สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้ คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัม

T039894

นางสาวมลฤดี ศรีอุดมศิลป์
นางสาวศุทธินี ข่ายม่าน

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 39894
วัน, เดือน, ปี 11 ก.ค. 2544
.b.....
.i.....

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production of Reduced-Calorie Roselle Juice Jelly with Carageenan, Xanthan and Locust Bean Gums

Miss Molruedee Sri-udomsilp

Miss Suthinee Kaimarn

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานพิเศษ การผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัม

นักศึกษา นางสาวมลฤดี ศรีอุดมศิลป์

นางสาวศุทธินี ข่ายมาน

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ลินจง สุขลำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง) หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

(รศ.สุขใจ ชูจันทร์) ประธานกรรมการ

(ผศ.วันชัย สุทธินุ่น) กรรมการ

(อาจารย์ลินจง สุขลำภู) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้ คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัม

โดย นางสาวมลฤดี ศรีอุดมศิลป์ รหัส 40053052

นางสาวศุทธินี ข่ายมาน รหัส 40053063

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ลินจง สุขลำภู

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เยลลี่เป็นอาหารว่างที่ได้รับความนิยมเนื่องจากรับประทานง่าย แต่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดปริมาณแคลอรี่ในผลิตภัณฑ์เยลลี่โดยใช้ คาราจีแนน แซนแทน และ โลคัสบีนกัม เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบจำนวน 27 สูตร โดยแปรผันอัตราส่วนของ ปริมาณน้ำตาลเป็น 15 20 และ 25 ^{0}Brix ระดับความเข้มข้นของกัม (คาราจีแนน : แซนแทน : โลคัสบีนกัม ในอัตราส่วน 2 : 1 : 1) ร้อยละ 0.5 0.75 และ 1 ของน้ำหนักต่อปริมาตร และโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 น้ำหนักต่อปริมาณ พบว่าค่าความเป็นกรดในรูปกรดซิตริกจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณโพแทสเซียมซิเตรทเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีพบว่าค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า L*และb* ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ค่าแรงกดจะมีค่ามากขึ้นตามโพแทสเซียมซิเตรท เมื่อปริมาณกัมเพิ่มขึ้นค่าแรงกดจะเพิ่มตามและเมื่อปริมาณน้ำตาลเปลี่ยนจาก 15^{0} Brix ไปเป็น 20 ^{0} Brix ค่าแรงกดจะเพิ่มขึ้นแต่ค่าแรงกดกลับลดลงเมื่อเพิ่มน้ำตาล 25^{0}Brix จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบจำนวน 27 สูตรพบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ ที่มีปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร และมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brix เป็นสูตรที่เหมาะสมในการเยลลี่ที่ลดแคลอรี่เนื่องจากเป็นสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมได้มากและผู้บริโภคยังให้การยอมรับและเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่ไว้ที่อุณหภูมิ 10 ^{0} C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าคุณภาพทั้งทางด้านเคมีและกายภาพมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งยีสต์และราตลอดระยะเวลาการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Production of Reduced — Calorie Roselle Juice Jelly with Carageenan,Xanthan and Locust Bean Gum

Name Miss Molrudee Sri — udomsilp
Miss Sutthinee Kaimarn

Special Project Adviser Linchong Suklampoo

Department Applied Biology

Academic Year 2000

Abstract

Jelly was the popular snacks but very high sweetener in component was limited for consumer who are controlling their weight .Process development for reduce — calorie jelly by using carageenan,xanthan and locust bean gum was investigated . Roselle juice jelly were prepared 27 formulars by the ratio of gum (carageenan:xanthan:locust bean gum,2:1:1) at 0.5,0.75 and 1%w/v of total volume,sucrose at 15,20 and 25^0 Brix and potassium citrate at 0.1,0.2 and 0.3% w/v of total volume respectively .The result showed that acidity as citric acid was decreased with increasing potassium citrate.Otherwise , in color system , a* value were increase while L* and b* value had no different. The compression force was increased with increasing potassium citrate. When the concentration of gum in the formular increase,it found that the compression force was increased.When sucrose was changed from 15 ^{0} Brix to 20^0 Brix ,it found that the compression force was increased but the compression force was decreased when sucrose 25^0 Brix .From the sensory evaluation result of 27 formulars,the resulted show that the Roselle juice jelly prepared by 1% gum,0.1% potassium citrate and sucrose 15^0 Brix was suitable formular to produce reduce — calorie roselle juice jelly because of high reduced sucrose and the panelists gave moderate score in total acceptance. Shelf-life study of reduced-calorie roselle juice jelly stored at 10 ^{0}c for 4 weeks was conducted.The result showed that physical and chemical quality had slightly different and no founds in microbial determination throughout the storage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้ คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัม สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายดังนี้

1. อาจารย์ลินจง สุขลำภู อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ซึ่งได้ให้ความรู้ทางวิชาการ คำแนะนำในการทดลอง คำปรึกษา และตรวจทานแก้ไขรายงานฉบับนี้

2. ผศ. วันชัย สุทธินุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ช่วยตรวจทานแก้ไขรายงานฉบับนี้

3. รศ. สุขใจ ชูจันทร์ ประธานกรรมการให้ความรู้และความคิดเห็นเพิ่มเติมในการทำโครงงานพิเศษนี้

4. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการทำโครงงานพิเศษ

5. นักศึกษาภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ชั้นปีที่ 3 และ 4 ผู้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ทำให้การทดลองสำเร็จลงด้วยดี

6. ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความสะดวกอื่น ๆ ที่อาจมิได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอย่างสูง
มลฤดี ศรีอุดมศิลป์
ศุทธินี ข่ายม่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
2. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
1.กระเจี๊ยบแดง (roselle)	3
2.เจล (gel)	4
2.1 ชนิดของเจล	5
2.2 การเตรียมเจล	6
2.3 คุณสมบัติของเจล	10
2.4 การเปลี่ยนแปลงของเจลในอาหารประกอบ	13
3. เยลลี่ (jelly)	17
3.1 องค์ประกอบในการทำเยลลี่	18
3.2 วิธีการทำเยลลี่	31
4. กัม	35
4.1โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ 44
2. อุปกรณ์ 44
3. สารเคมี 44
4. วิธีการดำเนินการทดลอง 45
   - 4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำกระเจี๊ยบ 45
   - 4.2 การศึกษาการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่ 45
   - 4.3 ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรที่ดีที่สุด เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน 48
   - 4.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ 49

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำกระเจี๊ยบ 50
2. การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของกัม น้ำตาลซูโครส และโพแทสเซียมซิเทรตในการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ 50
3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรที่เหมาะสม 59

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการทดลอง 61
2. ข้อเสนอแนะ 61

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พีเอช (pH) ร้อยละน้ำตาลและเพคตินในผลไม้เมืองไทย	25
2	ร้อยละเพคตินในผลไม้เมืองไทย	27
3	ผลไม้เมืองไทยแบ่งโดยถือเพคตินและกรดเป็นหลัก	28
4	สาเหตุการทำเยลลี่ไม่ได้ผล	43
5	สูตรที่ใช้ในการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตรและสูตรมาตรฐาน	47
6	ค่าที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำกระเจี๊ยบ	50
7	ลักษณะทางด้านเคมีและกายภาพของเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตร และสูตรมาตรฐาน	52
8	ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ สูตรที่ 1 – 9	54
9	ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ สูตรที่ 10 – 18	55
10	ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ สูตรที่ 19 – 27	56
11	ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่	58
12	คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ^{0} C เป็นเวลา 4 สัปดาห์	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การสานตัวกันของอนุภาคเพื่อให้เกิดเจล	7
2	การจับตัวกันของโมเลกุลภายในเจล	9
3	การจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลแบบต่าง ๆ ณ จุดที่จับตัวกัน โดยมีแรงจับจากมากไปหาน้อย ตามลำดับ	10
4	เจลเนื้อผสมแบบที่ 1 แสดงสารโพลีเมอร์สอดแทรกอยู่ในเจล	15
5	เจลเนื้อสัมผัสแบบที่ 2	17
6	เจลมีเตอร์	30
7	การดูลักษณะไหลเป็นแผ่นของเยลลี่ที่ต้มได้ที่	34
8	รีแฟลคโตมิเตอร์	34
9	ภาพตัดขวางของสาหร่ายสีแดง	37
10	สูตรโครงสร้างของคาราจีแนน	37
11	กลไกการเกิดคาราจีแนน	38
12	ผลของไอออนที่มีประจุบวกต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลและหลอมเหลว	38
13	กลไกการเกิดเจล	39
14	โครงสร้างปฐมภูมิของแซนแทน	40
15	การประสานตัวของโครงสร้างของแซนแทนกัม	40
16	โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทน	41
17	ฝักและเมล็ดของโลคัสบีน	42
18	วิธีการผลิตเยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

ปัจจุบันนี้มีผู้คนได้หันมาให้ความสนใจกับเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องการบริโภคอาหารจึงมีอาหารเพื่อสุขภาพออกมาหลายรูปแบบ โดยอาหารเพื่อสุขภาพนั้นส่วนใหญ่จะเน้นอาหารที่มาจากธรรมชาติโดยตรงและมีแคลอรี่ต่ำ คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ ได้แก่ เยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบ เนื่องจากน้ำกระเจี๊ยบเป็นน้ำผลไม้ที่มีวิตามินและเกลือแร่ต่าง ๆ สูงโดยเฉพาะวิตามินซีและยังเป็นสมุนไพรที่ช่วยแก้ไอ แก้กระหาย ลดความดันโลหิต และช่วยระบบการย่อยทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปรกติลดการเกิดมะเร็งลำไส้ และช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากการขาดวิตามิน (ศรีนวล, 2528 ; วันเพ็ญ, 2541) และผลิตภัณฑ์เยลลี่ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก รับประทานง่าย ไม่ว่าจะรับประทานเยลลี่เพียงอย่างเดียวหรือรับประทานร่วมกับไอศกรีม สลัดผักและอื่น ๆ โดยปกติแล้วส่วนผสมของเยลลี่จะต้องมีสัดส่วนของกรด น้ำตาล และสารไฮโดรคอลลอยด์ เช่น เจลาติน หรือคาราจีแนนที่เหมาะสม ซึ่งเยลลี่ที่ดีจะต้องมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 67.5 เพคตินร้อยละ 1 และมีพีเอช 3.2 เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความยืดหยุ่นดังนั้นเยลลี่ทั่วไปจึงมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบที่สูงมาก และทำให้มีแคลอรี่สูงซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน (เทพ, 2540 ; สุวิทย์, 2538) ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการผลิตเยลลี่ที่มีแคลอรี่ต่ำ โดยลดปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลงและศึกษาการใช้กัมซึ่งมีส่วนผสมของ คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัมที่ปริมาณต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสเยลลี่ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คาดว่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก หรือลดการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง

1.วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1) เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบแคลอรี่ต่ำ
2) เพื่อศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีแคลอรี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เพื่อศึกษาการใช้คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัมในผลิตภัณฑ์เยลลี่เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีแคลอรี่ต่ำ

2.ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์พร้อมกับศึกษาอัตราส่วนของคาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ รวมทั้งได้มีการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส

3.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบแคลอรี่ต่ำ
2) เป็นทางเลือกใหม่ที่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดการบริโภคน้ำตาล
3) เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับกระเจี๊ยบได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. **กระเจี๊ยบแดง**(Roselle)

วงศ์ MALVACEAE

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa* Linn

ชื่อพื้นเมือง กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว(กลาง) ผักเก้งเค้ง ส้มเก้งเค้ง(พายัพ) ส้มตะเลงเครง ส้มปู(เหนือ) แกงแดง(เชียงใหม่) ส้มพอเหมาะ(เหนือ) ส้มพอดี(อีสาน)

กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชเส้นใยตระกูลเดียวกับปอแก้ว แต่ใช้ส่วนของกลีบที่พัฒนามาจากฐานรองดอกมาใช้ประโยชน์ทำกระเจี๊ยบแห้ง น้ำกระเจี๊ยบ แยม ไวน์ เยลลี่และผลิตสีผสมอาหาร เส้นใยจากลำต้นใช้ทำเชือก กระสอบ เยื่อกระดาษ เมล็ดสามารถนำมาสกัดน้ำมัน และยังจัดเป็นพืชสมุนไพร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระเจี๊ยบเป็นไม้ที่ปลูกง่าย ปลูกตามบ้านเรือนทั่วทุกภาคของไทย กระเจี๊ยบเป็นพืชล้มลุกปีเดียวและเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ลำต้นตรงสูงประมาณ 1-2 เมตร กิ่งก้านจะมีสีม่วงแดง ใบมีหลายใบขอบใบเรียบ บางครั้งมีหยักเว้า 3-5 หยัก ใบกว้างและยาวใกล้เคียงกัน 8-15 เซนติเมตรและเป็นใบเดียวเกิดสลับบนลำต้น ดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีชมพูหรือสีเหลือง ก้านดอกสั้นมีกลีบพัฒนามาจากฐานรองดอก 5-10 กลีบ มีสีแดงนำมาตากแห้งใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ บริเวณเกสรดอกมีสีแดงม่วง เกสรตัวผู้เชื่อมกันหมดเป็นหลอด ผลเป็นผลแห้ง แตกกลีบเลี้ยงมีสีแดงฉ่ำน้ำหุ้มไส้ ผลของกระเจี๊ยบเป็นผลชนิด แคปซูล การปลูกใช้วิธีการเพาะเมล็ด พันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์ซูดาน บราซิล เอส -2760 เอส 60 เอ็ม 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ทางยา ใช้ใบประดับและกลีบเลี้ยงสีแดง เป็นยาขับปัสสาวะ ช่วยทำให้ปัสสาวะใสและคล่องขึ้น ในผู้ป่วยที่เป็นโรคนิ่วในไต ทางเดินปัสสาวะอักเสบ ช่วยให้ระบายอ่อน ๆ เพราะความเป็นกรดของกระเจี๊ยบ ช่วยลดความดันโลหิต แก้ไอ ขจัดเสมหะ แก้กระหายน้ำ ช่วยป้องกันการจับไขมันในเส้นเลือดได้

ใบกระเจี๊ยบ 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 43 กิโลแคลอรี่ มีเส้นใย 1.3 กรัม มีแคลเซียม 9 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 4 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม วิตามินเอ 10833 IU วิตามินบีหนึ่ง 0.11 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.24 มิลลิกรัม ไนอาซีน 4.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 44 มิลลิกรัม (ภูมิพิชย์, 2535;วิทย์, 2536)

2.เจล (gel)

คำว่า " เจล " มาจากภาษาละติน gelare แปลว่าแช่แข็ง ซึ่งหมายถึงการทำให้สารละลายหรือโซลแข็งตัว เนื่องจากสารละลายหรือโซลหลายชนิดสามารถเปลี่ยนไปเป็นเจลได้ถ้ามีอุณหภูมิ ความเข้มข้น และสภาพแวดล้อมอื่นๆเหมาะสม สารละลายและโซลเป็นของเหลวโดยมีโมเลกุลหรืออนุภาคเล็กๆกระจายอยู่ในตัวทำกระจาย (น้ำ) สามารถเปลี่ยนรูปได้ตามลักษณะของภาชนะบรรจุ ส่วนเจลโดยปกติจะไม่เปลี่ยนรูปได้ง่าย เนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็ง เป็นวุ้น เป็นความแข็งที่เกิดจากการสานตัวกันระหว่างโมเลกุลหรืออนุภาค แต่เจลหลายชนิดก็มีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากของเหลว สามารถไหลหรือเปลี่ยนรูปได้ตามลักษณะของภาชนะบรรจุ ฉะนั้นการที่จะพิจารณาว่าของเหลวเป็นเจลหรือไม่จึงต้องมีหลักเกณฑ์ และหลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณามีอยู่ 2 ประการ คือประการแรก เจลจะต้องมีส่วนผสมอย่างน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นของเหลวและอีกส่วนหนึ่งเป็นของแข็ง ประการที่สองเจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง เป็นลักษณะที่ทราบได้โดยการตรวจดูค่าแรงดันไหล เจลทุกชนิดจะมีค่าแรงดันไหลไม่มากก็น้อย มีอาหารหลายชนิดที่มีลักษณะเหมือนเจล แต่ส่วนที่เป็นของเหลวได้ระเหยออกไป เหลือแต่ของแข็งและมีเนื้อแน่นมาก ในกรณีเช่นนี้จะไม่เรียกว่าเจล แต่มีคุณสมบัติสัมพันธ์กับเจลอย่างใกล้ชิด กล่าวคือสามารถดูดตัวทำกระจาย พองตัว และเปลี่ยนเป็นเจลได้ในที่สุด เรียกกันว่า " ซีโรเจล " (zerogel) เช่น เจลาตินแห้ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติหลายชนิด เช่น เส้นใยเซลลูโลส แป้ง และหนังสัตว์แห้ง สามารถดูดน้ำและพองตัวได้จึงอาจจัดอยู่ในกลุ่มของซีโรเจลได้ สำหรับเจลที่ปราศจากของเหลวและไม่สามารถดูดของเหลวหรือพองตัว จะไม่เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีโรเจล แต่เรียกว่า "เรซินหรือกลาส" (resin or macromolecular glass) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาร macromolecules

2.1 ชนิดของเจล

เจลมี 2 ชนิด คือชนิดที่เป็นตะกอนเบา (gelatinous precipitates) และชนิดที่เป็นเยลลี่ (jelly) เจลที่เป็นตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นจะเกิดเจลเร็วขึ้น และทำให้น้ำแยกตัวออกมา อย่างไรก็ตามอาจทำให้เกิดเป็นเยลลี่ได้ถ้าความอิ่มตัวยิ่งยวดสูงมากพอ และมีการควบคุมอัตราการตกตะกอนให้ช้าลง ตัวอย่างสารที่ให้เกิดเจลแบบนี้ ได้แก่ อ็อกไซด์ ซิลิกา และแมงกานีสอาซีเตต เป็นต้น เจลที่ได้จะไม่หยุ่นตัวเมื่อนำไปทำแห้ง ส่วนเจลแบบที่สองเตรียมได้จากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ เป็นเจลที่มีตัวกระจายและตัวทำกระจายอยู่ทั่วไปทั้งระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีการเชื่อมต่อกันในสามทิศทางอย่างไม่ขาดตอน เมื่อนำไปทำให้แห้งความหยุ่นตัวยังคงมีอยู่ ในหลายโอกาสเมื่อเรียกว่า "เจล" จะหมายความถึงเยลลี่

ก. เจลแบบตะกอนเบา

เจลชนิดนี้เกิดจากสารอนินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดซับน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เฟอริกอ็อกไซด์ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ตะกอนมีความหนืดหรือมีลักษณะปั้นได้ ประกอบด้วยผลึกเล็กๆเป็นจำนวนมาก ผลึกหรืออนุภาคที่สามารถเกิดเจลได้อาจมีรูปยาวบางหรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้ แต่ถ้ามีรูปร่างยาวจะเกิดเจลได้ดีกว่า โดยเฉพาะผลึกที่มีรูปร่างยาวและบอบบางจะงอตัวได้ การสานตัวกันจะทำได้ดี แต่ถ้าอนุภาคมีรูปร่างกลมหรือรูปร่างแบบอื่นๆ จะมีลักษณะแข็งงอตัวได้ยาก การสานตัวกันจะทำได้ลำบากถึงแม้จะมีโมเลกุลน้ำเกาะติดอยู่ก็ตาม การเกิดเจลจะทำได้ยากนอกจากอนุภาคเหล่านั้นจะมีวิธีการจับตัวกันเป็นเส้นตรงยาวได้เป็นสายอนุภาคที่งอตัวได้ จะทำให้เกิดการสานตัวกันใน 3 ทิศทาง เจลที่เกิดขึ้นจึงมีความนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะของเจลที่แท้จริง อนุภาคที่ประกอบกันเป็นเจลนั้นถ้าดูดน้ำได้ไม่มากพร้อมทั้งสานตัวกันก็ทำได้ไม่ดีนัก ตะกอนเบาจะเกิดขึ้นได้ เมื่อใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น ในกรณีของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น เจลแบบตะกอนเบาจะพบในอาหารบ้างแต่ไม่มากนัก เช่น พบในหม้อทำไอน้ำเมื่อใส่สารเคมีจำพวกเกลือฟอสเฟตลงไปเพื่อกำจัดความกระด้าง ทำให้เกิดตะกอนเบาของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือพบในกรณีของการผสมน้ำเกลือกับน้ำปูนใสเพื่อเตรียมน้ำเกลือสำหรับดองผลไม้ เป็นตะกอนของเกลือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น การเกิดตะกอนเบาในอาหารเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ แต่จะมีประโยชน์ในการกำจัดสารบางชนิดก่อนนำน้ำไปใช้

