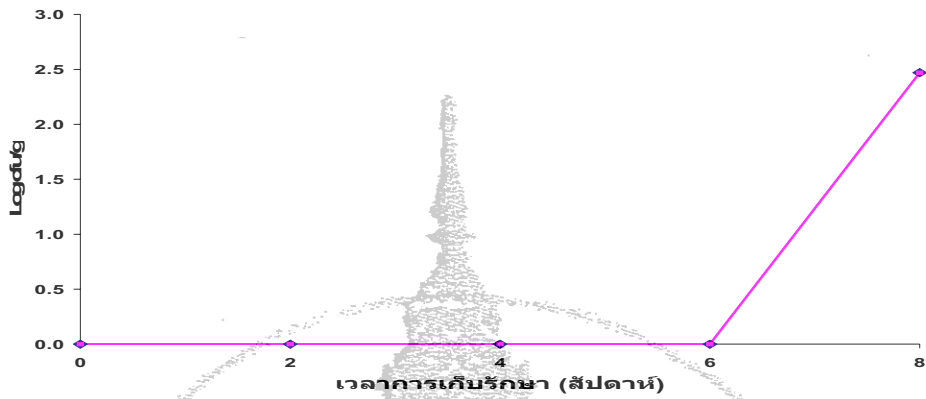
เมื่อเปรียบเทียบจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว ระหว่างการบรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 71 พบว่า ไม่มีผลทำให้จำนวนยีสต์และราแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ภาชนะบรรจุอาหารปลอด

ตารางที่ 39 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เยลลี่บวญในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ภาชนะบรรจุ	จำนวนยีสต์และรา (Log cfu / g)							
	เริ่มต้น	อายุการเก็บ 2 สัปดาห์	อายุการเก็บ 4 สัปดาห์	อายุการเก็บ 6 สัปดาห์	อายุการเก็บ 8 สัปดาห์	เฉลี่ย		
ภาชนะโปร่งแสง								
4 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05	0.49 ± 1.10		
25 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05	0.49 ± 1.10		
เฉลี่ย	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05			
ภาชนะทึบแสง								
4 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05	0.49 ± 1.10		
25 °C	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05	0.49 ± 1.10		
เฉลี่ย	N/D	N/D	N/D	N/D	2.47 ± 0.05			

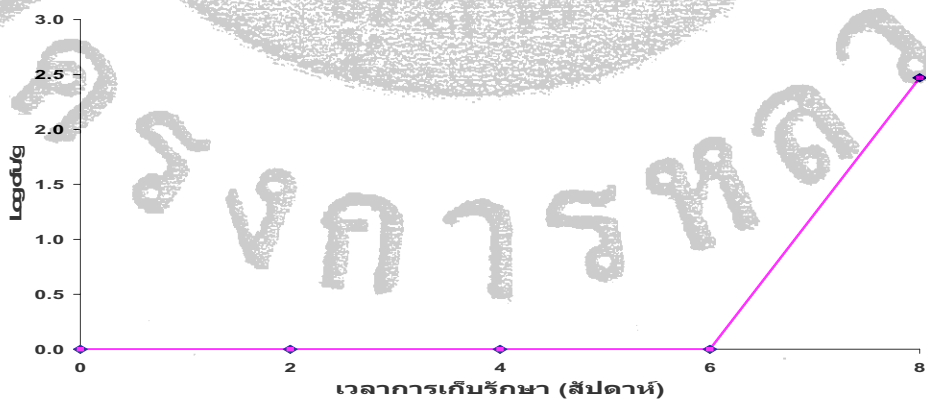
N/D ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์



ภาพที่ 69 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และรา ระหว่างการรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง



ภาพที่ 70 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และรา ระหว่างการรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะทึบแสง



ภาพที่ 71 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และรา ระหว่างการรักษาเป็นเวลา 2 เดือนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เยลลี่บัวที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง

ภาพที่ 69 และ 70 ◆ อุณหภูมิ 4 °C ■ อุณหภูมิ 25 °C
 ภาพที่ 71 ◆ ภาชนะโปร่งแสง ■ ภาชนะทึบแสง

การเปลี่ยนแปลงจำนวนอีโคไลน์ และโคลิฟอร์มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนอีโคไลน์ และโคลิฟอร์มของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ในสภาวะการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ไม่พบจำนวนอีโคไลน์ และโคลิฟอร์มที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยเกิดการเสื่อมเสีย

สรุปผลของอุณหภูมิและชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

จากผลการทดลอง แสดงว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) โดยอุณหภูมิสูงทำให้ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้น และมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สีปรากฏ และความใส เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏมีค่าสูงขึ้น แต่ลักษณะด้านความใสจะมีค่าลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย คือ 4 องศาเซลเซียส

สำหรับชนิดของภาชนะบรรจุ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เช่นกัน คือมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ การยอมรับโดยรวม โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะทึบแสงมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย คือ ภาชนะทึบแสง

ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราเกินกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อนกำหนดไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ไม่พบจำนวนอีโคไลน์และโคลิฟอร์ม จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยสามารถเก็บรักษาได้ถึงสัปดาห์ที่ 6

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผงนี้ ใช้ผู้บริโภคนับจำนวน 15 คน เป็นผู้กำหนดลักษณะคุณภาพที่ผู้บริโภครู้สึกว่าสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และใช้ผลิตภัณฑ์บ๊วยผงที่มีอยู่ในท้องตลาดเป็นตัวอ้างอิงในการทดสอบ ด้วยวิธี Ideal ratio profile test ในการกำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา ได้แก่

1. ลักษณะที่ปรากฏภายนอก
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะของสีน้ำตาล
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 10 คน กำหนดลักษณะของขนาดผง
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 11 คน กำหนดลักษณะของความเป็นเนื้อเดียวกัน
2. กลิ่นและรสชาติ
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะของกลิ่นบ๊วย
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 15 คน กำหนดลักษณะของความหวาน
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 14 คน กำหนดลักษณะของความเค็ม
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส
 - ผู้บริโภคนับจำนวน 10 คน กำหนดลักษณะของการละลาย

ข้อมูลข้างต้นแสดงว่าลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ประมวลจากผู้บริโภค ได้แก่

1. สีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์
2. ขนาดผงผลิตภัณฑ์
3. กลิ่นบ๊วยของผลิตภัณฑ์
4. ผลิตภัณฑ์ควรมีความหวาน
5. ผลิตภัณฑ์ควรมีความเค็ม
6. ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์
7. การละลายของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าไครงสัดส่วน (Ratio profile test) ทำโดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างค่าไครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

การแปลความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย

ถ้าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง เป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ถ้าสัดส่วนมากกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ลง

ถ้าสัดส่วนน้อยกว่า 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือความแรงของลักษณะนั้นๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นตรงกันหรือพ้องกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 หมายความว่า ผู้บริโภคมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการในขั้นต่อไป

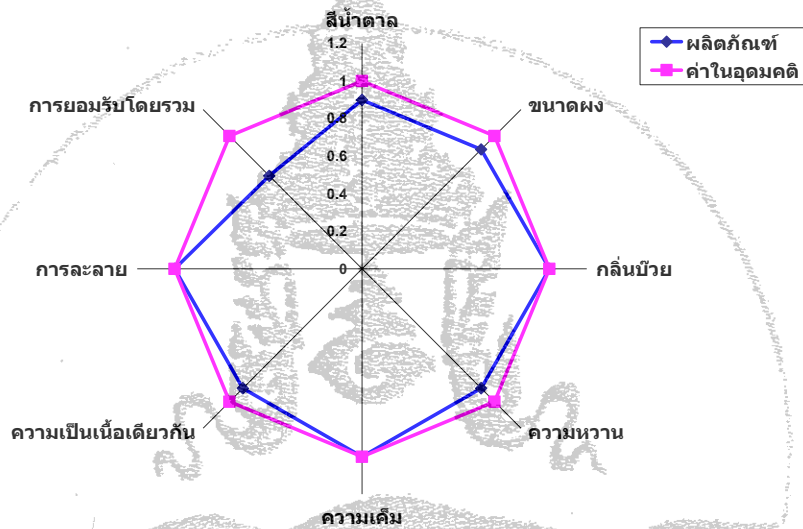
จากการออกแบบสอบถาม Ideal ratio profile กับผู้บริโภครวม 15 คน ได้ผลดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์บิวรี่ปรุงรสชนิดผง

