สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการเตรียมอาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน

นางสาวจิรวัส พรหมศร
นางสาวชนิกานต์ แสวงนิล
นางสาวเยาวดี ปิ่นสุภาเกียรติ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58543
วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549
.b.....
.i.....
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The studies on preparation of health food with Sodium alginate and Gelatin.

Miss Jirawat Promsorn

Miss Chanikan Sawaengnil

Miss Yaowadee Pinsupakiat

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

Academic year 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาการเตรียมอาหารเพื่อสุขภาพด้วยโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน

นักศึกษา นางสาวจิรวัส พรหมศร
นางสาวชนิกานต์ แสวงนิล
นางสาวเยาวดี ปิ่นสุภาเกียรติ

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ. ดวงใจ โอชัยกุล	
กรรมการ ผศ. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์	
กรรมการ อาจารย์ ลินจง สุขลำภู	

.....

(รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการเตรียมอาหารเพื่อสุขภาพด้วยโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน
โดย	นางสาวจิรวัส พรหมศร
	นางสาวชนิกานต์ แสวงนิล
	นางสาวเยาวดี ปิ่นสุภาเกียรติ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

บทคัดย่อ

กรรมวิธีการเตรียมอาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน โดยมีการศึกษา 3 ปัจจัย ซึ่งได้แก่ ชนิดของเจลาติน(bloom/mesh) 240/40 , 240 /20 และ 160 /20 เพื่อที่จะนำมาผสมกับโซเดียมอัลจิเนต (GMB) ผลของอุณหภูมิที่ 60 และ 100 องศาเซลเซียส และผลของเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เวลาต่างๆ คือ 5 , 10 , 30 และ 60 นาที ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้จะมีผลต่อการเคี้ยว แรงฉีก และคุณลักษณะเนื้อสมผัสอื่นๆ รวมถึงคุณภาพของความสามารถในการดูดน้ำกลับของผลิตภัณฑ์ ผลที่เกิดขึ้นจะใช้ในการอธิบายผลกระทบต่อค่าแรงต้านการยืดออก การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture profile anlysis) ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ได้มีการนำหูฉลามสดมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ เหล่านี้รวมทั้งวิเคราะห์ทางด้านอาหารด้วย จากผลการทดลองพบว่า ของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240/20 จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารใกล้เคียงกับหูฉลามสดมากที่สุด และในสภาวะของอุณหภูมิและเวลาที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของของผสมที่ใกล้เคียงกับหูฉลามสดมากที่สุดคือที่ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special project title	The studies on preparation of health food with Sodium alginate and Gelatin.
Name	Miss Jirawat Promsorn Miss Chanikan Sawaengnil Miss Yaowadee Pinsupakiat
Department	Applied Biology Faculty of Science
Program	Biotechnology
Academic Year	2003
Special project advisor	Asst.Prof.Marisa Jatupornpipat

Abstract

A process of preparing the health food with Sodium alginate and Gelatin by three factors randomized complete block design was adopt to study the effects of type of gelatin(bloom/mesh) 240/40 , 240 /20 and 160 /20 for mixing with Sodium alginate(GMB), the effects of temperature at 60 °C and 100 °C including immersion time (5,10,30 and 60 min) on the chewing, tensile strength and other textures and rehydration qualities of the product. Response results were used to describe the effects of processing parameters on product tensile strength and texture profile analysis. The results showed that the mixture of Sodium alginate (GMB) and Gelatin 240/20 and the conditions which are temperature and immersion time in Calcium chloride solution at 100° C 5 minutes respectively is the best formula that took it similar to the shark fins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ก็ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆ ท่านในด้านต่างๆ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผศ.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ ผศ.ดวงใจ โอชัยกุล และอาจารย์ ลินจง สุขลำภู ซึ่งได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดการดำเนินงานและตรวจทานตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหาเพื่อให้ได้เป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำ และติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน

และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่กรุณาอบรมสั่งสอนและอุปการะผู้จัดทำให้ศึกษาจนสำเร็จได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนทุกคนที่ช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง ตั้งแต่เริ่มดำเนินงานด้วยดีตลอดมาและผู้ที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของปัญหาพิเศษนี้ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ทุกท่าน

จิรวัส พรหมศร
ชนิกานต์ แสวงนิล
เยาวดี ปิ่นสุภาเกียรติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	4
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	7
2.1 อัลจิเนต	7
2.1.1 บทนำ	7
2.1.2 การผลิต	7
2.1.3 องค์ประกอบทางเคมี	12
2.1.4 คุณสมบัติ	16
2.1.5 เทคนิคการทำให้เกิดเจล	25
2.1.6 กระบวนการผลิตอัลจิเนตสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร	28
2.1.7 การทำให้เข้มข้นและการคงตัว	34
2.1.8 การเกิดฟิล์ม	39
2.1.9 สรุป	40
2.2 เจลาติน	41
2.2.1 บทนำ	41
2.2.2 องค์ประกอบของเจลาตินและคุณค่าทางอาหาร	43
2.2.3 การสกัด	45
2.2.4 กระบวนการผลิตเจลาตินจากปลา	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง (ต่อ)	หน้า
2.2.5 กระบวนการเตรียมเจลาตินในสภาวะที่เป็นกรดหรือการเตรียมเจลาตินจากสุกร(เจลาตินชนิดเอ)	46
2.2.6 ขบวนการเตรียมเจลาตินในสภาวะที่เป็นด่างหรือการเตรียมเจลาตินจากโค กระบือ(เจลาตินชนิดบี)	47
2.2.7 การเตรียมเจล	48
2.2.8 การเกิดเจล	50
2.2.9 กลไกการเกิดเจล	52
2.2.10 การทำให้เจลาตินบริสุทธิ์	52
2.2.11 คุณสมบัติและการทดสอบคุณภาพของเจลาติน	53
2.2.12 ประโยชน์ของเจลาติน	54
2.2.13 ผลกระทบของเจลาตินต่อสุขภาพของมนุษย์	62
2.2.14 การเปลี่ยนแปลงของเจลในการประกอบอาหาร	63
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	65
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	68
3.1 อุปกรณ์	68
3.2 สารเคมี	69
3.3 วิธีการทดลอง	69
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	75
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารและสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของหูฉลามสด	75
4.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด	76
4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของของผสม	77
4.4 อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของของผสม	78
4.5 การวัดสี	79
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	80
5.1 สรุปผลการทดลอง	80
5.2 ข้อเสนอแนะ	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง(ต่อ)	หน้า
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก ก	90
ภาคผนวก ข	94
ภาคผนวก ค	105
ภาคผนวก ง	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างขององค์ประกอบของสาหร่ายชนิดต่างๆ	15
2	องค์ประกอบและค่าพารามีเตอร์ต่างๆของอัลจิเนตที่ได้จากสาหร่าย	16
3	ความหนืดของอัลจิเนต (mPas) เครื่องวัดความหนืด Brookfield และRVT ที่ 20 r.p.m อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	19
4	ค่า FIRA (ml) ที่ใช้วิเคราะห์ความแข็งแรงของเจลของอัลจิเนต	25
5	คุณสมบัติของอัลจิเนตที่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร	39
6	ขอบเขตในการนำไปใช้ทางด้านอาหาร	40
7	ชนิดและปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนที่พบในเจลาติน ที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่างๆ	44
8	องค์ประกอบของอาหารของหูฉลามสด	75
9	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด	75
10	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่สภาวะต่างๆ	77
11	อิทธิพลของอุณหภูมิต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของของผสม	78
12	การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่เวลาต่างๆ	78
13	ค่าการวัดสี	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การนำสาหร่ายสีน้ำตาลมาใช้ในอุตสาหกรรม	8
2	แผนผังโครงสร้างในการแยกอัลจิเนตจากสาหร่ายทะเล	10
3	ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากกรดอัลจินิก	11
4	หน่วยโมโนเมอร์ของอัลจิเนต	11
5	ชนิดของ block ในอัลจิเนต	11
6	สเปกตรัม ^{1}H nmr (400 MHz)ของอัลจิเนต	14
7	สมการของ Staudinger (Mark Houwink)	17
8	กราฟของความหนืดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นสำหรับสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่มีความหนืดปานกลาง	18
9	องค์ประกอบของไอออนแคลเซียมระหว่างไดเมอร์ของ guluronic acid	22
10	การก่อตัวเป็นเจลของอัลจิเนต	23
11	ความแข็งแรงของเจลของแคลเซียมอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 (Fg =0.38) ซึ่งมีบทบาทต่อน้ำหนักเฉลี่ยในการเกิดโพลีเมอร์ไรเซชั่น	24
12	กลไกการเกิดเจลของคาราจีแนน	24
13	ลำดับขั้นตอนในการผลิตอาหารสัตว์	27
14	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดเจลและคุณสมบัติของการเกิดเจล	28
15	การควบคุมการเกิดเจล	28
16	การปล่อยไอออนของแคลเซียมในแคลเซียมซัลเฟตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยใช้ tetrasodium pyrophosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.06 เป็นตัวแยกภายในระบบ และถูกวัดได้โดยไอออนของแคลเซียมอิเลคโทรดที่จำเพาะเจาะจง	29
17	รูปบน:รูปแบบของอ่างแคลเซียมคลอไรด์ รูปล่าง : สายพานที่มีการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์	35
18	กระบวนการผลิตระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการผลิตเชอรี่เทียม	35
19	โครงสร้างทางเคมีของเจลาติน	42
20	การผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรม	46
21	กระบวนการผลิตเจลาติน	50
22	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในไวน์	55
23	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในมาการีน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่(ต่อ)		หน้า
24	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในวุ้น	56
25	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในเยลลี่	56
26	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในไอศครีม	57
27	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในขนมเค้ก	58
28	การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในแคปซูล	59
29	การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในยา	59
30	การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง	59
31	การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในฟิล์มถ่ายภาพ	61
32	การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในแผ่นภาพถ่าย	61
33	การวัดค่า Tensile strength	70
34	การวัดค่า Texture profile analysis	71
35	การวิเคราะห์ค่า Rehydration	72
36	การวัดสีของของผสม	73
37	เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta รุ่น CR – 300	90
38	เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texure analyser) LLOYD	91
39	เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ FIWA (VELP)	91
40	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30	92
41	เครื่องวิเคราะห์ไขมัน BüCHI 810 Soxhlet	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ / ที่มาของโครงงานพิเศษ

อัลจิเนตเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทางทะเล ได้แก่ สาหร่ายสีน้ำตาลในตระกูล Phacophyceae ซึ่งพบมากตามพื้นที่ชายฝั่ง ปกติอยู่ในรูปสารประกอบของเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ แคลเซียม โซเดียม และโพแตสเซียม(Pedersen,1990) กรดอัลจินิคเป็นโพลีแซคคาไรด์เส้นตรงที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วย β-D mannuronic acid units (M) และ α-L guluronic acid (G) โพลีเมอร์ของอัลจิเนตจะฟอร์มโดยการเชื่อมระหว่างโมโนเมอร์ที่ตำแหน่ง C1และ C4 แสดงให้เห็นว่าสายโพลีเมอร์จะสร้างมาจาก 3 ชิ้นส่วนหรือ 3 block คือ G block , M block , MG block (Percival และ Mcdowell,1967) อัตราส่วนระหว่าง M/G จะแตกต่างไปตามสายพันธุ์ของสาหร่าย คุณสมบัติของการเตรียมกรดอัลจินิค เช่น การละลาย ความหนืด และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุกับอิออนของโลหะ จะสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างM/G ในการวัดอัตราส่วนระหว่างM/Gทำได้โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออนโดยวิธีโครมาโตกราฟฟี่ (ion exchange chromatography) (McHugh,1987)

สำหรับโซเดียมอัลจิเนตเป็นเกลือโซเดียมของกรดอัลจินิก ที่มีสูตรทางเคมีคือ $(C_6H_7NaO_6)_n$ ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพ มีสีขาวจนถึงสีเหลืองสว่างหรือค่อนข้างเหลืองน้ำตาล รูปร่างเป็นเส้นใย เม็ดเล็กๆ หรือเป็นแป้ง ส่วนลักษณะทางคุณภาพของโซเดียมอัลจิเนต ได้แก่ มีความหนืด ค่าพีเอช ความชื้น การละลายน้ำ เถ้า(Ash) ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว สารหนู เป็น 20 cps - 1000cps , 6.0 - 8.0 , ไม่เกินร้อยละ15 , 0.06 , 21.0 , 0.004 , 0.0004 และ0.0002 ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์รา ไม่ควรเกิน 5000 และ 500 ตัวต่อกรัม ตามลำดับ และต้องไม่พบ *E. coli* และ *Salmonella* โซเดียมอัลจิเนตควรมีจุดหลอมเหลวมากกว่า 300 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเสถียรในสภาวะปกติ (file/\\Ap1\c\Mydocuments\SODIUMALGINATE(SODIUM POLYMANNU- RONATE).htm

โดยปกติการนำโซเดียมอัลจิเนตมาใช้เพื่อเป็นสารที่ทำให้สารละลายตัว เพิ่มความเข้มข้น เป็นสารก่อเจล และเป็นอิมัลซิฟายเออร์ Hsu and Chung (1999) ได้รายงานว่ามีการนำโซเดียมอัลจิเนตใช้เป็นตัวแทนที่ไขมันในการผลิตลูกชิ้นกังวาน (Kung-wan)ไขมันต่ำ

อุตสาหกรรมอาหารใช้สำหรับเป็นสารคงตัวของไอศกรีม อัลจิเนตสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เรียบ มีรสดี ทำให้ขนมปัง เป็นมันเงา เกาะกัน อย่างหลวมๆ เบา ไม่แห้งง่าย การใช้ในผลิตภัณฑ์การทำก๋วยเตี๋ยวแห้ง ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งมีความแข็งแรง และเพิ่มปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เมื่อเพิ่มอัลจิเนตลงในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มจุดหลอมเหลวของผลิตภัณฑ์ ในอุตสาหกรรม เครื่องดื่ม มีการนำอัลจิเนตมาประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มผง พัฒนาเรื่องการแขวนลอย และการแพร่กระจาย การแช่เย็นและการเก็บรักษาผลไม้ ปลา เนื้อ และอาหารอื่นๆ คือจะเคลือบด้วยฟิล์มอัลจิเนต ทำให้อาหารถูกป้องกัน จากการเจริญของเชื้อ และปริมาณน้ำของอาหาร สามารถเก็บรักษาอาหารได้เป็นระยะเวลานานโดยการทำให้อาหารแห้ง ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปริมาณอัลจิเนตเพียงเล็กน้อยสามารถแทนได้ด้วยการใช้แป้งปริมาณมาก ใช้ในการทอเส้นด้าย พัฒนาความแข็งแรงของเส้นด้ายด้วยในอุตสาหกรรมการพิมพ์และทำให้สีย้อมมีความเข้มข้นขึ้น สำหรับการใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อัลจิเนตสามารถใช้รวมไปในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการหล่อ การเชื่อมโลหะ สารเกาะติดสำหรับอาหารปลาและกุ้ง สารฆ่าเชื้อราของคอนกรีต (file://\\Ap1\c\My documents\Sodium Alginate.htm) การละลายจะละลายอย่างช้าๆในน้ำ และเกิดการรวมตัวเป็นสารละลายที่เหนียวไม่ละลายในเอทานอลและอีเทอร์

โซเดียมอัลจิเนตสามารถละลายในน้ำได้อย่างสมบูรณ์ เป็นเกลือโซเดียมของกรดอัลจินิกดังกล่าวมาในข้างต้น ซึ่งได้มาจากการเลือกชนิดของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่หลากหลาย คุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตอย่างหนึ่งคือ มีลักษณะเป็นเจลเมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนที่ปราศจากการให้ความร้อน โดยปฏิกิริยานี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในทุกโรงงาน สำหรับเป็นองค์ประกอบและรักษามาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารในอุตสาหกรรมอาหาร (file//\\Ap1\c\Mydocuments\SODIUMALGINATE(SODIUM POLYMANNURONATE).htm

เจลาติน (Gelatin) มาจากภาษาละติน มาจากคำว่า gelata ซึ่งหมายถึง ลักษณะที่แข็งตัวเย็นแข็ง หรือเหนียวหนืด (ณรงค์ , 2538) เจลาตินได้จากคอลลาเจนของเนื้อเยื่อในหนังหมู หนังวัว และสารโปรตีนของกระดูก (ossein) โดยใช้กรดหรือด่าง และสกัดด้วยน้ำร้อน เจลาตินจึงเป็นสารโปรตีนอย่างหนึ่ง ซึ่งคุณสมบัติของเจลาตินจะแตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุดิบ และความแตกต่างของวิธีและกระบวนการผลิต นิยมนำเจลาตินมาใช้ในทางอุตสาหกรรมอาหาร สารละลายชนิดสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเจลด้วยการผันกลับด้วยความร้อน (heat – reversed) ในการลดอุณหภูมิถึงระดับหนึ่ง เจลที่ได้จะมีลักษณะโปร่งใส โปร่งแสง และยืดหยุ่น หากมีอุณหภูมิสูงขึ้นเจลสามารถละลายใหม่ได้ เพราะฉะนั้นอุณหภูมิ ความเข้มข้นของเจลและน้ำหนักโมเลกุลจึงมีผลต่อความแข็งของเจล (King และ Shun , 1992) โดยวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำการผลิตเจลาตินนั้นมีหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผลพลอยได้ของสัตว์ราคาถูกจากโรงงานฆ่าสัตว์และโรงงานฟอกหนัง เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ คอลลาเจน ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการเปลี่ยนเป็นเจลาตินได้ ธรรมชาติและสภาวะของวัตถุดิบที่นำมาผลิตจะมีอิทธิพลสำคัญต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบที่แตกต่างกันก็จะใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันด้วย สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมนั้นมักใช้กระดูก หนังโค กระบือ และหนังสุกรเนื่องจากจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากหนังปลานั้นไม่ค่อยมีการผลิตกันทางอุตสาหกรรมมากนักเนื่องจากมีคุณภาพไม่ดีเท่าเจลาตินจากพวกกระดูกโคกระบือและหนังสุกร (Ward , 1977)

หลังการเปลี่ยนรูปคอลลาเจนไปเป็นเจลาตินจะได้ผลสุดท้ายเป็นผงแป้งแห้งๆ มีสีเหลืองซีด ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารได้ โดยจะประกอบด้วย โปรตีน เกลือแร่ น้ำ ที่มีปริมาณร้อยละ 84 - 90 , 1 - 2 และ8 - 15 ตามลำดับ ทั้งยังปราศจากสารกันบูดและสารปนเปื้อนอื่นๆ อีกด้วย (Veis , 1964 และ Ward and Courts , 1977)

สำหรับการทดสอบคุณสมบัติของเจลาตินสามารถทดสอบในหลายคุณสมบัติ ได้แก่ การทดสอบคุณสมบัติความหนืดภายในโมเลกุล (Intrinsic viscosity) การหมุนระนาบแสง (Optical rotation) การดูดซับของอะตอม (Atomic adsorption) เป็นต้น ได้ด้วยวิธีการต่างๆกัน เช่น การทดสอบค่าความหนืดภายในโมเลกุล โดยนำสารละลายเจลาตินที่ได้จากปลาที่มีน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v) เป็นร้อยละ 0.2 มาผสมกับโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ในปริมาณที่เท่าๆกัน ในระหว่างการวัดค่านี้จะนำสารละลายเจลาตินดังกล่าวมาเจือจางด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เพื่อรักษาความแรงของประจุให้คงที่ในขณะที่มีการเพิ่มความเข้มข้นของเจลาตินขึ้นเรื่อยๆ และจะทดสอบความหนืดภายในโมเลกุลด้วยใช้เครื่องวัดความหนืดโดยจะคงสภาพอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะที่เสถียรที่ 30.0 ± 0.1 องศาเซลเซียสในระหว่างการวัด (Ingvild; et. al. 2003) เนื่องจากถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปค่าความหนืดจะเปลี่ยนไปด้วย (Ward,1997)

การประยุกต์ใช้เจลาตินในทางอุตสาหกรรมอาหารและทางเทคโนโลยีชีวภาพ มักเกี่ยวข้องกับแหล่งกระบวนการ ส่วนประกอบโครงสร้าง หน้าที่และคุณสมบัติ อันได้แก่ การเกิดเจล bloom index และค่าการละลาย (Jae , 1997)

ผู้บริโภคอาจไม่ได้มีการระมัดระวัง ผลของโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ในรูปต่างๆ แต่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมซึ่งเป็นโปรตีนย่อยได้ง่าย เพราะฉะนั้นจึง มักใช้ในอาหารที่มีครีมหรือนมมาก เช่น มาการีน นมที่ไม่ต้องให้ความร้อนหรือผลิตภัณฑ์จากเนื้อ และอาหารที่ใช้ในการควบคุมน้ำหนัก จึงจำเป็นต้องศึกษาผลกระทบของการนำเจลาตินมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารนั้นๆ อีกด้วย (http://www.gelatin-gmia.com/)

สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งคือ การทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หรือเนื้อสัมผัสของอาหาร (Food texture) ซึ่งมีความสำคัญต่อการยอมรับในคุณภาพอาหารของผู้บริโภค ส่วนใหญ่ได้รับความรู้สึกทางปากหรือจากการกิน การรับความรู้สึกในเนื้อสัมผัสอาหารนี้เป็นการรับความรู้สึกทั้งทางกายภาพและทางสรีระวิทยาร่วมกัน ในด้านสรีระวิทยานี้มีประสาทสัมผัสอื่นๆ ของร่างกายเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มามีส่วนในการร่วมรับความรู้สึกเนื้อสัมผัสของอาหารด้วย คือ การเห็น การสัมผัส และการได้ยิน ทำให้มีการร่วมรับความรู้สึกซับซ้อนขึ้นจากประสาทสัมผัสเหล่านี้ (นฤดมและ จินตนา, ม.ป.ป.) ดังนั้น จึงมีการทดสอบคุณสมบัติของของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน เพื่อใช้ในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อีกด้วย

และเนื่องจากในปัจจุบันคนเราเริ่มหันมาสนใจในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น รวมไปถึงการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพด้วย อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินที่ใกล้เคียงกัน และสามารถนำสารสองชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมที่หลากหลายนั้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่ควรทำการศึกษาเพื่อให้สามารถนำคุณสมบัติของสารทั้งสองชนิดนี้มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพดังกล่าวที่ได้ผลจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน

1.2.2เพื่อศึกษาการเตรียมของผสมจากโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินในระดับห้องปฏิบัติการ

1.2.3เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของของผสมที่เตรียมได้

1.2.4เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับของผสมที่เตรียมได้ ได้แก่ ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต เจลาติน และแคลเซียมคลอไรด์ coagulation solution pH และ immersion time ที่มีผลต่อแรงฉีก(tensile strength) และความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินจากนั้นทำการเตรียมของผสมจากโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน ในระดับห้องปฏิบัติการจนได้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว นำไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ลักษณะเนื้อสัมผัสของของผสม ทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสการยอมรับ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1ทำให้ทราบข้อมูลอิทธิพลของตัวแปร กระบวนการผลิตต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็งและแรงต้านการยืดออก

1.4.2ทำให้ทราบข้อมูลทางด้านคุณภาพของของผสม อันได้แก่ ค่าการทนต่อการเคี้ยว และความสามารถในการดูดน้ำกลับเป็นแนวทางในการนำของผสมดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

โดยมีแผนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนการวิจัย	เดือนที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- ตรวจเอกสารเพิ่มเติม เตรียมอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับใช้ในงานวิจัย	↔									
- การเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี - การศึกษาคุณสมบัติของเจลาตินและโซเดียมอัลจิเนตโดยทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพของสารทั้งสองนี้		↔								
- ศึกษาการเตรียมของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน - ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของของผสมที่เตรียมได้				↔						
- ทดสอบประสาทสัมผัสการยอมรับของของผสมที่เตรียมได้ - วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง									↔	
- จัดทำรายงาน										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่ใช้ตลอดโครงการ 10 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2546 – มีนาคม 2547 และสถานที่ทำการทดลองคือ ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อัลจิเนต (Alginate)

2.1.1 บทนำ

อัลจิเนตเป็นลักษณะสำคัญประเภทหนึ่งของสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocoilliod) ทั้งหมดที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านอาหาร

การประยุกต์ใช้อัลจิเนตในอาหารสำหรับทางการค้า เป็นพื้นฐานการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) และไอออนบวก สำหรับทำให้เกิดหรือ modify food rheology โดยปกติแล้วการเกิดร่างแหของเจล จะเกิดในที่ที่มีไอออนของแคลเซียม แคลเซียมที่มีประจุบวก 2 เชื่อมโยงกับโมเลกุลของอัลจิเนตที่เป็นโพลีแอนไอออนิก (polyanionic) ทำให้สามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม

สำหรับประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยทั่วๆไปมักจะเกิดในสภาวะที่เย็น เพราะอัลจิเนตสามารถละลายได้ในน้ำเย็น การฟอร์มตัวของอัลจิเนตในแต่ละครั้ง ยังคงรักษารูปร่างและลักษณะการไหล (rheological characteristics) ของมัน ให้ผ่านกระบวนการที่มีความร้อนรวมทั้งประเภทของการรีทอร์ท (retort) จะมีผลต่อการรักษารูปร่าง ดังนั้นร่างแหของอัลจิเนต บางครั้งจะfreeze – thaw stable เป็นคุณสมบัติซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ การควบคุมการปลดปล่อยแคลเซียม ควบคุมเวลาการเกิดเจลของอัลจิเนต ซึ่งบางครั้งต้องปรับเวลาจากไม่กี่วินาทีเป็นหลายนาที และคุณสมบัติการไหล ใช้เป็นสิ่งที่กำหนดลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์อาหารให้สมบูรณ์ก่อนถูกผลิตเป็นผลิตภัณฑ์

2.1.2 การผลิต

2.1.2.1 วัตถุดิบ

อัลจิเนตได้ถูกพูดถึงเป็นครั้งแรกโดยนักเคมีชาวอังกฤษ E.C.C. Stanford ในปี ค.ศ.1881 การมีอยู่อย่างมากมายของโพลีแซคคาไรด์ ในสาหร่ายสีน้ำตาลที่มากถึง 40% เมื่ออยู่ในสภาวะที่แห้ง มันถูกกำหนดธาตุพื้นฐานลักษณะคล้ายเมือกวุ้นประกอบด้วยโซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม สตรองเทียม (Strontium) และแบเรียม (barium) เนื่องจากมันมีความสามารถในการอุ้มน้ำและเป็นเจลเหนียวนุ่ม และคงตัวคือคุณสมบัติเฉพาะ อัลจิเนตส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรม เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดผลิต alginate exocellularly และ *Azotobacter renelandii* มีค่ามากสำหรับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม แต่ในปัจจุบันธุรกิจการค้าอัลจิเนตนั้นต้องสกัดมาจากแหล่งของสาหร่ายทะเล (Phillips,2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลจิเนตเกิดขึ้นในผนังเซลล์และช่องว่างภายในเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล โมเลกุลของอัลจิเนตให้ทั้งความยืดหยุ่น (flexibility) และความแข็งแรง (strength) สำหรับพืชเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต่อสภาวะสำหรับการเจริญเติบโตในทะเล ความหลากหลายในการนำอัลจิเนตมาประยุกต์ใช้ในทางการค้า ได้มีการพัฒนามาในช่วง 50 ปีมาแล้ว คุณสมบัติทางธรรมชาติและหน้าที่ของอัลจิเนตได้รับการจำลองมาใช้ในหลายทาง

สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลต้องการน้ำสะอาดที่มีอุณหภูมิระหว่าง 4-18 องศาเซลเซียส ตั้งแต่การสังเคราะห์แสง ถูกจำกัดในสถานที่ที่มีสภาวะของแสงที่เหมาะสม จากช่วงน้ำตื้นจนถึงระดับความลึก 50 เมตร ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์

บริเวณที่มีการนำสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลมาใช้ประโยชน์ ทางอุตสาหกรรมสำหรับการผลิตอัลจิเนต แสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 การนำสาหร่ายสีน้ำตาลมาใช้ในอุตสาหกรรม

ที่มา : Protan Biopolymer A/ S ,1990

มีการนำสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล มาใช้สำหรับการผลิตอัลจิเนตในทางอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง รวมทั้ง *Laminaria hyperborea* , *Laminaria digitata* , *Laminaria japonica* , *Ascophyllum nodosum* และ *Macrocystis pyrifera* รวมทั้งสายพันธุ์อื่นของ *Laminaria* (*saccharina* และ *cloustoni*) ซึ่งใช้ได้ดีพอ ๆ กับบางสายพันธุ์ของ *Ecklonia maxima* , *Lessonia nigrescens* , *Sargassum spp.* และ *Durvillea antarctica* แต่ใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม *Lessonia* และ *Durvillea* ดูเหมือนจะมีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับนำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

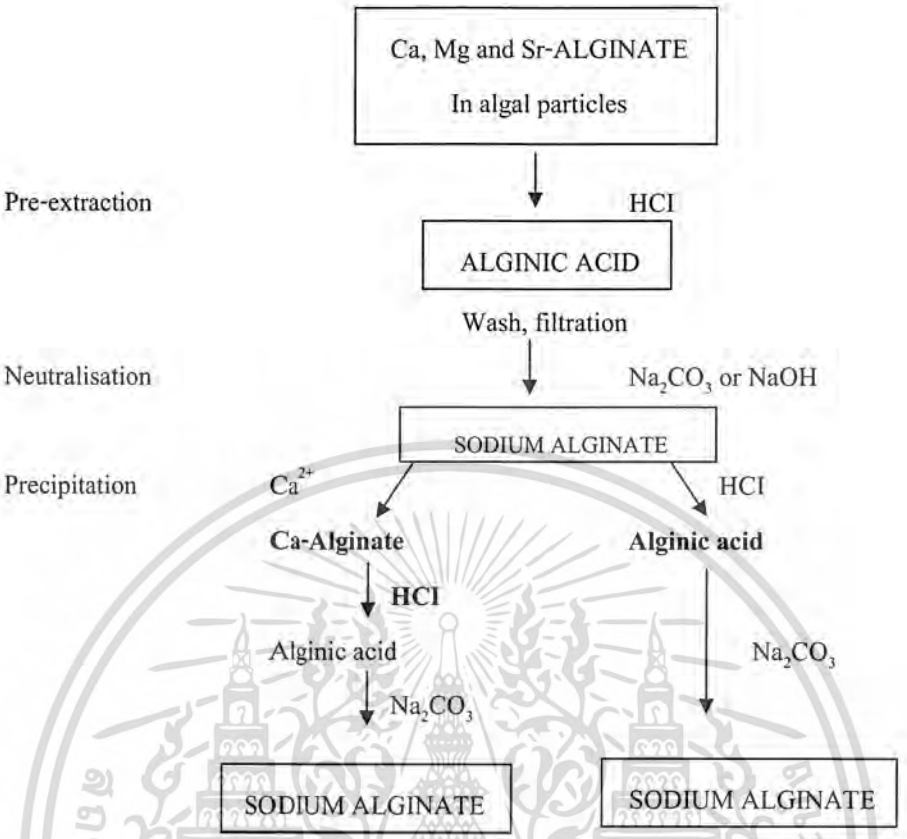
ผลิตอัลจิเนตเพิ่มมากขึ้น ประโยชน์ของอัลจิเนตเป็นเหมือนตัวทำให้เข้มข้นขึ้น (thickener) สารคงตัว (stabilizer) สารที่ใช้สร้างเจลหรือฟิล์มจะเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้อัลจิเนตชนิดไหน ด้วยเหตุนี้วัตถุดิบที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดเป็นตัวแปรสำคัญในการเลือกที่ถูกต้องที่สุดจะถูกอธิบายในส่วนทางด้านเคมี

Macrocystis pyrifera มีอัลจินประมาณร้อยละ 14-19 *Laminaria cloustoni* และ *Laminaria digitata* มีอัลจินประมาณร้อยละ 15-40 ปริมาณที่พบจะแปรผันขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่วๆไปในโลก ประเทศที่ผลิตอัลจิเนตมาก คือ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนาดา และญี่ปุ่น (นิธิยา, 2545)

แบบแผนการสกัดอัลจิเนต จากสาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบมีภาพประกอบในรูปที่ 2 เพราะว่าอัลจิเนตไม่สามารถละลายได้ถ้าอยู่ในรูปของสาหร่ายทะเล ตรงกันข้ามสารประกอบที่ได้จะเกิดจากการเปลี่ยนบรรจุไฟฟ้าที่สมดุลด้วยน้ำทะเล ขั้นตอนแรก ในการผลิตอัลจิเนต คือการแลกเปลี่ยนไอออนกับโปรตรอน โดยการสกัดเนื้อเยื่อสาหร่ายทะเลที่บดละเอียดกับกรดอนินทรีย์ 0.1 – 0.2 M ขั้นตอนที่สอง กรดอัลจินิกจะถูกนำไปละลายโดยการทำให้เป็นกลางกับด่างเช่นโซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้อยู่ในรูปของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต หลังจากผ่านขั้นตอนการแยกหลายขั้นตอน เช่น การร่อน การแยกสารให้บริสุทธิ์ การหมุนเหวี่ยง และผ่านการกรองเพื่อเอาอนุภาคของผงสาหร่ายทะเลออก โซเดียมอัลจิเนตที่สามารถละลายได้จะตกตะกอนได้อย่างฉับพลันโดยแอลกอฮอล์ แคลเซียมคลอไรด์หรือกรดอนินทรีย์ ทำให้เปลี่ยนมาเป็นรูปของโซเดียมได้ถ้าต้องการ สุดท้ายทำให้แห้งและเข้าเครื่องบด นอกจากนี้โซเดียมอัลจิเนตอื่นๆที่สามารถละลายได้จะถูกผลิตขึ้น เช่นเกลือโปแตสเซียม และเกลือแอมโมเนียม ทุกวันนี้อนุพันธ์ของอัลจิเนต เพียงอย่างเดียวที่ก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจต่าง ๆ เช่น PGA (propylene glycol alginate) ผลิตภัณฑ์นี้ผลิตโดยกระบวนการ esterification ของ alginate กับ Propylene oxide PGA ถูกใช้ในกิจการโรงเบียร์และน้ำสลัดปรุงรส เนื่องจากมันมีความสามารถในการถูกละลายได้สูงกว่าที่พีเอชต่ำ

อนึ่งการเพิ่มขยายหรือการแพร่หลายของอัลจิเนต ดังเช่น การตรึงแบบเมทริก (immobilisation matrix) ที่ไม่เคยมีมาก่อน Pronova Binmedical A/S ได้ทำอุตสาหกรรมการผลิตอัลจิเนตบริสุทธิ์คุณภาพสูง โดยเข้ากันได้กับระบบเทคโนโลยีชีวภาพของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม คุณภาพของเหล่านี้จะต่ำใน pyogens และสะดวกในการฆ่าเชื้อของสารละลายอัลจิเนต โดยการกรองเนื่องจากสารที่รวมได้มีปริมาณต่ำ (Phillips,2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

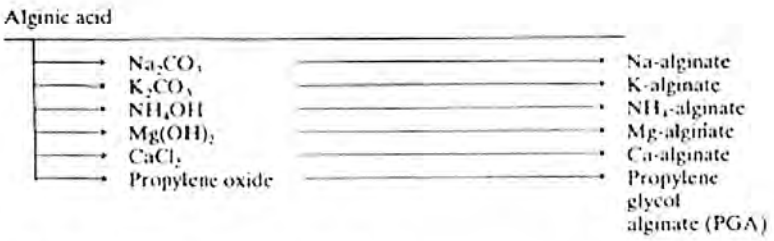


รูปที่ 2 แผนผังโครงสร้างในการแยกอัลจิเนตจากสาหร่ายทะเล
ที่มา : Phillips,2000

2.1.2.2 อัลจิเนตทางการค้า (commercial alginate)