ข.เยลลี่

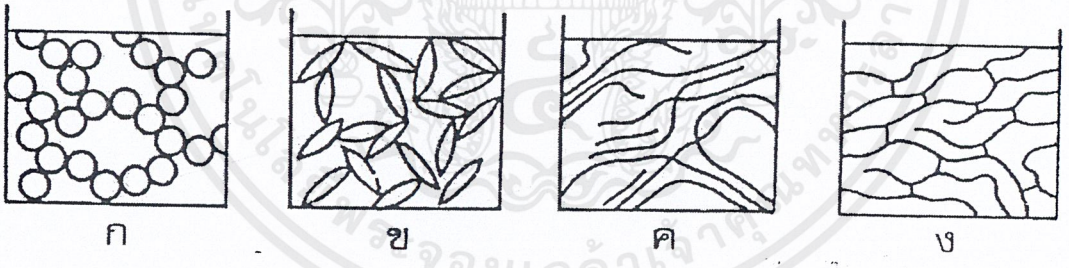
เยลลี่ที่เตรียมจากสารอนินทรีย์จะพบน้อยมากในอาหาร เป็นเจลที่เกิดจากอนุภาคที่ดูดน้ำได้ดีโดยการสานตัวกันในสามทิศทาง มีลักษณะคล้ายกับฟองน้ำและดูดน้ำทั้งหมดไว้ เจลชนิดนี้จะเกิดขึ้นกับเกลือบางชนิดเท่านั้น สารอนินทรีย์ที่ให้เจลแบบตะกอนเบาก็อาจเกิดเยลลี่ได้ถ้าสภาวะเหมาะสม ส่วนเยลลี่ที่เกิดจากสารอินทรีย์พบมากที่สุดในอาหาร สารที่ให้เจลแบบนี้ ได้แก่ เจลาติน วุ้น แป้ง เพ็คทิน อนุภาคที่เกิดเจลอาจมีรูปร่างยาว กลม หรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้ เหมือนกับเจลแบบตะกอนเบา ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นผลึกและอสัญฐาน ในธรรมชาติเจลแบบนี้มีโครงสร้างที่ซับซ้อนมีทั้งเจลเนื้อเดียว เจลเนื้อผสม และเจลที่มีเนื้ออื่นผสม เยลลี่หลายชนิดมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากโซลถ้าตรวจดูด้วยสายตา ตัวอย่างเช่นโซลของเจลาตินที่เจือจางมีลักษณะไม่แตกต่างกับเยลลี่ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำให้โซลเย็นตัว ในขณะที่โซลเข้มข้นเกิดเจลอย่างเห็นได้ชัดเจน เจลที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีมีลักษณะใสโซลเจลตินที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถเทได้เหมือนของเหลวแต่เมื่อตรวจดูด้วยเครื่องมือที่มีความไวสูงก็พบว่าโซลของ เจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำให้ค่าแรงดันไหล ซึ่งเป็นลักษณะของเจลแสดงว่าจุดที่โมเลกุลจับตัวกันใช้แรงต่ำมาก สามารถแตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อตั้งทิ้งไว้จะจับตัวกันใหม่ เป็นคุณสมบัติที่เรียกว่า thixotropic

2.2 การเตรียมเจล

เจลอาจเตรียมได้จากของแข็งหรือจากของเหลว ส่วนที่เตรียมได้จากของแข็งจะต้องใช้สารพวก macromolecules ที่ดูดน้ำและพองตัวได้ ส่วนที่เตรียมจากของเหลวตัวกระจายอาจมีขนาดเล็กเป็นสารละลายอย่างแท้จริงหรือเป็นตัวกระจายที่มีขนาดใหญ่อยู่ในเกณฑ์ของสารคอลลอยด์ก็ได้ อย่างไรก็ตามการที่สารละลายหรือสารคอลลอยด์จะเป็นเจลได้ตัวกระจายต้องจับตัวกันเป็นอนุภาคเล็กๆ และกระจายไปทั่วระบบก่อน หลังจากนั้นจึงจับตัวกันใน 3 ทิศทาง อนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นนั้นอาจอยู่ในรูปของผลึกหรืออสัณฐานก็ได้ ด้วยเหตุนี้สภาวะใดก็ตามที่ทำให้เกิดความอิ่มตัวยิ่งยวด เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดอุณหภูมิ การระเหยน้ำ การใส่สารบางชนิด หรือการทำปฏิกริยาเคมี จะเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมเจล หลังจากนั้นจะต้องทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสมเพื่อให้เกิดการสานตัวกันเป็นร่างแห ลักษณะการสานตัวกันอาจเกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ (รูปที่ 1) เมื่ออนุภาคมีลักษณะการสานตัวกันเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันและเกาะตัวกันเป็นเส้นยาว (รูปที่ 1ก) เมื่ออนุภาคมีรูปร่างยาวรีการสานตัวกันจะเกิดจากปลายแหลมเข้าไปเกาะกับส่วนหนึ่งส่วนใดของอนุภาคอื่นๆ (รูปที่ 1ข) เมื่ออนุภาคมีลักษณะเป็นเส้นยาวแบบ macromolecules การสานตัวกันจะเกิดการเรียงตัวกันของส่วนใดส่วนหนึ่งของเส้น ทำให้ส่วนนั้นเกิดเป็นผลึกขึ้น (รูปที่ 1ค) หรือเกิดจากปฏิกริยาเคมีแบบครอสลิงค์ (รูปที่ 1ง) แรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นมีทั้งแบบแรงวันเดอร์วาลส์ และแรงประจุ นอกจากนี้แล้วยังมีโมเลกุลหรืออนุภาคอื่นๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย โดยจะเข้าไปเกาะอนุภาคที่เกิดเจล เช่น น้ำ เป็นต้น การสานตัวกันนั้นจะเกิดขึ้นทั้งระบบหรือไม่ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความเข้มข้น และวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่ำเกินไปจะเกิดเพียงตะกอนขุ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็นเยลลี่ของสารแต่ละชนิดไม่แน่นอนนัก เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาวะการเตรียม



รูปที่ 1 การสานตัวกันของอนุภาคเพื่อให้เกิดเจล
ที่มา :ณรงค์ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

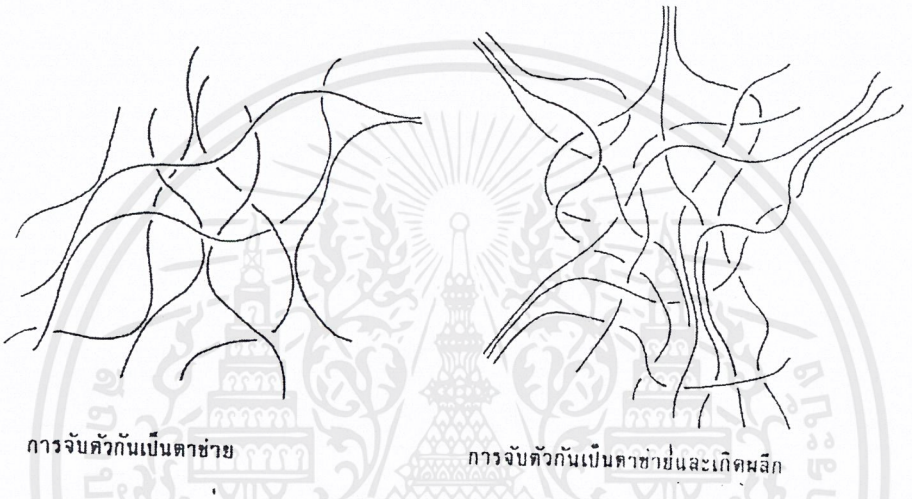
การเตรียมเจลจากของเหลว

ของเหลวที่ใช้เตรียมเจลอาจเป็นสารละลายหรือโซลก็ได้ ถ้าใช้สารละลายจะเหมาะสำหรับการเตรียมเจลจากสารอนินทรีย์ การเตรียมเจลทั้งแบบตะกอนและแบบเยลลี่ จะใช้วิธีของ Von Weimarn ส่วนจะเกิดเจลแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดซับน้ำ ถ้าสารชนิดนั้นดูดซับน้ำได้ดีจะเกิดเยลลี่ ในทางตรงกันข้ามถ้าสารชนิดนั้นดูดซับน้ำได้น้อยจะเกิดเจลแบบตะกอนเบา ถ้าผสมสารละลายเข้าด้วยกันแล้วเกิดตะกอนทันทีจะให้ตะกอนแบบตะกอนหนักและตะกอนเบา ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นปัญหาการผลิต เนื่องด้วยการผสมในระยะแรกเมื่อเทส่วนผสมลงไปส่วนหนึ่งจะเกิดเจลอย่างรวดเร็ว ให้เจลที่มีเนื้อแข็ง และเมื่อผสมอีกส่วนหนึ่งลงไปจะเกิดเจลอีก เป็นเจลที่มีลักษณะเบา เจลที่ได้จึงมีทั้งหนักและเบา ถ้ามีการกวนระหว่างการผสมจะทำให้โครงสร้างของเจลถูกทำลายไป แต่สามารถทำให้อัตราการตกตะกอนต่ำลงโดยไม่ทำให้ความเข้มข้นที่จุดหนึ่งจุดใดสูงเกินไป จะให้เยลลี่ เช่น การใส่สารละลายตัวหนึ่งตัวใดลงไปทีละน้อยในขณะทำการกวนให้เข้ากัน เป็นต้น การลดอุณหภูมิให้ต่ำลงในขณะทำการผสมก็ทำให้อัตราการตกตะกอนช้าลง และช่วยให้เกิดเยลลี่ได้ดีขึ้น

การเตรียมเจลอาจทำได้จากโซล โดยเฉพาะโซลของ macromolecules การเกิดเจลแบบนี้จะต้องเกิดผลึกขึ้นแบบใดแบบหนึ่งอย่างแน่นอน แต่มิใช่ผลึกขนาดใหญ่จนกระทั่งมองเห็นได้ การที่จะทำให้ผลึกเกิดขึ้นได้นั้นจะต้องลดการละลายของสารให้ต่ำลง เช่น การลดอุณหภูมิ การใส่สารบางชนิดลงไปเพื่อลดการละลาย การทำให้เกิดปฏิกริยาเคมีเพื่อเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของตัวละลาย เป็นต้น เมื่อการละลายลดถึงระดับหนึ่งความอิ่มตัวจะเกิดขึ้น โมเลกุลของสารละลายจะจับตัวกันเอง เนื่องจากโมเลกุลมีความยาวมากการจับตัวกันจึงเกิดขึ้นหลายจุด และหลายโมเลกุล ทำให้เกิดตาข่ายขึ้น (รูปที่ 2) ถ้าจุดที่จับตัวกันมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องน้อย เจลที่เกิดขึ้นยังคงมีลักษณะเป็นของเหลว ถ้าจุดที่จับตัวกันนั้นมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องมาก จะทำให้เกิดผลึกขึ้น ณ จุดนั้น แต่จะมีโมเลกุลเข้าเกี่ยวข้องจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความอิ่มตัวยิ่งยวดและจำนวนผลึกที่เกิดขึ้นพร้อมๆกัน การเกิดผลึกแบบนี้ทำให้โมเลกุลจับตัวกันอย่างแน่นหนา และแยกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นของแข็งและส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่งเป็นลักษณะของเจลอย่างแท้จริง เมื่อตั้งทิ้งไว้นานการจับตัวกันที่จุดใหม่ๆ จะเกิดขึ้นอีก พร้อมทั้งผลึกที่เกิดขึ้นก่อนแล้วจะมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ การที่ของเหลวเปลี่ยนไปเป็นของแข็งผสมกับของเหลวจะตรวจสอบได้ด้วยวิธี x- ray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

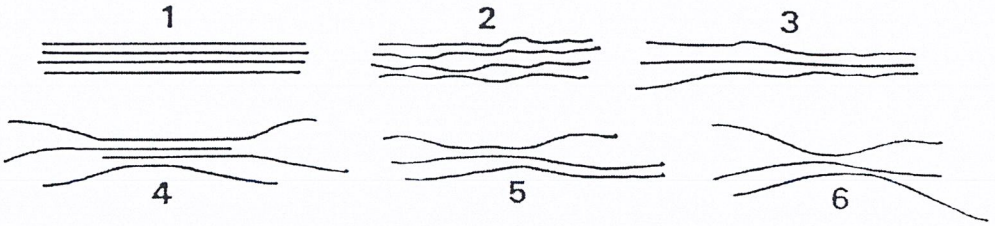
diffraction ถ้าผลึกมีขนาดใหญ่จนถึงระดับหนึ่งจะปรากฏให้เห็นเป็นจุดที่เรียกว่า interference spot ส่วนจำนวนโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับผลึกนั้นกล่าวกันว่ามีจำนวนอย่างน้อย 30 ซึ่งนับว่าค่อนข้างสูง และสงสัยกันว่าจะเกิดขึ้นได้อย่างไร เมื่อโมเลกุลในสารละลายมีการเคลื่อนไหวได้ดี หรืออยู่กันไม่ยุ่งเหยิงอย่างที่คิด ซึ่งพบว่าเป็นความจริงมีบางส่วนของโมเลกุลจัดเรียงตัวกันอยู่แล้ว



รูปที่ 2 การจับตัวกันของโมเลกุลภายในเจล
ที่มา : ณรงค์ (2538)

ขนาดของผลึกขึ้นอยู่กับสภาวะของการเกิดผลึกและอายุของเจล ถ้าทำให้เกิดเจลอย่างรวดเร็วจะทำให้ผลึกที่มีลักษณะแตกต่างไปจากผลึกที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ อายุของเจล อุณหภูมิที่เก็บ และการใส่สารบางชนิดลงไปก็จะทำให้เกิดผลึกลักษณะแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามจุดที่โมเลกุลจับตัวกันนั้นอาจมีขนาดเล็ก ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เรียกว่าผลึก แต่ก็มีความสำคัญมากต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของเจล สำหรับโมเลกุลที่จับตัวกันนั้นมีแรงจับ (พลังงาน) ไม่เท่ากัน ถ้าส่วนของโมเลกุลมีการเรียงตัวกันได้อย่างแนบสนิทจะเกิดแรงจับตัวกันสูงสุด มีความเหนียวแน่นมาก แต่ถ้าโมเลกุลเรียงตัวกันได้ไม่แนบสนิทมากนักแรงจับตัวกันจะลดลง (รูปที่3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 การจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลแบบต่างๆ ณ จุดที่จับตัวกัน โดยมีแรงจับจากมากไปหาน้อยตามลำดับ

ที่มา : ณรงค์ (2538)

เจลบางชนิดจะเกิดขึ้นเมื่อทำให้ร้อนและจะเปลี่ยนเป็นโซลเมื่อทำให้เย็นตัว เช่น เมธิลเซลลูโลส เป็นต้น แต่เจลบางชนิดเกิดจากการทำให้โซลเย็นตัว ถ้าความเข้มข้นของโซลสูงมากพอและอุณหภูมิที่เกิดเจลต่ำมากพอ เช่น โซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ1จะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และไม่เกิดเจลเลยที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยทั่วๆไปอุณหภูมิที่เจลหลอมเหลวเป็นโซลและอุณหภูมิที่โซลแข็งตัวเป็นเจลจะไม่เท่ากัน อาจห่างกันถึง5-10 องศาเซลเซียส เจลาตินมีช่วงความแตกต่างเช่นนี้ต่ำกว่าวุ้น วุ้นหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส โซลเพ็คทินจะเปลี่ยนเป็นเจลได้ถ้ามีกรดและน้ำตาลมากพอ โดยกรดและน้ำตาลจะทำหน้าที่ลดการละลายให้น้อยลง แต่ถ้าใส่แอลกอฮอล์หรือกลีเซอรีนลงไปโซลเพ็คทินจะเกิดเจลได้ถึงแม้จะไม่มีกรดเนื่องจากเพ็คทินละลายในแอลกอฮอล์หรือกลีเซอรีนได้น้อยกว่าละลายน้ำ

2.3 คุณสมบัติของเจล

ก. การเคลื่อนที่ของอนุภาคบางชนิดในเจล

สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์หลายชนิดสามารถเคลื่อนที่ได้ในเจล ถ้าเจลนั้นเจือจางมากการเคลื่อนที่จะมีความเร็วใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ในน้ำ แต่ถ้าเจลนั้นมีความเข้มข้นมากการเคลื่อนที่จะช้าลง คุณสมบัติของเจลเช่นนี้ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการเตรียมผลึกของสารบางชนิด และใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกสารบางชนิดออกจากกัน ในการเตรียมผลึกในเจลนั้นจะเริ่มด้วยการใส่สารอิเล็คโตรไลท์ชนิดหนึ่งลงในเจลขณะทำการเตรียม หลังจากเกิดเจลแล้วจึงเติมสารอิเล็คโตรไลท์อีกชนิดหนึ่งลงไป ปล่อยให้แพร่กระจายออกไปสัมผัสกับสารอิเล็คโตรไลท์ชนิดแรก ถ้าสารประกอบที่ได้จากปฏิกริยามีการตกผลึกจะได้ผลึกขนาดใหญ่กว่าผลึกที่เกิดจาการผสมสารอิเล็คโตรไลท์ทั้งสองเข้าด้วยกันโดยตรง อธิบายได้ว่าเจลป้องกันมิให้สารอิเล็คโตรไลท์ทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากันเร็วเกินไปซึ่งจะทำให้การตกตะกอนเป็นไปอย่างช้าๆและตะกอนมีลักษณะเป็นผลึกมิใช่เป็นแบบอสัณฐาน ผลึกที่ได้จึงมีขนาดใหญ่

การแยกสารชีวภาพด้วยเจลจะใช้กับสารต่างๆ ที่ประจุ เช่น โปรตีน RNA เป็นต้น โดยให้สารชีวภาพเคลื่อนที่ในเจลเมื่อเจลนั้นมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สารชีวภาพที่มีประจุไม่เท่ากันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการแยกเป็นกลุ่มๆ วิธีการที่รู้จักกันดีคือ zone electrophoresis เจลที่ใช้สำหรับการแยกสารจะต้องไม่มีประจุ เช่น แป้งเปียก polyacrylamide gel, sodium dodecyl sulfate (SDS-gel), cellulose acetate gel, agar gels เป็นต้น

ข. ความหยุ่น

ความหยุ่น (elasticity) เป็นคุณสมบัติของเจลที่มีการศึกษากันมาก ความหยุ่นเกิดจากโมเลกุลของเจลที่มีลักษณะบอบบาง และเป็นเส้นตรงยาว นอกจากนี้ยังเกิดการจับตัวกันน้อย ถ้านำเจลมาระเหยน้ำออกไปบางส่วน ความหยุ่น(ระยะยืดออกหรือระยะกดเข้า) จะมีค่าน้อยลง เนื่องจากโมเลกุลมีการจับตัวกันมากจุดยิ่งขึ้น ความหยุ่นของเจลอาจวัดได้ด้วยค่ามอดูลัสของความหยุ่น (modulus of elasticity) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของแรงเค้นต่อแรงเครียด เจลที่มีค่ามอดูลัสความหยุ่นต่ำแสดงว่ายืดออกหรือกดเข้าได้ง่าย (มีความหยุ่นมาก) ในทางตรงกันข้ามถ้าเจลให้ค่ามอดูลัสความหยุ่นสูงแสดงว่ายืดออกหรือกดเข้าได้ยาก(มีความหยุ่นน้อย) จากการตรวจสอบค่าความหยุ่นของเจลเมื่อมีสารชนิดต่างๆผสมอยู่ด้วย พบว่าสารชนิดใดก็ตามสามารถลดความหนืดหรือสามารถลดอุณหภูมิการแข็งตัวของโซลได้ จะสามารถลดค่าความหยุ่นให้น้อยลงได้ เช่น คลอไรด์ เป็นต้น ส่วนน้ำตาลและกลีเซอรีนทำให้ความหนืดของเจลสูงขึ้น ค่าความหยุ่นของเจลจึงสูงขึ้นด้วย ความหยุ่นของเจลจะมีค่าลดลงเมื่อมีการกดซ้ำหลายๆครั้ง เนื่องจากเจลมีการคลายตัวไม่สมบูรณ์ การกดทำให้อนุภาคโซลส่วนหนึ่งจับตัวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. Thixotropy

เจลบางชนิดจะเปลี่ยนเป็นของเหลวเมื่อมีการกวน และจะเปลี่ยนเป็นเจลอีกเมื่อหยุดกวน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า " thixotropy " เป็นคำที่มาจากภาษากรีก thixis และ tropos ซึ่งแปลว่าสัมผัสและเปลี่ยนแปลง ตามลำดับ หมายความว่ามีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการสัมผัส การเปลี่ยนแปลงของเจลเช่นนี้ เกิดจากอนุภาคของเจลมีการจับตัวกันมากพอที่จะให้ค่าแรงดันไหลได้ แต่ไม่มากพอที่จะคงรูปอยู่ได้เมื่อมีการกวน อาจกล่าวได้ว่า แรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก การทำลายแรงด้วยการกวนจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน เจลจึงเปลี่ยนเป็นของเหลว แต่ถ้าแรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นแตกต่างกันมากการกวนจะทำให้เกิดการแตกตัวในส่วนที่มีการจับตัวกันด้วยแรงน้อยๆเท่านั้น การแตกตัวจะมีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆ และไม่จับตัวกันใหม่เมื่อหยุดกวน หรือมีการจับตัวกันบ้างและให้ค่าแรงดันไหลต่ำมาก เจลของพวก macromolecules จะมีแรงจับตัวกันระหว่างอนุภาคที่จุดต่างๆ แตกต่างกันมาก การเปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างโซลกับเจลจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีความเข้มข้นต่ำหรือเจลที่เตรียมใหม่ๆเท่านั้น ในสภาวะเช่นนี้แรงที่จับตัวกันระหว่างอนุภาคจะมีค่าใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาการเกิด thixotropy ของเจลที่เกิดจากโซลของสารอนินทรีย์ เช่นเฟอร์ริก อ็อกไซด์ อลูมินา โครมิกอ็อกไซด์ หรือสแตนนิกอ็อกไซด์ พบว่าเมื่อใส่สารอิเล็คโตรไลท์ในปริมาณที่พอเหมาะจะเกิดเยลลี่เมื่อตั้งทิ้งไว้ มีความใสไม่แตกต่างไปจากโซล เมื่อกวนหรือเขย่าแรงๆ เยลลี่จะเปลี่ยนเป็นโซล และจะเปลี่ยนกลับไปเป็นเยลลี่อีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นซ้ำๆ ถ้าต้องการ นอกจากนี้ยังพบว่าอนุภาคของเจลที่มีรูปร่างยาวหรือเป็นแผ่นจะเกิด thixotropy ได้ดี เนื่องจากเป็นอนุภาคที่เคลื่อนที่ได้ช้า

