

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
ประจำปีงบประมาณแผ่นดิน 2547-2548
(โครงการต่อเนื่อง 1 ปี 6 เดือน)

เรื่อง

การศึกษาการผลิตหุบลามเทียมจากเจลาตินและ โซเดียมแอลจิเนต
Studies on The Imitative Shark fin Production from Gelation and
Sodium alginate

โดย

ผศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Shark fin have been known as an important expensive ingredient and famous for Chinese dish. With increase demand for shark fin, they tend to be in short supply. The natural shark fin consist of collagen so gelatin is a degraded form of collagen which the main protein gelling agent used in foods. Gelatin is also used as a source of essential amino acids in dietary supplements and as therapeutic agents. For these reasons it is used with sodium alginate to produce imitative shark fin.

A study to find appropriate conditions for a production of imitative shark fin from gelatin and sodium alginate was done such as type of gelatin, concentration of gelatin and sodium alginate, concentration of calcium chloride, immersion times in calcium chloride solution and concentration of color effecting the texture of imitative shark fin product. A process of producing imitative shark fin consist of using starting material mixture containing gelatin (240 bloom 20 mesh) 4 % and sodium alginate (GMB) 1.5 % and made up to 100 litres of hot water. After swelling and dissolved thoroughly the gelatin sol was discharged through a cylinder with 0.2 mm diameter into a trough through which a 2% calcium chloride solution was flowing. As soon as it was extruded thru a spinneret into the coagulating solution with 15 min. immersion time, the product would be obtained which one end being thick and pointed at its tip and the other end being slenderly extended as tail about 200-300 mm. in length corresponding to that of natural shark fin. It was washed 3 times with clean water then soaked in the natural coloring agent (Lo Han Kuo) 0.4 % for 5 min. A texture analyzer (LLOYD Instruments) was used to measure the texture profile. The hardness, chewiness, cohesiveness, springiness and gumminess were 1.0004 N, 0.0124 N.mm., 0.0801 N.mm., 0.1478 mm and 27.7016 gf. respectively. The product was cooked in soup using natural shark fin as control. The consumers gave the same sensory score for imitative shark fin as the control.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. คุณหญิง ธารนิพัฒน์ อดีตคณบดีคณะ
วิทยาศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดร. นวพลวรรณ ณ. ระนอง หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะ
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าใน
การวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณพยอม เกียรติกำจร คุณแสง ศรีแจ้ คุณณัฐ เบญจบัณฑิตและเพื่อน
ร่วมงานที่เป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาทุกท่านที่ให้การ
อนุเคราะห์ และความสะดวกในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการทดลอง ขอกราบขอบพระคุณ
รองศาสตราจารย์ ดร. ประศาสตร์ พุตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระสิทธิ์ กัลยาณฤดี ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร. วันชัย วรวัฒน์เมธีกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิษุฒิชา จันทราพรชัย ที่ได้
ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในการวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจ
แก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ทำให้เกิดการสร้างสรรค์งานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ชี้นำ
และสนับสนุนการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้

มาริสสา จาตุพรพิพัฒน์
ธันวาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
- คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	4
ปลาฉลาม	4
เจลาติน	12
โซเดียมแอลจีเนต	34
อุปกรณ์และวิธีการ	61
อุปกรณ์	61
วิธีการ	62
ผลและวิจารณ์	68
สรุป	98
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมี	114
ภาคผนวก ข ภาพเครื่องมือและตัวอย่างผลิตภัณฑ์	120
ภาคผนวก ค การวัดค่าสี	125
ภาคผนวก ง สูตรหุบหูลฉลาม	127
ภาคผนวก จ แบบสอบถาม	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของหุ้ดตามตากแห้ง	12
2	คุณสมบัติของเจลาตชนิดเอ และชนิดบี	16
3	ชนิดและปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนที่พบในเจลาตินที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยง ถูกด้วยนมชนิดต่าง ๆ	23
4	มาตรฐานผลิตภัณฑ์กรดแอลจินิกที่กำหนดโดย FAO, FCC และ USP	42
5	มาตรฐานผลิตภัณฑ์โซเดียมแอลจินेट	43
6	ความหนืดของแอลจินेट (mPas) เครื่องวัดความหนืด Brookfield แบบ RVT ที่ 20 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	45
7	ค่า FIRA (ml) ที่ใช้วิเคราะห์ความแข็งแรงของเจลของแอลจินेट	48
8	สมบัติเฉพาะของโซเดียมแอลจินेटจากบริษัท Sigma ที่สกัดจากสาหร่ายทะเล สีน้ำตาล <i>Macrocystis pyrifera</i>	48
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของแอลจินेट	49
10	ปริมาณการใช้ฮืออนลบเพื่อเกิดเจลโดยใช้สารละลายโซเดียมแอลจินेटและ แคปซูลคาราจีแนนร้อยละ 2.4 และ 1.0 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ ที่ความ ความเข้มข้นและเวลาที่ใช้ในการแช่ต่าง ๆ	59
11	อิทธิพลของสารทำให้แข็ง (solidified agent ,CaCO ₃) ต่อการเกิดเจล (ความเข้มข้นของ โซเดียมแอลจินेटร้อยละ 1)	60
12	ปริมาณเจลาตินและ โซเดียมแอลจินेटที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ คัดแปลงจากสูตรพื้นฐาน	65
13	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกหุ้ดตามตากแห้ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)	69
14	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าหุ้ดตามตากแห้ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)	71
15	การวัดคุณลักษณะคุณภาพของหุ้ดตามตามความต้องการของผู้ซื้อ	75
16	กิจการการค้าหุ้ดตาม	77
17	ปริมาณการซื้อและปัญหาในกิจการการค้าหุ้ดตาม	78
18	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด	81
19	อิทธิพลของสัดส่วนระหว่าง เจลาตินกับ โซเดียมแอลจินेट ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อ สัมผัสของ อาหาร	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	คะแนนความชอบด้านความชอบรวม ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการ เลี้ยวของผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียมตามสูตร 1,2, 3, 4, 5 และ 6	86
21	ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของหุ้จตามเทียมร้อยละ 1, 2, 3 และ 5 ที่ระยะเวลาในการแช่ 30 นาที	88
22	ผลของเวลาในการแช่หุ้จตามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส	88
23	ผลของความเข้มข้นของสีจากผงชาตรา 999 ต่อผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	89
24	ผลของความเข้มข้นของสีจากผงชาตราสามม้าต่อผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	91
25	ผลของความเข้มข้นของสีจากผงลูกออร์หันต์ต่อผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	92
26	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	93
27	ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์	96
28	คะแนนความชอบเฉลี่ยและความถี่ของคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	97
29	ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์หุ้จตามเทียม	97

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของปลาจลลาม	5
2	กระบวนการผลิตเจลาติน	19
3	โครงสร้างทางเคมีของเจลาติน	21
4	หน่วยโมโนเมอร์ของแอลจิเนต	36
5	ชนิดของ block ในแอลจิเนต รูปแบบ: G-blocks รูปกลาง: M-blocks รูปล่าง: MG-blocks	37
6	การสกัดแอลจิเนตจากสาหร่ายทะเล	40
7	ความหนืดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต	44
8	การเกิดเจลของแอลจิเนต	47
9	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หุจลลามเทียม	94
ภาพผนวกที่		
1	เครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR – 300	121
2	เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหารของ LLOYD รุ่น TA plus	121
3	เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ FIWA (VELP)	122
4	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30	122
5	เครื่องวิเคราะห์ไขมันรุ่น BüCHI 810 Soxhlet	123
6	การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของของผลิตภัณฑ์	123
7	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หุจลลามเทียม	124

การผลิตหุฉลามเทียมจากเจลาตินและโซเดียมอัลจิเนต

The Production of Imitative Shark Fin from Gelatin and Sodium Alginate

คำนำ

หุฉลาม เป็นอาหารราคาแพงที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในหมู่ผู้บริโภคอาหารจีน แท้จริงหุฉลามนั้นก็คือส่วนที่ได้จากครีบฉลามนั่นเอง ครีบฉลามจะมีความอ่อนนุ่มกว่าครีบของปลาก้างแข็ง (Bony fish) ทั้งนี้เนื่องจากฉลามใช้ครีบเพื่อการทรงตัว ในขณะที่ปลาก้างแข็งที่ต้องใช้ครีบขยับเพื่อขับเคลื่อนตัวให้เคลื่อนที่ขณะว่ายน้ำ ดังนั้นครีบฉลามจึงประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสติน (Collagen and elastin fibres) ที่มีความอ่อนนุ่มล้อมรอบแผ่นกระดูกอ่อนที่เป็นแกนกลางของครีบ โดยมีเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและหนังหุ้มรอบนอก (พรรณทิพย์, 2532) หุฉลามเป็นอาหารที่บริโภคกันเป็นประเพณีในฮ่องกง ไต้หวัน จีน ไทย มาเลเซีย และประเทศอื่น ๆ ที่มีประชากรชนชาติจีนจำนวนมาก หุฉลามยังเป็นหนึ่งในอาหารที่มีราคาแพงที่สุดในโลก ตัวอย่างเช่นราคาโดยเฉลี่ยสำหรับครีบส่วนหางที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแล้วที่ยาว 25.4 เซนติเมตร (10 นิ้ว) เป็นเงิน 17,845 บาทต่อกิโลกรัม แม้แต่ครีบที่เล็กกว่า เช่น ครีบหลังที่ทำแห้งแล้วยาว 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) ราคาโดยเฉลี่ยเป็น 5,430 บาทต่อกิโลกรัม (Quentin and James, 2000) ผู้ขายหุฉลามในทางการค้าชอบหุฉลามแบบที่มีขนาดใหญ่และให้เส้นใยมากกว่า เพราะจะทำให้ขายได้ราคาดีกว่าเมื่อนำไปทำอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหุฉลาม อย่างไรก็ตาม ใย่ไรก็ดีเป็นเวลามากกว่า 15 ปีมาแล้วที่ผู้ขายหุฉลามได้ทำการซื้อหุฉลามที่มีขนาดเล็กกว่า หรือมีลักษณะของเส้นใยน้อยกว่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความต้องการผลิตภัณฑ์หุฉลามราคาไม่แพงจากตลาดของผู้บริโภคระดับที่ต่ำลงมา และกำลังซื้อที่เพิ่มขึ้นของคนเอเชียชั้นกลาง ดังการนำเข้าหุฉลามของฮ่องกงเพิ่มขึ้นจาก 2,648 เมตริกตัน เป็น 8,670 เมตริกตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 227 จากปี 1985 ถึง 1997 เช่นเดียวกับการนำเข้าหุฉลามในประเทศไทยจาก 97 เมตริกตัน ในปี 1985 เป็น 137 เมตริกตัน ในปี 1995 ซึ่งเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 41 (Quentin and James, 2000)

ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีประชาชนเชื้อชาติจีนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีนักท่องเที่ยวจากสิงคโปร์ ไต้หวัน มาเลเซีย เข้ามาท่องเที่ยวในเมืองไทย ซึ่งภาคีตลาดส่วนใหญ่นิยมใช้หุฉลามผลิตเป็นซูบหุฉลาม หากได้มีการทำการสำรวจประเมินการค้าหุฉลามเพื่อเป็นข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการแล้ว ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้การแก้ปัญหาด้านวัตถุดิบคือครีบบปลาคลามจากปลา
คลาม เพื่อเป็นการรองรับความต้องการใช้หุฉลามในอนาคต จึงมีการพัฒนาการผลิตหุฉลามเทียม
เพื่อใช้ทดแทนครีบบปลาคลาม

ในสถานการณ์ปัจจุบันของการประมงปลาคลาม หลายประเทศได้พยายามต่อต้านและ
หยุดยั้งการบริโภคและการค้าหุฉลาม เนื่องจากเกรงว่าจะเป็นการทำลายพันธุ์คลามจนสูญสิ้นไป
โดยเฉพาะการจับปลาคลามและตัดเอาเฉพาะครีบบแล้วโยนส่วนอื่น ๆ ทิ้งลงทะเล ซึ่งมีรายงานจาก
การวิจัยพบว่าครีบบคลามมีน้ำหนักเพียงร้อยละ 1-5 ของน้ำหนักตัวทั้งหมด ส่วนที่ทิ้งและสูญหายไป
สูงถึงร้อยละ 95-99 นับว่าเป็นการสูญเสียทรัพยากรอย่างมาก ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้ออก
กฎหมายห้ามทำการประมงหุฉลาม (Shark Finning Prohibition Act) ในน่านน้ำ โดยห้ามเรือ
ประมงนำครีบบคลามขึ้นท่าโดยปราศจากซากปลาคลามทั้งตัว กฎหมายดังกล่าวได้มีผลบังคับใช้
ตั้งแต่ 13 มีนาคม พ.ศ.2545 เป็นต้นไป และขณะนี้ประเทศออสเตรเลียและสหภาพยุโรป
(European Union) ได้ออกกฎระเบียบห้ามดังกล่าวเช่นเดียวกัน FAO (2002)

ในปี 1984 Nippon ได้ทดลองเตรียมหุฉลามเทียมภายใต้ชื่อว่า shark fin analog ผลิตโดย
ใช้ความร้อนเพื่อละลายของผสมระหว่างเจลาตินและกรดแอลจินิก และแอลจินेटหรือแมนแนน และ
น้ำ เพื่อให้เกิดเป็น gelatin sol ต่อมา Lin and Hsu (1992) ได้ทำการศึกษาการเตรียมหุฉลามเทียมจาก
เจลาตินและ โซเดียมแอลจินेट โดยใช้วิธี wet spinning method

ดังนั้นเป็นที่น่าสนใจยิ่งถ้าประเทศไทยสามารถผลิตหุฉลามเทียมได้ เพราะจะช่วยทดแทน
ทรัพยากรสัตว์น้ำธรรมชาติ ลดการนำเข้าหุฉลามจากต่างประเทศ และเป็นการลดปัญหามลพิษอัน
เนื่อง จากกระบวนการแปรรูปหุฉลาม ฉะนั้นจึงควรมีการศึกษาระบบวิธีการผลิตหุฉลามเทียมจาก
เจลาตินและ โซเดียมแอลจินेटไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการนำไปพัฒนา เพื่อดำเนินการผลิตระดับ
อุตสาหกรรมในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจข้อมูลทางการค้าหูลามในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาการเตรียมหูลามเทียมจากเจลาตินและโซเดียมแอลจีเนตในระดับห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของหูลาม
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหูลามเทียม ได้แก่ ชนิดของเจลาติน ความเข้มข้นของเจลาตินและโซเดียมแอลจีเนต ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ เวลาที่ใช้ในการแช่หูลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นและชนิดของสี ต่อลักษณะผลิตภัณฑ์หูลามเทียม
5. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์หูลามเทียมดังกล่าว ใช้ทดแทนหูลามกึ่งสำเร็จรูปแบบเส้นในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย
6. เพื่อศึกษาแนวโน้มทางการตลาดและศักยภาพของผลิตภัณฑ์หูลามเทียมในภาคการในเขตกรุงเทพ

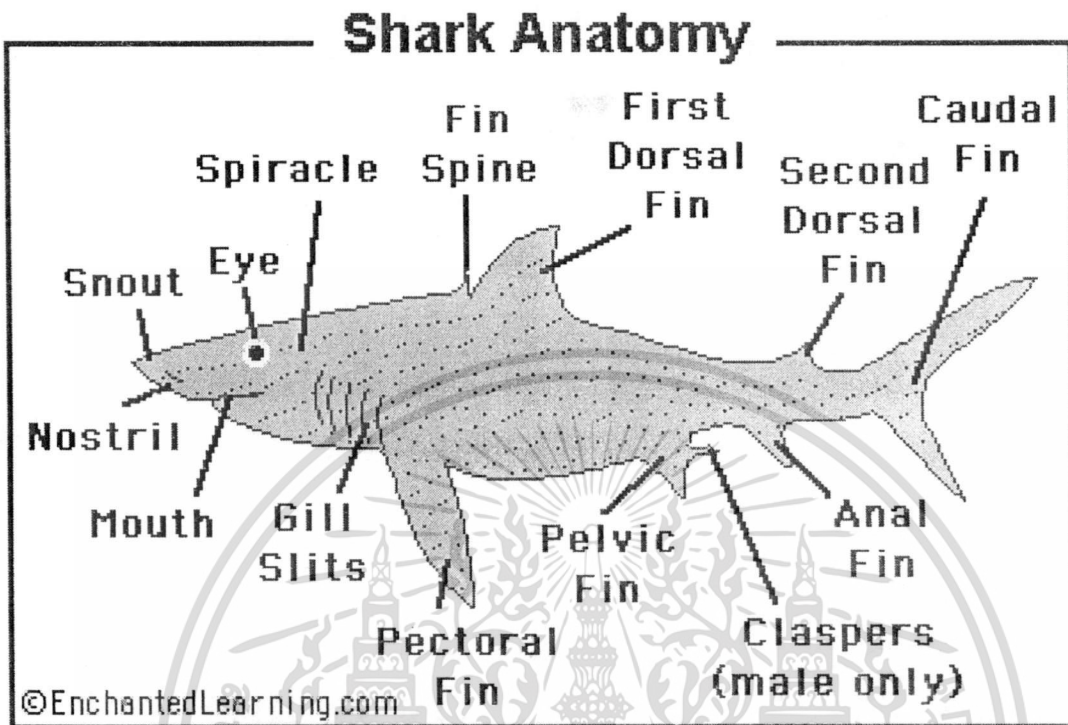
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ปลาฉลาม

ลักษณะทั่วไปของปลาฉลาม

แผนปฏิบัติการสากลเพื่อการอนุรักษ์ปลากะตักการบริหารจัดการปลาฉลาม (IPOA-Sharks) ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้ให้คำจำกัดความของ ฉลาม หมายถึง ปลากะตักอ่อนทุกชนิดทั้ง ฉลาม กระเบน และโคมีรา (FAO, 2000) ตามหลักอนุกรมวิธาน ปลาฉลามจัดอยู่ในกลุ่มหรือชั้น (Class) ปลากะตักอ่อน (Class Chondrichthyes : Cartilaginous fish) กลุ่มย่อย (Subclass) Elasmobranchii เช่นเดียวกับปลาโรนัน โรนินและกระเบน อาศัยอยู่ในมหาสมุทรทั่วไปจากขั้วโลกถึงทะเลเขตร้อนแถบศูนย์สูตร ที่น้ำลึกไม่เกิน 2,000 เมตร ทั่วโลกมีประมาณ 400 ชนิด ลักษณะสำคัญคือเป็นปลาที่มีช่องเหงือกเปิดออก 5-7 ช่อง มีรูปร่างแบบกระสวย (Fusiform) ลำตัวเพรียวยาวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (ภาพที่ 1) คือ หัว ลำตัว และหาง ด้านบนลำตัวมีเกล็ดเล็กเป็นแบบ placoid คือเป็นแผ่นเกล็ดมีหนามยื่นไปทางด้านท้าย ปลาฉลามมีทั้งครีบคู่และครีบเดี่ยว ครีบคู่ ได้แก่ ครีบหู (pectoral fin) อยู่ถัดส่วนหัวตั้งอยู่ต่ำ ด้านล่างแผ่ขนานกับพื้นในแนวราบ ครีบท้อง (pelvic fin หรือ ventral fin) อยู่บริเวณส่วนท้ายของลำตัว ส่วนครีบเดี่ยว ได้แก่ ครีบหลัง (dorsal fin) ซึ่งมีสองครีบคือ ครีบหลังอันที่หนึ่ง (first dorsal fin) และครีบหลังอันที่สอง (second dorsal fin) สำหรับครีบก้น (anal fin) มักอยู่ตรงข้ามกับครีบหลังอันที่สอง ครีบหาง (caudal fin) เป็นแบบ Heterocercal tail คือแยกเป็นสองแพน แพนหางบน (upper lobe) จะใหญ่กว่าแพนหางล่าง (lower lobe) ปลาฉลามเพศผู้จะมีอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์เรียกว่า clasper ติดอยู่ด้านในของครีบท้อง การปฏิสนธิของไข่ปลาฉลามหลังจากการผสมพันธุ์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่มีการปฏิสนธิภายนอกตัว (external fertilization) ในพวกที่ออกลูกเป็นไข่ (oviparous) โดยไข่จะอยู่ในฝัก (capsule) มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือกลมรีแล้วแต่ชนิด ประเภทที่สองมีการปฏิสนธิภายในตัว (internal fertilization) ซึ่งจะเป็นพวกที่ออกลูกเป็นตัวโดยมีรก (placental viviparous) ตัวอ่อนจะเจริญเติบโตอยู่ในรก โดยอาศัยอาหารจากตัวแม่ และประเภทที่สามเป็นพวกที่มีการปฏิสนธิภายในตัวและออกลูกเป็นตัวโดยไม่มีการ (aplacental viviparous หรือ ovoviviparous) ตัวอ่อนในประเภทนี้จะเจริญโดยใช้อาหารที่สะสมไว้ในไข่ (yolk sac) ในที่นี้จะเรียกกลุ่มปลาฉลามตามวิธีการปฏิสนธิว่า พวกออกลูกเป็นไข่ (oviparous) พวกออกลูกเป็นตัว (viviparous) และพวกฟักไข่ในตัว (ovoviviparous) (FAO, 2002)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปลาลดลาม

ที่มา: FAO (2002)

หูลดลาม

ครีบลดลามซึ่งนำมาประกอบอาหารและเป็นที่ยูจกกันทั่วไปว่า หูลดลาม ครีบลดลามจะมี ความอ่อนนุ่มกว่าครีบลดของปลาแกงแกง (Bony fish) ทั้งนี้เนื่องจากลดลามใช้ครีบลดเพื่อการทรงตัว ในขณะที่ว่ายน้ำ ซึ่งต่างจากปลาแกงแกงที่ต้องใช้ครีบลดขยับเพื่อขับเคลื่อนตัวให้เคลื่อนที่ไปขณะว่ายน้ำ ดังนั้นครีบลดลามจึงประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนและอีลัสติน (Collagen and elastin fibres) ที่มีความอ่อนนุ่มล้อมรอบแผ่นกระดูกอ่อนที่เป็นแกนกลางของครีบลด โดยมีเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและหนังหุ้มรอบนอก (พรรณทิพย์, 2532) ผู้บริโภคจะนำครีบลดลามมาแปรรูปเพื่อให้ได้เส้นใยคอลลาเจนและอีลัสตินซึ่งนำไปประกอบอาหารต่อไป โดยชาวจีนนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารตั้งแต่สมัยโบราณ

เริ่มสมัยราชวงศ์หมิง (พ.ศ. 1911-2187) ชาวจีนถือว่าหูลดลามเป็นหนึ่งในแปดของอาหารสุดยอดจากทะเล หูลดลามจึงเป็นอาหารสำหรับจักรพรรดิจีนและผู้มีอันจะกินทั้งหลาย โดยเฉพาะสังคมชาวจีนจะใช้หูลดลามรับรองแขกผู้มาเยือนเพื่อเป็นการให้เกียรติ และนิยมนำมาใช้รับรองแขกในพิธีแต่งงานอยู่เป็นประจำ ในขณะที่หมอยาจีนถือว่าหูลดลามมีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ช่วยชะลอความแก่ ช่วย

เอกรวมกันเป็นเนื้อเดียว การค้าไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นความเบื่ออาหาร ช่วยให้ร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง บำรุงเลือด เสริมพลัง บำรุงตับ ไต กระดูก และระบบอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ความนิยมในการบริโภคหุฉลามจึงแพร่หลายทั่วโลกจวบจนกระทั่งปัจจุบัน ภัตตาคารและร้านอาหารจำนวนมากในประเทศไทยนำหุฉลาม มาประกอบอาหารหลายประเภท เช่น หุฉลามจักรพรรดิ หุฉลามพิเศษน้ำแดง หุฉลามตุ๋นเหื่อใผ่น้ำใส หุฉลามคลุกมันปู หุฉลามตุ๋นหอยสังข์ หุฉลามเต๋จิว หุฉลามทะเลหลวง หุฉลามเนื้อปู หุฉลามไก่เส้น และหุฉลามผัดแห้ง เป็นต้น

วัตถุดิบ ครีบหุฉลามที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบนั้น ได้แก่ ครีบหลังอันที่ 1 และ 2 ครีบหู 1 คู่ ครีบท้อง 1 คู่ ครีบทวาร 1 คู่ และครีบหางส่วนล่าง ครีบหุฉลามจะต้องฉีกออกจากตัวปลาในทันทีที่ปลานั้นถูกจับได้ วิธีการตัดฉีกที่ชาวประมงทำกันมี 3 วิธี ได้แก่

1. Crude cut คือการตัดฉีกครีบตามแนว โดยการตัดจะไม่พิถีพิถัน พบว่ามีเนื้อปลาติดมากับครีบด้วย
2. Straight cut คือการตัดฉีกเป็นแนวตรง ซึ่งทำให้ครีบบางส่วนยังคงติดที่ตัวปลา ครีบที่ได้จึงมีรูปร่างไม่สมบูรณ์
3. Half-moon cut หรือ concave cut คือการตัดฉีกเป็นแนวโค้งตามฐานของครีบ ซึ่งจะทำให้ได้ครีบที่มีรูปร่างสมบูรณ์ มีเนื้อปลาติดอยู่เพียงส่วนน้อย ทำให้การเก็บรักษาและการแปรรูปต่อไปทำได้ง่าย

ครีบหุฉลามที่ตัดฉีกแล้ว ชาวประมงจะจำหน่ายในรูปของครีบสด หรืออาจจะนำไปผ่านกระบวนการเก็บรักษาและแปรรูปก่อนนำออกจำหน่าย

การเก็บรักษาและแปรรูปหุฉลาม ผลผลิตจากครีบหุฉลามที่วางจำหน่ายนั้นมีรูปแบบต่าง ๆ ขึ้นกับขั้นตอนในการเก็บรักษาและการแปรรูป ซึ่งอาจจำแนกได้แก่ หุฉลามสด (Wet / fresh fin) หุฉลามที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษา (Raw fin) หุฉลามแปรรูป (Processed fin) หุฉลามกึ่งสำเร็จรูป (Prepared fin)

1. หุฉลามสด ครีบหุฉลามที่ตัดฉีกแล้วส่วนใหญ่ชาวประมงจะนำมาจำหน่ายแก่พ่อค้าในรูปของครีบสด โดยชาวประมงนำครีบหุฉลามที่ตัดฉีกจากตัวปลาสด ๆ ล้างด้วยน้ำทะเลแล้ว เก็บแช่น้ำแข็งจนกว่าจะถึงมือผู้รับซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หุจลามาที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษา ในกรณีที่ชาวประมงไม่สามารถขายครีบบสดได้ ครีบบสดเหล่านั้นจะนำไปถนอมเพื่อการเก็บรักษาด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ตากแห้ง อบแห้ง คองเกลือ และแช่เยือกแข็ง เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ซื้อต้องการคือ หุจลามาตากแห้ง อบแห้ง (sundried/mechanical dried) การตากแห้ง ทำโดยนำครีบบสดมาล้างด้วยน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 หรือน้ำทะเลที่สะอาดแล้วเรียงบนตะแกรงหรือแขวนบนราวและนำไปตากแดดจนแห้งสนิท ถ้าเป็นครีบบขนาดใหญ่จะนิยมใช้วิธีแขวนบนราว สำหรับการเรียงตากบนตะแกรงนั้นจะต้องคอยกลับเพื่อให้ครีบบแห้งสม่ำเสมอทั้ง 2 ด้าน โดยเฉพาะในช่วงแรกของการตากแห้ง และควรเก็บเข้าที่ร่มในเวลา กลางคืนเพื่อป้องกันความชื้นจากน้ำค้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการตากแห้งนั้นจะขึ้นกับขนาดของครีบบ และสภาพภูมิอากาศ โดยทั่วไปครีบบขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการตากแห้งประมาณ 10-14 วัน ในกรณีที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย จะใช้วิธีนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบ

3. หุจลามาแปรรูป หุจลามาแปรรูปหมายถึงครีบบสดที่ผ่านขั้นตอนการลอกหนังและดึง แกนกระดูกอ่อน (cartilaginous platelet) ตรงกลางของครีบบออกโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงรูปร่างครีบบ ปลายเดิมไว้