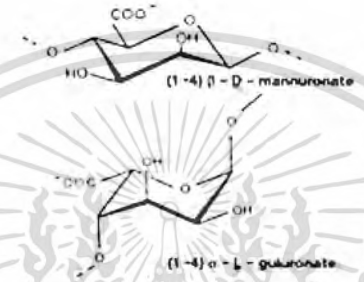
กรดอัลจินิก (alginic acid) เป็นโครงสร้างกรดอิสระของอัลจิเนต เป็นสารตัวกลางสำหรับผลิตอัลจิเนตในทางการค้า กรดอัลจินิกมีข้อจำกัดเรื่องความคงตัวเหมือนรูปร่างกรดอิสระของโพลีแซคคาไรด์ เพื่อที่จะทำให้ได้อัลจิเนตที่สามารถละลายน้ำได้อย่างคงตัว กรดอัลจินิกจะเปลี่ยนรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของอัลจิเนตทางการค้า โดยการรวมตัวกันกับเกลือชนิดต่างๆ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



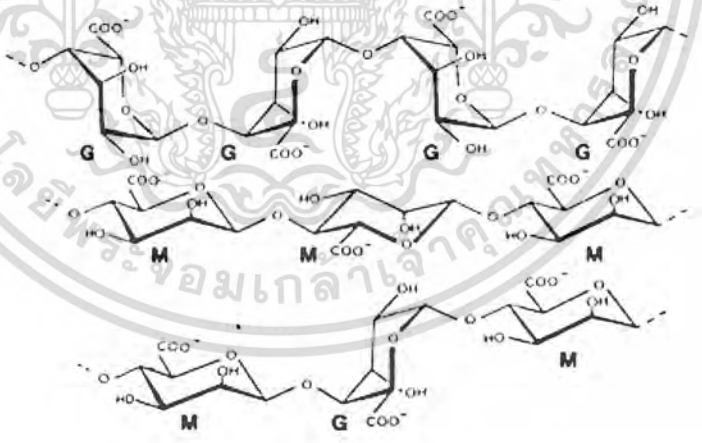
รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากกรดอัลจินิก

ที่มา : Imeson A. ,1992



รูปที่ 4 หน่วยโมโนเมอร์ของอัลจิเนต

ที่มา : Imeson A. ,1992



รูปที่ 5 ชนิดของ block ในอัลจิเนต รูปบน: G-blocks รูปกลาง: M-blocks รูปล่าง: MG-blocks

ที่มา : Imeson A. ,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมี (chemical composition)

2.1.3.1 โครงสร้างทั่วไป

อัลจิเนตเป็นโพลีเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง มีความสามารถในการยืดหยุ่น และ เหนียวหนืด (stiffness)เป็นเกลือของกรดอัลจินิกที่มีระดับของการโพลีเมอร์ไรซ์เซชั่น (degreeof polymerization) อยู่ในช่วง 100-3,000 สอดคล้องกับมวลโมเลกุลซึ่งมีอยู่ในช่วง 20,000-600,000 หน่วยโครงสร้าง (building block) ของกรดอัลจินิก คือ กรดน้ำตาล (sugar acid) ß- D-mannuronic acid (M) และ œ - L- guluronic acid (G) ซึ่งเป็น C-5 epimer จับกันเพื่อเกิดเป็นโมเลกุลสายตรงด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic) รูปร่างของโมเลกุลแสดงในรูปที่ 4 ถึง 5

2.1.3.2 ปริมาณน้ำหนักโมเลกุล

อัลจิเนตโดยทั่วไปชอบรวมตัวเป็นโพลีแซคคาไรด์ หรือแตกกระจายด้วยความสัมพันธ์กับมวลโมเลกุล ลักษณะเช่นนี้เหมือนกับการสังเคราะห์โพลีเมอร์มากกว่าโพลีเมอร์ทางชีวภาพ เช่น โปรตีนและกรดนิวคลีอิก มันมาจากมูลเหตุสองประการที่แตกต่างกันคือ (a) โพลีแซคคาไรด์ไม่มีรหัส DNA ของสิ่งที่มีชีวิต แต่มันอาจทำการสังเคราะห์โดยเอนไซม์โพลีเมอร์เรส (Polymerase enzyme)และ(b)ในระหว่างการสกัดมีการเกิดdepolymerisation ของโพลีเมอร์จำนวนมาก เนื่องจากการแตกกระจายของมวลโมเลกุลของอัลจิเนตที่เหมาะสม โดยเฉลี่ยจะมากกว่าการกระจายทั้งหมดของมวลโมเลกุล

มีอีกหลายวิธีสำหรับการหาค่าเฉลี่ยของมวลโมเลกุล สองวิธีง่าย ๆ คือ จำนวนเฉลี่ย (number-average) ของ M_n (ซึ่งมวลโมเลกุลของโพลีเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนของโมเลกุลในจำนวนทั้งหมดที่มีคุณสมบัติมวลโมเลกุลเฉพาะ) และน้ำหนักเฉลี่ย (weight-average) M_w(ซึ่งมวลโมเลกุลของโพลีเมอร์ในจำนวนทั้งหมดขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลในจำนวน ทั้งหมดที่มีคุณสมบัติมวลโมเลกุลเฉพาะ) เศษส่วน M_w/M_n เรียกว่า polydispersity index (P.I.) A.P.I. น้อยกว่า 2 บอกเป็นนัยว่าการทำให้เป็นเศษส่วนบางส่วนเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต การตกตะกอน การละลาย การกรอง การชะล้าง หรือกระบวนการแยกตัวอื่น ๆ อาจเป็นมูลเหตุให้เกิดการสูญเสียการกระจายมวลโมเลกุลที่ไม่ต้องการมาก หรือน้อย A.P.I. มากกว่า 2 แสดงว่าการกระจายตัวมาก การกระตุ้นส่วนผสมนี้ของการผลิตทำให้ความแตกต่างของมวลโมเลกุล เพื่อได้รับค่าเฉลี่ยมวลโมเลกุลของตัวอย่างที่แน่นอน (ความหนืด) หรือเกิดการเสื่อมลงของโพลีเมอร์แบบไม่สุ่ม จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตหรือในวัตถุดิบก่อนการสกัด การผสม (mixing) หรือของผสมที่ละเอียดมากเป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับอัลจิเนต (และโดยทั่วไปรวมตัวกันเป็นโพลีแซคคาไรด์) ผู้ผลิตต้องการความเหนียวหนืดเป็นเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ในกรณีสุดท้าย มีความหมายว่า ในความเป็นจริงไม่มีโมเลกุลในส่วนผสม อัลจิเนตมีค่าเฉลี่ยมวลโมเลกุลที่ได้รับจากการทดลองความเหนียวหนืดมีเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าและต่ำกว่า การกระจายมวลโมเลกุลมีความเกี่ยวข้องสำหรับการใช้อัลจิเนต เช่นมวลโมเลกุลที่ต่ำจะแตกตัวออกไปเหลือเพียงส่วน G-block ที่สั้นๆเท่านั้น บางทีอาจไม่จับส่วนใดในระบบเครือข่ายของเจล และอาจไม่มีส่วนช่วยให้เจลแข็งแรง เช่นเดียวกันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระดับสูง ปริมาณการรั่วซึมของ manuronate– rich ที่เล็กน้อยจากเจลของอัลจิเนต อาจจะเป็นมูลเหตุของปัญหาและการกระจายตัวของมวลโมเลกุลที่อยู่ในช่วงจำกัดซึ่งจะเป็นประโยชน์ (Phillips,2000)

2.1.3.3 คอนฟิกุเรชัน (configuration)

แสดงเป็น monomeric M-และG-residue ในอัลจิเนตอยู่ด้วยกันในส่วนของhomopolymeric M-blocks (MMMMM) และ G-blocks (GGGGG) หรือ heteropolymeric blocks of alternating M และ G (MGMGMG) ในสายโพลีเมอร์นี้จะหันด้านโครงสร้างที่มีพลังงานเข้าหากัน สำหรับ G-G มันจะจับกันแบบ $^{1}C_{4}$ รูปเก้าอี้ด้วยพันธะ ß –(1,4) glycosidic กลุ่มคาร์บอกซิลิกที่มีอยู่อย่างระเกะระกะจะตอบสนองต่อพันธะไกลโคซิดิกแบบ equatorial /equatorial ใน M-M และพันธะไกลโคซิดิก แบบ axial/axial ใน G-G และพันธะไกลโคซิดิก แบบ equatorial/ axial ใน M-G ลำดับของการเรียงตัวของเส้นสายเหล่านี้จะระเกะระกะและเป็นโพลีเมอร์ที่แข็งใน G – block และใน M-blockจะเป็นสายโพลีเมอร์ที่คล้ายริบบิ้นคือยืดหยุ่นได้ ส่วน MG-block จะเป็นเส้นสายที่กึ่งแข็ง

2.1.3.4 การสังเคราะห์อัลจิเนตทางชีวภาพ

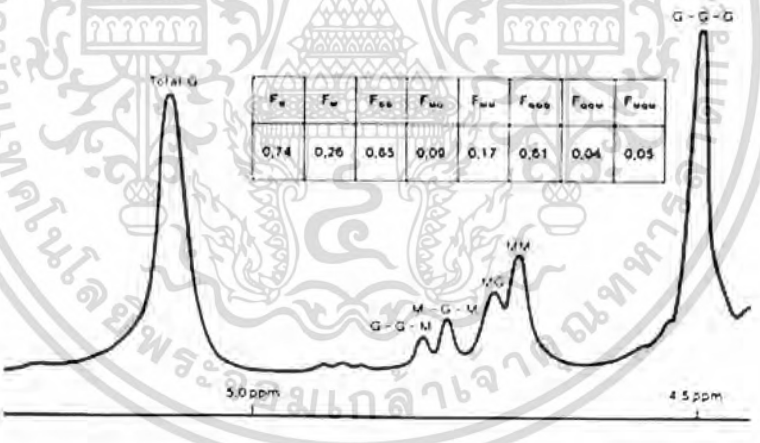
การจำแนกหน่วยโครงสร้างของอัลจิเนต ถูกทำให้แน่นอนโดยการสังเคราะห์โพลีเมอร์ทางชีวภาพในสาหร่ายทะเล และภายหลังทางด้านพันธุกรรมของสาหร่ายทะเลและการควบคุมทางสิ่งแวดล้อม วิถีสำหรับการสังเคราะห์อัลจิเนตทางชีวภาพในyieldsของสาหร่ายทะเล polymannuronate คือ โฮโมโพลีเมอร์ (homopolymer) ของ M จะเป็นสารตัวกลางที่มีความจำเป็น หลังจากนั้น เอนไซม์อิพิเมอร์เรส (epimerase)จะทำปฏิกิริยาต่อโพลีเมอร์ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอิพิเมอร์จาก M เป็น G ในบริเวณที่แน่นอนของโพลีเมอร์ หลักที่สำคัญการเปลี่ยนแปลงจาก M เป็น G จะสมบูรณ์มากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเนื้อเยื่อของพืชแก่มากขึ้นในลำต้นของ *L. hyperborea* เช่น จะพบประสิทธิภาพการเกิดเจลของอัลจิเนตที่เป็นเจลสูงที่สุด บริเวณลำต้นที่มีเซลล์เนื้อเยื่อที่แก่แล้ว ดังนั้นปริมาณของ G จะสูงและความยาวของ G block มากในทางตรงกันข้ามส่วนใบจะควบคุมเนื้อเยื่อที่เพิ่งเริ่มผลิ เพราะฉะนั้นจะมีปริมาณ Gน้อยช่วงต้นของฤดูการเจริญของ *L. hyperborea* จะมีใบ 2 ชั้น ก่อนที่ใบเก่าๆจะหลุดร่วงไป

โดยทั่วไปปริมาณของ α - L – guluronic acid จำนวนมากในอัลจิเนต นำมาจากส่วนแก่ของพืชชื่อ *Laminaria hyperborea.* อัลจิเนตจาก *A nodosum, L. Japonica* และ *Macrocytis pyrifera* มีลักษณะจำเพาะคือมีความจุของ G-blocks ต่ำและมีเมืองแข็งช้า มันน่าสนใจที่เห็นลักษณะธาตุแท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถ tailor – make alginate ให้ความแข็งแรงที่แตกต่างและต้องการความเหนียวที่ต่างกันของต้นอ่อนและเนื้อเยื่อ (Phillips,2000)

อัลจิเนต สามารถแยกตัวออกจากแบคทีเรีย ซึ่งมี manuronate อยู่กว่า 100% Alginate ที่เป็นบักเตรีถือว่าเป็น acetylated ชนิดหนึ่ง อัลจิเนตที่มีกรด guluronic อยู่มากสามารถหาได้จากเนื้อเยื่อสาหร่ายทะเลชนิดพิเศษ เช่น คอร์เท็ก (cortex) ชั้นนอกส่วนแก่ของ *L. hyperborea* (ดูตารางที่ 2) โดยการสกัดทางเคมีหรือกระบวนการทางเอนไซม์เปลี่ยนแปลง in vitro โดยใช้ mannuronan C-5 epimerases จาก *A. vinelandii* ตระกูลของเอนไซม์นี้สามารถ epimerise M-unit กลายเป็น G-unit ในรูปแบบที่แตกต่างกันโดยจะสลับปรับเปลี่ยนอย่างแม่นยำเป็นกลุ่ม G-block สายยาวมาก เอนไซม์อิพิเมอร์เรส (epimerases) จาก *A vinecandii* เกิดอย่างแม่นยำและรวดเร็ว พวกมันแสดงออกถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือจัดการสำหรับการทำงานของอัลจิเนต ทำให้มองเห็นได้ชัดว่าธุรกิจการค้าของอัลจิเนตสนับสนุนmolecular heterogeneityน้อยสุด สนับสนุนการใช้ส่วนประกอบทางเคมีและลำดับ สามารถเผยแพร่โดยการปฏิบัติกับส่วนหนึ่งของ G-epimerases (Phillips,2000)



รูปที่ 6 สเปกตรัม ^{1}H nmr (400 MHz)ของอัลจิเนต (stipe of *Laminaria hyperborea*)
ที่มา : Grasdalen , 1983

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.5 การวิเคราะห์หน่วยโครงสร้าง (block structure analysis)

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีของอัลจิเนตได้มาโดย nmr (nuclear magnetic resonance) spectroscopy รูปที่ 6 และตารางที่ 1 แสดงผลของความถี่ 3 ค่าและค่าเฉลี่ยโครงสร้างความยาวของหน่วยมาตรฐาน

ยิ่งกว่านั้นมีรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้าง กลายเป็นสิ่งที่มีประโยชน์เหมาะสมในการที่ช่วยแนะนำในการตัดสินใจอย่างมาก ^{1}H และ ^{13}C NMR – Spectroscopy ในการวิเคราะห์ลำดับของอัลจิเนตเทคนิคที่มีประสิทธิภาพนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ตัดสินใจ จำนวนครั้งที่เกิด F_M และ F_G เกิดติดต่อกัน 4 ครั้ง(diad) F_{GG}, F_{MG}, F_{GM}, F_{MM} และเกิดต่อเนื่องใกล้ ๆ กัน 8 ครั้ง(triad) การปฏิบัติทำให้ทราบจำนวนครั้งที่เกิด ยกตัวอย่าง การคำนวณค่าเฉลี่ยความยาวของ G-block ที่มีความยาวมากกว่า $1:N_G>1 = (F_G-F_{MGM}) / F_{GGM}$ ค่านี้แสดงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันกับคุณสมบัติการเกิดเจลมันมีลักษณะสำคัญที่แท้จริงในจำนวนเส้นสายของอัลจิเนตไม่ใช่ทั้งส่วนประกอบและลำดับของแต่ละเส้นสายจะคล้ายคลึง บทความนี้ได้รับการเชื่อมั่นและแพร่หลายในวงกว้าง (Phillips,2000)

ตารางที่ 2 ให้ค่าการวัดตามลำดับ (คำนวณโดย high field NMR-Spectroscopy) สำหรับตัวอย่างอัลจิเนตเหล่านี้ ส่วนประกอบและโครงสร้างอาจจะต่อเนื่องกัน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงจะสอดคล้องกับฤดูกาลและเงื่อนไขการเจริญเติบโต (Phillips,2000)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างขององค์ประกอบของสาหร่ายชนิดต่างๆ

Algae	M/G	%M	%G	%MM	%MG + GM	%GG	Na-alginate content (%) Raw	Dried
Laminaria hyperborea (stem)	0.45	30	70	18	24	58	3.0 – 3.8	25 – 27
Laminaria hyperborea (leaf)	1.20	55	45	30	38	26	2.8 – 3.8	15 – 25
Laminaria digitata	1.20	55	45	39	32	29	4	20 – 26
Ecklonia maxima	1.20	55	45	35	34	28		40
Macrocystis pyrifera	1.50	60	40	40	40	20		26
Lessonia nigrescens	1.50	60	40	45	34	23		35
Ascophyllum nodosum	1.85	65	35	56	18	26	6 – 8	26 – 28
Laminaria japonica	1.85	65	35	48	34	18		25
Durvillea antarctica	2.45	71	29	58	26	16		46
Durvillea potatorum	3.35	77	23	69	16	15		53

ที่มา : Protan Biopolymer A/ S ,1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบและค่าพารามีเตอร์ต่างๆของอัลจิเนตที่ได้จากสาหร่าย

Source	F_G	F_M	F_{GG}	F_{MM}	$F_{GM,MG}$
Laminaria japonica	0.35	0.65	0.18	0.48	0.17
L. digitata	0.41	0.59	0.25	0.43	0.16
L. hyperborea, leaf	0.55	0.45	0.38	0.28	0.17
L. hyperborea, stipe	0.68	0.32	0.56	0.20	0.12
L. hyperborea, outer cortex	0.75	0.25	0.66	0.16	0.09
Lessonia nigrescens	0.38	0.62	0.19	0.43	0.19
Ecklonia maxima	0.45	0.55	0.22	0.32	0.32
Macrocystis pyrifera	0.39	0.61	0.16	0.38	0.23
Durvillea antarctica	0.29	0.71	0.15	0.57	0.14
Ascophyllum nodosum, fruiting body	0.10	0.90	0.04	0.84	0.06
Ascophyllum nodosum, old tissue	0.36	0.64	0.16	0.44	0.20

ที่มา : Phillips,2000

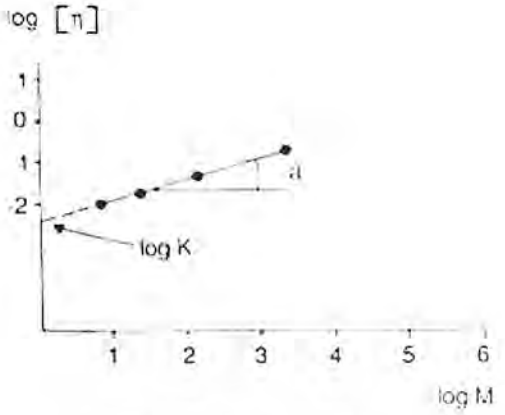
2.1.4 คุณสมบัติ

2.1.4.1 ความหนืด

เมื่อนำเกลือที่ละลายน้ำได้ของกรดอัลจินิกมาละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะเกิดความหนืด ความหนืดจะถูกกำหนดโดยความยาวของโมเลกุลของอัลจิเนตด้วย อัลจิเนตที่พบในทางการค้า (Mark Houwink) ที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดตามธรรมชาติ (intrinsic viscosity) และมวลโมเลกุล (รูปที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



$$[\eta] = K \cdot M^{a}$$

รูปที่ 7 สมการของ Staudinger (Mark Houwink) จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดภายในโมเลกุล $[\eta]$ และน้ำหนักโมเลกุล (M)

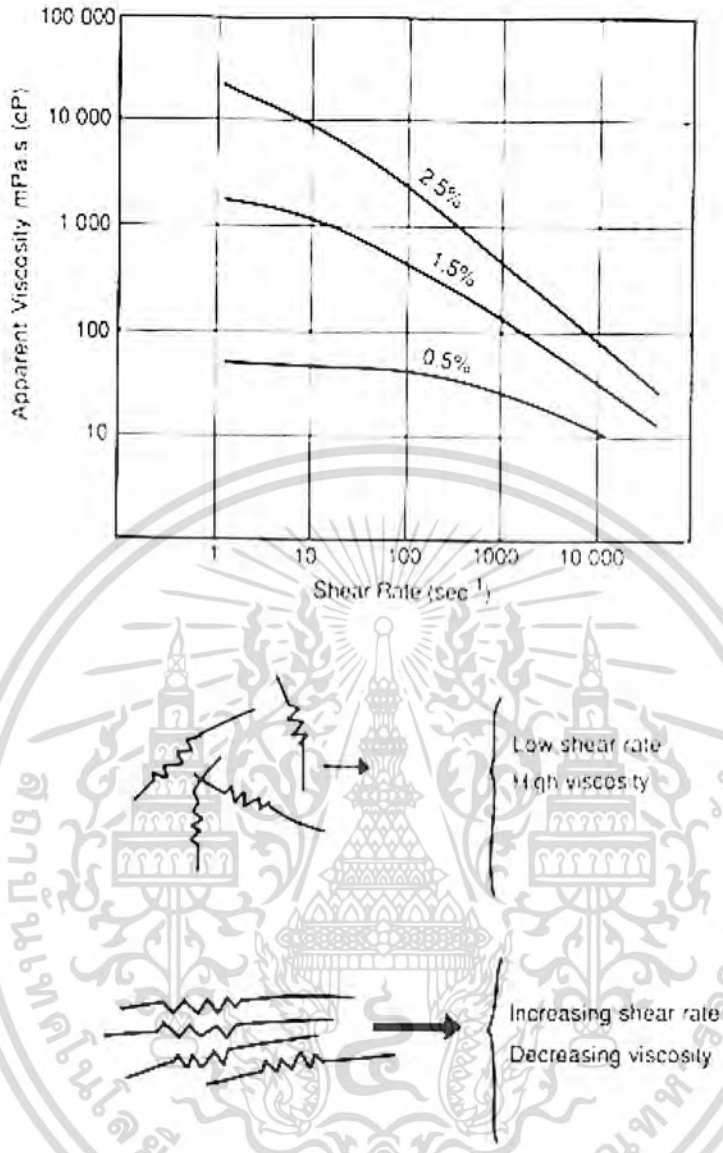
ที่มา : Imeson A. ,1992

อัลจิเนตที่ละลายน้ำ เรียกว่า shear thinning หรือคุณสมบัติของพลาสติกเทียม (pseudoplastic) สิ่งเหล่านี้เป็นผลที่ตามมาของ ความยาว และความแข็งแรง (stiffness) ของโมเลกุลของอัลจิเนตในสารละลาย เช่น สารละลายที่เก็บภายใต้สภาวะที่มีอัตราแรงเฉือน (shear rate)ต่ำ ดังนั้นช่วงระหว่างการเก็บอยู่บนชั้น หรือภายใต้การควนที่ต่ำมากๆ โมเลกุลของอัลจิเนตที่แตกต่างกันจะถูกทำให้ตรงอย่างสุ่มแบบมากขึ้นหรือน้อยลง โดยการเพิ่มอัตราแรงเฉือนขึ้น อย่างไรก็ตาม โมเลกุลของอัลจิเนตจะสามารถจัดเรียงตัวได้เองในรูปแบบของลักษณะเส้นขนานกันมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 และมีการอธิบายลักษณะ shear thinning ของสารละลายอัลจิเนต

ได้มีการพบว่าความหนืดเป็นเป้าหมายสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง ทางเลือกคือ ผลิตจากเกรดของอัลจิเนตที่มีความหนืดแตกต่างกัน ในอีกทางหนึ่งความเข้มข้นของอัลจิเนตสามารถปรับเพื่อให้มีระดับคุณสมบัติการไหลที่เหมาะสม ตารางที่ 3 แสดงช่วงความหนืดที่ความเข้มข้นต่างกันของอัลจิเนต

เพื่อที่จะเพิ่มความหนืดที่ความเข้มข้นของอัลจิเนตต่ำๆ บางครั้งมีการเพิ่มเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ปริมาณเล็กน้อย เช่น แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมทาร์เทรต หรือ แคลเซียมซิเตรต ไอออนของแคลเซียมจะทำปฏิกิริยากับอัลจิเนตโดยมีการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ดังนั้นมวลโมเลกุลและความหนืดจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำออกแสดงต่อสาธารณชน ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58543



รูปที่ 8 กราฟของความหนืดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นสำหรับสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่มีความหนืดปานกลาง

ที่มา : Cottrell and Kovacs,1980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ความหนืดของอัลจิเนต (mPas) เครื่องวัดความหนืด Brookfield แบบ RVT ที่ 20 r.p.m. อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

	Alginate viscosity grade			
Concentration (%)	Low	Medium	High	Very high
0.25	9	15	21	27
0.5	17	41	75	110
0.75	33	93	245	355
1.0	58	230	540	800
1.5	160	810	1950	3550
2.0	375	2100	5200	8750

ที่มา : Imeson A. ,1992

กล่าวโดยทั่วไป มีอยู่สามค่าที่เป็นสาระสำคัญซึ่งกำหนดและจำกัดการละลายของอัลจิเนตในน้ำ พีเอชของตัวทำละลายเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากเป็นสิ่งจำเป็นทำให้เกิดประจุไฟฟ้าใน uronic acid residues ความแข็งแรงของไอออนิกที่มีระดับปานกลางจะมีบทบาทสำคัญ (ผลกระทบของ salting-out ของไอออนบวกที่ทำให้ไม่เกิดเจล) และเห็นได้ว่าในคำอธิบายเรื่องของไอออนที่ทำให้เกิดเจล ในฐานะเป็นตัวทำละลายที่จำกัดความสามารถในการละลายได้ของอัลจิเนต ในเรื่องต่อมา " ความกระด้าง " ของน้ำ (เช่น ปริมาณความจุของ ไอออนของ Ca^{2+}) ดูเหมือนว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุด

การวัดปริมาณของธาตุด้วยเครื่องวัดระดับไฟฟ้า (potentiometric titration) ทำให้พบว่าค่าคงที่ของการแยกออกสำหรับกรด manuronic และ guluronic คือ 3.38 และ 3.65 ตามลำดับ ค่า pKa ของโพลีเมอร์ของอัลจิเนตแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเมื่อดูจาก manuronic residues สารละลายของอัลจิเนตสามารถกระทำตัวได้ 2 ทางที่แตกต่างกัน เมื่อพีเอชในสารละลายถูกทำให้ต่ำลง การลดพีเอชลงอย่างฉับพลันเป็นสาเหตุให้โมเลกุลของกรดอัลจินิกตกตะกอน ในขณะที่มีการควบคุมการปล่อยโปรตอนช้าๆเป็นผลให้เกิดการสร้างเจลของกรดอัลจินิก " alginic acid gel " การตกตะกอนโมเลกุลของกรดอัลจินิก ทำให้เกิดการศึกษาอย่างแพร่หลายและผนวกกับลักษณะการเพิ่มกรดในการละลายอัลจิเนต นำไปสู่การตกตะกอน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชในช่วงแคบๆ ช่วงของพีเอชนี้ขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของอัลจิเนต แต่จะจำกัดบนองค์ประกอบทางเคมีและลำดับของมัน ดังตัวอย่างจะพบว่าอัลจิเนต ที่มีการสลับโครงสร้าง (MG-blocks) มาก ๆ จะตกตะกอนที่ค่าพีเอชต่ำๆมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัลจิเนตที่มีคุณสมบัติองค์ประกอบ homogeneous block มากว่า (poly-M และ Poly-G) การปรากฏของกลุ่ม homopolymeric blocks เช่นนี้ดูเหมือนว่าจะชอบการตกตะกอน โดยมีลักษณะของบริเวณตกผลึกที่คงที่โดยการยึดเหนี่ยวของพันธะไฮโดรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยบางครั้งการเพิ่มระดับของ "ความไม่เป็นระเบียบ" ในเส้นสายของอัลจิเนต ดังเช่น อัลจิเนตที่ถูกแยกออกมาจาก *Ascophyllum nodosum* (ดูตารางที่ 2) การตกผลึกนี้ไม่สามารถเกิดเป็นรูปร่างได้ง่ายๆ อัลจิเนตส่วนน้อยจาก *A. nodosum* จะละลายได้ที่พีเอชทุกค่าจนถึงพีเอช 1.4 กล่าวถึงกระบวนการดังกล่าว เช่น Propylene glycol alginate (PGA) เป็นวิธีการประยุกต์ใช้กับตัวทำให้อาหารมีความเสถียรภายใต้สภาวะของกรด

เนื่องจากอัลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์ จึงมีสมบัติการละลายได้ในน้ำแตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนียม และโพรพิลีนไกลคอลเอสเทอร์ เช่น โพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต ซึ่งสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาของกรดอัลจินิกกับโพรพิลีนออกไซด์ทำให้เกิดเอสเทอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลประมาณ 50-85 เปอร์เซ็นต์ อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้น มวลโมเลกุลของโพลีเมอร์อัลจิเนตและการมีโลหะประจุบวก สำหรับพีเอชช่วง 4-10 จะไม่มีผลต่อสารละลายอัลจิเนต แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า4 จะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการกระจายตัวลดลงและอาจมีการตกตะกอนของกรดอัลจิเนตด้วย

โพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนตจะคงตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด และโลหะประจุบวกที่มีวาเลนซี่สูง เช่น แคลเซียมไอออนและโปรตีน ทำให้สามารถเติมโพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนตลงในผลิตภัณฑ์นมได้ แต่ถ้ามีแคลเซียมไอออนและโลหะประจุบวกอื่นๆผสมอยู่ด้วยในปริมาณที่มากพออาจทำให้เกิดเจลได้และอัลจิเนตทำให้เป็นฟิล์มได้ นอกจากนี้การที่โมเลกุลของโพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต แอลจิเนตมีหมู่โพรพิลีนไกลคอลเป็นไฮโดรโฟบิกจึงมีสมบัติทำให้เกิดโฟมได้และเป็นอิมัลซิฟายอิงเอเจนต์ ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ (นิธิยา ,2545)

โดยทั่วๆไป การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกรดไอออนิกในสารละลายอัลจิเนตก่อให้เกิดผลอย่างมากกับพฤติกรรมของโพลีเมอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายโซ่โพลีเมอร์ที่ต่อเนื่องและดังนั้นมีผลต่อความหนืดของสารละลายด้วยที่ความแรงของไอออนิกสูง ๆ รวมทั้งมีผลต่อความสามารถในการละลายได้ซึ่งจะถูกกระทบด้วยเหมือนกัน อัลจิเนตอาจจะถูกตกตะกอนและถูกแยกออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้การตกตะกอนสมบูรณ์ขึ้นใน mannuronate residues โดยเพิ่มระดับความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) ผลของ satting-out แบบเดียวกันนี้แสดงจำนวน hysteresis ขนาดใหญ่ในความเข้มข้นของเกลือที่น้อยกว่า 0.1M เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ kinetic ของกระบวนการแตกตัวให้ช้า ๆ ลง และดังนั้นจะถูกจำกัดความสามารถในการถูกละลายได้ด้วย การผลักดันขบวนการแตกตัวของอัลจิเนตในน้ำซึ่งเป็นไปได้มากที่จะลดสภาวะทางเคมีของน้ำระหว่างตัวทำละลายส่วนใหญ่ และตัวทำละลายในอนุภาคของอัลจิเนตเกิดขึ้นจากระดับความเข้มข้นของ counter-ion ในอนุภาคสูงมาก แรงกระตุ้นลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลจิเนตได้ถูกทดลองละลายในน้ำที่มีไอออนอยู่ ถ้าอัลจิเนตถูกประยุกต์ใช้ในที่ ๆ มีความเข้มข้นของเกลือสูง ตอนแรกโพลีเมอร์อาจรวมตัวกับน้ำบริสุทธิ์ต่อเนื่องด้วยการเพิ่มของเกลือภายใต้แรงเฉือน

สำหรับคุณสมบัติการพองตัวของผงอัลจิเนต แห้งใน aqueous media ที่มีระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} แตกต่างกันนั้นดูเหมือนว่าเกิดความเข้มข้นของไอออนแคลเซียมอิสระจะจำกัดที่ประมาณ 3mM (ผลไม่เป็นทางการ) ค่าความเข้มข้นของ Ca^{2+} ต่ำกว่า 3mM เกือบจะทั้งหมดของอัลจิเนตจะพบว่าลอยอยู่บนผิว (supernatant) ในทางตรงกันข้ามเกือบจะไม่มี อัลจิเนต (1-3%) ที่พบในสารละลายที่มีเข้มข้นเข้มข้นของ Ca^{2+} อิสระมากกว่า 3mM ข้อจำกัดนี้ไม่เป็นจริงเสมอไปขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอัลจิเนต กับกฎเกณฑ์ภายใต้การพิจารณาเรื่องการพองตัวของผงอัลจิเนตแห้งอัลจิเนตสามารถละลายได้ดีที่เข้มข้นเข้มข้นของ Ca^{2+} สูงกว่า 3mM รวมกับสารประกอบเชิงซ้อนเช่นโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) หรือซิเตรต ก่อนที่จะเพิ่มผงอัลจิเนตลงไป (Phillips,2000)

2.1.4.2 การเลือกจับประจุ (Selective binding of ions)

คุณสมบัติเกี่ยวกับการจับกับไอออนของอัลจิเนต แสดงถึงคุณสมบัติพื้นฐานของการเกิดเจลของอัลจิเนตแสดงลักษณะพิเศษจำเพาะที่เกี่ยวกับการจับกับไอออน คุณสมบัติเฉพาะในความสัมพันธ์อันแนบแน่นของพวกมันที่หลายๆ วาเลนซี่ขึ้นกับองค์ประกอบของมัน ลักษณะพิเศษของแรงดึงดูดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของ polyguluronate; polymannuronate เกือบจะไม่มีการเลือกเฟ้น แรงดึงดูดของอัลจิเนตระหว่างโลหะที่เป็นด่างจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ $Mg << Ca < Sr < Ba$; คุณสมบัติเฉพาะที่เป็นเอกของอัลจิเนต เปรียบเทียบกับกลุ่มของธาตุทางขั้วบวก (polyanion) เพียงอันเดียวที่เหมือนอัลจิเนต ในแบบอย่างนี้คือ กรดเพคติก (pectic acid) ซึ่งความสัมพันธ์นี้เป็นไปตามแผน $Mg << Ca , Sr < Ba$ การทดลองนี้เกี่ยวโยงกับความสมดุลของ dialysisของอัลจิเนต มันเป็นการพบสิ่งใหม่ที่คัดเลือกมาสำหรับโลหะที่มีค่าเป็นด่าง และการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุเพิ่มขึ้นอย่างน่าสนใจ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของ α-L-guluronate residues ในสายโซ่และกลุ่ม polymannuronate และกลุ่มอื่น ๆ ที่เกือบไม่มีการคัดเลือก

การคัดเลือกอย่างมากระหว่างไอออน ที่คล้ายคลึงกันของโลหะที่เป็นด่างแสดงรูปแบบของการจับกันโดยไม่มีการทำปฏิกิริยาทางไฟฟ้าสถิตที่จำเพาะเจาะจงเท่านั้น แต่บางส่วนของสาเหตุการรวมตัวกัน (chelation caused) ด้วยโครงสร้างที่เป็นลักษณะจำเพาะใน G-Block ที่มีการคัดเลือกที่เชื่อถือได้ คุณสมบัติพิเศษของธาตุเหล่านี้อธิบายโดยสิ่งที่เรียกกันว่าแบบ “egg-box” ที่พื้นฐานมาจากการเชื่อมสิ่งที่เหมือนกันของส่วนที่เหลือของ guluronate แม้ว่าความแม่นยำของ steric มีการจัดลำดับโดยมีผู้เสนอ โดยวิธีการ x-ray diffraction และ NMR spectroscopy รูปแบบ “egg-box”ไม่สลับซับซ้อนมีการสกัดที่ต่อเนื่อง บางทีความสัมพันธ์ของมันเหมือนแรงส่ง