ง. Rheopexy

โซลที่มีอนุภาคเป็นเส้นยาวหรือเป็นแผ่นจะแข็งตัวเป็นเจลได้ช้าๆ แต่ถ้ามการเขย่าหรือหมุนเบาๆ จะเกิดเจลได้เร็วขึ้น การเขย่าหรือการกวนจะทำให้อนุภาคสามารถจัดตัวกันได้เร็วขึ้น ทำให้ความหนืดสูงขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า "rheopexy" เป็นคำที่มาจากภาษากรีก แปลว่าหยุดการไหลหรือแข็งตัวเมื่อมีการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเปลี่ยนแปลงของเจลในอาหารประกอบ

ในการประกอบอาหารจำพวกเจลจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอ นับตั้งแต่การเปลี่ยนโซลไปเป็นเจล จนกระทั่งหลังจากเกิดเจลแล้ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเปลี่ยนความใส การเกิดเจลไม่สมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การเกิดเจลที่ซับซ้อน การคายน้ำ และการดูดน้ำผิดปกติ

ก. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลของสารหลายชนิดทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นเช่นนี้เรียกว่า "ความร้อนแฝงของการเกิดผลึก" สารชนิดใดก็ตามต้องการความร้อนเพื่อทำให้ละลาย สารชนิดนั้นจะให้ความร้อนเมื่อโมเลกุลในสารละลายเข้ามารวมตัวกันเพื่อให้เกิดผลึก ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำให้สารละลายลดอุณหภูมิลงเมื่อต้องการให้เกิดผลึก สารละลายของกลุ่ม macromolecules จะให้ความร้อนเสมอเมื่อเปลี่ยนจากโซลไปเป็นเจล แต่จะไม่พบในสารละลายเข้มข้นที่มีคุณสมบัติเป็น thixotropy

ข. การเปลี่ยนแปลงความใส

โซลหลายชนิดเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านแสงเข้าไปจะปรากฏเป็นลำแสง (Tyndall effect) แสดงว่ามีการสะท้อนแสงเกิดขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงที่พบเสมอในเจลที่เกิดจาก macromolecules ถ้าจุดที่อนุภาคจับตัวกันเป็นผลึกมีขนาดใหญ่กว่าคลื่นแสง พบว่าน้ำที่เกาะอยู่กับผลึกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความใสมาก ถ้าผลึกที่เกิดขึ้นมีน้ำเกาะอยู่มากความใสของเจลจะไม่แตกต่างไปจากโซลมากนัก ฉะนั้น macromolecules ที่มีพีเอชอยู่ใกล้จุด isoelectric point เมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นมาก แต่จะขุ่นน้อยลงเมื่อพีเอชอยู่ห่างจากจุดนี้ออกมา

ค. การเกิดเจลไม่สมบูรณ์

ได้กล่าวแล้วว่าการเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลนั้นจะต้องให้เวลามากพอสมควร โดยการจับตัวกันระหว่างอนุภาคจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่เนิ่นออกไป ถ้าระหว่างที่ปล่อยให้เกิดเจลนั้นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระทบกระเทือน เช่น มีการเคลื่อนที่ หรือมีการกวนเจลที่เกิดขึ้นจะแตกออก ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากตั้งทิ้งไว้ไม่นานเจลจะแตกออกเป็นโซล แต่ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากที่ตั้งทิ้งไว้นานพอสมควร เจลจะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ และไม่สามารถรวมกันเป็นเจลได้อีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ การกระทบกระเทือนเป็นการขัดขวางมิให้อนุภาคจับตัวกันได้สะดวกจึงเกิดเจลไม่สมบูรณ์

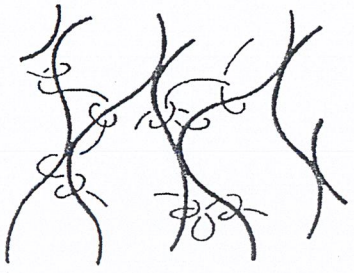
ง. การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงโซลไปเป็นเจลมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ โซลของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะลดปริมาตรลง ในขณะที่โซลของเมทิลเซลลูโลสเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะเกิดขึ้นเสมอถ้าการเกิดเจลนั้นมีการเกิดผลึก สำหรับโซลแบบ thixotropyจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เนื่องจากไม่เกิดผลึก

จ. การเกิดเจลที่ซับซ้อน

เจลที่เตรียมเพื่อใช้ในอาหารมีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากมีการใส่สารอื่นๆ นอกเหนือไปจากสารเกิดเจล เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำมัน ฯลฯ นอกจากนี้ยังอาจใช้สารเกิดเจลมากกว่า 1 ชนิด โครงสร้างของเจลที่ได้จึงอาจกล่าวได้ว่ามีทั้งเจลเนื้อเดียว (single-component gel) เจลเนื้อผสม(mixed gel) และเจลเนื้ออื่นผสม (filled gel หรือ composite gel) เจลเนื้อเดียวอาจพบได้จากอาหารจำพวกวุ้นน้ำเชื่อม ซาหริ่ม เป็นเจลแบบที่ง่ายที่สุด การเกิดเจลจะเป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วทุกประการ ส่วนเจลเนื้อผสมเกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดหรือมากกว่า เจลกลุ่มนี้ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือเจลเนื้อผสมแบบที่ 1 และเจลเนื้อผสมแบบที่ 2 เจลเนื้อผสมแบบที่ 1 ประกอบด้วยสารโพลีเมอร์ 2 ชนิด โดยที่ชนิดแรกแทรกตัวอยู่ในเจลที่เกิดจากสารโพลีเมอร์ชนิดที่สอง(รูปที่ 4) การที่สารโพลีเมอร์ชนิดแรกแทรกตัวอยู่ทำให้มีผลต่อการเกิดเจลของสารโพลีเมอร์ชนิดที่สอง เช่น การใส่สารเด็กทรานลงในสารละลายเจลาตินมีผลให้เจลาตินม้วนตัวเป็นเกลียวได้ดีขึ้น และเกิดเจลได้ง่ายขึ้น การใส่แป้งมันสำปะหลังลงในสารละลายที่สกัดได้จากต้นเฉาก๊วยแห้ง มีผลให้เกิดเจลของเฉาก๊วยขึ้นเป็นต้น การใส่สารโพลีเมอร์นอกจากจะช่วยให้เกิดเจลได้ดีแล้วยังช่วยป้องกันการคายน้ำด้วยซึ่งจะมีผลให้เจลไม่ยุบตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 เจลเนื้อผสมแบบที่ 1 แสดงสารโพลีเมอร์สอดแทรกอยู่ในเจล
ที่มา : ณรงค์ (2538)

เจลเนื้อผสมแบบที่ 2 เกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดที่เกิดเจลได้ สามารถเกิดเจลได้ในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกัน สมมุติว่าสารโพลีเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนั้นคือสาร ก และสาร ข ตาข่ายของเจลที่เกิดขึ้นอาจเป็นแบบ ก ก,ข ข หรือแบบ ก ข ก็ได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารแต่ละชนิดที่ใช้ และลำดับของการทำให้เกิดเจล ด้วยเหตุนี้สารโพลีเมอร์ 2 ชนิดจึงอาจทำให้เกิดเจลได้ 3 แบบ คือแบบร่วมกันสานตัว (coupled networks) แบบแยกกันสานตัว (phase-separated networks) หรือแบบสอดแทรกสานตัว (interpenetrating networks) (รูปที่ 5) เจลแบบร่วมกันสานตัวจะเกิดขึ้นได้เมื่อสารโพลีเมอร์ทั้งสองมีส่วนใดส่วนหนึ่งเข้ากันได้ และจับตัวกันก่อน การเกิดเจลแบบนี้จะมีประโยชน์มากทางการค้า เนื่องจากสามารถพัฒนาเจลที่มีลักษณะเนื้อแบบต่างๆ ตามความต้องการของตลาดได้ อาหารโปรตีนหลายชนิดที่ใช้ประกอบอาหาร เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง โปรตีนจากไข่ และโปรตีนจากเลือดจัดอยู่ในกลุ่มที่จะให้เจลแบบเนื้อผสม แต่ไม่ทราบแน่ชัดว่าจะเป็นเจลแบบร่วมกันสานตัวหรือเจลแบบแยกกันสานตัว มีผู้สนใจนำสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดมาทำ ปฏิกริยากันแบบครอสลิงค์ เช่น ครอสลิงค์ระหว่างสารอาจิเนตเอสเทอร์กับเจลาติน ครอสลิงค์ระหว่างแป้งกับสารอาจิเนต เป็นต้น พบว่าสารที่ได้สามารถเกิดเจลได้ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเกิดเจลร่วมกันของสารอาจิเนตกับเพ็คทิน กาแลคโตแมนนาน (carob gum, tara gum) กับแซนแทนกัมหรือคาราจีแนนกัม ซึ่งก็พบว่าให้เจลที่มีลักษณะเนื้อเป็นที่น่าสนใจมาก เจลแบบแยกกันสานตัวเกิดจากสารโพลีเมอร์ 2 ชนิดที่เข้ากันไม่ได้ ไม่สามารถจับตัวกันได้ เช่น โปรตีนกับ โพลีแซคคาไรด์ เป็นต้น เจลแบบสอดแทรกสานตัวก็เกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารโพลีเมอร์ 2 ชนิดเช่นเดียวกัน โดยแต่ละชนิดจะสานตัวกันเองและเกิดเป็นเจลกลุ่มเล็กๆ รวมกันอยู่ เจลแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อทำการเตรียมเจลชนิดใดชนิดหนึ่งก่อนแล้วผสมเจลอีกชนิดหนึ่งลงไปเป็นเจลที่พบในอาหารไม่มากนัก เท่าที่รู้จักกันดีก็มีเจลที่เตรียมจากแป้งผสมกับเจลาตินสำหรับทำขนมหวานบางชนิด

เจลเนื้ออื่นผสมมีความซับซ้อนมากกว่าเจล 2 แบบที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยส่วนที่เป็นพื้นเนื้ออาจเป็นพวกเจลเนื้อเดียวหรือเจลเนื้อผสมก็ได้ ส่วนสิ่งอื่นที่ผสมอยู่อาจเป็นพวกอนุภาคของไฟเบอร์ แก๊ส ฟองอากาศ หยดของเหลว ผลึก หยดไขมัน เศษของเซล เม็ดแป้ง หรือเมล็ดพืช เป็นเจลที่พบมากที่สุดในอาหาร การที่มีสารอื่นผสมอยู่ด้วยจะมีผลต่อความหยุ่นของเจล ถ้าสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยมีความแข็งมากเจลจะหยุ่นตัวน้อยลง และถ้าสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยมีปริมาณมากอาจทำให้พื้นเนื้อแตกออกเป็นชิ้น คุณสมบัติของพื้นเนื้อและสิ่งเจือปนอาจเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีการใช้ความร้อน เช่น เม็ดแป้งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการต้มหรืออบ ผลึกของน้ำและไขมันในไอศกรีมจะเปลี่ยนแปลงถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นต้น ตัวอย่างที่ดีของเจลเนื้ออื่นผสมก็คือแป้งเปียก ซึ่งพื้นเนื้อจะเป็นเจลแบบสอดแทรกสานตัวของอมัยโลสและอมัยโลเพ็คทิน โดยมีเจลของอมัยโลสเป็นหลักและเป็นผู้ให้ความขุ่น ส่วนสิ่งที่ผสมอยู่ด้วยคือเม็ดแป้ง ตาข่ายของอมัยโลสจะจับตัวกันเป็นผลึก และปริมาณของผลึกจะมีมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นานทำให้ความแข็งของเจลเปลี่ยนไป นอกจากนี้ปริมาณของเม็ดแป้งก็จะเปลี่ยนไปด้วยถ้าปริมาณน้ำที่ใช้เปลี่ยนไป นอกจากนี้ปริมาณของเม็ดแป้งก็จะเปลี่ยนไปด้วยถ้าปริมาณน้ำที่ใช้เปลี่ยนไปซึ่งจะมีผลให้คุณภาพของเจลเปลี่ยนไปเช่นกัน

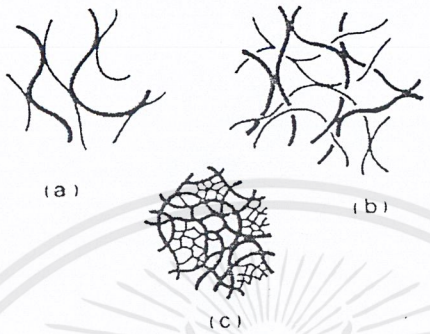
ฉ. การคายน้ำ

การคายน้ำเป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ เป็นการหดตัวของเจลทำให้เกิดแรงบีบจนกระทั่งเจลคายน้ำออกมา มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมจาก สารอนินทรีย์มากกว่าเยลลี่จาก macromolecules เจลที่เตรียมใหม่ๆ การจัดตัวกันของโครงสร้างยังไม่สมดุลย์ การเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นต่อไปอีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ โมเลกุลบางส่วนอาจขาดออกจากกัน เป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลงเนื่องจากการทำงานของกรดที่มีอยู่ หรือโมเลกุลบางส่วนได้จับตัวกันเกิดเป็นผลึกเพิ่มขึ้น เป็นเรื่องที่ซับซ้อนมาก ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนัก การแยกตัวของน้ำจะมีมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ของเจล และความเร็วของการเปลี่ยนโซลเป็นเจล มักจะไม่เกิดขึ้นกับเจลที่มีความเข้มข้นสูงและโซลที่เปลี่ยนเป็นเจลอย่างช้าๆ การใส่สารที่ช่วยให้เจล พองตัวมากขึ้นจะช่วยให้การคายน้ำลดลง



รูปที่ 5 เจลเนื้อผสมแบบที่2 (a)เจลแบบร่วมกันสานตัว(b)เจลแบบแยกกันสานตัว(c)เจลแบบสอดแทรกสานตัว

ที่มา : ณรงค์ (2538)

ช. การดูดน้ำที่ผิดปกติ

เมื่อนำเจลมาระเหยน้ำออกเจลจะมีการหดตัวมาก โดยเฉพาะเจลจากสารอินทรีย์ เช่น วุ้น เจลาติน เคซีน เป็นต้น แสดงว่าโมเลกุลที่ทำให้เกิดเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือเจลจะงอตัวได้น้อยลง เจลจากเซลลูโลสหรือเจลาตินจะมีลักษณะกรอบ แสดงว่าโมเลกุลในเจลได้เกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลมาทำให้แห้งและจุ่มน้ำสลับกันหลายๆครั้ง เมื่อนำเจลมาจุ่มน้ำแต่ละครั้ง การพองตัวจะเกิดขึ้น แต่จะน้อยลงกว่าเดิมเรื่อยไป การเปลี่ยนแปลงของเจลที่มีผลให้การดูดน้ำลดลงเช่นนี้เรียกว่า " hysteresis" แสดงว่าการหดตัวแต่ละครั้งมีผลให้การจับตัวกันระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้นทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้น น้ำจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปได้สะดวกนัก

3. **เยลลี่** (Jelly)

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากน้ำผลไม้ผสมกับสารให้ความหวาน กรดอินทรีย์และเพคตินโดยที่ไม่มีเนื้อผลไม้เจือปน (มาตรฐานอุตสาหกรรม , 2521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

39894

โดยทั่วไป เยลลี่อาจแบ่งตามองค์ประกอบและการบริโภคได้ 2 ประเภท คือ เยลลี่ที่มีลักษณะคล้ายแยม มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 68 และมีองค์ประกอบที่เป็นสัดส่วนของน้ำตาล เพคตินและกรดที่เหมาะสมสำหรับการเกิดเจลที่ดี ใช้ประโยชน์เพื่อประกอบอาหารเช่นเดียวกับแยม ส่วนเยลลี่อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า fresh jelly มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 20 มีลักษณะใส ลื่น แต่ไม่เยิ้ม ใช้ประโยชน์สำหรับบริโภคโดยตรง (ณรงค์,2538)

3.1 องค์ประกอบในการทำเยลลี่

ก. สารให้ความหวาน (Sweetener)

สารให้ความหวานสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นสารให้ความหวานสมบูรณ์คือมีคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของสารให้ความหวาน ซึ่งสามารถใช้ได้โดยลำพังของสารเอง กลุ่มที่สองเป็นสารให้ความหวานที่มีรสชาติไม่ปกติ และไม่สามารถใช้ได้โดยลำพังแต่อาจใช้คุณสมบัติอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติการส่งเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร สารให้ความหวานที่นิยมและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ได้แก่ น้ำตาล ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต พบในผัก ผลไม้ น้ำผึ้ง นม น้ำตาลที่ใช้เป็นสารให้ความหวานโดยทั่วไป คือ น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสและฟรักโทส น้ำตาลซูโครส ได้จากน้ำอ้อยหรือหัวบีทมาทำให้เข้มข้นแล้วตกผลึก และทำให้บริสุทธิ์ แต่ก็ยังมีสารอินทรีย์อื่น ๆ ประมาณ ร้อยละ 0.1 และแร่ธาตุอื่น ๆ ด้วย น้ำตาลซูโครส เป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน หลอมตัวที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส มีความสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย สามารถละลายในน้ำได้ 204 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง สารละลายน้ำตาลซูโครสอิ่มตัวแจะมีน้ำตาลซูโครส 67.1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าอุณหภูมิเป็น 100 องศาเซลเซียส จะมีน้ำตาลซูโครส 487 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม ได้มีการทดลองต้มน้ำผลไม้โดยเติมน้ำตาลในปริมาณต่าง ๆ กัน พบว่าเมื่อไม่เติมน้ำตาล จะได้เยลลี่ที่มีลักษณะแข็ง สีขุ่นคล้ำ ปริมาณเยลลี่ที่ได้น้อยเมื่อเติมน้ำตาลปริมาณน้อย ๆ ปริมาณเยลลี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น สีอ่อนลง เยลลี่สีใสขึ้น และเนื้อสัมผัสอ่อนลงเมื่อเพิ่มปริมาณ น้ำตาลขึ้นอีกจนกระทั่งพอดี จะให้เยลลี่ลักษณะดีตามต้องการ และถ้าเพิ่มปริมาณน้ำตาลต่อไปอีก จะได้ปริมาณเยลลี่มากขึ้น ใสขึ้น แต่จะเหนียวข้นขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณของเยลลี่ที่ได้จะมากขึ้นตามปริมาณน้ำตาล (ศิริลักษณ์ , 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. กรดอินทรีย์ (Acid)

กรดซิตริก ทำหน้าที่ปรับเยลลี่ให้เป็นกรด ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสของอาหาร ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กรดจะมีผลต่อปุ่มประสาทรับความรู้สึก ทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่นและรสของกรดที่เติมลงไป ช่วยเพิ่มความหวานของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ด้วย นิยมใช้กรดซิตริกกับผลิตภัณฑ์เยลลี่มากกว่ากรดอื่น ๆ มักใช้ในรูปสารละลาย สามารถละลายน้ำได้ดี มีกลิ่นเป็นที่ยอมรับและเป็น Chelating agent ที่ประสิทธิภาพสูง (ศิวาพร , 2529)

ในการเกิดเจลพีเอชที่เหมาะสมที่สุดนั้น สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ด้วย เมื่อกรดสูงขึ้นปริมาณน้ำตาลที่ใช้ลดลง ความเป็นกรดของน้ำผลไม้ควรจะเป็นร้อยละ 0.5-0.75 ถ้าความเป็นกรดเกิน ร้อยละ 1 จะทำให้เยลลี่คืนตัวภายหลังได้

กรดซิตริก หรือกรดมะนาวเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า 2-ไฮดรอกซี-1,2,3-โพรเพนไตรคาร์บอกซิลิกเอซิดแยกได้เป็นครั้งแรกจากน้ำมะนาว ในปี ค.ศ.1784 โดยชีล ซึ่ง น้ำมะนาวมีกรดซิตริกอยู่ร้อยละ 7-9 กรดชนิดนี้พบตามธรรมชาติ โดยเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม มะนาว สับปะรด แพร์ มะเดื่อ และผลไม้อื่นๆ กรดซิตริกที่สกัดจากผลไม้ เรียกว่ากรดซิตริกธรรมชาติ ซึ่งมีการผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศอังกฤษตั้งแต่ปี ค.ศ. 1826 เป็นต้นมา โดยผลิตจากแคลเซียมซิเตรทที่ได้มาจากน้ำมะนาว ต่อมาใน ปีค.ศ.1880 ได้มีการสังเคราะห์กรดซิตริกจากกลีเซอรอลและจากวัตถุดิบอื่นๆ แต่การสังเคราะห์กรดซิตริกจากวัตถุดิบต่างๆ มีข้อเสีย เช่น วัตถุดิบที่ใช้มีราคาแพง หรือวัตถุดิบที่ใช้เป็นอันตรายหรือใช้กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เป็นต้น