วิธีการแปรรูปของหุจลามาโดยทั่วไปมีดังนี้

เตรียมวัตถุดิบ สำหรับครีบบสดนั้นจะนำไปล้างทำความสะอาดแล้วแช่น้ำนาน 8-9 ชม. ส่วนครีบบแช่แข็งนั้นจะต้องนำมาละลายน้ำแข็งแล้วนำไปแช่น้ำ 8-9 ชม. ในกรณีที่ใช้ครีบบสดตากแห้งต้องนำไปแช่น้ำประมาณ 16-20 ชม. ให้อ่อนตัวก่อน ทำการขูดเกล็ดและลอกหนัง นำครีบบสดที่เตรียมไว้แล้วไปแช่ต่อในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกล็ดและหนังหลุดลอกออก ในขั้นตอนนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสตินที่อยู่ภายใน จากนั้นจึงนำครีบบไปแช่น้ำเย็น กำจัดเกล็ดและหนังที่เหลือโดยใช้แปรง โลหะขัดออกจนหมด แล้วจึงนำไปล้างในน้ำสะอาด จากนั้นกำจัดเนื้อปลาและก้าง เนื้อและก้างที่ติดมากับครีบบจะถูกตัดทิ้ง สำหรับครีบบาง ส่วนใหญ่ที่ใช้ได้จะอยู่ด้านปลายหาง เท่านั้น ดังนั้น ส่วนอื่น ๆ ให้ตัดทิ้ง ขึ้นต่อไป กำจัดเลือดและฟอกสี นำครีบบสดที่ได้มาล้างน้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อ ล้างเลือด สำหรับเลือดที่คั่งที่โคนของครีบบนั้นล้างออกยาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการฟอกสี โดย ผู้ผลิตจะนำไปแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 3 นาน 30-40 นาที แล้ว นำไปล้างในน้ำสะอาด นำไปตากแห้ง บนเสื่อไม้ไผ่ และจะต้องคอยกลับอย่างน้อยวันละ 1-2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของผลิตภัณฑ์หุฉลาม

การจัดลำดับคุณภาพของหุฉลามสดจะตัดสินจาก ขนาด ความหนา และปริมาณเส้นใย ภายในครีบบ ซึ่งคุณภาพเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของฉลาม ตัวอย่างและเกรดของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

เกรดสูงสุด ได้แก่ ฉลามหัวฆ้อน Hammer head (*Sphyrna spp.*) Mako shark (*Isurus spp.*) และ Blue shark (*Prionace spp.*)

เกรดที่ 1 ได้แก่ ฉลามขาว White shark (*Carcharodon spp.*) Thresher shark (*Alopias spp.*)

เกรดที่ 2 ได้แก่ ฉลามครีบบขาว White tipped shark (*Carcharhinus spp.*) และฉลามเสือ Tiger shark (*Galeocerdo spp.*)

หุฉลามสด เป็นที่ต้องการของผู้ส่งออกและจะ ด้ราคาสูง ครีบบสดที่ซื้อขายกันนั้นจะ จัดเป็นชุด ๆ โดยแต่ละชุดจะประกอบด้วยครีบบู 2 อัน ครีบบหลังอันแรก 1 อัน และครีบบาง 1 อัน ส่วนครีบบหลังอันที่สอง ครีบบท้องและครีบบทวาร รวมทั้งครีบบที่มีขนาดเล็ก ๆ จะไม่จำหน่ายรวมใน ชุดของครีบบสด แต่จะนำไปแปรรูปและจำหน่ายในลักษณะหุฉลามกึ่งสำเร็จรูปแบบแพ สำหรับ ผลิตภัณฑ์หุฉลามที่ผ่านขั้นตอนการเก็บรักษาแล้วนั้น หุฉลามตากแห้ง โดยธรรมชาติจะ ด้ราคา ตีกว่าหุฉลามอบแห้งด้วยเครื่อง ในการจำหน่ายนั้นจะจัดจำหน่ายเป็นชุดเช่นเดียวกับการจำหน่ายหุ ฉลามสด และการพิจารณาคุณภาพได้ให้ความสำคัญที่ชนิดของฉลาม สีของครีบบ ขนาดความชื้น กลิ่น และรอยตัดเนื้อของครีบบนั้น ตามลำดับ ในการตัดสินคุณภาพจะอาศัยประสบการณ์ของผู้ค้า เป็นหลัก ซึ่งในแต่ละประเทศผู้ค้าจะมีหลักเกณฑ์การตัดสินที่แตกต่างกันไป โดยเฉพาะการจำแนก ครีบบตามชนิดของฉลามซึ่งทำได้ยาก

การตลาดของการค้าหุฉลาม

ฮ่องกงเป็นตลาดที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งในการค้าหุฉลาม จากสถิติการค้าภายในปี 2525 มี ประเทศต่าง ๆ ส่งหุฉลามแก่ฮ่องกงถึง 64 ประเทศ คิดเป็นปริมาณ 2,746 ตัน มีมูลค่า 245.4 ล้านบาท เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหรียญฮ่องกง (835 ล้านบาท) โดยการนำเข้าส่วนใหญ่เพื่อการบริโภคภายในฮ่องกงเอง จะมีเพียงประมาณร้อยละ 6-13 เท่านั้น ที่เหลือส่งออกไปยังชุมชนชาวจีนในประเทศโพ้นทะเล

ความต้องการหุหลามในฮ่องกงมีตลอดปี เนื่องจากซูปหุหลามเป็นอาหารที่นิยมในการจัดเลี้ยงของชาวฮ่องกง ความต้องการสูงสุดจะอยู่ในช่วงตุลาคม ถึง กุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีเทศกาลและพิธีมงคลของชาวฮ่องกง สำหรับประเทศไทยมีการนำเข้าหุหลามในปี 1985 ถึง 1998 เพิ่มขึ้นจาก 97 เป็น 138 เมตริกตัน คิดเป็นร้อยละ 42 (FAO, 2001)

โครงการสร้างตลาดสำหรับการค้าหุหลามจะประกอบด้วย ผู้นำเข้า ผู้แปรรูป ผู้ขายส่งและปลีก แล้วจึงถึงผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม โครงสร้างตลาดดังกล่าวไม่จริงจังกนัก เนื่องจากผู้ค้าบางรายจะจัดระบบการค้าเบ็ดเสร็จเสียเอง คือเป็นทั้งผู้นำเข้า ผู้แปรรูป ขายปลีกและส่งออก เป็นต้น

แนวโน้มและอนาคต

หุหลามเป็นสินค้าที่มีราคาดี ซึ่งทำกำไรให้แก่การจับปลาหุหลามเป็นอย่างมาก จึงเป็นผลทำให้มีการพัฒนาการประมงด้านนี้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภคนั้นมีขั้นตอนและวิธีง่าย ๆ ใช้ทุนน้อย ซึ่งถ้าชาวประมงได้มีการเรียนรู้วิธีการเก็บรักษาและแปรรูปอย่างถูกต้องแล้วก็จะสามารถทำการแปรรูปเองได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนรายได้แก่ชาวประมงได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจะไม่มีปัญหาในเรื่องราคาเลย ฉะนั้นในขั้นตอนการเก็บรักษาและแปรรูปจึงควรต้องเอาใจใส่เพื่อการควบคุมคุณภาพ นอกจากนี้ควรได้มีการพัฒนาในเรื่องหลักเกณฑ์การพิจารณาคุณภาพเพื่อให้ได้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น วิธีการตัดแต่ง การวัดขนาด และการประเมินค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น (พรณทิพย์, 2532)

ปัญหาการค้าหูลาม

ในระยะแรก ๆ ปลาหูลามเป็นสัตว์น้ำที่คนไทยไม่นิยมบริโภคเนื่องจากมีกลิ่นคาวจัด ชาวประมงจึงคัดทิ้งไป แต่ในช่วงระยะหลังที่ปริมาณปลาในอ่าวไทยลดน้อยลง ปลาหูลามจึงเป็นสัตว์อีกกลุ่มหนึ่งที่ต้องนำมาใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการบริโภคและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมแปรรูปมากขึ้น ขณะเดียวกันที่หลายประเทศทั่วโลกเพิ่มความสนใจทรัพยากรชนิดนี้เป็นอย่างมาก เนื่องจากปลาหูลามหลายชนิดมีแนวโน้มที่จะสูญพันธุ์ได้ง่าย โดยลักษณะทางชีววิทยานั้น ปลาหูลามต้องใช้เวลาานกว่าจะถึงวัยผสมพันธุ์ ครั้งเมื่อผสมพันธุ์แล้วยังใช้เวลาตั้งท้องนาน ประกอบกับมีระบบการสืบพันธุ์ออกลูกจำนวนน้อยเพียงครั้งละ 2-3 ตัว จึงเป็นข้อจำกัดในการฟื้นกลับคืนทดแทนปริมาณที่ถูกจับไป ทำให้เกิดแนวคิดในการบริหารจัดการประมงปลาหูลามอย่างยั่งยืนขึ้นในระดับโลก อย่างไรก็ตามการพัฒนาศาของตลาดหูลามในอนาคตอาจจะประสบปัญหาต่าง ๆ เช่น การเจริญเติบโตทางการตลาดของหูลามอาจมีข้อจำกัดในเรื่องการล่าปลาหูลาม โดยองค์การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (LA) พบว่า ในระยะ 2 ปีที่ผ่านมาได้มีการล่าปลาหูลามเพื่อตัดเอาครีบมาใช้ถึง 100 ล้านตัน คิดเป็นหูลามถึง 8000 เมตริกตัน ซึ่งทำให้ปลาหูลามลดลงถึงร้อยละ 90 และการที่จะฟื้นฟูต้องใช้เวลาประมาณ 30 ปี เนื่องจากปลาหูลาม 1 ตัวสามารถออกลูกได้เพียง 2 ตัวต่อปี และพบว่าในน่านน้ำไทยมีการล่าปลาหูลามมาก สืบเนื่องจากปลาหูลามที่ล่าได้มีขนาดเล็กลง การล่าที่มากเกินไปหรือการบริโภคหูลามที่มากเกินไปนั้นนำไปสู่ปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ มลภาวะจากโรงงานกระบวนการผลิตหูลามก็ทำให้เกิดผลกระทบในด้านลบต่อการเจริญเติบโตของตลาดในอนาคต

คุณค่าทางอาหารของหูลาม

ผู้บริโภคจะนำครีบหูลามมาแปรรูปเพื่อให้ได้เส้นใยคอลลาเจนและอีส์ตินซึ่งจะนำไปประกอบอาหารต่อไป Vannuccini (1999) ได้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของหูลามตากแห้งพบว่าหูลามตากแห้งหนัก 100 กรัมมีคุณค่าทางอาหารดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของหูลตามตากแห้ง

สารอาหาร	ปริมาณ
น้ำ	14.0 กรัม
โปรตีน	83.5 กรัม
ไขมัน	0.3 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	0.0 กรัม
พลังงาน	337 กิโลแคลอรี
เถ้า	2.2 กรัม
แคลเซียม	146.0 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	194.0 มิลลิกรัม
เหล็ก	15.2 มิลลิกรัม

ที่มา: Vannuccini (1999)

เจลาติน

เจลาติน เป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมที่ต้องการให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเจลาตินส่วนใหญ่ได้มาจากโค กระบือและสุกร มีหน้าที่ในการเพิ่มความหนืดให้แก่ของเหลวเกิดเป็นเจลขึ้นโดยอาศัย thermo-reversibility characteristic rheology เจลาตินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง ไม่ว่าจะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารหรือใช้ในส่วนที่ไม่ใช่อาหาร จากรายงานของ Herz (1995) พบว่าทั่วโลกมีการใช้เจลาตินสูงถึง 200,000 ตันต่อปี โดยเจลาตินที่ใช้ในอาหารมีประมาณ 30,000 ตันต่อปี อุตสาหกรรมยาประมาณ 10,000 ตันต่อปี (Choi and Regenstein, 2000) และยังใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมภาพถ่าย อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และยังแพร่หลายไปยังกลุ่มคนที่ยังนิยมบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ (Yoshimura *et al.*, 2000) เจลาตินสามารถใช้เป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ความเหนียวข้น และความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งคุณภาพของเจลาตินขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของคอลลาเจน โดยทั่วไปแล้วเจลาตินมักทำมาจากหนังและกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Sarabia *et al.*, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมาย

เจลาติน (gelatin) มาจากภาษาละติน มาจากคำว่า gelata ซึ่งหมายถึงลักษณะที่แข็งตัว เย็น แข็ง หรือเหนียวหนืด (ณรงค์, 2538) เจลาตินได้จากรีดไขมันของเนื้อเยื่อในหนังหมู หนังวัว และสารโปรตีนของกระดูก (ossein) โดยการใช้กรดและด่าง และสกัดด้วยน้ำร้อน เจลาตินจึงเป็นสารโปรตีนอย่างหนึ่ง คุณสมบัติของเจลาตินจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ และความแตกต่างของวิธีการกระบวนการผลิต เจลาตินมักใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร สารละลายของเจลาตินสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเจลด้วยการผันกลับด้วยความร้อน (heat-reversed) ระหว่างการลดอุณหภูมิถึงระดับหนึ่ง เจลมีลักษณะโปร่งใส สว่าง และยืดหยุ่น และเจลจะละลายใหม่ได้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นความแข็งแรงของเจลในเจลาตินมีผลจากอุณหภูมิ ความเข้มข้นของเจลและน้ำหนักรีด (King and Hsu, 1992)

เจลาตินผลิตได้จากสารประกอบที่สำคัญคือ คอลลาเจน มาจากภาษากรีก หมายถึง สิ่งที่ทำให้ผลผลิตเป็นเจลาตินหรือกาว คอลลาเจนจัดเป็นพวกโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ โดยจะไม่ละลายในน้ำเย็น กรดอ่อน ด่างอ่อนแต่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน (Mouton, 1948) และจัดอยู่ในโปรตีนประเภทโครงสร้าง พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่างๆ เช่น หนัง กระดูก เอ็น และเขาสัตว์ โดยคอลลาเจนจะช่วยทำหน้าที่สร้างความแข็งแรงและยืดหยุ่นส่วนต่างๆ ไว้ ในโครงกระดูกก็พบอยู่โดยตลอดเพราะทำหน้าที่เชื่อมกล้ามเนื้อให้ติดอยู่กับกระดูก คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในร่างกายสูงที่สุดมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ ยาว และหยิกหยอง ซึ่งจะอยู่เป็นเส้นเดี่ยวหรืออยู่รวมกันหลายเส้นก็ได้ คอลลาเจนมีสีขาว มีความยืดหยุ่นต่ำ ส่วนประกอบสำคัญของคอลลาเจนคือ ไกลโคโปรตีน ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และกลูโคสแปนอยู่ด้วยเล็กน้อย กรดอะมิโนไกลซีนพบว่ามีอยู่ในคอลลาเจนมากที่สุดคือมีประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดในคอลลาเจน เนื่องจากคอลลาเจนจะแปรสภาพเป็นเจลาตินได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน (ชัยณรงค์, 2529) คอลลาเจนจะพองตัวได้ดีในน้ำที่เป็นกรดหรือด่าง จากการศึกษากการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจำพวกกระดูกปลาจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าในกระดูกปลามีโปรตีนประมาณร้อยละ 40.7 (น้ำหนักแห้ง) และมีคอลลาเจนอยู่ร้อยละ 5.86 (น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำคอลลาเจนไปต้มที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส คอลลาเจนจะเกิดการหดตัวเหลือประมาณ 1 ใน 3 ส่วน ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น คอลลาเจนจะถูกไฮโดรไลสให้เป็นเจลาตินที่ละลายน้ำ (เขวาลักษณ์, 2536) ซึ่งจะเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาณการเปลี่ยนเป็นเจลาตินขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (ณรงค์, 2538) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้หลายชนิดด้วยกันคือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบุรณ์ (connective tissue proper) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันพิเศษ (specialized connective tissue) ซึ่งได้แก่ กระดูกและกระดูกอ่อน กระดูกประกอบด้วยเซลล์ fibrous elements และ ground substance ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เป็นเหมือนกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแต่จะแตกต่างกันตรงที่พวก ground substance ของกระดูกนั้นเป็นแคลเซียมเสียบเกือบหมด จึงทำให้กระดูกมีลักษณะเป็นของแข็งสามารถที่จะเสริมสร้างกันเองขึ้นเป็นโครงร่างของร่างกาย ตลอดจนเป็นหลักให้กล้ามเนื้อและเอ็นสามารถยึดติดเข้าด้วยกันจนเป็นรูปร่างของสัตว์ สำหรับกระดูกอ่อนมีส่วนประกอบคล้ายๆ กับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคือ มีเซลล์และไฟเบอร์รวมตัวกันอยู่ใน ground substance ซึ่งเป็น non-cellular elements หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Matrix ซึ่งมีสภาพเป็นกึ่งแข็งกึ่งอ่อน กระดูกอ่อนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษที่สามารถแบ่งออกได้หลายชนิดตามปริมาณคอลลาเจนและอีลัสติน กระดูกอ่อนที่พบมากจะเป็นกระดูกอ่อนที่มีลักษณะคล้ายกระดูก พบบริเวณปลายของกระดูกที่ต่อกันตามข้อต่อต่างๆ ซึ่งคอลลาเจนจะมีความสำคัญ ในการเชื่อมเอ็นเข้ากับกระดูกที่พบในช่องระหว่างข้อของกระดูกสันหลัง (พันทวี, 2531)

วัตถุดิบ

เจลาตินเป็นสาร โปรตีนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ โดยวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำการผลิตเจลาตินได้นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผลพลอยได้ของสัตว์ที่มีราคาถูกจากโรงงานฆ่าสัตว์ และ โรงงานฟอกหนัง เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญคือคอลลาเจน ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการผลิตสามารถเปลี่ยนเป็นเจลาตินได้ ธรรมชาติและสภาวะของวัตถุดิบที่นำมาทำการผลิตจะมีอิทธิพลสำคัญต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ โดยวัตถุดิบที่แตกต่างกันก็จะใช้กรรมวิธีการผลิตที่ต่างกัน และให้คุณภาพเจลาตินที่แตกต่างกันด้วย สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรมนั้น มักใช้กระดูก และหนังโค กระบือ และหนังสุกรเนื่องจากจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากหนังปลานั้น ไม่ค่อยมีการผลิตกันในระดับอุตสาหกรรมมากนัก เนื่องจากคุณภาพจะไม่ดีเท่าเจลาตินจากพวกกระดูกโค กระบือ และหนังสุกร (Ward, 1977)

ขั้นตอนการผลิตเจลาติน

จุดประสงค์ในการผลิตเจลาตินคือ ต้องการควบคุมการย่อยสลายของคอลลาเจน ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถละลายน้ำ พร้อมกับมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่ต้องการ เช่น ความแข็งแรงของเจล (gel strength) ความหนืด เป็นต้น (Ockerman, 1988) โดยชนิดและอายุของคอลลาเจนที่นำมาทำการผลิตจะมีอิทธิพลสำคัญต่อคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตเจลาตินจะมีอยู่ 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ เตรียมวัตถุดิบ การสกัด และการทำเจลาตินให้แห้ง

การเตรียมวัตถุดิบ โดยทั่วไปการเตรียมวัตถุดิบจะมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. Acid Process เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่วัตถุดิบในกรด กรดที่ใช้ส่วนมากได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก และกรดฟอสฟอริก ตัวอย่างที่ใช้ในการเตรียมด้วยวิธีนี้คือ หนังสุนัข เจลาตินที่ได้จะเรียกว่า เจลาตินชนิดเอ (gelatin type-A) มีค่า isoelectric point 7.0-9.4 (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทยและ FIS, 2539)

2. Alkaline Process เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่วัตถุดิบในด่าง ต่างที่นิยมใช้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ตัวอย่างที่มักจะทำการเตรียมโดยวิธีนี้คือ หนังและกระดูกโค กระบือ เจลาตินที่ได้จะเรียกว่าเจลาตินชนิดบี (gelatin type-B) มีค่า isoelectric point 4.5-5.3 (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย และ FIS, 2539) คุณสมบัติของเจลาตินชนิดเอและชนิดบีแสดงดังตารางที่ 2

จุดประสงค์ในขั้นการเตรียมวัตถุดิบเพื่อเปลี่ยนคอลลาเจนให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการสกัด โดยทำให้คอลลาเจนที่มีอยู่ในวัตถุดิบเกิดการพองตัว ซึ่งลักษณะการพองตัวเป็นลักษณะที่สำคัญในขั้นตอนนี้ การพองตัวมีอยู่ 2 รูปแบบคือ osmotic และ lyotropic การพองตัวเนื่องจากกรดหรือด่างจะเป็นแบบ osmotic ส่วนการพองตัวเนื่องจากน้ำเป็นแบบ lyotropic การพองตัวแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของคอลลาเจนที่มีลักษณะเป็นเส้นใยถูกทำให้แยกออกจากกันบางส่วนเป็นการไปทำลายแรงแวนเดอร์วาลส์ มีผลทำให้คอลลาเจนสามารถเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินได้ง่ายขึ้น การแช่ด่างจะทำให้คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางเคมี คือเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยที่ไม่ทำให้คอลลาเจนเกิดการละลายแต่จะทำให้พวกที่ไม่ใช่คอลลาเจน เช่น คีเรติน โกลบูลิน อีสติน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมุซิน เป็นต้น สามารถละลายและตกตะกอนในระหว่างการผลิต การที่สารเหล่านี้เกิดการละลายได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบ ถ้าวัตถุดิบที่นำมาใช้มีคุณภาพดีจะทำให้สารต่าง ๆ ละลายได้ดี แต่ถ้าใช้วัตถุดิบคุณภาพไม่ดี สารเหล่านี้อาจมีการละลายได้บางส่วน ทำให้เพิ่มสี ความขุ่น และกลิ่นให้กับผลิตภัณฑ์สุดท้าย นอกจากนี้สารละลายค้างทำให้ไขมันเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขี้ซึ่งสามารถถูกกำจัดออกได้โดยการล้างน้ำ (Ockerman, 1988)

ในทางการค้าจะนิยมเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่ววัตถุดิบในแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่เรียกว่าการ liming แต่วิธีนี้จะใช้เวลานานประมาณ 7 วัน ถึง 3 เดือน ซึ่งการที่ใช้เวลาเช่นนานเกินไปจะมีผลเสียคือ คอลลาเจนมีคุณภาพลดลงคือ คอลลาเจนจะเกิดการแตกหักออกจากกันทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถที่จะสกัดเจลาตินออกมาได้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเจลาตินชนิดเอ และ เจลาตินชนิดบี

คุณสมบัติ	เจลาตินชนิดเอ	เจลาตินชนิดบี
Moisture (%)	8-12	8-12
pH	3.8-5.5	5.0-7.5
Isoelectric point	7.9-9.0	4.7-5.1
Gel strength (bloom)	50-300	50-275
Viscosity (cP)	2.0-7.0	2.0-7.5
Ash (%)	0.3 %	0.5-2.0

ที่มา : Glicksman (1969)

การสกัด ในขั้นตอนของการสกัด เป็นการเปลี่ยนคอลลาเจนซึ่งไม่ละลายในน้ำ (insoluble collagen) ให้กลายเป็นสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้หรือเรียกว่า สารละลายเจลาติน (soluble gelatin) โดยปกติคอลลาเจนไม่สามารถละลายในน้ำโดยเฉพาะในน้ำเย็น เนื่องจากคอลลาเจนจะมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนชนิดโปรลีนในปริมาณสูง ดังนั้นในการเปลี่ยนคอลลาเจนให้เป็นเจลาตินนั้นต้องใช้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดการแปลงสภาพของสารละลายคอลลาเจน ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบนั้นมีการใช้สารละลายกรดหรือด่าง ซึ่งกรดหรือด่างจะมีส่วนไปรบกวนพันธะที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลทั้งหมดหรือบางส่วนของพันธะระหว่างโมเลกุลช่วยให้คอลลาเจนเกิดการเอกสารถึงเป็นเอกสารถึงสว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงสภาพได้ง่ายขึ้น โดยการแปลงสภาพของคอลลาเจนเพื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินนั้นจะเกิด 2 ขั้นตอนดังนี้

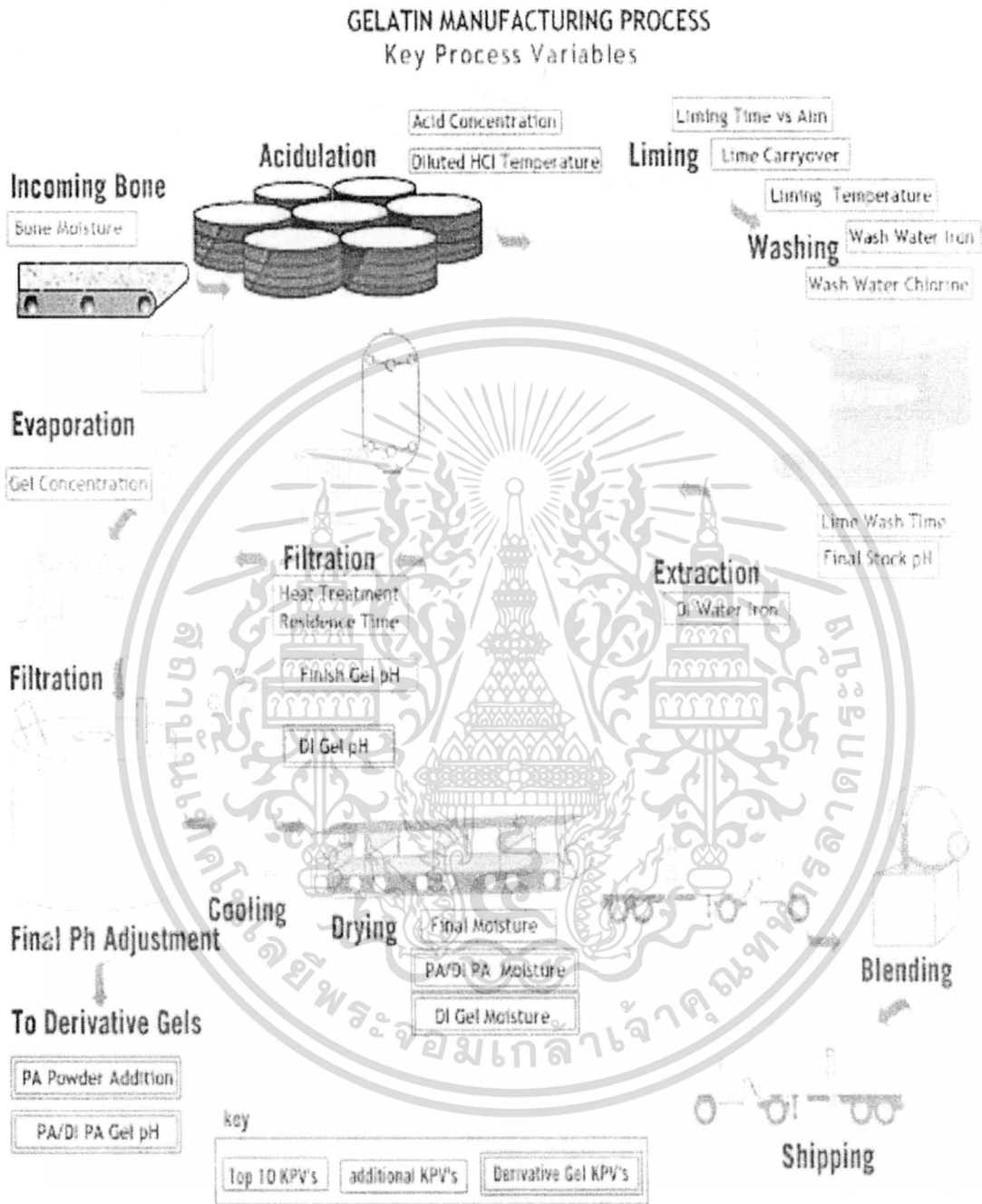
1. การใช้ความร้อนในระดับต่ำ ๆ จะทำให้เกิดการทำลายพันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก ซึ่งพันธะเหล่านี้เป็นพันธะที่ทำให้โครงสร้างที่เป็นเกลียว 3 เส้นของคอลลาเจนเกิดความคงตัว มีผลทำให้คอลลาเจนเกิดการจัดเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ โดยเกลียวทั้ง 3 เส้นของสายโปรตีนจะแยกออกจากกัน ทำให้เกิดการละลายได้เป็น random gelatin (ลักษณะเป็น random coil 1,2 หรือ 3 เส้น)