ลักษณะที่สำคัญของ ผลิตภัณฑ์	Ideal (I)		Sample (S)		Ratio (S / I)	
	X	SD	X	SD	X	SD
	(cm)		(cm)		(cm)	
1. ลักษณะปรากฏภายนอก						
- สีน้ำตาล	5.50	1.55	5.15	1.18	0.98	0.24
- ขนาดผง	3.16	3.42	3.02	3.27	0.48	0.51
- ความเป็นเนื้อเดียวกัน	3.21	3.13	3.08	3.11	0.60	0.56
2. กลิ่นและรสชาติ						
- กลิ่นบิวรี่	5.60	1.49	5.36	1.55	1.03	0.42
- ความหวาน	5.74	1.19	5.53	1.28	0.97	0.14
- ความเค็ม	4.36	2.02	4.57	2.79	0.90	0.43
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส						
- การละลาย	3.25	4.22	3.25	4.22	0.40	0.52
4. การยอมรับโดยรวม	10.0	0.00	6.42	1.19	0.65	0.11

ตารางที่ 40 แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางด้านสีน้ำตาล ขนาดผง ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความหวาน ความเค็ม การละลาย และการยอมรับโดยรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 0.98 ± 0.24 , 0.48 ± 0.51 , 0.60 ± 0.56 , 0.97 ± 0.14 , 0.90 ± 0.43 , 0.40 ± 0.52 และ 0.65 ± 0.11 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทั้ง 7 ด้านนี้ให้เพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะทางด้านกลิ่นบิวรี่ มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.03 ± 0.42 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ควรจะมีการปรับปรุงลักษณะทางด้านกลิ่นบิวรี่ให้ลดลง และจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกลักษณะแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นต่อลักษณะต่างๆ แตกต่างกันบ้าง

เมื่อประมวลลักษณะที่สำคัญที่ได้จากการสอบถามผู้บริโภครแล้ว จะนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยในแต่ละลักษณะและค่าอุดมคติซึ่งเป็นค่าโครงลักษณะที่ต้องการ ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนเท่ากับ 1.00 มาสร้างเป็นรูปเค้าโครงลักษณะเป็นกราฟใยแมงมุม (Profile) ดังภาพที่ 72



ภาพที่ 72 กราฟเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรก จะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed ideal) ของแต่ละลักษณะนั้นได้ โดยการนำค่าอุดมคติของลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจุดอุดมคติถาวรนี้จะนำไปใช้ตลอดช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งบ๊วยดองเค็ม

ทำการศึกษาสภาวะการอบแห้ง โดยนำบ๊วยที่ผ่านการดองเกลือมาแล้วมาทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งระบบสูญญากาศ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points (ไพโรจน์, 2547) จากนั้นนำสิ่งทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ รวมถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

กำหนดให้

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

ปัจจัย B คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)

-1 แทน ระดับต่ำ

0 แทน ระดับกลาง

+1 แทน ระดับสูง

สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 สิ่งทดลองของแผนการทดลอง 2^2 Factorial experimental design with 2 center points เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

สิ่งทดลอง	ปัจจัย A	ปัจจัย B
1 (1)	-1	-1
2 (a)	+1	-1
3 (b)	-1	+1
4 (ab)	+1	+1
5 (Cp ₁)	0	0
6 (Cp ₂)	0	0

หมายเหตุ

ปัจจัย A คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

ระดับต่ำ 60 องศาเซลเซียส

ระดับกลาง 70 องศาเซลเซียส

ระดับสูง 80 องศาเซลเซียส

ปัจจัย B คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)

ระดับต่ำ 17 ชั่วโมง

ระดับกลาง 20 ชั่วโมง

ระดับสูง 23 ชั่วโมง

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์บวญปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	ค่าสี L	ค่าสี a*	ค่าสี b*	ความชื้น (ร้อยละ)
1 (1)	97.71 ± 0.46	0.03 ± 0.03	-1.95 ± 0.03	4.83 ± 0.06
2 (a)	86.51 ± 0.26	1.77 ± 0.05	-4.03 ± 0.22	4.00 ± 0.04
3 (b)	103.00 ± 0.16	0.33 ± 0.04	-1.65 ± 0.20	3.21 ± 0.03
4 (ab)	91.55 ± 0.65	1.12 ± 0.02	-4.96 ± 0.31	2.70 ± 0.12
5 (Cp ₁)	94.21 ± 0.34	1.63 ± 0.04	-1.41 ± 0.05	4.52 ± 0.03
6 (Cp ₂)	94.72 ± 0.24	1.51 ± 0.07	-1.53 ± 0.10	4.51 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บวบปรุงรสชนิดผง เมื่อฝนแปรรูปอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	สีน้ำตาล	ขนาดผง	ความเม็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นบวบ	ความหวาน	ความเค็ม	การละลาย	การยอมรับรวม
1 (1)	0.70 ± 0.28	0.71 ± 0.34	0.83 ± 0.24	0.88 ± 0.17	0.76 ± 0.34	1.07 ± 0.43	0.73 ± 0.22	0.52 ± 0.18
2 (a)	1.28 ± 0.33	0.97 ± 0.26	0.83 ± 0.29	1.02 ± 0.23	0.67 ± 0.37	1.20 ± 0.35	0.74 ± 0.28	0.48 ± 0.18
3 (b)	0.64 ± 0.32	0.70 ± 0.33	0.89 ± 0.24	0.77 ± 0.31	0.72 ± 0.39	1.12 ± 0.46	0.75 ± 0.23	0.49 ± 0.22
4 (ab)	1.20 ± 0.32	0.92 ± 0.30	0.83 ± 0.27	1.00 ± 0.23	0.77 ± 0.34	1.08 ± 0.40	0.72 ± 0.26	0.52 ± 0.18
5 (Cp ₁)	0.92 ± 0.22	0.89 ± 0.29	0.72 ± 0.21	0.91 ± 0.22	0.79 ± 0.31	1.01 ± 0.33	0.82 ± 0.18	0.56 ± 0.14
6 (Cp ₂)	0.94 ± 0.20	0.90 ± 0.35	0.84 ± 0.32	0.87 ± 0.27	0.76 ± 0.33	1.08 ± 0.38	0.76 ± 0.22	0.44 ± 0.15

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าของค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Mean ideal ratio scores ± Standard deviation)

ตารางที่ 42 แสดงให้เห็นถึงค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ได้ของผลิตภัณฑ์บิวบปรุรชชนิดผง เมื่อแปรระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์บิวบปรุรชชนิดผงที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) มีค่าอยู่ในช่วง 86.51 – 103.00 ซึ่งจากการพิจารณาในสิ่งทดลองที่มีค่าความสว่างสูงสุด มีระดับการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำที่สุด ค่าสี a* (สีเขียว - แดง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.03 – 1.77 สิ่งทดลองที่มีค่า a* สูงสุดหรือมีสีแดงมากมีระดับการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงที่สุด ค่าสี b* (สีน้ำเงิน - เหลือง) มีค่าอยู่ในช่วง (-1.41) – (-4.96) สิ่งทดลองที่มีค่า b* สูงสุดหรือสีน้ำเงิน มีระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งสูงที่สุด สำหรับค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.70 – 4.83 ซึ่งสิ่งทดลองที่ค่าความชื้นสูงสุด มีระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า ระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางกายภาพ และเคมีดังกล่าว

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสมาทำการวิเคราะห์ห้ในรูปสมการถดถอย (Multiple regression) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบสนอง (Y) กับระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่า ระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลตอบสนองต่อค่าการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกัน โดยสามารถแสดงในรูปสมการ (Coded equation) ดังแสดงในตารางที่ 44

ค่า
การทดลอง

ตารางที่ 44 สมการแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของคุณลักษณะต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ บัวยปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

สมการ (Coded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$94.62 - 5.66(\text{อุณหภูมิ}) + 2.58(\text{เวลา})$	0.99
ค่าสี a*	$1.57 + 0.63(\text{อุณหภูมิ}) - 0.24(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) - 0.76(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.98
ค่าสี b*	$-1.47 - 1.35(\text{อุณหภูมิ}) - 1.68(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.96
คุณลักษณะทางเคมี		
ความชื้น	$4.52 - 0.34(\text{อุณหภูมิ}) + 0.08(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) - 0.83(\text{อุณหภูมิ})^2 - 0.73(\text{เวลา})^2$	0.99
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สีน้ำตาล	$0.95 + 0.29(\text{อุณหภูมิ}) - 0.04(\text{เวลา})$	0.99
ขนาดผง	$0.90 + 0.12(\text{อุณหภูมิ}) - 0.07(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.98
กลิ่นบัว	$0.91 + 0.093(\text{อุณหภูมิ})$	0.81
ความหวาน	$0.78 + 0.035(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) + 0.045(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.81