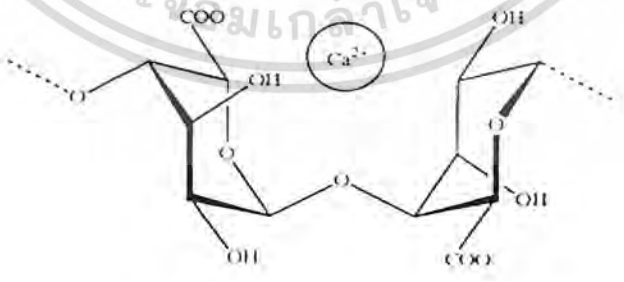
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ประสานสัมผัสเข้าใจในลักษณะพิเศษจำเพาะของ chelate-type ion-binding ธาตุแท้ของอัลจิเนต การdimerisation อย่างง่าย ๆ ในแบบของ "egg-box" เป็นอย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาสถานะอย่างละเอียดส่วนหนึ่งของฐานข้อมูลจากการแผ่กระจายของรังสี x เป็นมุมเล็ก ๆ บนเจลของอัลจิเนต ทำให้ด้านข้างที่ติดกับส่วนที่อยู่ห่างออกไปเป็นpure dimerisation กับการเพิ่มขึ้นของ [ca^{2l}] และ G-content ของอัลจิเนต และส่วนหนึ่งที่ผ่านการสังเคราะห์และการสกัด G-Block (รวมถึงส่วนที่ขาดไป ยืดหยุ่นได้ : สัญลักษณ์ DP = 20) สามารถปรับตัวให้เกิดเป็นเจลเมื่อมีการผสมกับสารอัลจิเนตที่ทำให้เกิดเจล (Phillips,2000)

2.1.4.3 การเกิดเจล (Gelation)

คุณสมบัติหลักที่เกิดขึ้นจากผลของการจำแนกหน่วยโครงสร้าง คือ ความสามารถของอัลจิเนตเพื่อการเกิดเจล ประโยชน์ของอัลจิเนตที่เกิดเป็นเจล คือ ความสามารถเพื่อเกิดเป็น heat –stable gels ซึ่งสามารถเกิดที่อุณหภูมิห้อง การนำไปใช้ทางด้านอาหารส่วนมากเกิดเจลกับไอออนแคลเซียมซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามที่พีเอชเป็นกรดอ่อนๆ เช่น ผลไม้และแยมเจลอัลจิเนตจะเป็นเจลประเภทกรดหรือถูกรวมกับแคลเซียม/เจลกรด(calcium / acid gel) อธิบายด้านล่าง

ในกรณีที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเพื่อการเกิดเจล อัลจิเนตจะมีสัดส่วนของ guluronic acid ที่แน่นอนและ guluronic acid monomers มักเกิดขึ้นในลำดับบริเวณของ polyguluronic acid ในโมเลกุลของอัลจิเนต 1 โมเลกุลจะถูกเชื่อมต่อกับโมเลกุลของอัลจิเนตโมเลกุลอื่นในบริเวณเดียวกันโดยวิธีการของแคลเซียม ประสิทธิภาพของการเกิดเจลและผลของความแข็งแรงของเจลที่เกิดขึ้น ได้รับมาจากการที่อัลจิเนตมีการเชื่อมติดกันใกล้มากเพื่อเกิดปริมาณและค่าเฉลี่ยความยาวของ G-block ปริมาณและความยาวของ G-blocks ที่มาก จะให้อัลจิเนตที่มีแคลเซียมที่ไวต่อปฏิกิริยาสูงสุดและเกิดเจลที่มีความแข็งแรงมากสุด

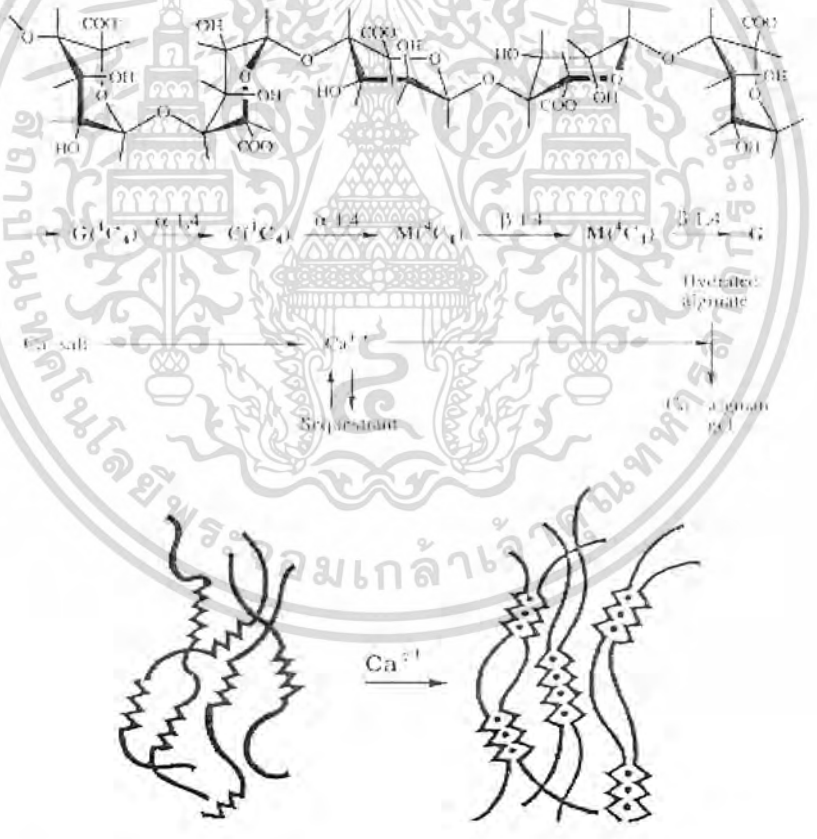


รูปที่ 9 องค์ประกอบของไอออนแคลเซียมระหว่างไดเมอร์ของ guluronic acid
ที่มา : Imeson A. ,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอออนของแคลเซียมที่มีประจุบวกสอง (Ca^{2+}) จะพอดีกับโครงสร้าง guluronic acid ที่มีโครงสร้างเหมือนไข่กับถาดใส่ไข่ แสดงในรูปที่ 9 และ 10 (Grant *et al.*,1973) สิ่งนี้ทำให้เห็นภาพเหมือน molecular cross-linking glue การจับกันของสายโพลีเมอร์ของอัลจิเนตโดยการเกิดบริเวณเชื่อมต่อ (junction zone) นำไปสู่การเกิดเจลของสารละลายอัลจิเนต เจลของอัลจิเนตสามารถพิจารณาได้เป็นสภาวะส่วนของแข็งและส่วนของเหลว junction zone แสดงภาวะของแข็ง หลังจากการเกิดเจลโมเลกุลของน้ำจะถูกจับแบบกายภาพโดยร่างแหอัลจิเนตหรืออัลจิเนตเมทริกแต่ยังคงอิสระคืออยู่ไม่เป็นที่ สิ่งนี้เป็นผลที่สำคัญมากในการนำมาประยุกต์ใช้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลเนื่องจากแรงคาปิราลี่ (capillary)

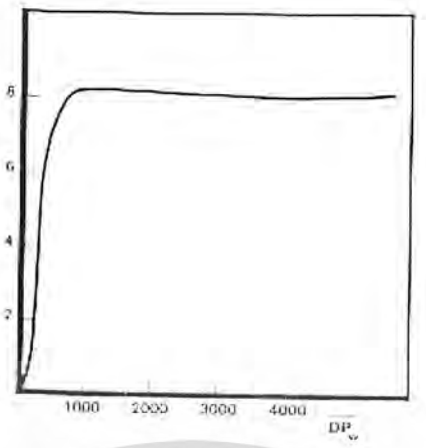
เจลอัลจิเนตนั้นจะเสถียรต่อความร้อน และความแข็งแรงของเจลจะเป็นอิสระไม่ขึ้นกับความยาวของสายโมเลกุล ดังที่แสดงในรูปที่ 11 (Smidrødม1972) ระดับของโพลีเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) ควรสูงกว่า 200 เพื่อให้ได้เจลที่มีความแข็งแรงที่เหมาะสม



รูปที่ 10 การก่อตัวเป็นเจลของอัลจิเนต

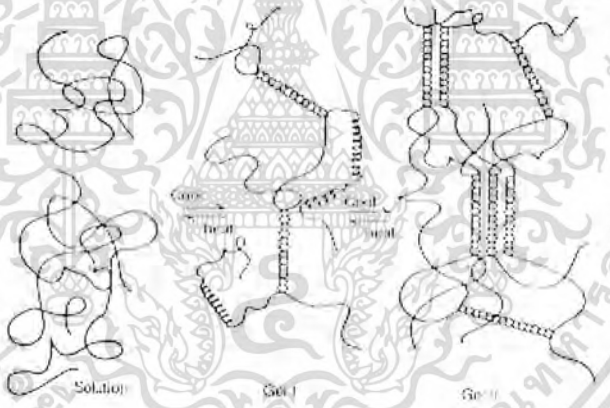
ที่มา : Imeson A. ,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 ความแข็งแรงของเจลของแคลเซียมอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 (Fg =0.38) ซึ่งมีบทบาทต่อน้ำหนักเฉลี่ยในการเกิดโพลีเมอร์ไรเซชั่น

ที่มา : Imeson A. ,1992



รูปที่12 กลไกการเกิดเจลของคาราจีแนน

ที่มา : Rees,1969

จากจุดทางเคมี โครงสร้างของเจลแคลเซียมอัลจิเนตควรได้รับการพิจารณาเรื่องกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) โซเดียมในโซเดียมอัลจิเนต หรือไอออนบวกอื่นๆที่เป็นเกลือที่สามารถละลายน้ำได้ของอัลจิเนตจะแลกเปลี่ยนไอออนกับแคลเซียม

เจลอัลจิเนตที่มีสภาพเป็นกรดจะเกิดขึ้นได้แบบเดียวกันโดยการเกิด junction zone อีกครั้งหนึ่งที่ G-blocks ซึ่งได้ทำให้เกิดเจลและความแข็งแรงของเจลในระดับที่มากที่สุด สิ่งนี้ได้มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายภาพประกอบ โดยเปรียบเหมือนกับโมเดลการเกิดเจล2 ขั้นตอนของคาราจีแนน(carrageenan) (รูปที่12) ในโมเดลนี้ขั้นตอนแรกจะเกิดการสร้างไดเมอร์ (dimerisation)จากนั้นจะเกิดการเชื่อมกันเป็นหลาย junction zones จนได้โครงสร้าง 3 มิติที่มีความคงตัว

ตารางที่ 4 ค่า FIRA (ml) ที่ใช้วิเคราะห์ความแข็งแรงของเจลของอัลจิเนต

Alginate origin	Gel strength
L. hyperborea	
Stem	65 – 75
Whole plant	55 – 65
Double leaf	45 – 55
Pure leaf	40 – 50
A. nodosum	25 – 35

ที่มา : Imeson A. ,1992

2.1.4.4 ความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

การสกัดอัลจิเนตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน บางครั้งอาจทำให้เกิดคุณลักษณะของความแข็งแรงของเจล ดังที่แสดงในตารางที่ 4 อัลจิเนตจะครอบคลุมความแข็งแรงของเจลเป็นช่วงกว้าง สามารถผลิตจากสายพันธุ์หนึ่งของสาหร่ายทะเล เมื่อมีส่วนที่แตกต่างกันของพืชชนิด *L. hyperborean* จะถูกแยกก่อนทำการสกัดอัลจิเนต ค่า FIRA กล่าวถึง การวัดความแข็งแรงของเจลโดยใช้ FIRA jelly tester บนเจลของอัลจิเนตให้เป็นรูปแบบเดียวกันและมีลักษณะสอดคล้องกัน (Toft , 1982)

2.1.5 เทคนิคการทำให้เกิดเจล

2.1.5.1 เทคนิคโดยทั่วไป

อัลจิเนตจะเกิดเป็นเจลกับกรดและไอออนของแคลเซียม การเกิดเจลสามารถควบคุมผ่านการควบคุมการปลดปล่อยของแคลเซียมหรือกรดภายในสารละลายแคลเซียม ทั้งกรดและเจลแคลเซียมอัลจิเนตเป็นเจลที่ไม่สามารถผันกลับได้ด้วยความร้อน (thermaoirreversible) ส่วนเจลที่สามารถผันกลับได้ด้วยความร้อน(thermoreversible) สามารถทำได้ภายใต้สภาวะกรด (พีเอชต่ำกว่า4.0แต่จะชอบมากกว่าเมื่อพีเอชอยู่ในช่วง3.4) โดยการใช้การรวมกันของอัลจิเนตและ high – methoxy pectin อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการเกิดเจลของอัลจิเนตคล้ายตัวฟอร์มเจล (gel former) คือ ความสามารถในการทำให้เจลเสถียรต่อความร้อนในระบบที่เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2 การแพร่ (Diffusion setting) พีเอชเป็นกลาง

ในระบบนี้อัลจิเนตหรืออัลจิเนตที่ประกอบด้วยของผสม คือทำให้เป็นเจลโดยแช่หรือพ่นลงในสารละลายเกลือแคลเซียม ที่ใช้มากที่สุดคือ แคลเซียมคลอไรด์ ไอออนของแคลเซียมจะซึมผ่านเข้าสู่ภายในของผสมที่ประกอบด้วยอัลจิเนต เกิดเป็นเจลแคลเซียม-อัลจิเนตเมื่อไอออนแคลเซียมทำปฏิกิริยากับอัลจิเนต

กระบวนการนี้เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่ค่อนข้างบางหรือเล็ก เช่น พริกสวนหั่นบางๆ (pimiento strip)และวงหัวหอม (onion ring) หรือผิวหน้าที่บางบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ กระบวนการแพร่สามารถเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในการแช่หรือพ่น และโดยการใช้ อัลจิเนตที่มีความไวต่อแคลเซียมมากๆ เช่น อัลจิเนตที่มีสัดส่วนของ G-block สูง

2.1.5.3 การแพร่ (Diffusion setting) พีเอชเป็นกรด

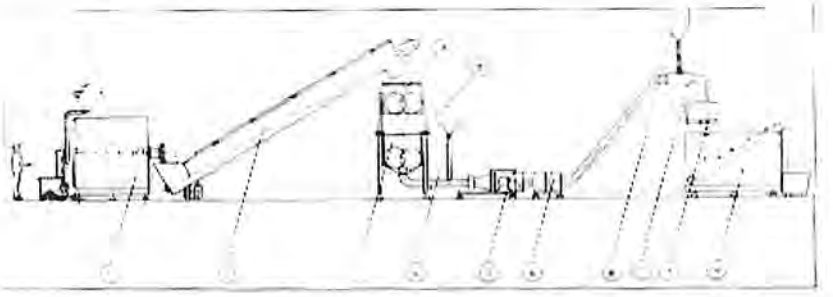
ในระบบนี้เกลือแคลเซียมซึ่งจะไม่ละลายที่พีเอชเป็นกลางและถูกผสมกับอัลจิเนต เมื่อความเป็นกรดเข้ามาเกี่ยวข้องกับพื้นผิวของ mass เกลือแคลเซียมจะละลาย หลังจากนั้นสารละลายแคลเซียมจะทำปฏิกิริยากับอัลจิเนตและเริ่มเกิดกระบวนการเกิดเจลขึ้น

2.1.5.4 การก่อตัวภายในพีเอชที่เป็นกลางและเป็นกรด

ในกระบวนการนี้แคลเซียมจะถูกปล่อยภายในผลิตภัณฑ์ ภายใต้การควบคุมสภาวะมันใช้การรวมตัวของอัลจิเนต โดยใช้เกลือแคลเซียมละลายอย่างช้าๆและ calcium seguestrant ที่เหมาะสม เช่น ฟอสเฟตหรือซิเตรต (citrate) The seguestrant จำเป็นต้องจับกับแคลเซียมอิสระและป้องกันการเกิดเจลเริ่มแรก (pregelation) ของอัลจิเนตระหว่างเวลาที่ผลิตภัณฑ์เป็นของผสมก่อนที่จะทำให้เกิดการเข้าสู่รูปร่างของมันเวลาที่ใช้สำหรับการผสมสั้นกว่า ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำกว่าที่sequestrant ต้องการ

กระบวนการนี้จะเกิดที่พีเอชเป็นกลางหรือเป็นกรด ภาวะที่เป็นกรดจะได้รับโดยการเพิ่มการเปลี่ยนเป็นกรดซึ่งเร่งให้เกิดเกลือแคลเซียมที่สามารถถูกละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 ลำดับขั้นตอนในการผลิตอาหารสัตว์

ที่มา : Protan Biopolymer A/ S ,1988

2.1.5.5 การก่อตัวโดยการรวมตัว (combined setting)

การแพร่และระบบการก่อตัวภายในบางครั้งจะถูกทำให้รวมกัน ดังนั้นจะเกิดเจลอย่างรวดเร็วภายนอกแมมเบรนหรือชั้นเหนือผิวหน้าก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้น โดยผ่านวิธีการปลดปล่อยแคลเซียมช้าๆ เหมือนในผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ (pet food chunks) แสดงในรูปที่ 13

2.1.5.6 การก่อตัวโดยการให้ความเย็น (setting by cooling)

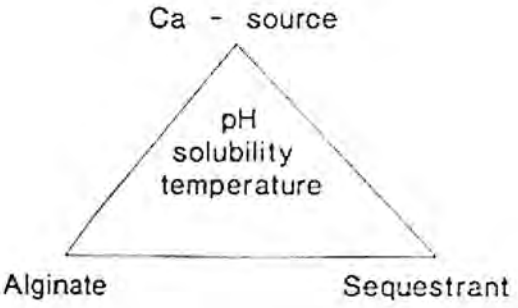
ในกระบวนการนี้ อัลจิเนตจะถูกทำให้ละลายในน้ำร่วมกับปริมาณเกลือแคลเซียมและ sequestrantในปริมาณเล็กน้อยและให้ความร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงจะป้องกันการเกิดเจลเพราะเส้นสายอัลจิเนตจะเกิดการเคลื่อนที่ในความร้อนซึ่งจะขัดขวางการรวมกันของเส้นสาย การก่อตัวจะเกิดขึ้นเมื่อสารละลายถูกทำให้เย็นและได้เป็นเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่เสถียรต่อความร้อน โดยระวังวิธีการเกิดเจลสามารถเกิดได้ที่อุณหภูมิมากกว่าช่วง 0-50 องศาเซลเซียส แต่กระบวนการนี้จะได้เนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างอ่อน

2.1.5.7 เจลอัลจิเนต/ เพคติน (Toft,1982 ; 1986)

เมื่อใช้ high-methoxy (HM) pectinสารเดียว สามารถทำให้เกิดเจลได้ที่ปริมาณเกลือดน้ำตาล (sugar solid)สูงๆกับช่วงพีเอชที่จำกัด เมื่อใส่โซเดียมอัลจิเนตลงไปทำให้เกิดเจลที่ปริมาณของแข็งต่ำและมีช่วงพีเอชที่กว้างขึ้น

ผลไม้ในธรรมชาติมีปริมาณเพคตินสูง เช่น แอปเปิ้ลจะเกิดเจลเมื่อใส่สารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงไปหลังจากกระบวนการทำอาหาร เจลที่แข็งจะเกิดเมื่อใส่ high-methoxy pectinและโซเดียมอัลจิเนตที่มีปริมาณ guluronic acidสูงๆ ส่วนเจลที่อ่อนนุ่มกว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใส่ปริมาณ mannuronic alginate ปริมาณสูงๆ การเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกันของอัลจิเนตและเพคตินจะเป็นสิ่งหนึ่งที่เล็กน้อยของการทำปฏิกิริยาของอัลจิเนตกับไฮโดรคอลลอยด์ตัวอื่นที่มีคุณค่าทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดเจลและคุณสมบัติของการเกิดเจล

ที่มา : Imeson A. ,1992

Sodium alginate ⟶ Calcium alginate

Calcium ions from a combination of:

Calcium source:	Sequestering system:
chloride	orthophosphate
sulphate	pyrophosphates
lactate	polyphosphates
carbonate	citrate
phosphate	EDTA
Acid formers:	Glucono-delta-lactone (GDL)

รูปที่ 15 การควบคุมการเกิดเจล

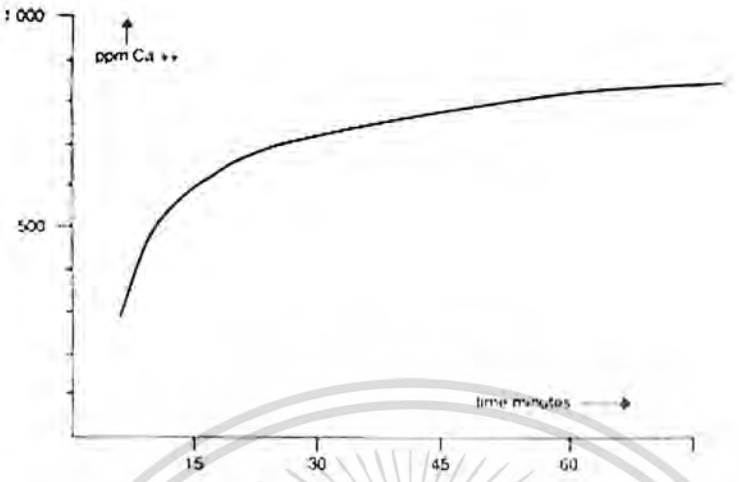
ที่มา : Imeson A. ,1992

2.1.6 กระบวนการผลิตอัลจิเนตสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

2.1.6.1 กระบวนการโดยทั่วไป

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเจลและคุณสมบัติได้มีการอธิบายในรูปที่ 14 และ 15 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ รวมทั้งสารประกอบเชิงซ้อนเป็นความรู้เกี่ยวกับความเหมาะสมของอัลจิเนตและการปล่อยแคลเซียม ในการเลือกระบบที่ต้องการตามความเป็นจริงแล้ว เกรดของอัลจิเนตและแคลเซียม sequestering system (ประกอบด้วยแหล่งของแคลเซียมและ sequestering agent/agent) ต้องควบคู่กันกับการพัฒนากระบวนการเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 การปล่อยไอออนของแคลเซียมในแคลเซียมซัลเฟตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยใช้ tetrasodium pyrophosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.06 เป็นตัวแยกภายในระบบและถูกวัดได้โดยไอออนของแคลเซียมอิเลคโทรดที่จำเพาะเจาะจง

ที่มา : Imeson A. ,1992

การปลดปล่อยแคลเซียม สามารถศึกษาได้โดยการเลือกใช้ไอออนของแคลเซียมอิเลคโทรด (รูปที่ 16) พื้นฐานและส่วนสำคัญทั้งหมดของอัลจิเนตและแคลเซียม sequestering system จะมีการช่วยกันอย่างแน่นอนในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เน้นพื้นฐานบนเทคโนโลยีของอัลจิเนต อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ประสบความสำเร็จ เช่น การปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารจะมีการทดสอบอยู่สม่ำเสมอ ที่สำคัญต้องมีการอ้างอิง scale up ซึ่งได้จากการหาค่าจากการทดลอง

2.1.6.2 วัตถุดิบที่เหมาะสม

แทบจะทุกวัตถุดิบที่สามารถถูกทำให้เป็นเนื้อเยื่อ สามารถสร้างขึ้นใหม่รวมกันหรือปรับปรุงได้อีกด้วยผลประโยชน์หลายสิ่งบางครั้งได้รับจากการปรับปรุงของหลายๆผลิตภัณฑ์ การสร้างขึ้นใหม่จะพิจารณาถึงการใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกให้เป็นประโยชน์ (เนื้อผลไม้ ผัก ก้อนเนื้อ ของเสียจากโรงฆ่าสัตว์ เนื้อปลา) บางครั้งมันจะให้กระบวนการมาตรฐานอัตโนมัติในระยะเวลาของรูปแบบการจำลอง (รูปแบบอย่างเดียวกัน) การต้านทานความร้อนและความคงตัวต่อการ freeze-thaw

เมื่อเร็วๆนี้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อ (Schmidt and Means,1986) กระบวนการสำหรับการเตรียมเจลของอัลจิเนต/แคลเซียมเพื่อเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เนื้อถูกจดสิทธิบัตรและมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตีพิมพ์บนเรื่องนี้ (Means and Schmidt , 1986; Means *et al.*, 1987 ; Ernst *et al.*, 1989 ; Trout , 1989;Trout *et al.*, 1990)

2.1.6.3 การสร้างผลิตภัณฑ์เจลอัลจิเนตทางการค้า

อัลจิเนตถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด และใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว สารที่ทำให้อิมัลชันคงตัว สารทำให้เกิดเจล และสารยับยั้งการเกิดซินเนอริซิส ตัวอย่างเช่น โพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดจะทำหน้าที่ช่วยทำให้อิมัลชันคงตัว โซเดียมอัลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในไส้พายมะนาวที่แช่เย็นเพื่อให้เกิดความคงตัวระหว่าง freeze- thaw นอกจากนั้นอัลจิเนตยังใช้เคลือบผิวชิ้นเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็งเพื่อไม่ให้เกิด freeze burn กับชิ้นเนื้อปลา

ถ้าเตรียมจากอัลจิเนตที่มีกรดแมนนูโรนิกมากจะหยุ่นตัวและเหนียวมาก เมื่อสารชนิดนี้สัมผัสกับแคลเซียมจะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำ โดยส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดเจลคือ กรดกลูคูโรนิก ทำให้สามารถเตรียมเจลแบบใหม่ๆได้มากมาย เช่น เจลลี่แช่แข็งโดยเนื้อผลไม้ยังคงนุ่ม ไส้พายชนิดที่ผลไม้ยังคงรูปอยู่ได้ เจลที่เกิดขึ้นทนความร้อนได้ดีไม่หลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงจึงเป็นข้อได้เปรียบจากเจลที่เตรียมจากสารอื่นๆ นอกจากนี้ยังช่วยให้ไอศกรีมเกิดเจลเป็นสารเพื่อให้อากาศอยู่ตัวเมื่อใช้ร่วมกับฟอสเฟต เหมาะสำหรับทำซอส เกรวี่ นม ไอซิ่ง และวิบครีม แต่ไม่เหมาะสำหรับอาหารที่มีพีเอชต่ำเนื่องจากจะตกตะกอน อาหารที่มีลักษณะเช่นนี้ควรใช้โพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนตสารชนิดนี้จะป้องกันไม่ให้อาหารตกตะกอน โดยจะทำหน้าที่เป็นทั้งสารอิมัลซิไฟเออร์และสารช่วยให้อยู่ตัว (Glicksman, 1982 ; Pomeranz,1991)

อัลจิเนตใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม ขนมหวานแช่เยือกแข็ง(frozen dessert) น้ำสลัด กระบวนการผลิตชีสและใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับโฟม เช่นใช้เป็นส่วนผสมในเชอร์เบท (sherbet) สำหรับแคนดี้เจล (candy gel) ที่มีเนื้อใสจะผสมโซเดียมอัลจิเนตประมาณ 0.1-0.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเคี้ยวจะมีลักษณะเนื้อนุ่ม (นิธิยา ,2545)

สารให้ความหวานและกัมผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลนั้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปจึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคล้ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลเป็นสารให้ความหวาน เช่นในผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่นั้นจะไม่มีการเกิดเจลเนื่องจากไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ เพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวจึงต้องมีการเติมสารเพื่อช่วยให้มีการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์ เช่น อัลจิเนต

สารโพลีแซคคาไรด์มีส่วนช่วยให้โฟมอยู่ตัวได้ดีมาก ซึ่งจะทำหน้าที่ทั้งจับอากาศเพื่อให้เกิดโฟมและทำหน้าที่เป็นสารคงตัว โดยแทรกเข้าไปอยู่ที่ผิวหน้าสัมผัสป้องกันมิให้ฟองแตกและโฟมยุบตัว อาหารพวกวิบทอบปิ้งต้องการให้มีโฟมอยู่ตัวมากเนื่องจากอุณหภูมิการเก็บและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิการใช้มีความแตกต่างกันมาก ความอยู่ตัวของโฟมขึ้นอยู่กับรูปร่างของฟอง ชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์และสารคงตัวที่ใช้ พร้อมทั้งสภาพการเก็บและสภาพการใช้สารโพลีแซคคาไรด์ที่ใช้กันมากคือ สารอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น เมทิลเซลลูโลส เป็นต้น บางครั้งก็ใช้สารโพลีแซคคาไรด์อื่นๆผสมเพื่อให้มีความแข็งและความอยู่ตัวมากขึ้น คงทนต่อการแช่แข็งและป้องกันการแยกตัวของน้ำเช่นใช้ของผสมระหว่างคาราจีแนน โซเดียมอัลจิเนต เป็นต้น บางครั้งก็มีการใส่เจลาตินลงไปด้วยเพื่อให้อาหารมีเนื้อเนียน โฟมที่ใช้ทำลูกกวาดก็ทำจากโปรตีน (ไข่ขาว เคซีน โปรตีนถั่วเหลือง หรือเจลาติน) แต่จะใส่สารโพลีแซคคาไรด์ลงไปด้วยเพื่อให้อยู่ตัวดีขึ้น โดยละลายโปรตีนในน้ำเชื่อมตีให้เกิดฟองตามต้องการ หลังจากนั้นจึงทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพโดยใช้ความร้อนแต่ถ้าเป็นเจลาติน โฟมจะอยู่ตัวเพียงแต่ทำให้เย็นตัว อย่างไรก็ตามสามารถใช้คาราจีแนน โซเดียมอัลจิเนตแทนการใช้ความร้อนก็ได้ เนื่องจากสารโพลีแซคคาไรด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้โฟมแข็งและมีลักษณะเป็นร่างแห (Glicksman , 1982)

ในผลิตภัณฑ์เนื้อหรือสัตว์ปีกเยื่อกแข็งนั้นจะมีการใช้กัมเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น ในการทำเยื่อกแข็งและการทำละลายน้ำแข็ง ดังเช่นการศึกษาของ Slepchencnko และคณะ (1956) และ Berlin (1957) ที่จุ่มเนื้อและไก่ลงในสารละลายโซเดียมอัลจินตร้อยละ 10-15 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ3-5 คลีเซอรอลร้อยละ10-20 ก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยื่อกแข็งซึ่งปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น สำหรับการเคลือบไส้กรอกด้วยโซเดียมอัลจิเนต โดยการใช้โซเดียมอัลจิเนตเพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับเอทิลเซลลูโลสพบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีสนิมเหล็ก และช่วยยืดอายุการเก็บด้วย (Child , 1957 และ Weingand,1959)

สำหรับการใช้กัมเพื่อช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีการจับกันดีขึ้น และเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกชนิดต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์เนื้อหรือสัตว์ปีกที่ทำจากเศษเนื้อ (restructured meat products) กัมที่ใช้ คือ อัลจิเนตเป็นต้น Means และ Schmidt (1986) ได้ทดลองใช้อัลจิเนตและแคลเซียมคาร์บอเนตในผลิตภัณฑ์ restructured beef steak พบว่าอัลจิเนตที่ใช้จะช่วยให้ชิ้นเนื้อมีการเกาะจับกันดีขึ้น เนื่องจากโซเดียมอัลจิเนตจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมอิออนเกิดเป็นเจลของแคลเซียมอัลจิเนตช่วยยึดชิ้นเนื้อให้จับติดกันได้ ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับสีของผลิตภัณฑ์เนื้อนั้นตามรายงานพบว่าอัลจิเนตจะช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น(Trout , 1989 a,b)

มีการใช้อัลจิเนตในปลา herring กระป๋อง เพื่อช่วยดูดซับน้ำในระหว่างการแปรรูป (Henning,1957) นอกจากมีการใช้ในผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องแล้วยังนิยมใช้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บของปลาที่มีไขมันและน้ำมันสูง ที่ไม่เหมาะที่จะนำมาทำให้เป็นผลิตภัณฑ์เยื่อกแข็งด้วยวิธีที่เคยใช้กันมาเนื่องจากถึงแม้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ปฏิกิริยาออกซิเดชันก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้ เพื่อป้องกันปฏิกิริยาที่กล่าว จึงมีการนำปลามาทำเยื่อกแข็งในอัลจิเนตเยลลี่ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดฟิล์มบางๆหุ้มปิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศเข้าไม่ได้สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ วิธีแบบนี้เรียก Protan method จะช่วยรักษาความชื้นให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น ลดเวลาในการทำเยือกแข็งลงช่วยป้องกันการสูญเสียเกลือในระหว่างการเก็บรักษาและในระหว่างการละลาย ช่วยรักษาสีและลักษณะปรากฏเดิมให้คงอยู่ ปลาherringที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีนี้เป็นที่นิยมมากในนอร์เวย์ สหรัฐอเมริกา และสาธารณรัฐเยอรมันตะวันตก ในระยะหลังได้มีการนำวิธีการนี้มาใช้ในปลาซาร์ดีนและกุ้งด้วย ปริมาณที่นำมาใช้ควรพิจารณาให้เหมาะกับชนิดของผลิตภัณฑ์ และควรใช้ในปริมาณที่กฎหมายอนุญาต มีการใช้อัลจิเนตในผลิตภัณฑ์ประเภทไขมันและน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำสลัดต่างๆ มายองเนส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นอิมัลซิฟายเออร์เพราะสามารถคงทนต่อความร้อนและกรดได้ดี มีส่วนช่วยในการลดคลอเรสเตอรอลในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ต้องการให้มีคลอเรสเตอรอลต่ำด้วย เพราะสามารถลดปริมาณของไข่แดงที่จะต้องใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ได้ และเช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรี่ต่ำที่กัมจะมีส่วนช่วยในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้มาตรฐาน

มีการใช้อัลจินและเจลาตินในผลิตภัณฑ์นมซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทไอศกรีม เนยแข็งและผลิตภัณฑ์นมต่างๆ เพื่อช่วยให้เกิดความคงตัวและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น

นิยมใช้โซเดียมอัลจิเนตมากในไอศกรีมเนื่องจากมีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดี กระจายตัวได้ดีและราคาถูก สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมที่มีอยู่ในส่วนประกอบของไอศกรีมทำให้สามารถป้องกันการเกิดการจับตัวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรวมตัวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้น เนื่องจากเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ โดยทั่วไปจะใช้ในปริมาณร้อยละ 0.1-0.5 หรืออาจจะใช้ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตหรือกลีเวอริลโมโนสเตียเรต ซึ่งจะช่วยให้การกระจายตัวของอัลจิเนตดีขึ้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้นต่ออุณหภูมิที่ไม่คงที่ในระหว่างการขนส่ง โพรไพลีนไกลคอลอัลจิเนตเป็นอัลจิเนตอีกรูปหนึ่งที่นิยมใช้กัน จะสามารถช่วยป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนและเกิดเจลในผลิตภัณฑ์และป้องกัน heat shock ด้วย

ในผลิตภัณฑ์ประเภท cheese spreads ได้มีการใช้โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตและโซเดียมซิเตรต เพื่อช่วยให้มีคุณสมบัติในการละเลง (spreads) ได้ดีขึ้นช่วยป้องกันการแยกตัวของน้ำและน้ำมันและช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น

ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มประเภทน้ำผักและน้ำผลไม้ต่างๆ เช่นในน้ำผลไม้ Moncrieff (1953) ได้ทดลองใช้อัลจิเนต ช่วยในการทำให้เนื้อผลไม้ผลไม้มีการกระจายตัวและแขวนลอย พบว่าการใช้อัลจิเนตร้อยละ 0.1-0.2 จะให้ผลดีที่สุด

เครื่องดื่มประเภทเบียร์ วัตถุประสงค์หลักในการใช้ก็เพื่อช่วยให้ฟองมีความคงตัว เช่นอัลจิเนตจะมีความคงตัวที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำๆ ได้ดีมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์และเกิดฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดีจึงเหมาะที่จะใช้ช่วยควบคุมขนาดของฟองอากาศ ปริมาณที่นิยมใช้คือ 40-80 ส่วนในล้านส่วน (ศิวาพร,2535)