2. การใช้ความร้อนที่สูงกว่าขั้นแรก จะทำให้เกิดการแตกหักออกของพันธะโควาเลนต์ (พันธะเปปไทด์ที่ทำหน้าที่เชื่อมกรดอะมิโนในโปรตีน) อย่างน้อย 1 พันธะ ทำให้เกิดการละลายได้เป็นสารละลายเจลาติน (Ward, 1977)

การทำเจลาตินให้แห้ง หลังจากทำการสกัดเจลาตินได้ในลักษณะเป็นสารละลายแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาทำการกรอง และระเหยเอาน้ำออก เพื่อว่าในขั้นการทำแห้งจะได้ง่ายและเร็วขึ้น ก่อนทำการกรอง บางครั้งจะมีการเติม diatomaceous earth ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารฟอกสี ลงไปในสารละลายด้วย ทำให้สารละลายเจลาตินมีความใสขึ้น หรือเติม activated carbon ร้อยละ 5 เป็นสารฟอกสีลงในสารละลายเจลาตินที่มีอุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เวลา 4-6 ชม. และสารเหล่านี้จะถูกกำจัดออกโดยการกรอง ช่วยกำจัดสิ่งแขวนลอยที่ไม่สามารถละลายได้เช่น ไขมัน หรือพวกเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่สามารถละลายได้ ทำให้ช่วยเพิ่มความใสให้กับสารละลายเจลาติน (Ockerman, 1988) ส่วนการระเหยน้ำออกจะใช้เครื่องระเหยน้ำ ทำการระเหยน้ำออกประมาณร้อยละ 50-70 เนื่องจากสารละลายเจลาตินมีความไวต่ออุณหภูมิ (Ward, 1977) ดังนั้นสิ่งที่พึงระวังในขั้นตอนการระเหยน้ำออกคือ อุณหภูมิที่ใช้ต้องใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ เนื่องจากถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เจลาตินที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำ เพราะความร้อนที่สูงจะทำให้พันธะเปปไทด์เกิดการย่อยสลายขึ้น เวลาที่ใช้ในการระเหยก็ไม่ควรที่จะนานเกินไปเพราะจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลทำให้เจลาตินที่ได้มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำ นอกจากนี้ในระหว่างการระเหยน้ำออกต้องป้องกันการเกิดฟองของสารละลายขึ้น การเกิดฟองจะเกิดได้ดีขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของกรดอะมิโนไม่มีขั้วมากขึ้น สารละลายเจลาตินจะมีกรดอะมิโนชนิดไม่มีขั้วจำนวนมาก จึงทำให้สารละลายเจลาตินสามารถเกิดฟองได้ง่าย นอกจากนี้การตกตะกอนของโปรตีนจะทำให้ผนังของฟองแข็งตัว ซึ่งจะทำให้ฟองอยู่ตัวมากขึ้น (Mitchell, 1986) การเกิดฟองจะมีผลต่อคุณสมบัติทางเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง 64396 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพของเจลาตินได้ หลังจากทำการระเหยน้ำแล้วสารละลายเจลาตินที่ได้จะมีความเข้มข้นขึ้น หลังจากนั้นก็จะนำไปทำให้แห้ง ซึ่งเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดต่อคุณภาพของเจลาตินคือ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เจลาตินที่ได้จะมีคุณภาพดีเนื่องจากไม่ต้องเสี่ยงต่อการถูกทำลาย โครงสร้างของเจลาติน เนื่องจากความร้อน ถึงแม้การทำแห้งแบบนี้มีผลดีแต่ก็มีข้อเสียในแง่ราคาแพง และใช้พลังงานมาก ดังนั้นในการใช้งานจึงมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือชนิดอื่น ๆ เช่น การทำแห้งแบบในอุโมงค์ การทำแห้งแบบนี้จะต้องคำนึงถึงอากาศที่ผ่านเข้าไปในอุโมงค์จะต้องมีการล้างและกรองให้สะอาด เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 8-12 ชม. การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง วิธีการทำแห้งแบบนี้มีข้อดี คือ สามารถทำได้รวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ จะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงมาก ทำให้เจลาตินเสียคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีได้ นอกจากนี้ก็มีการใช้เครื่อง อบแห้งแบบสูญญากาศ และตู้อบไฟฟ้าแบบควบคุมอุณหภูมิได้ ซึ่งการที่จะใช้เครื่องมือชนิดใดก็จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ให้เหมาะสม (Mann, 1962) กระบวนการผลิตเจลาตินแสดงดังภาพที่ 2

Hamada (1995) ได้ศึกษาวิธีการผลิตเจลาตินจากหนังปลาค้างคาว โดยพบว่า ความถูกต้องของกระบวนการผลิตและการสกัดรวมทั้งชนิดของปลาค้างคาว มีผลต่อคุณสมบัติของเจลาตินที่ได้จากหนังปลาค้างคาว ได้ทดลองหาชนิดของปลาค้างคาวที่เหมาะสม ได้แก่ Walbeehm's sharpnose shark, White shark, Ground shark และ Blue shark โดยนำหนังปลาไปแช่ในสารละลายด่าง 2 อาทิตย์ จากนั้นนำมาต้มเคี่ยวเพื่อแยกเจลาตินออกมา โดยใช้ความร้อนประมาณ 60 – 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีถึง 3 ชม. จากการทดลองพบว่าปริมาณเจลาตินที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดรวมทั้งเวลาที่ใช้ให้ความร้อน หากให้เวลานานปริมาณเจลาตินที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สรุปว่าสภาวะที่เหมาะสมคือทำการสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชม. และชนิดของปลาค้างคาวที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ Walbeehm's sharpnose shark



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตเจลาติน
 ที่มา : Eastman Gelatin Corporation (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ekowati (2000) ได้ศึกษากระบวนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาแห้ง โดยการใช้กรด หนึ่งปลาผลามเป็นของเหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตหูลาม จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ได้ทดลองใช้กรดซิตริกและกรดอะซิติก แห่หนังปลาแห้งไว้ 24 และ 36 ชม. และใช้อุณหภูมิในการสกัด 60 และ 80 องศาเซลเซียส ผลของเจลาตินที่ได้ต้องคำนึงถึงผลผลิตลักษณะทางเคมีและกายภาพ พร้อมทั้งลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด ได้ผลผลิตร้อยละ 14.1 และเจลาตินที่ได้มีลักษณะขาวใส มีกลิ่นเล็กน้อย มีพีเอช 5.88 เกลือร้อยละ 0.1 ความชื้นร้อยละ 7.23 เถ้าร้อยละ 1.74 ความหนืด 8 cP. ค่าความแข็งแรงของเจลที่วัดได้ 455.06 g/cm² ที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส

Yoshimura *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาสมบัติของเจลาตินที่ได้จากปลาผลามเปรียบเทียบกับเจลาตินจากหนังสุกร เจลาตินที่มีการใช้ในอาหารส่วนใหญ่แล้วมาจากโคและสุกร อย่างไรก็ตาม การค้นหาเจลาตินชนิดใหม่ๆ ที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้คือ เจลาตินจากปลาผลาม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าลักษณะทางกายภาพของเจลาตินที่ได้จากปลาผลาม เมื่อเกิดเจลและหลังเกิดเจลาตินไปเปรียบเทียบกับเจลาตินจากสุกร พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของความเข้มข้นและพีเอช ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล ความหนืดและความใสของเจลาติน จากการเปลี่ยนจากโซลเป็นเจลหรือจากเจลเป็นโซล ความคงตัวของเจลก็แตกต่างกัน สรุปว่าเจลาตินที่ผลิตได้จากปลาผลามจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเจลาตินจากสุกร ไม่เพียงแต่สำหรับการเกิดแต่ยังรวมถึงคุณสมบัติขณะที่เป็นสารละลายด้วย

Sarabia *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเกลือที่มีผลต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นของเจล ในเจลาตินที่ผลิตจากหนังปลา megrim และนำมาเปรียบเทียบกับเจลาตินจากหนังปลานิล เจลาตินจากปลา megrim จะถูกสกัดโดยใช้กรดและน้ำ แล้วทำให้แห้งเป็นผง คุณสมบัติทางด้านความยืดหยุ่น (ระยะเวลาในการเกิดเจล จุดหลอมละลาย, gelling point, elastic modulus (G') และ viscous modulus) ทำการทดสอบโดยใช้เจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 6.67 เกลือที่ใช้ได้แก่ NaCl, MgSO₄, MgCl₂, (NH₄)₂SO₄, NaH₂PO₄ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 M พีเอช 5 และ 8 เมื่อเติมเกลือลงในสารละลายเจลาติน โดยทั่วไปแล้วจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการเซตตัว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเติม MgSO₄, (NH₄)₂SO₄ และ NaH₂PO₄ จะมีจุดหลอมละลายที่สูงขึ้น ในการเติม MgSO₄ 0.1 M เพียงอย่างเดียวที่ระดับความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5 จะสามารถปรับค่าจุดหลอมละลาย และ G' ของเจลาตินจาก megrim ให้สูงขึ้น จากผลกระทบของเกลือดังกล่าว จะให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

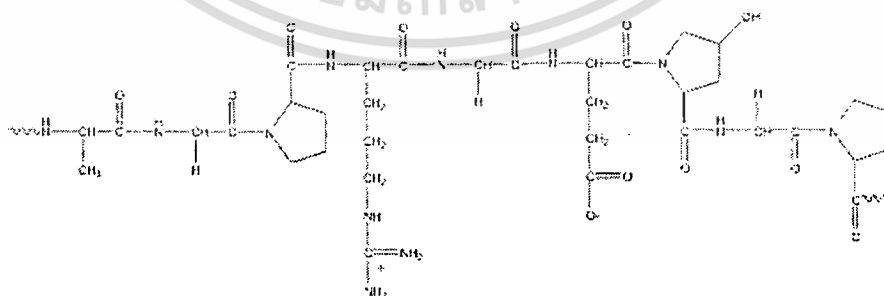
เหมือนกันในเจลาตินจากปลาที่มีกรดเติม $MgSO_4$ 0.5 M ที่พีเอชเท่ากับ 8 คุณสมบัติของเจลาตินทางการค้าจากปลานิลจะมีจุดหลอมละลายที่คล้ายกับเจลาตินจาก megrim แต่จะมี G' สูงกว่า ทั้งนี้เพราะมีกรดอะมิโนไฮดรอกซีโพรลีนและอะลานีนสูงกว่าในเจลาตินจาก megrim สรุปได้ว่าคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของเจลาตินที่ได้จากปลา สามารถปรับปรุงให้ได้ดีขึ้นได้โดยการเพิ่มเกลือ ความเข้มข้น และมีค่าความเป็นกรดค่าที่เหมาะสม

Foegeding *et al.* (1996) เสนอว่า เจลาตินจะฟอร์มตัวในขณะที่มีการทำให้เนื้อสัตว์สุก ด้วยขั้นตอนเพียงง่ายๆ โดยเฉพาะในการแล่หรือหั่นหยาบ ๆ ซึ่งจะทำให้ได้คอลลาเจนในปริมาณมาก

วรศรา (2545) ศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลาระพงแดงพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลาตินคือ การเตรียมวัตถุดิบ โดยการแช่กระดูกปลาระพงแดงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.8 นาน 2.0 ชม. และแช่ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 0.8 นาน 2.0 ชม. ทำการสกัดเจลาตินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 2.0 ชม. อบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 ชม.

โครงสร้างทางเคมีและองค์ประกอบของเจลาติน

โมเลกุลของเจลาตินประกอบด้วยลำดับของ glycine-X-Y triplets ที่ซ้ำ ๆ กัน ซึ่ง X และ Y มักเป็นกรดอะมิโนโพรลีน และไฮดรอกซีโพรลีน ลำดับเหล่านี้ทำให้เกิดโครงสร้างเกลียว 3 ชั้นของเจลาติน (triple helical structure) โครงสร้างทางเคมีของเจลาตินแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของเจลาติน

ที่มา : Martin and Hosney (1991)

คุณสมบัติทางกายภาพของเจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกสัตว์จะมีความแตกต่างจากเจลาตินที่ผลิตได้จากหนังสัตว์ ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน โดยเจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมถ้ำรูป และอุตสาหกรรมยา ส่วนเจลาตินที่ได้ผลิตได้จากหนังสัตว์ส่วนมากจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (ชิดชม และคณะ, 2534) นอกจากนี้พบว่าเจลาตินที่ผลิตได้จาก กระดูก โค กระบือ จะมีราคาที่สูงกว่าที่ได้จากหนัง เนื่องจากในกระบวนการผลิตจะมีความยุ่งยากมากกว่าคือจะมีกระบวนการกำจัดไขมันออก (degriasing) และกำจัดแร่ธาตุออกจากวัตถุดิบร่วมด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเจลาตินที่ผลิตได้จากหนัง

เจลาตินประกอบด้วยโปรตีน ความชื้น และเถ้าร้อยละ 85-88 8-12 และ 0.2-2 ตามลำดับ (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทยและ FIS, 2539) องค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโน ตัวอย่างชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่พบในเจลาตินที่ผลิตได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งทั้งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนสามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำการสกัด และวิธีที่ใช้ในการสกัดเป็นสำคัญ (Ward, 1977) นอกจากนี้ในบางครั้งจะมีการใช้วัตถุเจือปนในสัตว์ลงในเจลาตินแห้งเพื่อช่วยในเรื่องการเก็บรักษาด้วย

วริศรา (2545) ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเจลาตินที่ผลิตจากกระดูกปลากระพงแดง พบว่า มีค่าความแข็งแรงของเจล $2,265.10 \text{ gcm}^{-2}$ ค่าความหนืดของเจล 20.30 cP. มีความชื้นและเถ้าร้อยละ 13.50 และ 1.93 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีที่มีมากที่สุดคือโปรตีน รองลงมาคือความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตและไขมัน มีปริมาณร้อยละ 84 13.50 1.93 0.32 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนกรดอะมิโนที่พบมี 16 ชนิด ได้แก่ ไกลซีน โพรลีน อะลานีน ฮิสทีดีน กรดแอสพาทิก ซีรีน ฮีสตีดีน ธีโรนีน ไซโรซีน วาลีน เมไทโอนีน ไอโซลูซีน ลูซีน ฟีนิลอลานีน ไลซีน แต่ขาดทรีปโตเฟน วิสเทอีนและไฮดรอกซีโพรลีน ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนผ่านขั้นตอนการย่อยด้วยกรด ซึ่งมีผลทำลายกรดอะมิโน และซิสเทอีนมีลักษณะเป็นกรดโรอะมิโน ซึ่งถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเตรียมตัวอย่าง

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณเป็นร้อยละของกรดอะมิโนที่พบในเจลาตินที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดต่าง ๆ

Amino acid	Rabbit skin	Whale skin	Pig skin	Ox skin	Ox bone
Alanine	10.5	11.05	11.17	11.20	11.66
Glycine	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
Phenylalanine	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	-	-	-	-
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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติและการทดสอบคุณภาพของเจลลาติน

เจลลาตินมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดังนี้คือ เป็นของแข็งลักษณะโปร่งใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ มีความหนาแน่น 1.3-1.4 kg/l เจลลาตินไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดน้ำและเกิดการพองตัว เมื่อนำมาให้ความร้อนจะเกิดการละลายได้ นอกจากนี้เจลลาตินยังสามารถละลายได้ในโพลีสไตริกแอลกอฮอล์ เช่น กลิเซอรอล หรือ โพรพิลีน ไกลคอล แต่ไม่สามารถละลายในสารละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน อีเธอร์ อะซีโตน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เจลลาตินมีคุณสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก คือเป็นได้ทั้งกรด และด่างขึ้นอยู่กับพีเอชของน้ำที่ใช้ในการทำสารละลาย คุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจล และความหนืด เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญที่สุดของเจลลาตินในการทำหน้าที่เป็นสารพวกไฮโดรคอลลอยด์ เจลลาตินที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงมักจะให้ค่าความหนืดสูง ซึ่งจะทำให้เจลลาตินสามารถฟอร์มตัวเป็นเจลได้เร็ว เจลลาตินที่มีค่าความหนืดต่ำจะทำให้เจลลาตินละลายได้เร็ว ดังนั้นในการแบ่งเกรดเจลลาตินมักจะใช้คุณสมบัติที่สำคัญสองอย่างดังกล่าว แต่เจลลาตินที่มีเกรดแตกต่างกันก็สามารถที่จะทำการผสมรวมกันได้ เพื่อให้ได้เจลลาตินที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

เจลลาตินจะเหมือนกับผลิตภัณฑ์อาหารทั่ว ๆ ไปที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบขึ้นเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต้องการซึ่งคุณภาพของเจลลาตินที่มักจะทำการตรวจสอบ คือ

1. ความแข็งแรงของเจล เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเจลลาติน ซึ่งเป็นการวัดความแข็งหรือความแน่นของเจล โดยทำการวัดการต้านทานต่อแรงกด ค่าที่วัดได้คิดเป็นระยะทางที่หัวเจาะของเครื่องผ่านเข้าไปในตัวอย่างด้วยแรงและอัตราเร็วคงที่ภายในเวลาที่กำหนด เครื่องมือที่ใช้ในการวัดเรียกว่า bloom เจล โลมมิเตอร์ (Bloom Gelometer) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป (Marh and Stewart, 1957) ในทางการค้าเจลลาตินจากหนังหมูจัดเป็นเจลลาตินชนิดเอ มีค่าความแข็งแรงของเจลเท่ากับ 75-300 bloom (Peterson, 1974) ชิดชมและคณะ (2535) วัดค่าความแข็งแรงของเจลในเจลลาตินที่ผลิตจากหนังหมู ได้เท่ากับ 140 - 250 bloom

2. ความหนืด เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญรองลงมาจากความแข็งแรงของเจล สิ่งสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมในระหว่างการวัดคืออุณหภูมิ เนื่องจากถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าความหนืดเปลี่ยนด้วย พบว่าค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความหนืดจะมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ถ้าค่าความแข็งแรงของเจลสูงค่าความหนืดก็จะสูงด้วย (Ward, 1977)

Marcotte *et al.* (2001) ศึกษาคุณสมบัติทางการไหลของไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ การ ราชิแนน เพคติน เจลาติน แป้งและแซนแทน โดยวัดจากเครื่องมือ rotation viscometer ที่ความ เข้มข้น 3 ระดับ อุณหภูมิ 20 40 60 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า เจลาติน ชนิดปี 250 bloom มี คุณสมบัติทางการไหลแบบ Newtonian behavior ซึ่งสอดคล้องกับ Johnston-Banks, (1990) พบว่าสารละลายเจลาตินส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Newtonian behavior ที่อุณหภูมิ ส่วนใหญ่ แต่ถ้าต่ำกว่าจุด setting point ค่าความหนืดจะขึ้นกับเวลา (time dependent) คุณสมบัติ การไหลแบบ Newtonian behavior

3. สี สีของเจลาตินเกรดสูง ๆ ในสารละลายเจือจาง ควรจะไม่มีสีจนถึงสีสว่างอำพันหรือ สีเหลืองจาง ๆ เจลาตินเกรดต่ำ ๆ จะให้ลักษณะสีไม่โปร่งใสจนถึงขุ่น หรือมีสีเหลืองส้ม ความขุ่น ของเจลาตินมักเกิดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตไม่ดี หรือมีวัตถุเจือปนอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วยในรูปของ อิมัลชัน นอกจากนี้เจลาตินจะต้องไม่มีกลิ่นแปลกปลอม (odourless) และไม่มีรสชาติ (tasteless) (Brody, 1965)

4. ปริมาณแบคทีเรีย ทาง โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร จะมีความระมัดระวังในเรื่อง ปริมาณของแบคทีเรียมาก เนื่องจากในบางครั้งจะไม่มีใบอนุญาตให้ใช้สารกันเสียใส่ลงไปใน อาหารเพื่อป้องกันแบคทีเรียในอาหารบางประเภท ซึ่งตามปกติแล้วปริมาณความร้อนที่ใช้ใน กระบวนการผลิตอาหาร ต้องมีปริมาณที่เพียงพอต่อการทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ แต่พบว่า แบคทีเรียพวกที่มี สปอร์จะสามารถทนความร้อนได้สูง ดังนั้นจึงต้องมีการระมัดระวังแบคทีเรียใน กลุ่มนี้เป็นพิเศษ ตามมาตรฐานอนุญาตให้มีปริมาณแบคทีเรียไม่เกิน 3000 ต่อกรัม และจะต้อง ไม่ เป็นพวกจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ตาม USP กำหนดให้มีแบคทีเรียไม่เกิน 1000 ต่อกรัม และจะต้องไม่ พบ *Salmonella* sp. และ *Escherichia coli* พบว่าถ้าเจลาตินมีพีเอชน้อยกว่า 4 แบคทีเรียจะถูกยับยั้ง การเจริญได้ ถ้าเจลาตินมีพีเอชมากกว่า 5 อาจทำให้พบพวกแบคทีเรียที่ย่อย โปรตีน

5. การทดสอบทางด้านเคมี เช่น ความชื้น เถ้า พีเอช โดยทั่วไปเจลาตินมีความชื้นร้อยละ 10-12 ปริมาณความชื้นนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงขึ้นกับ ระยะเวลาการอบแห้ง ระยะเวลาการ เก็บรักษา ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของห้องที่เก็บภาชนะบรรจุที่ใช้มีการให้อากาศผ่านเข้าออกทำให้ มีความชื้นเพิ่มขึ้นได้ (The Committee on Textbooks of The American Meat Institute, 1985)

ปริมาณเถ้ากำหนดไม่เกินร้อยละ 2 แต่ถ้าเป็นเจลาตินคุณภาพสูง ๆ จะมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำการสกัดด้วย ถ้าจะทำให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดีมีระดับเถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำ จะต้องนำเจลาตินมาผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน เพื่อกำจัดพวกแร่ธาตุ ฟิเชชจะอยู่ในช่วง 4-7 เจลาตินคุณภาพสูง มีฟิเชช อยู่ในช่วง 5-5.8 (Harris, 1990)

วริศรา (2545) ทำการศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลากระพงพบว่า เจลาตินที่ผลิตได้ มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี โดยเฉพาะค่าความแข็งแรงของเจล (591.7) และค่าความหนืด (7.35) จะให้ค่าที่สูงกว่าเจลาตินทางการค้า ส่วนปริมาณเถ้า (4.45) ตลอดจนถึงของเจลาตินยังดี้อยกว่าเจลาตินทางการค้าเล็กน้อย

คุณค่าทางอาหารของเจลาติน

ในแง่คุณค่าทางอาหาร เจลาตินถือเป็น incomplete protein เนื่องจากในส่วนของประกอบของเจลาตินจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นตัวหนึ่งคือ ทริปโตเฟน โดยกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของเจลาติน ได้แก่ ไกลซีน (ร้อยละ 25) โพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีน (ร้อยละ 25) อะลานีน (ร้อยละ 9) อาซีนิน (ร้อยละ 8) กรดกลูตามิก (ร้อยละ 10) กรดแอสพาทิก (ร้อยละ 6) และกรดอะมิโนอื่น ๆ (ร้อยละ 15) ซึ่งทำให้มีลักษณะพิเศษที่สำคัญของเจลาตินคือ ประกอบด้วย กรดอะมิโนไกลซีน โพรลีน และไฮดรอกซีโพรลีนที่สูงซึ่งในพวกธัญพืชทั้งหลายจะขาดกรดอะมิโนสองตัวนี้ การรับประทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนประกอบร่วมกับโปรตีนชนิดอื่น ๆ จะช่วยในการเพิ่มค่า biological value ให้สูงขึ้น (Brody, 1965) และพบว่าการรับประทานอาหารที่มีเจลาตินเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยในปริมาณเพียงเล็กน้อยคือประมาณ 15 กรัมในอาหารแต่ละวันสามารถจะให้เป็นอาหารเสริมโปรตีนที่ดีได้ และเมื่อนำเจลาตินมาผสมกับโปรตีนเนื้อวัวจะทำให้อาหารมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 84 เป็น 90 (Moulton, 1948) นอกจากนี้เมื่อนำเจลาตินไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น น้ำตาล กลายเป็น gelatin dessert จะทำให้ได้เป็นอาหารลดความอ้วนที่ดี เนื่องจากเมื่อรับประทานเจลาตินเข้าไป ร่างกายจะต้องใช้พลังงานในการย่อยมากกว่าพลังงานที่ได้รับ โดยเจลาตินจะให้พลังงาน 3.5 kcal/g และในบางครั้งมีการใช้เจลาตินเป็นยารักษาโรคได้ เช่น โรคเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร แผลเป็นหนอง กล้ามเนื้อไม่ทำงานตามคำสั่ง (Ockerman, 1988)

การประยุกต์ใช้เจลาตินในอาหารและอุตสาหกรรมทางเทคโนโลยีชีวภาพ

ไฮโดรคอลลอยด์หรือกัมเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญและใช้มากในอุตสาหกรรมอาหาร จากการขยายตัวช่วงที่ผ่านมาเด่นชัดมากในต่างประเทศ เนื่องจากบริษัทต่าง ๆ ต้องมีนวัตกรรมใหม่ จากการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่จะผลิตอาหารสุขภาพที่มีเนื้อสัมผัส รูปร่าง ลักษณะปรากฏ และรสชาติที่ดีกว่า เพื่อดึงดูดผู้บริโภค รวมทั้งนำไปสู่ความพึงพอใจของผู้บริโภค พื้นฐานสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารด้วยการนำส่วนประกอบของอาหารหลายชนิดมาผสมกัน (food fabrication) คือการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ (รุ่งนภา, 2547)

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

1. ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ปริมาณของเจลาตินที่ใช้ใส่อาหาร มักใช้ในปริมาณเล็กน้อย โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร เช่นใน gelatin dessert จะใช้เจลาตินประมาณร้อยละ 1.5-2 ซึ่งเจลาตินนี้จะมีการใช้ร่วมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น น้ำตาล หรือพวกสารให้ความหวาน พลังงานต่ำ กรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดซิตริก กรดทาทาริก กรดฟูมาริก นอกจากนี้ก็อาจมีพวกสารให้สี หรือให้กลิ่นรสเพิ่มเข้าไปอีกด้วย ใน marshmallows จะใช้เจลาตินประมาณร้อยละ 1-2 ผสมกับน้ำเชื่อมร้อยละ 20 เจลาตินจะทำหน้าที่เป็น whipping agent ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงหรือของแข็ง ในไอศกรีมจะใช้เจลาตินประมาณร้อยละ 0.3-0.5 เจลาตินจะทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว ช่วยป้องกันการเกิดผลึกของน้ำแข็งและน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ในผลิตภัณฑ์นมจะใช้เจลาตินในปริมาณเพียงเล็กน้อย โดยเจลาตินจะช่วยรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสให้เรียบและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยให้ได้มากขึ้น ในผลิตภัณฑ์แช่แข็ง จะมีการใช้เจลาตินเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และป้องกันการม้วนงอ และการแยกออกจากกัน ในผลิตภัณฑ์พวกเนื้อกระป๋อง เจลาตินจะทำหน้าที่จับกับน้ำและของเหลว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แน่นคงทน ในแฮมเจลาตินจะทำหน้าที่เชื่อมเนื้อเข้าด้วยกัน ในผลิตภัณฑ์พวกเบียร์ ไวน์ น้ำผลไม้ น้ำส้ม เจลาตินจะไม่ได้ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส แต่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ใส โดยเจลาตินจะไปทำปฏิกิริยากับพวกแทนนิน เพคติน และสารอื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสาเหตุทำให้เกิดการพุ่งขึ้น ในยุโรป มักใช้เจลาตินในผลิตภัณฑ์น้ำตาลก้อน และขนมปังเวเฟอร์ เพื่อช่วยทำให้รูปร่างของผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัว (Ockerman, 1988) ปัจจุบันยังมีการนำเจลาตินมาใช้ทำเป็นแคปซูลบรรจุอาหาร การบรรจุอาหารลงในแคปซูลถือว่าเป็นวิธีการบรรจุหีบห่อแบบหนึ่ง โดยอาหารที่ถูกบรรจุอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือเป็นของเหลวก็ได้ เทคนิคเช่นนี้เคยนำมาใช้กับยา มาก่อน ต่อมาก็มีการนำมาใช้กับอาหาร โดยใช้เจลาตินผสมกับกัมอราบิก เพื่อนำไปใช้กับแป้งผสม สำหรับทำเค้ก หมากฝรั่ง ลูกกวาด กาแฟ เป็นต้น การบรรจุแคปซูลจะป้องกันมิให้น้ำมันเหม็นหืน กลิ่นไม่ระเหยออกไปถึงแม้จะผ่านขั้นตอนการผลิตที่รุนแรง สำหรับวิธีการผลิตนั้นจะใช้โพลีแซคคาไรด์ 2 ชนิด ชนิดหนึ่งมีประจุบวกอีกชนิดหนึ่งมีประจุลบ นำมาผสมกัน ใส่สารที่ต้องการบรรจุ ลงไป กวนให้เข้ากัน ปรับความเข้มข้นให้เหมาะสม และปรับพีเอชเพื่อให้เกิดตะกอนในขณะทำการผสมจะต้องรักษาอุณหภูมิไว้ให้สูงพอที่จะป้องกันการเกิดเจล หลังจากนั้นจึงปล่อยให้เย็นตัว แล้วนำมาทำแท่ง (Glicksman, 1982)