สมการที่ได้เป็นสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่างๆ ที่ศึกษา กับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ค่า R² จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลที่ได้ได้อย่างไร ซึ่งสมการรูปแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์นี้ต้องนำไปทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรในแต่ละสมการเพื่อให้ได้สมการที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 45

ตารางที่ 45 สมการถดถอยของคุณลักษณะด้านต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บวียอบปรุงรสชนิดผง เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

สมการ (Decoded equation)	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าสี L	$117.04 - 0.566(\text{อุณหภูมิ}) + 0.859(\text{เวลา})$	0.99
ค่าสี a*	$-51.28 + 0.56(\text{เวลา}) - 0.008(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา})$	0.98
ค่าสี b*	$-0.0076(\text{อุณหภูมิ})^2$ $-74.34 + 2.217(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0168(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.96
คุณลักษณะทางเคมี		
ความชื้น	$-25.17 + 1.074(\text{อุณหภูมิ}) + 0.0027(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา})$ $- 0.0083(\text{อุณหภูมิ})^2 - 0.43(\text{เวลา})^2$	0.99
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สีน้ำตาล	$-0.813 + 0.029(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0133(\text{เวลา})$	0.99
ขนาดผง	$-3.37 + 0.11(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0007(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.98
กลิ่นบวีย	$0.259 + 0.0093(\text{อุณหภูมิ})$	0.81
ความหวาน	$0.233 + 0.0389(\text{อุณหภูมิ}) - 0.082(\text{เวลา})$ $+ 0.0012(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) - 0.00045(\text{อุณหภูมิ})^2$	0.81

จากตารางที่ 45 พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ค่าสี L ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

ค่าสี a* ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และอุณหภูมิในรูปสมการยกกำลังสอง

ค่าสี b* ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และอุณหภูมิในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งจากคุณลักษณะทางกายภาพ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าสี L, ค่าสี a* และค่าสี b* ของบวียอบแห้ง

คุณลักษณะทางเคมี ซึ่งได้แก่ ความชื้น ขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง รวมถึงความสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง อุณหภูมิในรูปสมการ ยกกำลังสอง และเวลาในรูปสมการยกกำลังสอง ซึ่งจากคุณลักษณะทางเคมีแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อค่าความชื้น โดยอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นลดลง

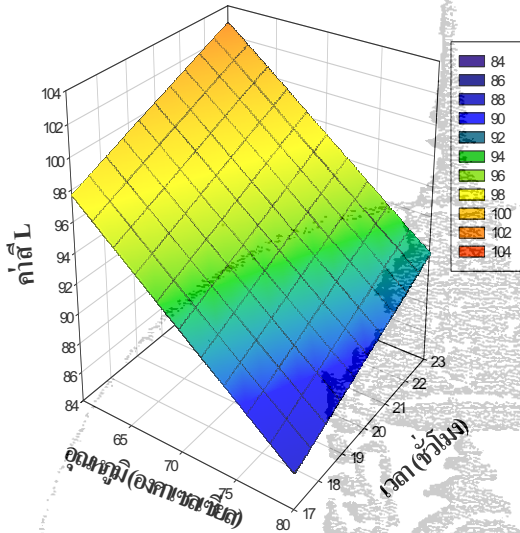
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ ความชอบด้านสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับระดับของ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ เวลา 17 ชั่วโมง จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 77

ขนาดผง พบว่าขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และอุณหภูมิในรูปสมการ ยกกำลังสอง จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับ ลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนอง ได้ แสดงดังภาพที่ 78

กลิ่นบ๊วย พบว่าขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้า ใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 79

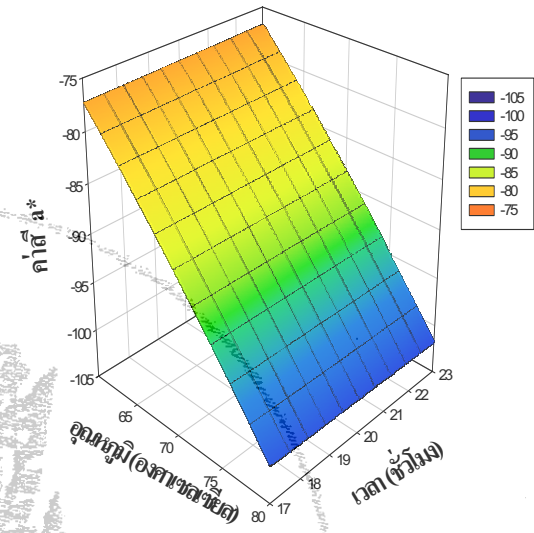
ความหวาน พบว่าขึ้นอยู่กับระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง รวมถึง ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง และอุณหภูมิในรูปสมการ ยกกำลังสอง จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และเวลา 17,20 และ 23 ชั่วโมง จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) สามารถนำมาสร้างเป็น กราฟพื้นที่การตอบสนองได้ แสดงดังภาพที่ 80

ค่าสี L = 117.04 - 0.566(อุณหภูมิ) + 0.859 (เวลา) R²=0.99



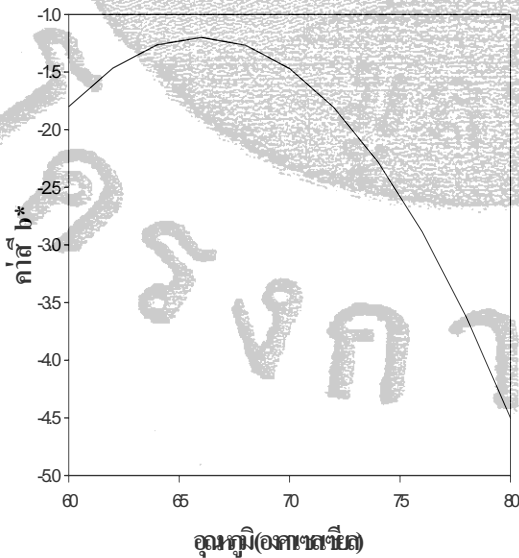
ภาพที่ 73 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี L เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บัวปรงสดชนิดผง

ค่าสี a* = -51.28 + 0.56(เวลา) - 0.008(อุณหภูมิ)(เวลา) - 0.0076 (อุณหภูมิ)² R²=0.98



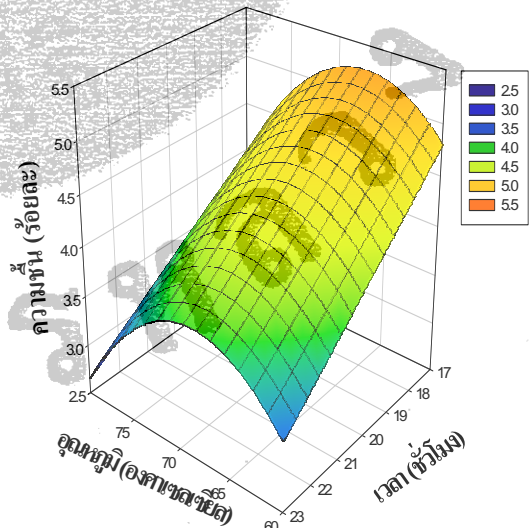
ภาพที่ 74 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี a* เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บัวปรงสดชนิดผง

ค่าสี b* = -74.34 + 2.217(อุณหภูมิ) - 0.0168(อุณหภูมิ)² R²=0.96



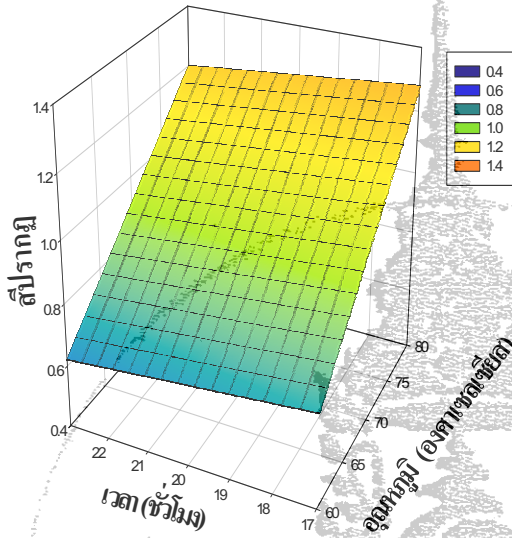
ภาพที่ 75 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าสี b* เมื่อผันแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บัวปรงสดชนิดผง

ความชื้น = -25.17 + 1.074 (อุณหภูมิ) + 0.0027(อุณหภูมิ)(เวลา) - 0.0083(อุณหภูมิ)² - 0.43 (เวลา)² R²=0.99