อาหารจำพวกน้ำผลไม้จัดอยู่ในกลุ่มโซลที่จากธรรมชาติชนิดหนึ่ง ลักษณะของโซลจะปรากฏให้เห็นอยู่เสมอเมื่อผสมน้ำผลไม้หลายๆชนิดเข้าด้วยกัน โดยมีลักษณะขุ่นขาวเกิดจากน้ำผลไม้แต่ละชนิดมีอนุภาคที่มีประจุไม่เหมือนกันจึงทำลายประจุซึ่งกันและกัน หรือเปลี่ยนแปลงสภาพของโมเลกุลโดยเฉพาะเมื่อได้รับความร้อน สารที่ทำให้เกิดคอลลอยด์ที่พบได้ในน้ำผลไม้ คือ เพคติน กัม แทนนิน และโปรตีน ในการผลิตน้ำผลไม้ผู้ผลิตจะต้องกำหนดว่าต้องการให้อยู่ในลักษณะใด ถ้าต้องการให้มีลักษณะขุ่นอยู่เสมอถึงแม้จะตั้งทิ้งไว้นานก็ต้องป้องกันไม่ให้เกิดตะกอนขึ้น แต่ถ้าต้องการให้น้ำผลไม้มีลักษณะใสก็มีความจำเป็นต้องกำจัดสารที่ทำให้เกิดคอลลอยด์เหล่านี้ออกไปบางส่วนหรือทั้งหมดก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ การทำให้ขุ่นอยู่เสมอต้องใส่สารที่ทำให้อยู่ตัวลงไป สารที่ใช้กันมีอยู่หลายชนิด เช่นแป้งอนุพันธ์ อัลจิเนต เป็นต้น (Joslyn, 1961) สำหรับน้ำผลไม้เทียมที่ใช้สี กลิ่นและความหวานเทียมจะขาดความหนืดทำให้ต้องใส่สารเพิ่มความหนืดลงไป เรียกว่า " สารเพิ่มเนื้อ " (bodying agents) เช่น โซเดียมอัลจิเนต เป็นต้น (Food protection Committee, 1965)

สารโพลีแซคคาไรด์บางชนิดทำหน้าที่เป็นสารเกาะติด โดยลดความตึงผิวที่หน้าสัมผัสให้ต่ำลง ในกรณีเช่นนี้อิมัลชันจะอยู่ตัวดี สารโพลีแซคคาไรด์อีกหลายชนิดโดยเฉพาะที่อยู่ในกลุ่มกัมสามารถละลายน้ำได้ดีจึงใช้ในอาหารเพื่อแก้ปัญหาการแยกตัวของน้ำ สารเหล่านี้จะจับตัวกับน้ำและแยกตัวออกมา อาหารจำพวกไอศกรีมและอาหารแช่แข็งผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจะเกิดขึ้นในระยะแรกของการผลิตแต่จะหมดไปเมื่อเก็บไว้นาน ในขณะเดียวกันก็มีผลึกนาดใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้เก็บไม่คงที่ทำให้ผลึกน้ำแข็งละลายและแข็งตัวใหม่ ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจึงค่อยๆหมดไป การใส่กัมลงไปจะช่วยให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดสม่ำเสมอและไม่เพิ่มขนาดเมื่อเก็บไว้นานๆป้องกันการหดตัวและช่วยให้การตีฟองมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยสารโพลีแซคคาไรด์จะทำหน้าที่ 2 ประการ คือการเข้าไปจับตัวที่ผลึกและการแย่งน้ำที่จำเป็นสำหรับการเกิดผลึก (Glicksman , 1982) สารโพลีแซคคาไรด์ที่จะเข้าไปเกาะกับผลึกได้จะต้องมีโครงสร้างที่เหมาะสมสามารถเข้าไปจับตัวกับผลึกได้อาจต้องมีการจัดตัวภายในโมเลกุลก่อน สมมติว่ากลุ่มที่เข้าไปจับตัวมีประจุลบ เช่น กลุ่มคาร์บอกซิล เป็นต้น กลุ่มนี้จะต้องหมุนตัวให้อยู่ในตำแหน่งที่จะเข้าไปมีพันธะไฮโดรเจนกับออกซิเจนในผลึกได้ สำหรับการแย่งน้ำกับสารที่จะเกิดผลึกนั้นจะทำให้ผลึกไม่สามารถเพิ่มขนาดได้อีกต่อไป ในกรณีที่เป็นผลึกน้ำแข็งสารโพลีแซคคาไรด์ จะทำให้ขาดน้ำอิสระผลึกน้ำแข็งจึงไม่สามารถเพิ่มขนาดได้ สารโพลีแซคคาไรด์ที่ใช้กันมาก คือ โซเดียมอัลจิเนต(Glicksman , 1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.4 ตัวอย่างของรูปแบบของผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างที่แตกต่างกันของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมได้มีการแสดงในรูปที่13 , 17 และ 18

รูปแบบกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ ได้แสดงในรูปที่ 13 แสดงในลักษณะของทางศิลปะสำหรับพื้นฐานการผลิตอาหารทางอุตสาหกรรมต่อข้อคิดเห็นของเจลของอัลจิเนต ทั้งการกระจายตัวและการเกิดเจลภายในจะถูกใช้ประโยชน์ด้วยกันสำหรับการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi – continuous)

จึงได้รับความรู้ในขอบเขตของเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเจลของอัลจิเนต ในอนาคตอันใกล้นี้ สิ่งนี้เป็นสิ่งที่น่าเป็นไปได้ ที่เทคโนโลยีการผลิตจะถูกนำมาใช้โดยอุตสาหกรรมอาหารสำหรับการผลิตสิ่งที่สามารถใช้เป็นอาหารได้สำหรับผู้บริโภคที่เป็นมนุษย์

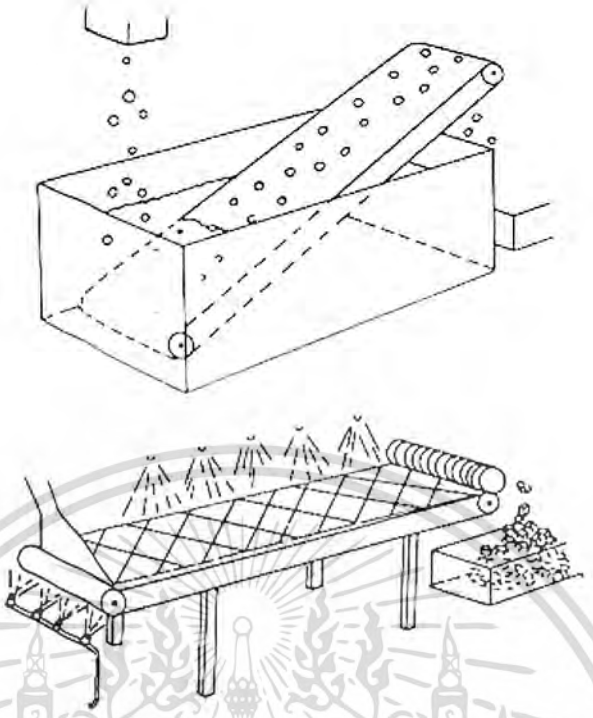
2.1.7 การทำให้เข้มข้นและการคงตัว (Thickening and stabilising)

2.1.7.1 การทำให้เข้มข้น

อัลจิเนตจะมีการพัฒนาความหนืดในน้ำในทางปฏิบัติ เป็นสิ่งที่ยากในการทำให้เกิดการแบ่งแยกลักษณะพิเศษอย่างชัดเจนระหว่างการทำให้เข้มข้นขึ้น และการทำให้เกิดเจลที่อ่อนมากๆ อาจเกิดขึ้นได้เหมือนสารละลายที่เข้มข้นขึ้น บางครั้งอาจทำเกิดการเชื่อมไขว้ของแคลเซียมอัลจิเนตที่จำกัด รูปที่ 17 และ 18

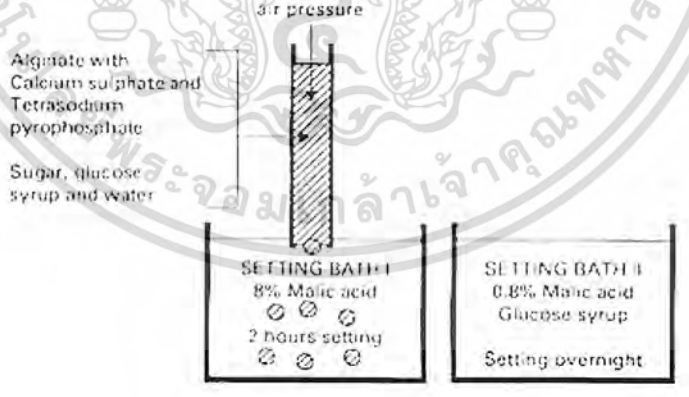
สำหรับแหล่งที่มา คุณสมบัติการทำให้เข้มข้นของอัลจิเนตสามารถใช้ในทางที่แตกต่างกันได้ 2 ทาง เช่น แบบชั่วคราวหรือสารที่ถูกทำให้เข้มข้นช้าขึ้น ตัวอย่างเช่นกระบวนการแรก คือ ใช้อัลจิเนตเพื่อป้องกันเนื้อจากการตกตะกอนในน้ำเกรวี่เพื่อใส่ในกระป๋อง เมื่อใส่แล้วทำให้สามารถถูกรีทอร์ทได้ การให้ความร้อนจะมีผลทำให้ความเข้มข้นของอัลจิเนตลดลง ซึ่งไม่ได้ระยะเวลานานตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 รูปบน : รูปแบบของอ่างแคลเซียมคลอไรด์ รูปล่าง : สายพานที่มีการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์

ที่มา : Imeson A. ,1992



รูปที่ 18 กระบวนการผลิตระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการผลิตเชอรี่เทียม

ที่มา : Imeson A. ,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลตรงกันข้ามสามารถใช้สำหรับทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน ในกระป๋องระหว่างการฆ่าเชื้อในกระบวนการรีทอร์ทง่ายขึ้น ผลที่ได้รับจากการใช้การผสมของอัลจิเนตและสารละลายเกลือแคลเซียมที่สามารถละลายได้ในปริมาณต่ำ การรวมกันของความสามารถในการถูกละลายได้ต่ำ ร่วมกับกระบวนการให้ความร้อนจะก่อให้เกิดการก่อเป็นเจลอย่างช้าๆ จนกระทั่งกระบวนการให้ความร้อนได้เกิดขึ้นเรียบร้อยจะทำให้การก่อตัวเกิดได้เรียบร้อย การถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็วในระดับของซอสที่มีความหนืดที่ค่อนข้างต่ำ จะทำให้เกิดวัฏจักรความร้อนที่สั้นกว่าก่อนผลิตภัณฑ์ถูกทำให้เกิดเจล อาหารที่เป็นอิมัลชัน เช่น น้ำปรุงรสและน้ำสลัด สามารถทำให้เข้มข้นและมีความคงตัวขึ้นได้เพื่อป้องกันการแยกชั้นโดยการใส่อัลจิเนตลงไปในน้ำ

2.1.7.2 การทำคงตัว

ผงของโซเดียมอัลจิเนตแห้งที่บริสุทธิ์ ถ้าเก็บไว้เฉยๆอาจมีอายุการเก็บได้หลายเดือนขอเพียงแต่เก็บไว้ในที่แห้ง เย็น ปราศจากการรับแสงอาทิตย์ ในการแช่แข็งโซเดียมอัลจิเนตอาจเก็บได้หลาย ๆ ปีโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลโมเลกุลอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้ามกรดอัลจินิกแห้งมีความคงตัวที่จำกัดมากที่อุณหภูมิปกติ เนื่องจากแต่ละลักษณะภายในโมเลกุลของกรดจะถูกเร่งปฏิกิริยาเคมีและเสื่อมลง สิ่งสำคัญที่สุดต้องตระหนักถึงปัจจัยซึ่งต้องกำหนดค่าคงตัวของสารละลายอัลจิเนตและการตอบสนองต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี สำหรับการเสื่อมสภาพความสัมพันธ์ของความหนืดของสารละลายอัลจิเนต อัลจิเนตอาจทำให้ลดต่ำลงในระยะเวลาสั้นภายใต้เงื่อนไขการสนับสนุนการเสื่อมสภาพที่ความไวของพันธะไกลโคซิดิก ทั้งของกรดและด่างจะเสื่อมลงและเกิดการออกซิเดชั่นอย่างรวดเร็วโดยอนุมูลอิสระ(free radical) เพราะว่าอัลจิเนตเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยอัลจิเนตได้ Extracellular alginate lyases ได้ถูกแยกออกมาจากท้องทะเลและแบคทีเรียจากดิน(soil bacteria)

บทบาทของพีเอช การเสื่อมของมันมีระดับความเป็นกลางที่ลดลงและเพิ่มขึ้นทั้งสองทางความไม่คงตัวที่เพิ่มขึ้นที่ค่าพีเอชน้อยกว่า 5 สามารถจะกำหนด proton catalyse hydrolysis อีกด้านหนึ่งถ้าปฏิกิริยาการตอบสนองต่อความเสื่อมที่ค่าพีเอช 10และมากกว่า คือ ß-alkoxy-elimination การ esterified alginate (เหมือน propylene glycol alginate) จะมีอัตราการเสื่อม 10^{4}-10^{5} ครั้งนั้นไม่สามารถเอามาแทนอัลจิเนตได้ เพราะว่าการ esterification เป็นการเพิ่มผลการดึงดูดอิเลคตรอนที่สำคัญของกลุ่มคาร์บอนิล(Carbonyl group) ที่ C-6 ซึ่งจังหวะในการเพิ่มอัตราการเคลื่อนย้ายของ H-5 ขั้นตอนแรกของการสนองตอบของ ß-elimination คุณสมบัติอื่น ๆ ทางกายภาพ ขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลโดยตรงจะทำให้ กระทบกระเทือนการแตกหักของสายโซ่อย่างรุนแรงด้วยมวลโมเลกุลของมูลสารของวัตถุดิบเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น ผู้ผลิตอัลจิเนตต้องตระหนักถึงความสัมพันธ์ของสิ่งนี้และควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนึงความเข้มข้นที่สูงขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดปานกลางจนถึงต่ำ (molecular weight) ในขณะที่ถ้าการนำไปใช้นั้นรวมถึงความเสี่ยงของการเสื่อมสลายของโพลีเมอร์

การเสื่อมลงสามารถมีความสมดุลอย่างมีนัยสำคัญที่ค่าพีเอชเป็นกลางในทุกที่ ส่วนมากสาหร่ายสีน้ำตาลส่วนใหญ่จะมีจำนวนของสารประกอบฟีโนลิก (phenolic) เปลี่ยนแปลงไปไม่เหมือนกันซึ่งจะถูกสกัดด้วยกันกับอัลจิเนต แสดงการปนเปื้อนในอัลจิเนตทางการค้ามากที่สุด จำนวนจะเปลี่ยนแปลงไปตามสายพันธุ์ของสาหร่าย เช่น *L. digitata* อัลจิเนตประกอบด้วยจำนวนของสารประกอบฟีโนลิกอยู่เล็กน้อยเมื่อเทียบกับ *A. nodosum* อัลจิเนต การเสื่อมลงในสารละลายของอัลจิเนตสามารถทำให้ลดลงได้โดยการลดปริมาณของฟีนอล โดยการทำให้ฟีนอลไม่สามารถละลายได้ในสาหร่ายโดยการเชื่อมโยงกับฟอร์มอลดีไฮด์ (formaldehyde)ก่อนการสกัด ผลของการเสื่อมลงของสารประกอบฟีโนลิกขึ้นอยู่กับ ORD (Oxidative Reductive Depolymerisation) ผลลัพธ์นี้เป็นผลของ auto-oxidtion ของการลดลงของสารประกอบซึ่งภายหลังก่อให้เกิดเป็นเปอร์ออกไซด์(Peroxide) การauto-oxidationนี้เป็นการเพิ่มให้สอดคล้องและขึ้นกับปริมาณของออกซิเจนที่ละลายและกับพีเอชในสารละลาย การเสื่อมมีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระซึ่งเป็นไปได้มากที่จะเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล รูปแบบการทำปฏิกิริยาระหว่างการลดลงของสารประกอบและเปอร์ออกไซด์ มันมีความสำคัญที่ควรตระหนักถึงผลกระทบที่มีความเป็นไปได้ต่อการลดลงของสารประกอบที่มีสภาวะทางกายภาพที่ซึ่งโพลีแซคคาไรด์และ สารประกอบทางธรรมชาติอื่น ๆ ที่ถูกพิจารณาว่าเป็นสารคงตัวอย่างสมบูรณ์ สำหรับอัลจิเนตมันมีความสำคัญให้รู้ว่าปริมาณฟีโนลิกทางธุรกิจการค้าของอัลจิเนตผันแปรตามแหล่งกำเนิดของสาหร่าย ซึ่งได้อัลจิเนตจากการแยกตัวและกระบวนการแยกออกมามันมีความเป็นไปได้ที่จะเอาฟีโนลิกส่วนใหญ่ออกด้วยกระบวนการทำให้บริสุทธิ์อย่างง่าย

การฆ่าเชื้อของสารละลายอัลจิเนต และผงอัลจิเนตมักจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการ depolymerisation ทำให้เกิดการสูญเสียความหนืดและก็อาจจะเป็นไปได้ที่ทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงมันแสดงถึงขบวนการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน เช่น การให้ความร้อน(หม้อนึ่งความดันไอน้ำ) การใช้เอทิลีนออกไซด์ (ethelene oxide) และการฉายรังสี γ (γ-irradiation) กระบวนการทั้งหมดนี้ทำให้เกิดการสลายตัวของโพลีเมอร์ รวมทั้งการให้ความร้อนกับสารละลายอัลจิเนตจะเป็นการเพิ่มการสลายตัวของโพลีเมอร์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะว่าขบวนการนี้จะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการ depolymerisation ทั้งหมดดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว อนึ่งการลดปริมาณความร้อน(homolysis) สามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิสูง สำหรับการใช้เพื่อการตรึง (immobilisation) การฆ่าเชื้อโดยการกรองค่อนข้างจะได้รับการรับรองมากกว่าการใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำเพื่อรักษาสภาพของสารละลายอัลจิเนตให้มีลักษณะเหนียวหนืดเหมือนเดิมผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทบของการฉายรังสี γ ต่อทั้งสารละลายและผงแห้งของอัลจิเนต มักทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากมันมีการสังเกตว่าการประยุกต์ใช้การฆ่าเชื้อด้วยปริมาณที่มาตรฐานในหนึ่งครั้งใช้ปริมาณเท่ากับ 2.32 Mrad จากวัตถุดิบคือ Co-60 ต่อผงอัลจิเนตแห้งจะสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการลดความหนืดของสารละลายโดยร้อยละ 95 จะสูญเสียการเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ มันเป็นธรรมดาที่เชื่อกันว่าภายใต้สภาวะเช่นนี้ ออกซิเจนจะถูกฟอร์มตัวขึ้นซึ่งสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเป็นอนุมูลอิสระของ OH และสามารถเกิดปฏิกิริยาได้อีกครั้ง ระดับของออกซิเจนได้ถูกทำให้สูญไปอย่างรวดเร็วภายใต้การฉายแสงและเมื่อระยะเวลาของการฉายรังสีเพิ่มขึ้นไปจนถึง 1.5 ชั่วโมง ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นอาจจะแพร่กระจายเข้าถึงในตัวอย่างและจะเพิ่มจำนวนของอนุมูลอิสระมากขึ้น ถ้ามีตัวเร่งอิเลคตรอน สามารถที่จะเลือกจนเป็น Co-60 เช่นเดียวกับแหล่งกำเนิดจากการฉายรังสี เพราะมันสามารถใช้ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว (เช่นภายใน 1 นาที) เปรียบเทียบกับ 1.5 ชั่วโมง สำหรับแหล่งที่มาจาก Co-60 ดังนั้นจำนวนของอนุมูลอิสระจะสามารถถูกทำให้ลดลงได้ สามารถสรุปได้ว่าการฆ่าเชื้อสารละลายอัลจิเนตและผงอัลจิเนตแห้งไม่ต่อเนื่องกัน แต่ถ้ารู้ว่าชนิดของผลกระทบของการเลือกวิธีการฆ่าเชื้อ และคุณสมบัติการฆ่าเชื้ออัลจิเนตหรือผลิตภัณฑ์อัลจิเนตที่ควรจะมีมันจะมีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถผ่านปัญหานี้ได้โดยการเลือกตัวอย่างของอัลจิเนตที่มีความหนืดสูงๆ (มวลโมเลกุลสูงๆ) ซึ่งจะรักษาคุณสมบัติหลังการฆ่าเชื้อ (Phillips,2000)

อัลจิเนตที่สามารถละลายน้ำ (water-soluble alginate) สามารถทำหน้าที่เหมือนสารที่ทำให้คงตัว ในระบบประกอบด้วยอนุภาคหรือหยดเล็กๆกระจายอยู่ในน้ำ เช่น ระบบประกอบด้วยอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil in water) ดังเช่น ไอศกรีมและน้ำสลัดและของแข็งที่เป็นสารแขวนลอยในน้ำ เช่นน้ำผลไม้คั้น อัลจิเนตทำหน้าที่เหมือนสารที่ทำให้คงตัวเพื่อป้องกันการแยกโดยการเพิ่มความหนืดของน้ำและโดยการสร้างประจุฟิล์ม (charged films) ที่ผิวหน้า ดังนั้นแต่ละอนุภาคหรือแต่ละหยดมีความโน้มเอียงที่จะเกิดการต้านทานกันทำให้การรวมกันไม่ได้ผล และเกิดการแยกชั้นเกิดขึ้น

ไอศกรีมเป็นสิ่งที่นำอัลจิเนตมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นครั้งแรก การเพิ่มอัลจิเนตจะเป็นการลดขนาดของผลึกน้ำแข็งและผลิตผลิตภัณฑ์ที่เรียบ อัลจิเนตยังป้องกันการsyneresis (การหดตัวของเจลและบีบของเหลวออกมา) อีกด้วยและยืดระยะการหลอมละลายของไอศกรีมในไอศกรีม ผลิตภัณฑ์นมและระบบอื่นๆซึ่งมีไอออนของแคลเซียมอยู่อัลจิเนตมักถูกผสมกับโซเดียมฟอสเฟตปริมาณเพียงเล็กน้อย สิ่งนี้ป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมอัลจิเนตและจับกับแคลเซียมอิสระ ซึ่งบางครั้งเป็นอุปสรรคหรือป้องกันอัลจิเนตรวมตัวกับน้ำหลังจากฟอสเฟตถูกทำให้รวมกันกับแคลเซียม ภายหลังการปลดปล่อยแคลเซียมเชื่อมกับอัลจิเนตนำไปสู่การทำให้เข้มข้นและการเกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การเกิดฟิล์ม

เมื่อชั้นบางๆของเจลของอัลจิเนต หรือสารละลายอัลจิเนตถูกทำแห้งจะเกิดฟิล์มเกิดขึ้น ฟิล์มนี้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำและสามารถใช้ในขนมปังปิ้ง (pastries) เพื่อป้องกันน้ำผ่านจากการใส่ในส่วนที่เหลือของเค้ก สามารถใช้ในไอซิ่งเค้ก (cake icings)เพื่อป้องกันการเกาะติดวัสดุที่ใช้ห่อและในขณะเดียวกันทำหน้าที่เหมือนสารป้องกันการแตกด้วย (anti – cracking agent)

เคยมีการนำอัลจิเนตมาใช้สำหรับการป้องกัน การแช่เยือกแข็งปลา (frozen fish) จากการออกซิเดชั่นและการสูญเสียน้ำ โดยทำให้ชั้นเหนือผิวหน้าของน้ำแข็งคงตัวและทำให้ป้องกันการซึมผ่านจากออกซิเจนได้มากขึ้น

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของอัลจิเนตที่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Gel forming	Pet food Restructured fruit and vegetables Restructured fish and meat Puddings and desserts Cold prepared bakery creams Fruit preparations, bakery jam
Thickening/waterbinding	Tomato ketchup, tomato sauce Soups, sauces Milk shakes
Stabilising	Ice cream Mayonnaise Whipped cream Margarine Salad dressing (PGA) Fruit juice (PGA) Beers, lagers (PGA)
Film forming	Glazes for frozen meat and fish Film coatings for fresh meats Coatings for cakes and cookies

ที่มา : Imeson A. ,1992

ฟิล์มของแคลเซียมอัลจิเนตสามารถปกป้องโครงสร้างเนื้อและก้อนเนื้อ โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำและปรับปรุงลักษณะทางแบคทีเรีย (bacteriological quality) ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ระบบนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพวกผลิตภัณฑ์ สัตว์ปีก และลักษณะเหมือนแฮมเบอร์เกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ขอบเขตในการนำไปใช้ทางด้านอาหาร

Restructured foods	Onion rings Pimiento fillings for olives Fruit fillings Fish, meat and poultry
Pet food	Alginate gelled chunks
Bakery products	Bake-stable filling creams Bake-stable marmalade
Ice cream	Ice cream Sorbet, fruit ices
Jams and marmalades	Yogurt fruit mix Diabetic and low-sugar jam Luxury marmalade
Dressing and sauces (emulsions)	Salad dressings Mayonnaise Ketchup, tomato sauce Low-calorie margarine/spreads
Desserts and dairy products	Instant desserts Jelly, puddings
Toppings, sauces and ripple syrups	
Drinks	Beers, lagers Juice, squash Liquors
Biotechnology	Immobilisation of bacteria and yeast
Feed (part-processed seaweed)	Fish feed

ที่มา : Imeson A. ,1992

2.1.9 สรุป

คุณสมบัติของอัลจิเนตใช้ให้เป็นประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร แสดงในตารางที่ 5 พื้นที่ที่มีการนำอัลจิเนตมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แสดงในตารางที่ 6

ดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ขอบเขตของเทคโนโลยีของเจลของอัลจิเนตยังคงเติบโตขึ้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอาหารจะมีเป้าหมายไปยังผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งต่อเนื่อง และต่อเนื่อง (Continuous)ให้หมดไปจากกระบวนการผลิตแบบแบช(batch) อัลจิเนตจะถูกใช้ในการพัฒนาหลายๆอย่าง เนื่องจากการเกิดเจลของอัลจิเนตสามารถเกิดที่อุณหภูมิห้องได้และกระบวนการเจือปน(sophisticated process) สำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีของเจลอัลจิเนตได้รับการพัฒนามากขึ้นตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ (pet food chunk production)

ตลาดสำหรับการเตรียมอาหารได้แสดงการเพิ่มจำนวนขึ้นมาหลายปีแล้ว และเป็นไปได้มากที่จะเติบโตต่อไปเรื่อย ๆ กับเครื่องไมโครเวฟ (microwave oven) การใช้กว้างขวางมากขึ้นและมีการพัฒนาและเหมาะที่จะใช้ร่วมกันกับเทคโนโลยีการเก็บรักษาแบบเยือกแข็ง สิ่งนี้ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดความต้องการโดยทั่วไปสำหรับไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีของอัลจิเนต เนื่องจากการเกิดเจลของอัลจิเนตและลักษณะการคงตัวต่อความร้อน

เทคโนโลยีเจลของอัลจิเนตมีการพัฒนาสำหรับการตรึง (immobilistion) การใส่แคปซูล (encapsulation)และวัตถุประสงค์อื่นๆในเทคโนโลยีชีวภาพ การพัฒนาใหม่ๆหลายอย่างในด้านเทคโนโลยีชีวภาพสามารถใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การตรึงเซลล์ยีสต์ในเม็ด bead alginate สำหรับผลิตภัณฑ์เบียร์และเอทธานอลได้ดีพอๆกับในการหมักทุติยภูมิของแชมเปญ (Onsøyen,1990) (Imeson A. ,1992)

2.2 เจลาติน (Gelatin)

2.2.1 บทนำ

เจลาติน (gelatin) เป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมที่ต้องการให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเจลาตินส่วนใหญ่ได้มาจากโค กระบือและสุกร มีหน้าที่ในการเพิ่มความหนืดให้แก่ของเหลวให้เกิดเป็นเจลขึ้นมาโดยอาศัย thermo-reversibility , characteristic rheology เจลาตินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทางไม่ว่าจะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารหรือใช้ในส่วนที่ไม่ใช่อาหาร จากรายงานของ Herz (1995) พบว่า ทั่วโลกมีการใช้เจลาตินสูงถึง 200,000 ตันต่อปี โดยเจลาตินที่ใช้ในอาหารมีประมาณ 30,000 ตันต่อปี อุตสาหกรรมยาประมาณ 10,000 ตันต่อปี (Choi และ Regenstein, 2000) และยังใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมภาพถ่าย อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และยังแพร่หลายไปยังกลุ่มคนที่ยังนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ (Yoshimura และคณะ, 2000) เจลาตินสามารถใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ความเหนียวข้นและความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งคุณภาพของเจลาตินขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของคอลลาเจนด้วย โดยทั่วไปแล้วเจลาตินมักทำมาจากหนังและกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Sarabiaและคณะ, 2000)

ความหมาย

เจลาติน มาจากภาษาละติน มาจากคำว่า gelata ซึ่งหมายถึงลักษณะที่แข็งตัวเย็นแข็งหรือเหนียวหนืด (ณรงค์ , 2538) เจลาตินได้จากคอลลาเจนของเนื้อเยื่อในหนังหมู หนังวัว และสารโปรตีนของกระดูก (ossein) โดยการใช้กรดและด่าง และสกัดด้วยน้ำร้อน เจลาตินจึงเป็นสารโปรตีนอย่างหนึ่ง คุณสมบัติของเจลาตินจะแตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุดิบและความแตกต่างของวิธีกระบวนการผลิต เจลาตินมักใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร สารละลายของมันสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเจลด้วยการผันกลับด้วยความร้อน (heat-reversed) ระหว่างการลดอุณหภูมิถึงระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง มันจะสร้างเจลมีลักษณะโปร่งใส สว่างและยืดหยุ่น เจลมักจะละลายใหม่ได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นความแข็งแกร่งของเจลในเจลาตินมีผลต่ออุณหภูมิ ความเข้มข้นของเจลและน้ำหนักโมเลกุล (King และ Shun , 1992)

เจลาตินประกอบด้วยไกลซีน โพรลีนและ4-ไฮดรอกซีโพรลีนเป็นจำนวนมาก โครงสร้างตัวอย่างได้แก่ -Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Glu-4Hyp-Gly-Pro-.

รูปที่ 19 โครงสร้างทางเคมีของเจลาติน

ที่มา : Martin Chaplin (2003)

DGF Stoess (1999) อธิบายว่าเจลาตินที่ได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจากพวกโค กระบือนั้นเป็นเจลาตินชนิดบี โดยมีค่าIEP (Isoelectric point)เป็น 4.9 - 5.2 และมีน้ำหนักโมเลกุลคือ 171 กิโลดาลตัน (kDa)

Foegeding และคณะ (1996) เสนอว่า เจลาตินจะฟอร์มตัวในขณะที่มีการทำให้เนื้อสัตว์สุกด้วยขั้นตอนเพียงง่ายๆ โดยเฉพาะในการแล่หรือหั่นหยาบๆซึ่งจะทำให้ได้คอลลาเจนในปริมาณมาก

คอลลาเจน

เจลาตินผลิตได้จากสารประกอบที่สำคัญคือ คอลลาเจน ซึ่งคอลลาเจนนั้นมาจากภาษากรีกหมายถึง สิ่งที่ให้ผลผลิตเป็นเจลาตินหรือกาว คอลลาเจนจัดเป็นพวกโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำโดยจะไม่ละลายในน้ำเย็น กรดอ่อน ด่างอ่อนแต่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน (Mouton, 1948) และจัดอยู่ในโปรตีนประเภทโครงสร้าง พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่างๆ เช่น หนัง กระดูก เอ็น และเขาสัตว์ โดยคอลลาเจนจะช่วยทำหน้าที่สร้างความแข็งแกร่งและยึดเหนี่ยวส่วนต่างๆไว้ (Devenyi, 1974) ในโครงกระดูกก็พบอยู่โดยตลอดเพราะทำหน้าที่เชื่อมกล้ามเนื้อให้ติดอยู่กับกระดูก (ชัยณรงค์, 2529) คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในร่างกายสูงที่สุดมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาว และหยิกหยอง ซึ่งจะอยู่เป็นเส้นเดี่ยวหรืออยู่รวมกันหลายเส้นก็ได้ คอลลาเจนมีสีขาว มีความยืดหยุ่นต่ำ ส่วนประกอบสำคัญของคอลลาเจนคือ ไกลโคโปรตีน ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลกาแลคโตสและกลูโคสปนอยู่ด้วยเล็กน้อย กรดอะมิโนไกลซีนพบว่ามีอยู่ในคอลลาเจนมากที่สุดคือมีประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในคอลลาเจน เนื่องจากคอลลาเจนจะแปรสภาพเป็นเจลาตินได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน (ชัยณรงค์, 2529) คอลลาเจนจะพองตัวได้ดีในน้ำที่เป็นกรดหรือด่าง จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจำพวกกระดูกปลาจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าในกระดูกปลามีโปรตีนประมาณร้อยละ 40.7 (น้ำหนักแห้ง) และมีคอลลาเจนอยู่ร้อยละ 5.86 (น้ำหนักแห้ง) (Jin Soo Kim และคณะ, 1998) เมื่อนำคอลลาเจนไปต้มน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 60 – 70 องศาเซลเซียสคอลลาเจนจะเกิดการหดตัวเหลือประมาณ 1 ใน 3 ส่วน ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นคอลลาเจนจะถูกไฮโดรไลสให้เป็นเจลาตินที่ละลายน้ำ(เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งจะเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาณการเปลี่ยนเป็นเจลาตินขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ณรงค์, 2538) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้หลายชนิดด้วยกันคือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสมบูรณ์ (connective tissue proper) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันพิเศษ (specialized connective tissue) ซึ่งได้แก่ กระดูกและกระดูกอ่อน กระดูกประกอบด้วยเซลล์ fibrous elements และ ground substance ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เป็นเหมือนกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแต่จะแตกต่างกันตรงที่พวก ground substance ของกระดูกนั้นเป็นแคลเซียมเสียเกือบหมด จึงทำให้กระดูกมีลักษณะเป็นของแข็งสามารถที่จะเสริมสร้างกันเองขึ้นเป็นโครงร่างของร่างกาย ตลอดจนเป็นหลักให้กล้ามเนื้อและเอ็นสามารถยึดติดเข้าด้วยกันจนเป็นรูปร่างของสัตว์ สำหรับกระดูกอ่อนมีส่วนประกอบคล้ายๆกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคือ มีเซลล์และไฟเบอร์รวมตัวกันอยู่ภายใน ground substance ซึ่งเป็น non-cellular elements หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Matrix ซึ่งมีสภาพเป็นกึ่งแข็งกึ่งอ่อน กระดูกอ่อนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษที่สามารถแบ่งออกได้หลายชนิดตามปริมาณคอลลาเจนและอีลัสติน กระดูกอ่อนที่พบมากจะเป็นกระดูกอ่อนที่มีลักษณะคล้ายกระจก พบบริเวณปลายของกระดูกที่ต่อเข้ากันตามข้อต่อต่าง ๆ ซึ่งคอลลาเจนจะมีความสำคัญ ในการเชื่อมเอ็นเข้ากับกระดูกที่พบในช่องระหว่างข้อของกระดูกสันหลัง (พันทวี, 2531)

2.2.2 องค์ประกอบของเจลาตินและคุณค่าทางอาหาร

เจลาตินประกอบด้วยโปรตีน ความชื้น และเถ้าร้อยละ 85-88 8-12 และ 0.2-2 ตามลำดับ (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทยและ FIS, 2539) องค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโน ตัวอย่างชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่พบในเจลาตินที่ผลิตได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 7 ซึ่งทั้งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนสามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำการสกัดและวิธีที่ใช้ในการทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดเป็นสำคัญ (Ward, 1977) นอกจากนี้ในบางครั้งจะมีการใช้วัตถุเจือปนใส่ลงในเจลาตินแห้งเพื่อช่วยในเรื่องการเก็บรักษาด้วย