Ingravid *et al.* (2003) กล่าวว่า เป็นที่น่าสังเกตว่ามีการนำเจลาตินมาใช้ประโยชน์ ในทางอาหารมากมาย ซึ่งเจลาตินนี้อาจทำหน้าที่เป็นเจลเป็นสารที่ทำให้เกิดฟองและการให้อากาศ รักษาคุณสมบัติคอลลอยด์ เป็นสารที่ช่วยผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้าด้วยกัน สร้างฟิล์ม ทำให้เป็นสารที่เข้มข้นขึ้น ช่วยในกระบวนการต่างๆ หรือเป็นสารให้ยึดเกาะของสารอื่น และในบางส่วนของ การนำไปใช้นี้ อาจได้รับประโยชน์จากเจลาตินในหลายบทบาทก็ได้ ในขณะที่ไอศกรีมเจลาติน จะสามารถควบคุมการสร้างผลึกของน้ำแข็ง ทั้งใน โยเกิร์ตและไอศกรีมเนื่องจากมีลักษณะเป็นของ หวานที่มีนมเป็นส่วนประกอบหรือเป็นลูกกวาดที่เป็นน้ำแข็ง โดยการละลายของเจลาตินจะเกิดที่ อุณหภูมิของร่างกาย ซึ่งจะสัมผัสถึงรสชาติครีมได้อย่างสม่ำเสมอและปลดปล่อยรสชาติและกลิ่น หอมออกมาได้อย่างเต็มที่

Demars and Ziegler (1996) ได้ศึกษาเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ประเภท ลูกกวาดที่ทำจากเจลาตินและเพคตินชนิด high methoxyl pectin โดยใช้เจลาตินร้อยละ 3, 4, 5 และ 6 และใช้เพคตินร้อยละ 0-1.5 พบว่า การเติมเพคตินจะไปลดความเครียดที่รอยแตกของเจล และความเค้นของเจลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาตินและเพคติน ความเข้มข้นของ เพคตินสูงจะเพิ่มความหนืด เพิ่มอัตราการเกิดเจล และป้องกันการรวมตัวกันของ gelatin-rich phase ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเจลของเพคตินจะมีเนื้อสัมผัสนุ่มและเปรี้ยวมากกว่าเจลาติน เจล ของเจลาตินจะแน่นและเหนียวมากกว่าเจลของเพคติน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาตินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่ามีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีลักษณะเป็นวุ้นหลายชนิด หน้าที่หลักคือการดูดซับน้ำของเนื้อสัตว์ทำให้เกิดรูปแบบและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ต่างๆขึ้นมาซึ่งจะต่างจากส่วนอื่นๆ

2. ใช้ในอุตสาหกรรมยา

ในอุตสาหกรรมผลิตยา จะใช้เจลาตินในการผลิตแคปซูลยา แคปซูลยา มี 2 ชนิดคือ แคปซูลชนิดแข็ง (hard capsules) และแคปซูลชนิดนิ่ม (soft หรือ elastic capsules) แคปซูลชนิดแข็งหรือแบบ 2 ชั้น จะใช้ในการบรรจุยาที่มีลักษณะเป็นผง ในบางกรณีอาจมีการเติมสีผสมลงในเจลาตินด้วย แคปซูลชนิดนิ่ม จะมีการเติมกลีเซอรอลหรือโพลีลีนไกลคอล โดยจะใช้บรรจุน้ำมันตับปลา และพวกวิตามิน ในการผลิตยาเม็ด เจลาตินจะใช้ในการเคลือบยาเม็ด เพื่อช่วยป้องกันการแตกหักของยาเม็ด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารให้ความชื้น ทำให้เกิดความชื้นที่ล้นในเวลารับประทาน และยังทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมช่วยในการดูดความชื้น ทำให้ตัวยามีการพองตัวและแตกออกได้ ในการผลิตยาหลายชนิด เจลาตินจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว

Ingravid *et al.* (2003) เสนอว่า การนำเจลาตินมาใช้ในการปรุงยาทางเภสัชกรรมต่างๆ นั้นมีมาตั้งแต่ก่อนศตวรรษที่ 19 ถึงวันนี้รูปแบบการใช้เจลาตินในการปรุงยาเป็น 2 ส่วน คือ ทำเป็นแคปซูลชนิดแข็งและส่วนของแคปซูลชนิดนิ่ม ซึ่งเป็นที่รู้จักกันคือ เจลที่มีความอ่อนนุ่มยืดหยุ่น (softgel) การผลิตแคปซูลที่มีความแข็ง ประกอบด้วยการจุ่มเข็มเจียเชื้อราลงในสารละลายเจลาตินอื่นๆ ทำให้แห้งแล้วเอาเข็มออก จากนั้นทำการหุ้มแล้ส่งต่อ แคปซูลที่ชนิดแข็งมักทำในรูปที่ปราศจากความชื้น ส่วนกระบวนการผลิตเจลาตินที่อ่อนเริ่มด้วยการสร้างแผ่นเจลาตินบางๆ 2 ชั้น แต่ละแผ่นนั้น เจลสามารถทำให้สารอื่นรวมตัวเข้ากันได้ในการปรุงยา ควบคุมรสชาติและกลิ่นหอมที่ยังไม่สม่ำเสมอให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอได้กลิ่นรสที่ต้องการ นำมาใช้ในการผลิตยาเหน็บทวารหรือช่องคลอด ฟองน้ำสำหรับศัลยกรรมและอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนี้มีการนำเจลาตินมาเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางหลายชนิดและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นส่วนผสมในครีมสำหรับผิวหน้า โลชั่น แชมพู สเปรย์ตัดแต่งทรงผม กันแดด และเกลือโรยน้ำอาบให้หายกระด้างหรือให้มีกลิ่นหอม

3. ใช้ในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ในห้องปฏิบัติการ จะมีการใช้เจลาตินทำเป็นอาหารในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ และใช้วัดประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์

การเกิดเจล

ในการนำเจลาตินมาใช้ประโยชน์นั้น คุณสมบัติที่มีความสำคัญมากในการทำหน้าที่ของเจลาตินคือ คุณสมบัติในการเกิดเจล คำว่า เจล มาจากภาษาละติน gelare แปลว่า แช่แข็ง ซึ่งหมายถึง การทำให้สารละลายหรือ โซล (sol) แข็งตัว เนื่องจากสารละลายหรือโซลหลายชนิดสามารถเปลี่ยนเป็นเจลได้ถ้ามีอุณหภูมิ ความเข้มข้น และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสม สารละลายและโซลเป็นของเหลวโดยมีโมเลกุลหรืออนุภาคเล็ก ๆ กระจายอยู่ในตัวทำละลาย (น้ำ) สามารถเปลี่ยนรูปได้ตามภาวะบรรยากาศ ส่วนเจลโดยปกติจะไม่เปลี่ยนรูปได้ง่าย เนื่องจากมีลักษณะกึ่งแข็ง เป็นวุ้น การที่จะพิจารณาว่าของเหลวเป็นเจลหรือไม่ มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอยู่ 2 ประการคือ ประการแรก เจลจะต้องมีส่วนผสมอย่างน้อย 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นของเหลวและอีกส่วนหนึ่งเป็นของแข็ง ประการที่สอง เจลจะต้องมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง (Kruyt, 1969) เจลาตินแห้งจะมีคุณสมบัติในการดูดตัวทำละลายได้ดี แล้วจะเกิดการพองตัว และเปลี่ยนเป็นเจลได้ ซึ่งลักษณะนี้จะเรียกว่า “ซีโรเจล” (zerogel)

Weiser (1946) อธิบายว่า โซล หมายถึงของผสมที่มีตัวละลายเป็นของแข็ง ส่วนตัวทำละลายอาจเป็นของเหลว ของแข็งหรือแก๊สก็ได้ โซลที่รู้จักกันมากที่สุดเกิดจากตัวละลายที่เป็นของแข็งและตัวทำละลายเป็นของเหลว มักเรียกสารคอลลอยด์ชนิดนี้ว่า colloid sols หรือโซล สำหรับโซลชนิดอื่นๆจะมีชื่อเรียกต่างกันตามชนิดของตัวทำละลาย เช่น ถ้าตัวทำละลายเป็นแก๊ส เรียกว่า aerosols และถ้าตัวทำละลายเป็นน้ำเรียกว่า hydrosols เป็นต้น

ชนิดของเจล เจลมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่เป็นตะกอนเบา และชนิดที่เป็นเจลลี่ เจลแบบตะกอนเบาเกิดจากสารอนินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นจะเกิดเจลเร็วขึ้น และทำให้น้ำแยกตัวออกมา อย่างไรก็ตามอาจทำให้เกิดเป็นเจลลี่ได้ถ้าความอืดตัวยังยวดยาวมากพอและมีการควบคุมอัตราการตกตะกอนให้ช้าลง ตัวอย่างสารที่ทำให้เกิดเจลแบบนี้ได้แก่ โครมิกออกไซด์ ซิลิกา เป็นต้น เจลที่ได้จะไม่หดตัวเมื่อนำไปทำแห้ง ส่วนเจลแบบที่สองเตรียมได้จากสารอนินทรีย์หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอินทรีย์ เป็นเจลที่มีตัวละลายและตัวทำละลายอยู่ทั่วไปทั้งระบบ โดยแต่ละองค์ประกอบมีการเชื่อมต่อกันในสามทิศทางอย่างไม่ขาดตอน เมื่อนำไปทำแห้งความหยุ่นตัวยังคงมีอยู่ในหลายโอกาสเมื่อเรียกว่า “เจล” จะหมายถึงเจลที่ เจลาตินจะจัดอยู่ในประเภทที่สองนี้ และชนิดที่สอง คือ เจลที่ เตรียมจากสารอินทรีย์จะพบน้อยมากในอาหาร เป็นเจลที่เกิดจากอนุภาคที่คูลน้ำ ได้ดีโดยการสานตัวกัน ในสามทิศทาง มีลักษณะคล้ายฟองน้ำและคูลน้ำทั้งหมดไว้ เจลชนิดนี้จะเกิดขึ้นกับเกลือบางชนิดเท่านั้น สารอินทรีย์ที่ให้เจลแบบตะกอนเบาที่อาจเกิดเจลได้ถ้าสภาวะเหมาะสม (Weiser, 1946)

การเตรียมเจล เตรียมได้จากของแข็งหรือของเหลว ส่วนที่เตรียมได้จากของแข็งจะต้องใช้สารพวก โมเลกุลใหญ่ที่คูลน้ำและฟองตัวได้ ส่วนที่เตรียมจากของเหลว ตัวละลายอาจมีขนาดเล็ก เป็นสารละลายอย่างแท้จริง หรือเป็นตัวกระจายที่มีขนาดใหญ่อยู่ในเกณฑ์ของสารคอลลอยด์ก็ได้ อย่างไรก็ตามการที่สารละลายหรือสารคอลลอยด์จะเป็นเจล ได้ตัวละลายต้องจับตัวกันเป็นอนุภาคเล็ก ๆ และกระจายไปทั่วระบบก่อน หลังจากนั้นจึงจับตัวกันใน 3 ทิศทาง อนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นนั้นอาจอยู่ในรูปของผลึกหรืออสัณฐานก็ได้ ด้วยเหตุนี้ สภาวะใดก็ตามที่ทำให้เกิดความอึดตัวยิ่งยวด เช่น การลดอุณหภูมิ การระเหยน้ำ การใส่สารบางชนิด หรือการทำปฏิกิริยาเคมี จะเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมเจล หลังจากนั้นจะต้องทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสมเพื่อให้เกิดการสานตัวกันเป็นร่างแห ลักษณะการสานตัวกันอาจเกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ เมื่ออนุภาคมีลักษณะกลม การสานตัวกันจะเกิดจากการเคลื่อนที่เข้าหากันและเกาะกันเป็นเส้นยาว เมื่ออนุภาคมีรูปร่างยาว การสานตัวกันจะเกิดจากปลายแหลมเข้าไปเกาะกับส่วนหนึ่งส่วนใดของอนุภาคอื่น ๆ เมื่ออนุภาคมีลักษณะเป็นเส้นยาวแบบ โมเลกุลใหญ่ การสานตัวกันจะเกิดจากการเรียงตัวกันของส่วนหนึ่งส่วนใดของเส้น ทำให้ส่วนนั้นเกิดเป็นผลึกหรือเกิดจากปฏิกิริยาแบบครอสลิงค์ โมเลกุลจะเชื่อมตัวกันเป็นตาข่ายทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าสูงมากพอจะทำให้เกิดเจลขึ้นได้ แรงที่อนุภาคจับกันนั้นมีทั้งแบบแรงแวนเดอร์วาลส์ และแรงประจุ นอกจากนี้แล้วยังมีโมเลกุลหรืออนุภาคอื่น ๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย โดยจะเข้าไปเกาะอนุภาคที่เกิดเจล เช่น น้ำ เป็นต้น การสานกันนั้นจะเกิดขึ้นทั้งระบบหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความเข้มข้น และวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่ำเกินไปจะเกิดเพียงตะกอนขุ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็นเจลดีของสารแต่ละชนิดไม่แน่นอนนัก เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาวะการเตรียม (Weiser, 1946)

กลไกการเกิดเจลการเกิดเจลของเจลาตินจะมีความแตกต่างจากพวกไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น ที่มีต้นกำเนิดมาจากพืช นั่นคือ การเกิดเจลจะไม่ขึ้นอยู่กับพีเอช และไม่จำเป็นต้องมีสารอื่นมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องในการเกิดเจล เช่น น้ำตาล กลีเซอ เป็นต้น เมื่อทำให้สารละลายเจลาตินเย็นตัวลงจะทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น และจะผ่านจากช่วงที่เรียกว่าโซลไปเป็นเจล เกิดได้ก็ต่อเมื่อเจลาตินมีความเข้มข้นที่เพียงพอ และอุณหภูมิที่จะทำให้เย็นต่ำกว่าจุดหลอมเหลว การเกิดเจลในขั้นตอนแรกต้องมีความร้อนมาเกี่ยวข้อง ความร้อนจะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปที่เรียกว่าการแปลงสภาพ การแปลงสภาพของโปรตีนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือในระยะแรกโมเลกุลโปรตีนยืดตัวออกแล้วจะจับตัวกันอย่างช้า ๆ โดยใช้พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไฮโดรเจน พันธะอิออนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก และจะมีการจัดรูปร่างในลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายใน 3 ทิศทาง บริเวณที่โมเลกุลขนาดใหญ่เหล่านั้นเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายใน 3 ทิศทางจะเรียกว่า junction zone การเกิด junction zone และพันธะที่เป็นอิสระแต่ละพันธะในบริเวณ junction zone จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจล ซึ่งความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับกันมีระยะสั้นมากการจับกันจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลจะถูกทำลายได้ง่ายเพียงกวนเบา ๆ หรือใช้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะยาวมาก การจับตัวกันจะแข็งแรงมาก เจลจะทนความร้อนได้ดี (Whistler and Daniel, 1990)

Nishinari *et al.* (1997) ได้ศึกษาผลของโพลิออลและน้ำตาลที่มีต่อโครงสร้างของน้ำในเจลาติน พบว่า น้ำตาลจะไปเพิ่มจำนวน junction zone ทำให้สามารถเก็บน้ำอิสระไว้ในโครงสร้างเจลได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่โพลิออลจะไปเพิ่มปริมาณน้ำอิสระ

การเปลี่ยนแปลงของเจลในการอาหารประกอบ

ในการประกอบอาหารจำพวกเจลจะพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอ นับตั้งแต่การเปลี่ยนโซลไปเป็นเจลจนกระทั่งหลังจากเกิดเจลแล้ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ประกอบด้วย

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลของสารหลายชนิดทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นเรียกว่า “ความร้อนแฝงของการเกิดผลึก” สารละลายของกลุ่มสารโมเลกุลใหญ่ จะให้ความร้อนเสมอเมื่อเปลี่ยนจากโซลไปเป็นเจล แต่จะไม่พบในสารละลายเข้มข้นที่มีคุณสมบัติเป็น thixotropy (Weiser, 1946)

2. การเปลี่ยนแปลงความใส โขลหลายชนิดเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านแสงเข้าไปจะปรากฏเป็นลำแสง แสดงว่ามีการสะท้อนแสงเกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่พบเสมอในเจลที่เกิดจากสาร โมเลกุลใหญ่ ถ้าจุดที่อนุภาคจับตัวกันเป็นผลึกมีขนาดใหญ่กว่าคลื่นแสง มีผู้พบว่าน้ำที่เกาะอยู่กับผลึกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความใสมาก ถ้าผลึกที่เกิดขึ้นมีน้ำเกาะอยู่มากความใสของเจลจะไม่แตกต่างไปจากโซลมากนัก ฉะนั้น สาร โมเลกุลใหญ่ ที่มีพีเอช อยู่ใกล้จุด isoelectric point เมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นมาก แต่จะขุ่นน้อยลงเมื่อพีเอช อยู่ห่างจากจุดนี้ออกมา(Weiser, 1946; Kruyt, 1969)

3. การเกิดเจลไม่สมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงจากโซลไปเป็นเจลนั้นจะต้องใช้เวลานานมาก ถ้าระหว่างที่ปล่อยให้เกิดเจลนั้นมีการกระทบกระเทือน เช่น มีการเคลื่อนที่หรือมีการกวนเจลที่เกิดขึ้นจะแตกออก ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากตั้งทิ้งไว้ไม่นานเจลจะแตกออกเป็นโซล แต่ถ้าการกระทบกระเทือนนั้นเกิดขึ้นหลังจากที่ตั้งไว้นานพอสมควร เจลจะแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และไม่สามารถรวมกันเป็นเจลได้อีกเมื่อตั้งทิ้งไว้ การกระทบกระเทือนเป็นการขัดขวางมิให้อนุภาคจับตัวกันได้สะดวกจึงเกิดเจลไม่สมบูรณ์ (Weiser, 1946)

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การเปลี่ยนแปลงโซลไปเป็นเจลมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย โขลของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะลดปริมาตรลง ในขณะที่โซลของเมทิลเซลลูโลสเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะเพิ่มปริมาตรมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะเกิดขึ้นเสมอถ้าการเกิดเจลนั้นมีการเกิดผลึก สำหรับโซลแบบ thixotropy จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เนื่องจากไม่เกิดผลึก (Kruyt, 1969)

5. การเกิดเจลที่ซับซ้อน เจลที่เตรียมเพื่อใช้เป็นอาหารมีลักษณะซับซ้อนมาก เนื่องจากมีการใส่สารอื่นๆนอกเหนือไปจากสารเกิดเจล เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจใช้สารเกิดเจลมากกว่า 1 ชนิด โครงสร้างของเจลที่ได้มีทั้งเจลเนื้อเดียว (single-component gel) เจลเนื้อผสม (mixed gel) และเจลเนื้ออื่นผสม (filled gel หรือ composite gel) (Blanchard and Mitchell, 1988)

6. การคายน้ำ เป็นปรากฏการณ์ที่มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ เป็นการหดตัวของเจลทำให้เกิดแรงบีบจนกระทั่งคายน้ำออกมา (Weiser, 1946) มักเกิดขึ้นกับเจลที่เตรียมจากสาร อนินทรีย์มากกว่าเจลจากสาร โมเลกุลใหญ่ เจลที่เตรียมใหม่ๆ การจัดตัวกันของโครงสร้างยังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สมดุล การเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นต่อไปอีก เมื่อตั้งทิ้งไว้โมเลกุลบางส่วนอาจขาดออกจากกัน เป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการทำงานของกรดที่มีอยู่หรือโมเลกุลบางส่วนได้จับตัวกัน เกิดเป็นผลึกเพิ่มขึ้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมาก การแยกตัวของน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจล และความเร็วของการเปลี่ยนโซลเป็นเจล มักจะไม่เกิดขึ้นกับเจลที่มีความเข้มข้นสูงและโซลที่เปลี่ยนเป็นเจลอย่างช้าๆ การใส่สารที่ช่วยให้เจลพองตัวมากขึ้นจะช่วยให้การคายน้ำลดลง (ณรงค์, 2538)

7. การดูดซึมน้ำที่ผิดปกติ เมื่อนำเจลมาระเหยบน้ำออก เจลจะมีการหดตัวมากโดยเฉพาะเจลจากสารอินทรีย์ เช่น ภู่น เจลาติน เคซีน เป็นต้น แสดงว่าโมเลกุลที่ทำให้เกิดเจลมีการเกาะตัวกันมากขึ้น ผลที่ตามมาคือเจลจะงอตัวได้น้อยลง เจลจากเซลลูโลสหรือเจลาตินจะมีลักษณะกรอบแสดงว่าโมเลกุลในเจลได้เกาะกันอย่างแนบสนิท มีจุดจับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลมาทำให้แห้งและจุ่มน้ำสลับกันหลายๆ ครั้ง เมื่อนำเจลมาจุ่มน้ำแต่ครั้งการพองตัวจะเกิดขึ้นแต่จะน้อยกว่าเดิมเรื่อยไป การเปลี่ยนแปลงของเจลที่มีผลให้การดูดน้ำลดลงเรียกว่า hysteresis แสดงว่าการหดตัวแต่ละครั้งจะมีผลในการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้น ทำให้เจลมีความแข็งมากขึ้น น้ำจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปได้สะดวกนัก (ณรงค์, 2538)

โซเดียมแอลจิเนต

กรดแอลจินิก และเกลือแอลจินเนต

โพลีแซคคาไรด์ที่พบมากในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลคือ กรดแอลจินิก ซึ่งนำมาสกัดเป็นโซเดียมแอลจิเนตที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย รวมถึงอุตสาหกรรมอาหาร นำมาใช้เป็นสารอิมัลซิไฟร์ (emulsifier) สารเพิ่มน้ำหนักรวม (thickener) สารให้ความคงตัว (stabilizer) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gel forming) (Bashford *et al.*, 1950) แอลจินเนตเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากส่วนประกอบของผนังเซลล์ของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลในตระกูล Phacophyceae ซึ่งพบมากตามพื้นที่ชายฝั่ง สกุล *Ascophyllum*, *Durvillaea*, *Ecklonaria*, *Lessonia*, *Macrocystis*, *Sargassum* และสกุล *Turbinaria* ซึ่งเป็นแหล่งผลิตแอลจินเนตเพื่อการพาณิชย์ที่สำคัญ แต่ละสกุลจะให้แอลจินเนตที่มีองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติด้านความหนืดและการเกิดเจลต่างกัน (INFORFISH, 1983) แอลจินเนตเป็นเกลือและเอสเทอร์ของกรดแอลจินิก ปกติอยู่ในรูปสารประกอบของเกลือที่ไม่เอกละอุนเป็นเอกละอุนที่สลายไวสำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายน้ำได้แก่ แคลเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม (Pedersen, 1990) โดยทั่วไปพบในรูปของ โซเดียมแอลจิเนต รองมาคือแอมโมเนียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมแอลจิเนต และกรดแอลจิ นิก (Gacesa *et al.*, 1983; Kelco International, 1985)

นอกจากนี้พบว่าแบคทีเรียบางกลุ่มได้แก่ *Azotobacter vinelandii* และ *Pseudomonas aeruginosa* สามารถสร้างแอลจิเนตได้ โดยสามารถพบแอลจิเนตได้ในแคปซูลที่เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ในแบคทีเรียในดิน (Johnson *et al.*, 1997)

กรดแอลจิินิกเป็นโพลีแซคคาไรด์เส้นตรงที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วย β -D mannuronic acid units (M) และ α -L guluronic acid (G) โพลีเมอร์ของแอลจิเนตจะฟอร์มโดยการเชื่อมระหว่างโมโนเมอร์ที่ตำแหน่ง C1 และ C4 แสดงให้เห็นว่าสายโพลีเมอร์จะสร้างมาจาก ชิ้นส่วนหรือ 3 block โดย G blocks ประกอบด้วยเพียงหน่วยอนุพันธ์จากและ α -L guluronic acid ส่วน M blocks ซึ่งเป็นฐานจะเติมต่อ D mannuronic acid และ MG blocks ประกอบด้วย alternating units จาก D mannuronic acid และ L guluronic acid (Percival and Mcdowell, 1967) อัตราส่วน ระหว่าง M/G จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของสาหร่าย คุณสมบัติของการเตรียมกรดแอลจิินิกเช่น การละลาย ความหนืด และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุกับไอออนของโลหะ จะสัมพันธ์ โดยตรงกับอัตราส่วนระหว่าง M/G ในการวัดอัตราส่วนระหว่าง M/G ทำได้โดยวิธี ion exchange chromatography (McHugh, 1987)

กรดแอลจิินิกและสารอนุพันธ์ที่เป็นเกลือที่มีประจุบวกสอง ยกเว้นแมกนีเซียม ไม่ละลาย น้ำ ส่วนเกลือแอลจิเนตที่ประจุบวกหนึ่ง สามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ทางด้านเภสัช กรรมได้นำคุณสมบัติของกรดแอลจิินิกที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถอุ้มน้ำได้ 200-300 เท่าของน้ำหนัก ตัวมาใช้ในการผลิตยาเม็ดบางชนิดที่ต้องการให้ยาค่อย ๆ แรกตัว นอกจากนี้กรดแอลจิินิกสามารถ เกิดเจลได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานทดลองทางเทคโนโลยีชีวภาพ (Kelco International, 1985)

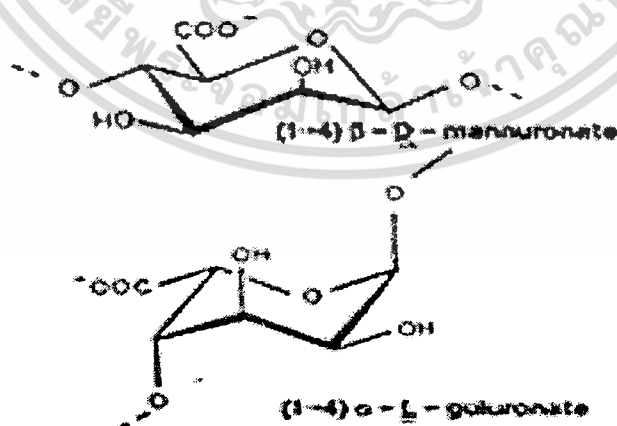
คุณสมบัติโดยทั่วไปของแอลจิเนตได้แก่ cold soluble thickener ในน้ำ และเป็น gelling agent ในที่ ๆ มีแคลเซียมและกรด ไม่สามารถคืนรูปกลับแม้ถูกความร้อนขณะปรุงอาหาร (Non thermoreversible gel) (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย และ FIS, 2539) Alice *et al.* (1997) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของโซเดียมแอลจิเนตที่สกัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chnoospora minima (Phaeophyta) ในประเทศไทย ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญบางอย่างของโซเดียมแอลจินเตจะศึกษาในรูปของ percentage yield ความหนืด น้ำหนักโมเลกุล และอัตราส่วนระหว่าง M/G การสกัดจะอยู่ภายใต้สภาวะที่เป็นด่างโดยใช้ โซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที หลังจากการกรองด้วยความดันในส่วนของการกรอง จะนำไปตกตะกอนในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และตามด้วยการตกตะกอนด้วยกรด ได้ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 25 มีน้ำหนักโมเลกุล 1.24×10^5 กรัมต่อโมล ความหนืด 0.0318 cP.และอัตราส่วนระหว่าง M/G เท่ากับ 1.76