ในปี ค.ศ.1893 เวเมอร์ พบว่าเชื้อรา *Penicillium glaucum* สามารถผลิตกรดซิตริกได้เมื่อนำมาเลี้ยงในสารละลายน้ำตาล แต่เชื้อนี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตกรดซิตริกเพื่อเป็นการค้าได้ ต่อมาในปี ค.ศ.1917 เคอร์รี่ ก็พบว่าเชื้อรา *Aspergillus niger* สามารถผลิตกรดซิตริกได้ในปริมาณมากกว่าเชื้อ *Penicillium* และมีการผลิตกรดซิตริกโดยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเป็นการค้าขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1923 โดยบริษัท Chas. Pfizer & Co.ในเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ต่อมาก็มีการผลิตกรดซิตริกโดยกระบวนการหมักแบบ surface culture โดยเชื้อรา *Aspergillus niger* ในประเทศต่างๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อังกฤษ เบลเยี่ยม เชกโกสโลวาเกียและเยอรมัน โดยใช้กากน้ำตาลจาก หัวบีทซึ่งเป็นแหล่งน้ำตาลที่มีราคาถูก และในสมัยสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการผลิตกรดซิตริกจากเชื้อ *Aspergillus niger* โดยกระบวนการหมักแบบ submerged culture ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ได้แก่ กลูโคสไซรับที่บริสุทธิ์ หรือกากน้ำตาลจากอ้อยหรือหัวบีท และในปัจจุบันจะมีการใช้ จุลินทรีย์มากกว่าร้อยละ 99 ในการผลิตกรดซิตริกในระดับอุตสาหกรรม มีโรงงานเพียงไม่กี่แห่งเท่านั้นในประเทศเม็กซิโกและอเมริกาใต้ที่ใช้การแยกกรดซิตริกจากผลไม้

กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นการค้าจะผลิตในรูปปราศจากน้ำ หรือโมโนไฮเดรต ซึ่งการผลิตกรดซิตริกในรูปปราศจากน้ำจะได้จากการตกผลึกของสารละลายกรดที่ร้อน ในขณะที่กรดซิตริกในรูปโมโนไฮเดรตจะได้จากการตกผลึกสารละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส กรดซิตริกที่ผลิตขึ้นทั่วโลกจะใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆโดยใช้ในอุตสาหกรรมอาหารร้อยละ 75 อุตสาหกรรมยา ร้อยละ 10และอุตสาหกรรมอื่นๆ ร้อยละ 15 ในอุตสาหกรรมอาหารและยามีการใช้กรดซิตริกอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำและแอลกอฮอล์ มีรสเปรี้ยว กลิ่นหอม มีความเป็นพิษต่ำ ย่อยสลายได้ง่าย ราคาถูก และหาได้ง่าย นอกจากนี้กรดซิตริกยังใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอื่นๆ ประโยชน์ของการใช้กรดซิตริก เกลือและเอสเตอร์ของกรดซิตริกมีดังนี้

1. อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม โดยใช้เป็นส่วนผสมในการทำลูกกวาด ลูกอม ผลไม้เชื่อม แยม เยลลี่ ผักผลไม้ดอง น้ำหวาน น้ำเชื่อม น้ำอัดลม น้ำผลไม้ ไวน์ อาหารแข็ง อาหารกระป๋อง เนยแข็ง ไอศกรีม และอื่นๆ ซึ่งกรดซิตริกมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มกลิ่นรส ควบคุมความเป็นกรด ลดความฝาด ป้องกันการเปลี่ยนสีและกลิ่นของเครื่องดื่มและอาหารแข็ง ป้องกันการขุ่นของไวน์ เป็น emulsifier ในผลิตภัณฑ์นมต่างๆ นอกจากนี่ยังมีคุณสมบัติในการเก็บถนอมอาหารอีกด้วย

2. อุตสาหกรรมยา ใช้เป็นส่วนผสมในการทำยาบางชนิด เป็นสารทำให้เกิดฟองฟู่เมื่อผสมกับคาร์บอเนตหรือไบคาร์เนตโดยใช้ในการเตรียมยาลดกรดหรือแอสไพรินที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็น stabilizer ในวิตามินซีอีกด้วย การใช้ผสมกับยาจะใช้ในรูปของเกลือหรือเอสเตอร์ของกรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้เป็นส่วนผสมของครีมนวดผมและโลชั่น โดยจะควบคุมระดับพีเอชของผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มความแวววาวและความอ่อนนุ่มของผลิตภัณฑ์ด้วย นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุกันเสียอีกด้วย

4. อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ใช้ทำความสะอาดโลหะ ล้างสนิมเนื่องจากกรดซิตริกสามารถรวมตัวกับโลหะหนัก เช่น เหล็ก และทองแดงได้เป็นอย่างดี ใช้ผสมกับผงซักฟอกในรูปของไตรโซเดียมซิเตรทแทนการใช้พอลิฟอสเฟตเพื่อช่วยในการทำความสะอาดให้ดีขึ้น ใช้เป็น plasticizer ในแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ใช้ห่อหุ้มอาหารในรูปของไตรเอทิล ไตรบิวทิล และอะซิติลไตรบิวทิลเอสเตอร์ เนื่องจากไม่มีความเป็นพิษ ใช้เป็นส่วนผสมของหมึกพิมพ์ น้ำและสี ใช้เป็น softener ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น

นอกจากประโยชน์ต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เกลือของกรดซิตริกยังมีประโยชน์ในทางการแพทย์อีกด้วย เช่น เฟอริกแอมโมเนียมซิเตรท ใช้ในการรักษาโรคโลหิตจาง หรือการใช้ไตรโซเดียมซิเตรทในการเก็บรักษาเลือด โดยจะป้องกันเลือดไม่ให้เกาะกันเป็นก้อน (ดุษณี,2537)

ค.เพคติน (Pectin)

เพคตินเป็นส่วนประกอบที่พบในผักและผลไม้ มีส่วนช่วยในเรื่องเกี่ยวกับการคงตัวของพืช ช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของน้ำและของเหลวในพืชในช่วงที่มีการเจริญเติบโต หน้าที่ของเพคตินในเซลล์พืช จะคล้ายหน้าที่ของคอลลาเจน ซึ่งเป็น precursor ของเจลาติน the American Chemical Society (1927) ได้ให้คำจำกัดความของเพ็คติน และ pectinic acid ไว้ดังนี้

+ เพคติน หมายถึง pectinic acids ซึ่งมีปริมาณ methyl ester และ degree of neutralization แตกต่างกันไป สามารถละลายน้ำได้ และสามารถเกิดเจลกับน้ำตาลและกรดได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

+ pectinic acid เป็นส่วนประกอบ colloid ของ galacturonic acids ที่มีหมู่ methyl ester อยู่ด้วย pectinic acids สามารถเกิดเจลในน้ำกับน้ำตาลและกรด ถ้าอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมได้ และถ้าหากเป็น pectinic acids ประเภทที่มีหมู่ methoxyl อยู่ต่ำ ก็จะสามารถเกิดเจลได้เช่นเดียวกัน แต่จะต้องมี ions อยู่ด้วย

มีการได้แบ่งประเภทของเพคตินที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดออกเป็น 5 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. 30 DM (degree of methylation) pectin สำหรับในกรณีที่มีน้ำตาลอยู่ปริมาณน้อย
2. 45 DM pectin หรือ rapid-set pectinใช้ในกรณีที่ต้องการให้มีการเกิดเจลอย่างรวดเร็ว calcium-precipitable pectin จะเหมาะสำหรับการเกิดเจล ที่มีน้ำตาลอยู่สูงหรือ emulsions
3. 60 DM หรือ slow-set pectin ใช้ในกรณีที่มีน้ำตาลปริมาณสูง หรือผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวาน
4. 74 DM จัดเป็น typical rapid-set pectin ที่นิยมใช้ในแยมและเยลลี่
5. higher DMs pectin ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ

นอกจากการแบ่งเพคตินออกเป็น 5 ประเภทตามที่กล่าวแล้ว ยังอาจแบ่งเพคติน ออกได้ง่ายๆ เป็น 2 ประเภทคือ

1. regular pectin หรือเพคตินธรรมดา ซึ่งเวลาเกิดเจลจะต้องอาศัยกรดและน้ำตาลช่วย
2. low methoxyl pectin เพคตินประเภทนี้มี methoxyl อยู่ต่ำกว่า ร้อยละ 7 และเวลาเกิดเจลจะต้องอาศัยแคลเซียมช่วยด้วย

สูตรโครงสร้างของเพคติน จะเป็นแบบ complex heterogenous ที่ประกอบด้วย poiygalacturonide chains เป็นส่วนใหญ่ และมีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป หมู่ carboxyl บางหมู่จะถูก esterified ด้วย methyl alcohol และบางหมู่จะถูกทำให้เป็นกลางด้วย cations บางหมู่เป็นกรดอิสระ นอกจากเพคตินจะมีความแตกต่างในด้านเกี่ยวกับน้ำหนักโมเลกุลและปริมาณ methoxyl แล้ว ยังอาจแตกต่างกันอยู่ด้วยหมู่ esterที่มีอยู่ด้วย และบางครั้งจะมี acetate หรือหมู่อื่นๆ จับอยู่ด้วย

ในโมเลกุลของ pectic acid ประกอบด้วยหน่วยของ D-galacturonic acid ในแบบ pyranose configuration ซึ่งจับกันด้วย α-1,4 glycosidic bonds ในธรรมชาติหมู่ carboxyl จะถูก methylateไปเป็น ester ที่เรียกว่า เพคติน และบางส่วน secondary hydroxyl groups อาจจะถูก esterified ด้วย acetic acid ฉะนั้น degree of esterification ในผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงมีการแตกต่างกันมาก

คุณสมบัติของสารประกอบเพคติก เช่น ความสามารถในการละลายน้ำ ความหนืด การตกตะกอน การเกิดเจลและความคงตัว เป็นต้น มักจะเปลี่ยนไปตาม degree of esterification และน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนักโมเลกุลของเพคติน ความสามารถในการละลายของเพคตินจะลดลง เมื่อความยาวของ chain length เพิ่มขึ้นและหมู่ methoxyl ลดลง ความหนืดของสารละลายเพคตินจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น degree of methylation ความเข้มข้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง เกลือและปริมาณของเกลือ การลดปริมาณความเข้มข้นของเพคตินหรือใช้เพคตินที่มีเกรดต่ำลงมา จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การมีalkaline earth อยู่ในเพคตินชนิด 60 DM หรือต่ำกว่า จะทำให้ความหนืดของสารละลายเพคตินลดลง การมีเกลือแคลเซียมอยู่ก็เช่นกันที่ทำให้ความหนืดของเพคตินเปลี่ยนไปได้ ความหนืดจะเพิ่มขึ้นถึงแม้จะเป็นเพคตินชนิด 75 DM หรือสูงกว่าก็ตาม และความหนืดจะสูงที่สุดที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.55 ถึงแม้จะมีเพคตินและน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ การเกิดเจลก็ไม่สามารถจะเกิดขึ้นได้ จนกว่าจะมีการปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะด้วย สำหรับเพคตินชนิดที่เป็นประเภท slow-setting ถ้าหากมีเพคตินและน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ จะสามารถเกิดเจลได้ที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0-3.4 สำหรับความเป็นกรด-ด่างที่พอเหมาะที่จะทำให้เกิดเจลนั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ degree of methylation และเกลือที่อาจมีอยู่ด้วย

สำหรับเพคตินประเภทที่เป็น low methoxyl pectins นั้น จะต่างกับเพคตินประเภทธรรมดาคือไม่ต้องอาศัยน้ำตาลหรือกรดช่วยในการเกิดเจล แต่divalent metallic cations เช่น แคลเซี่ยม จะมีผลต่อการเกิดเจลมาก ทั้งนี้เนื่องจาก divalent metallic cations สามารถทำ ปฏิกริยากับหมู่ carboxyl ทำให้เกิดเป็นร่างแหของเจลขึ้น แต่การเติมน้ำตาลปริมาณเล็กน้อย จะช่วยให้ได้เจลที่มีคุณภาพดีขึ้น อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเกิดเจลของ low methoxyl pectins และพบว่าที่อุณหภูมิสูง เจลที่เกิดขึ้นจะมีความคงตัวได้ดีกว่า (Horace, 1997)

สำหรับการใช้เพคตินในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆนั้นที่นิยมใช้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมเยลลี่ต่างๆ โดยใช้ช่วยในการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ส่วนในผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้กระป๋องและน้ำผลไม้กระป๋องนั้น ใช้ช่วยทำให้มีลักษณะหนืดและข้นขึ้น นอกจากนี้ก็มีการใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวาน และผลิตภัณฑ์นมต่างๆ เป็นต้น ทั้งCodex Alimentarius Commissions และตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้อนุญาติให้ใช้สารนี้ในอาหารได้ (ศิวาพร,2529)

เพคตินอาจได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรโตเพคติน โดยเอนไซม์ที่ทำให้ผลไม้สุกคือ โปรโตเพคตินเนส (protopectinase) และโดยการต้มให้สลายตัวในกรดเจือจาง ดังนั้นถ้าผลไม้ที่นำมาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยลลี่ค่อนข้างดิบ โปรโตเพคตินส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนเป็นเพคตินเมื่อผลไม้จะเริ่มสุก ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นเพคตินได้โดยการต้มผลไม้นั้นในกรดซึ่งมีอยู่ในผลไม้เองโดยธรรมชาติ การให้มีส่วนของผลไม้สุกบ้างมีข้อดีที่เยลลี่ที่ได้จะมีสีสวย รสชาติ แต่ถ้าผลไม้สุกมากเกินไป สารเพคตินส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดเพคติค

ในผลไม้จะมีสารพวกเพคตินอยู่มากในชั้นในตอนกลาง ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยวและอยู่ตรงผนังเซล โดยทั่วไปเพคตินจะอยู่ตรงส่วนเนื้อผลไม้ไม่ใช่น้ำผลไม้ อย่างไรก็ตาม น้ำผลไม้บางอย่างอาจมีเพคตินในปริมาณมากพอ และบางอย่างเช่น แอปเปิล จะมีเพคตินมากที่แกนและเปลือก ดังนั้นเวลาทำต้องเอาแกนและเปลือกต้มพร้อมกับเนื้อผลไม้ด้วยเพื่อสกัดเอาเพคติน ในผลไม้จำพวกส้มจะมีเพคตินอยู่มากในส่วนเนื้อเยื่อสีขาวถัดจากเปลือก

ผลไม้จะมีปริมาณเพคตินและความเป็นกรดต่างกัน (ตารางที่1 และ2) ผลไม้เพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีเพคตินและกรดพอเพียง ที่จะทำเยลลี่ให้ได้ผลดี ผลไม้บางชนิดจะมีเพคตินมากแต่กรดน้อย และบางชนิดก็มีกลับกัน อาจแยกพวกผลไม้โดยถือเพคตินและกรดเป็นหลักได้ 4 พวก ตามตารางที่3 ถ้าผลไม้ขาดเพคตินเวลาจะนำมาทำ อาจใช้ร่วมกับผลไม้อื่นที่มีเพคตินมาก หรืออาจใช้เพคตินผงช่วย น้ำผลไม้ที่มีกรดน้อยอาจใช้วิธีเติมกรดลงไปช่วยได้ แต่ให้ผลดีได้ยาก เพราะทดลองดูความเป็นกรดที่ดีที่สุดได้ยาก สลับซับซ้อนกว่าการทดสอบเพคติน ผลไม้ที่เหมาะสมโดยธรรมชาติ เพื่อทำเยลลี่ได้แก่ แอปเปิลชนิดเปรี้ยว องุ่น ลูกหม่อน มะกอกฝรั่ง มะดัน มะม่วงเปรี้ยว ฝรั่งรสเปรี้ยว เป็นต้น ผลไม้ที่เหมาะสมนี้ก็ยังมีความแตกต่างกันตามความสุกดิบ และตามฤดูกาล ผลไม้ห่ามหรือที่แก่เต็มที่จะมีเพคตินมากที่สุด ผลไม้ในฤดูฝนมักจะให้น้ำผลไม้มากที่สุด

เพคตินผง เพคตินผงทำจากเปลือกและแกนของผลไม้ที่เหลือจากการบรรจุกระป๋อง เช่น แอปเปิล เพคตินจากผลไม้จำพวกส้ม ได้มาจากส่วนเยื่อขาวติดเปลือกของมะนาว มีทำกันทั้งในรูปของเหลว และเป็นผง แต่เนื่องจากเพคตินเหลวเมื่อเปิดใช้แล้วเสื่อมคุณภาพง่ายจึงต้องใช้ทันที เพคตินผงนี้จะไม่มีรสชาติแรงที่จะไปกลบรสชาติผลไม้ที่จะนำไปใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่1 พีเอช (pH) ร้อยละ น้ำตาล และเพคตินในผลไม้เมืองไทย

ผลไม้	pH [1]	น้ำตาล [2] (ร้อยละ)	เพคติน [3] เปรียบเทียบ	เวลาต้มที่ดีที่สุด [3] (นาที)
กระเจี๊ยบแดง	1.5-2	0.5	1	15
กล้วยไข่	4	23	1	15
กล้วยน้ำว้า	4	27		
กล้วยหักมุกสุก	5	21	1	15
กล้วยหอม	4.5	25	1	15
ขนุนละมุด	4.5	20		
เชอรี่สุก	2.5	7	2	15
ชมพู่เขียว [4]	4.5	8	1	15
ชมพู่มะเหมี่ยว	3.5-4	6	1	15
ชมพู่สาแหรก	3.5	5	2	15
ตะลิงปลิง	1.5	3	3	15
แตงไทยสุก	4.5-5	3	3	5
แตงโม(ใช้เนื้อขาวด้วย)	5.0-5.5	8	1	15
ทับทิมสุก	2.5	11	2	15
พุทรา	4.5	5	3	15
ฝรั่งไทยห่าม	3.5	4	2	15
ฝรั่งสุก	3.5	10.5	1	15
มะกอกป่าสุก	2	13	1	15
มะกอกฝรั่งดิบ	2.5	7	1	15
มะขามห่าม	2.5	0	1	15
มะขามเปียก	2.5	0	1	15
มะขามเทศสุก [4]	4.5	9	1	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่1 พีเอช (pH) ร้อยละ น้ำตาล และเพคตินในผลไม้เมืองไทย (ต่อ)

ผลไม้	pH[1]	น้ำตาล[2] (ร้อยละ)	เพคติน[3] เปรียบเทียบ	เวลาต้มที่ดีที่สุด[3] (นาที)
มะเขือเทศ	3.5-4	5	1	15
มะดัน	2	6	1	15
มะนาว	2.5	7.5	1	15
มะปรางสุก	4	9	1	15
มะม่วงทองดำ	2.5	8	2	
มะม่วงอกร่องดิบ	3	4.5	1	10
มะละกอสุก	5	11	1	15
มะยม	2.5	6	3	15
มะยงชิด	2.5-3	14	1	15
มะพร้าวอ่อน	5	11	2	10
มันแกว	5.5-6	5	3	15
ระกำ	2.5	10	3	15
แรสพ์เบอรี่	2.5	7	2	15
ละมุดสุก	5	18	3	15
ละมุดมะกอก	5.5	19	2	15
ลูกตาล	5.6	4	2	
สตรอเบอรี่	1.5	5.5	1	5
สับปะรดสุก	3.5-4	15	2	
สาลี่	3.5	8	3	15
ส้มเช้ง	4	12	3	15
ส้มโอ	3	9.5	1	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โดยบีบคั้นน้ำจากผลไม้และวัดด้วยกระดาษวัดpH ซึ่งมีช่วงถี่ 0.5
2. ใช้ Refractometer วัดจากน้ำที่คั้นได้
3. โดยเติมน้ำในผลไม้ 1:1 หรือ 2:1 วัดเพคตินโดยใช้น้ำผลไม้ แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 1:1 วัดในช่วงระยะเวลา 5,10,15นาที เลขที่ให้เป็นค่าเปรียบเทียบความมากน้อยของเพคติน ในน้ำผลไม้ต่างๆ เลข 1=มีมาก 2=ปานกลาง 3=น้อยหรือน้อยมาก
4. ผลไม้ที่เมื่อลองเติมแอลกอฮอล์ลงไปอีก1/2-2/3 ส่วนจะยังคงเกิดลักษณะวุ้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)

ตารางที่2 ร้อยละ เพคตินในผลไม้ไทย

ผลไม้	ปริมาณเพคติน(ร้อยละ)
ฝรั่งสุก	1.71-2.88
มะละกอสุก	0.9-1
สับปะรด	0.85
มะเขือเทศ	0.36
มะขามอ่อน	2.05-2.62
มะขามเปียก	8.25
กล้วยน้ำว้าสุก	0.65
เนื้อส้มเกลี้ยง	0.77-1.77
เปลือกส้มเกลี้ยง	2.12-2.57
กระเจี๊ยบแดง	1-1.5

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 ผลไม้เมืองไทยแบ่งโดยถือเพคตินและกรดเป็นหลัก

กรดมากเพคตินมาก	กรดน้อยเพคตินน้อย	กรดมากเพคตินมาก	กรดน้อยเพคตินน้อย
กระเจี๊ยบแดง	กล้วยต่างๆดิบสุก	ตะลิงปลิง	แตงไทย
กระท้อน	ชมพู่เขียว	แรสเบอรี่เปรี้ยว	ลูกตาล
ชมพู่สาแหรก	ชมพู่มะเหมี่ยว	สตรอเบอรี่	ส้มเขียวหวาน
เชอรี่เปรี้ยว	เชอรี่หวาน	ส้มเกลี้ยงเปรี้ยว	พุดทรา
ฝรั่งเปรี้ยวดิบ สุก	แตงโม	ส้มโอ	มันแกว
มะกอกฝรั่ง	ทับทิม	องุ่นเขียวเปรี้ยว	ละมุดสุก
มะกอกป่า	ฝรั่งหวาน	องุ่นแดงเปรี้ยว	ส้มเช้ง
มะขามห่าม	มะขามเทศสุก	แอปเปิลเปรี้ยว	ผลไม้สุกเกินไป
มะขามเปียก	มะปรางสุก	ผลไม้ห่ามส่วนใหญ่	
มะดัน	มะพร้าวอ่อน	มะยม	
มะนาว	มะม่วงสุก หวาน	ระกำ	
มะม่วงต่างๆดิบ สุก	มะละกอสุก	สับปะรด	