ในแง่คุณค่าทางอาหาร เจลาตินถือเป็น incomplete protein เนื่องจากในส่วนประกอบของเจลาตินจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นตัวหนึ่งคือ ทริปโตเฟน (Tryptophan) แต่เจลาตินมีปริมาณของไลซีน (Lysine) และเมไธโอนีน(Methionine)อยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งในพวกธัญพืชทั้งหลายจะขาดกรดกรดอะมิโนสองตัวนี้ การรับประทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนประกอบร่วมกับโปรตีนชนิดอื่นๆจะช่วยในการเพิ่มค่า Biological valueให้สูงขึ้น (Brody, 1965) และพบว่าการรับประทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนประกอบรวมอยู่ด้วยในปริมาณเพียงเล็กน้อยคือ ประมาณ 15 กรัมในอาหารแต่ละวันสามารถจะใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนที่ดีได้ และเมื่อนำเจลาตินมาผสมกับ beef protein จะทำให้อาหารมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 84 เป็นร้อยละ 90 (Moulton, 1948) นอกจากนี้เมื่อนำเจลาตินไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น น้ำตาล กลายเป็น gelatin dessert จะทำให้ได้เป็นอาหารลดความอ้วนที่ดี เนื่องจากเมื่อรับประทานเจลาตินเข้าไปร่างกายจะต้องใช้พลังงานในการย่อยมากกว่าพลังงานที่ได้รับ โดยเจลาตินจะให้พลังงาน 3.5 kcal/g และในบางครั้งมีการใช้เจลาตินเป็นยารักษาโรคได้ เช่น โรคเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร แผลเป็นหนอง กล้ามเนื้อไม่ทำงานตามสั่ง (Ockerman,1988)

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนที่พบในเจลาติน ที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่างๆ

Amimo acid	Rabbit skin	Whale skin	Pig skin	Ox skin	Ox bone
Alanine	10.5	11.085	11.17	11.20	11.66
Glysine	32.5	32.6	33	33.3	33.5
Valine	2.07	2.06	2.59	2.01	2.19
Leucine	2.22	2.48	2.40	2.31	2.43
Isoleucine	1.3	1.10	0.95	1.20	1.08
Proline	13.2	12.82	13.19	12.9	12.42
Phenylanine	1.4	1.3	1.36	1.23	1.4
Tyrosine	0.3	0.36	0.26	0.15	0.12
Serine	3.47	4.1	3.47	3.65	3.28
Threonine	2.0	2.4	1.79	1.69	1.83
Cystine	0.05	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amimo acid	Rabbit skin	Whale skin	Pig skin	Ox skin	Ox bone
Methionine	0.54	0.47	0.36	0.55	0.39
Arginine	4.73	5.01	4.9	4.62	4.8
Histidine	0.55	0.57	0.4	0.45	0.42
Lysine	2.74	2.59	2.66	2.78	2.76
Aspartic acid	4.75	4.63	4.58	4.6	4.67
Glutamic acid	6.75	6.96	7.21	7.07	7.26
Hydroxyproline	10.51	8.91	9.07	9.76	9.33
Hydroxylysine	0.44	0.58	0.64	0.55	0.43

ที่มา : Ward (1977)

2.2.3 การสกัด

การปฏิบัติการในการผลิตทุกขั้นตอนทั้งสกัดและสลายด้วยน้ำ (hydrolyze) คอลลาเจนของหนังปลา กระดูกโค กระบือ และหนังสุกร จากนั้นนำมาทำให้เป็นเจลาตินที่บริสุทธิ์ (purification) ต่อมาก็นำมาทำให้เข้มข้นขึ้น (concentration) และมาสู่ขั้นตอนของการทำแห้ง (drying) จะมีทั้งขั้นตอนที่ทำได้ง่ายและค่อนข้างซับซ้อน

เจลาตินที่ก่อตัวกันในระหว่างการปรุงเนื้อตามปกติ โดยเฉพาะที่หั่นแบบหยาบๆจะมีปริมาณคอลลาเจนสูง (Foegeding, et al., 1996) คอลลาเจนเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้ที่สำคัญที่ได้จากการฆ่าสัตว์พวกโค กระบือและสุกรเพื่อเป็นอาหาร(Boehme, 1982) มักพบการนำเอาปลาที่ว่ายน้ำโดยใช้ถุงอากาศมาทำแห้ง กลายเป็นเจลาตินชนิดใสและบริสุทธิ์ (isinglass) (Ockerman, 1991; Lether et al., 1994; Hickman et al., 2000) ในการนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ จะมีความต้องการจากแหล่งหรือกระบวนการผลิตที่จำเพาะเพื่อที่จะให้ได้เจลาตินที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม แต่บางที่ก็จะขึ้นอยู่กับศาสนาด้วยเช่น เจลาตินจากสุกรจะเป็นข้อยกเว้นสำหรับ Halal และ Kosher นอกจากนี้สำหรับปัจจัยอื่นๆ อาจจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนที่มีการเติมสารต่างๆลงไปเพื่อให้ได้เจลาตินชนิดที่ต้องการความแข็งแรง ความหนืดและความสามารถในการดูดซับน้ำ ส่วนเจลาตินชนิดที่สามารถรับประทานได้จะต้องมีพื้นฐานของรสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นกลางๆหรือเหมาะสม (Choi and Regenstein, 2000)

คาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้จะมีการศึกษาลักษณะทางพันธุวิศวกรรมของคอลลาเจน และเจลาตินแต่ในปัจจุบันงานวิจัยที่พบ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุกรรมของสัตว์ซึ่งจะให้คอลลาเจนกับมนุษย์ในการผ่าตัดเคลื่อนย้ายเนื้อเยื่อ (Ferguson, 2001; Fibrogen, 2001)

รูปที่ 20 การผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

2.2.4 กระบวนการผลิตเจลาตินจากปลา

เจลาตินที่สกัดจากหนังปลา (Kosher) ด้วยความร้อนและน้ำและกรดอะซิติก (กรดในน้ำส้มสายชู) เพื่อควบคุมค่าพีเอชแล้วกรองสารสกัดที่ละลายน้ำได้ ต่อมาจึงระเหยแห้ง ทำแห้งและนำมาบดให้อนุภาคมีขนาดมาตรฐาน (40 mesh) แล้วนำมาปั่นและบรรจุ (Kenney and Ross, no date) นอกจากนี้อาจใช้กรดจากอาหารชนิดอื่นได้เช่นกัน เช่นกรดซิตริกหรือกรดแลคติก(Gómez-Guillén, M.C. and P. Montero, 2001) แหล่งที่มาของปลารวมทั้งชนิดของปลาอาจนำมาจากการเลี้ยงหรือจับมาจากแหล่งต่างๆซึ่งไม่ได้กำหนดไว้ นอกจากนี้จะเลือกใช้ปลาชนิดต่างๆกันนั้นโดยนำมาจากปลาที่นำมาเลี้ยงเอาไว้ การไฮโดรไลซ์ที่ในสภาวะที่เป็นด่างอาจเป็นการเร่งกระบวนการนี้และเพิ่มความแข็งแรงของ Bloom แต่โดยส่วนใหญ่จะไม่ใช้ด่างในการผลิตเจลาตินบริสุทธิ์ที่ได้จากปลา แต่สำหรับโซเดียมไฮดรอกไซด์อาจยกเว้นให้ใช้ได้กับบางกรณีเท่านั้น

2.2.5 กระบวนการเตรียมเจลาตินในสภาวะที่เป็นกรดหรือการเตรียมเจลาตินจากสุกร (เจลาตินชนิดเอ)

การเตรียมในสภาวะที่เป็นกรดที่สม่ำเสมอจะใช้สำหรับการเตรียมเจลาตินจากสุกร โดยในขั้นแรกจะกำจัดขนออกจากหนังสุกรก่อนมักใช้วิธีที่อาศัยการควบแน่นของไอน้ำ ใช้ไม้พายยางหรือใช้เปลวไฟ (Farmer, et al., 1982) ต่อมานำหนังสุกรมากำจัดไขมันออกด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การปั่นเหวี่ยงแล้วให้ความร้อนด้วยไอน้ำปรับให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 60-65 องศาเซลเซียสหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 150-160 องศาฟาเรนไฮต์ (Hinterwaldner, 1977a) สำหรับตัวทำละลายที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเช่น เตตระคลอโรเอธิลีน (TCE) อาจนำมาใช้เป็นสารกำจัดไขมันในสัตว์ได้ แต่โดยทั่วไปจะใช้ไอน้ำและกลวิธีอื่นๆมากกว่า เพราะว่าจะปลอดภัยและเป็นวิธีธรรมชาติซึ่งดีกว่าการใช้สารเคมี (Norris, 1982) นอกจากนี้อาจใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดไขมันแล้วผ่านไปยังเครื่องบดสับเนื้อหรือเครื่องแล่เนื้อเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการเท่า ๆ กัน (Keenan, 1994) เมื่อได้หนังออกมาแล้วต่อมาก็นำมาแช่ในกรดแร่ที่นำมาใช้ทางอาหารที่มีพีเอช 1-4 เช่นกรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดฟอสฟอริก(H_3PO_4) หรือกรดซัลฟูริก(H_2SO_4) เป็นเวลา 8-30 ชั่วโมง (Hinterwaldner, 1977b; Keenan, 1994; Cole,2000; Ledward, 2000) วิธีนี้จะทำให้วัตถุดิบขยายตัว 2-3 เท่าของปริมาตรที่เตรียมในข้างต้น(Ledward, 2000) จากนั้นนำหนังสุกรที่เตรียมในสภาวะที่เป็นกรดมาล้างด้วยน้ำเพื่อล้างสิ่งเจือปนต่างๆแล้วนำหนังมาแช่ในน้ำร้อน จากนั้นนำน้ำที่มีสารที่สกัดออกนั้นมากรองผ่านคอลัมน์ที่มีการแลกเปลี่ยนประจุบวกลบเพื่อลดปริมาณเถ้าหรือ ของแข็งและเกลือแร่ลง ต่อมานำสารสกัดเจลาตินมาทำให้เข้มข้นขึ้นโดยการกรองโดยใช้ความดันสุญญากาศหรือใช้อัลตร้าฟิลเตอร์เพื่อให้ได้ความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 15-35 แล้วนำมากรองและปรับให้ได้ค่าพีเอช 3.5-6 แล้วนำมาระเหยแห้งให้ได้ปริมาณของแข็งร้อยละ 50 จึงนำมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 248-303 องศาฟาเรนไฮต์จนครบ 13 นาที ก็นำไปแช่เย็นแล้วอัดเป็นเส้นคล้ายเส้นบะหมี่ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1/8 นิ้ว ทำแห้งผ่านตู้อบ (multi zone oven) ที่อุณหภูมิ 158 องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นบดให้ได้ขนาดอนุภาคตามต้องการแล้วบรรจุ (Hinterwaldner, 1977a) บางครั้งการเตรียมในสภาวะที่เป็นกรดนั้นก็สามารถใช้กับการเตรียมออสซีน(ossein) ซึ่งเป็นโปรตีนจากกระดูกของพวกโค กระบือได้เช่นกันแต่ก็ไม่นิยมใช้กันมากนัก(Paula M. Gilsenan and Simon B. Ross-Murphy ,2000)

2.2.6 กระบวนการเตรียมเจลาตินในสภาวะที่เป็นด่างหรือการเตรียมเจลาตินจากโคกระบือ(เจลาตินชนิดบี)

เจลาตินที่ได้จากโคกระบือจะได้จากคอลลาเจนของสัตว์จำพวกนี้ โดยได้จากส่วนของหนังและกระดูก ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำเอากระดูกมาใช้ในการสกัดเจลาตินถึงร้อยละ 98 ซึ่งจะได้จาก USDA และได้มาจากอาร์เจนตินาร้อยละ 2 (US FDA,1997a) ถ้าใช้หนังที่ฟอกด้วยโครเมียมขั้นต่อมมาก็ต้องกำจัดโครเมียมออกจากหนังด้วย (Rose, 1990) เนื่องจากถ้ามีปริมาณเกลือแร่ในกระดูกมากก็ต้องใช้เวลาในกระบวนการผลิตมากเช่นกัน (Stainsby, 1987) นำกระดูกมาบด แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180-250 องศาฟาเรนไฮต์ นำมาปั่นเหวี่ยงและทำแห้งที่อุณหภูมิ 160-270 องศาฟาเรนไฮต์ โดยสารที่สกัดจากกระดูกนั้นจะต้องกำจัดไขมันออกก่อนที่จะนำมาผลิตเป็นเจลาติน จากนั้นนำผงกระดูกป่นที่กำจัดไขมันออกแล้วมากัดเกลือแร่ออกด้วยกรดไฮโดร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4-6 เป็นเวลา 5-7 วัน แต่หากจะใช้เวลาสั้นกว่านี้ก็สามารถใช้กระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Garono, et al.,1956) กระดูกที่ผ่านการกำจัดเกลือแร่ออกแล้วจะเรียกกันว่า ออสซีน(ossein) นำออสซีนมาล้างด้วยน้ำหลายๆครั้ง ขั้นตอนต่อมาจะเรียกว่ากระบวนการเติมด่างโดยจะเติมสารละลายด่างซึ่งก็ คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1- 4 ลงในออสซีนเพื่อปรับให้ได้ค่าพีเอช 12-12.7 เป็นเวลา 35-70 วัน และเขย่าทุกๆสัปดาห์เพื่อแยกองค์ประกอบที่ไม่ใช่คอลลาเจนออก หลังจากนั้นก็นำออสซีนมาล้างด้วยอัตราความเร็วของน้ำต่อปอนด์ของเจลาตินเป็น 50-100 ปอนด์ ในระหว่างขั้นตอนของการล้างจะเติมกรดแร่ลงไปอาจใช้กรดไฮโดรคลอริก หรือกรดซัลฟูริกเพื่อปรับสารละลายที่มีความเป็นด่างมากจนกระทั่งได้ค่าพีเอช 3 หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการล้างทั้งหมดแล้วสุดท้ายแล้วจะได้ค่าพีเอชในช่วง 5-7 ในขั้นตอนต่อมาก็นำเจลาตินที่สกัดจากออสซีนมากำจัดเกลือแร่ออกด้วยน้ำร้อน ต่อมาก็กำจัดสิ่งเจือปนอื่นๆออกไป ซึ่งจะนำสารละลายเจลาตินที่ยังอยู่ในสถานะของเหลวนั้นมากรองผ่านจานเซลลูโลสหรือจาน diatomaceous earth และตัวกรอง ลดประจุโดยใส่เรซินที่มีประจุบวก-ลบไว้ที่ก้นจานแล้วนำมาระเหยแห้งเพื่อให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ15-45 นอกจากนี้ยังสามารถทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยการกรองอีกด้วยและปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วง 5-7 แล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 280-290 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้เวลา 8-12 นาที ต่อมาก็ให้ความเย็นแล้วค่อยให้ความร้อนโดยใช้ลมร้อนผ่านเป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ได้ขนาด 80-30 เมช(mesh) แล้วบรรจุถุงหรือภาชนะต่างๆ (US FDA, 1997a) ขั้นตอนที่อยู่ในสภาวะที่เป็นด่างจะใช้เวลาประมาณ 20 สัปดาห์ (Poppe, 1997)

2.2.7 การเตรียมเจล

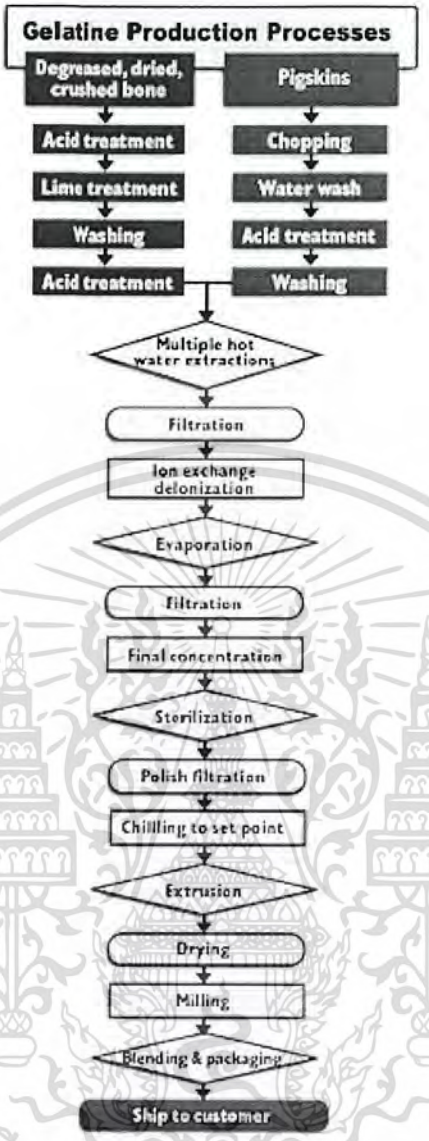
เจลอาจเตรียมได้จากของแข็งหรือของเหลว ส่วนที่เตรียมได้จากของแข็งจะต้องใช้สารพวก macromolecules ที่ดูดน้ำและพองตัวได้ ส่วนที่เตรียมจากของเหลวตัวละลายอาจมีขนาดเล็กเป็นสารละลายอย่างแท้จริง หรือเป็นตัวกระจายที่มีขนาดใหญ่อยู่ในเกณฑ์ของสารคอลลอยด์ก็ได้ อย่างไรก็ตามการที่สารละลายหรือสารคอลลอยด์จะเป็นเจลได้ ตัวละลายจะต้องจับตัวกันเป็นอนุภาคเล็กๆและกระจายไปทั่วระบบก่อน หลังจากนั้นจึงจับตัวกันในสามทิศทางอนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นนั้นอาจอยู่ในรูปของผลึกหรืออสัณฐานก็ได้ ด้วยเหตุนี้สภาวะใดก็ตามที่ทำให้เกิดความอิ่มตัวยิ่งยวด เช่น การลดอุณหภูมิ การระเหยน้ำ การใส่สารบางชนิด หรือการทำปฏิกิริยาเคมีจะเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมเจล หลังจากนั้นจะต้องทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสมเพื่อให้เกิดการสานตัวกันเป็นร่างแห (Dickinson และ Stainsby, 1982) ลักษณะการสานตัวกันอาจเกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ เมื่ออนุภาคมีลักษณะกลมการสานตัวกันอาจจะเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกาะกันเป็นเส้นยาว เมื่ออนุภาคมีรูปร่างยาวรีการสานตัวกันจะเกิดจากปลายแหลมเข้าไปเกาะกับส่วนหนึ่งส่วนใดของอนุภาคอื่นๆ เมื่ออนุภาคมีลักษณะเป็นเส้นยาวแบบ macromolecules การสานตัวกันจะเกิดจากการเรียงตัวกันของส่วนใดส่วนหนึ่งของเส้น ทำให้ส่วนนั้นเกิดเป็นผลึก หรือเกิดจากปฏิกิริยาแบบครอสลิงค์ โมเลกุลจะเชื่อมตัวกันเป็นตาข่ายทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าสูงมากพอจะทำให้เกิดเจลขึ้นได้ แรงที่อนุภาคจับกันนั้นมีทั้งแบบแรงแวนเดอร์วาล (Van der Waals force) และแรงประจุ (polar forces) นอกจากนี้แล้วยังมีโมเลกุลหรืออนุภาคอื่นๆเข้ามาเกาะเกี่ยวด้วยโดยจะเข้าไปเกาะกับอนุภาคที่เกิดเจล เช่น น้ำ เป็นต้น การสานกันนั้นจะเกิดขึ้นทั้งระบบหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความเข้มข้นและวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่ำเกินไปจะเกิดเพียงตะกอนขุ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็นเจลลี่ของสารแต่ละชนิดไม่แน่นอนนัก เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาวะการเตรียม (Weiser, 1969)

เจลาติน หรือที่เรียกว่า ซีโรเจล ซีโรเจลทุกชนิดสามารถดูดตัวทำละลายได้แต่จะพองตัวหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสาร เจลาตินเมื่อดูดความชื้นแล้วจะพองตัวมาก ผลของการดูดน้ำซีโรเจลที่หยุ่นตัวจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้นและทำให้เกิดเจลในที่สุด เมื่อซีโรเจลดูดน้ำและพองตัวทำให้เกิดแรงดันสูงมาก มีการศึกษาเกี่ยวกับการพองตัวของเจลาตินเมื่อมีพีเอชและเกลือชนิดต่างๆ พบว่าการพองตัวจะเกิดขึ้นน้อยที่สุดที่ isoelectric point (พีเอช 4.7) แต่จะพองตัวมากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดนี้ออกไป นอกจากนี้กรดแต่ละชนิดก็มีผลต่อการพองตัวไม่เท่ากันที่พีเอช 3 กรดไฮโดรคลอริกจะทำให้เจลาตินพองตัวได้น้อยกว่ากรดซัลฟูริก แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 3 กรดซัลฟูริกจะทำให้เจลาตินพองตัวได้น้อยกว่ากรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น เกลือก็เช่นเดียวกันมีผลต่อการพองตัวของเจลาติน เกลือบางชนิดทำให้เจลาตินพองตัวมากขึ้นแต่กับบางชนิดทำให้เจลาตินพองตัวน้อยลง สำหรับเกลือโซเดียมจะทำให้เจลาตินพองตัวลดลงตามลำดับดังนี้ $CNS > I > Br > NO_3 > ClO_3 > Cl$ > acetate > citrate > tartrate > SO_4 ผลของเกลือทำให้เจลาตินพองตัวในสารละลายกรดหรือสารละลายด่างน้อยลง (Druyt, 1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21 กระบวนการผลิตเจลาติน

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

2.2.8 การเกิดเจล

ในการนำเจลาตินมาใช้ประโยชน์นั้น คุณสมบัติที่มีความสำคัญมากในการทำหน้าที่ของเจลาตินคือ คุณสมบัติในการเกิดเจล คำว่า "เจล" มาจากภาษาละติน gelare แปลว่าแช่แข็ง ซึ่งหมายถึง การทำให้สารละลายหรือโซล (sol) แข็งตัว เนื่องสารละลายหรือโซลหลายชนิดสามารถเปลี่ยนเป็นเจลได้ถ้ามี อุณหภูมิ ความเข้มข้นและสภาพแวดล้อมอื่นๆเหมาะสม (Dickinson และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stainsby, 1982) สารละลายและโซลเป็นของเหลวโดยมีโมเลกุลหรืออนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ในตัวทำละลาย(น้ำ)สามารถเปลี่ยนรูปได้ตามภาชนะบรรจุ ส่วนเจลโดยปกติจะไม่เปลี่ยนรูปได้ง่าย เนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็งเป็นวุ้น การจะพิจารณาว่าของเหลวเป็นเจลหรือไม่ มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรกเจลจะต้องมีส่วนผสมอย่างน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นของเหลวและอีกส่วนเป็นของแข็ง ประการที่สองเจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง (Kruyt, 1969) เจลาตินแห้งจะมีคุณสมบัติดูดตัวทำละลายได้ดีแล้วจะเกิดการพองตัวและเปลี่ยนเป็นเจลได้ ซึ่งลักษณะนี้จะเรียกว่า "ซีโรเจล" (zerogel)

Weiser(1946) อธิบายว่า โซล หมายถึงของผสมที่มีตัวกระจายตัวเป็นของแข็ง ส่วนตัวทำกระจายอาจเป็นของเหลว ของแข็งหรือแก๊สก็ได้ โซลที่รู้จักกันมากที่สุดเกิดจากตัวกระจายที่เป็นของแข็งและตัวทำกระจายเป็นของเหลว มักเรียกสารคอลลอยด์ชนิดนี้ว่า " colloid sols หรือ sols" สำหรับโซลชนิดอื่นๆจะมีชื่อเรียกต่างกันตามชนิดของตัวทำกระจาย เช่น ถ้าตัวทำกระจายเป็นแก๊สเรียกว่า aerosols และถ้าตัวทำกระจายเป็นน้ำเรียกว่า hydrosols เป็นต้น

ชนิดของเจลมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่เป็นตะกอนเบา (gelatinous precipitates) และชนิดที่เป็นเจลลี่ (jelly) เจลแบบตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นจะเกิดเจลเร็วขึ้นและทำให้น้ำแยกตัวออกมา อย่างไรก็ตามอาจทำให้เกิดเป็นเจลลี่ได้ถ้าความอิ่มตัวยิ่งยวดสูงมากพอและมีการควบคุมอัตราการตกตะกอนให้ช้าลง ตัวอย่างสารที่เกิดเจลแบบนี้ ได้แก่ โครมิกอ๊อกไซด์ ซิลิกา และแมงกานิสอาซีเตด เป็นต้น เจลที่ได้จะไม่หดตัวเมื่อนำไปทำแห้ง ส่วนเจลแบบที่สองเตรียมได้จากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ เป็นเจลที่มีตัวถูกละลายและตัวทำละลายอยู่ทั่วไปทั้งระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีการเชื่อมต่อกันในสามทิศทางอย่างไม่ขาดตอน เมื่อนำไปทำแห้งความหยุ่นตัวยังคงมีอยู่ในหลายโอกาสเมื่อเรียกว่า "เจล" จะหมายถึงเจลลี่ เจลาตินจะจัดอยู่ในประเภทที่สองนี้ และชนิดที่สองคือ เจลลี่ เตรียมจากสารอนินทรีย์จะพบน้อยมากในอาหารเป็นเจลที่เกิดจากอนุภาคที่ดูดน้ำได้ดีโดยสานตัวกันในสามทิศทาง มีลักษณะคล้ายฟองน้ำและดูดน้ำทั้งหมดไว้ เจลชนิดนี้จะเกิดขึ้นกับเกลือบางชนิดเท่านั้น สารอนินทรีย์ที่ให้เจลแบบตะกอนเบาก็อาจเกิดเจลลี่ได้ถ้าสภาวะเหมาะสม (Weiser, 1946) ส่วนเจลลี่ที่เกิดเจลอาจมีรูปร่าง ยาว กลม หรือรูปร่างแบบอื่นๆก็ได้ เจลลี่หลายชนิดมีลักษณะไม่แตกต่างไปจากโซลถ้าตรวจดูด้วยสายตา เช่นโซลของเจลาตินที่เจือจางมีลักษณะไม่แตกต่างกับเจลลี่ที่เกิดขึ้นหลังจากที่ทำให้โซลเย็นตัว ในขณะที่โซลเข้มข้นเกิดเจลอย่างเห็นได้ชัดเจนเจลที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีมีลักษณะใส โซลเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำสามารถเทได้เหมือนของเหลว แต่เมื่อตรวจดูด้วยเครื่องมือที่มีความไวสูงก็พบว่าโซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นต่ำให้ค่าแรงดันไหลต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะของเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าจุดที่โมเลกุลจับตัวกันใช้แรงต่ำมากสามารถแตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อตั้งทิ้งไว้จับตัวกันใหม่ (Kruyt, 1969)

2.2.9 กลไกการเกิดเจล

กลไกการเกิดเจลของเจลาตินจะมีความแตกต่างจากพวกไฮโดรคอลลอยด์อื่นๆ ที่มีต้นกำเนิดมาจากพืชนั่นคือ การเกิดเจลจะไม่ขึ้นอยู่กับพีเอช และไม่จำเป็นต้องมีสารอื่นๆมาเกี่ยวข้องในการเกิดเจล เช่น น้ำตาล เกลือ divalentions เป็นต้น เมื่อทำให้สารละลายเจลาตินเย็นตัวลงจะทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้นและจะผ่านจากช่วงที่เรียกว่าโซลไปเป็นเจล ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อเจลาตินมีความเข้มข้นที่เพียงพอและอุณหภูมิที่จะทำให้เย็นต่ำกว่าจุดหลอมเหลว การเกิดเจลในขั้นตอนแรกต้องมีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนจะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปที่เรียกว่า "การเปลี่ยนสภาพ" (denature) การเปลี่ยนสภาพของโปรตีนแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือในระยะแรกโมเลกุลโปรตีนยืดตัวออกแล้วจะจับตัวกันอย่างช้าๆ โดยใช้พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิกหรือพันธะไฮโดรโฟบิก และจะมีการจัดรูปร่างในลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายในสามทิศทาง บริเวณที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เหล่านั้นเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายในสามทิศทางจะเรียกว่า "junction zone" การเกิด junction zones และพันธะที่เป็นอิสระแต่ละพันธะในบริเวณ junction zones จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจล โดยความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับกันมีระยะสั้นมากการจับกันจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลจะถูกทำลายได้ง่ายเพียงควนเบาๆ หรือใช้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ในทางตรงข้ามถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะยาวมากการจับตัวกันจะแข็งแรงมากเจลจะทนความร้อนได้ดี (Whistler และ Daniel, 1990)

พันธะที่เกี่ยวข้องใน junction zones มักเป็นพันธะ non-covalent เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก พันธะ Hydrophobic interaction เป็นต้น (รุ่งนภา , 2547)

2.2.10 การทำให้เจลาตินบริสุทธิ์

บางครั้งจะมีการเติม diatomaceous earth ลงไปในสารละลายเจลาตินด้วย โดย diatomaceous earth จะทำหน้าที่เป็นสารฟอกสี ทำให้สารละลายเจลาตินที่ได้มีความใสขึ้น นอกจากนี้ในงานวิจัยบางครั้งได้มีการใช้ activated carbon เป็นสารฟอกสี โดยใช้ในปริมาณ ร้อยละ 5 ในสารละลายเจลาตินที่มีอุณหภูมิ 55 – 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 – 6 ชั่วโมง และสารเหล่านี้จะถูกกำจัดออกโดยการกรอง การกรองยังมีส่วนช่วยกำจัดสิ่งแขวนลอยที่ไม่สามารถละลายได้ เช่น ไขมัน หรือพวกเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่สามารถละลายได้ ทำให้ช่วยเพิ่มความใสให้กับสารละลายเจลาตินได้ โดยมากสารละลายเจลาตินที่ได้มักจะกรองได้ยากเนื่องจากจะทำให้เกิดการอุดตันที่รูของเครื่องกรอง (Ockerman, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.11 คุณสมบัติและการทดสอบคุณภาพของเจลาติน

Budavari (1996) อธิบายว่า เจลาตินไม่มีรสและกลิ่น (Food Chemical Codex, 1996) สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี จะสังเกตได้ว่าเจลาตินจะไม่ค่อยมีสีหรือสีออกเหลืองค่อนข้างใส เปราะ ไม่มีสี กลิ่นและรส มีลักษณะเป็นแผ่น เป็นชิ้นเล็กๆหรือมีลักษณะเป็นผง ซึ่งจะละลายในน้ำร้อน กลีเซอรอลและกรดอะซิติกจะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์

Ockerman(1988) อธิบายว่า เจลาตินมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดังนี้คือ เป็นของแข็งลักษณะโปร่งใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ มีความหนาแน่น 1.3-1.4 kg/l เจลาตินไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดน้ำและเกิดการพองตัว เมื่อนำมาให้ความร้อนจะเกิดการละลายได้นอกจากนี้เจลาตินยังสามารถละลายได้ในพวก polyhydric alcohol เช่น กลีเซอรอล (glycerol) หรือโพรพีลีนไกลคอล (propylene glycol) แต่ไม่สามารถละลายในสารละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน (benzene) อีเธอร์(ether) อะซีโตน(acetone) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbon tetrachloride) เจลาตินมีคุณสมบัติเป็น amphoteric คือเป็นได้ทั้งกรดและด่างขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำที่ใช้ในการทำสารละลาย คุณสมบัติด้านความแข็งแรงของเจล (gel strength) และความหนืด (viscosity) เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญที่สุดของเจลาตินในการทำหน้าที่เป็นสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ เจลาตินที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงมักจะให้ค่าความหนืดสูงด้วย ซึ่งจะทำให้เจลาตินสามารถฟอร์มตัวเป็นเจลได้เร็ว เจลาตินที่มีค่าความหนืดต่ำจะทำให้เจลาตินละลายได้เร็ว ดังนั้นในการแบ่งเกรดเจลาตินมักจะใช้คุณสมบัติที่สำคัญสองอย่างดังกล่าว แต่เจลาตินที่มีเกรดแตกต่างกันก็สามารถที่จะทำการผสมรวมกันได้เพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เจลาตินในทางการค้าจะมีปริมาณของโปรตีนบริสุทธิ์ในปริมาณสูง โดยมีองค์ประกอบโดยประมาณดังนี้ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจนร้อยละ 50.5 6.8 17.0 25.2 ตามลำดับ

เจลาตินจะขยายตัวหรือพองตัวและดูดซับได้ 5-10 เท่าของน้ำหนักของน้ำเพื่อก่อเจลในสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส เจลาตินที่สกัดได้จากปลาจะมีช่วงที่จะเปลี่ยนเป็นเจลคือที่อุณหภูมิระหว่าง 5-10 องศาเซลเซียส (Food Chemical Codex, 1996) โดยเจลเหล่านี้จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นภายใต้สภาวะกดดันหรือมีความเครียด (Thioxotrophic) และการผันกลับได้ด้วยความร้อน นอกจากนี้เจลาตินยังมีโครงสร้างของโปรตีนเฉพาะอีกด้วยซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติในหลายๆ ด้านด้วย (Hudson, 1994) โดยที่โปรตีนเหล่านี้จะก่อตัวกันเป็นสารประกอบที่เป็นเกลียวสามในสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ (Veis, 1965)

เจลาตินเป็นพวกแอมโฟเทอริก (Budavari, 1996) นั่นก็คือไม่ได้ทั้งกรดและด่างแต่จะขึ้นอยู่สภาพโดยปกติของสารละลาย สำหรับค่าพีเอชที่ประจุของเจลาตินในสารละลายเป็นกลางพบว่าจะเท่ากับค่าไอโซอิเลคทริก (Isoelectric point) ซึ่งค่าไอโซอิเลคทริกของเจลาตินจะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 4.8-9.4 โดยเจลาตินจะอยู่ในกระบวนการที่มีสภาวะเป็นกรดซึ่งจะมีค่าไอโซอิเลคทริกสูงกว่าในสภาวะที่เป็นด่าง (Poppe, 1997)

เจลาตินจะก่อตัวเป็นเจลที่ความเข้มข้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ในขณะที่ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4-8 สำหรับค่าพีเอชของสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบของเจลาตินชนิดเอและชนิดบีจะอยู่ในช่วง พีเอช 4.5-6 และ 5-7 ตามลำดับ (US FDA, 1997a) ค่าBloom เป็นค่าดัชนีที่กำหนดขึ้นเพื่อวัดค่าความแข็งแรงของเจล (Bloom, 1925) สำหรับเจลาตินที่ใช้ในทางการค้าจะมีค่า Bloomตั้งแต่ 90 ถึง 300 กรัม (Igoe, 1983)

2.2.12 ประโยชน์ของเจลาติน

คุณสมบัติทางกายภาพของเจลาติน ที่ผลิตได้จากกระดูกสัตว์จะมีความแตกต่างจากเจลาตินที่ผลิตได้จากหนังสัตว์ ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน โดยเจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมถ่ายรูปและอุตสาหกรรมยา ส่วนเจลาตินที่ผลิตได้จากหนังสัตว์ส่วนมากจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร(ชิดชมและคณะ, 2534) นอกจากนี้พบว่า เจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกโค กระบือการเกิดเจล bloom index และค่าการละลายจะมีราคาที่แพงกว่าที่ได้จากหนัง เนื่องจากในกระบวนการผลิตจะมีความยุ่งยากมากกว่า คือจะมีกระบวนการกำจัดไขมันออก (degreasing) และกำจัดแร่ธาตุ (demineralization) ออกจากวัตถุดิบร่วมด้วย เหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเจลาตินที่ผลิตได้จากหนัง

การประยุกต์ใช้เจลาตินในอาหารและอุตสาหกรรมทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยมักเกี่ยวข้องกับแหล่ง กระบวนการ ส่วนประกอบ โครงสร้าง หน้าที่และคุณสมบัติ อันได้แก่ การเกิดเจล bloom index และค่าการละลาย Jae(1998) ตัวอย่างการนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