โครงสร้างของกรดแอลจินิก

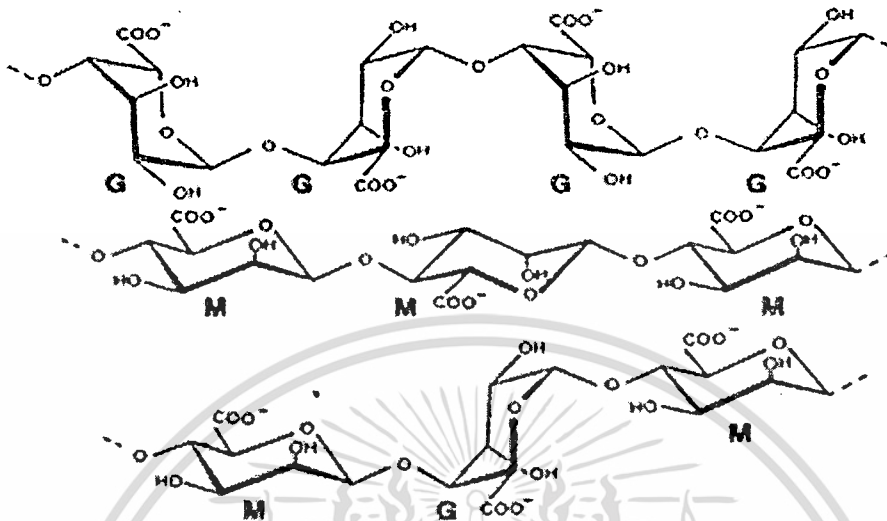
กรดแอลจินิกเป็นพวก hydrophilic carbohydrate ที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลมีโครงสร้างเป็น glycuronoglycan สายยาว เป็นโพลิเมอร์สายตรง ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 2 ชนิด (ภาพที่ 4) คือ D-mannuronic acid และ L-glucuronic acid ซึ่งเป็น C-5 epimer มีโครงสร้างคล้ายกันแตกต่างกันตรงตำแหน่งของหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างแบบ block มีความแตกต่างกันมาก โพลิเมอร์ของแอลจินิตเกิดจากการเชื่อมต่อของ monomer ด้วยพันธะไกลโคซิดิก (1,4) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของโมเลกุลหนึ่งกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของอีกโมเลกุลหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดสายโพลิเมอร์ได้ 3 ชนิด ดังภาพที่ 5 คือ



ภาพที่ 4 หน่วยโมโนเมอร์ของแอลจินิต

ที่มา : Imeson (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ชนิดของ block ในแอลจิเนต รูปบน: G-blocks รูปกลาง: M-blocks รูปล่าง: MG-blocks ที่มา : Imeson (1992)

1. M blocks ประกอบด้วย D-mannuronic acid เพียงอย่างเดียว ซึ่งเกิดจาก equatorial group ทั้ง C1 และ C4 ทำให้สายโพลีเมอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรงคล้ายริบบิ้น

2. G blocks ประกอบด้วย L-gluronic acid เพียงอย่างเดียวซึ่งเกิดจาก axial group ทั้ง C1 และ C4 ทำให้สายโพลีเมอร์มีลักษณะคดไปมาเหมือนฟันเลื่อย ลักษณะเช่นนี้มีความสำคัญต่อการเกิดเจล

3. MG blocks ประกอบด้วย D-mannuronic acid และ L-gluronic acid

การจัดเรียงตัวของ D-mannuronic acid และ L-gluronic acid ในสายโพลีเมอร์เรียงตัวสายโพลีเมอร์มีผลต่อลักษณะและสมบัติของแอลจิเนต การเกิดโพลีเมอร์ทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่าย และสมบัติทางกายภาพของแอลจิเนตขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของโพลีเมอร์ทั้ง 3 ชนิด คือ ในการเกิดเจลถ้ามี G-blocks มากจะทำให้มีความแข็งแรงของเจลสูง เจลที่ได้มีความแข็งไม่มีความยืดหยุ่น มีความคงทนต่อความร้อนได้ดี แต่จะเกิดการสูญเสียได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการแช่แข็งผลิตภัณฑ์ ขณะที่แอลจิเนตที่มี M-blocks จะให้เจลที่มีความอ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่นไม่ทน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อน เหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์แช่แข็งเพราะทนต่อการ freeze-thaw ได้ดี (สายสนม, 2530) ส่วนแอลจินที่ละลายน้ำได้ดีจะมีปริมาณ MG block มาก การนำแอลจินไปใช้ในอุตสาหกรรมนั้นจะต้องพิจารณาคูสมบัติของแอลจินและองค์ประกอบของกรดยูโรนิก จากการศึกษาอัตราส่วนของกรดสองชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสาหร่ายนั้น จะพบ G-blocks มากในบริเวณที่สาหร่ายต้องการความแข็งแรง ได้แก่ ส่วนที่คล้ายลำต้น และพบ M-block มากบริเวณที่สาหร่ายต้องการความยืดหยุ่น ได้แก่ ส่วนที่คล้ายใบ (Annison *et al.*, 1983)

การผลิตโซเดียมแอลจินेट

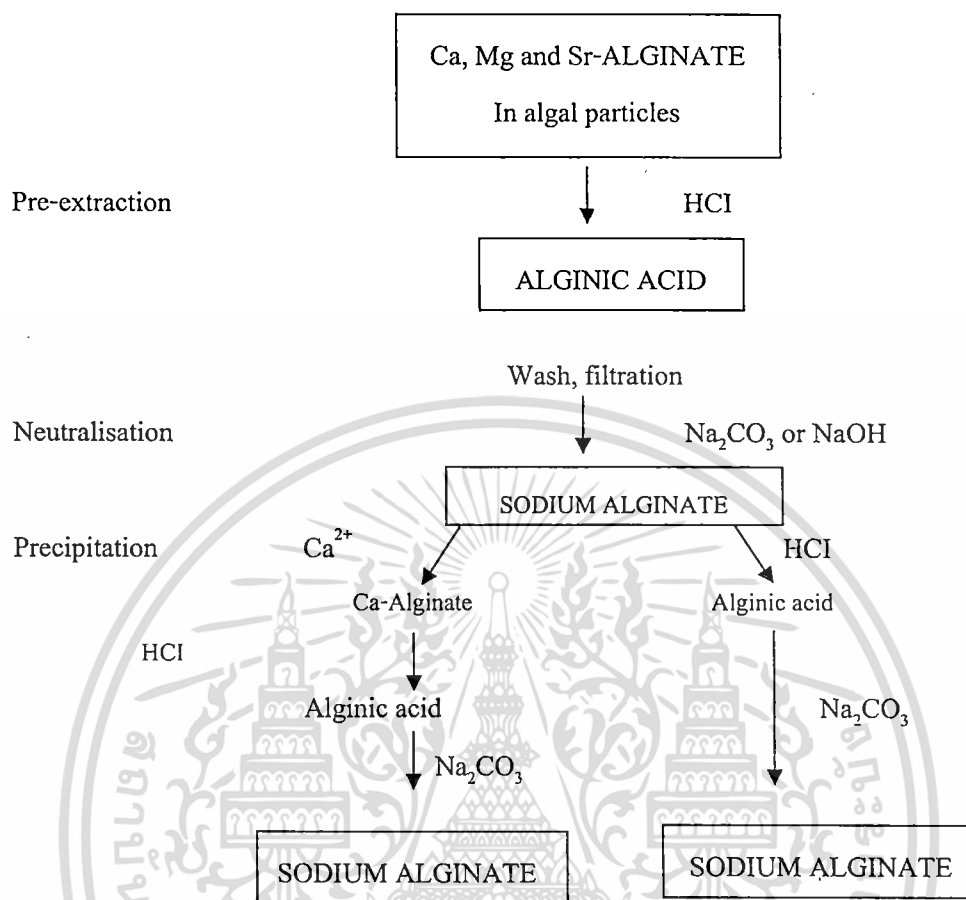
วัตถุดิบ สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล สามารถนำมาใช้สำหรับการผลิตแอลจินेटในทางอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง รวมทั้ง *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata*, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum* และ *Macrocystis pyrifera* รวมทั้งสายพันธุ์ *Laminaria (saccharina* และ *cloustoni*) ซึ่งใช้ได้ดีพอ ๆ กับบางสายพันธุ์ของ *Ecklonia maxima*, *Lessonia nigrescens*, *Sargassum spp.* และ *Durvillea antarctica* แต่ใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม *Lessonia* และ *Durvillea* มีความสำคัญในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับนำมาผลิตแอลจินेटเพิ่มมากขึ้น ประโยชน์ของแอลจินेटเป็นเหมือนตัวทำให้เข้มข้นขึ้น สารคงตัว สารที่ใช้สร้างเจลหรือฟิล์มจะเป็นตัวกำหนดว่าจะใช้แอลจินेटชนิดไหน ด้วยเหตุนี้วัตถุดิบที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดเป็นตัวแปรสำคัญในการเลือกที่ถูกต้องที่สุดจะถูกอธิบายในส่วนของด้านเคมี

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

กระบวนการสกัด แอลจินेटที่อยู่ในสาหร่ายจะเป็นรูปเกลือไม่ละลายน้ำ ดังนั้นกระบวนการสกัดคือ เปลี่ยนแอลจินेटในรูปเกลือไม่ละลายน้ำให้กลายเป็นเกลือที่ละลายน้ำเพื่อสะดวกแก่การสกัด ดังแสดงในภาพที่ 6 กระบวนการสกัดแอลจินेटโดย Green's Process วิธีนี้เป็นการสกัดโดยใช้อุณหภูมิต่ำเพียง 10 องศาเซลเซียส วิธีนี้เหมาะกับสาหร่ายสดไม่สิ้นเปลืองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานและไม่เกิด depolymerization ของกรดแอลจินิกขณะทำการสกัด การสกัดเริ่มจากนำสาหร่ายทะเลมาหั่นด้วยกรดเจือจางเพื่อแยกเกลือแร่ออกเป็นเวลา 3 ชม. ถึง 1 วัน นำสาหร่ายเข้าเครื่องบดตัดให้มีขนาดเล็กแล้วนำไปย่อยสลายโซเดียมคาร์บอเนต 40-50 ปอนด์ต่อสาหร่าย 1 ตัน ที่พีเอช 10 เป็นเวลา 30 นาที ถึง 1 วัน บดของผสมที่ย่อยสลายแล้วให้ละเอียดพอนผ่านตะแกรงขนาด 30 ช่องต่อตารางมิลลิเมตร แล้วเติมน้ำอ่อนลงไป 6 เท่า โดยปริมาตร จนได้สารละลายข้นเหนียวของโซเดียมแอลจินेटพที่เหมาะสมที่จะกรองผ่านเครื่องกรอง ใช้ความดันหรือจะทิ้งให้ของแข็งตกตะกอนจนได้สารละลายส่วนใส เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไปพร้อมกับควบคุมตลอดเวลา จะได้ตะกอนของแคลเซียมแอลจินेट กรองเอาตะกอนนี้ออกแล้วเติมน้ำลงไปทำการฟอกสีอาจกระทำได้ในขั้นตอนนี้ โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1 เติมน้ำลงไปจนให้เข้ากัน จากนั้นแยกน้ำออก เปลี่ยนแคลเซียมแอลจินेटให้เป็นกรดแอลจินิกด้วยการเติมกรดกำมะถันหรือกรดเกลือ ปรับค่าพีเอชให้ได้ 1.9 กรองตะกอนของกรดแอลจินิกที่เกิดขึ้นล้างกรดให้หมดแล้วอบให้แห้งหรือทำให้อยู่ในลักษณะของโซเดียมแอลจินेटโดยการเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปในการ กรดแอลจินิกและโซเดียมแอลจินेटที่ได้ ทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด ข้อดีของวิธีนี้คือ แคลเซียมแอลจินेटสามารถตกตะกอนออกมาในลักษณะเป็นเส้นและสามารถทำให้อยู่ในรูปกรดแอลจินิกในลักษณะเป็นเส้นได้เช่นเดียวกัน ทำให้แยกของเหลวออกได้ง่าย และแคลเซียมแอลจินेटที่ยังคงเหลืออยู่ใน โซเดียมแอลจินेटจะมีผลดีต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์ (วันชัย, 2531)

กระบวนการสกัดแอลจินेटโดย Le Gloahec_Hertec Process วิธีนี้สามารถใช้ได้กับทั้งสาหร่ายแห้งและสด กระบวนการสกัดคล้ายกับ Green's Process เพียงแต่ใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงกว่าคือ 40 องศาเซลเซียส และเพิ่มขั้นตอนการสกัดเอา laminarin และ mannital ออกโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.8-1.0 ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของแอลจินेटที่สกัดได้ นอกจากนี้ยังเพิ่มขั้นตอนการอัดฟองอากาศลงในสาหร่ายที่ผ่านการย่อยด้วยด่าง เพื่อให้กากเซลลูโลสลอยขึ้นมาที่ผิวหน้า ทำให้สามารถตัดออกได้ง่าย สะดวกในการกรองในขั้นตอนต่อไป ข้อแตกต่างอีกอย่างหนึ่งก็คือ ประหยัดขั้นตอนในการทำแคลเซียมแอลจินेट แต่มีข้อเสียคือลักษณะของกรดแอลจินิกที่ตกตะกอนมีลักษณะเป็นวุ้นทำให้มีปัญหาการแยกน้ำออกจากโซเดียมแอลจินेट วิธีนี้จึงมีค่าใช้จ่ายสูง (วันชัย, 2531)

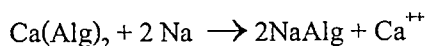


ภาพที่ 6 การสกัดแอลจิเนตจากสาหร่ายทะเล

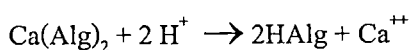
ที่มา: Phillip and Williams (2000)

การปรับปรุงคุณภาพของแอลจิเนตที่สกัดได้สามารถทำได้โดยการเตรียมสาหร่ายก่อนการสกัด สารที่ใช้การปรับปรุงคุณภาพได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.8-2.0 ซึ่งจะช่วยให้สกัดลามินารินและแมนนิทอล ทำให้แอลจิเนตที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น การใช้กรดเกลือและกรดกำมะถัน 0.2 N อุณหภูมิช่วยกำจัดลามินาแรนและฟูโคโกลแคน ขณะเดียวกันไฮโดรเจนไอออนของกรดจะเข้าไปแทนที่ไอออนบวกในเกลือแอลจิเนต ช่วยทำให้การสกัดโซเดียมแอลจิเนตออกจากสาหร่ายง่ายขึ้น ปกติแล้วแอลจิเนตที่อยู่ในสาหร่ายมักอยู่ในรูปเกลือแอลจิเนตที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ถ้าสกัดสาหร่ายด้วยโซเดียมคาร์บอเนต โดยไม่ผ่านการแช่กรดก่อน ปฏิบัติการแทนที่แคลเซียมหรือแมกนีเซียมด้วยโซเดียมเพื่อให้กลายเป็นโซเดียมแอลจิเนตซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำจะเกิดโดยปฏิกิริยาดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ถ้าแซ่สหาร่ายแห้งด้วยกรดก่อนจะทำให้การสกัดเร็วและง่ายขึ้นดังสมการ



การแซ่สสารละลายแห้งในสารละลายฟอร์มาดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 0.1-0.4 ก่อนการสกัดจะช่วยกำจัดสารประกอบฟีนอลออกก่อนทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันระหว่างการสกัดด้วยด่าง โดยสารละลายฟอร์มาดีไฮด์จะรวมตัวกับสารประกอบฟีนอลกลายเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถแยกออกได้ง่าย ทำให้โซเดียมแอลจีเนตที่ได้มีคุณภาพและสีดีกว่า (วันชัย, 2531)

คุณภาพของแอลจีเนต

กรดแอลจีนิคมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีสีขาวหรือค่อนข้างขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ละลายน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์ ละลายได้ในสารละลายด่าง เมื่อแขวนลอยน้ำ 3 : 100 มีค่าพีเอชระหว่าง 2.-3.4 มีน้ำหนักสมมูลเฉลี่ย 200 (หน่วยไบโอโพลิเมอร์, 2533)

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของเกลือโซเดียมของกรดแอลจีนิคเป็นพวก polyuronic acid ที่ประกอบด้วย D-mannuronic acid ที่มีหมู่ carboxyl อิสระ ขณะที่หมู่ aldehyde เกิดพันธะ glycosidic และมีเกลือโซเดียมแอลจีเนต $(\text{C}_6\text{H}_7\text{NaO}_6)_n$ อยู่ระหว่างร้อยละ 91-106 มีลักษณะเป็นเส้นใย ไม่มีสีหรือเหลืองอ่อน มีกลิ่นและรสเล็กน้อย มีน้ำหนักสมมูลเฉลี่ย 222 (หน่วยไบโอโพลิเมอร์, 2533)

อัตราส่วน D-mannuronic acid และ L-gluronic acid (M/G) ที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแอลจีเนตต่างกัน แอลจีเนตที่มี G สูงจะให้เจลที่มีลักษณะที่แข็งแรงแต่เปราะง่าย ขณะที่แอลจีเนตที่มี M สูง จะให้เจลที่นุ่มและยืดหยุ่นกว่าแอลจีเนตที่มี G สูง ซึ่งเป็นสมบัติที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง ส่วนแอลจีเนตที่มี G สูงเหมาะที่จะใช้ทางด้านอาหาร (Kelco International, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปสามารถแบ่งเกรดโซเดียมแอลจินेटได้ 3 เกรดคือ Highest grade มีมาตรฐานตามที่กำหนดใน National Formulary ประเทศสหรัฐอเมริกา Food grade มีมาตรฐานตามที่กำหนดใน Food Chemical Codex ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Technical grade พิจารณาจากสีและสิ่งเจือปน เช่น เซลลูโลส

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งตามการใช้งานได้ 3 เกรด (McNeely and Pettitt, 1973) เกรดสำหรับอาหาร แอลจินेटจะไม่มีเซลลูโลสเจือปน มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีขาว เกรดสำหรับทางเภสัชกรรมแอลจินेटจะไม่มีเซลลูโลสเจือปน มีสีเกือบขาวจนถึงขาว และเกรดสำหรับอุตสาหกรรมแอลจินेटจะไม่มีเซลลูโลสเจือปนหรือมี ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน มีสีน้ำตาลจนถึงขาว

กรดและเกลือแอลจินेटถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทั้งที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหาร จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานสากลของผลิตภัณฑ์โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และประเทศที่มีอุตสาหกรรมการผลิตสารนี้ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานใน Food Chemical Codex (FCC) และ The United States Pharmacopocia (USP) มาตรฐานที่กำหนดแสดงดังตารางที่ 4 และ 5 (หน่วยไบโอโพลิเมอร์, 2533)

ตารางที่ 4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์กรดแอลจินิกที่กำหนดโดย FAO, FCC และ USP

	FAO	FCC	USP
ทดสอบการละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
พีเอช	2.0-3.4	2.0-3.4	1.5-3.5
ทดสอบเอกลักษณ์ของกรดแอลจินิก	มีเอกลักษณ์	มีเอกลักษณ์	มีเอกลักษณ์
ทดสอบความบริสุทธิ์ปริมาณจุลินทรีย์	-	-	200ต่อกรัม
ความชื้น (ร้อยละ)	15	15	15
เถ้า (ร้อยละ)	4	4	4
สารหนู (พีพีเอ็ม)	3	3	3
ตะกั่ว (พีพีเอ็ม)	10	10	10
โลหะหนัก (พีพีเอ็ม)	40	40	40

ที่มา: หน่วยไบโอโพลิเมอร์ (2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์โซเดียมแอลจิเนต

	FAO	FCC	USP
ทดสอบการละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
พีเอช	2.0-3.4	2.0-3.4	1.5-3.5
ปริมาณจุลินทรีย์			
- จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด	-	-	200ต่อกรัม
- <i>Salmonella sp.</i>			ไม่พบ
- <i>Escherichia coli</i>			ไม่พบ
น้ำหนักสูญเสียขณะอบแห้ง (ร้อยละ)	12	12	12.5
ความชื้น (ร้อยละ)	15	15	15
เถ้า (ร้อยละ)	18-27	18-27	18-24
เถ้าที่ละลายได้ในกรด (ร้อยละ)	2.0	1.0	-
ปริมาณซัลเฟต (ร้อยละ)	15-40	18-40	-
ความหนืดที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ที่ 75 °C (cps)	5	5	5
สารหนู (พีพีเอ็ม)	3	3	3
ตะกั่ว (พีพีเอ็ม)	10	10	10
โลหะหนัก (พีพีเอ็ม)	40	40	40

ที่มา : หน่วยไบโอโพลิเมอร์ (2533)

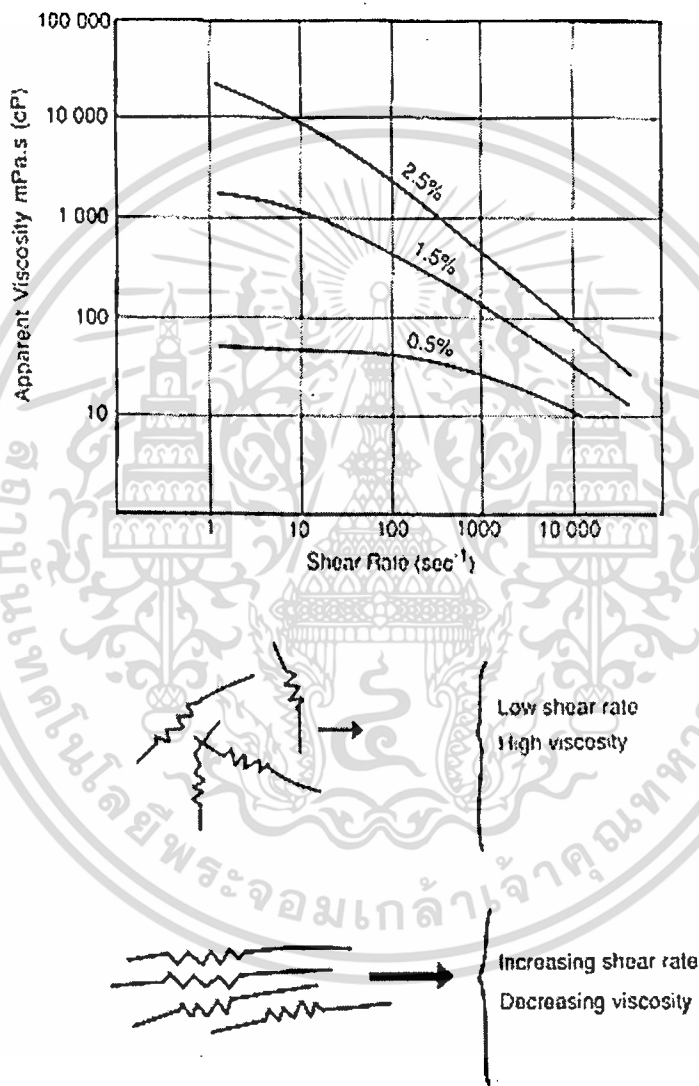
คุณสมบัติของแอลจิเนต

1. ความหนืด

เมื่อนำเกลือที่ละลายน้ำได้ของกรดแอลจินิกมาละลายน้ำ สารละลายที่ได้จะเกิดความหนืด โดยความหนืดกำหนดจากความยาวของโมเลกุลของแอลจิเนตที่เกี่ยวข้อง แอลจิเนตที่ละลายน้ำ เรียกว่า shear thinning หรือคุณสมบัติของ pseudoplastic นั่นคือ ถ้าอัตราแรงเฉือนต่ำ ความเร็วของการกวาดต่ำมาก โมเลกุลแอลจิเนตที่แตกต่างกันจะเรียงตัวอย่างสุ่ม แต่ถ้าอัตราแรงเฉือนเพิ่มขึ้น การจัดเรียงตัวมีแนวโน้มนานกันมากขึ้นทำให้ความหนืดลดลง แสดงดังภาพที่ 7 ความเข้มข้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่บนเว็บไซต์หรือสื่ออื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลจินตเพิ่มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) ในกรณีของความเข้มข้นของแอลจินตที่ต่ำมาก สามารถปรับให้ความหนืดเพิ่มขึ้นได้ด้วยการเติมเกลือที่สามารถละลายน้ำได้ซึ่ง ได้แก่ แคลเซียม ซัลเฟต แคลเซียมทาร์เตรต หรือ แคลเซียมซิเตรต เนื่องจากแอลจินตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมเพื่อ เกิด crosslink ใน โมเลกุล



ภาพที่ 7 ความหนืดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในสารละลายโซเดียมแอลจินต
ที่มา : Phillip and Williams (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความหนืดของแอลจินเนต (mPas) เครื่องวัดความหนืด Brookfield แบบ RVT
ที่ 20 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

Concentration (%)	Alginate viscosity grade			
	Low	Medium	High	Very high
0.25	9	15	21	27
0.50	17	41	75	110
0.75	33	93	245	355
1.00	58	230	540	800
1.50	160	810	1950	3550
2.00	375	2100	5200	8750

ที่มา : Imeson (1992)

ตัวกำหนดและจำกัดการละลายของแอลจินเนตในน้ำได้แก่ พีเอช ความแข็งแรงของอออน และความกระด้างของน้ำ โดยพีเอชเป็นสิ่งจำเป็นทำให้เกิดประจุใน uronic acid residues ส่วนความแข็งแรงของอออนมีบทบาทสำคัญ โดยมีผลกระทบของการชะเกล็ดของอออนบวกที่ทำให้ไม่เกิดเจล และความกระด้างของน้ำ หรือปริมาณความจุของอออนของแคลเซียมเป็นปัญหาต่อการละลาย

เนื่องจากแอลจินเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์ จึงมีสมบัติการละลายได้ในน้ำแตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนียม และโพรพิลีนไกลคอล เอสเทอร์ เช่น โพรพิลีนไกลคอลแอลจินเนต ซึ่งสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาของกรดแอลจินิกกับโพรพิลีนออกไซด์ทำให้เกิดเอสเทอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลประมาณร้อยละ 50-85 อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้นมวลโมเลกุลของโพลีเมอร์แอลจินเนตและการมีโลหะประจุบวก สำหรับพีเอชช่วง 4-10 จะไม่มีผลต่อสารละลายแอลจินเนต แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 4 จะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการกระจายตัวลดลงและอาจมีการตกตะกอนของกรดแอลจินเนตด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