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)

เพคตินที่มีขายเป็นแบบที่ต้องใช้รวมกับน้ำตาลมาก ต้องใช้น้ำตาลร้อยละ 50-65 จึงจะจับตัวเป็นวุ้นได้ ปัจจุบันมีการผลิตเพคตินที่ใช้ร่วมกับน้ำตาลน้อยหรือไม่ใช้น้ำตาลเลย อนุมูลแคลเซี่ยมสามารถช่วยการจับตัวเป็นวุ้นของเพคตินชนิดนี้โดยไม่ต้องมีน้ำตาล จึงอาจใช้ทำสลัดผักและผลไม้ และใช้ร่วมกับอาหารที่ใช้น้ำตาลเทียม

การวัดปริมาณเพคติน วิธีทดสอบที่ใช้กันมากที่สุดในการหาปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ที่สกัดได้ คือการทดสอบด้วยแอลกอฮอล์ แม้ว่ามีสารอื่นนอกเหนือไปจากเพคติน สามารถจะตกตะกอนได้ด้วยแอลกอฮอล์ แต่การทดสอบนี้ยังจะใช้ได้ในการจะเปรียบเทียบปริมาณของเพคตินในน้ำผลไม้ต่างๆ วิธีทำโดยเอาน้ำผลไม้ 1 ช้อนโต๊ะ ผสมกับแอลกอฮอล์ชนิดร้อยละ 95 ประมาณ 1-3 ช้อนโต๊ะ เขย่าให้ส่วนผสมเข้ากันดี ถ้าเกิดตะกอนลักษณะจับตัวคล้ายวุ้นหนา แสดงว่ามีเพคตินมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าตะกอนวุ้นนั้นขาดหลายตอน แสดงว่ามีเพคตินปานกลาง และถ้าตะกอนเล็กๆลอยอยู่ทั่ว แสดงว่าผลไม้นั้นมีเพคตินน้อยมาก

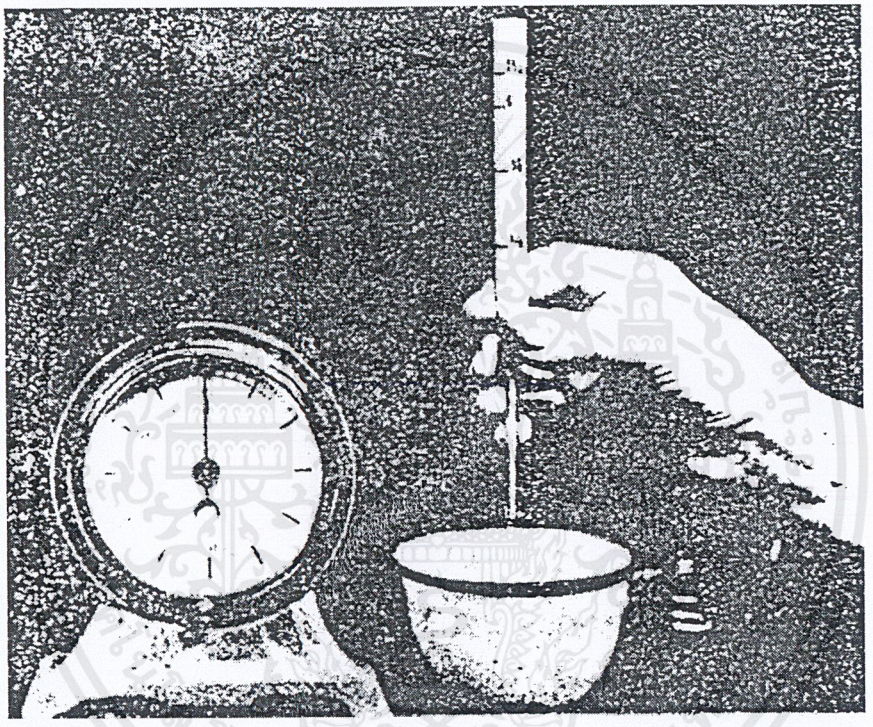
เครื่องมือที่นำมาใช้ทดสอบปริมาณและคุณภาพของเพคตินในน้ำผลไม้ได้ เรียกเจลมีเตอร์ (Jelmeter) มีลักษณะเป็นไปเปทธรรมดา (รูปที่ 6) ซึ่งจะวัดความหนืดข้นเปรียบเทียบของน้ำผลไม้ได้ ความหนืดของน้ำผลไม้มีความสัมพันธ์กับปริมาณเพคติน ข้างหลอดมีตัวเลขบอกจำนวนถ้วยของน้ำตาล ซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำตาลที่จะใช้ต้มกับน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง น้ำผลไม้ที่จะนำมาวัดจะต้องมีอุณหภูมิของห้อง เพราะความหนืดข้นจะไม่เท่ากัน ถ้าอุณหภูมิต่างกัน ที่อุณหภูมิร้อนน้ำผลไม้จะไหลเร็วกว่าที่อุณหภูมิเย็น มีสารอื่นในน้ำผลไม้ที่มีผลต่อความหนืดข้นของน้ำผลไม้เหมือนกับที่สารอื่นก็ตกตะกอนได้ด้วยแอลกอฮอล์ ดังนั้นวิธีนี้จึงใช้ได้เพื่อเปรียบเทียบน้ำผลไม้ชนิดต่างๆจากการใช้เจลมีเตอร์ทำให้ทราบ:-

1. ปริมาณสูงสุดของเพคตินที่สกัดได้ในสารละลายกรด
2. ความหนืดข้นสูงของน้ำผลไม้มีความสัมพันธ์กันกับกำลังในการจับเป็นวุ้น
3. การสกัดน้ำผลไม้โดยการต้ม จะให้เพคตินมากกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่ต้ม
4. ถ้าผลไม้มีเพคตินมาก กรดต่ำ การเติมกรดลงไปช่วยในตอนต้มสกัด จะได้น้ำผลไม้ที่หนืดข้นขึ้น
5. การต้มในระยะสั้น (10-20 นาที) จะให้น้ำผลไม้ที่มีกำลังในการจับตัวเป็นวุ้นได้สูงกว่าการต้มนาน การต้มเพคตินในกรดจะทำให้เพ็คทินสลายตัวให้กรดเพคติก ซึ่งไม่สามารถจะจับตัวเป็นวุ้นได้
6. น้ำผลไม้จะลดความหนืดตามเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ การลดความหนืดนี้จะเป็นไปเร็วขึ้นที่อุณหภูมิอุ่น แต่ที่อุณหภูมิเย็นก็เกิดขึ้นได้
7. การต้มน้ำผลไม้แล้วบรรจุขวดไว้ ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อนั้นจะลดความหนืดของน้ำผลไม้ แต่ก็ยังใช้ทำเยลลี่ได้

สมัยนี้มีการใช้เพคตินผงเติมลงในน้ำผลไม้ที่จะทำเยลลี่ เหมาะสำหรับน้ำผลไม้ที่มี เพคตินต่ำ เพ็คทินนี้สามารถทำเองได้จากเปลือกส้มโอ หรือถ้าจะซื้อมาใช้ก็จะเพิ่มราคาขึ้นไม่มากนักเมื่อเทียบกับคุณภาพที่ดีขึ้นของเยลลี่ ปกติจะเติมเพคตินใน 1 นาทีตอนท้าย เพคตินผงถึงแม้จะเก็บได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาน แต่ก็ไม่ควรใช้ข้ามปี การใช้เพคตินผงนี้ไม่เพียงแต่ช่วยในการทำเยลลี่จากน้ำผลไม้ที่มีเพคตินต่ำเท่านั้น แต่ยังใช้ช่วยทำให้ต้มส่วนผสมได้ในระยะสั้นขึ้นด้วย จึงทำให้ได้เยลลี่มากขึ้น เพราะเมื่อเวลาต้มเร็วขึ้น การระเหยของน้ำก็น้อยลง นอกจากนี้เมื่อใช้เยลลี่ผงช่วย จะทำให้ได้เยลลี่ที่มีสีใสเป็นประกาย



รูปที่ 6 เจลมีเตอร์

ที่มา : ศิริลักษณ์ (2525)

ง.น้ำผลไม้

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของการทำเยลลี่จากผลไม้ โดยทั่วไปอาจกล่าวรวม ๆ ได้ว่าผลไม้ทุกชนิดสามารถนำมาทำเยลลี่ได้ แต่จะได้เยลลี่ที่ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของผลไม้นั้นด้วย ฉะนั้นจึงมีผลไม้บางชนิดเท่านั้นที่นิยมนำมาทำเยลลี่ ได้แก่ ส้ม , องุ่น , สับปะรด , สตรอเบอรี่ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะผลไม้เหล่านี้มีคุณสมบัติที่ถูกรสนิยมผู้บริโภค คือมีรสดี กลิ่นดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมในการทำเยลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavoring agent)

วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส จัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการดึงดูดผู้บริโภค ซึ่งในผลิตภัณฑ์ขนมหวานจะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลักและน้ำตาลจะให้รสหวานอย่างเดียว ฉะนั้นรสชาติของผลิตภัณฑ์ จึงมักได้จากการใช้วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น กลิ่นส้ม , กลิ่นสตรอเบอรี่ เป็นต้น

3.2 **วิธีการทำเยลลี่**

1. **การเลือกผลไม้** ถ้าไม่มีเครื่องมือสำหรับทดสอบส่วนประกอบที่จำเป็น หรือยังไม่ชำนาญพอ ควรจะใช้ผลไม้ที่เคยมีผู้ทดสอบทำกันได้ผลมาแล้ว ทั้งชนิดและความสุกดิบของผลไม้เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา ผลไม้ห่ามดีที่สุด เพราะจะให้รสชาติดี สีใส และมีปริมาณเพคตินมากพอในการจับตัวเป็นวุ้น เพื่อให้รสชาติดียิ่งขึ้น อาจใช้ผลไม้ห่ามกับสุกปนกัน ถ้าเป็นผลไม้ในสวนที่บ้าน เมื่อเก็บแล้วควรจะทำเลย เพื่อป้องกันการสลายตัวของสาร

2. **การเตรียมผลไม้** ล้างผลไม้ให้สะอาดไม่จำเป็นต้องปอกเปลือก หรือแคะเม็ดในออก นอกจากเปลือกนอกและเมล็ดของผลไม้บางอย่างที่มีรสขม เช่น มะนาว ส้ม ควรตัดหรือหั่นผลไม้ให้บาง เพื่อให้เพคตินและกรดออกจากผลไม้ได้ง่ายและมาก ผลไม้พวกส้มควรหั่นให้เป็นชิ้นบางๆแกะเมล็ดออก ผลไม้มีแป้งมาก เช่น กระท้อน ฝรั่ง ชมพู่ ผ่าเป็น 4-6 ชิ้น และใช้ทั้งเปลือกและแกน ผลไม้ที่มีน้ำฉ่ำ เช่น สตรอเบอรี่ อาจผ่าครึ่งหรือต้มทั้งผลได้

3. **การสะกัดน้ำผลไม้โดยวิธีต้ม** การนำน้ำผลไม้สดๆที่ยังไม่ได้ต้ม มาทำเยลลี่ มักไม่ได้ผลดีเท่าต้มผลไม้เสียก่อน แล้วกรองเอาน้ำ เพราะเพคตินจะละลายออกมาในเวลาต้มได้มากกว่าการต้มยังทำให้โปรโตเพคตินที่มีเหลืออยู่ในผลไม้ เปลี่ยนสภาพมาเป็นเพคตินจากกรดใน ผลไม้เอง เป็นการเพิ่มปริมาณเพคตินในน้ำผลไม้ด้วย

ปริมาณน้ำที่จะใช้ต้มผลไม้นั้น ขึ้นกับลักษณะผลไม้ ผลไม้เนื้ออ่อน อาจบี้และเติมน้ำเพียงเพื่อไม่ให้งวดแห้งเกินไป ถ้าเป็นผลไม้ที่มีน้ำฉ่ำ เพคตินและกรดไม่มาก เช่น สตรอเบอรี่ อาจบี้เท่านั้น เวลาในการต้มผลไม้เนื้ออ่อนอยู่ในช่วง 8-15 นาที ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำที่เติมลงไป และขึ้นกับว่าใช้ไฟแรงมากน้อยเพียงใดในการต้มให้เนื้อผลไม้อ่อน ผลไม้เนื้อแน่นควรตัดเป็นชิ้นๆ ต้องเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำให้ท่วม และใช้เวลาต้มประมาณ 15-20 นาที ผลไม้จำพวกที่มีกรดมาก เช่น ส้ม ฝานบางใช้น้ำมากขึ้น เช่นเติม 2-3 เท่าของปริมาณผลไม้ ต้ม 30-60 นาที ผลไม้ที่มีความเป็นกรดต่ำ ควรจะเติมกรดตอนต้มผลไม้ในน้ำนี้ เพื่อช่วยในการสกัดเพคตินออกจากเนื้อเยื่อผลไม้

อาจถือหลักว่าควรใช้น้ำน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น ถ้าน้ำน้อยไปเยลลี่จะข้น เหนียวไหม้ก้นหม้อ ถ้าเป็นผลไม้ที่มีเพคตินและกรดมาก เช่น กระเจี๊ยบ อาจต้มเอาน้ำ 2-3 ครั้งได้ทำได้โดยเอากากเยื่อที่เหลือจากการกรอง เทกลับลงในหม้อเติมน้ำต้มให้เดือดประมาณ 3-5 นาที น้ำต้มกรองได้ครั้งแรกจะมีสารประกอบในผลไม้มากที่สุด ซึ่งได้แก่ สี รสชาติ กรด เกลือ และเพคติน ถ้าต้มกรองหลายน้ำ อาจนำมาผสมกับน้ำแรก การต้มนานเพื่อให้มีเพคตินเข้มข้นขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ควรทำ เพราะจะทำให้เพคตินสลายตัว เป็นกรดเพคติก จะเป็นสาเหตุให้เยลลี่ไม่แข็งตัวในภายหลัง

อุณหภูมิในการต้มน้ำผลไม้ควรเป็น 80 องศาเซลเซียส มีผู้ทดลองต้มน้ำผลไม้ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าทำให้เพคตินสลายตัวได้ ภาชนะในการต้มผลไม้ อาจเป็นเหล็กไม่เป็นสนิม อลูมิเนียม หม้อเคลือบ ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำจากทองแดง และเหล็ก เพราะจะทำปฏิกริยากับกรดในผลไม้ได้

4. **การกรองผลไม้** อาจใช้ผ้าขาวบาง 3-4 ทบ หรือ ผ้าเนื้อหนา เช่น ลินิน เพื่อป้องกันมิให้เนื้อผลไม้ติดไปกับน้ำผลไม้ เอาผ้าจุ่มน้ำร้อน บิด ใช้ตอนอุ่นๆ อย่าบีบคั้นเอาน้ำผลไม้ออก เพราะเนื้อผลไม้จะหลุดติดมากับน้ำผลไม้ จะทำให้เยลลี่ขุ่น

5. **การเติมน้ำตาล** เมื่อได้น้ำผลไม้ที่กรองจนใสแล้ว จึงนำไปเคี่ยวกับน้ำตาลทรายขาวสะอาด คนพอน้ำตาลละลายแล้วให้เคี่ยวไปเอง ถ้ามีฝ้าอาจช้อนออก จะกันฟองมากได้ ถ้าใช้น้ำตาลทรายแดง เยลลี่ที่ได้จะมีสีแก่ ไม่ใส เพื่อให้ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปนั้นถูกต้องได้สัดส่วน จะต้องใช้เครื่องเจลมีเตอร์ แต่โดยเหตุที่เจลมีเตอร์ไม่มีขายทั่วไปจึงเป็นการลำบากที่จะหาปริมาณน้ำตาลเพื่อทำเยลลี่แต่ละครั้งให้ได้ผลดี อย่างไรก็ตามลักษณะของตะกอนจากการทดสอบน้ำผลไม้ด้วยแอลกอฮอล์ จะช่วยให้คาดคะเนปริมาณน้ำตาลที่จะต้องใช้ได้ แต่ก็ไม่เที่ยงตรงเลยทีเดียว โดยทั่วไปเมื่อมีเพคตินมาก จะต้องใช้น้ำตาลมากตาม การใช้น้ำตาลจะทำให้ต้มส่วนผสมให้ถึงจุดเข้มข้นที่ต้องการเร็วขึ้น แต่การใช้น้ำตาลน้อยไปก็ยังดีกว่าใช้มากไป ผลไม้ที่มีกรดมากเพียงพอไม่จำเป็นต้องใช้น้ำตาลมาก เพราะกรดโดยธรรมชาติในผลไม้จะช่วยในการตกตะกอนของเพคตินอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะกับผลไม้ทั่วไปที่กรองครั้งแรกและมีเพคตินมาก คือ 3/4-1 ถ้วยตวง ต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง สำหรับน้ำผลไม้ที่กรองครั้งที่ 2 และ 3 ถ้าเป็น น้ำผลไม้ที่มีเพคตินน้อย กรดน้อยใช้น้ำตาลประมาณ 1/8 – 1/4 ถ้วยตวง หรืออาจถึง 1/2 ถ้วยตวง ต่อน้ำผลไม้ 1 ถ้วยตวง จะทดสอบความเป็นกรดในห้องปฏิบัติการได้โดยไตเตรทกับ N/10 NaOH ใช้ Phenolphtaline เป็น indicater ขณะนี้มีกระดาษวัด pH ขาย เมื่อใช้จะทราบค่า pH โดยประมาณ สำหรับแม่บ้านอาจใช้วิธีชิม โดยถ้า pHที่เหมาะทำเยลลี่จะมีรสเปรี้ยวพอๆกับส่วนผสมของน้ำมะนาว 1 ช้อนชา น้ำตาล 2 ช้อนชา น้ำ 2 ช้อนชา

ระยะเวลาในการเติมน้ำตาล เป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่งเหมือนกัน แม้ว่าจะทราบปริมาณ น้ำตาลว่าจะเติมลงไปเท่าไรแล้วก็ตาม ถ้าเติมน้ำตาลไม่ได้เวลาเหมาะ เยลลี่จะไม่ได้ผลดีตามลักษณะ ถ้าใช้น้ำตาลให้ถูกส่วน และปริมาณน้ำผลไม้กับน้ำตาลที่ต้มแต่ละครั้งไม่มาก ระยะเวลาในการต้มน้ำผลไม้กับน้ำตาลไม่นานหรือเร็วเกินไป ให้เติมน้ำตาลในระยะแรกต้ม

6. **การทดสอบว่าต้มได้ที่แล้วหรือยัง** วิธีที่จะใช้ทดสอบดูว่าต้มน้ำผลไม้จนได้ที่แล้วหรือยังมีหลายวิธี สมัยก่อนใช้วิธีตักใส่ถ้วยเย็น แล้วรอดูการจับตัวตอนที่ส่วนผสมเย็นลงแล้ว วิธีนี้ไม่แนะนำเพราะขณะที่รอให้ส่วนผสมเย็น ส่วนที่ตั้งไฟต่อนั้นอาจเข้มข้นเกินกว่าต้องการได้ วิธีที่อาจใช้อย่างได้ผลมี 4 วิธี คือ

ก.ทดสอบการไหลเป็นแผ่น เมื่อต้มน้ำผลไม้กับน้ำตาลแล้วลองใช้พายไม้จุ่มแล้วยกขึ้นมา ส่วนผสมนี้จะหยดจากพายหลายแห่งหลายหยด เมื่อความเข้มข้นของส่วนผสมเข้มข้นขึ้น การหยดนี้จะมีเพียง 2-3 หยดตามมาด้วยกัน ต้มต่อไปจะให้ลักษณะหลายหยดติดตามกันมา โดยที่จะมองเห็นหยดนั้นขาดจากพายเห็นได้ชัด แล้วต่อไปจะให้ลักษณะไหลเป็นแผ่น(รูปที่ 7) การดูลักษณะเป็นแผ่นนี้อาจใช้ส้อม เมื่อได้ส่วนผสมจะจับเป็นแผ่นระหว่างซี่ส้อม

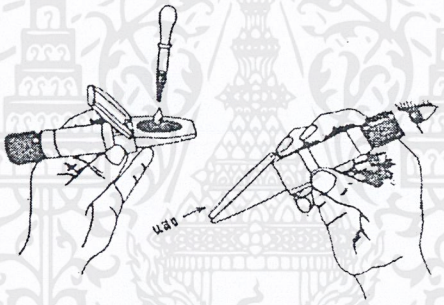
ข. ดูลักษณะฟอง ส่วนผสมที่ต้มในระยะแรกจะเป็นฟองเล็กเบาสม่ำเสมอกัน เมื่อต้มได้ที่ฟองจะมีขนาดใหญ่ จำนวนน้อยลง และจะกระเด็นออกนอกหม้อ

ค. ทดสอบด้วยเครื่องวัดร้อยละน้ำตาล เป็นวิธีที่แน่นอนอีกวิธีหนึ่ง เครื่องดังกล่าวมีหลายชนิด รีแฟลคโตมีเตอร์ชนิดมือถือเป็นชนิดหนึ่งที่ใช้ง่ายและสะดวก (รูปที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 การดูลักษณะไหลเป็นแผ่นของเยลลี่ที่ต้มได้ที่