2.2.12.1 ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

Ingravid (2003) กล่าวว่า เป็นที่น่าสังเกตว่ามีการนำเจลาตินมาใช้ประโยชน์ในทางอาหารมากมาย ซึ่งเจลาตินนี้อาจทำหน้าที่เป็นเจลเป็นสารที่ทำให้เกิดฟองและการให้อากาศ รักษาคุณสมบัติคอลลอยด์ เป็นสารที่ทำช่วยผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้าด้วยกัน สร้างฟิล์ม ทำให้เป็นสารที่เข้มข้นขึ้น ช่วยในกระบวนการต่างๆ หรือเป็นสารให้ยึดเกาะของสารอื่น และในบางส่วนของการนำไปใช้นี้ อาจได้รับประโยชน์จากเจลาตินในหลายบทบาทก็ได้ ในขณะที่ไอศครีมเจลาตินจะสามารถควบคุมการสร้างผลึกของน้ำแข็ง ทั้งในโยเกิร์ตและไอศครีมเนื่องจากมีลักษณะเป็นของหวานที่มีนมเป็นส่วนประกอบหรือเป็นลูกกวาดที่เป็นน้ำแข็ง โดยการละลายของเจลาตินจะเกิดที่อุณหภูมิของร่างกาย ซึ่งจะสัมผัสถึงรสชาติครีมได้อย่างสม่ำเสมอและปลดปล่อยรสชาติและกลิ่นหอมออกมาได้อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาตินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

พบว่ามีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีลักษณะเป็นวุ้นหลายชนิด หน้าที่หลักคือการดูดซับน้ำของเนื้อสัตว์ทำให้เกิดรูปแบบและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ต่างๆขึ้นมาซึ่งจะต่างจากส่วนอื่นๆ

เครื่องดื่ม

เจลาตินจะไปช่วยให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อน และยังสามารถใช้เพื่อเร่งให้เกิดการตกตะกอนที่ยังไม่บริสุทธิ์ในระหว่างการผลิต ไวน์ เบียร์ เหล้าแอปเปิ้ลและน้ำผลไม้ เพราะฉะนั้นจึงมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานบนหิ้งที่เก็บอย่างเหมาะสม ในที่ปราศจากความชื้น สะดวกต่อการควบคุมเตรียมได้เร็วและมีความใสแวววาว

รูปที่ 22 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในไวน์

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

มีไขมันต่ำและมีส่วนผสมของนมหรือครีม

ส่วนผสมที่เป็นเจลาตินมีประโยชน์ในการผลิตของอาหารที่มีครีมและนมเป็นองค์ประกอบ เช่น มาการีน

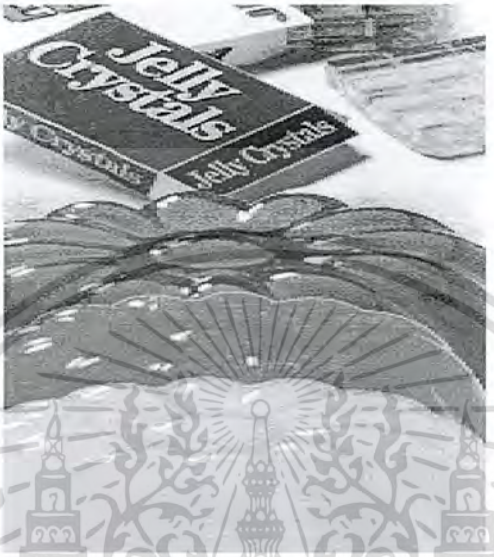
รูปที่ 23 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในมาการีน

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนมหวานที่มีเจลาตินเป็นองค์ประกอบ

เจลาตินมีบทบาทเช่นนี้มาหลายยุคหลายสมัยแล้ว เมื่อย้อนกลับไป ค.ศ. 1845 เมื่อได้รับความคุ้มครองจากสิทธิบัตรของอเมริกาเป็นเวลามากกว่า 150 ปี มาแล้ว ก็คงมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 24 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในวุ้น
ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

การทำเป็นลูกกวาดหรือของหวานอื่นๆ

เช่นทำมาจากน้ำตาล น้ำเชื่อมข้าวโพด และน้ำ สารเหล่านี้เติมลงไปเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส สี และการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ของสาร นิยมนำเจลาตินมาผลิตเป็นลูกกวาด เนื่องจากมีลักษณะเป็นเจล ฟอง หรือ เป็นของแข็งเพื่อทำให้เป็นชิ้น ซึ่งละลายได้อย่างช้าในปาก แล้วค่อยๆ ปล่อยรสชาติและจะสัมผัสรับรู้ถึงรสชาติของลูกกวาดนั้น

รูปที่ 25 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในเยลลี่
ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จากนม

เจลาตินที่เติมลงไปเพื่อทั้งปรับเนื้อสัมผัสและเป็นสารที่ให้ผลิตภัณฑ์คงตัวในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิดรวมทั้งพวกโยเกิร์ตและในไอศกรีม ในโยเกิร์ตเติมเจลาตินลงไปทำให้สามารถเลี่ยงการเกิดลักษณะผิวสัมผัสซึ่งปกคลุมด้วยแป้ง

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีหลายรูปแบบ เมื่ออยู่ในน้ำจะช่วยให้โปรตีนละลายน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งมีผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ใช้กันมากในอาหารเพื่อให้ข้น เกาะตัวกัน ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล ควบคุมผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่แข็งและไอศกรีม ป้องกันการแตกตัวของอิมัลชัน และใช้เป็นอาหารลดพลังงานมักใช้ร่วมกับเจลติน (Whistler และ Daniel, 1990)

Zahoruiko และคณะ (1998) ศึกษาวิธีการเตรียมเจลาตินสำหรับใช้เป็นวัสดุทำให้ไวน์ใส โดยการสกัดของเจลาตินที่พีเอช 5.0-6.0 โดยมีส่วนผสมของเอธานอลซึ่งวิธีการนี้จะให้ประสิทธิภาพของการทำให้ไวน์ใสและคงตัวอยู่ได้

Keogh และ Kennedy (1998) ศึกษาลักษณะการไหลของการกวนโยเกิร์ตโดยการเติมไขมันนม Na caseinate และเจลาติน (4 bloom strengths) แป้ง หรือ xanthan gum/LBG 50:50

รูปที่ 26 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในไอศครีม

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่27 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในขนมเค้ก

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

2.2.12.2 ใช้ในอุตสาหกรรมยา

Ingravid (2003) เสนอว่า การนำเจลาตินมาใช้ในการปรุงยาทางเภสัชกรรมต่างๆ นั้นมีมาตั้งแต่ก่อนศตวรรษที่ 19 ถึงวันนี้รูปแบบการใช้เจลาตินในการปรุงยาเป็น 2 ส่วน คือ ทำเป็นแคปซูลที่มีความแข็งและส่วนของแคปซูลที่มีนิ่มยืดหยุ่น ซึ่งเป็นที่รู้จักกันคือ เจลที่มีความอ่อนนุ่มยืดหยุ่น (softgel)

แคปซูลแข็ง

การผลิต hard capsule ประกอบด้วยการจุ่มเข็มเขี่ยเชื้อราลงในสารละลายเจลาตินอุ่นๆ ทำให้แห้งแล้วเอาเข็มออก จากนั้นทำการหุ้มแล้ส่งต่อ hard capsule มักทำในรูปที่ปราศจากความชื้น

เจลที่อ่อนนุ่มยืดหยุ่น

กระบวนการผลิตเจลาตินที่อ่อนเริ่มด้วยการสร้างแผ่นเจลาตินบางๆ 2 ชั้น แต่ละแผ่นนั้นเจลสามารถทำให้สารอื่นรวมตัวเข้ากันได้ในการปรุงยา ควบคุมรสชาติและกลิ่นหอมที่ยังไม่สม่ำเสมอให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอได้กลิ่นรสที่ต้องการ

นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการผลิตยาเหน็บทวารหรือช่องคลอด ฟองน้ำสำหรับศัลยกรรม และอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 28 การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในแคปซูล
ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

รูปที่ 29 การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในยา
ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เครื่องสำอาง

มีการนำเจลาตินมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางหลายชนิดและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นส่วนผสมในครีมสำหรับผิวหน้า โลชั่น แชมพู สเปรย์ตัดแต่งทรงผม กันแดด และเกลือโรยน้ำอาบให้หายกระ ด่าง หรือให้มีกลิ่นหอม และฟองน้ำ

รูปที่ 30 การใช้เจลาตินเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง
ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12.3 ใช้ในอุตสาหกรรมถ่ายภาพ

เจลาตินที่ใช้ในการถ่ายภาพ

ช่วงถ่ายภาพหลายคนไม่ได้มีการระมัดระวังว่าระดับของเจลาตินที่บริสุทธิ์เป็นพิเศษ นั้นมีผลต่อรูปถ่าย

การหมุนเพื่อให้แสงผ่านเข้าไปได้ สำหรับฟิล์มถ่ายรูปที่ยังไม่ได้รับการพัฒนานั้นจะประกอบด้วยฟิล์มที่สามารถลอกออกได้ทั้ง 2 ข้างกับสารเคมีที่หุ้มแต่ด้านข้างเอาไว้ อาจมีชั้นอยู่ภายใน 20 ชั้นหรือมากกว่านั้น มีความหนาต่ำกว่า 100.000 นิ้ว ชั้นที่เกิดขึ้นนั้นส่วนประกอบหลักคือ ผลึก silver halide ที่ไวต่อแสงซึ่งมีขนาดเป็นเม็ดเล็กมาก

ในกลางศตวรรษที่ 19 ได้มีการค้นพบว่าเจลาตินมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมชั้นเหล่านี้เอาไว้ภายในฟิล์มทำให้มั่นใจได้ว่าสาร halide หรือสารกระตุ้นอื่นๆนั้นมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ เกิดการลอยตัวและทำให้คงตัว เจลาตินจะเชื่อมสารเหล่านั้นใน photo salt , silver และเจลาตินเป็นหัวใจสำคัญในการผสมสารและการขนส่ง สำหรับอุตสาหกรรมฟิล์มนี่คือเหตุผลของเมื่อก่อนศตวรรษที่ 20 ภาพยนตร์ฮอลลีวูด ถูกกล่าวว่าเป็นการแสดงบนจอเงินอย่างไรก็ตามคุณสมบัติการเชื่อมของเจลาตินในการผลิตม้วนฟิล์ม สำหรับคุณสมบัติในการไปใช้ประโยชน์อื่นอีกนี้นั้นยังคงรุนแรงสำหรับภาพถ่าย หลังจากการถ่ายภาพจะนำเจลาตินมาช่วยในภาวะที่ทำให้ภาพค่อยๆปรากฏชัดขึ้นและในการพิมพ์ภาพถ่ายนั้นออกมา นอกจากนี้กระดาษที่พิมพ์ภาพถ่ายออกมานั้นก็มีส่วนของเจลาตินมาหุ้มกรดาษไว้เช่นกัน ซึ่งเป็นความสามารถของเจลาตินทำให้เพิ่มความมั่นใจให้กับปฏิกิริยา Photochemical

มีเพียงน้อยคนที่ระวังเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างรูปถ่ายที่พกไว้ในกระเป๋าสตางค์ หรือกระเป๋าสะพายหรือสิ่งอื่นๆ เช่นเดียวกับชามเยลลี่ ขนมพวกมาร์ชเมลโล แคปซูลยาหรืออุตสาหกรรมสุกรและโค กระบือ

เจลาตินสำหรับการใช้ในทางด้านการถ่ายภาพนั้นมักทำมาจาก ossein (สารโปรตีนของกระดูก) ซึ่งสกัดมาจากกระดูก

ประโยชน์จากเจลาตินที่นำมาใช้ทางกายภาพ คือ กระดาษ อาจมีสีสันหรือสีขาวดำ นอกจากนี้ยังนำมาทำเป็นฟิล์ม 35 mm APS ภาพยนตร์ ศิลปะ และ เอกซเรย์(Ingravid ,2003)

Satas (1991) เสนอว่า ในอุตสาหกรรมถ่ายภาพจะใช้เจลาตินในการทำ baryta-coated paper และใช้ในการเคลือบฟิล์ม เนื่องจากฟิล์มจะมีพวกที่ไวต่อแสงคือ silver reagent รวมอยู่ด้วย เจลาตินจะใช้เป็นตัวควบคุมขนาดของ silver halide ที่ได้รับ นอกจากนี้ยังใช้ในการทำแผ่นกรอง (filter) สำหรับ ไฟสาด (spot lights) และกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 31 การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในฟิล์มถ่ายภาพ

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

รูปที่ 32 การใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบในแผ่นภาพถ่าย

ที่มา : http://www.gelatin-gmia.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12.4 ใช้ในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ในห้องปฏิบัติการ จะมีการใช้เจลาตินทำเป็นอาหารในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ และใช้วัดประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ (Bronson,1950)

2.2.12.5 ใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ

ตัวอย่างในการใช้เจลาตินในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ใช้ในการทำดินปืนเพื่อทำให้เกิดควันน้อยๆ ใช้ในยาฆ่าแมลงแบบที่ใช้พ่นเพื่อให้คงความเป็นผง ใช้ผสมในอาหารสัตว์ ใช้เป็นตัว adhesiveสำหรับแสตมป์และกระดาษเป็นต้น (Bronson,1950)

2.2.13 ผลกระทบของเจลาตินต่อสุขภาพของมนุษย์

เจลาตินจากปลาอาจมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อ *Clostridium botulinum* และเมื่อมีการบริโภคเจลาตินจากปลาอาจมีผลทำให้เกินอันตรายถึงแก่ชีวิตได้จากโรค botulism (Miller, 1975) แต่อันตรายเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นหากว่ามีกระบวนการผลิตที่ดี

สำหรับผลกระทบอีกอย่างที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์ก็คือ อาจกระตุ้นทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ขึ้น พบว่าเจลาตินจากทั้งโค กระบือ สุกรและปลานั้นได้มีรายงานว่าสามารถเป็นสาเหตุของการเกิดอาการภูมิแพ้ได้ทั้งนั้น (Sakagushi, Hori, Ebihara, et al., 1999) มีรายงานว่าโปรตีนจากปลาอาจเป็นสาเหตุของอาการภูมิแพ้ซึ่งจะไม่มีอาการรุนแรงมากนัก (Aas, 1966) แม้ว่าอาจจะไม่แสดงอาการภูมิแพ้ แต่ที่ฉุงบรรจุสินค้าเหล่านี้จะระบุไว้ว่ามีส่วนผสมของเจลาตินอยู่ด้วย (Taylor and Hefle, 2001) สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการแพ้ปลาเปิดเผยว่าเจลาตินจากปลาก็มีผลต่ออาการแพ้ได้เช่นกัน การระบุส่วนผสมของเจลาตินนั้นมีความจำเป็นมากแม้ว่าจะมีปริมาณของสารตัวนี้เพียงเล็กน้อยก็ตาม(Taylor and Hefle, 2001) สารที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้และการเกิดปฏิกิริยาต่อผู้ป่วยนี้จะต่างกันไปซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของปลา (de Martino, et al., 1990) แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้เจลาตินเป็นวัคซีนและสารที่ใช้บำบัดโรคเช่นกัน ซึ่งมีผลต่อการเกิดอาการแพ้โดยทันทีรวมถึงอาจเกิดอาการช็อคจากภูมิแพ้นี้ได้ เมื่อมีการให้วัคซีนกับผู้ป่วยผู้ที่เพิ่งทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนผสมมาไม่นาน (Sakagushi, et al., 1996; Wahl and Kleinhans, 1989; Kelso, et al., 1993) ปฏิกิริยาที่สังเกตได้จากทั้งเจลาตินจากโค กระบือ (Sakagushi, Hori, Ebihara, et al., 1999; Sakagushi, Hori, Hattori, et al., 1999) และเจลาตินจากปลา(Sakagushi, Toda, et al., 2000) ในทางการค้าจะนำส่วนผสมของเจลาตินมาผลิตเป็นลูกกวาดแบบนุ่มๆ กัมมี่ ซึ่งจะพบว่าบริโภคอย่างแพร่หลายตั้งแต่ประมาณปี 1992 (Keenan, 1994) การทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเจลาตินเพิ่มขึ้นได้มีการนำหลักการนี้มาทำเป็นวัคซีนใช้ในประเทศญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มเจลาตินในลูกกวาดสำหรับเด็กด้วย (Nakayama; Aizawa and Kuno-Sakai, 1999) สำหรับผู้ป่วยผู้ใหญ่ก็จะมีปฏิกิริยาคล้ายคลึงกัน(Sakagushi, Kaneda and Inouye, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่สุดสุขภาพของมนุษย์ก็มีความเกี่ยวข้องกับ การนำเจลาตินมาใช้เป็นวัสดุในการตรวจสมองด้วยการดูจากภาพเอกซเรย์(Mad Cow Disease) จากการที่เชื้อเข้าสู่ร่างกายสัตว์ตลอดจนถึงในการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์และในกระบวนการผลิต(US FDA, 1997a) แต่ FDA ไม่มีรายงานว่าการแพร่ของเชื้อ BSE เข้าไปในสัตว์พวกโค กระบือจนกระทั่งเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินจะมีความเสี่ยงต่อมนุษย์อย่างไร แต่ก็มีข้อห้ามสำหรับการนำเอาผลพลอยได้ของสัตว์จากการผลิตเจลาตินถ้าหากสัตว์เหล่านี้ได้รับเชื้อ BSE (Ledward, 2000)

2.2.14 การเปลี่ยนแปลงของเจลในการอาหารประกอบ

ในการประกอบอาหารจำพวกเจลจะพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอนับตั้งแต่การเปลี่ยนโซลไปเป็นเจลจนกระทั่งหลังจากเกิดเจลแล้ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ประกอบด้วย

2.2.14.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลของสารหลายชนิดทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นเรียกว่า "ความร้อนแฝงของการเกิดผลึก" สารละลายของกลุ่ม macromolecules จะให้ความร้อนเสมอเมื่อเปลี่ยนจากโซลไปเป็นเจล แต่จะไม่พบในสารละลายเข้มข้นที่มีคุณสมบัติเป็น thixotropy (Weiser, 1946)

2.2.14.2 การเปลี่ยนแปลงความใส

โซลหลายชนิดเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านแสงเข้าไปจะปรากฏเป็นลำแสง แสดงว่ามีการสะท้อนแสงเกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่พบเสมอในเจลที่เกิดจาก macromolecules ถ้าจุดที่อนุภาคจับตัวกันเป็นผลึกมีขนาดใหญ่กว่าคลื่นแสง มีผู้พบว่าน้ำที่เกาะอยู่กับผลึกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความใสมาก ถ้าผลึกที่เกิดขึ้นมีน้ำเกาะอยู่มากความใสของเจลจะไม่แตกต่างไปจากโซลมากนัก ฉะนั้น macromolecules ที่มีพีเอชอยู่ใกล้จุด isoelectric point เมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นมาก แต่จะขุ่นน้อยลงเมื่อพีเอชอยู่ห่างจากจุดนี้ออกมา(Weiser, 1946; Kruyt, 1969)

2.2.14.3 การเกิดเจลไม่สมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลนั้นจะต้องใช้เวลามาก ถ้าระหว่างที่ปล่อยให้เกิดเจลนั้นมีการกระทบกระเทือน เช่น มีการเคลื่อนที่หรือมีการกวนเจลที่เกิดขึ้นจะแตกออก ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากตั้งทิ้งไว้ไม่นานเจลจะแตกออกเป็นโซล แต่ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากที่ตั้งไว้นานพอสมควร เจลจะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆและไม่สามารถรวมกันเป็นเจลได้อีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ การกระทบกระเทือนเป็นการขัดขวางมิให้อนุภาคจับตัวกันได้สะดวกจึงเกิดเจลไม่สมบูรณ์ (Weiser, 1946)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.14.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงโซลไปเป็นเจลมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย โซลของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะลดปริมาตรลง ในขณะที่โซลของเมทิลเซลลูโลสเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะเกิดขึ้นเสมอถ้าการเกิดเจลนั้นมีการเกิดผลึก สำหรับโซลแบบ thixotropy จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากไม่เกิดผลึก (Kruyt, 1969)

2.2.14.5 การเกิดเจลที่ซับซ้อน

เจลที่เตรียมเพื่อใช้เป็นอาหารมีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากมีการใส่สารอื่นๆนอก เหนือไปจากสารเกิดเจล เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจใช้สารเกิดเจลมากกว่า 1ชนิด โครงสร้างของเจลที่ได้มีทั้งเจลเนื้อเดียว(single-component gel) เจลเนื้อผสม (mixed gel) และเจลเนื้ออื่นผสม (filled gelหรือ composite gel) (Blanchard และ Mitchell, 1988)

2.2.14.6 การคายน้ำ

การคายน้ำ (synerasis) เป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ เป็นการหดตัวของเจลทำให้เกิดแรงบีบจนกระทั่งคายน้ำออกมา (Weiser, 1946) มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมจากสารอนินทรีย์มากกว่าเจลลี่จาก macromolecules เจลที่เตรียมใหม่ๆ การจัดตัวกันของโครงสร้างยังไม่สมดุล การเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นต่อไปอีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ (aging) โมเลกุลบางส่วนอาจขาดออกจากกันเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการทำงานของกรดที่มีอยู่หรือโมเลกุลบางส่วนได้จับตัวกันเกิดเป็นผลึกเพิ่มขึ้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนัก การแยกตัวของน้ำจะมีมากหรือน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจล และความเร็วของการเปลี่ยนโซลเป็นเจลมักจะไม่เกิดขึ้นกับเจลที่มีความเข้มข้นสูงและโซลที่เปลี่ยนเป็นเจลอย่างช้าๆ การใส่สารที่ช่วยให้เจลพองตัวมากขึ้นจะช่วยให้การคายน้ำลดลง (ณรงค์, 2538)

2. 2.14.7 การดูดซึมที่ผิดปกติ

เมื่อนำเจลมาระเหยน้ำออกจากเจลจะมีการหดตัวมาก โดยเฉพาะเจลจากสารอินทรีย์ เช่น วุ้น เจลาติน เคซีน เป็นต้น แสดงว่าโมเลกุลที่ทำให้เกิดเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือเจลจะงอตัวได้น้อยลง เจลจากเซลลูโลสหรือเจลาตินจะมีลักษณะกรอบแสดงว่าโมเลกุลในเจลได้เกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลมาทำให้แห้งและจุ่มน้ำสลับกันหลายๆ ครั้ง เมื่อนำเจลมาจุ่มน้ำแต่ละครั้งการพองตัวจะเกิดขึ้นแต่จะน้อยลงกว่าเดิมเรื่อยไป การเปลี่ยนแปลงของเจลที่มีผลให้การดูดน้ำลดลงเช่นนี้เรียกว่า “hysteresis” แสดงว่าการหดตัวแต่ละครั้งจะมีผลในการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้นทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้น น้ำจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปได้สะดวกนัก (ณรงค์, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhi-peng Xie และคณะ(2002) ได้ศึกษาการก่อตัวของเซรามิก (ceramic) โดยพื้นฐานและกระบวนการเกิดเจลของเจลาตินและโซเดียมอัลจิเนต พบว่ามีการนำโพลีเมอร์ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายมาทำให้สารแขวนลอยพวกเซรามิกและอลูมินา (alumina) สามารถรวมตัวกันได้ ในกระบวนการนี้ได้ศึกษาลักษณะการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนต และในกรณีนี้จะมีการนำ chelator มาใช้ซึ่งเป็นการรวมกันของไอออนอิสระของแคลเซียมในสารประกอบเชิงซ้อน chelate เพราะฉะนั้นจะหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาระหว่างไอออนของแคลเซียมและโซเดียมอัลจิเนต ในระยะก่อนการก่อตัว โดยการเติมกรดเฮกเซนไดโออิก (Hexanedioic acid) จากนั้นไอออนของแคลเซียมจะถูกปล่อยออกมาจากสารประกอบเชิงซ้อน chelate อย่างช้าๆ ซึ่งทำปฏิกิริยากับโซเดียมอัลจิเนตและมีผลในการเกิดเจล เทคนิคใหม่นี้จะนำมาใช้สำหรับการคิดค้นหาองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีรูปร่างคล้ายตาข่าย

Alejandra และคณะ(2002) ได้ทำการศึกษาถึงรูปแบบการพองตัวของแป้งข้าวโพดในระบบการทำงานแบบ batch โดยพิจารณาถึงผลกระทบของซูโครสและไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยแป้งเป็นหลัก เพื่อปรับความคงตัวและเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่จำเพาะ ในการกวนแบบ batch ด้วยอุณหภูมิของ jacket ที่คงที่ แซนแทนกัม (Xanthan gum) กัวกัม (Guar gum) และโซเดียมอัลจิเนต 1 % w/w นำมาเติมลงในแป้งข้าวโพด 10 % w/w และซูโครส 15% w/w ในสารละลายเพื่อทดสอบผลกระทบของสารเหล่านี้ต่อการขยายตัวของอนุภาค อุณหภูมิในการเกิดเป็นเจลตินของแป้งและลักษณะความยืดหยุ่นของแป้งเปียกร้อนๆ นอกจากนี้จะมีการคำนวณค่าคงที่ของอัตราการเกิดเจลาติน ของแป้งเปียกชนิดต่างๆและค่าต่ำสุดเพื่อสังเกตการเกิดลักษณะที่เป็นแป้งเปียกเมื่อมีการเติมกัม โดยการกระตุ้นด้วยพลังงานระดับต่างๆ

ศิวาพร(2535) อธิบายว่า การทดลองโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตในผลิตภัณฑ์ไวน์นั้น พบว่ากัมชนิดนี้จะช่วยขจัดสารประกอบไนโตรเจน แทนนินและรงควัตถุต่าง ๆ ด้วยและจะให้ผลดียิ่งขึ้นถ้าหากมีการใช้ร่วมกับเจลาติน ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นได้มีการอธิบายไว้ว่า โซเดียมอัลจิเนตจะแตกตัวให้โซเดียมอิออนและตะกอนที่ไม่ละลายน้ำของกรดอัลจินิก เกลือของเหล็กและทองแดง

Hamada (1990) ได้ศึกษาวิธีการผลิตเจลาตินจากหนังปลาฉลาม โดยพบว่า ความถูกต้องของกระบวนการผลิตและการสกัดรวมทั้งชนิดของปลาฉลาม มีผลต่อคุณสมบัติของเจลที่ได้จากหนังปลาฉลาม ได้ทดลองหาชนิดของปลาฉลามที่เหมาะสม ได้แก่ Walbeehm's sharpnose shark, White shark, Ground shark และ Blue shark โดยนำหนังปลาไปแช่ในสารละลายด่าง 2 อาทิตย์ จากนั้นนำมาต้มเคี่ยวเพื่อแยกเจลาตินออกมา โดยใช้ความร้อนประมาณ 60 – 90 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 20 นาทีถึง 3 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าปริมาณเจลาตินที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดรวมทั้งเวลาที่ให้ความร้อน หากให้เวลานานปริมาณเจลาตินที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สรุปว่าสภาวะที่เหมาะสมคือทำการสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชั่วโมง และชนิดของปลาฉลามที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ Walbeehm's sharpnose shark

Ekowati (2000) ได้ศึกษากระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาแห้งโดยการใช้กรด หนังปลาฉลามเป็นของเหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตหูฉลาม จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ได้ทดลองใช้กรด citric และ acetic แช่หนังปลาทิ้งไว้ 24 และ 36 ชั่วโมง และใช้อุณหภูมิในการสกัด 60 และ 80 องศาเซลเซียส ผลของเจลาตินที่ได้ต้องคำนึงถึง yield ลักษณะทางเคมีและกายภาพ พร้อมทั้งลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด มี yield ร้อยละ 14.1 และเจลาตินที่ได้มีลักษณะขาวใส มีกลิ่นเล็กน้อย มีพีเอช 5.88 เกลือร้อยละ 0.1 ความชื้นร้อยละ 7.23 เถ้าร้อยละ 1.74 ความหนืด 8 centipoise ค่าความแข็งแรงของเจลที่วัดได้ 455.06 g/cm^{-2} และมี setting point ที่ 11 องศาเซลเซียส

Yoshimura and et.al (2000) ได้ทำการศึกษาสมบัติของเจลาตินที่ได้จากปลาฉลามเปรียบเทียบกับเจลาตินจากหนังสุกร เจลาตินที่มีการใช้ในอาหารส่วนใหญ่แล้วมาจากโคและสุกร อย่างไรก็ตามการค้นหาเจลาตินชนิดใหม่ๆ ที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้คือ เจลาตินจากปลาฉลาม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะทางกายภาพของเจลาตินที่ได้จากปลาฉลาม เมื่อเกิดเจลและหลังเกิดเจลนำไปเปรียบเทียบกับเจลาตินจากสุกร พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของความเข้มข้นและพีเอช ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล ความหนืดและความใสของเจลาติน จากการเปลี่ยนจากโซลเป็นเจลหรือจากเจลเป็นโซล ความคงตัวของเจลก็แตกต่างกัน สรุปว่าเจลาตินที่ผลิตได้จากปลาฉลามจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเจลาตินจากสุกร ไม่เพียงแต่สำหรับการเกิดแต่ยังรวมถึงคุณสมบัติขณะที่เป็นสารละลายด้วย

Sarabia and et.al (2000) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเกลือที่มีผลต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นของเจล ในเจลาตินที่ผลิตจากหนังปลา megrim และนำมาเปรียบเทียบกับเจลาตินจากหนังปลานิล เจลาตินจากปลา megrim จะถูกสกัดโดยใช้กรดและน้ำ แล้วทำให้แห้งเป็นผง คุณสมบัติทางด้านความยืดหยุ่น (ระยะเวลาในการเกิดเจล melting point , gelling point, elastic modulus (G') และ viscous modulus) ทำการทดสอบโดยใช้เจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6.67 เกลือที่ใช้ได้แก่ NaCl , $MgSO_4$, $MgCl_2$, $(NH_4)_2SO_4$, NaH_2PO_4 ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 M พีเอช 5 และ 8 เมื่อเติมเกลือลงในสารละลายเจลาติน โดยทั่วไปแล้วจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการ set ตัว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเติม $MgSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ และ NaH_2PO_4 จะมี melting point ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น ในการเติม $MgSO_4$ 0.1 M เพียงอย่างเดียวที่ระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5 จะสามารถปรับค่า melting point และ G' ของเจลาตินจาก megrim ให้สูงขึ้น จากผลกระทบของเกลือดังกล่าวจะให้ผลเหมือนกันในเจลาตินจากปลานิลที่มีการเติม $MgSO_4$ 0.5 M ที่ระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8 คุณสมบัติของเจลาตินทางการค้าจากปลานิลจะมี melting point ที่คล้ายกับเจลาตินจาก megrim แต่จะมี G' สูงกว่า ทั้งนี้เพราะมีกรดอะมิโน hydroxyproline และ alanine สูงกว่าในเจลาตินจาก megrim สรุปได้ว่าคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของเจลาตินที่ได้จากปลา สามารถปรับปรุงให้ได้ดีขึ้นได้โดยการเพิ่มเกลือ ความเข้มข้น และมีค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 กระบอกฉีดยา

3.1.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texture analyser) LLOYD Instruments

3.1.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง

3.1.4 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta รุ่น CR – 300

3.1.5 ตู้อบลมร้อน(Hot Air Oven) รุ่น ED 53

3.1.6 อินคิวเบเตอร์ (Incubator)

3.1.7 เครื่องย่อยโปรตีน(Heating Digestor) รุ่น DK 20

3.1.8 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30

3.1.9 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน BüCHI 810 Soxhlet

3.1.10 เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ FIWA (VELP)

3.1.11 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง PG 5002

3.1.12 เครื่องชั่งละเอียด AG 204

3.1.13 เครื่องแก้วที่จำเป็นในการทดลอง

3.1.13.1 ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.1.13.2 กระบอกตวง

3.1.13.3 บิวเรตต์

3.1.13.4 จานเพาะเชื้อ

3.1.13.5 บีกเกอร์

3.1.13.6 แท่งแก้วคน

3.1.13.7 ขวดวัดปริมาตร

3.1.14 ช้อนตักสาร

3.1.15 ขวดน้ำกลั่น

3.1.16 water bath

3.1.17 ไมโครเวฟ

3.1.18 เตาแก๊ส

3.1.19 หม้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.20 ถาดพลาสติก

3.1.21 ที่หนีบ (ferceps)

3.1.22 Aluminium can

3.1.23 ถุงพลาสติก

3.1.24 เทอร์โมมิเตอร์

3.2 สารเคมี

3.2.1 เจลาติน ชนิด Food grade จากบริษัท Nutrition LTD.,Part.(จากภาคผนวก ค)

3.2.2 โซเดียมอัลจิเนตชนิดFood gradeจากบริษัทNutrition LTD.,Part.(จากภาคผนวก ค)

3.2.3 แคลเซียมคลอไรด์ ชนิด Food grade

3.2.4 กรดซัลฟิวริก 0.1 N

3.2.5 กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25

3.2.6 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

3.2.7 กรดบอริคความเข้มข้นร้อยละ 4

3.2.8 อะซิโตน

3.2.9 โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25

3.2.10 ปิโตรเลียมอีเธอร์

3.2.11 โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40

3.2.12 น้ำกลั่น

3.2.13 อินดิเคเตอร์ (Methyl red กับ Bromcresol green)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1. การเตรียมของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน

3.3.1.1 ชั่งน้ำหนักโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินและแคลเซียมคลอไรด์ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 , 20 และ 5 ตามลำดับ จากนั้นนำโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินที่ชั่งไว้มาผสมให้เข้ากันในน้ำร้อน นำไปวัดค่าพีเอช แล้วฉีดของผสมที่ได้ให้เป็นเส้นด้วยกระบอกฉีดยาลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เตรียมไว้ (สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เตรียมได้โดยนำมาละลายในน้ำกลั่น) จับเวลาในการแช่สาร ละลายแคลเซียมคลอไรด์

หมายเหตุ 1. ชนิดของโซเดียมอัลจิเนตคือ GMB

2. ชนิดของเจลาตินคือ 240/40 (240 bloom 40 mesh) 240/20 (240 bloom 20 mesh) และ 160/20 (160 bloom 20 mesh)

3. อุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมของผสมคือ 60 และ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เวลาที่ใช้ในการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์คือ 5 , 10 , 30 และ 60 นาที

5. ทุกขั้นตอนต้องควบคุมอุณหภูมิ

3.3.1.2 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

3.3.1.2.1การวัดค่าแรงต้านการยืดออก (โดยใช้เครื่อง Texture profile analysis รุ่น TA plus) ใช้หัวหนีบหนีบเส้นของผสม โดยใช้ระยะห่างที่ใช้ในการหนีบคือ 20 mm ค่าที่ได้คือขีดจำกัดความยืดหยุ่นและแรงต้านการยืดออก

รูปที่ 33 การวัดค่าแรงต้านการยืดออก (โดยใช้เครื่อง Texture profile analysis รุ่น TA plus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2.2 การวัดค่า Texture profile analysis (โดยใช้เครื่อง Texture profile analysis รุ่น TA plus)