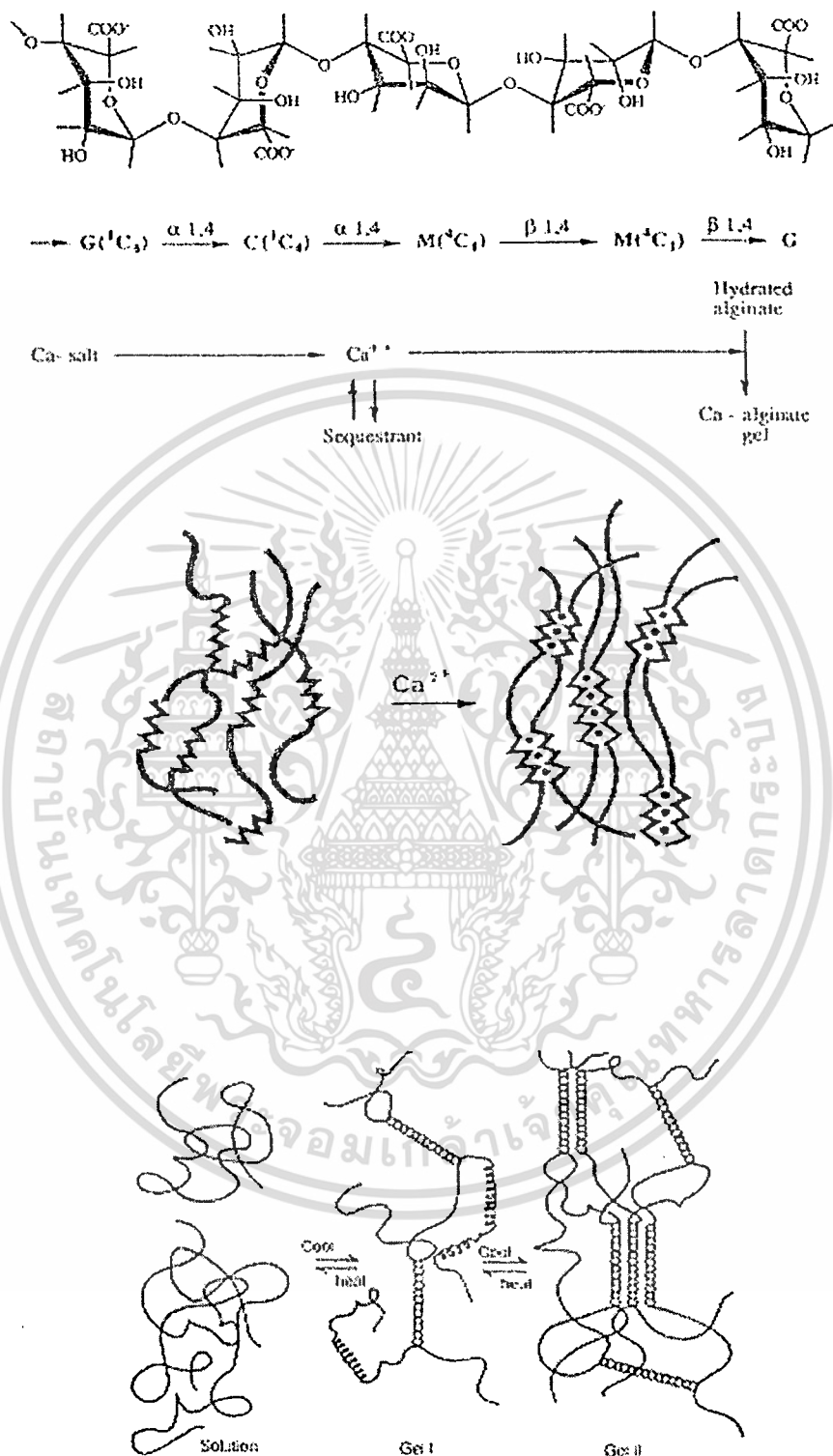
โพรพิลีน ไกลคอลแอลจินเตจะคงตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด และโลหะประจุบวกที่มีวาเลนซ์สูง เช่น แคลเซียมไอออนและโปรตีน ทำให้สามารถเติมโพรพิลีนไกลคอลแอลจินเตลงในผลิตภัณฑ์นมได้ แต่ถ้ามีแคลเซียมไอออนและโลหะประจุบวกอื่นๆผสมอยู่ด้วยในปริมาณที่มากพอ อาจทำให้เกิดเจลได้และแอลจินเตทำให้เป็นฟิล์มได้ นอกจากนี้การที่โมเลกุลของโพรพิลีนไกลคอลแอลจินเต แอลจินเตมีหมู่โพรพิลีนไกลคอลเป็นไฮโดรโฟบิกจึงมีสมบัติทำให้เกิดโฟมได้และเป็นอิมัลซิฟายอิงเอเจนต์ ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ (นิธิยา ,2545)

2. การเกิดเจล

สมบัติหลักที่ได้จากการกระจายตัวของโครงสร้างที่เป็น block คือ ความสามารถของแอลจินเตสำหรับการเกิดเจล โดยเจลที่เกิดขึ้นเป็น heat stable gels ซึ่งเซตตัว ณ อุณหภูมิห้อง หรือที่เรียกว่า heat stable gels in cold system ในการเกิดเจลกับแคลเซียมไอออน โมเลกุลของแอลจินเต จำเป็นต้องมีสัดส่วนของ guluronic acid ที่ต่อกันเป็นอนุกรม ความสามารถในการเกิดเจลและความแข็งแรงของเจลขึ้นกับปริมาณ G และความยาวของ G โดยพบว่า high C content และ long G-block ให้ calcium reactivity สูงสุด รวมทั้งการเกิดเจลที่แข็งแรงที่สุด ซึ่งให้เจลในลักษณะที่เรียกว่า egg box เจลของแอลจินเตเป็นสารที่มีส่วนที่เป็นของแข็งที่เรียกว่า junction zone และสารละลายหลังการเกิดเจลแล้ว โมเลกุลของน้ำจะถูกจับไว้ในโครงสร้างตาข่ายทางกายภาพ แต่ยังอิสระต่อการเคลื่อนย้าย กระบวนการเกิดเจลแคลเซียมแอลจินเตจึงเป็นการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างโซเดียมและแคลเซียม และจะเซตตัวด้วยการทำให้เย็น โดยการละลายแอลจินเตในน้ำร่วมกับเกลือแคลเซียม และทำให้ร้อน ดังภาพที่ 8

3. ความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

การสกัดแอลจินเตจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน บางครั้งอาจทำให้เกิดคุณลักษณะของความแข็งแรงของเจล ดังที่แสดงในตารางที่ 7 แอลจินเตจะครอบคลุมความแข็งแรงของเจลเป็นช่วงกว้างสามารถผลิตจากสายพันธุ์หนึ่งของสาหร่ายทะเล เมื่อมีส่วนที่แตกต่างกันของพีชชนิด *L. hyperborean* จะถูกแยกก่อนทำการสกัดแอลจินเต ค่า FIRA กล่าวถึง การวัดความแข็งแรงของเจลโดยใช้ FIRA jelly tester บนเจลของแอลจินเต



ภาพที่ 8 การเกิดเจลของแอลจินเนต

ที่มา: Imeson (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ค่า FIRA (ml) ที่ใช้วิเคราะห์ความแข็งแรงของเจลของแอลจินเนต

Alginate origin	Gel strength
<i>L. hyperborean</i> (stem)	65-75
<i>L. hyperborean</i> (whole plant)	55-65
<i>L. hyperborean</i> (double leaf)	45-55
<i>L. hyperborean</i> (pure leaf)	40-50
<i>A. nodosum</i>	25-35

ที่มา : Imeson (1992)

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายแอลจินเนตได้แก่

1. น้ำหนักโมเลกุล

ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน ถ้ามีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น ความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้น และถ้าโมเลกุลของแอลจินเนตมีความยาว สารละลายแอลจินเนตก็จะมีค่าความหนืดสูงด้วย (Pronova Biopolymer, 1996) ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 8 สมบัติเฉพาะของโซเดียมแอลจินเนตจากบริษัท Sigma ที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล

Macrocystis pyrifera

ตัวอย่าง	M/G ratio	น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย
โซเดียมแอลจินเนตความหนืดต่ำ (A2158)	1.56	$1.2-8.0 \times 10^4$
โซเดียมแอลจินเนตความหนืดปานกลาง (A2033)	1.56	$0.8-1.2 \times 10^5$
โซเดียมแอลจินเนตความหนืดสูง (A7128)	1.56	$1.2-1.9 \times 10^5$

ที่มา : Sigma Chemical Co. (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเข้มข้น

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแอลจินेट จะทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Pronova Biopolymer, 1996)

Mc Dowell เสนอสูตรความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดไว้ดังนี้ และสามารถแสดงความสัมพันธ์ดังตารางที่ 9

$$\text{Log ความหนืด} = a (\text{ความเข้มข้น}) - b$$

a = ค่าที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับความยาวของสายโพลิเมอร์ของแอลจินेट

b = ค่าคงที่เฉพาะของแอลจินेटแต่ละชนิด

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับความหนืดของแอลจินेट

ชนิดของแอลจินेट	ความหนืด (cP)				
	ความเข้มข้น (ร้อยละ)				
	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
ความหนืดต่ำ	10	20	45	130	350
ความหนืดต่ำ	20	60	180	650	2200
ความหนืดปานกลาง	350	1800	6000	ไม่สามารถวัดได้	
ความหนืดสูง	800	4000	9000	ไม่สามารถวัดได้	

ที่มา: หน่วยไบโอโพลิเมอร์ (2533)

3. อุณหภูมิ

ความหนืดของสารละลายแอลจินेटจะลดลงประมาณร้อยละ 2.5 ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (Pronova Biopolymer, 1996) ถ้าเก็บสารละลายแอลจินेटไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายชั่วโมง อาจเกิด depolymerization ทำให้สูญเสียความหนืดอย่างถาวร สารละลายแอลจินेटสามารถแช่แข็งและละลายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พีเอช

ในช่วงพีเอช 5-11 จะไม่มีผลต่อความหนืด ที่พีเอช 5 หมู่คาร์บอกซีอิสระในสายโพลีเมอร์ลดลงและจะเริ่มรับโปรตอนกลายเป็น COOH ดังนั้นแรงผลักระหว่างสายโพลีเมอร์ลดลงด้วย สายโพลีเมอร์จะเข้ามาใกล้กันสร้างพันธะไฮโดรเจน ทำให้ความหนืดสูงขึ้น ถ้าค่าพีเอชเท่ากับ 3-4 จะเกิดเจล แต่ถ้ามีแคลเซียมอยู่ด้วยจะเกิดเจลที่พีเอชเท่ากับ 5 แต่ถ้าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วจาก 6 เป็น 2 จะเกิดตะกอนของกรดแอลจินิก ที่พีเอชเท่ากับ 11 จะเกิด depolymerization อย่างช้า ๆ ของแอลจินเนต

5. ปริมาณของแคลเซียมไอออน

ถ้ามีอยู่น้อยจะช่วยเพิ่มความหนืด แต่ถ้ามีมากเกินไปจะเกิดเจล สารละลายแอลจินเนตที่มีแคลเซียมปนอยู่ เมื่อมีการกวน ความหนืดของสารละลายลดลงมากกว่าสารละลายโซเดียมแอลจินเนตที่ไม่มีแคลเซียมปนอยู่ เมื่อปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายแอลจินเนตจะเพิ่มขึ้นตาม เปลี่ยนคุณสมบัติของสารละลายจาก pseudoplastic เป็น thixotropic (วันชัย, 2531: McHugh, 1987; Wedlock and Fasihuddin, 1990)

นอกจากนี้สภาวะที่ใช้ขณะทำการวัดค่าความหนืดยังมีความสัมพันธ์ต่อค่าความหนืด (Wedlock and Fasihuddin, 1990)

การปรับปรุงคุณภาพความหนืด

ความหนืดและลักษณะการไหลของสารละลายแอลจินเนตมีความสัมพันธ์กับหลายปัจจัย ได้แก่ น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ ค่า shear rate การกระจายตัว พีเอช และผลของประจุโลหะบวกต่าง ๆ การปรับปรุงคุณภาพความหนืดสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แบคทีเรียหรือเอนไซม์

Lin and Hassid (1999) พบว่าเอนไซม์ในสาหร่าย *Fucus gasdneri* สามารถเปลี่ยน D-mannose ไปเป็น GDP-D-mannuronic acid และ GDP-L-guluronic acid แล้วรวมกันเป็นสายโพลีเอ็กสาร์เป็นเอ็กสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ในสาหร่าย โดย D-mannose เป็นสารตั้งต้นของทั้ง D-mannuronic acid และ L-guluronic acid ในกรดแอลจินิตที่สกัดจากสาหร่าย poly D-mannuronic acid เป็นผลิตภัณฑ์ตัวแรกในการสังเคราะห์แล้ว L-guluronic acid จึงถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยปฏิกิริยาของ C5 –epimerase ที่เกิดกับ D-mannuronic acid จำนวนและตำแหน่งของการเกิดจะถูกควบคุมโดยเอนไซม์ในสาหร่ายแต่ละ species (Charalambous and Doxastakis, 1989) ต่อมาได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับกลุ่มเอนไซม์ alginate lyase จากจุลินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติของแอลจินิตโดยแบ่ง alginate lyase ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 พวกที่จำเพาะต่อ poly D-mannuronic acid ซึ่งจะจับกับบริเวณที่มี mannuronic acid ในสายโมเลกุลของแอลจินิตเท่านั้น แล้วทำให้เปลี่ยนเป็น poly L-guluronic acid ทำให้แอลจินิตมีความหนืดเพิ่มขึ้น ได้แก่ *A. vinelandii*

1.2 พวกที่จำเพาะต่อ poly L-guluronic acid ซึ่งจะจับกับบริเวณที่มี poly L-guluronic acid ในสายโมเลกุลของแอลจินิตเท่านั้น แล้วทำให้เปลี่ยนเป็น poly D-mannuronic acid ทำให้แอลจินิตมีความหนืดลดลง ได้แก่ *Flavobacterium multivolum* และ *Klebsiella aerogenes* (Dyrset et al., 1994; Murata et al., 1993)

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางวิทยากระแสของสารละลายแอลจินิต

2.1 ผลของความเข้มข้นที่มีต่อความหนืดปรากฏของสารละลายแอลจินิต

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมแอลจินิตทำให้ความหนืดของสารละลายโซเดียมแอลจินิตเพิ่มขึ้นด้วย (McHugh, 1987) สารละลายแอลจินิตมีลักษณะที่เรียกว่า shear thinning คือ เมื่อ shear rate เพิ่มขึ้น ความหนืดจะมีค่าลดลง ซึ่งมีผลจากความยาวและความแข็งตึง (stiffness) ของโมเลกุลแอลจินิตที่มีน้ำอยู่ด้วยในสารละลาย ในสภาวะที่มี shear rate ต่ำมาก เช่นในระหว่างการเก็บหรือการกวนด้วยความเร็วต่ำมาก โมเลกุลจะเรียงตัวกันอย่างสุ่ม ทำให้มีบางโมเลกุลคาบเกี่ยวกัน มีผลให้ความหนืดสูงขึ้น แต่เมื่อ shear rate เพิ่มขึ้น โมเลกุลจะเรียงตัวในแนวขนานมากขึ้น ให้ความหนืดของสารละลายลดลง (Onsbyen, 1992) ที่ shear rate เดียวกัน ความหนืดปรากฏมีค่ามากขึ้นเมื่อสารละลายมีค่ามากขึ้น ในสารละลายแอลจินิตที่เจือจางมาก ๆ

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอลจินิตมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลาย เนื่องจากแอลจินेटที่ความเข้มข้นต่ำมาก โพลีแซคคาไรด์มีลักษณะเป็นคอยล์ (coil) ซึ่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ (Morris, 1995) และครอบคลุมปริมาตรในสารละลายน้อยกว่า (รุ่งนภา, 2538) ในสารละลายที่เจือจางมาก ปฏิกริยาของโพลีเมอร์กับตัวทำละลายและผลของการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลโพลีเมอร์กับตัวทำละลายมีบทบาทสำคัญในด้านคุณสมบัติทางวิทยากระแส (Silva and Rao, 1992) แต่ในช่วงความเข้มข้นมากขึ้นที่เรียกว่า semi-dilute region ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของแอลจินेटที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคอยล์ของโพลีแซคคาไรด์มีการคาบเกี่ยวกันและเกิดเป็นตาข่ายซึ่งทำให้ผลของปฏิกริยาของโพลีเมอร์กับโพลีเมอร์เด่นขึ้น และครอบคลุมปริมาตรในสารละลายมากขึ้น (รุ่งนภา และ Miyawaki, 2541)

2.2 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด

ทุกระดับความเข้มข้น ความหนืดปรากฏมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับส่วนกลับของอุณหภูมิ คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดปรากฏมีค่าลดต่ำลง โดยที่ ณ อุณหภูมิเดียวกัน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น (รุ่งนภา และ Miyawaki, 2541)

2.3 ผลของน้ำตาลซูโครสที่มีต่อความหนืด

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกซอส เครื่องดื่มจากนม ไข่ของนมต่าง ๆ มักมีการเติมน้ำตาลซูโครสเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวทำละลาย. (Oakenfull and Scott, 1986) ซึ่งมีผลทำให้สัดส่วนของน้ำที่แข็งตัวในระบบลดน้อยลง (รุ่งนภา, 2540) คุณภาพของตัวทำละลายหรือน้ำที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของอาหารทางชีวเคมีล้วนเกี่ยวข้องกับความสามารถของน้ำในการกระทำตัวเป็นตัวทำละลาย สารละลายที่มีสารประกอบต่าง ๆ อยู่ หรือมีลักษณะเป็น colloidal suspension มีผลต่อคุณสมบัติทางคอลลิเกทีฟ (colligative properties) บางส่วนในระบบทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เติมเข้าไปในสารละลายแอลจินेटมีผลให้ความหนืดปรากฏสูงขึ้น ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความหนืดปรากฏเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสารละลายแอลจินेटที่เติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 40 ที่มีความหนืดปรากฏเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในระบบน้อยลง และวอเตอร์แอกทีวิตี้ที่เหลืออยู่ในระบบน้อยลง ทำให้วิทยากระแสน้ำของ aqueous system เปลี่ยนแปลงไป (รุ่งนภา และ Miyawaki, 2541)

3. การปรับปรุงกระบวนการสกัด

วิธีการสกัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยให้ความหนืดของ โขเดียมแอลจินेटสูงขึ้น (Wedlock and Fasihuddin, 1990)

Thienprasert et al. (1997) ได้ทำการสกัด โขเดียมแอลจินेटจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Chnoospora minima* ที่เก็บมาจากภาคใต้ของประเทศไทย โดยสกัดด้วยสารละลาย โขเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จากนั้นกรอง นำส่วนใสมาตกตะกอนแคลเซียมแอลจินेटด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 5 แล้วเปลี่ยนเป็นกรดแอลจินิกด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็น โขเดียมแอลจินेट ได้ปริมาณ โขเดียมแอลจินेटร้อยละ 25-41 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง นำ โขเดียมแอลจินेटที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ M/G ratio ได้ 0.34-1.79 ขึ้นกับสปีชีร์ของสาหร่าย ซึ่งตัวอย่างที่มี M/G ratio เท่ากับ 1.76 มี D-mannuronic acid มาก สามารถละลายน้ำได้ดี แต่เกิดเจลได้ไม่ดี และวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลด้วยวิธี Laser Light Scattering ได้ 1.24×10^7

จิรภา (2544) ได้ทำการสกัด โขเดียมแอลจินेटจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Chnoospora* สามารถสกัดได้ปริมาณร้อยละ 22.0-40.33 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง และนำมาศึกษาการปรับปรุงคุณภาพความหนืดของ โขเดียมแอลจินेट โดยการปรับปรุงวิธีการสกัด ได้แก่ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ เวลา อุณหภูมิที่เหมาะสม พบว่า การล้างสาหร่ายด้วยสารละลายฟอรัมาลดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 4 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และสารละลายกรดที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถทำให้ความหนืดของ โขเดียมแอลจินेटสูงขึ้น เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง M/G ratio กับค่าความหนืด พบว่า M/G ratio ของ โขเดียมแอลจินेटที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุลนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนืด แต่ ความหนืดมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลของ โขเดียมแอลจินेट

การประยุกต์แอลจินेटในอุตสาหกรรมอาหาร

แอลจินेटใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม ขนมหวานแช่เยือกแข็ง น้ำสลัด กระบวนการผลิตชีสและใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับโฟม เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเซอร์เบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแคนดี้เจล ที่มีเนื้อใสจะผสมโซเดียมแอลจินตประมาณร้อยละ 0.1-0.7 เมื่อเคี้ยวจะมีลักษณะเหนียว (นิธิยา ,2545)

สารให้ความหวานและกัมผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลนั้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปจึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคล้ายผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลเป็นสารให้ความหวาน เช่นในผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่นั้นจะไม่มีอาการเกิดเจลเนื่องจากไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ เพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวจึงต้องมีการเติมสารเพื่อช่วยให้มีการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์ เช่น แอลจินต

ในผลิตภัณฑ์เนื้อหรือสัตว์ปีกเยือกแข็งนั้นจะมีการใช้กัมเพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น ในการทำเยือกแข็งและการทำละลายน้ำแข็ง Slepchenko *et al.* (1956) และ Berlin (1957) ทดลองจุ่มเนื้อและไก่ลงในสารละลายโซเดียมแอลจินตร้อยละ 10-15 แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3-5 กลีเซอรอลร้อยละ 10-20 ก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยือกแข็งซึ่งปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น สำหรับการเคลือบไส้กรอกด้วยโซเดียมแอลจินต โดยการใช้โซเดียมแอลจินตเพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับเอทิลเซลลูโลสพบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และช่วยยืดอายุการเก็บ (Child , 1959)

การใช้กัมเพื่อช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีการจับกันดีขึ้น และเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกชนิดต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์เนื้อหรือสัตว์ปีกที่ทำจากเศษเนื้อ โดยใช้แอลจินต Trout (1989 a,b) ได้ทดลองใช้แอลจินตและแคลเซียมคาร์บอเนตในผลิตภัณฑ์ restructured beef steak พบว่าแอลจินตที่ใช้จะช่วยให้อ่อนนุ่มขึ้นเนื้อมีการเกาะจับกันดีขึ้น เนื่องจากโซเดียมแอลจินตจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม ออออนเกิดเป็นเจลของแคลเซียมแอลจินตช่วยยึดขึ้นเนื้อให้จับติดกันได้ ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับสีของผลิตภัณฑ์เนื้อนั้นตามรายงานพบว่าแอลจินตจะช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

มีการใช้แอลจินตในปลากระป๋อง เพื่อช่วยดูดซับน้ำในระหว่างการแปรรูป (Henning, 1957) นอกจากนี้มีการใช้ในผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องแล้วยังนิยมใช้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บของปลาที่มีไขมันและน้ำมันสูง ที่ไม่เหมาะที่จะนำมาทำให้เป็นผลิตภัณฑ์เยือกแข็งด้วยวิธีที่เคยใช้กันมา เนื่องจากถึงแม้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ปฏิกิริยาออกซิเดชันก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้ เพื่อป้องกันปฏิกิริยาที่

กล่าว จึงมีการนำปลามาทำเยือกแข็งในแอลจินตเยลลี่ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดฟิล์มบางๆหุ้มปิดสนิท เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศเข้าไม่ได้สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ วิธีแบบนี้เรียก Protan method จะช่วยรักษาความชื้นให้ผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น ลดเวลาในการทำเยือกแข็งลงช่วยป้องกันการสูญเสียเกลือในระหว่างการเก็บรักษาและในระหว่างการละลาย ช่วยรักษาสีและลักษณะปรากฏเดิมให้คงอยู่ ปลา herring ที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีนี้เป็นที่นิยมมากในนอร์เวย์ สหรัฐอเมริกา และสาธารณรัฐเยอรมันตะวันตก ในระยะหลังได้มีการนำวิธีการนี้มาใช้ในปลาซาร์ดีนและกุ้งด้วย ปริมาณที่นำมาใช้ควรพิจารณาให้เหมาะกับชนิดของผลิตภัณฑ์ และควรใช้ในปริมาณที่กฎหมายอนุญาต มีการใช้แอลจินตในผลิตภัณฑ์ประเภทไขมันและน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำสลัดต่างๆ มายองเนส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นอิมัลซิฟายเออร์เพราะสามารถคงทนต่อความร้อนและกรดได้ดี มีส่วนช่วยในการลดคลอเรสเตอรอลในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ต้องการให้มีคลอเรสเตอรอลต่ำด้วย เพราะสามารถลดปริมาณของไข่แดงที่จะต้องใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ได้ และเช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดแคลอรีต่ำที่กัมจะมีส่วนช่วยในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพได้มาตรฐาน

มีการใช้แอลจินและเจลาตินในผลิตภัณฑ์นมซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทไอศกรีม เนยแข็งและผลิตภัณฑ์นมต่างๆ เพื่อช่วยให้เกิดความคงตัวและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น นิยมใช้โซเดียมแอลจินตมากในไอศกรีมเนื่องจากมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี กระจายตัวได้ดีและราคาถูก สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมที่มีอยู่ในส่วนประกอบของไอศกรีมทำให้สามารถป้องกันการเกิดการจับตัวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรวมตัวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจากเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ โดยทั่วไปจะใช้ในปริมาณร้อยละ 0.1-0.5 หรืออาจจะใช้ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตหรือกลีเซอรอล โมโนสเตียเรต ซึ่งจะช่วยให้การกระจายตัวของแอลจินตดีขึ้น และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีขึ้นต่ออุณหภูมิที่ไม่คงที่ในระหว่างการขนส่ง โพรไพลีนไกลคอลแอลจินตเป็นแอลจินตอีกรูปหนึ่งที่นิยมใช้กัน จะสามารถช่วยป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนและเกิดเจลในผลิตภัณฑ์และป้องกัน heat shock ด้วย

ในผลิตภัณฑ์ประเภท cheese spreads ได้มีการใช้โซเดียมแอลจินตร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตและโซเดียมซิเตรต เพื่อช่วยให้มีคุณสมบัติในการกระจายได้ดีขึ้นช่วยป้องกันการแยกตัวของน้ำและน้ำมันและช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น

ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มประเภทน้ำผักและน้ำผลไม้ต่างๆ เช่นในน้ำผลไม้ Moncrieff (1953)

ได้ทดลองใช้แอลจินต ช่วยในการทำให้เนื้อผลไม้มีการกระจายตัวและแขวนลอย พบว่าการใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลจินตร้อยละ 0.1-0.2 จะให้ผลดีที่สุด ส่วนเครื่องคั้บประเภทเบียร์ ใช้เพื่อช่วยให้ฟองมีความคงตัว เช่น แอลจินตจะมีความคงตัวที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำๆ ได้ดีมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ และเกิดฟิล์มได้ดีจึงเหมาะที่จะใช้ช่วยควบคุมขนาดของฟองอากาศ ปริมาณที่นิยมใช้คือ 40-80 ส่วนในล้านส่วน (ศิวาพร,2535)

Xie, *et al.* (2003) ได้ศึกษาการก่อตัวของเซรามิก (ceramic) โดยพื้นฐาน และกระบวนการเกิดเจลของเจลาตินและโซเดียมอัลจินต พบว่ามีการนำโพลีเมอร์ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายมาทำให้สารแขวนลอยพวกเซรามิกและอลูมินา (alumina) สามารถรวมตัวกันได้ ในกระบวนการนี้ได้ศึกษาลักษณะการเกิดเจลของโซเดียมอัลจินต และในกรณีนี้จะมีการนำ chelator มาใช้ซึ่งเป็นการรวมกันของไอออนอิสระของแคลเซียมในสารประกอบเชิงซ้อน chelate เพราะ ฉะนั้นจะหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาระหว่างไอออนของแคลเซียมและโซเดียมอัลจินต ในระยะก่อนการก่อตัว โดยการเติมกรดเฮกเซนไดโออิก (Hexanedioic acid) จากนั้น ไอออนของแคลเซียมจะถูกปล่อยออกมาจากสารประกอบเชิงซ้อน chelate อย่างช้าๆ ซึ่งทำปฏิกิริยากับโซเดียมอัลจินตและมีผลในการเกิดเจล เทคนิคใหม่นี้จะนำมาใช้สำหรับการคิดค้นหาองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีรูปร่างคล้ายตาข่าย

ศิวาพร(2535) อธิบายว่า การทดลองโดยใช้โซเดียมอัลจินตในผลิตภัณฑ์ไวน์นั้น พบว่ากัมชนิดนี้จะช่วยขจัดสารประกอบไนโตรเจน แแทนนินและรงควัตถุต่างๆ ด้วยและจะให้ผลดียิ่งขึ้นถ้าหากมีการใช้ร่วมกับเจลาติน ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นได้มีการอธิบายไว้ว่า โซเดียมอัลจินตจะแตกตัวให้โซเดียมไอออนและตะกอนที่ไม่ละลายน้ำของกรดอัลจินิก เกลือของเหล็กและทองแดง