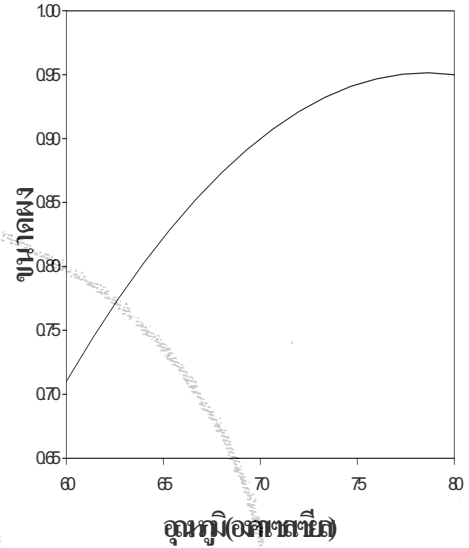
ภาพที่ 76 กราฟพื้นที่การตอบสนองของค่าความชื้น เมื่อผันแปรอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บัวปรงสดชนิดผง

$$\text{สี} = -0.813 + 0.029(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0133(\text{เวลา}) \quad R^2=0.99$$



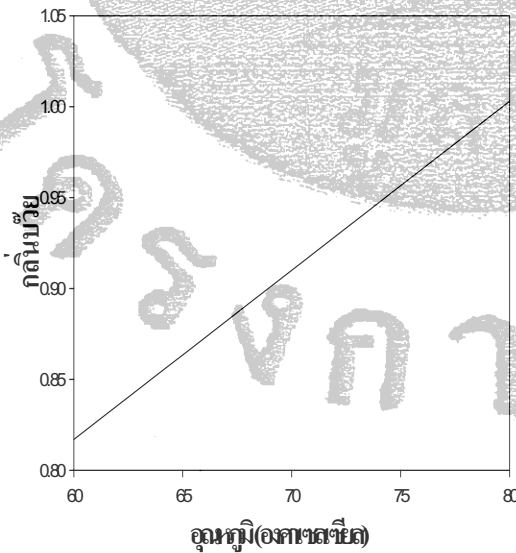
ภาพที่ 77 กราฟพื้นที่การตอบสนองของสีน้ำตาลเมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

$$\text{ขนาดผง} = -3.37 + 0.11(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0007(\text{อุณหภูมิ})^2 \quad R^2=0.98$$



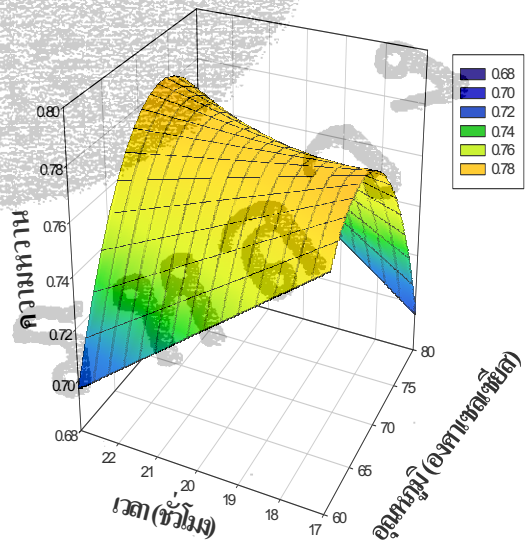
ภาพที่ 78 กราฟพื้นที่การตอบสนองของขนาดผงเมื่อผันแปรอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

$$\text{กลิ่นบ๊วย} = 0.259 + 0.0093(\text{อุณหภูมิ}) \quad R^2=0.81$$



ภาพที่ 79 กราฟพื้นที่การตอบสนองของกลิ่นบ๊วยเมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

$$\begin{aligned} \text{ความหวาน} = & 0.233 + 0.0389(\text{อุณหภูมิ}) - 0.082(\text{เวลา}) \\ & + 0.0012(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) \quad R^2=0.81 \end{aligned}$$



ภาพที่ 80 กราฟพื้นที่การตอบสนองของความหวานเมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

ในการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งทำได้โดยการนำระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ในช่วงที่ทำการศึกษาค้นคว้าในสมการที่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละคุณลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด

สมการคุณลักษณะที่ทำการถอดรหัสแล้วนำมาแทนค่าระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่า Mean ideal ratio profile เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด สามารถแสดงผลได้ดังนี้

$$\text{สีน้ำตาล} = -0.813 + 0.029(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0133(\text{เวลา})$$

$$R^2 = 0.99$$

แทนค่า f (อุณหภูมิ, เวลา) ได้ผลดังนี้

$$f(60,17) = 0.70$$

$$f(60,20) = 0.66$$

$$f(60,23) = 0.62$$

$$f(70,17) = 0.99$$

$$f(70,20) = 0.95$$

$$f(70,23) = 0.91$$

$$f(80,17) = 1.28$$

$$f(80,20) = 1.24$$

$$f(80,23) = 1.20$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง ต่อคุณภาพของสีน้ำตาล พบว่า การใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และเวลา 17 ชั่วโมง จะให้ค่าการตอบสนองของสีน้ำตาล ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.99

$$\text{ขนาดผง} = -3.37 + 0.11(\text{อุณหภูมิ}) - 0.0007(\text{อุณหภูมิ})^2 \quad R^2 = 0.98$$

แทนค่า f (อุณหภูมิ) ได้ผลดังนี้

$$f(60) = 0.71$$

$$f(70) = 0.90$$

$$f(80) = 0.95$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับการใช้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ต่อคุณภาพของขนาดผง พบว่า การใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของขนาดผง ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.95

$$\text{กลิ่นบ๊วย} = 0.259 + 0.0093(\text{อุณหภูมิ}) \quad R^2 = 0.81$$

แทนค่า f (อุณหภูมิ) ได้ผลดังนี้

$$f(60) = 0.81$$

$$f(70) = 0.91$$

$$f(80) = 1.03$$

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับการใช้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ต่อคุณภาพของกลิ่นบ๊วย พบว่า การใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการตอบสนองของกลิ่นบ๊วย ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.03

$$\begin{aligned} \text{ความหวาน} = & 0.233 + 0.0389(\text{อุณหภูมิ}) - 0.082(\text{เวลา}) & R^2 = 0.81 \\ & + 0.0012(\text{อุณหภูมิ})(\text{เวลา}) - 0.00045(\text{อุณหภูมิ})^2 \end{aligned}$$

แทนค่า f (อุณหภูมิ, เวลา) ได้ผลดังนี้

f (60,17)	= 0.77
f (60,20)	= 0.73
f (60,23)	= 0.70
f (70,17)	= 0.78
f (70,20)	= 0.78
f (70,23)	= 0.78
f (80,17)	= 0.70
f (80,20)	= 0.73
f (80,23)	= 0.77

เมื่อทำการแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ของระดับการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง ต่อคุณภาพของความหวาน พบว่าการใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และเวลา 17, 20 และ 23 ชั่วโมง จะให้ค่าการตอบสนองของความหวาน ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติมากที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.78

นำระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ได้ในทุกคุณลักษณะมาพิจารณาหาค่าสัดส่วนที่ซ้ำกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)
สีน้ำตาล	70	17
ขนาดผง	80	-
กลิ่นบ๊วย	80	-
ความหวาน	70	17,20,23
ค่าเฉลี่ย	70 หรือ 80	17

ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวมถึงระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งในระดับที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากทำการถอดรหัสและทำการแทนค่าในสมการเพื่อหาระดับการใช้ที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังนี้

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ควรใช้ที่ระดับ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส
 เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ควรใช้ที่ระดับ 17 ชั่วโมง

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์บิวัยปรุงรสชนิดผง

โดยทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรุงรสบิวัยอบแห้งชนิดผง ซึ่งประกอบด้วย บิวัยอบแห้ง น้ำตาลทราย แซคคารีน และอะเซม โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ไพโรจน์, 2547) ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 7 สิ่งทดลอง

ตารางที่ 47 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ของผลิตภัณฑ์ บิวัยปรุงรสชนิดผง

ระดับ	บิวัยอบแห้ง	น้ำตาลทราย	แซคคารีน	อะเซม
ระดับต่ำ (ร้อยละ)	0.30	0.30	0.01	0.01
ระดับสูง (ร้อยละ)	0.50	0.50	0.03	0.03
สิ่งทดลองที่				
1	0.50	0.48	0.01	0.01
2	0.50	0.46	0.01	0.03
3	0.50	0.46	0.03	0.01
4	0.50	0.44	0.03	0.03
5	0.46	0.50	0.01	0.03
6	0.46	0.50	0.03	0.01
7	0.44	0.50	0.03	0.03