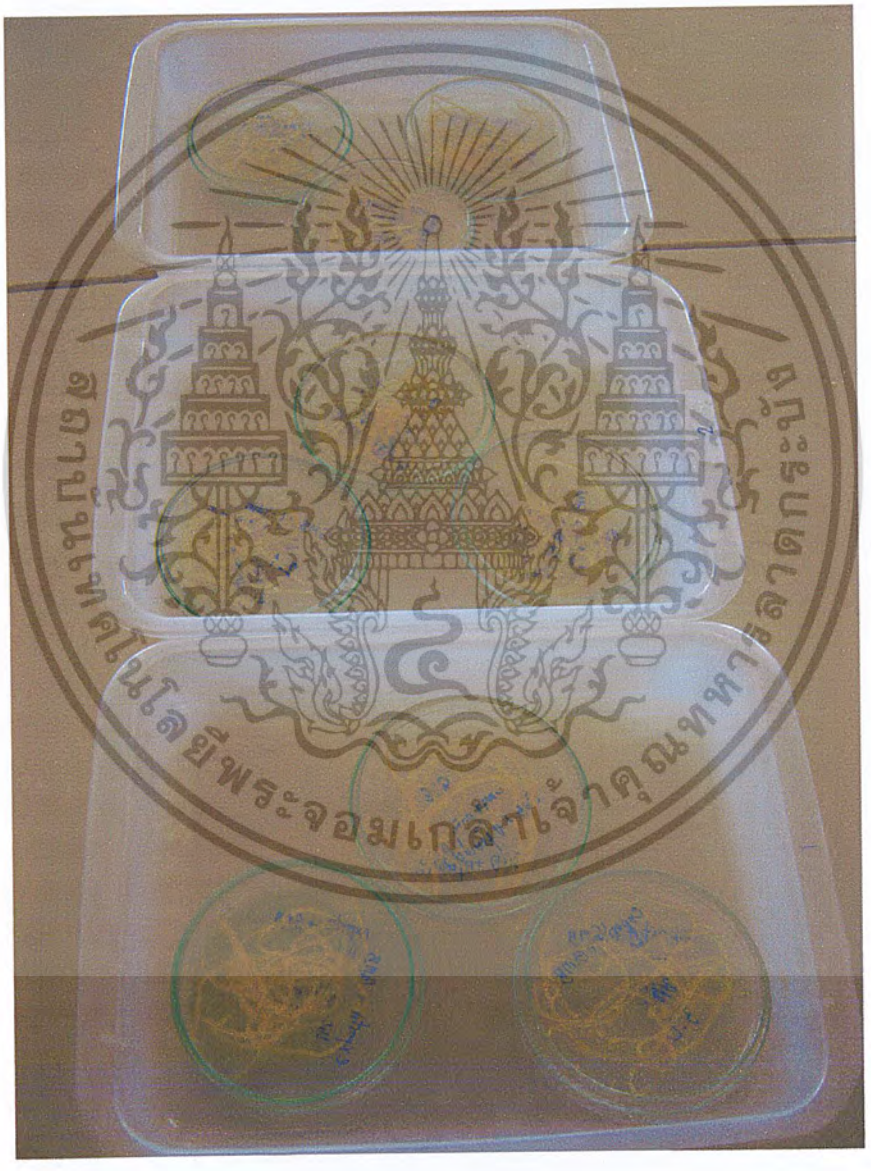
ใช้ cylinder probe ขนาด 5 mm ในการวัด ค่าที่ได้คือ ค่าความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง และการทนต่อการเคี้ยว

รูปที่ 34 การวัดค่า Texture profile analysis ของของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน (โดยใช้เครื่อง Texture profile analysis รุ่น TA plus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดน้ำกลับ

Rehydration multiple test นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการเตรียมที่สภาวะต่างๆ มาทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 ชั่วโมง แบ่งส่วนหนึ่งของแต่ละตัวอย่างมาชั่ง กำหนดให้เป็นค่า X_1 g และจุ่มลงไปในน้ำสะอาดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้เป็น natural rehydation จากนั้นยกตัวอย่างขึ้นมาให้น้ำหยด และชั่งน้ำหนักอีกครั้ง กำหนดเป็นค่า X_2 g คำนวณค่าความสามารถในการดูดน้ำกลับ ของผลิตภัณฑ์ จากอัตราส่วนของ X_2 / X_1 ค่าการทดสอบแสดงในรูปค่าเฉลี่ย



รูปที่ 35 การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการดูดน้ำกลับของของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2.4 การวัดสีของผลิตภัณฑ์

รูปที่ 36 การวัดสีของของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน โดยใช้เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta รุ่น CR – 300

3.3.1.2.5 การนำหูฉลามสดมาทดสอบ

ทดสอบดังข้อ 3.3.1.2.1 ถึง 3.3.1.2.4

3.3.2 การนำหูฉลามสดมาวิเคราะห์อาหาร (ภาคผนวก ข)

3.3.2.1 การวิเคราะห์ความชื้น

3.3.2.2 การวิเคราะห์โปรตีน

3.3.2.3 การวิเคราะห์ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 การวิเคราะห์เส้นใย

3.3.2.5 การวิเคราะห์เถ้า

3.3.2.6 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนอิสระ

นำผลที่ได้จากข้อ 3.3.1.2.1 และ 3.3.1.2.4 มาเปรียบเทียบกันโดยดูว่า ของผสมสูตรไหนให้ลักษณะที่ใกล้เคียงกับหูฉลามจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารและสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของหูฉลามสด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารของหูฉลามสด ดังตารางที่8 พบว่าองค์ประกอบของอาหารของหูฉลามสดมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และค่าเยื่อใย ร้อยละ 4.60 ,0.11, 17.19, 0.19 และ 0.54 ตามลำดับ จากค่าทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้เราสามารถคำนวณหาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ร้อยละ 77.37 (ภาคผนวก ข) จากผลการวิเคราะห์ค่าการวัดสีหูฉลามสดมีค่า L* และค่า b* เท่ากับ 58.42 และ +15.49 ตามลำดับ และสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของหูฉลามสด ดังตารางที่9 มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ค่าความแข็ง(Hardness), การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) , ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน(Cohesiveness) ,ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) ,ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (Gumminess) , แรงต้านการยืดออก (Tensile strength) เท่ากับ 1.07, 0.39, 1.53, 57.24, 96.75 และ 26975.88 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 องค์ประกอบของอาหารและค่าการวัดสีของหูฉลามสด

ตัวอย่าง	องค์ประกอบของอาหาร (ร้อยละ)						สี		
	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	N.F.E.	a*	b*	L*
หูฉลามสด	4.60	0.11	17.19	0.19	0.54	77.37	+0.43	+15.49	58.42

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

ตัวอย่าง	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร					
	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Cohesiveness	Elastic limit(N)	Gumminess (gf)	Tensile Strength(N/mm^2)
หูฉลามสด	1.07	0.39	1.53	57.24	96.75	26975.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด

เป็นการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด ดังนี้

1. ชนิด A (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 40 mesh)
2. ชนิด B (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 20 mesh)
3. ชนิด C (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 160 bloom 20 mesh)

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เป็นเวลา 5 นาที ดังตารางที่ 10 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A มีค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออก และความสามารถในการดูดน้ำกลับ(Rehydration) เท่ากับ 3.28 , 0.30, 0.20, 95.09 , 68.48 , 3026.79 และ1.14 ตามลำดับ ของผสมชนิด B มีค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออก และความสามารถในการดูดน้ำกลับ เท่ากับ 3.16 , 0.32 , 0.20 , 115.52 , 65.64 , 3677.06 และ1.18 ตามลำดับ และของผสมชนิด C มีค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออก และความสามารถในการดูดน้ำกลับ เท่ากับ 2.68 , 0.11 , 0.14 , 62.08 , 30.89 , 1955.02 และ 1.08 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A ให้ค่าความแข็ง และความเหนียวเป็นกาวหรือยางสูงสุด ของผสมชนิด B ให้ค่า การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น และ แรงต้านการยืดออกสูงสุด แสดงให้เห็นว่า ของผสมชนิด B มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารและความสามารถในการดูดน้ำกลับที่ดีที่สุด ดังนั้น จึงนำของผสมชนิด B มาทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด

ตัวอย่าง	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร						Rehydration
	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Cohesiveness	Elastic limit(N)	Gumminess (gf)	Tensile Strength(N/mm^2)	
ชนิด A	3.28^a	0.30^b	0.20^a	95.09^b	68.48^a	3026.79^b	1.14
ชนิด B	3.16^b	0.32^a	0.20^a	115.52^a	65.64^b	3677.06^a	1.18
ชนิด C	2.68^c	0.11^c	0.14^b	62.08^c	30.89^c	1955.02^c	1.08

หมายเหตุ ชนิด A (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 40 mesh)

ชนิด B (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 20 mesh)

ชนิด C (โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 160 bloom 20 mesh)

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารของของผสม

ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด B มาวิเคราะห์อุณหภูมิ ที่ 60 และ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 5 นาที ดังตารางที่ 11 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออก และความสามารถในการดูดน้ำกลับเท่ากับ 3.16 , 0.32 , 0.20 , 115.52 , 65.64 , 3677.06 และ 1.14 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมมีค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออก และความสามารถในการดูดน้ำกลับ เท่ากับ 3.20 , 0.28 , 0.21 , 129.17 , 66.94 , 4111.72 และ1.71 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้ค่าการทนต่อการเคี้ยว สูงสุด และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง แรงต้านการยืดออกและความสามารถในการดูดน้ำกลับสูงสุด แสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารและความสามารถในการดูดน้ำกลับดีที่สุด ดังนั้นจึงนำของผสมชนิด B ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มาทำการศึกษา อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของของผสม

อุณหภูมิ (°C)	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Cohesiveness	Elastic limit(N)	Gumminess (gf)	Tensile strength(N/mm^2)	Rehydration
60	3.16	0.32	0.20	115.52	65.64	3677.06	1.14
100	3.20	0.28	0.21	129.17	66.94	4111.72	1.71

4.4 อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ของอาหารของของผสม

จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียสมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารดีที่สุด จึงนำมาวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ 5 , 10 , 30 และ 60 นาที ดังตารางที่ 12

จากผลการทดลอง จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ชนิด B ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ 5 นาที มีค่าการทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกันและความเหนียวเป็นกาวหรือยางสูงสุด ที่เวลา 10 นาที มีค่าขีดจำกัดความยืดหยุ่นและแรงต้านการยืดออกสูงสุด และที่เวลา 60 นาที มีค่าความแข็งสูงสุด แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ 5 นาที มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารและความสามารถในการดูดน้ำกลับดีที่สุด

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่เวลาต่างๆ

immersion time (min)	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Cohesiveness	Elastic limit(N)	Gumminess (gf)	Tensile strength(N/mm^2)	Rehydration
5	3.20^{c}	0.28^{a}	0.21^{a}	129.17^{c}	66.94^{a}	4111.72^{c}	1.71
10	3.29^{ab}	0.25^{b}	0.17^{b}	153.10^{a}	58.43^{b}	4860.71^{a}	1.65
30	3.24^{bc}	0.24^{b}	0.17^{b}	152.48^{a}	58.12^{b}	4776.62^{ab}	1.52
60	0.36^{a}	0.23^{b}	0.18^{b}	140.49^{b}	59.26^{b}	4523.52^{b}	1.51

หมายเหตุ immersion time คือ เวลาในการนำของผสมที่ได้มาแช่ทิ้งไว้ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวัดสี

ผลการวิเคราะห์ค่าการวัดสีระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม3 ชนิด ดังตารางที่13พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมมีค่าการวัดสี ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A มีค่า L* (ความสว่าง)และค่า b* (สีเหลือง) เท่ากับ 34.88 และ +5.78 ตามลำดับ ของผสมชนิด B มีค่า L* และค่า b* เท่ากับ 33.19 และ +4.69 ตามลำดับ และของผสมชนิด C มีค่า L* และค่า b* เท่ากับ 29.58 และ +4.16 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A มีสีใกล้เคียงกับหูฉลามสดมากที่สุด

ตารางที่ 13 ค่าการวัดสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิดและหูฉลามสด

ชนิดของผสม	a*	b*	L*
ชนิด A	+2.20[c]	+5.78[a]	34.88[a]
ชนิด B	+2.71[b]	+4.69[b]	33.19[b]
ชนิด C	+3.71[a]	+4.16[b]	29.58[c]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเตรียมได้จากโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเส้นโดยมีความยาว 3 เซนติเมตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะหัวมนปลายแหลมคล้ายหูฉลามกึ่งสำเร็จรูป (Fin needle) แล้วปรับคุณสมบัติตามสูตรต่างๆ ให้มีความใกล้เคียงกับหูฉลามสด ทั้งในแง่ของคุณค่าทางอาหารและคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร อุณหภูมิในระหว่างการผสม ลักษณะเนื้อสัมผัสที่สภาวะต่างๆ การทดสอบความสามารถในการดูดน้ำกลับ ค่าพีเอชและการวัดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าหูฉลามสดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ถึงประมาณร้อยละ 77.37 โดยคำนวณได้จากค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และค่าเยื่อใยประมาณร้อยละ 4.60 0.11 17.19 0.19 และ 0.54 ตามลำดับ ซึ่งเจลาตินที่ผลิตทางการค้าจะประกอบด้วย โปรตีน เกลือแร่ น้ำ ที่มีปริมาณร้อยละ 84 - 90 1 - 2 และ 8 - 15 ตามลำดับ สำหรับลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากองค์ประกอบของเจลาตินต่างชนิดกันนั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมทั้ง 3 ชนิดให้ค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ขีดจำกัดความยืดหยุ่น ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง และแรงต้านการยืดออกที่แตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของเจลาตินต่างกัน ดังที่ได้ทำการทดลองในข้างต้น แสดงให้เห็นว่าของผสมชนิดบีที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสที่ระยะเวลาในการแช่ของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 5 นาที มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่ใกล้เคียงหูฉลามสดมากที่สุด Graham (1990) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบของแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมอัลจิเนตต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สี และความคงตัวของสีของ พอร์คชอพ (Pork shop) พบว่า แคลเซียมคาร์บอเนตจะทำให้ค่า แรงต้านการยืดออก ของพอร์คชอพที่ถูกทำให้สุกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนอัลจิเนตจะไม่มีผลต่อค่าแรงต้านการยืดออก ($p>0.05$) แคลเซียมคาร์บอเนตทำให้ค่าความแข็งของพอร์คชอพเพิ่มขึ้น แต่โซเดียมอัลจิเนตจะมีผลให้ค่าความแข็งลดลงรวมถึงค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่น การทนต่อการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยางของพอร์คชอพที่ถูกทำให้สุกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่แคลเซียมคาร์บอเนตจะไม่มีผลต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนการทดสอบความสามารถในการดูดน้ำกลับจะพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ ณรงค์ (2538) นั่นก็คือ หลังจากการนำเจลของของผสมในที่นี้คือโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินชนิดต่างๆ มาระเหยน้ำออกจากเจลจะมีการหดตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก แสดงว่าโมเลกุลที่ทำให้เกิดเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือเจลจะงอตัวได้น้อยลง เจลจากเจลาตินจะมีลักษณะกรอบ แสดงว่าโมเลกุลในเจลได้เกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลมาทำให้แห้งและจุ่มน้ำสลับกันหลายๆ ครั้ง เมื่อนำเจลมาจุ่มน้ำแต่ละครั้ง การพองตัวจะเกิดขึ้น แต่จะน้อยลงกว่าเดิมเรื่อยไป การเปลี่ยนแปลงของเจลที่มีผลให้การดูดน้ำลดลงเช่นนี้เรียกว่า "Hysteresis" แสดงว่าการหดตัวแต่ละครั้งจะมีผลในการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้น ทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้นน้ำจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปได้สะดวกนัก ในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าพีเอชจะเห็นว่าค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมทั้งสามชนิดที่สภาวะต่างๆ มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.0-6.0 พบว่าจะสอดคล้องกับลักษณะทางการค้าของโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน ดังได้กล่าวไว้ในภาคผนวก ง รุ่งนภา (2547) อธิบายว่าพอลิเมอร์ที่มีประจุมีความหนืดสูงกว่าพอลิเมอร์ที่ไม่มีประจุเมื่อมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจาก Molecular coil จะขยายตัวจากแรงผลักประจุระหว่างโมเลกุล นอกจากนี้ ณรงค์ (2538) กล่าวว่ายังมีการควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 55-60 องศาเซลเซียสเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และเนื่องจากสีเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธอาหารของผู้บริโภค(คณาจารย์,2539) จึงได้มีการนำผลิตภัณฑ์มาวัดสีโดยเปรียบเทียบกับหูฉลามสด จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A มีสีใกล้เคียงกับหูฉลามสดมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองแต่ละครั้งของผสมที่เราเตรียม ควรจะควบคุมให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการอยู่เสมอ
2. การวัดค่าพีเอชในแต่ละครั้ง หัวprobe ที่ใช้ควรทำความสะอาดทุกครั้งเพื่อให้ได้ค่าพีเอชที่ถูกต้องตามต้องการ
3. เวลาเตรียมผลิตภัณฑ์ของผสมที่ใช้สำหรับวัดสี ควรทำให้เป็นก้อนที่ใหญ่พอสมควรและมีขนาดความกว้างและความหนาเท่ากัน
4. การวัดค่าแรงต้านการยืดออกของของผสมที่เรานำมาวัดต้องให้หัวจับมีระยะห่างที่เท่ากัน คือ 20 มิลลิเมตรและควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงไม่คดงอ หรือบิดเบี้ยวมาวัด
5. เวลาทำการเตรียมสารละลายของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาติน ควรเทผงของของผสมลงในน้ำร้อนและคอยกวนอยู่ตลอดเวลา ไม่ควรเทน้ำร้อนลงในผงโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินเพราะจะทำให้ของผสมจับตัวกันเป็นก้อนและละลายไม่ทั่วถึง
6. การวัดค่า texture profile analysis ควรใช้หัว probe ที่มีขนาดใกล้เคียงกับตัวอย่างมากที่สุดและมีขนาดเล็กที่สุ (ในการทดลองครั้งนี้ใช้หัว probe ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะถ้าหัว probe มีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างมากๆ แรงที่ใช้ในการกดอาจไม่ใช่แรงกดที่กระทำกับผลิตภัณฑ์ของผสมอย่างเดียวยังรวมถึงแรงที่กระทำกับพื้นด้วยซึ่งทำให้เกิดค่าผิดพลาดมาก

7. เวลาฉีดของผสมด้วยกระบอกฉีดยาลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ควรจุ่มปลายกระบอกฉีดยาลงในสารละลายและทำการฉีดของผสมลงในสารละลายอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการเกิดปุ่มปมบริเวณปลายของเส้นผลิตภัณฑ์และยังช่วยให้เกิดความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์
8. เวลาใช้กระบอกฉีดยาดูดสารละลายของผสมขึ้นมา พยายามอย่าให้เกิดฟองอากาศเนื่องจากถ้ามีฟองอากาศมากผลิตภัณฑ์ของผสมที่ได้ก็จะมีฟองอากาศอยู่ด้วย ทำให้การวัดค่าต่างๆ เกิดความผิดพลาดได้ เช่นการวัดค่าแรงต้านการยืดออกแรงที่ใช้ในการทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดจะน้อยเพราะเส้นผลิตภัณฑ์มีฟองอากาศปนอยู่ เป็นต้น
9. การวัดสีหูฉลามสดอาจเกิดการผิดพลาดได้ เพราะ หูฉลามสดที่เรานำมาวัดนั้นมีลักษณะเป็นครีบและเป็นแผงซึ่งมีช่องว่างระหว่างหูฉลามสดแต่ละเส้นทำให้แสงที่ตกกระทบกับเครื่องวัดสีอาจไม่ใช่แสงที่มาจากหูฉลามสดเท่านั้นอาจรวมถึงแสงอื่นๆด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237น.

คณาจารย์. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมการเกษตร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชิดชม อิทวัสวงศ์ มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด สมชาญ เลิศปัญณะพงษ์และสมยศ จรรยาวิลาศ. 2535. การผลิตเจลาตินจากหนังหมู. อาหาร. 22(1) : 7 – 17.

นฤดม บุญ-หลง และ จินตนา อุปติสสกุล. (ม. 9ป. ป.) ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพ สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์พิมพ์ครั้งที่ 1

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2547. การใช้กัม / ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535 วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทยและ Food Ingredient Specialites (FIS). 2539. เจลติน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่องความรู้เรื่องสารเจือปนสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. โรงแรมเฟลิกซ์โอโนมา สวิสโฮเตลม กรุงเทพ. 30 น.

Aas, K. 1966. Studies of hypersensitive of fish. International Archieves of Allergy 29:346 – 363.

Alejandra และคณะ. 2002. Modelling corn starch swelling in batch systems: effect of sucrose and hydrocolloids. Journal of Food Engineering.58 : 125-133.

Application of Sodium Alginate ; (file://\\Ap1\c\My documents \ Sodium Alginate.htm) http://www.google.com/

Berlin, A.1957, Calcium alginate films and their application for meats used for freezing. Myasnaya Ind. U.S.S.R. 28:44.

Blanchard, J.M.V. and J.R. Mitchell.1988 Food Structure: Its Creation and Evaluation. Butterworth, London. 504 p.

Boehme, W.R.1982.Protein products of the rendering industry, in I.A. Wolff (ed.) CRC Handbook of Processing and Utilization in Agriculture. Volumn I: Animal Products: 173 – 188 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brody, J.1965. Fishery by-Product Technology. The AVI-Publishing Company, Inc., Westport 232p.

Bronson, W.F. 1950. Technology and utilization of gelatin. Food tech. 5(1) : 55 – 58.

Budavari, S. 1996. Merck Index, (12th ed.) Whitehouse Station, NJ:Merck.

Childs, W.H.1957. Coated sausage. U.S. Patent 2, 811, 453.

Choi, S.S., & Regentein, J.M. (2000). Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. Journal of Food Science, 65, 194 – 199.

Cole, B. 2000. Gelatin, in F.J. Francis (ed.) Encyclopedia of food Science and Technology 2 : 1183 – 1188. New York: Wiley.

Cottrell, I.W. and Kovacs, P. (1980) In: Handbook of Water-soluble Gums and Resins,R.L. Davidson, ed., McGraw-Hill, New York.

De Martino, M., E. Novembre, L. Galli, A. de Marco, P. Botarelli, E. Marano,and A. Vierucci. 1990. Allergy to different fish species in cod – allergic children. In vivo and in vitro studies. Journal of Allergy and Clinical Immunology 86: 909 -914.

Farmer, D.M.,R.L. Henrickson, M.R. Wilson.1982. Energy requirements for meat production and distribution, in I.A. Wolff (ed.), Handbook of Processing and Utilization in Agriculture: 219 – 287. Boca Raton:CRC.

Ferguson, M.W.J. 2001. Wound healing. US Patent #6,319,907. Assigned to Renovo.

FibroGen. 2001. fibroGen's tissue engineer research activities. http://www.fibrogen.com/tissue/research.html.

Foegeding, E.A., T.C. Lanier, and H.O. Hultin. 1996. Characteristics of edible muscle tissue, in O. Fennema (ed.) Food Chemistry (3rd ed.): 879 – 942. New York: Dekker.

Food protection Committee. 1965. Chemicals Used in Food Processing. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C. 294 p.

Garono, L.E., F. Kramer, and A.E. Steigmann. 1956. Gelatin extraction process. US Patent #2,743,265. Assigned to General Foods.

Gilsenan P.M. and Ross-Murphy , S.B. 2000. Rheology characterisaion of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocolloids. 14,191 – 195.

Glicksman, M. 1982. Food Hydrocolloids, Vol.1 CRC Press, Florida. 219 p.

Glicksman, M. 1983. Food hydrocolloid. V_0 1.2 CRC Press Inc. Cleveland, Ohio.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gómez-Guillén, M.C.andP. Montero , 2001.Extraction of gelatin from megrim (*Lepidorhombus boscii*) skins with several organics acids. Journal of Food Science 66: (abstract only).

Graham R.Trout, C.M.Chen, and Susan Dale, 1990. Effect of Calcium Carbonate and Sodium Alginate on The Textural Characteristics,Color and Color Stability of Restructured Pork Chops. Journal of Food Science.

Grasdalen, H.(1983) High- field ^{1}H-NMR spectroscopy of alginate. Sequential structure and linkage confirmations. Carbohydr. Res., 118,255-260.

Hamada, Y., Nagashima,Y. and Shiromi, K., 2001. Identification of fish collagen as a new allergen. Bioscience Biotechnology Biochemistry 652, pp. 285 – 291.

Harris, P. 1990. Food Gels: Gelatine Elseviser Applied Science, London.476p.

Henning, W., 1957. Canned herring:German Patent 1,004,470.

Hinterwaldner, R. 1977a. Raw Materials, in Ward, A.G.and A.Courts.1977. The Science and Technology of Gelatin: 295 – 314. London, UK: Academic.

Hinterwaldner, R. 1977b. Tecnology of Gelatin Manufacture, inWard, A.G. and A. Courts. 1977. The Science and Technology of Gelatin: 315 – 364. London, UK: Academic.

Hsu, S.Y. and Chung H.-Y. 1999. Comparisons of 13 edible gum- hydrate fat substitutes for low fat Kung-wan (an emulsified meatball). Journal of Food Engineering. 4(40) : 279-285.

http://www.gelatin.com/

http://www.nutrition.co.th/

Hudson, C.B. 1994.Gelatine – Relating structure and chemistry to functionality, in K. Nishihari and E. Doli, Food Hydrocolliods: Structures, Properties and Functions. New York: Plenum

Imeson A. 1992. Thickening and Gelling Agents for food. Blackie Acedemic&Professional,UK. 258p.

Igoe, R.S. 1983. Dictionary of Food Ingradients. New York: Van Nostrand Reinhold.

Ingravid J. Haug ; Kurt I. Draget and Olav Smildsrod . 2003. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mamalian gelatin. Food Hydrocolloids.

Jae, S.Y.1997. Applications of gelatin in food and biotechnology. J. Food.Sci. utri. 2(3) : 236-268.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keenan, T.R. 1994. Gelatin, in J.Kroschwitz(ed.) *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 12: 406-416. New York: Wiley.

Kenney and Ross LTD. Process Flow Diagram. Port Saxson, SN. Canada Bot IWO.

Keogh, M.K.andB.T.,O' Kennedy .1998. Rheology of stirred yogurt as affected by added milk fat, protein and hydrocolloids. J. Food. Sci. 63(1) : 108-112.

King-Pong Lin and Shun-Yao Hsu .1992. Graduate Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University, Taipai, Taiwan, R.O.C.

Kruyt, H.R. 1969. Colloid Science. Elsevier Publishing Company, New York. 753p.

Ledward, D.A. 2000. Gelatin, in G.O. Phillips and P.A.Williams Food Hydrocolliods: 67 – 86. Boca Raton: CRC.

Marh , E.M. and G.F. Stewart. 1957. Advanced in Food Research Volumn VIII.Academic Press INC, Publishers. 404p.

Martin, M.L., & Hoseney, R.C.(1991). A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. Cereal Chemistry, 68, 503 – 507.

Mchugh, D.J. 1987. Production , properties and uses of alginates , In : Production and utilization of products from commercial seaweeds. Food and agriculture organization of the United nations. Rome. 58 p.

Miller, L.G. 1975. Observations on the distribution and ecology of *Clostridium botulinum* type E in Alaska. Canadian Journal of Microbiology. 21: 920 – 926.

Moncrieff, R.W. 1953. Stabilizing fruit drink. Food Tech. 22:498.

Moulton, C.R.1948.Meat Through The Microscope.Institute of Meat Packing The University of Chicago, Chicago. 592p.

Norland,R.E.,1990. In: Voigt , M.N. and Botta, J.K. , Editors , 1990. Advances in fisheries and Biotechnology for increased profability, Technomic, Lancaster, pp. 325 -333.

Norland Prod. Inc (1990 - 2001). Product Information.

Norris, F.A. 1982. Extraction of fats and oils, in D.Swern (ed.), Bailey's Industrial oil and Fat Products: 175 – 251. New York: Wiley.

Ockerman, H.W. 1991. Food Science Sourcebook. Westport, CT: AVI Publishing.

Pedersen, J.K. 1990. Seaweed extracts-sources and production methods, In: Gums and Stabilizers for the food industry 5 , G.O. Phillips, D.J. Wedlock and P.A. William

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ed.) , Oiel Press, Oxford

Percival, E. and Mcdowell, R.H. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharide. Academic Press, London. 99p

Phillips G.O. and P.A. Williams.2000. Handbook of hydrocolloilds. Woodhead Publishing Limited England 450p

Pomeranz, Y. 1991. Functional properties of Food Components. Academic press, San Diego. 569 p.

Poppe, J. 1997. Gelatin, in A. Imeson (ed.) *Thickening and Gelling Agents for Food* (2nd ed.): 144-168. London: Blackie Academic and Professional.

Protan Biopolymer A/S (1988). Protan Alginate in Pet Food.

Protan Biopolymer A/S (1990). Technical Information - Alginate

Rees. D.A.(1969) Proposed gelation mechanism for carageenans.Adv. Carbohydr.Chem. Biochem.,24,267-332.

Rose, P.I. 1991. Gelatin, in J.I. Kroschwitz (ed.) Encyclopedia of Polymer Science and Engineering7: 488 – 513. New York: Wiley.

Sakagushi,M.H Hori, T. Ebihara, S. Irie, M. Ynagida and S. Inouye. 1999. Reactivity of immunoglobulin E in bovine gelatin-sensitive children to gelatin from various animals. Immunology 96:286 – 290.

Sarabia, A.I., Gómez-Guillén, M.C., &Montero, P. (2000). The effect of added salts on the viscoelastic properties of fish skin gelatin. Food Chemistry, 70, 71 – 76.

Slepchenko,I.R.; Knizhnik, E.B. and Pireva, L.A. 1956. Production of calcium alginate films. And their utilization in the freezing of meat. Sbornik Stud. Rabot. Moskov. Technol. Inst. Myasnoi Moloch. Prom. 39:4.

Sodium Alginate ; (file//\\Ap1\c\My documents\SODIUM ALGINATE(SODIUM POLYMANNURONATE).htm http://www.google.com/

Stainsby, G.(1987).Gelatin gels. In A.M. Pearson, T.R.Dutson & A.J. Bailey, Advances in meat reseach. Vol.4.Collagen as a food. (pp. 209 222). New York: Van nostrand Reinhold Company Inc.

Taylor, S.L. and S.L. Hefle. 2001.Ingradient and labeling issues associated with allergenic foods. Allergy 56 S67: 64 – 69.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toft, K.(1982) Interactions between Pectins and Alginates. Prog. Food Nutri. Sci., 6, 89-96

Toft, K., Grasdalen, H. and Smidsrød, O.(1986) Synergistic gelation of alginates and pectins. In: ACS Symposium Series No.310, Chemistry and function of pectins,M.L. Fishman and J.J. Jen, eds, American Chemical Society.

Trout, G.R. 1989 (a). The effect of calcium carbonate and sodium alginate on the color and bind strength of restructured beef steaks. Meat Sci. 25(1):163.

Trout, G.R. 1989 (b). Color and bind strength of restructured pork chops: effect of calcium carbonated and sodium alginate concentration. Food Sci. 54(5):1466.

US FDA. 1990. Modified fast: A sometime solution to a weight problem. FDA Consumer(April): 10 – 17.

US FDA. 1997a. FDA Center of Biologics Evaluation and Research, Transmissible Spongiform Encephalopathies Advisory Commitees. Transcript of Meeting April 23,

US FDA. 1997b. Guidance for industry: the sourcing and processing of gelatin to reduce the potencial risk posed by Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) in FDE-regulated products for human use. (September).

Veis , A. 1964. The macromoleculecular chemistry of gelatin. Academic Press. New York.

Ward, A.G. and Courts, A. 1977. The science and technology of gelatin. Academic Press. New York http://www.gelatin-gmia.com/

Weingand, R. 1959. Process for producing synthetic sausage casing from alginates. U.S. Patent 2,897,546.

Weiser, H.B. 1946. Colloid Chemistry. John Wiley & Sons, New York. 428 p.

Whistler, R. and Daniel. 1990. Function of polysaccharides in foods. Pp. 395-423. *In* A.L. Branen, P. M. Davidson and S. Salien (edn.). Food additives. Marcel Dekker, New York.

Yoshimura , M., Takaya, T., & Nishinari, K. 1999. Effects of xyloglucan on the gelatinization and retrogradation of corn starch as studied by rheology and differential scanning calorimetry. Food Hydrocolloids, 13, 101 – 111.