ที่มา: ศิริลักษณ์ (2525)



รูปที่ 8 รีแฟลคโตมีเตอร์

ที่มา : ศิริลักษณ์ (2525)

ง. ทดสอบอุณหภูมิ เป็นวิธีที่แน่นอน อุณหภูมิจะเป็นเครื่องชี้ถึงความเข้มข้นของ น้ำตาล ตามปกติเมื่ออุณหภูมิของส่วนผสมที่มีสัดส่วนถูกต้องสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ4.5 องศ าเซลเซียส ส่วนผสมนั้นจะสามารถจับตัวกันเป็นวุ้นได้

ผลไม้ที่มีกรดและเพคตินสูง จะให้เยลลี่ลักษณะดีถ้าต้มจนอุณหภูมิ 103.9 องศาเซลเซียส น้ำผลไม้ที่มีกรดต่ำเพคตินน้อยกว่าจะต้องใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จึงจะได้เนื้อสัมผัสที่ดี เยลลี่จะต้มจนอุณหภูมิดังกล่าวเหล่านี้จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลประมาณร้อยละ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.การบรรจุและการเก็บรักษา เมื่อต้มส่วนผสมได้ที่แล้ว ช้อนฝ้าออก ตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลง เทใส่ภาชนะบรรจุ ไม่ควรยกหม้อเทสูงเกินไป เพราะจะทำให้เกิดฟองอากาศ เยลลี่จะไม่ใส เก็บไว้ในที่เย็น อุณหภูมิในการจับตัวเป็นวุ้นดีที่สุดคือ 70 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าการจับตัวเป็นวุ้นยังไม่ดีพอ อาจนำไปตากแดดให้น้ำระเหยออก ไม่ควรนำไปต้มใหม่

ภาชนะที่บรรจุเยลลี่ ควรเป็นขวดแก้วสะอาดฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว ลักษณะขวดควรตื้นและกว้าง เพราะเมื่อเทแล้วจะได้พิมพ์ตั้งขึ้นรูป และควรเทเยลลี่ลงขวดขณะยังร้อนอยู่ ปิดด้วยพาราฟินร้อน หรือปิดฝาให้สนิททันที เพื่อป้องกันจุลินทรีย์ขึ้นที่ผิวหน้า เก็บในที่แห้งและเย็น

4.กัม (Gum)

เดิมคำว่า gums หมายถึงยางจากพืชที่ข้นหรือเหนียว และรวมถึงสารที่ไม่ละลายน้ำด้วยแต่ในปัจจุบัน gums จะหมายถึงเฉพาะสารที่ช่วยทำให้ข้นหรือเกิดเจลซึ่งละลายน้ำได้เท่านั้นสำหรับส่วนที่ละลายน้ำไม่ได้เรียกว่าresinsฉะนั้นจึงได้มีการให้คำจำกัดความใหม่โดยคือสารที่สามารถจะละลายหรือกระจายตัวได้ในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น แล้วให้สารละลายที่หนืดและหรือสามารถทำให้เกิดเจลขึ้นได้ ตัวอย่างที่สำคัญของgum ได้แก่ tree exudates, seed or root gums, seaweed extracts, sodium carboxy methyl cellulose, microbial gum และ polyvinylpyrolidone เป็นต้น

4.1โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี

Gum ส่วนใหญ่จะเป็น complex polysaccharides อาจเป็นประเภท anionic หรือ neutral polysaccharides ซึ่งปกติจะจับกับ metallic cations เช่น แคลเซี่ยม โปแตสเซียมหรือแมกนีเซียม พวกgumชนิดต่างๆจะมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกัน เช่นพวกเซลลูโลสและderivativesของเซลลูโลสจะประกอบด้วยกลูโคสที่ต่อกันด้วย β,1-4 linkage ส่วนในแป้งนั้น กลูโคสจะต่อกันด้วย α,1-4 linkage เป็นส่วนใหญ่ และมี α,1-6 linkage บ้าง pectic acid เป็นpolymer ของ galactose ซึ่งต่อกันด้วย β,1-4 linkage alginic acid เป็นpolymerที่ต่อกันด้วย β,1-4 linkage ในโมเลกุลประกอบด้วย mannuronic และ guluronic acid ส่วนพวก red seaweed extracts , agar, carrageenan และ furcellaran มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วย chain ของ galactose units

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกันด้วย α,1-3 และ β,1-4 linkageคล้ายกัน ส่วนพวก plant exudates จะมีสูตรโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่าและยังไม่ทราบแน่ชัดนัก สำหรับพวกseed gum เช่น locust been gum และ guar gumนั้นจัดเป็น neutral polysaccharides ของgalactose และ mannose แต่จะต่างกันที่อัตราส่วนของ galactose และ mannose gumชนิดต่างๆจะมีความสามารถในการกระจายตัว การละลาย การให้ความหนืด การทำให้เกิดเจล การเป็น emulsifiers, stabilizers และsuspending agents ซึ่งการคงตัวของสารละลาย gum จะแตกต่างกันไปตามชนิดของ gum (ศิวาพร,2529)

ก. คาราจีแนน (Carageenan)

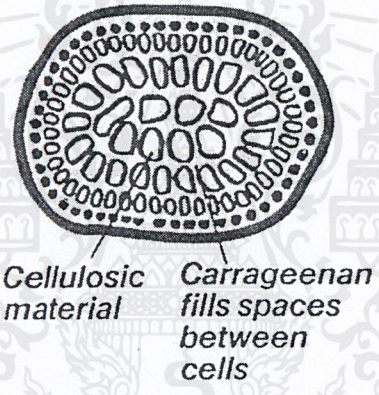
เป็นกัมอีกชนิดหนึ่งที่ได้รู้จักใช้กันมาหลายศตวรรษแล้ว ใน Ireland และประเทศแถบ ยุโรป รวมทั้งสหรัฐอเมริกาด้วย สำหรับสาหร่ายที่นิยมนำมาสกัดgumชนิดนี้มากที่สุด ได้แก่ *Chondrus crispus* , *Gigartina stellata* และบางสปีชีส์ของสาหร่ายแดง สูตรโครงสร้างที่แท้จริงของคาราจีแนนขณะนี้ยังไม่มีผู้ใดทราบแน่ชัด แต่จากการศึกษาพอจะสรุปได้ว่า ในแต่ละโมเลกุลของคาราจีแนน จะประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ ส่วน precipetated fraction หรือ gelling fraction เรียกว่า kappa-carrageenan ซึ่งประกอบด้วย D-galactose และ 3,6-anhydro-D-galactose ในอัตราส่วน 1.1-1.5 : 1 และมี sulfate half-ester group ที่แต่ละ 2-2.5 หน่วยของ monosaccharides ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด ส่วนส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งคือ Lamda-carrageenan หรือ non-gelling fraction ประกอบด้วย 1,3-linked-D-galactose-2-sulfate และ 1,4 linked D-galactose-2,6-disulfate สำหรับการแยกส่วนประกอบทั้ง 2 ส่วนนี้ออกจากกัน อาจทำได้โดยการเติม potassium ions (Branen และคณะ, 1990)

คาราจีแนนสามารถละลายน้ำได้ แต่หากมีการให้ความร้อนด้วย การละลายจะดีขึ้น อุณหภูมิทั่วไปที่ใช้คือ 50-80 องศาเซลเซียส สารละลายของคาราจีแนนที่ได้ค่อนข้างจะหนืด ความหนืดของสารละลายคาราจีแนนจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ ชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด น้ำหนักโมเลกุล และอนุมูลของโลหะ สารละลายของคาราจีแนนที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์จะมีความหนืดแตกต่างกันตั้งแต่ 50-3000 cps ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและไม่มีอนุมูลโลหะอยู่ด้วย

ถ้ามีอนุมูลโลหะ เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม แอมโมเนียและอื่นๆ อยู่ด้วย สารละลาย คาราจีแนนจะให้เจลซึ่งมีการยืดหยุ่นไม่ดี เมื่อมีการให้ความร้อนก็จะละลายและเกิดเจลใหม่เมื่อทำให้เย็น

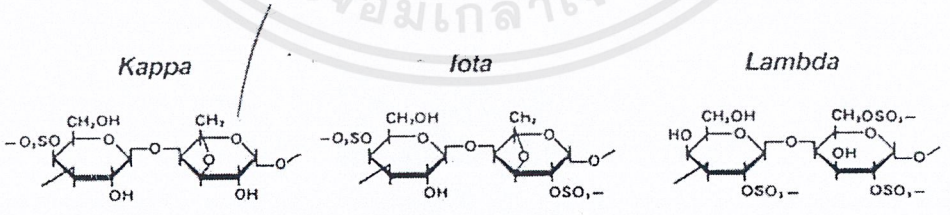
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากคาราจีแนนสามารถเกิดเจลกับ potassium ions ได้ จึงได้มีการนำมาใช้ในอาหารหลายชนิด ปกติจะใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอุณหภูมิในการเกิดเจลมักจะคำนวณหาได้โดยการหาปริมาณและชนิดของอนุมูลโลหะ แต่ปกติแล้วจะประมาณ 45-55 องศาเซลเซียส เจลของคาราจีแนน สามารถละลายที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล ลักษณะเจลที่มีการยืดหยุ่นไม่ดีของคาราจีแนนนั้น อาจแก้ไขได้โดย การใช้กัมชนิดอื่น ๆ ช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง locust bean gum ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการเกิด syneresis ลงด้วย ทั่ว ๆ ไปเจลของคาราจีแนนค่อนข้างจะคงตัวในช่วงความเป็นกรด ด่าง ที่กว้างมากที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง แต่จะมีการสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงและความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ



รูปที่ 9 ภาพตัดขวางของสาหร่ายสีแดง

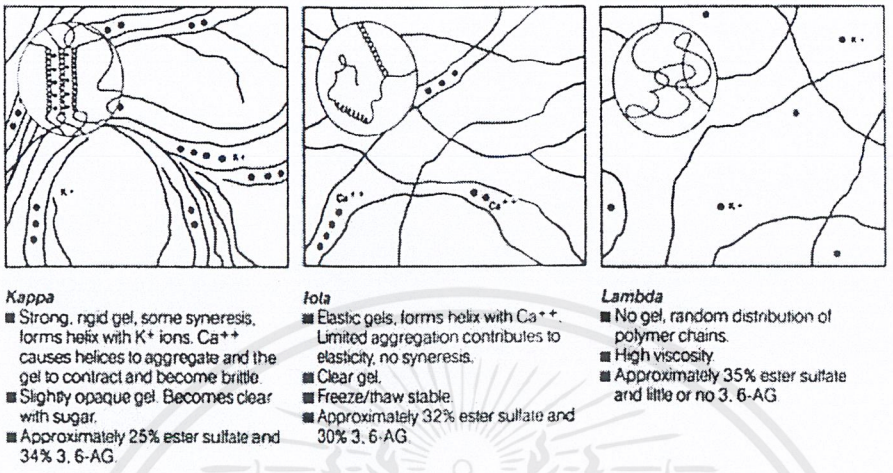
ที่มา:Imeson (1992)



รูปที่10 สูตรโครงสร้างของคาราจีแนน

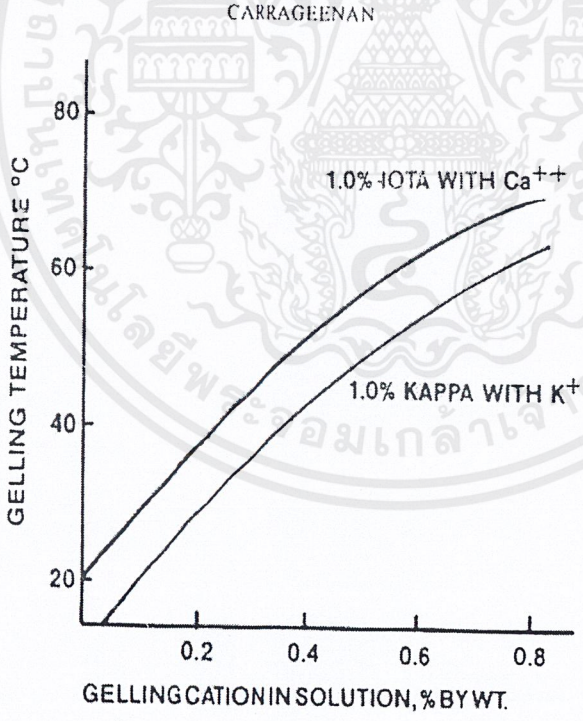
ที่มา:Imeson (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่11 กลไกการเกิดคาราจีแนน

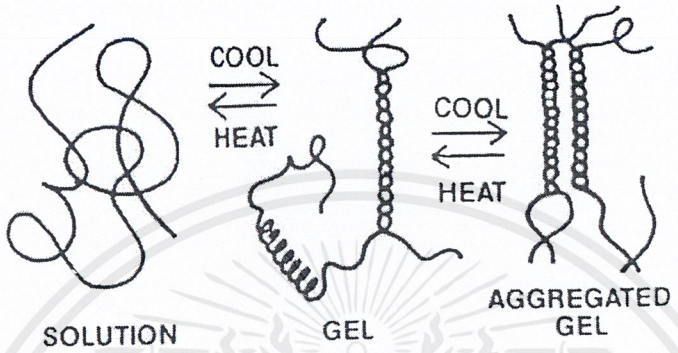
ที่มา:Imeson (1992)



รูปที่12. ผลของไอออนที่มีประจุบวกต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลและการหลอมเหลว

ที่มา:Imeson (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

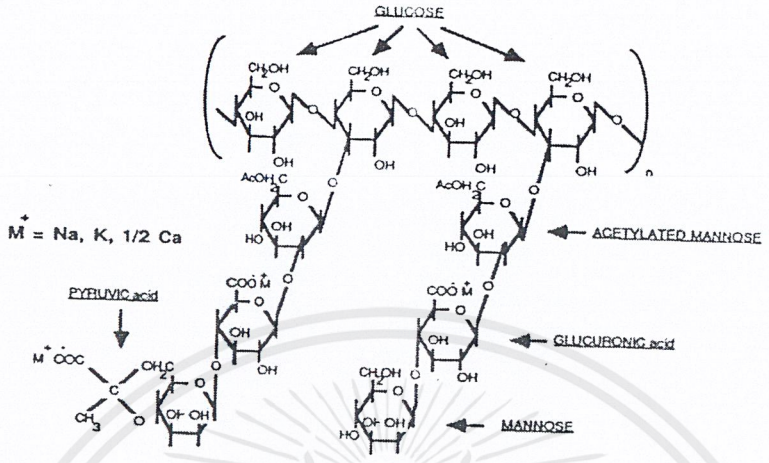


รูปที่13 กลไกการเกิดเจล
ที่มา:Imeson (1992)

ข. แซนแทน (Xanthan gum ; Polysaccharide B-1459)

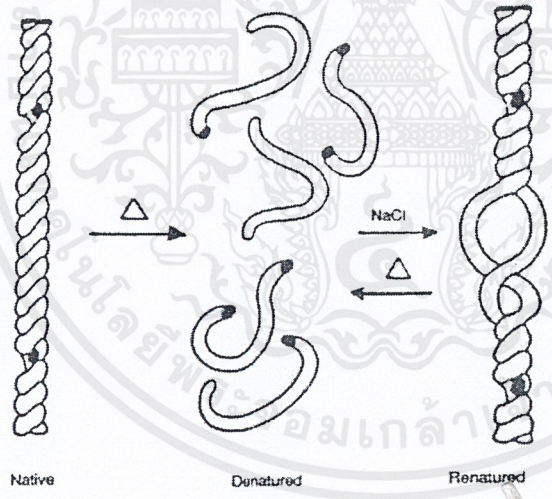
Xanthan gum เป็นgumที่สังเคราะห์ขึ้น โดย *Xanthomonas campestris* สูตรโครงสร้างประกอบด้วย D-glucose : D-mannose : D-glucuronic acid ในอัตราส่วน 3:3:1 มี O-acetyl groups ร้อยละ4.7 และ pyruvic acid ร้อยละ3.0-3.5 กัมชนิดนี้สามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ให้สารละลายที่หนืด non-thixotropic และข้น สารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1-1.0 จะมีความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 6.0-7.0 สำหรับความหนืดที่ได้จากกัมชนิดนี้ จะใกล้เคียงกับความหนืดของ guar, tragacanth หรือ sodium alginate และความหนืดจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลงและจะคงตัวได้ดีทั้งในสารละลายที่เป็นกรดหรือด่างสามารถละลายได้ดีในสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นกรด มักใช้รวมกับโลคัสบีนกัม หรือกัมชนิดอื่น ๆ เพื่อช่วยในการเกิดเจลและช่วยลดเวลาที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (ศิวาพร, 2535) มีคุณสมบัติเป็น emulsifier ที่ดีสำหรับ oil in water system สำหรับการใช้ในอาหารนั้นยังค่อนข้างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่14 โครงสร้างปฐมภูมิของแซนแทนกัม

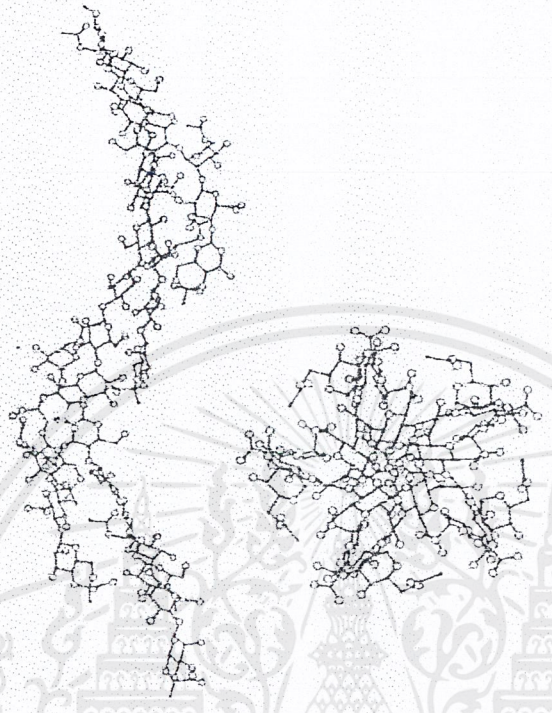
ที่มา:Imeson (1992)



รูปที่15 การประสานตัวของโครงสร้างของแซนแทนกัม

ที่มา :Imeson (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



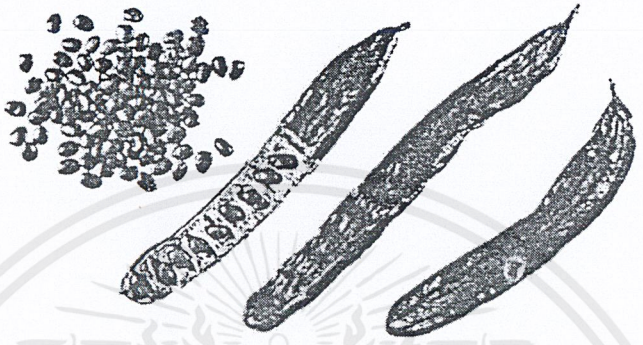
รูปที่16 โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทน
ที่มา:Imeson (1992)

ค. โลคัสบีนกัม (Locust bean gum)

Locust bean gum หรือ carob bean gum เป็นกัมที่ได้จากพืชตระกูลถั่วที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Caratonia siligua L.* มีการปลูกมากในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน Locust bean gum เป็น galatomannan polysaccharide สูตรโครงสร้างประกอบด้วย D-mannose และ D-galactose โดยมี mannose อยู่ประมาณร้อยละ 73-82 สำหรับอัตราส่วนระหว่าง D-mannose และ D-galactose ใน gumชนิดนี้จะแตกต่างกันไป ทั้งนี้จะขึ้นกับวิธีการสกัดและอายุของพืชที่นำมาสกัด โครงสร้างจะประกอบด้วย neutral galactomannan polymer ที่ประกอบด้วย 1,4 linked D-mannose units และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทุก unit ที่ 4 หรือ 5 จะมี side chain ของ D-galactose จับกับ polymannose ด้วย 1,6-glycoside linkage น้ำหนักโมเลกุลของgumชนิดนี้ประมาณ 310,000 (Nussinovitch, 1997)



รูปที่17 ฝักและเมล็ดของโลคัสบีน
ที่มา:Imeson (1992)

Locust bean gum จะละลายได้ในน้ำเย็นและการละลายจะดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน สำหรับความหนืดสูงสุดของgumจะทำได้โดยการละลายกัมชนิดนี้ในน้ำร้อน และทำให้สารละลายนั้นเย็นลง สารละลายของgumชนิดนี้จะให้ความหนืดสูงมาก สารละลายร้อยละ1 ของgumชั้นคุณภาพดีของกัมชนิดนี้จะให้ความหนืดอยู่ในช่วง 3000-3500 cps และหลังการ aging พบว่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย เนื่องจากใน Locust bean gum จะมีโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำและเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบอยู่เล็กน้อย ฉะนั้นสารละลายgumจะมีลักษณะขุ่นขาว ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่ต้องการให้มีสีสันแม้ว่า Locust bean gum จะไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่ก็มีคุณสมบัติพิเศษคือช่วยเสริมความสามารถของคาราจีแนนและ agar ในการช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นดีขึ้น เนื่องจาก Locust bean gum เป็น neutral polymer เพราะฉะนั้นความหนืดของสารละลายgumชนิดนี้จึงคงตัวความเป็นกรดด่างของสารละลายgum ร้อยละ 1 จะเท่ากับ 5.3 และจากการทดลองพบว่าความเป็นกรดด่างของสารละลายที่สูงกว่า 11 หรือต่ำกว่า 3 จะมีผลเล็กน้อยต่อความหนืดและถ้าหากมี electrolytes เช่น lead acetate หรือ tannic acid อยู่ด้วยจะทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้นได้