การเกิดฟิล์ม เมื่อชั้นบางๆของเจลของแอลจินต หรือสารละลายแอลจินตถูกทำแห้งจะเกิดฟิล์มเกิดขึ้น ฟิล์มนี้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำและสามารถใช้ในขนมปังปิ้ง (pastries) เพื่อป้องกันน้ำผ่านจากการไต่ในส่วนที่เหลืองของเค้ก สามารถใช้ในไอซิ่งเค้ก (cake icings) เพื่อป้องกันการเกาะติดวัสดุที่ใช้ห่อและในขณะเดียวกันทำหน้าที่เหมือนสารป้องกันการแตกด้วย (anti – cracking agent) มีการนำแอลจินตมาใช้สำหรับการป้องกัน การแช่เยือกแข็งปลา (frozen fish) จากการออกซิเดชันและการสูญเสียน้ำ โดยทำให้ชั้นเหนียวหน้าของน้ำแข็งคงตัวและทำให้ป้องกันการซึมผ่านจากออกซิเจนได้มากขึ้น ฟิล์มของแคลเซียมแอลจินตสามารถปกป้องโครงสร้างเนื้อและก้อนเนื้อ โดยช่วยลดการสูญเสียน้ำและปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ระบบนี้สามารถประยุกต์ใช้กับพวกผลิตภัณฑ์ สัตว์ปีก และลักษณะเหมือน แสมเบอร์เกอร์

Jean and Barbara (1995) พบว่า การใช้ประโยชน์ของแอลจินเตชันขึ้นอยู่กับ thickening effect (ความสามารถในการเพิ่มความหนืดของระบบที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย โดยใช้ความเข้มข้นเพียงเล็กน้อย) พฤติกรรมของสารละลายแอลจินเตชันจะเป็น pseudoplastic กล่าวคือ การคนสารละลาย หรือการบีบทำให้สารละลายไหลดีขึ้น ตัวอย่างการนำโซเดียมแอลจินเตชันไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

1. อุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

ไอศกรีม ใช้เป็น stabilizer โดยแอลจินเตชันสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อที่ละเอียด เรียบ นำรับประทาน และมีคุณสมบัติเป็น food melt resistance จะเพิ่ม expansion rate ประมาณร้อยละ 10

เบเกอรี่ ใช้เป็น ferment in bread ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้ขนมปังใส เป็นมันเงา นุ่ม และไม่แห้งง่าย การใช้ในการผลิตขนมปัง จะทำให้เส้นแข็ง และเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ลูกกวาด ในการผลิตช็อคโกแลต น้ำตาลนม และขนมหวาน เมื่อมีการเติมแอลจินเตชันในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มจุดหลอมเหลวให้กับผลิตภัณฑ์และใช้ปรับปรุงความเหนียว

สารให้ความเย็นและสารกันหืน ให้เป็นฟิล์มคลุมอาหารต่าง ๆ เช่นผลไม้ เนื้อ ก่อนนำอาหารดังกล่าวไปแช่เย็น และน้ำที่อยู่ภายในอาหาร จะถูกรักษาไม่ให้ระเหย ช่วยยืดระยะเวลาการเก็บรักษา

2. อุตสาหกรรมยา

แอลจินเตชันสามารถใช้ทำเป็นแคปซูลแบบอ่อนของยาที่ใช้รับประทาน Wataru *et. al.*, (2003) ได้ศึกษาการผลิตผลิตยาพาราเซตามอลจากเจลแลนและโซเดียมแอลจินเตชัน ร้อยละ 1.0 และ 1.5 น้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับและมีแคลเซียมไอออนร่วมอยู่ด้วย โดยใช้โซเดียมแอลจินเตชันที่มีความหนืด 350+ 50 cP โดย สารละลายร้อยละ 1 มีอัตราส่วนระหว่าง M/G เท่ากับ 0.8-1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Morris (1995) พบว่า โซเดียมแอลจินเตนนิยมนเป็นส่วนผสมในยา คุณสมบัติการเกิดเจลของสารละลายโซเดียมแอลจินเตนเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมไอออนของโลหะที่มีประจุ 2 หรือ 3 โดยกระบวนการทำงานร่วมกัน (co-operative) ก่อให้เกิดการต่อกันของ guluronic residues ใน α -L-guluronic acid (G) block ของสายแอลจินเตน

Glicksman (1983) พบว่าแอลจินเตนเจลลี่และแคปซูลคาราจีแนนเกิดเจลในสารละลายที่เต็มไปด้วยเกลือของแคลเซียมและโปแตสเซียมตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแข็งด้วยการเข้าไปแทนที่น้ำ

Li *et al.* (1996) อธิบายว่าปฏิกิริยาการเกิดเจลเกิดขึ้น โดยการแพร่เข้าไปในสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ และส่วนจำเพาะของแอลจินเตนและ โพลีเมอร์คาราจีแนนที่สัมผัสกับโปแตสเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนทำให้เกิดโครงสร้างของเจล

Luh *et al.* (1976) ทำการวัดความหนาของส่วน crosslinking ในแผ่นเจลลิตินอ่อนเพื่อดูเวลาในการแช่ และจุดประสงค์การศึกษาจลศาสตร์ของปฏิกิริยาที่มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างทั้งสองตัวแปร ตัวอย่างทรงกระบอกที่ได้จากการทดลองและภาพถ่ายชี้ให้เห็นว่าส่วนหนึ่งของด้านหน้าจะปรากฏให้เห็นเนื่องจากปฏิกิริยาในส่วนที่ crosslinking ได้ง่ายซึ่งต่างจากส่วนที่ unreacted โดยด้านนี้จะเคลื่อนที่เข้าหาตัวอย่างและปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างไอออนลบและสารที่ไม่ทำปฏิกิริยา (unreaction substrate) จะเข้าไปแทนที่ในส่วนผิวสัมผัส อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของแข็งที่ปรากฏจะคงรักษารูปร่างและขนาดเท่ากับของเดิม

Chavez *et al.* (1994) ใช้ปริมาณไอออนลบในหน่วยโมลต่อปริมาตรของของแข็งที่ไม่ทำปฏิกิริยา โดยอธิบายจลศาสตร์ของการก่อเกิดเจลไว้ โดยแสดงการคำนวณค่า penetration thickness กับเวลาการเกิดปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามการคาดคะเนของ penetration thickness ให้ผลไม่ดีในข้อมูลที่ได้จากการทดลองเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

Enrique and Rubiolo. (2003) ศึกษาจลศาสตร์การเกิด crosslinking ของเจลในไฮโดรคอลลอยด์ไอออนลบ (cation-hydrocolloid) โดยใช้สารละลายของโซเดียมแอลจินเตนที่มีชื่อทางการค้าคือ Kelggin LV จากบริษัท Kelco, Chicago ความเข้มข้นร้อยละ 2.4 น้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายโซเดียมแอลจินเตนกับแคปซูลคาราจีแนนที่มีชื่อการค้าคือ Gelacid C-3 จาก Biotec SA, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Buenos Aires, Argentina ความเข้มข้นร้อยละ 2.4 และ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ พบว่า ปฏิกิริยาการเกิดเจลของไฮโดรคอลลอยด์เกิดจากคุณสมบัติการเป็นสารทำปฏิกิริยาและความเข้มข้นของตัวมันเอง เมื่อสารละลายไฮโดรคอลลอยด์สัมผัสกับสารละลายไอออนลบ จะทำให้เกิดการสร้างเจลที่หน้าสัมผัส โดยการเกิดเจลจะขึ้นอยู่กับการแพร่ของประจุลบผ่านเข้าสู่ชั้นเจลและแปรเปลี่ยนไปตามเวลาจนกระทั่ง unreacted zone หายไป ไฮโดรคอลลอยด์ไอออนลบจะเกิดปฏิกิริยาการสร้างเป็นโครงสร้างของแข็งด้วยการค่อย ๆ เข้าไปทำให้เจลค่อย ๆ แข็ง ปริมาณการใช้ไอออนลบเพื่อเกิดเจลโดยใช้สารละลายโซเดียมแอลจินेट และแคปทาการจีแนรร้อยละ 2.4 และ 1.0 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ ในความเข้มข้นต่าง ๆ และเวลาที่ใช้ในการแช่ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 10 ซึ่งให้เห็นว่าการรวมตัวกันของไอออนลบในการเกิดโครงสร้างเจลจะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการแช่ และทำให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นตามเวลาเนื่องจากการสร้างโครงสร้างการจัดตัวใหม่ โดยการเชื่อมพันธะไฮโดรเจน เวลาที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเกิดเจลแบบสมบูรณ์ภายใต้สถานะที่เหมาะสมคือ 11700, 5880 และ 3900 วินาที ที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ปริมาณการใช้ไอออนลบเพื่อเกิดเจลโดยใช้สารละลายโซเดียมแอลจินेट และแคปทาการจีแนรร้อยละ 2.4 และ 1.0 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นและเวลาที่ใช้ในการแช่ต่าง ๆ

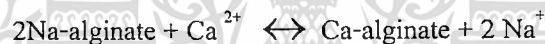
Immersion time (s)	Gelling bath 1.0 % CaCl ₂ -2.0 % KCl		Gelling bath 2.0 % CaCl ₂ - 4.0 % KCl	
	Ca ^a (10 ⁻³ gcm ⁻³)	K ^a (10 ⁻³ gcm ⁻³)	Ca ^a (10 ⁻³ gcm ⁻³)	K ^a (10 ⁻³ gcm ⁻³)
1800	0.143	0.249	0.188	0.321
3600	0.190	0.269	0.245	0.347
5400	0.205	0.321	0.265	.0366
7200	0.245	0.344	0.280	0.367
9000	0.263	0.367	0.282	0.367
10800	0.280	0.367	0.284	0.367
12600	0.282	0.367	0.284	0.369

ที่มา : Enrique and Rubiolo. (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carr (1993) กล่าวว่า alginic acid เป็น pyruonide ประกอบด้วย hexuronic acid 2 ตัวคือ α -L-guluronic acid และ β -D-mannuronic acid โครงสร้างโมเลกุลของแอลดีเนตจัดเป็น anionic polysaccharide ทำให้สามารถเกิด electrostatic interaction กับ โมเลกุลของโปรตีนได้ ในแอลดีเนตประกอบด้วยโมโนเมอร์กระจายอยู่ทั่วไป การเกิดเจลแอลดีเนตมีความคงตัวเมื่อมีเกลือของกรดแอลดีนิก เกล็ดของแคลเซียมแอลดีเนตเป็นเจลชนิดที่สามารถทนความร้อน (thermostable) และสามารถประยุกต์ใช้กับพวกเบเกอรี่ ซอสได้

Xie, *et al.* (2003) กล่าวว่า เมื่อเติมเกลือแคลเซียมลงไปในสารละลาย โซเดียมแอลดีเนต จะเกิดเจลขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปฏิกิริยาระหว่าง ไอออนแคลเซียมและ โซเดียมแอลดีเนตแสดงดัง สมการที่ 1 การเกิดเจลที่เกิดขึ้นระหว่าง casting เนื่องจากอัตราการเกิดเจลอย่างรวดเร็ว ตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดเจลและความแข็งของเจลลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของสาร chelator ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการจัดตัวใหม่ของ โครงรูปโพลีเมอร์ของแอลดีเนต มีความสำคัญต่อ crosslinking



ตารางที่ 11 อิทธิพลของสารทำให้แข็ง (solidified agent ,CaCO₃) ต่อการเกิดเจล (ความเข้มข้นของ โซเดียมแอลดีเนตร้อยละ 1

Na-alginate (ml)	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ (g)	CaCO ₃ (g/ml)	C ₆ H ₁₀ O ₄ (g)	Gelation beginning time (min)	Gel strength (g/mm ²)
20	0.19	0.01	0.08	7	9.09
20	0.20	0.01	0.08	12	8.92
20	0.20	0.02	0.08	3	17.17
20	0.23	0.02	0.08	8	19.17

ที่มา : Xie, *et al.* (2003)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุดิบ

- 1.1 เจลาติน เกรดอาหาร จากบริษัทนิวทริชั่น จำกัด
- 1.2 โซเดียมอัลจิเนต เกรดอาหาร จากบริษัทนิวทริชั่น จำกัด
- 1.3 แคลเซียมคลอไรด์ เกรดอาหาร จากบริษัทนิวทริชั่น จำกัด
- 1.4 ผงชาตรา 999
- 1.5 ผงชาตราสามม้า
- 1.6 ผลลูกอมหั่นดี

2. สารเคมี

- 2.1 กรดซัลฟิวริก
- 2.2 กรดบอริก
- 2.3 อะซิโตน
- 2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์
- 2.5 บีโตรีเลียมอีเธอร์
- 2.6 น้ำกลั่น
- 2.7 อินดิเคเตอร์

3. เครื่องมือ

- 3.1 กระบอกลีดยา
- 3.2 เครื่องวัดค่าลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของ LLOYD Instrument รุ่น TA plus
- 3.3 เครื่องวัดพีเอช
- 3.4 เครื่องวัดสีของมินอลต้า รุ่น CR – 300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.5 ตู้อบลมร้อน รุ่น ED 53
- 3.6 เครื่องย่อยโปรตีนรุ่น DK 20
- 3.7 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30
- 3.8 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน รุ่น BüCHI 810 Soxhlet
- 3.9 เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ รุ่น FIWA (VELP)
- 3.10 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น PG 5002
- 3.11 เครื่องชั่งละเอียด AG 204
- 3.12 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการ

1 การศึกษาแนวโน้มทางการตลาดการค้าหูลามในประเทศไทย

ทำการสำรวจข้อมูลการค้าหูลามในประเทศไทย โดยแบ่งข้อมูลเป็น 2 แหล่ง คือข้อมูลปฐมภูมิได้จากการส่งแบบสอบถามหรือการสัมภาษณ์ โดยสัมภาษณ์พ่อค้าหูลามจำนวน 10 ราย จากเดือนเมษายน ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยกำหนดลักษณะทางคุณภาพไว้ 9 ลักษณะ ได้แก่ ชื่อเสียงของผู้จัดหา ความแน่นอนของการซื้อขาย สีของครีปที่ผ่านการระบวนการทำแห้ง ขนาดของครีป ความยาวของครีปชนิดของครีป การตัด ราคาในท้องตลาด และพันธุ์ปลาลาม แต่ละคุณลักษณะใช้วิธีให้คะแนนคุณภาพ จาก 0 ถึง 10 ซึ่งคะแนน 10 หมายถึงการให้ความสำคัญมากที่สุด ส่วนคะแนน 0 หมายถึง ไม่มีความสำคัญเลย (ภาคผนวก จ1) และข้อมูลทุติยภูมิได้จากการค้นคว้าจากแหล่งข้อมูล ได้แก่ กรมศุลกากร สำนักสถิติแห่งชาติ และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

2 ศึกษาคุณลักษณะของหูลามที่จำหน่ายในท้องตลาด

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำหูลามกิ่งสำเร็จรูปแบบเส้น ที่มีจำหน่ายร้านค้าย่านเยาวราชจำนวน 10 ร้าน ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน โยอาหารและคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995) (ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวัดค่าทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส โดยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของ LLOYD รุ่น TA plus ด้าน Texture Profile Analysis ตามวิธีของ Barrett *et al.* (2000) โดยใช้หัว cylinder probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 มม.ต่อนาที ระยะทาง 9 มม. กับตัวอย่างขนาด 3 ซม. ทำการวัดค่าตัวอย่างละ 20 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง (hardness) ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน (cohesiveness) ค่าการคืนตัวกลับ (springness) และความหนานหนืดในการบดเคี้ยว (chewiness) และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง gumminess)

2.3 การวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b*

การวัดค่าสีหุ้ตามกิ่งสำเร็จรูปแบบเส้นด้วยเครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR – 300 (ภาคผนวก ค) ค่าที่วัดได้แก่ ค่าสี L* a* b* (ค่า L* เป็น ค่าความสว่างมีค่าเริ่มตั้งแต่ 100 จนถึง 0 ถ้าค่าสี L* มีค่ามากแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก และมีสีค่อนข้างขาว (ค่าสีเท่ากับ 100) แต่ถ้าค่าสี L* มีค่าน้อยแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำค่อนข้างดำ (ค่าสีเท่ากับ 0) ส่วนค่า a* และ b* จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี ถ้าค่าสี a* มีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างแดง แต่ถ้าค่าสี a* มีค่าน้อยและค่าติดลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างเขียว ส่วนค่าสี b* ถ้ามีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างเหลือง แต่ถ้าค่าสี b* มีค่าน้อยและมีค่าติดลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างน้ำเงิน)

3. การศึกษาลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเตรียมของผสม ดังนี้

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)

3.1 การเตรียมหุบลามเทียมจากเจลาตินและโซเดียมแอลจิเนต

วิธีการเตรียมของผสมระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินเพื่อเตรียมหุบลามเทียม โดยชั่งน้ำหนักโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินและแคลเซียมคลอไรด์ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 20 และ 5 ตามลำดับ จากนั้นนำโซเดียมอัลจิเนตและเจลาตินที่ชั่งไว้มาผสมให้เข้ากันในน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีลักษณะขุ่นหนืด ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มล. เส้นผ่าศูนย์กลางปลายกระบอก 2 มม. ทำการฉีดของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ให้ได้เส้นขนาด 3 ซม. ลักษณะห้วนนท้ายแหลม ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นหุบลาม เมื่อครบเวลา 30 นาที ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งเพื่อกำจัดไอออนแคลเซียม จากนั้นนำ

3.2 วิเคราะห์ตัวอย่างทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ตามวิธีข้อ 2.2 เปรียบเทียบกับหุบลามจากธรรมชาติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10 เพื่อคัดเลือกชนิดเจลาตินในการผลิตหุบลามเทียมต่อไป

4. ศึกษาผลของปริมาณเจลาตินและโซเดียมแอลจิเนตตามสูตรดังตารางที่ 12 ต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หุบลามเทียม

เตรียมผลิตภัณฑ์หุบลามเทียมตามวิธีข้อ 2.1 โดยใช้เจลาตินชนิด 240 bloom 20 mash และโซเดียมแอลจิเนตชนิด GMB โดยจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาปริมาณเจลาตินและโซเดียมแอลจิเนตตามสูตรที่ 1 2 3 4 5 และ 6 (ตารางที่ 12) วิเคราะห์ตัวอย่างทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ตามวิธีข้อ 2.2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (hedonic scaling) ที่ระดับ 1-9 ใช้แบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก จ2 ในคุณลักษณะความชอบรวม ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความง่ายต่อการเคี้ยว โดยใช้ผู้ทดสอบไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ตารางที่ 12 ปริมาณเจลาตินและ โซเดียมแอลจิเนตที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ คัดแปลงจากสูตรพื้นฐาน (Nagahisa *et al.*, 1989)

สูตรที่	เจลาติน (ร้อยละ)	โซเดียมแอลจิเนต (ร้อยละ)
1	3	1.1
2	4	1.1
3	4	1.5
4	5	2
5	6	2.5
6	7	3

5. ศึกษาผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัสของหูลามเทียม

นำสูตรที่ได้จากข้อ 4 มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์หูลามเทียม โดยจัดตั้งทดลองแบบสุ่มตลอด ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 1 2 3 และ 5 โดยนำผลิตภัณฑ์หูลามเทียมไปวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (ข้อ 2.2) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คัดเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

6. ศึกษาผลของเวลาในการแช่หูลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะลักษณะเนื้อสัมผัส

นำสูตรที่ได้จากข้อ 4 และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสม (จากข้อ 5) มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์หูลามเทียม โดยจัดตั้งทดลองแบบสุ่มตลอด ศึกษาเวลาในการแช่ผลิตภัณฑ์หูลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ 15 30 และ 40 นาที นำผลิตภัณฑ์หูลามเทียมไปวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (ข้อ 2.2) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คัดเลือกเวลาในการแช่ที่เหมาะสมเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

7. ศึกษาชนิดของสีที่ใช้และความเข้มข้นของสีในการเตรียมหุ้ฉลามเทียม

7.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นสีจากผงชาตรา 999 ต่อสีของผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม

นำสูตรที่ได้จากข้อ 4 มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม โดยจัดตั้งทดลองแบบสุ่มตลอด ศึกษาความเข้มข้นของสีจากผงชาตรา 999 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 โดยนำผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียมที่แช่ในสารละลายสีจากผงชาตรา 999 ในแต่ละความเข้มข้นวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ตามวิธีดังกล่าวผนวก ค วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

7.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นสีจากชาจินตราสามม้าต่อสีของผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม

นำสูตรที่ได้จากข้อ 4 มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม โดยจัดตั้งทดลองแบบสุ่มตลอด ศึกษาความเข้มข้นของสีจากชาจินตราสามม้า ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 โดยนำผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียมที่แช่ในสารละลายสีจากชาจินตราสามม้า ในแต่ละความเข้มข้นวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ตามวิธีดังกล่าวผนวก ค วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

7.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นสีจากผงลูกอหันทต่อสีของผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม

นำสูตรที่ได้จากข้อ 4 มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียม โดยจัดตั้งทดลองแบบสุ่มตลอด ศึกษาความเข้มข้นของสีจากผงลูกอหันท 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 โดยนำผลิตภัณฑ์หุ้ฉลามเทียมที่แช่ในสารละลายสีจากผงลูกอหันท ในแต่ละความเข้มข้นวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ตามวิธีดังกล่าวผนวก ค วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

8. ศึกษาคุณภาพของหุ้จลลามเทียมที่ผลิตได้

นำผลิตภัณฑ์หุ้จลลามเทียมที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสม การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยตัวแทนผู้บริโภคที่เคยรับประทานหุ้จลลาม จำนวน 10 คน ในคุณลักษณะ สี ความยืดหยุ่น ความแข็ง ความชอบรวม เปรียบเทียบกับตัวอย่างหุ้จลลามจริงเป็นชุดควบคุม ดังตารางภาคผนวก จ3

9 การศึกษาแนวโน้มทางการตลาดและศักยภาพของผลิตภัณฑ์หุ้จลลามเทียมในเขตกรุงเทพฯ

การศึกษารายการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำตัวอย่างหุ้จลลามเทียมที่ผลิตได้มาปรุงเป็นอาหารสำเร็จรูปคือหุ้จลลาม ตามสูตรตั้งภาคผนวก ง นำผลิตภัณฑ์และแบบสอบถาม (ภาคผนวก จ4) มาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์หุ้จลลามกับผู้บริโภค จำนวน 100 คน ณ บริเวณหน้ากรมส่งเสริมการค้าส่งออก โดยวิธี CLT (Central Location Test) ให้คะแนนความชอบด้านสี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยวิธี ทดสอบคะแนนความชอบ (hedonic scaling) ที่ระดับ 1-9 ใช้แบบทดสอบดังแสดงในตารางภาคผนวก จ4 ส่วนที่ 2 (Meilgaard *et al.*, 1999)

การสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภค และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค วิเคราะห์หาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และผลรวมของการเรียงลำดับ (rank sums) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติก็วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD)

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2544 และสิ้นสุดในเดือนเมษายน 2547 งบประมาณด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์

1 ผลการศึกษาแนวโน้มทางการตลาดการค้าหูลามในประเทศไทย

ปริมาณและมูลค่าการบริโภครวมทั้งผลผลิตหูลามภายในประเทศไทยนั้นยังไม่มีรายงานการศึกษา แต่มีรายงานการส่งออกและนำเข้าหูลามตากแห้ง จากสถิติของกรมศุลกากรตั้งแต่พ.ศ. 2540 ถึงไตรมาสที่ 2 ของพ.ศ. 2545 (ม.ค.-มิ.ย.) พบว่าประเทศไทยส่งออกหูลามตากแห้ง ไปยัง 20 ประเทศทั่วโลก ดังตารางที่ 13 มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 408,836 กิโลกรัม เป็นมูลค่า 279.4 ล้านบาท ในพ.ศ. 2543 ได้ส่งออกมากที่สุดถึง 60,627 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 103,891,531 บาท ส่วนประเทศที่ไทยส่งออกหูลามตากแห้งมากที่สุดคือ ฮังการี (ร้อยละ 54.5) และมีมูลค่าสูงสุด (ร้อยละ 79.4) รองลงมาเป็นศรีลังกา (ร้อยละ 31) และสิงคโปร์ (ร้อยละ 9) ถึงแม้ว่าไทยส่งออกหูลามตากแห้งแก่ศรีลังกามีปริมาณมากเป็นที่สองรองจากฮังการี แต่มีมูลค่ารวมเพียง 3,116,767 บาท (ร้อยละ 0.9) น้อยกว่าสิงคโปร์ซึ่งมีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 42,765,061 บาท (ร้อยละ 12.5) นอกจากไทยส่งออกไปยังญี่ปุ่นเพียงส่วนน้อยคือ ร้อยละ 0.6 แต่มีมูลค่าค่อนข้างสูง (ร้อยละ 2.6) (FAO , 2002)

ในระหว่างปี 2540- 2545 ประเทศไทยนำเข้าหูลามตากแห้งจาก 24 ประเทศ ดังตารางที่ 14 ปริมาณทั้งหมดที่นำเข้าจำนวน 397,861 กิโลกรัม เป็นมูลค่า 175,045,164 บาท ปีพ.ศ. 2542 นำเข้ามากที่สุดถึง 98,225 กิโลกรัม มีมูลค่า 44,176,796 บาท ส่วนประเทศที่ไทยนำเข้าหูลามมากที่สุดคือ ฮังการีร้อยละ 64.2 และมีมูลค่าสูงสุดร้อยละ 66.5 รองลงมาได้แก่ แคนาดา อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกา ปากีสถาน อาร์เจนตินา จีน และนอร์เวย์ ส่วนประเทศอื่น ๆ อีก 16 ประเทศมีปริมาณนำเข้าจากประเทศไทยไม่มากนัก (FAO , 2002)

ฮังการีและสิงคโปร์นับเป็นศูนย์กลางตลาดการค้าหูลามที่สำคัญของโลก (Vannuccini, 2000) และฮังการีเป็นตลาดส่งออกและนำเข้าหูลามที่สำคัญของประเทศไทยเช่นเดียวกัน ปริมาณหูลามที่ประเทศไทยนำเข้าสูงกว่าส่งออกประมาณร้อยละ 10 (ร้อยละ 64.2 และ 54.5 ตามลำดับ) แต่มูลค่านำเข้าต่ำกว่ามูลค่าที่ส่งออก ร้อยละ 66.3 และ 79.4 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลรายละเอียดถึงชนิดประเภทและคุณภาพของหูลามที่นำเข้าและส่งออกว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร (FAO , 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกหุหลามตากแห้ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)

ประเภท	2540 (1997)		2541 (1998)		2542 (1999)		2543 (2000)		2544 (2001)		2545 (2002)	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ออสเตรเลีย	355	161,836	295	215,025	420	437,154	12	65,386	-	-	486	155,242
เบดเชียม	-	-	-	-	-	-	175	86,015	-	-	-	-
แคนาดา	60	87,648	160	307,831	500	37,639	-	-	-	-	-	-
จีน	-	-	330	135,247	-	-	-	-	-	-	-	-
ฝรั่งเศส	-	-	-	-	-	-	325	182,088	18	133,808	239	939,882
ฮ่องกง	73,532	103,934,498	19,617	18,981,574	20,918	3,725,550	55,450	88,507,221	40,496	44,988,068	11,043	12,186,477
อินโดนีเซีย	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	325	450,399
อินเดีย	2	14,743	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ญี่ปุ่น	680	1,335,203	519	1,591,877	-	-	418	2,487,807	410	1,875,177	330	1,780,214
กัมพูชา	50	12,530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มาเก๊า	-	-	500	139,558	-	-	-	-	-	-	-	-
มาเลเซีย	-	-	193	577,534	80	5,035	604	299,243	1,245	861,319	664	1,008,593
นิวซีแลนด์	100	163,863	291	715,136	107	214,105	-	-	100	221,556	-	-
สิงคโปร์	3,805	5,656,852	853	1,468,744	7,082	9,087,467	7,459	7,011,461	8,699	8,718,207	8,734	10,822,330

ตารางที่ 13 (ต่อ) ปริมาณและมูลค่าการส่งออกหุถุลมตากแห้ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)