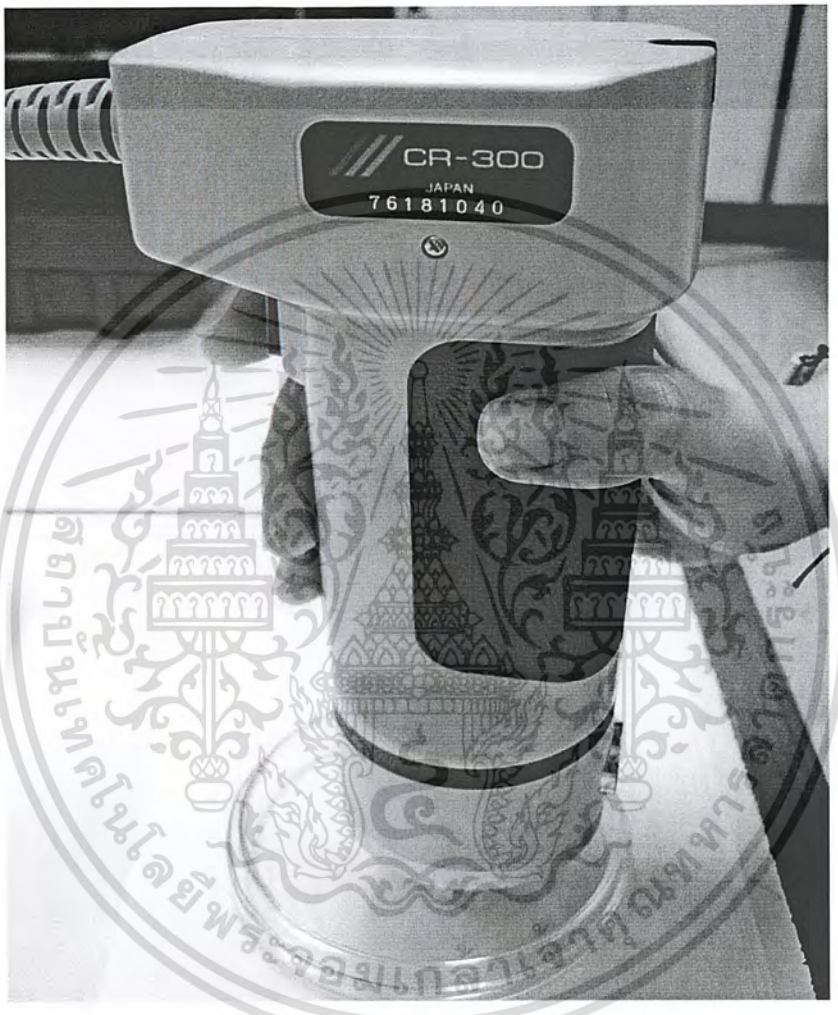
Zahoruiko , V.O., D.P.Dyomin., H.H.,Valuiko., O.L. Udod., V.V. Lebedyev., A.V. Ohayi., A.Y. Koshelik., T.M. Reshetnyak., and O.O. Strunova. 1998. The method of preparing gelatin for finning wine materials and wine. State Patent Department of Ukraine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhi-peng Xie และคณะ(2002)Ceramic forming based on gelation principle and process of sodium alginate, Materials Letters 57 :1635-1641

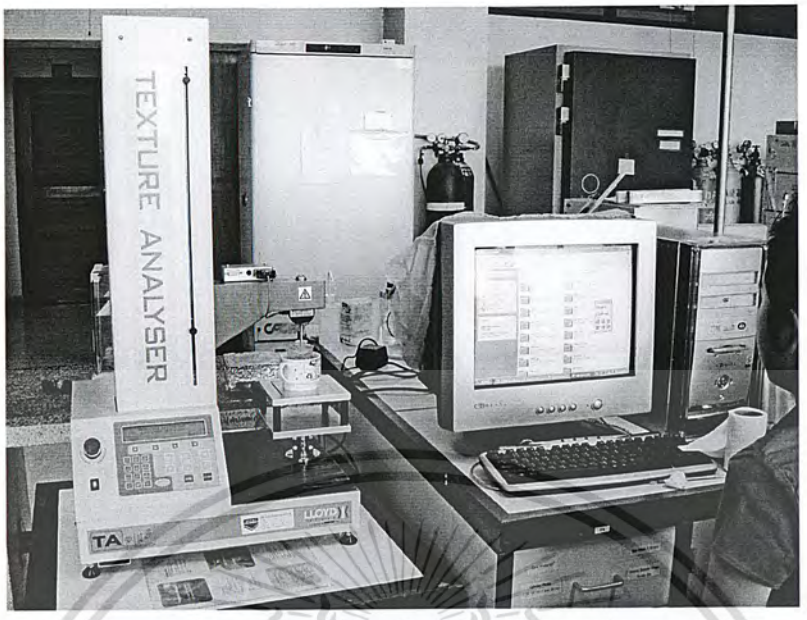
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือ



รูปที่ 37 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) Minolta รุ่น CR – 300

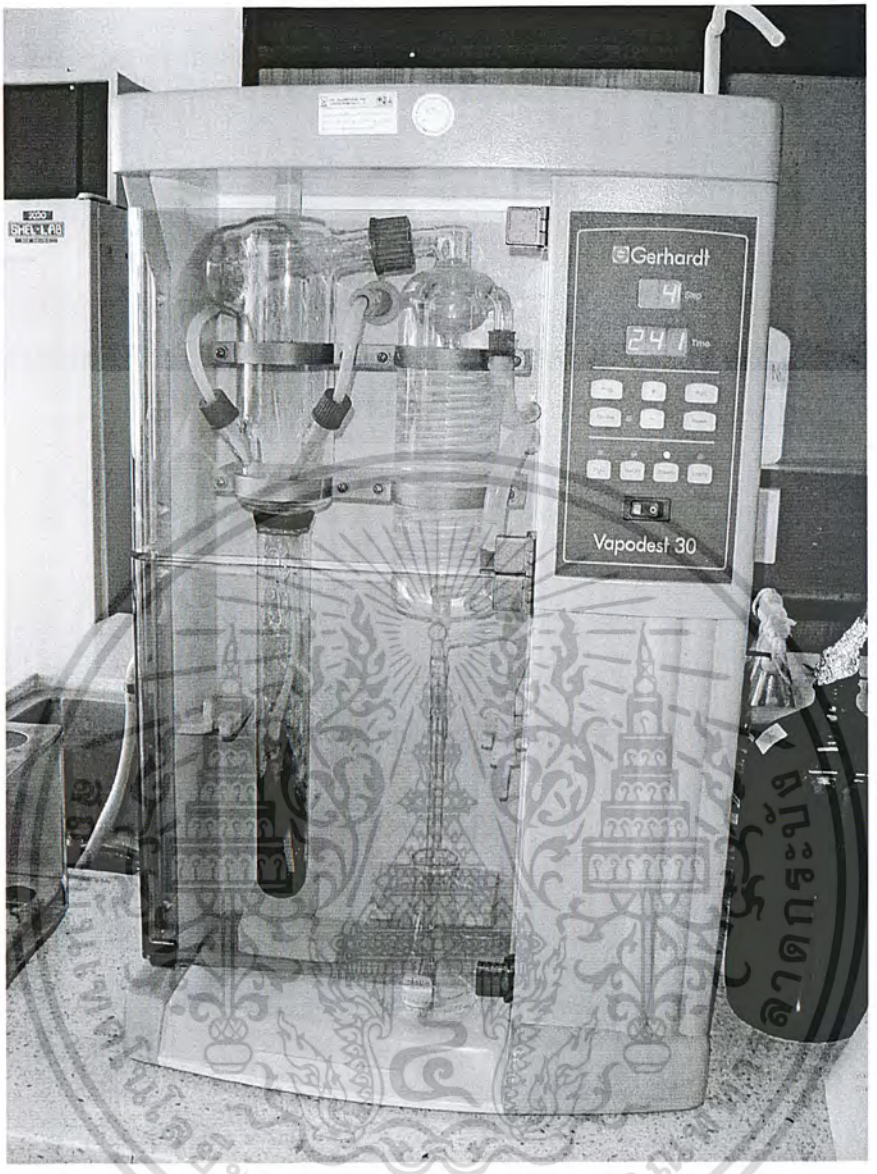
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texure analyser) LLOYD

รูปที่ 39 เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ FIWA (VELP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 40 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 41 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน BüCHI 810 Soxhlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ Crude Protein

(โดยวิธี Macro – Kjeldahl)

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหาร สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือ วิธีทางเคมีเพราะเหตุผลที่ว่า เราสามารถทำได้โดยง่าย อุปกรณ์ที่ใช้ราคาไม่สูงมากนักและให้เหตุผลที่มีความถูกต้องสูง

ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีทางเคมีนั้น วิธีของ Kjeldahl เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ผู้ค้นพบวิธีนี้คือ Dane Johan Kjelddahl

หลักการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีนี้คือ การหาปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีน เพราะโมเลกุลของโปรตีนจะมีกรดอะมิโนซึ่งมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจับต่อกันด้วย peptide bond

โปรตีนในอาหารแต่ละชนิดจะมีปริมาณไนโตรเจนที่แตกต่างกัน ตามแต่กรดอะมิโนที่ประกอบกันเป็นโปรตีน ดังนั้นถ้าทราบปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีน เราก็จะสามารถทราบโปรตีนได้ เพื่อเป็นการสะดวกในการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีอยู่ในโปรตีนเป็นปริมาณโปรตีนนั้น จึงได้คำนวณออกมาเป็นค่าคงที่ หรือที่เรียกว่า Kjeldahl factor และค่าที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวิเคราะห์อาหารคือ 6.25 C โดยทั่วไปโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 16 ดังนั้นถ้าไนโตรเจน 1 กรัม จะมาจากโปรตีน 100/16 = 6.25 กรัม

การใช้ Kjeldahl factor ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่นำมาวิเคราะห์ซึ่งมีกรดอะมิโนต่างกัน

ขั้นตอนการปฏิบัติ แบ่งได้ 5 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
2. การย่อย
3. การกลั่น
4. การไทเทรต
5. การคำนวณ

1. การเตรียมสารตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์

ใช้หลักการ sampling โดยน้ำหนักสารตัวอย่างที่ใช้ อยู่ในช่วง 0.5 – 5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การย่อย (digestion)

ใช้ conc. H_2SO_4 เป็นสารที่ใช้ในการย่อย ปริมาณของกรดที่ใช้ขึ้นกับปริมาณสารตัวอย่าง เช่น ถ้าสารตัวอย่างปริมาณมากหรือมีพวกสารอื่นๆที่ย่อยยาก เช่นไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจำนวนมาก จะต้องใช้ conc. H_2SO_4 ปริมาณเพิ่มขึ้นเพื่อให้การย่อยสมบูรณ์ โดยทั่วไปถ้าน้ำหนักของสารตัวอย่างไม่เกิน 2 กรัม จะใช้ conc. H_2SO_4 30 mL ถ้าใช้ปริมาณสารตัวอย่างมากกว่า 2 กรัม จะเพิ่มกรด 10 mL ต่อทุกๆ 1 กรัม ของสารตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการย่อยนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปด้วย เพื่อให้เกิดการย่อยได้ดีและเร็ว ที่นิยมใช้กันคือ เกลือของทองแดง (Cu) ปรอท (Hg) ซิลีเนียม (Se) หรือเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะต้องใช้คู่กับ K_2SO_4 หรือ Na_2SO_4 เพื่อช่วยให้จุดเดือดสูงขึ้น หรือเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ ปฏิกิริยาการย่อยเป็นปฏิกิริยา wet oxidation เกิดขึ้นคือ

$$RNH_2COOH + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_2 + SO_2 + H_2O$$

ผลจากปฏิกิริยาที่ได้ $(NH_4)_2SO_4$ ส่วน CO_2 , SO_2, H_2O จะระเหยออกไป

ในการย่อยจะใช้อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ถึง 450 องศาเซลเซียส สารละลายที่ได้ควรจะย่อยต่อไปด้วยไฟแรงประมาณ 10 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าโปรตีนถูกย่อยเป็น $(NH_4)_2SO_4$ หมด

<u>สรุป</u> ใช้ตัวอย่างอาหารไม่เกิน 2 กรัม (ใช้ 1 กรัม) ใส่ในกระดาษกรอง 1 หลอด (ทำ Blank) เติม K_2SO_4 3.5 กรัม และ $CuSO_4.5H_2O$ ย่อยที่ 400 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

3. การกลั่น (Distillation)

การกลั่นโดยใช้เครื่องกลั่นแบบเก่า ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน

คือ 1. ขวดย่อยและกลั่น (Kjeldahl flash)

2. กระเปาะพักก๊าซ (Kjeldahl connecting bulb)

3. เครื่องควบแน่น (Condenser)

4. ภาชนะจับก๊าซ (Receiving flash)

การประกอบเครื่องกลั่นต้องระวังไม่ให้มีรอยรั่วเกิดขึ้นตามข้อต่อในจุดต่างๆ ซึ่งจะทำให้ NH_3 สูญเสียไปได้ การประกอบเครื่องมือโดย Kjeldahl flash ต่อเข้ากับ Kjelconnecting bulb ได้อย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการสูญเสีย NH_3

เมื่อประกอบเครื่องมือเสร็จแล้ว ถอดเอา Kjeldahl flash มาเติมน้ำ 100 mL แล้วเติมด่าง (NaOH) ลงไปอย่างรวดเร็ว (ใช้ 40 % NaOH) พร้อมใส่ glassbeed 5 – 10 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดของสารละลายรุนแรงจนเกินไป แล้วนำ Kj;eldahl flash เข้าไปต่อกับ Kjelconnecting bulb อย่างรวดเร็ว หมุน flash ให้สารละลายผสมกันดี แล้วจึงกลั่นไล่ NH_3 ให้ผ่าน condenser NH_3 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบแน่นเป็นของเหลวลงสู่ภาชนะที่มีกรดบอริก 50 mL เป็นตัวจับ NH_3 การกลั่นจะกลั่นจน NH_3 หมด คือสารละลายในขวดจับ NH_3 มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ของสารละลายเดิม จึงนำไปไทเทรต ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2\,NH_3 + Na_2SO_4 + 2\,H_2O$$

$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH$$

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow NH_4H_2BO_3 + H_2O$$

4. การไทเทรต

ใช้ 0.1 N H_2SO_4 ในการไทเทรต และใช้ methyl red หรือ indicator ผสมระหว่าง methyl red กับ bromcresolgreen โดยหยด 2 – 3 หยด ลงใน flash ที่มีกรดบอริกและNH_3 แล้วจึงไทเทรต เมื่อถึงจุด end product จะได้สารละลายสีชมพู นำค่าปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ไปจริงๆ คำนวณหาปริมาณ Nitrogen หรือปริมาณโปรตีนต่อไป ในการวิเคราะห์ทุกครั้งต้องทำ Blank

5. การคำนวณ

0.1 N H_2SO_4 1 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Nitrogen 0.0014 g

ความเข้มข้นของ H_2SO_4 = A Normal

ใช้ H_2SO_4 ในการไทเทรตกับตัวอย่าง = B mL

ใช้ H_2SO_4 ในการไทเทรตกับ Blank = C mL

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ = D g

ดังนั้น ปริมาณ N ในตัวอย่าง D g $= \dfrac{0.0014 \times A \times (B - C)}{0.1}$ g

ปริมาณ N ในตัวอย่าง 100 g $= \dfrac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100}{0.1 \times D}$ g

$\%\,N = \dfrac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100}{0.1 \times D}$ %

$\%$ โปรตีน $= \dfrac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100 \times 6.25}{0.1 \times D}$ %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หา Crude Fat

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในอาหารวิเคราะห์ โดยใช้ ether เป็นตัวสกัดทั้งปิโตรเลียมอีเทอร์และไดเอทธิลซึ่งเป็นสารละลายที่ไม่มีขั้ว (nonpolar soluvent) สารที่ได้จากการสกัดภายหลังที่ได้ระเหย etherออกหมดแล้ว เรียกว่า ether extract หรือ Crude fat ซึ่งหมายถึง ไขมันที่แท้จริง (true fat หรือ triglycerides) และสารคล้ายไขมัน เช่น phospholipids sterlos สารมีสีที่ละลายได้ในไขมัน (Fat soluble pigments , Essential oils และอื่นๆ ที่สามารถละลายได้ดีในether)

การสกัด Crude Fat จะใช้ตัวทำละลาย Anhydrous Ether หรือ Petrolium Ether หรือ Hexanes

ถ้าต้องการสกัดให้ได้ lipid ทั้งหมดในอาหาร จะต้องทำการ hydrolyse ตัวอย่างอาหารด้วยกรดหรือด่างก่อน พวกlipid ที่รวมอยู่กับสารอื่น เช่น โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจะถูก hydrolyse ได้เป็น lipid อิสระ ทำให้สกัดออกได้ง่าย

<u>การวิเคราะห์ Crude Fat โดยวิธี soxhlet</u>

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

Petroleum ether

ชุดอุปกรณ์สกัดไขมัน (soxhlet apparatus)

Fat Extraction Thimble

Drying Oven

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไขมัน ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการวิเคราะห์หาความชื้นมาแล้ว โดยใช้ตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ใส่ใน thimble ปิดด้านบนด้วยสำลีหรือตัดกระดาษกรองวางตอนบนเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

ในกรณีที่เป็นตัวอย่างใหม่ ซึ่งเป็นตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ใน Extraction Thimbl อุดด้วยสำลีที่ปราศจากไขมัน นำไปอบในตู้อบที่ 97-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. นำ thimble จากข้อ 1 ใส่ลงใน soxhlet tube และประกอบเข้ากับ condensor และ flask ที่สะอาดและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

3.เติม Petroleum Ether ลงไปให้มากเกินพอ ในการสกัดจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่ soxhlet tube ซึ่งอาจใช้ water bath หรือ heating mantle ก็ได้โดยจะต้องปรับระดับความร้อนจน Ether ระเหยเป็นไอและควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างอย่างต่อเนื่องกันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำ flask ที่มีสารที่สกัดได้ไประเหยจนแห้ง แล้วอบใน Oven ที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator แล้วชั่งจนได้น้ำหนักที่คงที่ น้ำหนักของflaskที่เพิ่มขึ้นเป็นน้ำหนักของ Ether Extract หรือ Crude Fat แล้วคำนวณหา % Ether Extract ในอาหารต่อไป

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ ของ Crude Fat ในอาหาร} = \frac{(B-A)\times 100}{W}$$

A = น้ำหนักของ flask ที่รองรับ

B = น้ำหนักของ flask และ น้ำหนัก crude fat

W = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หา Crude Fiber (เส้นใยหยาบ)

ในการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตแบ่งได้ 2 พวก คือ Crude Fiber กับ N.F.E. (Nitrogen Free Extract Crude Fiber)

Crude Fiber ในอาหารสามารถวิเคราะห์หาได้โดย นำอาหารภายหลังที่ได้สกัดไขมันออกแล้วมาต้มกับกรดและด่างอย่างจาง พวกอินทรีย์สารต่างๆ เช่น โปรตีน แป้ง น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตบางอย่างก็จะละลายในกรดและด่าง มีส่วนสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสกัด เรียกว่า Crude Fiber ซึ่งส่วนประกอบหลักเป็น เซลลูโลส นอกจากนี้ยังมี hemicellulose และ lignin รวมอยู่บ้างเล็กน้อย ปริมาณของส่วนประกอบแต่ละชนิดในเส้นใย จะผันแปรขึ้นกับชนิดของตัวอย่างอาหารและวิธีการที่ใช้วิเคราะห์

สำหรับ N.F.E. คำนวณโดย เอา% ความชื้น ,เถ้า ,โปรตีน , ไขมัน และ Crude Fiber ที่ได้จากการวิเคราะห์มารวมกัน แล้วลบออกจาก 100 จะได้ % ของ N.F.E.

<u>วิธีการหาปริมาณของเส้นใยหยาบ</u> (Crude Fiber)

หลักการของวิธีนี้ คือ ทำให้สารที่ไม่ใช่ cellulose อยู่ในรูปของสารละลายโดยใช้ H_2SO_4 acid และ KOH

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

1. H_2SO_4 acid 1.25 % หรือ 0.255 N
2. KOH 1.25 % หรือ 0.313 N
3. N- octanol ใช้เป็น Antifoam
4. เครื่องมือชุดวิเคราะห์ Crude Fiber (เครื่อง FIWE)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ผ่านกาวิเคราะห์หาไขมันเสร็จแล้วใส่ในถ้วยแก้ว ชั่งให้ได้น้ำหนักของตัวอย่างประมาณ 1g (สูงประมาณ 1mm.)
2. เติม 1.25% H_2SO_4 acid ที่ต้องให้ร้อนก่อนจนถึงระดับ 150 mm.
3. เติม 3-5 หยดของ N-octanal
4. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที
5. เปิดลิ้นไปที่ Vacuum เพื่อระบาย H_2SO_4 acid ออก
6. ล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อนๆ ครั้งละ 30 ml (ในการล้างแต่ละครั้งให้เปิดลิ้นไปที่ Pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หลังจากปล่อยน้ำล้างครั้งสุดท้ายออกจนหมดแล้ว เติม 1.25% KOH ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงไป 150 ml พร้อมกับ 3-5 หยดของ N-octanol

8. ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

9. ทำซ้ำขั้นตอน 5 และ6

10. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง แล้วล้างอีก 3 ครั้งด้วย Acetone 25 ml เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง

11. ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 1ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ ค่านี้เป็นน้ำหนักของเส้นใยหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า (ASH)

12. หากต้องการหาปริมาณของเถ้า ให้เผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักของเถ้า เมื่อนำไปหักออกจากข้อ 11 จะได้น้ำหนักของเส้นใยหยาบที่ปราศจากเถ้า

13. คำนวณหา % ของเส้นใยหยาบ = $\frac{\text{น้ำหนักเส้นใยหยาบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เถ้า (Total ash)

การวิเคราะห์หาจำนวนแร่ธาตุหรือเถ้าในอาหาร วิเคราะห์หาได้โดยการนำอาหารไปเผาที่อุณหภูมิสูงๆ (500-600 องศาเซลเซียส) สารอินทรีย์จะถูกเผาไหม้กลายเป็น CO_2 ส่วนที่เหลือเรียกว่า เถ้าซึ่งเป็นตัวแทนของอนินทรีย์สารหรือแร่ธาตุที่มีอยู่ในอาหาร แต่ในเถ้าที่ได้นี้ยังมีแร่ธาตุบางอย่างซึ่งไม่ได้มาจากอนินทรีย์สารโดยตรงรวมอยู่ด้วย เช่น กำมะถัน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนรวมอยู่ในเถ้าด้วย นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุบางอย่าง เช่น Na , K, P, และ S ได้สูญเสียไปในระหว่างการเผาด้วย

ปริมาณเถ้าสามารถใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของอาหารบางชนิดได้ อาหารบางชนิดที่มีปริมาณเถ้ามากไปอาจเนื่องมาจากอาหารนั้นถูกปลอมปน เช่น อาหารพวกเครื่องเทศ เจลาติน น้ำตาลทราย และแป้ง เป็นต้น ดังนั้นปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ได้ควรอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

<u>สารเคมีและอุปกรณ์</u>

เตาเผา Muffle furnace

Porcelain crucible

Desicator

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนัก 2-5 กรัมใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปเผาใน hood จนหมดควัน ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวให้นำไปทำให้แห้งบนหม้อต้มน้ำปรับอุณหภูมิให้ได้ก่อน แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่ตั้งอุณหภูมิที่ 500 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเถ้าเป็นสีขาว (ประมาณ 3-4 ชั่วโมง)

2. นำไปทำให้เย็นใน desicator แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือเป็นน้ำหนักของแร่ธาตุหรือเถ้า แล้วคำนวณ%

$$\% \text{ เถ้าในอาหาร} = \frac{(b-a) \times 100}{w}$$

a = น้ำหนัก crucible

b = น้ำหนัก crucible และ น้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

การคำนวณ N.F.E. (nitrogen free extract) หรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้

N.F.E. = 100 – (% moisture + % crude protein + % ether extract + % crude fiber + % ash)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาความชื้น (Moisture)

อุปกรณ์

Porcelain

Hot Air Oven

Desicator

วิธีการทดลอง

ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการนำมาวิเคราะห์หาความชื้นใส่ใน Porcelain ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ให้ได้น้ำหนัก 2-5 กรัม นำไปอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เสร็จแล้วนำออกมาทำให้เย็นใน Desicator ที่มีสารดูดความชื้น แล้วชั่งหาน้ำหนักนำกลับเข้าไปในเตาอบแล้วทำตามขั้นตอนเดิม นำมาชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ ดังนั้นน้ำหนักที่หายไปจะเป็นน้ำหนักของความชื้นที่มีอยู่ในอาหาร จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในอาหารต่อไป

การคำนวณ

$$P = \frac{100\ (A-B)}{C} \quad \%$$

เมื่อ P = เปอร์เซ็นต์ความชื้นในอาหาร

A = น้ำหนักของ Porcelain กับน้ำหนักอาหารก่อนอบ

B = น้ำหนักของ Porcelain กับน้ำหนักอาหารภายหลังการอบ

C = น้ำหนักตัวอย่างอาหารก่อนการอบ

หมายเหตุ

อุณหภูมิและระยะเวลาของการอบตัวอย่างอาหารแต่ละประเภทจะไม่เท่ากัน เช่น

1. อาหารพวกเมล็ดธัญญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวเจ้าที่บดละเอียด ควรอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

2. อาหารพวกผลิตภัณฑ์จากนมและอาหารที่มีน้ำตาลสูง ควบอบที่อุณหภูมิ 97 - 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง

3. อาหารประเภทพืชสด ชั่งพืชสดให้ได้น้ำหนักแน่นอน 200 กรัม ใส่ในถาดแบนเกลี่ยอาหารในถาดให้กระจายบางๆ แล้วอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100-103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ ต่อจากนั้นให้ทำการอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ถ้าตัวอย่างอาหารนั้นไม่ต้องนำไปวิเคราะห์หาโปรตีน ให้อบที่อุณหภูมิ130 องศาเซลเซียส ต่อไปจากเดิม

3.2 ถ้าหากตัวอย่างอาหารนั้นต้องนำไปวิเคราะห์หาโปรตีน และส่วนประกอบอื่นๆ ด้วย ควรอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ภายหลังจากการอบอาหารจนแห้งดีแล้ว ควรนำออกไปตั้งทิ้งไว้ให้ถูกอากาศ แล้วบดให้ผ่านตะแกรง ขนาด 1 มิลลิเมตร นำอาหารที่บดแล้วมาเก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิด มิให้อากาศเข้าได้ แล้วนำไปวิเคราะห์หาความชื้นตามวิธีที่กล่าวมาแล้วต่อไป

4. อาหารประเภทเกลือแร่ ควรอบที่อุณหภูมิ 135-140 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินคุณภาพโดยใช้เครื่องมือทดสอบ

สีเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธอาหาร คุณสมบัตินี้สามารถประเมินได้โดยวิธีทางประสาทสัมผัส แต่เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดหลายประการ จึงมีการคิดประดิษฐ์เครื่องมือทดสอบแบบต่างๆขึ้นมามากมาย ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดการสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบ หรือเพื่อช่วยให้เกิดความเป็นมาตรฐานของวิธีตรวจสอบ เป็นต้น

การวัดสี

สีและการเปลี่ยนสีของอาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ถึงแม้ว่าสีจะไม่บ่งบอกถึงคุณค่าทางอาหาร รส หรือคุณสมบัติในการนำไปใช้งาน แต่สีให้ความสำคัญในแง่ของความชอบของผู้บริโภค สีในอาหารเกิดจากเม็ดสี เช่น ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ หรือเกิดจากสารที่ไม่ใช่เม็ดสี เช่น การเกิดสีน้ำตาลเมื่อนำน้ำตาลไปเคี่ยว เป็นต้น สีอาหารอาจเกิดจากสีโดยธรรมชาติหรือเป็นการแต่งแต้มสีโดยตั้งใจของผู้ผลิต ในเรื่องของอาหารสีจะบ่งบอกถึงความแตกต่างของความแก่-อ่อน (maturity) ของผักและผลไม้บางชนิดได้ดี บางครั้งอาจใช้สีอาหารเป็นดรรชนีในการคัดเลือกวัตถุดิบ ควบคุมขั้นตอนการผลิตและจัดแบ่งชั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

การวัดสีโดยใช้ระบบสีของฮันเตอร์ (Hunter Color System)

ระบบสีของฮันเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ตัวคือ L, a, b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่า a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง ค่า a – แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน โดยค่า b + แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และ b – แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

การวัดสีในระบบนี้มีเครื่องวัดสี คือ Hunter Color- Difference Meter ซึ่งวัดสีตัวอย่างออกมาเป็นค่า L , a และ b

สูตรของ Hunter (1985)

$$L_L = 10\ Y$$

$$a_L = 1.75\ (\ 1.02X - Y\ )\ /\ Y$$

$$b_L = 7.0\ (\ Y - 0.8467\ Z\ )\ /\ Y$$ (คณาจารย์, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
องค์ประกอบของสารเคมีที่ใช้

โซเดียมอัลจิเนตชนิด GMB

GMB มีความหนืดสูง และเป็นโซเดียมอัลจิเนตที่บริสุทธิ์ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการความแข็งแรงของเจลสูง

<u>ประกอบด้วย</u>

1.	ความหนืด (สารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1)	110 – 270 mPa.s (cP)
2.	พีเอช (สารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1)	5.0 – 7.5
3.	การสูญเสียจากการทำแห้ง	ไม่เกินร้อยละ 13
4.	ขนาดอนุภาค	อย่างน้อยร้อยละ98 ทั้งอนุภาค 355 µm
		อย่างน้อยร้อยละ80 ทั้งอนุภาค 250 µm
5.	ลักษณะที่พบ	มีลักษณะเป็นครีมจนถึงเป็นผงสี
		น้ำตาลอ่อน
	สีของผง	ไม่น้อยกว่า 38
6.	เถ้า (เป็นของแข็งแห้ง)	ร้อยละ 18 – 27
7.	ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 5 mg / kg (ppm)
8.	อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 3 mg / kg (ppm)
9.	ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 10 mg / kg (ppm)
10.	สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 10 mg / kg (ppm)
11.	เงิน (Hg)	ไม่เกิน 0.5 mg / kg (ppm)
12.	แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.5 mg / kg (ppm)
13.	ข้อจำกัดทางจุลชีววิทยา	
	แบคทีเรีย	ไม่เกิน 5000 cfu / g
	ยีสต์และรา	ไม่เกิน 300 cfu / g
	โคลิฟอร์ม	ไม่ควรพบ
	E. coli	ไม่พบในสาร 25 g
	Samonella	ไม่พบในสาร 25 g

<u>ส่วนประกอบหลัก</u>

โซเดียมอัลจิเนต E401 CAS: 9005-38-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คำจำกัดความของการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

Hardness ค่าความแข็ง(hardness) คือ แรงสูงสุดที่สามารถเจาะทะลุลงไปในผลิตภัณฑ์ได้เป็นครั้งแรก ความแข็งไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นที่จุดที่ทะลุลงไปลึกที่สุดแม้ว่าตัวอย่างโดส่วนใหญ่จะเกิดที่จุดนี้(http://www.nutrition.co.th/contact.php) ความหมายเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ความแข็งในกรณีของแข็ง (hardness of solid) หมายถึง แรงที่ใช้ในการกดอาหารระหว่างฟันกราม (molar teeth) เพื่อเปลี่ยนรูปร่างของตัวอย่าง ความแข็งในกรณีกึ่งของแข็ง (hardness of semisolid) หมายถึง แรงที่ใช้ในการกดอาหารระหว่างเพดานปากกับลิ้น (plate and tongue) เพื่อเปลี่ยนรูปร่างของตัวอย่าง(รุ่งนภาและธงชัย,2547)

Fracturability or Brittleness การแตกหัก หมายถึง แรงกดทันทีทันใดในแนวดิ่งที่ทำให้ตัวอย่างอาหารเกิดการแตกหักเป็นชิ้นๆ และกระจายออกไปในทิศทางแนวนอนราบ ตัวอย่างอาหารที่จะมีคุณสมบัตินี้ได้ จะต้องเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะความแข็งพอสมควร แต่มีการเกาะยึดตัวรวมกันน้อย (รุ่งนภาและธงชัย,2547) อาจไม่พบในผลิตภัณฑ์ทุกชนิด แต่เมื่อมีการทำให้เกิดรอยแยกจุด Fracturability จะเกิดขึ้นซึ่งกราฟจะแสดงจุดสูงสุดในกราฟแรก (ซึ่งค่าแรงเริ่มลดลง) ในระหว่างที่มีการทดสอบเจาะทะลุผลิตภัณฑ์ลงไปครั้งแรก(http://www.nutrition.co.th/contact.php)

Cohesiveness ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน คือความทนทานของผลิตภัณฑ์ต่อของการทำให้เกิดการผิดรูปร่างไปในครั้งที่สองของการทดสอบโดยจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนรูปไปอันเนื่องมาจากการทดสอบในครั้งแรก ในการวัดจะเป็นการแบ่งแยกของพื้นที่ ในการทำงานระหว่างการเจาะทะลุในครั้งแรกและครั้งที่สอง (นั่นก็คือ Area 2 / Area 1)(http://www.nutrition.co.th/contact.php) หรือ ความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นมาในอาหาร แล้วทำให้อาหารทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ถึงระยะทางหนึ่ง ก่อนที่มันจะขาดแตกออกจากกันไปเป็นชิ้นส่วนย่อย เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำการวัดค่านี้สามารถทำได้ โดยวางชิ้นอาหารระหว่างฟันกรามและทำการกดตัวอย่างลงมาให้ตลอด สังเกตตัวอย่างมีการเปลี่ยนรูปมากน้อยแค่ไหนก่อนที่จะเกิดการแตกหักหรือแยกออกจากกันเป็นชิ้นส่วนย่อย (รุ่งนภาและธงชัย,2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Springiness or Easticity ค่าความยืดหยุ่น คือ ค่าทางกายภาพที่ผลิตภัณฑ์สามารถจะเด้งหรือดีดกลับหลังที่ผ่านการทำให้ผิดรูปแล้วในการเจาะทะลุในครั้งแรกค่าการดีดตัวกลับ (springback) จะวัดที่เมื่อมีการตอกลงในการเจาะครั้งที่สอง ดังนั้นช่วงเวลาที่รอการตอกทั้งสองครั้งจะมีความสัมพันธ์กัน ในบางกรณีหากช่วงเวลาที่รอตอกนานเกินไปผลิตภัณฑ์ก็จะสามารถดีดกลับคืนสภาพได้มากกว่า ซึ่งอาจเกิดขึ้น ภายใต้สภาวะที่ทำการวิจัย (เช่น อาจรอถึง 60 วินาทีในระหว่างการเคี้ยว) ค่าความยืดหยุ่นแบบนี้สามารถวัดได้หลายวิธีแต่โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีดังตัวอย่างเช่น โดยระยะทางในการตรวจสอบความสูงของผลิตภัณฑ์ในการเจาะทะลุในครั้งที่สอง หรือการแบ่งโดยระยะที่ใช้ในการเจาะทะลุตามปกติ แต่เดิม(Length 1) คำจำกัดความแต่เดิมของ springiness จะใช้กับ Length 2 เท่านั้น หน่วยที่ใช้อาจเป็นมิลลิเมตรหรือหน่วยระยะทางอื่นๆ ค่านี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับนัก เนื่องมาจากว่าค่านี้สามารถเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์เท่า นั้น ซึ่งต้องเป็นลักษณะเดียวกันทั้งรูปร่างและความสูง สำหรับผู้ใช้วิธีวิเคราะห์ TPA หลายรายกดหรือบีบอัดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดความเครียด a % และสำหรับการนำค่าระยะทางไปใช้เพียงอย่างเดียว (ไม่ค่อยมีการใช้แบบเป็นอัตราส่วน)ซึ่งความสูงของตัวอย่างมีผลกระทบอย่างมาก โดยเฉพาะค่าspringinessที่เป็นอัตราส่วนของความสูงเดิมการเปรียบเทียบสามารถใช้ระหว่างชุดตัวอย่างและผลิตภัณฑ์(http://www.nutrition.co.th/contact.php) หรืออาจหมายถึงขอบเขต หรือระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิม เมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่างอาหารที่ทำการทดสอบการวัดค่านี้สามารถทำได้ โดยวางชิ้นอาหารระหว่างฟันกราม และทำการกดตัวอย่างลงถึงระดับหนึ่ง ที่ไม่ก่อให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างภายในอาหารหลังจากนั้นถอนแรงคืน สังเกตดูว่าโครง สร้างอาหารมีสัดส่วนการคืนตัวกลับมามากน้อยแค่ไหน เปรียบเทียบโครงสร้างอาหารเริ่มต้นก่อนที่จะมีแรงมากระทำ (รุ่งนภา และธงชัย,2547)

Chewiness การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งเท่านั้นและจะคำนวณได้จาก Gumminess* Springiness (นั่นก็คือ Length 1 / Length 2) Gumminessจะใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นกึ่งของแข็ง คือ Hardness*Cohesiveness (ซึ่งคือArea2/Area1) (http://www.nutrition.co.th/contact.php) หรือ ระยะเวลายาวนานที่ใช้ในการเคี้ยวบดอาหารที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่ จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ หรือหมายถึง พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการเคี้ยวบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ เป็นคุณสมบัติผสมระหว่างความแข็ง การเกาะตัวกัน และความยืดหยุ่น (รุ่งนภาและธงชัย,2547)

Resilience ความสามารถกลับสู่สภาพเดิมหรือการหดตัว (Resilience) คือค่าที่แสดงความสามารถในการกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าคงที่ของ Springiness เนื่องจากค่านี้วัดจากการหดตัวเมื่อมีการเจาะทะลุในครั้งแรกก่อนที่จะเริ่มเกิดช่วงเวลาในการรอให้เกิดการเจาะทะลุในครั้งต่อไป ในการคำนวณจะใช้พื้นที่ในระหว่างการหดตัวในช่วงหลังจากการเจาะทะลุครั้งแรก หารด้วยพื้นที่ของที่ทะลุจากการเจาะทะลุในครั้งแรก (Area 5 / Area 4) สามารถวัดได้ด้วยการเจาะทะลุแบบเดี่ยว อย่างไรก็ตามอัตราเร็วในการหดตัวหรือการคืนตัวจะต้องเท่ากับอัตราเร็วในการเจาะทะลุลงไปได้ (http://www.nutrition.co.th/contact.php)

Adhesiveness การเกาะติดพื้นผิว หมายถึง แรงที่ต้องใช้ในการทำให้อาหารที่เกาะติดอยู่ที่เพดานปากในระหว่างรับประทานอาหารหลุดออกมา หรือหมายถึงงานที่ต้องการใช้ในการดึงอาหารออกมาจากพื้นผิวที่อาหารไปเกาะติด เช่น เพดานปาก

Viscosity ความหนืด ความหมายในเชิงการทดสอบชิม (oral attributes) หมายถึง แรงที่ใช้ในการดึงของเหลวจากช้อนมายังลิ้น หรือหมายถึงการไหลของตัวอย่างภายในลิ้นเมื่อค่อยๆ ยกลิ้นมาแตะเพดานปาก ความหมายในเชิงลักษณะปรากฏ (non-oral attributes) หมายถึง อัตราการไหลลงมาของอาหารเมื่อเทตัวอย่างลงด้านข้างของภาชนะที่ตั้งวางเอียง (รุ่งนภาและธงชัย,2547)

Gumminess ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง หมายถึง พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างอาหารที่เป็นกึ่งของแข็ง (semisolid) ในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้ ค่านี้จะบ่งบอกความเหนียวแน่นที่คงมีอยู่ในอาหารกึ่งของแข็ง ตลอดการเคี้ยวเป็นคุณสมบัติผสมระหว่างการเกาะตัวกัน และความยืดหยุ่น(รุ่งนภาและธงชัย,2547)

Gumminess = breaking force × Cohesiveness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้