เมื่อทำการผสมบิวัยอบแห้ง น้ำตาลทราย แซคคารีน และอะเซม ตามอัตราส่วนของ แต่ละสิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลองแล้ว นำสิ่งทดลองที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2545) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Design Expert DX6 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่าง สัดส่วนของบิวัยอบแห้ง น้ำตาลทราย แซคคารีน และอะเซม ในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ย คะแนนความชอบของผู้บริโภค โดยการหาอัตราส่วนที่ดีที่สุดของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด ผลแสดงดัง ตารางที่ 48

ตารางที่ 48 สมการ Final equation in terms of actual components ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีนัยสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บิวยปรุรสนิดผง เมื่อผันแปรปริมาณของน้ำตาลทราย แแซคคารีน และอะเอม

สมการ	ความสัมพันธ์กับตัวแปร	R ²
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ขนาดผง	0.0972(บิวยอบแห้ง) + 1.893(น้ำตาล) + 2.286(แซคคารีน) - 1.963(อะเอม)	0.85
การละลาย	1.242(บิวยอบแห้ง) + 0.446(น้ำตาล) + 2.053(แซคคารีน) + 1.303(อะเอม)	0.95

สมการที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับการใช้ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษา กับค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ค่า R² จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสมการว่ามีความเหมาะสมกับผลการวิเคราะห์ที่ได้หรือไม่

จากตารางที่ 48 พบว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านขนาดผง และการละลาย ขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนของบิวยอบแห้ง น้ำตาลทราย แแซคคารีน และอะเอม จากการทดลองพบว่าการคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ การใช้บิวยอบแห้งที่ระดับ ร้อยละ 0.48 น้ำตาลทรายที่ระดับร้อยละ 0.48 แแซคคารีนที่ระดับร้อยละ 0.02 และอะเอมที่ระดับร้อยละ 0.02 จะให้ค่าจริงที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นอุดมคติมากที่สุด (ค่าเข้าใกล้ 1) โดยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านขนาดผง และการละลาย มีค่าจากการคำนวณเท่ากับ 0.98 และ 0.88 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราส่วนของบิวยอบแห้ง น้ำตาลทราย แแซคคารีน และอะเอม ที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์บิวยปรุรสนิดผง ประกอบด้วย

บิวยอบแห้ง	ร้อยละ 0.48
น้ำตาลทราย	ร้อยละ 0.48
แซคคารีน	ร้อยละ 0.02
อะเอม	ร้อยละ 0.02

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากบ๊วย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การกำหนดแนวคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถามเพื่อสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากบ๊วย โดยทำการคัดเลือกสารที่ก่อให้เกิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิต การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิต ตลอดจนการผลิตเยลลี่บ๊วยจากสูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม การศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง โดยทำการศึกษาค้นคว้าหาสารก่อกำเนิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิต การศึกษาหาส่วนผสมบ๊วยปรุงรสชนิดผงที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค รวมทั้งการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

1. การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์

จากการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถาม พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญโดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏภายนอก คือ สีปรากฏ และความใส กลิ่นและรสชาติ คือ กลิ่นบ๊วย ความหวาน และความเปรี้ยว ลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ความนุ่ม และความหยุ่น (เหนียว)

2. การคัดเลือกสารที่ก่อให้เกิดเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย

สารก่อกำเนิดเจลที่นำมาศึกษา ได้แก่ ฟลาโนเจน คาราจีแนน เจลาติน และ อะราบิกกัม ทำการคัดเลือกชนิดของสารที่ก่อให้เกิดเจล โดยเปรียบเทียบจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสารที่ก่อให้เกิดเจลชนิดต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Least Significant Difference : LSD เมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านที่มีความแตกต่างกัน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับฟลาโนเจน และเจลาติน ซึ่งในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย เจลาตินจะมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแต่ไม่มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง จึงสรุปได้ว่า เลือกฟลาโนเจนเป็นสารก่อกำเนิดเจล เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วยต่อไป

3. การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมขององค์ประกอบที่ใช้ในการผลิต

3.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำ และน้ำบิวัย ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เยลลี่บิวัย โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำ 70 กรัม และอัตราส่วนน้ำบิวัย 20 กรัม

3.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาล และฟลาโนเจน ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เยลลี่บิวัย โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนน้ำตาล 20 กรัม และอัตราส่วนฟลาโนเจน 2 กรัม

4. การศึกษาถึงภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

โดยผันแปรอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 4 และ 25 องศาเซลเซียส สำหรับภาชนะบรรจุมี 2 ชนิด คือ ภาชนะโปร่งแสง และภาชนะทึบแสง ทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยที่ ระยะเวลาการเก็บรักษาเมื่อเริ่มต้น 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) โดยอุณหภูมิสูงทำให้ค่าสี b^* (น้ำเงิน - เหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้น และมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สีปรากฏ และความใส เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นจะทำให้ลักษณะด้านสีปรากฏมีค่าสูงขึ้น แต่ลักษณะด้านความใสจะมีค่าลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัย คือ 4 องศาเซลเซียส

สำหรับชนิดของภาชนะบรรจุ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยเช่นกัน คือมีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ การยอมรับโดยรวม โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยที่บรรจุในภาชนะทึบแสงมีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยที่บรรจุในภาชนะโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นชนิดของภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัย คือ ภาชนะทึบแสง

ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัย พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราเกินกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อนกำหนดไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ไม่พบจำนวนอีโคไลน์และโคลิฟอร์ม จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวัยสามารถเก็บรักษาได้ถึงสัปดาห์ที่ 6

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

1. การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์

จากการสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยการออกแบบสอบถาม พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้กำหนดลักษณะคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่สำคัญโดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏภายนอก คือ สีน้ำตาล ขนาดผง และความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นและรสชาติ คือ กลิ่นบ๊วย ความหวาน และความเค็ม ลักษณะเนื้อสัมผัส คือ การละลาย

2. การศึกษาหาสภาวะการอบแห้งบ๊วยดองเค็มที่เหมาะสมต่อการผลิตบ๊วยปรุงรสชนิดผง

ทำการศึกษาสภาวะการอบแห้ง โดยนำบ๊วยที่ผ่านการดองเกลือมาแล้วมาทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งระบบสุญญากาศ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experimental design with 2 center points พบว่าระดับที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 70 หรือ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 17 ชั่วโมง

3. การศึกษาหาส่วนผสมบ๊วยปรุงรสชนิดผงที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค

ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรุงรสบ๊วยอบแห้งชนิดผง ซึ่งประกอบด้วย บ๊วยอบแห้ง น้ำตาลทราย แซคคารีน และอะซีเอม โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design พบว่าระดับที่เหมาะสมคือ บ๊วยอบแห้งร้อยละ 0.48 น้ำตาลทรายร้อยละ 0.48 แซคคารีนร้อยละ 0.02 และอะซีเอมร้อยละ 0.02

ข้อเสนอแนะ

1. การปิดฝาภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์เยลลี่บ๊วย ควรปิดฝาทันทีในขณะที่เยลลี่บ๊วยยังร้อนอยู่ (Hot fill) เพื่อเป็นการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงระยะเวลาในการละลายของเจล ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการละลายของเจล ส่งผลถึงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่
3. ระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผงจากการทดลอง เป็นเพียงแนวทางในการนำไปปฏิบัติจริง ซึ่งในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ต้องคำนึงถึงขนาดของเครื่องอบแห้งและปริมาณบ๊วยที่นำเข้าไปอบด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว และบัวปรุงรสชนิดผง ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนทุนปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้ความสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ ของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง และภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