นอกจากนี้โลคัสบีนกัมยังนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน แต่เนื่องจากไม่สามารถทำให้เกิดเจลได้ เวลาใช้จึงนิยมใช้ร่วมกับแซนแทนกัม (ศิวาพร,2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 สาเหตุการทำเยลลี่ไม่ได้ผล

ปัญหา	สาเหตุ
- การจับตัวเป็นวุ้น	1. กรดและเปกตินน้อยเกินไป
	2. น้ำตาลมากเกินไป (เยลลี่จะอ่อนหรือเหนียวเกินไป)
	3. ต้มไม่ได้ที่ (เยลลี่จะอ่อนเกินไป)
- เยลลี่แข็งไป	1. น้ำตาลน้อยเกินไป
	2. เปกตินมากเกินไป
	3. ต้มนานเกินไป
- ไม่ใส	1. กรองน้ำผลไม้ด้วยบางไปหรือบีบคั้นเวลากรอง
	2. ผลไม้ดิบไป
	3. เคี่ยวนานไป
	4. ก่อนบรรจุทิ้งไว้นานเกินไป
	5. ขณะเทบรรจุ ยกหม้อสูงเกินไป
	6. ไม่ได้ช้อนฝ้าออก
- เกิดผลึกหรือเป็นเกล็ด	1. น้ำตาลมากเกินไป
	2. ต้มนานเกินไป
	3. กรดน้อยเกินไป
- คืนตัว (เหลวในภายหลัง)	1. กรดมากเกินไป
	2. น้ำตาลหรือเปกตินน้อยเกินไป
- กลิ่นหมัก	1. เกิดการคืนตัวต้องเก็บในที่เย็นและแห้ง
- ขึ้นรา	1. ชื้น
	2. ปิดฝาไม่สนิท
- รสจัด สีคล้ำ	1. ต้มนานเกินไป

ที่มา:ศิริลักษณ์ (2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

1.1 กระเจี๊ยบแห้ง

2. อุปกรณ์

2.1 ถ้วยพิมพ์สำหรับใส่เยลลี่

2.2 เทอร์โมมิเตอร์

2.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งในสารละลาย
(Refractometer 0-32 ^{0} Brix,TAMCO,NO.507-I)

2.4 เครื่องวัดพีเอช (Denver, Model 215)

2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 3 ตำแหน่ง (METTLER ,PG 5002 และ PG803)

2.6 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texturxizer, TAXT-2i)

2.7 เครื่องวัดสี colorimeter โดยใช้ระบบ L* a* b* color system (mimolta RC 300)

3. สารเคมี

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Difco)

3.2 น้ำตาลซูโครส

3.3 กัมชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คาราจีแนน แซนแทน โลคัสบีนกัม

3.4 กรดซิตริก (Food grade)

3.5 โพแทสเซียมซิเตรท (Food grade)

3.6 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการดำเนินการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำกระเจี๊ยบ

นำกระเจี๊ยบแห้งมา 2 กรัม ต้มกับน้ำ 320 กรัม นาน 10 นาที จากนั้นแยกน้ำกระเจี๊ยบออกจากกากกระเจี๊ยบแห้งโดยใช้ตะแกรง นำน้ำกระเจี๊ยบที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้ Refractometer 0-32 ^{0} Brix,

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริก (AOAC,1996)

1.3 การวัดความเป็นกรดและด่างโดยใช้ pH meter

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (AOAC, 1996)

2. การศึกษาการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่

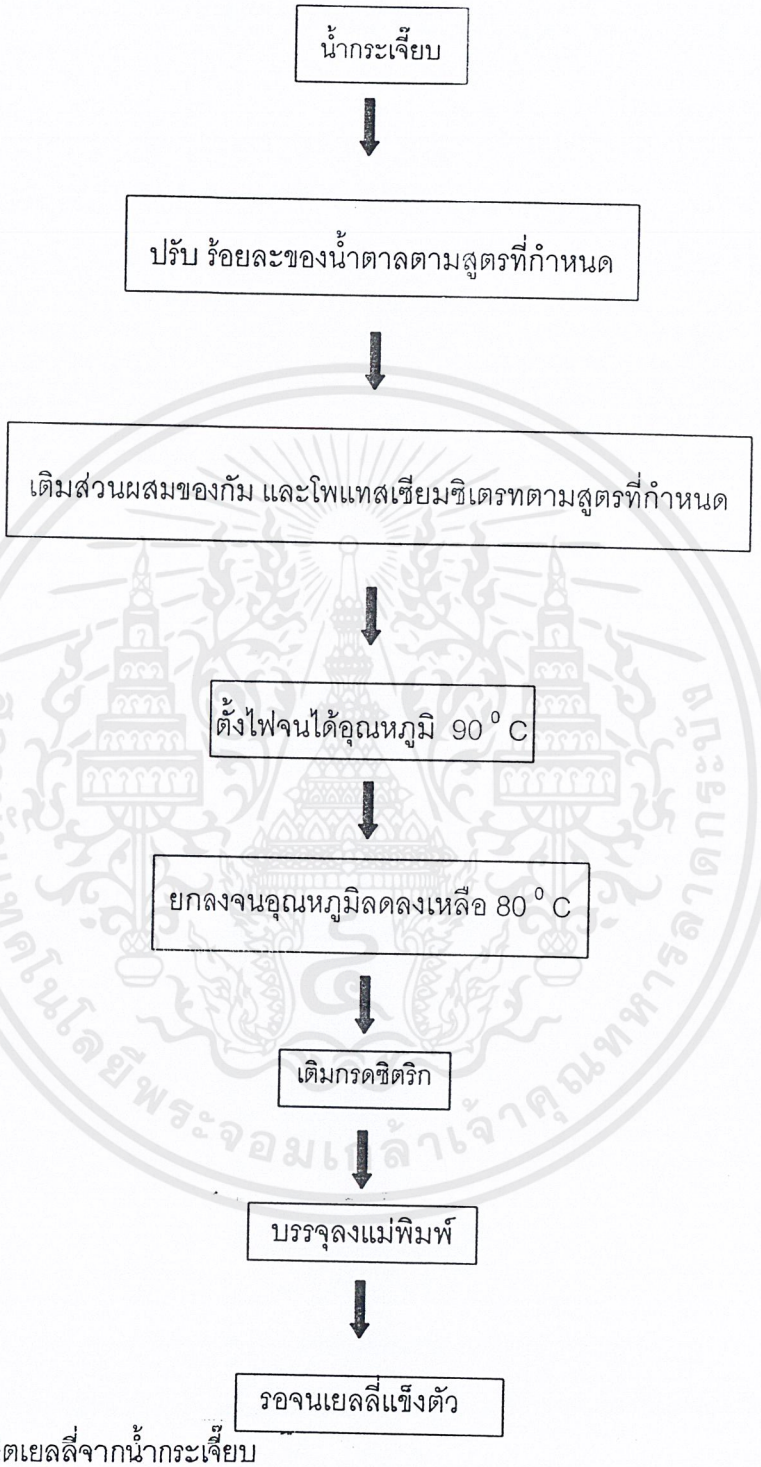
ทำการผลิตเยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบโดยเตรียมเยลลี่ทั้งหมด 27 สูตร เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม โดย

2.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของกัมที่ร้อยละ 0.5 0.75 และ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยมีอัตราส่วนของกัม คือ คาราจีแนน ต่อ แซนแทน ต่อ โลคัสบีนกัม เป็น 2 :1 :1

2.2 ศึกษาปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมได้แก่ 15 20 25 ^{0} Brix และ

2.3 ศึกษาปริมาณโพแทสเซียมซิเตรทที่ร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 น้ำหนัก ต่อ ปริมาตรตามลำดับ สูตรต่าง ๆ ของเยลลี่จาน้ำกระเจี๊ยบดังแสดงในตารางที่ 5 โดยมีวิธีการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบดังรูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 วิธีการผลิตเยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 สูตรที่ใช้ในการผลิตเยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตร

รหัส (Code)	ปริมาณกัม ,ร้อยละ (G) (คาราจีแนน: แซนแทน: โลคัสบีนกัม) 2 : 1 : 1	น้ำตาลซูโครส (S) (^{0} Brix)	โพแทสเซียมซิเตรท (P) (ร้อยละ)
1. G1-S15-P0.1	1	15	0.1
2. G1-S15-P0.2	1	15	0.2
3. G1-S15-P0.3	1	15	0.3
4. G1-S20-P0.1	1	20	0.1
5. G1-S20-P0.2	1	20	0.2
6. G1-S20-P0.3	1	20	0.3
7. G1-S25-P0.1	1	25	0.1
8. G1-S25-P0.2	1	25	0.2
9. G1-S25-P0.3	1	25	0.3
10. G0.75-S15-P0.1	0.75	15	0.1
11. G0.75-S15-P0.2	0.75	15	0.2
12. G0.75-S15-P0.3	0.75	15	0.3
13. G0.75-S20-P0.1	0.75	20	0.1
14. G0.75-S20-P0.2	0.75	20	0.2
15. G0.75-S20-P0.3	0.75	20	0.3
16. G0.75-S25-P0.1	0.75	25	0.1
17. G0.75-S25-P0.2	0.75	25	0.2
18. G0.75-S25-P0.3	0.75	25	0.3
19. G0.5-S15-P0.1	0.5	15	0.1
20. G0.5-S15-P0.2	0.5	15	0.2
21. G0.5-S15-P0.3	0.5	15	0.3
22. G0.5-S20-P0.1	0.5	20	0.1
23. G0.5-S20-P0.2	0.5	20	0.2
24. G0.5-S20-P0.3	0.5	20	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 สูตรที่ใช้ในการผลิตเยลลี่จากน้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตร (ต่อ)

รหัส (Code)	ปริมาณกัม ร้อยละ (G) (คาราจีแนน: แซนแทน: โลคัสบีนกัม) 2 : 1 : 1	น้ำตาลซูโครส (S) (^{0} Brix)	โพแทสเซียมซิเตรท (P) (ร้อยละ)
25. G0.5-S25-P0.1	0.5	25	0.1
26. G0.5-S25-P0.2	0.5	25	0.2
27. G0.5-S25-P0.3	0.5	25	0.3
Control G*1-S25-P0.2	1	25	0.2

หมายเหตุ

G หมายถึงปริมาณกัม ได้แก่ คาราจีแนน : แซนแทน : โลคัสบีนกัมในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 (ร้อยละน้ำหนักต่อ ปริมาตร)

G* หมายถึงปริมาณกัมของสูตรมาตรฐาน ใช้คาราจีแนน อย่างเดียวร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาณ

S หมายถึงปริมาณของน้ำตาลซูโครส (^{0} Brix)

P หมายถึงปริมาณของโพแทสเซียมซิเตรท(ร้อยละน้ำหนัก ต่อ ปริมาตร)

นำเยลลี่ที่ได้ทั้ง 27 สูตร นำไปวิเคราะห์คุณภาพ

- ทางด้านกายภาพคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Texture Analyser และวัดสีด้วยเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบ L* a* b* color system
- ทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก ค่าpH
- รวมทั้งทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 5- point hedonic scale โดยใช้กับผู้ทดสอบ 20 คน วิเคราะห์ผลโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's new mutiple range test

3. ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสูตรที่ดีที่สุดในข้อ 2 กับสูตรมาตรฐานทางการค้า โดยทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสแบบ 5- point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด จากข้อ 2 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพโดยนำเยลลี่ที่บรรจุถ้วยปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยตรวจสอบทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ดังนี้

- วิเคราะห์ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก
- วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี
- คุณภาพทางกายภาพจากการวัดสีด้วยเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบ L* a* b*
- คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ ยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำกระเจี๊ยบ

ลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปของน้ำกระเจี๊ยบ พบว่ามีสีแดงเข้ม มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นกระเจี๊ยบอ่อนๆ และเมื่อนำมาศึกษาค่าความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ละค่าสี ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำกระเจี๊ยบ

องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ	น้ำกระเจี๊ยบ
วิตามินซี (mg/100ml)	10.03
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	2.89
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)	0
ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	0.128
สีระบบ L* a* b* [1]	
L*	23.83
a*	5.45
b*	0.86

หมายเหตุ [1] ระบบสี : L* = ความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)
a* = สีแดง/สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)
b* = สีเหลือง/สีฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

2. การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของกัม (คาราจีแนน:แซนแทน:โลคัสบีนกัม) น้ำตาลซูโครส และโพแทสเซียมซิเตรตในการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7 ค่าความเป็นกรดด่างจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริกมีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตราส่วนของโพแทสเซียมซิเตรตเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากโพแทสเซียมซิเตรตมีคุณสมบัติเป็นเกลือที่มีฤทธิ์เป็นด่าง จึงมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าแรงกดของเยลลี่พบว่า เมื่ออัตราส่วนของโพแทสเซียมซิเตรตเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบมีค่าแรงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมอิออนมีผลต่อการจับตัวของกัม ดังนั้นเมื่อโพแทสเซียมซิเตรตเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อการจับตัวของกัมได้มากขึ้น ทำให้ค่าของแรงกดที่ได้สูง(Imeson,1992) นอกจากนั้นพบว่าค่าความเป็นกรดด่างมีผลต่อการเกิดเจล เพราะที่pHสูงค่าแรงที่ได้จะสูงด้วย สำหรับค่าสีของเยลลี่ทั้ง 27 สูตร พบว่าค่า L* และ b*ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ค่า a* มีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของโพแทสเซียมซิเตรตเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของน้ำกระเจี๊ยบซึ่งมีรงควัตถุแอนโทไซยานินเป็นสีแดงในสภาวะความเป็นกรด แต่โพแทสเซียมซิเตรตมีคุณสมบัติเป็นด่างดังนั้นเมื่อใช้โพแทสเซียมซิเตรตในปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบมีสีจางลงเพราะความเป็นกรดลดลง(นพพร,2539) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* และ b* ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่ออัตราส่วนกัมลดลง ส่วนค่า a* ที่ได้มีแนวโน้มลดลง จึงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ได้จะมีสีจางลง ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ค่าแรงที่วัดเนื้อสัมผัสของเยลลี่มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณกัมที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกัมจะทำหน้าที่คล้ายร่างแหแพร่กระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์เยลลี่และเข้าจับกับสารละลายน้ำตาลไว้ภายในร่างแห(Imeson,1992) เมื่อมีการแปรผันปริมาณน้ำตาลซูโครส พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลจาก 15^0Brix เป็น 20^0Brix ค่าแรงกดที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลขึ้นอีกเป็น 25^0Brix พบว่าค่าแรงกดกลับมีค่าลดลงน้อยกว่า 20^0Brix จากการสังเกตุของผู้วิจัยที่น้ำตาล 20^0Brix และกัมชนิดต่างๆ น้ำตาล โพแทสเซียมซิเตรต และกรดซิตริกสามารถจับตัวกันได้เหมาะสม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลอีกมีแนวโน้มการจับตัวลดลง ส่วนความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก รวมทั้งค่าสีนั้นไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ เมื่อแปรผันปริมาณน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ลักษณะทางด้านเคมีและกายภาพของเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตร

สูตร	ลักษณะทางเคมีและกายภาพ					
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	ค่าสี			เนื้อสัมผัส compression force (gf)
			L*	a*	b*	
1.G1-S15-P0.1	2.97^{ij}	0.46^{c}	23.80^{defg}	2.76^{ab}	-0.17^{abcde}	92.55^{ghij}
2.G1-S15-P0.2	3.43^{cde}	0.34^{f}	23.46^{efg}	2.58^{abc}	-0.16^{abcde}	133.00^{cde}
3.G1-S15-P0.3	3.67^{b}	0.38^{de}	22.86^{g}	2.57^{abc}	-0.005^{a}	164.60^{b}
4.G1-S20-P0.1	2.91^{k}	0.37^{e}	25.78^{abcd}	2.34^{abcde}	-0.1^{abc}	102.60^{fghi}
5.G1-S20-P0.2	3.15^{fghi}	0.27^{h}	23.36^{edf}	2.23^{abcdef}	-0.13^{abcde}	127.75^{cdef}
6.G1-S20-P0.3	3.29^{ef}	0.22^{l}	23.54^{efg}	2.33^{abcdef}	-0.095^{abc}	167.70^{b}
7.G1-S25-P0.1	2.85^{j}	0.39^{d}	23.14^{fg}	2.27^{abcdef}	-0.17^{abcde}	59.05^{kl}
8.G1-S25-P0.2	3.06^{ghi}	0.14^{lm}	27.35^{a}	1.57^{fg}	-0.04^{a}	110.30^{defg}
9.G1-S25-P0.3	3.28^{ef}	0.10^{n}	23.83^{defg}	1.79^{defg}	-0.51^{f}	145.50^{bc}
10.G0.75-S15-P0.1	3.09^{ghi}	0.29^{g}	24.24^{defg}	2.04^{bcdefg}	-0.41^{def}	74.85^{jk}
11.G0.75-S15-P0.2	3.50^{bcd}	0.23^{l}	23.49^{efg}	1.95^{cdefg}	-0.42^{ef}	111.00^{defg}
12.G0.75-S15-P0.3	3.88^{a}	0.17^{k}	27.04^{ab}	1.45^{g}	-0.42^{ef}	131.30^{cde}
13.G0.75-S20-P0.1	3.21^{fg}	0.39^{d}	24.06^{defg}	1.98^{cdefg}	-0.41^{def}	58.78^{kl}
14.G0.75-S20-P0.2	3.60^{b}	0.20^{j}	23.49^{efg}	2.01^{bcdefg}	-0.35^{bcdef}	124.22^{cdef}
15.G0.75-S20-P0.3	3.86^{a}	0.13^{m}	22.91^{fg}	1.78^{defg}	-0.36^{bcdef}	136.43^{cd}
16.G0.75-S25-P0.1	3.18^{fgh}	0.27^{h}	22.60^{g}	1.85^{cdefg}	-0.38^{cdef}	76.70^{ijk}
17.G0.75-S25-P0.2	3.52^{bcd}	0.20^{j}	23.31^{efg}	1.70^{defg}	-0.18^{abcde}	105.94^{efg}
18.G0.75-S25-P0.3	3.88^{a}	0.14^{lm}	24.38^{defg}	1.65^{efg}	-0.29^{abcdef}	166.51^{b}
19.G0.5-S15-P0.1	3.01^{hij}	0.35^{f}	23.68^{defg}	1.89^{cdefg}	0.23^{abcdef}	13.46^{m}
20.G0.5-S15-P0.2	3.55^{bcd}	0.23^{l}	25.05^{cdef}	1.57^{fg}	-0.26^{abcdef}	57.96^{kl}
21.G0.5-S15-P0.3	3.28^{ef}	0.27^{h}	23.78^{defg}	1.44^{g}	-0.28^{abcdef}	79.38^{hijk}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ลักษณะทางเคมีและกายภาพของเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ 27 สูตร (ต่อ)

สูตร	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ					
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	ค่าสีระบบ L*	a*	B*	เนื้อสัมผัส compression for (gf)
22.G0.5-S20-P0.1	3.03^{hij}	0.49^{b}	24.67^{defg}	2.35^{abcde}	-0.08^{abc}	26.83^{m}
23.G0.5-S20-P0.2	3.43^{de}	0.35^{f}	25.35^{bcde}	2.23^{abcdef}	-0.11^{abcd}	28.29^{m}
24.G0.5-S20-P0.3	3.67^{b}	0.27^{h}	23.66^{efg}	1.88^{cdefg}	-0.15^{abcde}	56.57^{kl}
25.G0.5-S25-P0.1	3.00^{hij}	0.65^{a}	24.39^{defg}	2.46^{abcd}	-0.06^{ab}	17.81^{m}
26.G0.5-S25-P0.2	3.43^{cde}	0.30^{g}	22.72^{g}	2.42^{abcde}	-0.065^{ab}	17.76^{m}
27.G0.5-S25-P0.3	3.63^{bc}	0.23^{i}	26.89^{abc}	1.72^{defg}	-0.25^{abcdef}	41.01^{lm}
ControlG1-S25-P0.2	3.57^{bcd}	0.20^{j}	24.43^{defg}	2.79^{a}	-0.01^{a}	289.00^{a}

หมายเหตุ

G หมายถึงกัม ได้แก่ คาราจีแนน : แซนแทน : โลคัวบีนกัมในอัตราส่วน 2 : 1 : 1 (ร้อยละน้ำหนัก ต่อ ปริมาตร)

G* หมายถึงปริมาณกัมของสูตรมาตรฐาน ใช้คาราจีแนน อย่างเดียวร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาณ

S หมายถึงปริมาณของน้ำตาลซูโครส (^{0} Brix)

P หมายถึงปริมาณของโพแทสเซียมซิเตรท(ร้อยละน้ำหนัก ต่อ ปริมาตร)

$^{a, b, c, d, e, f, g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันของตัวอักษร จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ระบบสี : L* = ความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = สีแดง/สีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)

b* = สีเหลือง/สีฟ้า (+ = สีเหลือง, - = สีฟ้า)

การทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่จำนวน 27 สูตร โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 9 สูตร ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 1-9