โครงการหลวง

เอกสารอ้างอิง

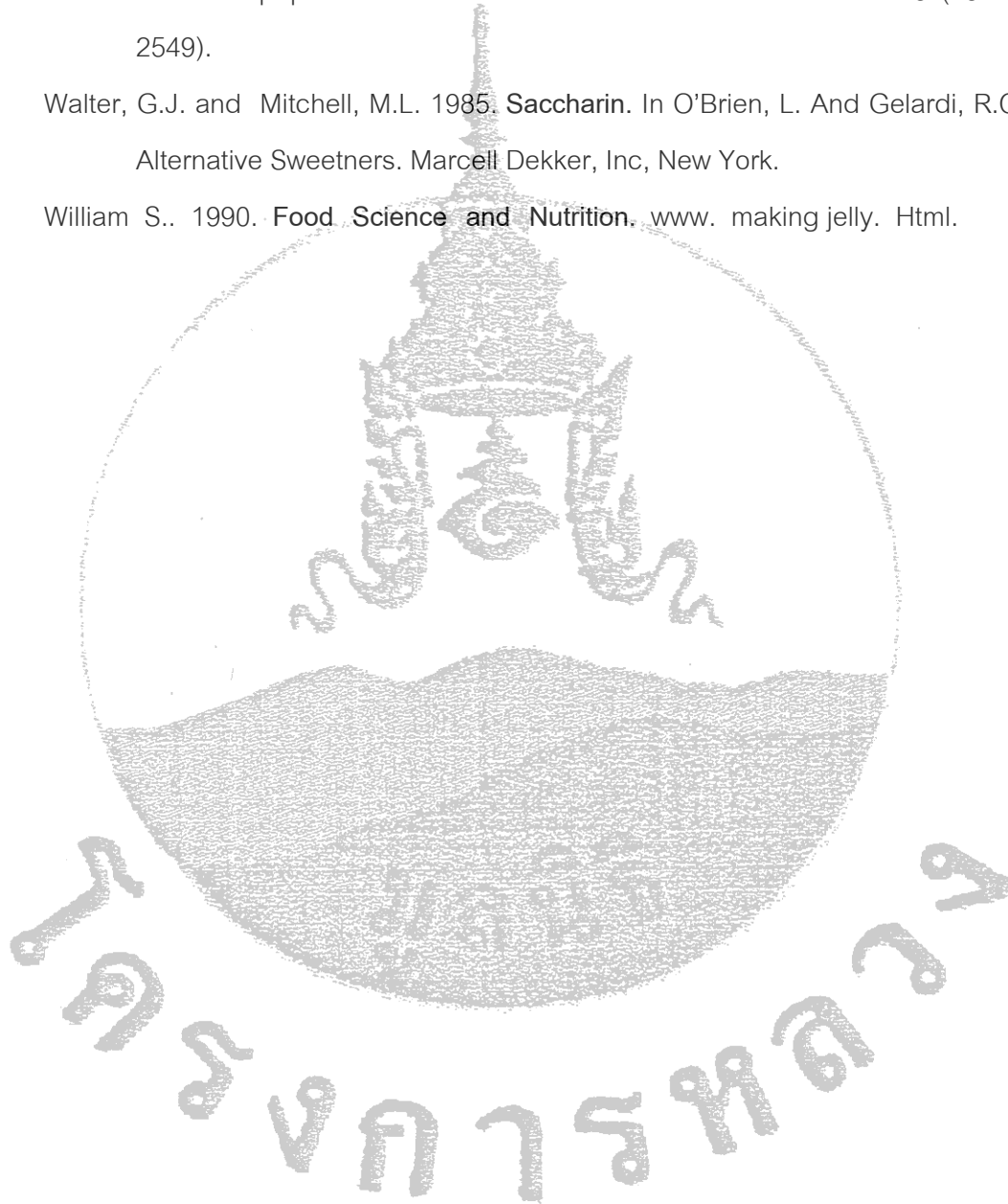
- กฤติยา เชื้อนเพชร. 2546. **ผลของสารต้านการเกิดสีน้ำตาลต่อปลั๊กกิ้งแห้ง**. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณรงค์ นิยมวิทย์ และอัญชະนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. **วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร**. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นรินทร์ ทองศิริ. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์บัวตองกิ้งแห้ง**. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงประจำปี 2544.
- นิตยา รัตนพานนท์. 2543. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปาริชาติ สิงห์ทอง. 2546. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีผสมผลไม้**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. โดยความร่วมมือระหว่างกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย. แพคเมทส์. กรุงเทพฯ.
- พรรคศักดิ์ มนต์ศิริเพ็ญ และสมยศ จรรย์วิลาสมา 2534. **การทำแห้งแบบพ่นฝอย**. วารสารอาหาร สถาบันคั้นคั่วและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปีที่ 21 : 3.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2547. **การออกแบบการทดลองขั้นสูง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. **เยลลี่อ่อน**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ : 5 น.
- วิไล รังสาดทอง. 2545. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2532. **ไม้ผลเขตนหนาว** : เอกสารประกอบการสอน. วิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2534. **ไม้ผลเขตนหนาว** : เอกสารคำสอน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุวรรณ สุภิมารส. 2543. **เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- All business. 2002. "Gelatin – free candies. (Monthly Focus : Texture Ingredient Systems) "[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http : // www.Allbusiness. Com / manufacturing / food – manufacturing / 116451 – 1. html](http://www.Allbusiness.Com/manufacturing/food-manufacturing/116451-1.html) (29 กันยายน 2549)
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International. Maryland, USA.
- Arnold, D.L., Krewshi, D. and Munro, I. C. 1983. **Saccharin : A toxicological and historical perspective**. Toxicology. USA.
- Calvo C., 2000. **Use of Natural Colorants in Food Gels**. Influence of composition of gels on their colour and study of their stability during storage. Food Hydrocolloids. ,vol.14,pp 439 – 443.
- Camerson E.J. and Esty J.R. 1940. **Comment on the Microbiology of Spoilage in Canned Foods**. Journal of Food Res. USA.
- Food Regulations. 1995. [www. fruit Jelly. Html](http://www.fruitJelly.html).
- Higginbotham, J.D. 1983. **Recent development in nonnutritive sweeteners**. In Grenby, T., Parker, K. And Lindley, M. (eds.). **Development in Sweeteners**, vol. 2, Applied Science Publishers, London.
- Hyvonen, I. 1980. **Synergism between** in Koivistonien, P. And Hyvonen, I. (eds.) **Carbohydrate Sweeteners in Foods and Nutrition**. Academic. London.
- Pearson, D. 1981. **Pearson's chemical Analisis of Foods**. Churchill Livingstone, Inc., New York, USA.
- Sartorius AG, 2002 . **Moisture Analyzer MA30**. Electronic Moisture Analyzer Installation and Operating Instruction. Germany.

Thaiall. 2548. “**ชะเอมไทย**” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.Samunpri.Com/modules.php?Name=Herbs&file=chor&func=chor15> (15 กรกฎาคม 2549).

Walter, G.J. and Mitchell, M.L. 1985. Saccharin. In O'Brien, L. And Gelardi, R.C. (eds.) Alternative Sweetners. Marcell Dekker, Inc, New York.

William S.. 1990. Food Science and Nutrition. www.makingjelly.html.





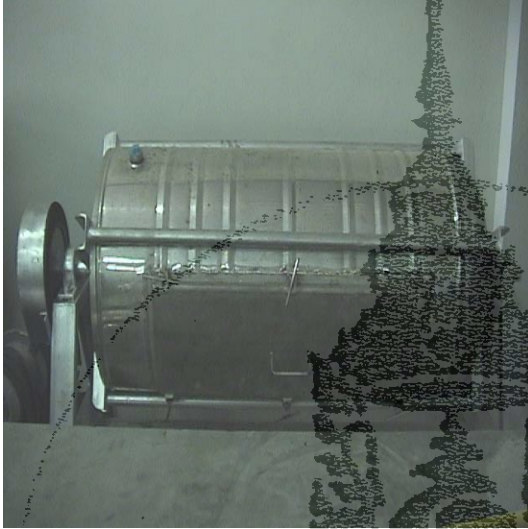


ภาคผนวก ก

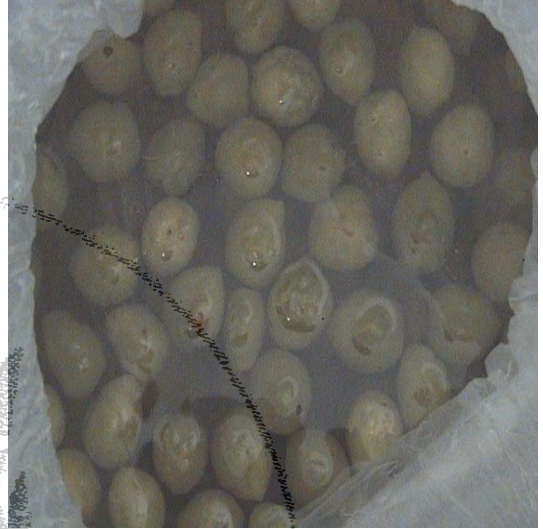
ภาพผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว และบัวปรุงรสชนิดผง
วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต

ราชภัฏบรียรัมย์

ภาพวัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว



ภาพ ก.1 เครื่องคลึงบัว



ภาพ ก.2 ผลิตภัณฑ์บัวกรอบ



ภาพ ก.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

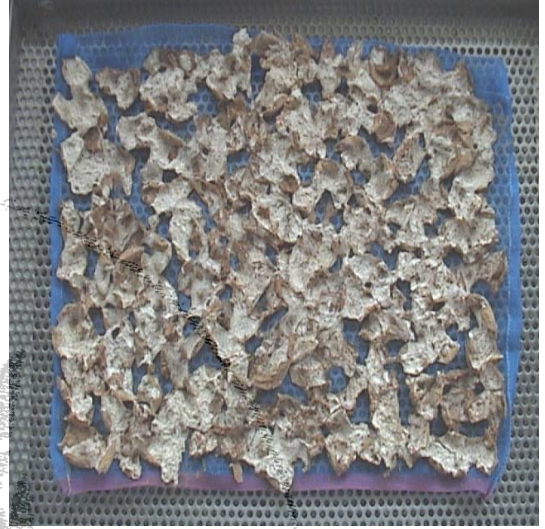


ภาพ ก.4 ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

ภาพวัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง



ภาพ ก.5 ผลิตภัณฑ์บ๊วยดองเค็ม



ภาพ ก.6 บ๊วยอบแห้ง



ภาพก.8 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบ๊วยปรุงรสชนิดผง



ภาพ ก.9 ผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

สำนักงานมาตรฐาน

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Ideal Ratio Profile Test)

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ : เยลลี่บัว

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีลักษณะใส มีรสชาติหวานและเปรี้ยว มีส่วนประกอบของเจลลี่บัวกรอบ และน้ำตาล

กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับข้อความของท่านมากที่สุดโดย...

1. ระบุหัวข้อ "ลักษณะของผลิตภัณฑ์" ที่ท่านคิดว่าสำคัญลงไปในแต่ละหัวข้อ
2. กำหนดเครื่องหมาย I ลงบนสเกลในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal)
3. กำหนดเครื่องหมาย X ลงบนสเกลในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏภายนอก

.....

.....

.....

.....

.....

กลิ่นและรสชาติ

.....

.....

.....

.....

.....

ลักษณะเนื้อสัมผัส

.....

.....

.....

.....

.....

การยอมรับรวม :

.....

.....

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว

ชื่อ.....

วันที่.....

กรุณากำหนดเครื่องหมาย X บนตำแหน่งที่คิดว่าเป็นระดับของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบชิม
เมื่อกำหนดให้เครื่องหมาย I เป็นระดับของลักษณะผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

ลักษณะปรากฏภายนอก

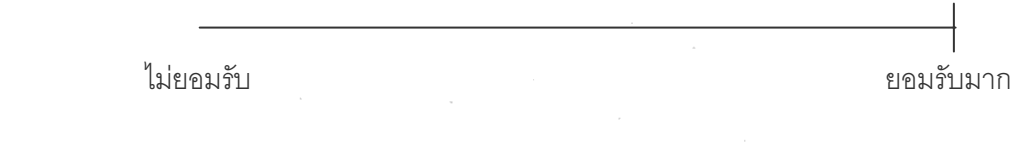
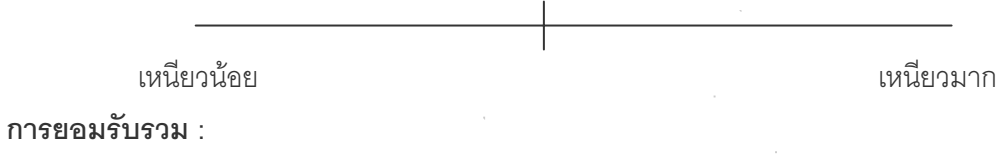
สี :



กลิ่นบัว :



ความนุ่ม :



แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส
HEDONIC SCALE SCORING TEST PREFERENCE

ชื่อผู้ทดสอบชิม..... วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ : เยลลี่บัว

คำชี้แจง : โปรดทดสอบผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านอธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใดต่อผลิตภัณฑ์

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : เป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่บัว โดยมีส่วนผสมของเจลชนิดต่าง ๆ น้ำบัวกรอบและน้ำตาล

ระดับของความชอบ

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

การให้ระดับคะแนน

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนน			
สี				
ความใส				
กลิ่นบัว				
ความหวาน				
ความเปรี้ยว				
ความนุ่ม				
ความหยุ่น (เหนียว)				
การยอมรับโดยรวม				

ข้อเสนอนี้.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือนี้อีกครั้ง

แบบทดสอบเค้าโครงผลิตภัณท์ (Ideal Ratio Profile Test)

ชื่อ..... วันที่.....

ผลิตภัณท์ : บัวยปรุงรสชนิดผง

ลักษณะผลิตภัณท์ : เป็นผลิตภัณท์บัวยดองเค็มที่ผ่านการอบแห้ง แล้วดีป็นผสมกับเครื่องปรุงรสชนิดต่าง ๆ
กรุณากรอกแบบสอบถามให้ตรงกับข้อความของท่านมากที่สุดโดย...

1. ระบุหัวข้อ "ลักษณะของผลิตภัณท์" ที่ท่านคิดว่าสำคัญลงไปในแต่ละหัวข้อ
2. กำหนดเครื่องหมาย I ลงบนสเกลในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นลักษณะที่ดีที่สุดของผลิตภัณท์ในอุดมคติ (Ideal)
3. กำหนดเครื่องหมาย X ลงบนสเกลในตำแหน่งที่ท่านคิดว่าเป็นผลิตภัณท์ตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏภายนอก

.....

.....

.....

.....

กลิ่นและรสชาติ

.....

.....

.....

.....

ลักษณะเนื้อสัมผัส

.....

.....

.....

.....

การยอมรับรวม :

.....

.....

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์บ๊วยปรุงรสชนิดผง

ชื่อ.....

วันที่.....

กรุณากำหนดเครื่องหมาย X บนตำแหน่งที่คิดว่าเป็นระดับของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบชิม
เมื่อกำหนดให้เครื่องหมาย I เป็นระดับของลักษณะผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

ลักษณะปรากฏภายนอก

สีน้ำตาล :



ขนาดผง :



ความเป็นเนื้อเดียวกัน :



กลิ่นและรสชาติ

กลิ่นบ๊วย :



ความหวาน :



ความเค็ม :

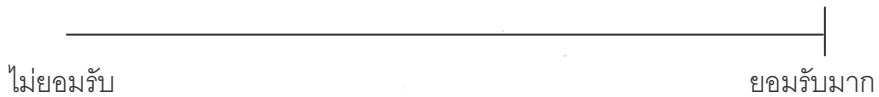


ลักษณะเนื้อสัมผัส

การละลาย (ในปาก) :



การยอมรับรวม :





การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดค่าสีระบบ Hunter Lab (Minolta Camera Co;Ltd. ,1991)

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera : Model CR - 310 ซึ่งเป็นการวัดค่าสีในระบบ Hunter Lab โดยค่าสี L เป็นความสว่าง (Lightness) ค่าสี a* เป็นสีแดง และสีเขียว (Redness / Greenness) และค่าสี b* เป็นสีเหลือง และสีน้ำเงิน (Yellowness / Blueness)

เมื่อ L คือ ความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a* คือ ค่าสีแดง	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก เป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ เป็นสีเขียว
b* คือ ค่าสีเหลือง	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ เป็นสีน้ำเงิน

ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; L = 97.67, a* = -0.18 และ b* = 1.84) แล้วจึงทำการวัดสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยการนำตัวอย่างเยลลี่บ๊วย และบ๊วยปรุงรสชนิดผงที่ผ่านการบดแล้วใส่ลงในภาชนะใส (Petri dish) แล้วรองด้วยกระดาษสีขาว จึงวัดค่าสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยทำการตรวจวัดตัวอย่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าแรงเฉือน หรือ Penetra force (Instron Model 5565, USA Instron, 1993)

เป็นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยใช้ค่าแรงเฉือน หรือ Penetra force (นิวตัน) ด้วยเครื่อง Instron (Series 5565) ชนิดของใบมีดที่ใช้ คือ Warner Bratzler Meat Penetra Compression (2830-013) น้ำหนัก Load cell เท่ากับ 5 กิโลกรัม ความเร็วของ Crosshead เท่ากับ 100 มิลลิเมตร ต่อนาที วัดค่าแรงเฉือนของเยลลี่บ๊วย 1 ถ้วยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture Analyzer MA30, Germany) ตามวิธี Sartorius AG, 2002

ทำได้โดยบดตัวอย่างบิวยปรุงรสชนิดผง แล้วชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กรัม ลงบนเครื่อง โดยเครื่องจะบอกค่าความชื้นเป็นค่าร้อยละของตัวอย่างที่ใส่ในเครื่อง ทำการตรวจวัดตัวอย่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การตรวจวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) (Microprocessor pH meter, Hanna Instrument : Model HI 1131, USA) ตามวิธีของ Pearson, 1981

เตรียมตัวอย่างเกลือบิวยในแต่ละสิ่งทดสอบ ซึ่งน้ำหนัก 20 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่นด้วยเครื่องปั่น นำตัวอย่างที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำตัวอย่างมาตรวจวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการตรวจวัดตัวอย่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ภาควิชาการทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธี AOAC,2000