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ สูตรที่	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส						
	กลิ่นรส	สี	ความเปรี้ยว	ความหวาน	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
1.G1-S15-P0.1	3.30^{a}	3.43^{b}	2.80^{b}	3.13^{ab}	3.17^{b}	3.07^{ab}	3.00^{bc}
2.G1-S15-P0.2	2.29^{cd}	2.59^{d}	2.26^{c}	2.65^{c}	2.42^{c}	2.97^{b}	2.55^{d}
3.G1-S15-P0.3	2.20^{d}	2.87^{cd}	2.20^{c}	2.53^{c}	2.50^{c}	3.17^{ab}	2.70^{cd}
4.G1-S20-P0.1	3.51^{a}	4.06^{a}	3.56^{a}	3.17^{ab}	4.00^{a}	3.55^{a}	4.00^{a}
5.G1-S20-P0.2	3.13^{ab}	3.13^{bc}	2.73^{b}	3.20^{ab}	3.10^{b}	2.97^{b}	3.10^{b}
6.G1-S20-P0.3	2.70^{bc}	3.43^{b}	2.93^{b}	2.77^{bc}	3.07^{b}	3.07^{ab}	3.17^{b}
7.G1-S25-P0.1	2.83^{b}	3.13^{bc}	2.67^{b}	3.37^{a}	2.60^{c}	2.30^{c}	2.63^{d}
8.G1-S25-P0.2	2.80^{b}	3.33^{b}	3.37^{a}	2.93^{abc}	3.10^{b}	2.80^{b}	3.20^{b}
9.G1-S25-P0.3	2.83^{b}	3.33^{b}	3.40^{a}	2.80^{bc}	3.30^{b}	3.27^{ab}	3.27^{b}

หมายเหตุ

$^{a, b, c, d,}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันของตัวอักษร จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรที่1-9 พบว่าเยลลี่สูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 20 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร มีคะแนน ทางด้าน กลิ่น สีรส ชาติ ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม สูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติกับสูตรอื่น ๆ รองลงมาคือสูตรที่ 1,5,6,8,9 เนื่องจากจุดประสงค์ในการผลิตเยลลี่ครั้งนี้ก็เพื่อที่จะต้องการลดปริมาณน้ำตาลให้ได้มากที่สุดและอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ (มีคะแนนการยอมรับในระดับปานกลาง) จึงได้พิจารณาเลือกสูตรที่มีน้ำตาล 15 ^{0} Brix ได้แก่สูตร ที่ 1 ซึ่งมีปริมาณกัมร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตรน้ำตาล 15 ^{0} Brix และโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำตาลน้อยและได้รับการยอมรับมากในด้านต่าง ๆ ดังนั้นจึงได้เลือกทั้งสูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 ไปทำการทดสอบการยอมรับกับผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรอ้างอิงต่อไป

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่10 –18

ผลิตภัณฑ์เยลลี่	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส						
สูตรที่	กลิ่นรส	สี	ความเปรี้ยว	ความหวาน	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
10.G0.75-S15-P0.1	2.62^{bc}	3.41^{a}	3.14^{a}	2.41^{b}	2.97^{bc}	2.83^{a}	2.93^{bc}
11.G0.75-S15-P0.2	2.43^{bc}	2.33^{bc}	2.57^{bc}	2.40^{b}	2.63^{cd}	3.13^{a}	2.50^{de}
12.G0.75-S15-P0.3	2.30^{bc}	1.90^{cd}	2.27^{c}	2.33^{b}	2.60^{cd}	3.17^{a}	2.53^{cde}
13.G0.75-S20-P0.1	3.17^{a}	3.40^{a}	3.20^{a}	3.17^{ab}	3.57^{a}	2.73^{a}	3.43^{a}
14.G0.75-S20-P0.2	2.60^{bc}	2.70^{b}	2.47^{bc}	2.80^{ab}	3.00^{bc}	3.10^{a}	2.93^{bc}
15.G0.75-S20-P0.3	2.17^{c}	1.80^{d}	2.37^{c}	3.07^{ab}	2.50^{d}	2.90^{a}	2.33^{e}
16.G0.75-S25-P0.1	2.77^{ab}	3.53^{a}	2.83^{ab}	3.37^{a}	3.20^{ab}	2.70^{a}	3.20^{ab}
17.G0.75-S25-P0.2	2.43^{bc}	2.57^{b}	2.47^{bc}	3.43^{a}	2.93^{bc}	2.70^{a}	3.20^{ab}
18.G0.75-S25-P0.3	2.37^{bc}	2.07^{cd}	2.30^{c}	3.27^{a}	2.87^{bcd}	2.97^{a}	2.97^{b}

หมายเหตุ

$^{a, b, c, d, e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันของตัวอักษร จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 10-18 พบว่า เยลลี่สูตรที่13 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ0.75 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 20 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร มีคะแนน ทางด้าน กลิ่น สี รสชาติ ความเปรี้ยว เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่น ๆ รองลงมาคือสูตร 10,14,16,17,18เนื่องจากจุดประสงค์ในการผลิตเยลลี่ก็เพื่อที่จะต้องการลดปริมาณน้ำตาลให้ได้มากที่สุดและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยังยอมรับได้ (มีคะแนนการยอมรับในระดับปานกลาง) จึงได้พิจารณาเลือกสูตรที่มีน้ำตาล 15 ^{0} Brix ที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่สูตรที่ 10 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ0.75 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับโดยรวมสูงที่สุดคือ 2.93 และเมื่อพิจารณาการยอมรับทางด้านรสชาติ ความเปรี้ยวและสีไม่แตกต่างจากสูตรที่ 13 มากนัก ดังนั้นจึงได้เลือกสูตร 10 มาทำการศึกษาในขั้นต่อไปดังนั้นจึงได้เลือกทั้งสูตรที่ 10 และสูตรที่ 13 ไปทำการทดสอบการยอมรับกับผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรอ้างอิงต่อไป

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่มีผลต่อเยลลี่ สูตรที่ 19 - 27

ผลิตภัณฑ์เยลลี่	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส						
สูตรที่	กลิ่นรส	สี	ความเปรี้ยว	ความหวาน	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
19.G0.5-S15-P0.1	2.67^{b}	3.40^{ab}	3.17^{ab}	2.47^{d}	2.83^{b}	2.27^{c}	2.60^{b}
20.G0.5-S15-P0.2	2.50^{b}	2.83^{d}	2.87^{bcd}	2.40^{d}	2.60^{b}	2.33^{bc}	2.50^{b}
21.G0.5-S15-P0.3	2.40^{b}	2.63^{d}	2.77^{bcde}	2.17^{d}	2.53^{b}	2.63^{abc}	2.53^{b}
22.G0.5-S20-P0.1	3.24^{a}	3.69^{a}	3.31^{a}	3.24^{bc}	3.28^{b}	2.45^{bc}	3.10^{a}
23.G0.5-S20-P0.2	3.23^{a}	3.57^{ab}	3.10^{abc}	3.17^{bc}	4.33^{a}	2.33^{bc}	3.10^{a}
24.G0.5-S20-P0.3	2.57^{b}	2.93^{cd}	2.63^{de}	2.90^{c}	2.87^{b}	2.80^{ab}	2.83^{ab}
25.G0.5-S25-P0.1	2.73^{b}	3.47^{ab}	2.63^{de}	3.37^{a}	3.10^{b}	2.20^{c}	3.03^{a}
26.G0.5-S25-P0.2	2.60^{b}	3.27^{bc}	2.73^{cde}	3.47^{a}	3.20^{b}	3.07^{a}	3.13^{a}
27.G0.5-S25-P0.3	2.47^{b}	2.57^{d}	2.37^{e}	3.20^{bc}	2.87^{b}	3.00^{a}	2.83^{ab}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

$^{a, b, c, d, e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันของตัวอักษร จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 19-27 พบว่าเยลลี่สูตรที่ 26 (ปริมาณกัม ร้อยละ0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 25 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.2 น้ำหนักต่อปริมาตร)มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด แต่เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับโดยรวมของสูตรที่ 22, 23, 25 และ 26 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณน้ำตาล น้อยกว่าคือ 20^{0} Brix ได้แก่สูตรที่22 และ 23 และพบว่า สูตรที่ 22 มีคะแนนการยอมรับทางด้าน สี ความเปรี้ยว ความหวาน และเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรที่ 23 ดังนั้นจึงได้เลือกสูตรที่ 22 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 25 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.2 น้ำหนักต่อปริมาตร มาทำการศึกษาในขั้นต่อไป และเนื่องจากวัตถุประสงค์ที่ต้องการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เยลลี่ให้ได้มากที่สุดและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคจะยอมรับได้(มีคะแนนการยอมรับในระดับปานกลาง) จึงได้พิจารณาเลือกสูตรที่มีน้ำตาล 15 ^{0} Brix ที่มีคะแนนสูงสุดได้แก่สูตรที่19 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร) ดังนั้นจึงเลือกทั้งสูตรที่ 19 และสูตรที่ 22 ไปทำการทดสอบการยอมรับกับผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรอ้างอิงต่อไป

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบทั้ง 27 สูตร โดยพิจารณาจากการที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์และสามารถลดปริมาณน้ำตาลได้มาก พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 1 (ปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brix และโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร),สูตรที่4(ปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 20 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร),สูตรที่10(ปริมาณกัม ร้อยละ0.75 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร),สูตรที่13(ปริมาณกัม ร้อยละ0.75 น้ำหนักต่อปริมาตรและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาล 20 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร),สูตรที่19(ปริมาณกัม ร้อยละ0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร)และสูตรที่22 (ปริมาณกัม ร้อยละ0.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 20 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นสูตรที่เหมาะสม และผู้บริโภคให้การยอมรับสูง จากนั้นจึงนำสูตรต่าง ๆ ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดออกมาโดยใช้วิธีการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสได้แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของเยลลี่เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่

ผลิตภัณฑ์เยลลี่	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส					
สูตรที่	สี	ความเปรี้ยว	ความหวาน	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
1.G1-S15-P0.1	3.11^{a}	2.83^{ab}	2.33^{ab}	2.50^{bc}	3.56^{a}	2.83^{ab}
4.G1-S20-P0.1	2.94^{a}	2.89^{abc}	2.83^{ab}	3.00^{abc}	3.33^{a}	3.06^{ab}
10.G0.75-S15-P0.1	3.22^{a}	2.56^{bcd}	2.00^{b}	2.33^{c}	2.67^{b}	2.33^{b}
13.G0.75-S20-P0.1	3.44^{a}	3.22^{ab}	2.94^{a}	3.56^{a}	3.50^{a}	3.44^{a}
19.G0.5-S15-P0.1	3.28^{a}	2.39^{cd}	2.44^{ab}	2.39^{bc}	1.89^{c}	2.33^{b}
22.G0.5-S20-P0.1	3.06^{a}	3.39^{a}	3.11^{a}	3.11^{ab}	2.00^{c}	2.72^{b}
control G1-25-SP0.2	3.06^{a}	1.94^{d}	3.11^{a}	2.56^{bc}	3.67^{a}	2.67^{b}

หมายเหตุ

$^{a, b, c, d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันของตัวอักษร จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางพบว่าการยอมรับในด้านต่าง ๆ คือ สี ความเปรี้ยว ความหวาน รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่มีน้ำตาล 20 ^{0} Brix มากกว่าสูตรอื่น ๆ โดยเฉพาะสูตรที่ 13 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวมสูตรที่ 1 , 4 และ13 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และเนื่องจากวัตถุประสงค์ในการผลิตเยลลี่ที่ต้องการลดปริมาณน้ำตาลซูโครสให้ได้มากที่สุด โดยยังมีคุณลักษณะอื่น ๆ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brix มีกัมร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร มีคุณภาพด้าน สี และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ 13 และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เยลลี่สูตรที่ 1 กับผลิตภัณฑ์อ้างอิงซึ่งมีปริมาณน้ำตาล 25 ^{0} Brix มีกัม(เฉพาะคาราจีแนน) ร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร ก็จะพบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรที่ 1 มีคุณภาพส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์อ้างอิง ทั้งด้านสี ความหวาน รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม

ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร มาศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่

ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณกัม ร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตรและมีปริมาณน้ำตาล 15 ^{0} Brixและโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตร ที่ปิดผนึกโดยใช้ฟิล์มพลาสติกใสแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของเยลลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ^{0}C เป็นเวลา 4 สัปดาห์

คุณภาพของผลิตภัณฑ์	ระยะเวลาการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)	7.89	7.88	7.88	7.86	7.88
ปริมาณกรดในรูปซิตริก (ร้อยละ)	0.27	0.28	0.28	0.26	0.25
ค่าสี [1]					
L*	-	23.81	23.91	23.90	23.88
a*	-	2.76	2.63	2.63	2.65
b*	-	-0.17	-0.16	-0.15	-0.16
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด(CFU/g)	- [2]	-	-	-	-
รา(CFU/g)	-	-	-	-	-
ยีสต์ (CFU/g)	-	-	-	-	-

หมายเหตุ [1] ระบบสี :L* = ความสว่าง (0= สีดำ, 100 = สีขาว)

a* = สีแดง/สีเขียว (+= สีแดง, - = สีเขียว)

b* = สีเหลือง/สีฟ้า (+ =สีเหลือง, - = สีฟ้า)

[2] - ไม่พบการเจริญของเชื้อ

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบพบว่าปริมาณกรดในรูปกรดซิตริกและวิตามินซีมีค่าค่อนข้างคงที่ถึงแม้จะเก็บในช่วงเวลาที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าสีพบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และรา ในช่วงระยะเวลาการเก็บดังกล่าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการเตรียมเยลลี่ใช้ความร้อนสูง และความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ซึ่งมี pH ประมาณ3 รวมทั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา 10 ^{0} C ทำให้ไม่พบการเจริญของเชื้อดังกล่าว ซึ่งคาดว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ได้น่าจะเก็บรักษาได้นานกว่า 4 สัปดาห์ จากการมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพเล็กน้อย และตรวจไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งยีสต์และรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่มีแคลอรี่ต่ำ โดยแปรผันปริมาณกัม น้ำตาล และโพแทสเซียมซิเตรทในผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่มี ปริมาณกัมร้อยละ1 น้ำหนักต่อปริมาตร (โดยมีอัตราส่วนของคาราจีแนน : แซนแทน : โลคัสบีนกัม)ปริมาณน้ำตาลซูโครส 15 บริกซ์และโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.1 น้ำหนักต่อปริมาตรนั้นเป็นสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสได้มากที่สุดโดยผู้บริโภคสามารถเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อ้างอิงซึ่งมีปริมาณ กัมร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้คาราจีแนนอย่างเดียว มีปริมาณน้ำตาลซูโครส 25 บริกซ์ และโพแทสเซียมซิเตรทร้อยละ 0.2 น้ำหนักต่อปริมาตรและยังให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบไว้ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ทางด้านกายภาพและเคมี มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และตรวจ ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งยีสต์และรา ในช่วงระยะเวลาการเก็บดังกล่าว

5.1 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับปรุงสีและกลิ่นของเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ เพื่อให้เป็นที่จูงใจของผู้บริโภค
2. ควรศึกษาคุณค่าทางอาหารจากผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ได้ควบคู่ไปด้วย
3. ถ้าเป็นไปได้ควรใช้น้ำกระเจี๊ยบจากกระเจี๊ยบสดเนื่องจากจะสามารถให้คุณค่าทางโภชนาการมากกว่ากระเจี๊ยบแห้ง
4. ควรมีการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่อุณหภูมิห้องด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ นิยมวิทย์ . 2538 . องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร , ครั้งที่ 1, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 237 น.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์. 2537. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 404น.

เทพ หิมะทองคำ. 2540. ความรู้เรื่องเบาหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด. 232 น.

นพพร สงค์อิ่ม. 2539. การสกัดและการประยุกต์ใช้ของสารประกอบแอนโทไซยานิน, ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภูมิพิชย์ สุชาวรรณ. 2535. พืชสมุนไพรใช้เป็นยา, หจก. ฟันนี่ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. 63 น.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2521 . แยม เยลลี่และมาร์มาเลด , สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม , กระทรวงอุตสาหกรรม , กรุงเทพ . 24 น.

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. 2536. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2, สุริยบรรณ. 880 น.

วันเพ็ญ มีสมญา. 2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. อาหาร. 28(3) : 213-219.

ศรีนวล เจียจันทร์พงษ์. 2528. ไวตามินเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์สุขภาพใจ, กรุงเทพฯ. 93 น.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย . 2525 . หลักการถนอมอาหารและการควบคุมคุณภาพอาหาร เล่มที่ 2 , คณะคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 263 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ศิวาพร ศิวเวชช . 2529 . วัตถุเจือปนในอาหาร เล่มที่1. พิมพ์ครั้งที่ 4, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 162 น.

ศิวาพร ศิวเวชช . 2535 . วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1, ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมทางการเกษตรแห่งชาติ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 328 น .

สุวิทย์ วิบูลผลประเสริฐ. 2538. ก้าวทันโรค. พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์ โฮลิสติก พับพลิชชิ่ง. 200 น.

A.O.A.C.1996. Official methods of analysis, 15th ed. The Association of Official Analysis Chemists. Woshington D.C.

Branen, A.L., Davidson, P. M. and Salminen, S. 1990. Food additives. MARCEL DEKKER, INC, New York. 736 p.

Horace, D. G. 1997. Food colliod. The Avi publishing Company, Inc. London. 476 p.

Imeson, A. 1992 . Thickening and gelling agents for food, Blackie Academic& Professional, London. 258 p.

Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid applications gum technology in the food and other industries. 1st ed. Chapman&Hall, London. 354 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรด (AOAC,1996)

1.1 วิธีการ

ปิเปตน้ำกระเจี๊ยบ 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตรนำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดี่ยมโฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนตัวอย่างมีพีเอชเท่ากับ 8.1 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

1.2 การคำนวน

$$\text{ร้อยละกรดซิตริก} = \frac{0.1 \times 70 \times 100 \times a \times b}{1000 \times w}$$

a = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท

b = ค่าความเจือจาง

w = น้ำหนักตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณ วิตามินซี โดยวิธี Indophenol (AOAC,1996)

2.1 สารเคมีที่ใช้

สารละลายอินโดฟีนอล (Indophenol dye)ร้อยละ 0.04 เตรียมโดยการละลาย 2,6 ไดคลอฟีนอล อินโดฟินอล (2,6-dichlorophenol indophenol) 0.2 กรัม ใส่น้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปรับปริมาตร และเก็บสารละลายที่เตรียมนี้ในตู้เย็น

สารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้นร้อยละ 4 เตรียมโดยละลายกรดออกซาลิก 4 กรัม ด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2.2 การหามาตรฐานของสารละลายอินโดฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายโปตัสเซียมไอโอไดด์ 2.3 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายอินโดฟีนอล 15 มิลลิลิตร และสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที นำมาไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มัล (เตรียมขณะทดลอง) โดยใช้โมโครบิวเรต ค่อย ๆ หยดน้ำแป้ง 1-2 มิลลิลิตร จนสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี ทำการไตเตรท ให้สมบูรณ์ ภายใน 1 นาที(สารละลายอินโดฟีนอลต้องมีการไตเตรทหามาตรฐานทุก 48 ชั่วโมง และใช้ให้หมดภายใน 2 สัปดาห์ และเก็บรักษาในตู้เย็นตลอดเวลา) แล้วคำนวณตามสูตร

$$\text{Dye equivalent} = \frac{1 \times 88 \times 1000 \times \text{ปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต} \times \text{นอร์มัลลิตี้ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต}}{100 \qquad \text{ปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอล}}$$

(โดยน้ำหนักโมเลกุลของกรดแอสคอร์บิกเป็น 88 กรัมต่อโมล)

2.3 วิธีการ

ปิเปตน้ำผลไม้ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วที่ปรับปริมาตรได้ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้นร้อยละ 4 จากนั้นปิเปตสารละลายนี้มา 5 หรือ 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดแก้วขาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดออกซาลิกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไปประมาณ 15 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทด้วยสารละลายอินโดฟีนอลเข้มข้นร้อยละ 0.04 จนสารละลายเปลี่ยนสีชมพูจาง ๆ ปรากฏอยู่นาน 5 – 10 วินาที การไตเตรทต้องทำให้เสร็จสมบูรณ์ภายใน 1 นาที และปริมาตรของละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ไม่ควรเกิน 1.5 มิลลิลิตร

2.4 การคำนวน

มิลลิตรของกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำผลไม้ = dye equivalent x titer x dilution

3. **การวัดความเป็นกรด - ด่าง**

นำตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อนปริมาตร 90 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ เขย่าแล้วนำไปกรองทำให้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 20 – 25 องศาเซลเซียส วัดความเป็นกรด – ด่าง ด้วยเครื่องวัดพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่

ชื่อผู้ทดสอบ.....เพศ.....อายุ.....ปี

วันที่ทำการทดสอบ.....

ตัวอย่างที่ท่านได้รับเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบที่ลดแคลอรี่โดยใช้สัดส่วนของกัม น้ำตาลซูโครส และโพแทสเซียมซิเทรตที่แตกต่างกัน กรุณาชิมผลิตภัณฑ์ที่เสริฟตามลำดับที่จัดไว้ และให้คะแนนคุณภาพด้านต่าง ๆ ตามความชอบที่กำหนดไว้ โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้

5 = ชอบมากที่สุด 2 = ชอบน้อย

4 = ชอบมาก 1 = ชอบน้อยที่สุด

3 = ชอบปานกลาง

ตัวอย่าง	กลิ่นรส	สี	เปรี้ยว	หวาน	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รูปวัตถุดิบและสารเคมี

รูปที่ ค-1 กระเจี๊ยบแห้งและน้ำกระเจี๊ยบ

รูปที่ ค-2 กัมชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คาราจีแนน แซนแทน และโลคัสบีนกัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-3 กัมและสารเคมีและการผลิตเยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ

รูปที่ ค-4 ผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำกระเจี๊ยบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้