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. หลอดทดลอง (Test tube)
3. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert" model 4999, Germany)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator "Gallenkamp", England)
6. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave "Gallenkamp" model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีความเป็นกรด - ด่าง สุดท้าย เท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ให้มีระดับเจือจาง (Dilution) 10^{-1} , 10^{-2} , และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากระดับความเข้มข้นต่ำสุดก่อน

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1-5 นาที

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v (n_1 + 0.1 n_2) d}$$

เมื่อ	C	คือ	ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด
	v	คือ	ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน
	n_1	คือ	จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี
	n_2	คือ	จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี
	d	คือ	ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$$N = (171 + 194 + 14 + 20) / (1 \times (2 + (0.1 \times 2))) \times 10^{-3} = 399 / 0.0022 = 181,363$$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม

การหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) ตามวิธี AOAC,2000

อุปกรณ์และเครื่องมืออุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. หลอดทดลอง (Test tube)
3. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert" model 4999, Germany)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator "Gallenkamp", England)
6. หม้อนึ่งความชื้น (Autoclave "Gallenkamp" model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเชื้อจาง

1. สารละลายบัฟเฟอร์เปปโติน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Merk, Germany)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) (Merk, Germany)
3. สารละลายกรดทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยง PDA 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว ให้มีความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายทาร์ทาริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทาริก 1.9 มิลลิลิตร)

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่บิวรี่ให้มีระดับเชื้อจาง (Dilution) 10^{-1} , 10^{-2} , และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากระดับความเข้มข้นต่ำสุดก่อน

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1 - 5 นาที

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คำนวณอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนี ต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v (n_1 + 0.1 n_2) d}$$

เมื่อ	C	คือ	ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด
	v	คือ	ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในการเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน
	n_1	คือ	จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี
	n_2	คือ	จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี
	d	คือ	ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในการเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$N = (171 + 194 + 14 + 20) / (1 \times (2 + (0.1 \times 2))) \times 10^{-3} = 399 / 0.0022 = 181,363$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม

การวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มและอี.โคไล (Coliform and *E.coli*) ตามวิธี AOAC,2000

อุปกรณ์และเครื่องมืออุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)*
2. หลอดทดลอง (Test tube) 10 มิลลิลิตรแบบมีฝาปิด พร้อมหลอดดักแก๊ส (Durham tube)*
3. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร*
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert" model 4999, Germany)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator "Gallenkamp", England)
6. หม้อนึ่งความร้อน (Autoclave "Gallenkamp" model AUX - 700 - 010, England)

หมายเหตุ * จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบไอร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 160 - 180 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง

อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารละลายสำหรับเจือจาง

- อาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth
- Peptone

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth ปริมาณ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ผสมสารละลาย Brilliant Green Lactose Bile Broth ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแบบมีฝาปิดพร้อมหลอดดักแก๊สในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันอุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจาง

เตรียมเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยละลายเปปโตนปริมาณ 25 ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร หรือเตรียมตามปริมาณที่ต้องการใช้

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

1. บดตัวอย่างให้มีขนาดเล็ก
2. ใช้ช้อนตักสารที่ผ่านการเขี่ยแอลกอฮอล์และลนไฟ ตักตัวอย่าง 10 กรัมใส่ลงในถุงสำหรับตีปน (Stomacher bag) เติมสารละลายเปปโตน 90 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องตีปน เพื่อให้สารละลายตัวอย่างผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 10 หรือ (10^{-1})
3. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 หรือ (10^{-1}) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีสารละลายเปปโตน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้อาหารที่เจือจาง 1 : 100 หรือ (10^{-2})

การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าเป็นโคลิฟอร์ม (Presumptive coliform)

1. ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่าง ๆ ($10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$) ลงในหลอดทดลองอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth ที่มีหลอดดักแก๊ส จำนวน 3 ชุด ชุดละ 5 หลอดทดลองดังนี้
 - ชุดที่ 1 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด
 - ชุดที่ 2 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-2} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด
 - ชุดที่ 3 ปิเปตตัวอย่างที่ระดับความเจือจาง 10^{-3} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง 5 หลอด
2. บ่มหลอดทดลองในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 3 ชั่วโมง หากหลอดทดลองใดมีแก๊สเกิดขึ้นในหลอดดักแก๊สหรือให้ผลบวก (Positive) ซึ่งคาดว่าจะมีเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่าง ถ้าไม่พบว่ามีแก๊สเกิดขึ้นในหลอดใดเลยแสดงว่าให้ผลลบ (Negative) และไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดโคลิฟอร์มเจริญอยู่ในตัวอย่างนั้น

การยืนยันโคลิฟอร์ม

1. ใช้ห่วง (Loop) เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวกจากการทดสอบที่คาดว่าจะโคลิฟอร์ม ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methyl Blue Agar ในจานเพาะเชื้อ
2. บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง
3. ตรวจสอบโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะของโคลิฟอร์ม โดยโคโลนีของโคลิฟอร์มจะมีสีดำหรือสีดำตรงกลางล้อมรอบด้วยบริเวณโปร่งใสไม่มีสี โคลิฟอร์มบางโคโลนีมีลักษณะนูนเปียกเยิ้ม (Mucoid)
4. บันทึกจำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชุดที่มีเชื้อจุลินทรีย์โคลิฟอร์มที่ได้รับการยืนยันแล้ว

การวิเคราะห์แบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็น *E.coli*

1. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (Needle) เขี่ยเชื้อจากหลอดทดลองที่ให้ผลบวกจากการทดลองแบคทีเรียที่คาดว่าจะโคลิฟอร์ม ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ต้องปรับอุณหภูมิเท่ากับ 44.5 องศาเซลเซียสก่อนนำไปใช้
2. เขี่ยเชื้อ *E.coli* ซึ่งเป็น เชื้อมาตรฐานในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Lactose Bile Broth จำนวน 10 มิลลิลิตร อีก 2 หลอด สำหรับเป็นหลอดเปรียบเทียบ
3. บ่มหลอดเลี้ยงเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 44.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. หลอดทดลองที่มีแก๊สเกิดขึ้นหรือให้ผลบวก แสดงว่ามีแบคทีเรียที่คาดว่าจะ เป็น *E.coli* ให้ทำการวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E.coli*

การวิเคราะห์เพื่อยืนยัน *E.coli*

1. เขี่ยเชื้อจากหลอดเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลบวกจากการทดสอบแบคทีเรีย ที่คาดว่าจะ เป็น *E.coli* ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methyl Blue Agar
2. บ่มจานเพาะเชื้อในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง
3. เลือกลูกโคโลนีที่เป็นลักษณะเฉพาะ ของ *E.coli* ซึ่งมีสีน้ำตาลอมดำตรงกลาง และมีสีเลื่อมมันอมเขียวสะท้อนแสงซึ่งบางครั้งสีเลื่อมอาจไม่ปรากฏ เขี่ยเชื้อครั้งละ 1 โคโลนีลงในน้ำทริปโตน (Tryptone water) และบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 44.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. เชื้อเชื้อ *E.coli* มาตรฐานในหลอดน้ำทริปโตน เพื่อเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ
5. ทดสอบสารอินโดล หลอดที่มีอินโดลเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นเชื้อ *E.coli* จากนั้นบันทึกจำนวนหลอดทดลองที่ให้ผลบวก
6. คำนวณและรายงานค่า MPN ของ Coliform และ *E.coli* ในตัวอย่าง 1 กรัม
7. การทดสอบยืนยันเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Coliform และ *E.coli* ควรทำการทดสอบเมธิลเรด (Methyl red) ไวกอส - พรอสเกาเออร์ (Voges-Proskauer) และซิเตรต (Citrate test) โดยก่อนจะทดสอบปฏิกิริยาเหล่านี้ต้องแยกเชื้อ *E.coli* ให้บริสุทธิ์ก่อน



ตาราง ค.1 ตารางแมคคาดี

จำนวนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อและจำนวนตัวอย่าง ที่เจาะจากระดับต่างๆ ที่เติมในแต่ละหลอด			MPN ของแบคทีเรีย
3 หลอดที่ 1 :10 จำนวน 1 มล.	3 หลอดที่ 1 :100 จำนวน 1 มล.	3 หลอดที่ 1 :1000 จำนวน 1 มล.	ต่อกรัม ตัวอย่าง
0	0	0	< 3
0	0	1	< 3
0	1	0	3
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
2	3	0	30
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1,100
3	3	3	≥ 2,400

ที่มา : AOAC (2000)