ประเทศ ปลายทาง	2540 (1997)		2541 (1998)		2542 (1999)		2543 (2000)		2544 (2001)		ม.ค.-มี.ย. 2545	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ศรีลังกา	-	-	116,500	2,900,076	9,500	216,691	-	-	-	-	-	-
สวีเดน	-	-	8	1,600	-	-	-	-	-	-	-	-
สวิตเซอร์แลนด์	-	-	10	1,608	-	-	-	-	-	-	-	-
ไต้หวัน	-	-	-	-	-	-	2,835	2,824,993	5,754	662,426	-	-
สหรัฐอเมริกา	4	1,553	-	-	-	-	25	19,607	-	-	-	-
เวียดนาม	-	-	-	-	120	146,488	2,324	2,407,710	1,076	1,918,031	-	-
รวม	78,588	11,368,726	139,276	27,035,810	38,727	47,400,081	69,627	103,891,531	60,798	62,408,592	21,820	27,283,137

ตารางที่ 14 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าหุจถตามตากลแห่ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)

ประเทศ ปลายทาง	2540 (1997)		2541 (1998)		2542 (1999)		2543 (2000)		2544 (2001)		ม.ค.-มิ.ย. 2545	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
อาร์เจนตินา	-	-	-	-	-	-	-	-	10,472	5,707,845	-	-
ออสเตรเลีย	-	-	-	-	-	3	3,041	-	-	-	-	-
ออสเตรีย	-	-	-	-	4,263	3,347,318	-	-	-	-	-	-
แคนาดา	6,925	2,153,138	-	-	13,889	6,094,601	-	-	2,585	1,341,767	-	-
จีน	-	-	-	-	-	-	1,644	674,331	4,837	1,342,373	3,665	729,251
ฮ่องกง	55,766	20,567,091	30,953	15,296,643	61,403	28,330,969	55,334	26,328,863	38,180	18,723,517	13,954	6,862,178
อินโดนีเซีย	5,050	2,318,581	2,800	732,848	3,105	1,597,799	212	91,795	7,926	3,611,852	2,501	2,532,654
อินเดีย	-	-	10	9,076	-	-	-	-	10,423	3,934,194	-	-
ญี่ปุ่น	-	-	2,169	943,869	-	-	-	-	-	-	1,765	900,186
มาดากัสการ์	-	-	-	-	-	-	175	88,847	526	282,472	630	331,752
พม่า	-	-	-	-	2,300	644,000	600	865,811	-	-	-	-
นิวซีแลนด์	-	-	-	-	2,950	1,312,585	-	-	-	-	-	-
นอร์เวย์	-	-	1,848	916,927	7,019	3,091,771	1,050	467,746	-	-	-	-
ปากีสถาน	2,771	853,573	-	-	2,000	892,097	2,540	1,225,902	3,516	1,736,536	-	-

ตารางที่ 14 (ต่อ) ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าหุตามตักแห่ง (ปริมาณ : กิโลกรัม) (มูลค่า : บาท)

ประเทศ	2540 (1997)		2541 (1998)		2542 (1999)		2543 (2000)		2544 (2001)		ม.ค.-มิ.ย. 2545	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ฟิลิปปินส์	4,350	1,671,381	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สิงคโปร์	-	-	-	-	-	-	-	-	176	163,610	490	258,634
สเปน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	305,000
ไต้หวัน	-	-	3	7,431	-	-	-	-	1,984	923,349	166	88,482
แทนซาเนีย	-	-	-	-	-	-	100	41,534	124	66,968	185	96,641
ตุรกี	-	-	2,310	1,170,474	1,085	485,602	-	-	-	-	1,670	806,338
สหรัฐอเมริกา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	403	192,786
เยอรมนี	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สหรัฐอเมริกา	8,601	2,847,085	2,368	966,650	4,474	1,707,372	-	-	233	128,413	456	231,889
เวียดนาม	-	-	-	-	-	-	278	138,007	120	62,936	-	-
เยอรมนี	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	2,554
รวม	83,463	30,410,849	42,461	20,043,910	98,225	44,176,796	66,199	33,273,195	81,102	38,025,850	26,411	1,333,834

เส้นทางการค้าหุบลามตากแห่งในประเทศไทยเริ่มจากการนำเข้ามาจากต่างประเทศ ปัจจุบันมีผู้นำเข้ารายใหญ่ 2-3 ราย แหล่งค้าส่งแหล่งใหญ่คือ ร้านในตลาดเก่าย่านเยาวราช ซึ่งนำหุบลามไปล้างทรายและสิ่งสกปรกออก และจัดส่งป้อนสู่ภัตตาคาร โรงแรม และร้านอาหารต่าง ๆ ราคาของหุบลามตากแห่งจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของครีบ โดยเฉพาะหุบลามที่มีกระดูกมากราคาจะถูกกว่าหุบลามที่มีกระดูกน้อย กล่าวคือ ราคาจำหน่ายหุบลามส่วนที่เป็นหางใหญ่ และหางเล็กประมาณกิโลกรัมละ 1,000-3,000 บาท ส่วนครีบหุบลามเล็กราคา กิโลกรัมละ 1,000-2,000 บาท และครีบหุบลามใหญ่ราคา กิโลกรัมละ 2,000 บาท ขึ้นไป ส่วนราคาหุบลามปรุงสำเร็จในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมาเพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ จากที่เคยจำหน่ายในราคาหม้อละ 30 บาท สำหรับหม้อขนาดเล็ก และหม้อละ 50 บาทสำหรับหม้อขนาดใหญ่ ปัจจุบันราคาจำหน่ายหุบลามแปรรูปแบบแผ่น และหุบลามแปรรูปแบบเส้นเพิ่มขึ้นจาก 500-600 บาท เป็น 1,000-1,500 บาทตามลำดับ นอกจากนี้ ผู้บริโภคหุบลามยังจำกัดอยู่ในวงแคบ เนื่องจากข้อจำกัดด้านราคาที่อยู่ในเกณฑ์สูง จากการสำรวจของศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย (2543) พบว่ามูลค่าตลาดหุบลามปรุงสำเร็จในปัจจุบันสูงถึงปีละ 1,300 ล้านบาท นับได้ว่าเป็นตลาดใหญ่ที่น่าสนใจ เพราะตลาดยังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จากที่เคยเป็นที่นิยมของชาวจีนที่สูงอายุ ปัจจุบันตลาดขยายครอบคลุมคนรุ่นหนุ่มสาวที่เป็นคนรุ่นใหม่ที่มีกำลังซื้อสูงด้วย นอกจากนี้ตลาดในประเทศเริ่มต้นตัวตั้งแต่ปี 2538 มีการเปิดตัวผลิตภัณฑ์หุบลามปรุงน้ำซุบสำเร็จ ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตสูงถึง 180,000 ถ้วยต่อวันซึ่งผลิตภัณฑ์เน้นการส่งออกไปต่างประเทศ จำหน่ายในประเทศเพียงร้อยละ 1-2 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด (ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย, 2543) ดังนั้นตลาดของผลิตภัณฑ์หุบลามปรุงน้ำซุบสำเร็จมีแนวโน้มขยายตัวสู่ชนชั้นกลางเนื่องจากภาวะขาดแคลนหุบลามขนาดใหญ่ในปัจจุบัน และราคาจำหน่ายหุบลามปรุงสำเร็จอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยราคาถ้วยละ 185 บาทเมื่อเทียบการจำหน่ายตามร้านอาหารและภัตตาคารต่าง ๆ ซึ่งนับว่าเป็นการขยายตลาดหุบลามลงมาที่ชนชั้นกลางจากเดิมที่ตลาดหุบลามเป็นตลาดระดับบน

ประเทศไทยต้องนำเข้าหุบลามทั้งหมดในรูปหุบลามตากแห้ง ซึ่งการนำเข้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปริมาณนำเข้าสูงสุดในปี พ.ศ. 2542 เท่ากับ 98,225 มูลค่า 44,176,796 บาท เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2541 เพิ่มขึ้นถึง 1 เท่าตัว หลังจากปี พ.ศ. 2543 ปริมาณการนำเข้าเริ่มลดน้อยลง โดยเฉพาะในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2545 ปริมาณการนำเข้าหุบลามเท่ากับ 26,411 กิโลกรัม มูลค่า 1,333,834 บาท ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการจํานวนปลาตากแห้งทั่วโลกอยู่ในภาวะล่อแหลมที่จะสูญพันธุ์ ขณะที่การขยายพันธุ์ของปลาตากแห้งอยู่ในอัตราที่ช้ามาก บางชนิดต้องใช้เวลารวมถึง 20 ปี จึงโตพอที่จะสืบพันธุ์ได้ โดยจะผสมพันธุ์ปีเว้นปี และมีระยะตั้งท้องนานถึง 13 เดือน นอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ออกกฎหมายห้ามทำการประมงหูลาม (Shark Finning Prohibition Act) ในน่านน้ำ โดยห้ามเรือประมงนำครีบหูลามขึ้นทำโดยปราศจากซากปลาหูลามทั้งตัว กฎหมายนี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2545 และปัจจุบันประเทศออสเตรเลียและสหภาพยุโรป ได้ออกกฎระเบียบห้ามดังกล่าวเช่นเดียวกัน (FAO , 2002)

ปริมาณและมูลค่าส่งออกหูลามตากแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ในปี พ.ศ. 2542 ปริมาณการส่งออกเท่ากับ 38,727 กิโลกรัม มูลค่ากว่า 47 ล้านบาท เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2541 แล้ว ปริมาณการส่งออกลดลงร้อยละ 72 แต่มูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 75 ทั้งนี้เนื่องจากหูลามมีแนวโน้มขาดแคลนทำให้ราคาหูลามตากแห้งมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมาก ส่วนหนึ่งคาดว่า การส่งออกในรูปหูลามปรุงน้ำซุบสำเร็จรูปในแต่ละปีมีมูลค่าสูงถึง 800 ล้านบาท ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญของหูลามปรุงน้ำซุบสำเร็จรูปได้แก่ ฮองกง ญี่ปุ่น สิงคโปร์ นิวซีแลนด์ ออสเตรเลียและเดนมาร์ก (FAO , 2002 ; ศูนย์วิจัยกสิกรรม, 2543)

ผลจากการสำรวจตลาดการค้าหูลามในเขตกรุงเทพ โดยสัมภาษณ์พ่อค้าหูลามจำนวน 10 ราย จากเดือนเมษายน ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2543 โดยกำหนดลักษณะทางคุณภาพไว้ 9 ลักษณะ ได้แก่ ชื่อเสียงของผู้จัดหา ความแน่นอนของการซื้อขาย สีของครีบที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง ขนาดของครีบ ความยาวของครีบชนิดของครีบ การตัด ราคาในท้องตลาด และพันธุ์ปลาหูลาม แต่ละคุณลักษณะใช้วิธีให้คะแนนคุณภาพ จาก 0 ถึง 10 ซึ่งคะแนน 10 หมายถึงการให้ความสำคัญมากที่สุด ส่วนคะแนน 0 หมายถึงไม่มีความสำคัญเลย (ดังตารางภาคผนวก จ1) ผลของการจัดลำดับคะแนน (0-10) ของลักษณะผลิตภัณฑ์หูลามของพ่อค้า ดังแสดงในตารางที่ 15 พบว่า ชื่อเสียงของผู้จัดหามีคะแนนเฉลี่ย 9.50 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าพ่อค้าหูลามให้ความสำคัญต่อชื่อเสียงของผู้จัดหา ความแน่นอนของผู้ขาย (ในแง่ของคุณภาพหูลามที่ผู้จัดหา หามาได้) ได้คะแนนเฉลี่ย 6.32 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มีความสำคัญระดับกลางต่อผู้ซื้อ ขนาด (ความหนา) และความยาวของครีบ ได้คะแนนเฉลี่ย 8.42 และ 8.67 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้ซื้อชอบครีบที่มีความหนาและยาวกว่าแบบที่บางและสั้น และพ่อค้าหูลามให้ลำดับความสำคัญของชนิดของครีบ ได้แก่ ครีบหู ครีบหลัง และครีบหาง คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.67, 7.25 และ 6.38 ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากครีบหางมีส่วนของเส้นเอ็นอยู่เล็กน้อย และครีบหางและครีบหลังยังมีกระดูกอ่อนที่หนากว่าครีบหู ดังนั้นครีบหูจึงเป็นที่นิยมของผู้ซื้อ นอกจากนี้พ่อค้าหูลามยังให้ความสำคัญต่อสีของครีบที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง และการตัดของหูลามที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป โดยสีของครีบที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรเป็นสีเหลืองอำพัน และการตัดครีบทั้ง และครีบทู ควรตัดแบบพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว ส่วนครีบทองควรตัดแบบตรงซึ่งทำให้ครีบที่ได้มีเนื้อติดอยู่เพียงเล็กน้อย

ส่วนการจัดลำดับความสำคัญของปลาฉลาม 4 สายพันธุ์ คะแนนเฉลี่ยเรียงตามลำดับดังนี้ ฉลามเสือ (*Galeocerdo cuvier*, Tiger) 9.24 ฉลามหัวค้อนสีน้ำเงิน (*Sphyrna lewini*, Hummer head) 8.75 ฉลามหูดำ (*Carcharhinus sp.*) 7.14 และฉลามกบ (*Nebrius ferrugineus*) 5.36 เนื่องจากครีบทูและครีบทั้งอันแรกของฉลามเสือ มีขนาดใหญ่จึงมีความหนาแน่นของเอ็นมาก ส่วนฉลามกบมีครีบทั้งขนาดเล็กทำให้ความหนาแน่นของเอ็นน้อย

ตารางที่ 15 การวัดคุณลักษณะคุณภาพของหูฉลามตามความต้องการของผู้ซื้อ

คุณสมบัติและปัจจัยที่สำคัญในการซื้อหูฉลาม	คะแนนเฉลี่ย
ชื่อเสียงของผู้จัดหา	9.50
ความแน่นอนของการซื้อขาย	6.32
ขนาดของครีบทู	8.42
ความยาวของครีบทู	8.67
ชนิดของครีบทู	
ครีบทู	9.67
ครีบทั้ง	7.25
ครีบทอง	6.38
สีของครีบทูที่ผ่านการบวกรับการทำให้แห้ง	9.42
การตัด	9.77
ราคาในท้องตลาด	9.77
พันธุ์ปลาฉลาม	
ฉลามเสือ	9.24
ฉลามหัวค้อนสีน้ำเงิน	8.75
ฉลามหูดำ	7.14
ฉลามกบ	5.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการสำรวจเกี่ยวกับกิจการในร้านค้าหุฉลาม โดยใช้ข้อมูล ได้แก่ ลักษณะผลิตภัณฑ์หุฉลามที่ซื้อ ฤดูกาลของการบริโภค ช่องทางการกระจายตัวของสินค้าหุฉลามตามชนิดของสถานประกอบการ และผู้จัดหาผลิตภัณฑ์หุฉลาม แสดงดังตารางที่ 16

ผู้นำเข้าหุฉลามโดยมาก (ร้อยละ 90) ซื้อหุฉลามที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษา (Raw fin) และร้อยละ 40 ซื้อหุฉลามแปรรูป (Processed fin) สำหรับฤดูกาลของการบริโภค พบว่าช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม เป็นช่วงที่มีการค้าขายมากที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงเทศกาลตรุษจีน รองลงมาช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายนและตุลาคม-ธันวาคม สืบเนื่องจากมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวในเมืองไทย และตรงกับเทศกาลคริสมาส ส่วนช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายนฤดูร้อนมีการค้าขายน้อยที่สุด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในช่วงนี้เป็นฤดูฝน นักท่องเที่ยวน้อย ช่องทางการกระจายสินค้าประเภทหุฉลามตามชนิดของสถานประกอบการพบที่มีการกระจายผลิตภัณฑ์หุฉลามแก่ ภัตตาคาร ห้างสรรพสินค้า และการขายส่งอาหารแห้ง ร้อยละ 50, 40 และ 30 ตามลำดับ ช่องทางการจัดหาผลิตภัณฑ์หุฉลามส่วนมากได้จากผู้จัดหาจากต่างประเทศ ร้อยละ 80 ในขณะที่ร้อยละ 50 ได้จากการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากผู้นำเข้าอาหารทะเลท้องถิ่น ผลิตภัณฑ์บางส่วนซื้อจากนายหน้าหรือพ่อค้าคนกลาง (ร้อยละ 30)

ส่วนปริมาณการการสั่งซื้อน้อยกว่า 10 เมตริกตันต่อปี ปัญหาในการค้าหุฉลามส่วนใหญ่ สืบเนื่องจากขนาดและ จำนวนหุฉลามน้อยลง และราคาขายส่งหุฉลามสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 80 , 60 และ 70 ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 กิจกรรมการค้าหุฉลาม (จำนวนผู้ตอบ 10 ร้านค้า)

ผลิตภัณฑ์หุฉลามที่นำเข้า/ส่งออก	ร้อยละของตัวอย่าง
หุฉลามสด (Wet / fresh fin)	0
หุฉลามที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษา (Raw fin)	90
หุฉลามแปรรูป (Processed fin)	40
ช่วงเดือนการขายผลิตภัณฑ์หุฉลาม (คะแนน 4 หมายถึงการขายดีมากที่สุด, 1 หมายถึงการขายได้น้อยที่สุด)	
ช่วงเดือน	คะแนนเฉลี่ย
มกราคม-มีนาคม	4.00
เมษายน-มิถุนายน	3.50
กรกฎาคม-กันยายน	2.00
ตุลาคม-ธันวาคม	3.70
ช่องทางการกระจายสินค้าประเภทหุฉลาม	
การขายส่งอาหารแห้ง	30
การขายส่งอาหารทั่วไป	0
การแปรรูปในครัวเรือน	20
ภัตตาคาร	50
การแปรรูปผลิตภัณฑ์	10
ผู้บริโภคร	10
ห้างสรรพสินค้า	40
อื่น ๆ	0
ผู้จัดหาผลิตภัณฑ์หุฉลาม	
ผู้ส่งออกอาหารทะเลจากต่างประเทศ	80
ผู้นำเข้าอาหารทะเลท้องถิ่น	50
พ่อค้าขายส่งอาหารแห้งท้องถิ่น	0
ผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์	0
นายหน้า / ผู้ค้าขายท้องถิ่น	30
อื่น ๆ	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ปริมาณการซื้อและปัญหาในกิจการการค้าหุบลาม

ปริมาณการซื้อ (มวกรวม) ต่อปี	ร้อยละของตัวอย่าง
น้อยกว่า 10 เมตริกตัน	40
10-20 เมตริกตัน	0
21-30 เมตริกตัน	0
31-40 เมตริกตัน	0
41-50 เมตริกตัน	0
มากกว่า 50 เมตริกตัน	0
ปัญหาในการค้าหุบลามของท่าน	
จำนวนหุบลามน้อยลง	60
ขนาดของหุบลามเล็กลง	80
ชนิดของหุบลามน้อยลง	30
ราคาขายส่งของหุบลามสูงขึ้น	70
ต้นทุนการผลิตหุบลามสูงขึ้น	50
ความต้องการของตลาดน้อยลง	30
เงินทุนที่ใช้ในการจัดซื้อ	20
สินค้าค้างสต็อกมาก	10
อื่นๆ	0

หมายเหตุ : (จำนวนผู้ตอบ 10 ร้านค้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหุถุกลามที่จำหน่ายในท้องตลาด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างหุถุกลามกิ่งสำเร็จรูปแบบเส้น พบว่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ค่าความชื้น ไขมัน ค่าเส้นใยหยาบ และไขมัน ร้อยละ 77.37, 17.19, 4.60, 0.54 และ 0.30 ตามลำดับ ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของ Vannuccini (1999) ซึ่งให้เห็นว่า หุถุกลามจัดเป็นอาหารประเภทไขมันต่ำ และมีปริมาณ โปรตีนสูง แต่ทั้งนี้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาด ชนิด ของครีบริบปลาหุถุกลาม (พรรรถทิพย์, 2532)

การวัดค่าสีจะได้ค่าทั้งหมด 3 ค่า คือ ค่าสี L เป็นตัววัดความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าเริ่มตั้งแต่ 100 จนถึง 0 ถ้าค่าสี L* มีค่ามากแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก และมีสีค่อนข้างขาว (ค่าสีเท่ากับ 100) แต่ถ้าค่าสี L* มีค่าน้อยแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำก่อนไปทางสีดำ (ค่าสีเท่ากับ 0) ส่วนค่า a* และ b* จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสาร ถ้าค่าสี a* มีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างแดง แต่ถ้าค่าสี a* มีค่าน้อยและค่าติดลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างเขียว ส่วนค่าสี b* ถ้ามีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างเหลือง แต่ถ้าค่าสี b* มีค่าน้อยและมีค่าติดลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างน้ำเงิน จากการทดลองพบว่าค่าสีของหุถุกลามมีค่าสี L, a* และ b* เท่ากับ 58.42 +0.43 และ +15.49 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความสว่าง และค่าสี a* และ b* มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างเหลือง

การวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analyser (TPA) เป็นการวัดเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (ภาคผนวก ข6) จากการนำตัวอย่างหุถุกลามกิ่งสำเร็จรูปแบบเส้นจำนวน 20 ตัวอย่างวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งหมายถึงแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูป ถ้าผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งมากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงของเจลมากจึงต้องใช้แรงในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูป มีค่า 1.6343 N ค่าการทนต่อการเคี้ยว) เป็นค่าที่บอกถึงพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการเคี้ยวบดอาหารมีค่า 0.2735 N.mm. ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน(Cohesiveness) คืออัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟที่มีค่าแรงเป็นบวกระหว่างการกดครั้งที่สองกับการกดครั้งแรก แสดงถึงความแข็งแรงของพันธะภายในของผลิตภัณฑ์ (Szezesniak and Kramer, 1973) มีค่าเท่ากับ 0.2486 N.mm. ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ (elasticity หรือ springiness) ความหมายเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความยืดหยุ่นหมายถึง ขอบเขตหรือระดับความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงออกไปจากตัวอย่างอาหารที่ทำการทดสอบ การวัดค่านี้สามารถทำได้โดยวางชิ้นตัวอย่างอาหารระหว่างฟืนกราม และทำการกดตัวอย่างลงจนถึงระดับหนึ่งที่ไม่ก่อให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างภายในอาหาร หลังจากนั้นถอนแรงคืน สังเกตดูว่าโครงสร้างอาหารมีสัดส่วนการคืนตัวกลับมาอย่างน้อยแค่ไหนเปรียบเทียบกับโครงสร้างอาหารเริ่มต้นก่อนที่จะมีแรงมากระทำ (Szeszaniak and Kramer, 1973) ซึ่งจากการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.5598 mm. และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess) มีความหมายใกล้เคียงกับความยากง่ายในการบดเคี้ยวแต่แตกต่างกันที่ค่า gumminess จะใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทกึ่งของแข็ง ส่วน chewiness จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง ดังนั้นความหมายในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางคือพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างอาหารกึ่งของแข็งในอัตราการใช้ที่คงที่ ค่านี้จะบอกความเหนียวแน่นที่คงมีอยู่ในอาหารกึ่งของแข็งตลอดการเคี้ยว (Szeszaniak and Kramer, 1973) มีค่าเท่ากับ 60.7170 gf.

3. ผลการเตรียมหุูลามเทียมจากเจลาตินและโซเดียมแอลจิเนตในระดับห้องปฏิบัติการ

3.1. ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสของระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิดดังนี้ ชนิด A (โซเดียมแอลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 40 mesh) ชนิด B (โซเดียมแอลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 20 mesh) และชนิด C (โซเดียมแอลจิเนตชนิด GMB ผสมกับเจลาตินชนิด 160 bloom 20 mesh) แสดงดังตารางที่ 18

โดยวิธีการเตรียมของผสมระหว่างโซเดียมแอลจิเนตและเจลาตินเพื่อเตรียมหุูลามเทียม เริ่มจากการชั่งน้ำหนัก โซเดียมแอลจิเนตและเจลาติน ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 20 ตามลำดับ จากนั้นนำโซเดียมแอลจิเนตและเจลาตินที่ชั่งไว้มาผสมให้เข้ากันในน้ำร้อน ได้สารละลายที่มีลักษณะข้นหนืด ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร เส้นผ่าศูนย์กลางปลายกระบอก 2 มิลลิเมตร ทำการฉีดของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ให้ได้เส้นขนาด 3 เซนติเมตร ลักษณะหุ้มมนท้ายแหลม ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นหุูลาม เมื่อครบเวลา 30 นาที ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งเพื่อกำจัดอิมออนแคลเซียม นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมทั้ง 3 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด A มีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ 2.1105 N, 0.1830 N.mm, 0.2415 N.mm., 0.4480 mm และ 58.8390 gf. ตามลำดับ ผลผลิตกัมมันต์ที่ได้จากของผสมชนิด B มีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ 2.1585 N, 0.2505 N.mm. 0.2400 N.mm, 0.4255 mm และ 56.9955 gf ตามลำดับ ส่วนผลผลิตกัมมันต์ที่ได้จากของผสมชนิด C มีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ 1.1355 N, 0.1655 N.mm 0.1334 N.mm, 0.3961 mm และ 43.8619 gf ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสม 3 ชนิด

ตัวอย่าง	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร				
	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Cohesiveness (Nmm)	Springiness (mm)	Gumminess (gf)
หุ้ดลลลลลลลลลล	1.6343 ^a	0.2735 ^a	0.2486 ^a	0.5598 ^a	60.7170 ^a
ชนิด A	2.1105 ^a	0.1830 ^{cd}	0.2415 ^a	0.4480 ^a	58.8390 ^a
ชนิด B	2.1585 ^a	0.2505 ^{ab}	0.2400 ^a	0.4255 ^{ab}	56.9955 ^a
ชนิด C	1.1355 ^b	0.1655 ^d	0.1334 ^b	0.3961 ^b	43.8619 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

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)

ตัวอย่างชนิด C มีค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน และ ค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง น้อยที่สุดและแตกต่าง ($P < 0.5$) กับทุกตัวอย่าง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่าง C มีค่า bloom 160 ต่ำกว่าและแตกต่างจาก

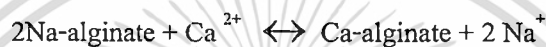
ตัวอย่าง A และ B ซึ่งมีค่า bloom 240 เจลาตินที่มีค่า bloom ยิ่งสูงเมื่อนำไปเตรียมผลิตภัณฑ์ ภายใต้สภาวะมาตรฐานจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเจลแน่นกว่า หรือใช้เจลาตินจำนวนน้อย ราคาของเจลาตินสัมพันธ์โดยตรงกับค่า bloom เจลาตินที่มีค่า bloom สูง ราคาสูงเป็น 2 เท่าของเจลาตินที่มีค่า bloom ต่ำ (ชิตชม และคณะ, 2528)

ตัวอย่าง B มีค่าความแข็ง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน เคี้ยว ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับตัวอย่างหุบลามสด ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงใช้เจลาตินชนิด 240 bloom 20 mesh

วิธีการเตรียมหุบลามเทียม โดยการผสมเจลาตินซึ่งมักใช้เป็นแหล่งของกรดอะมิโนในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ (Montoro and Rosolen, 2003) กับ โซเดียมแอลจินเตตในน้ำร้อนสามารถที่จะอธิบายกลไกคือ การเกิดเจลของเจลาตินในขั้นตอนแรกต้องมีความร้อนมาเกี่ยวข้อง ความร้อนจะทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปที่เรียกว่า การแปลงสภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือในระยะแรกโมเลกุลโปรตีนยืดตัวออกแล้วจะจับตัวกันอย่างช้า ๆ โดยใช้พันธะไฮโดรเจน ไฮโดรเจน พันธะไอออนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก และจะมีการจัดรูปร่างในลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายใน 3 ทิศทาง บริเวณที่โมเลกุลขนาดใหญ่เหล่านั้นเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายใน 3 ทิศทางจะเรียกว่า junction zone การเกิด junction zones และพันธะที่เป็นอิสระแต่ละพันธะในบริเวณ junction zones จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจล ซึ่งความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับกันมีระยะสั้นมากการจับกันจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลจะถูกทำลายได้ง่ายเพียงกวนเบา ๆ หรือใช้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะยาวมาก การจับตัวกันจะแข็งแรงมาก เจลจะทนความร้อนได้ดี (Whistler และ Daniel, 1990) ส่วน โซเดียมแอลจินเตตซึ่งประกอบด้วย β -D mannuronic acid units (M) และ α -L guluronic acid (G) โพลีเมอร์ของแอลจินเตตจะฟอร์ม โดยการเชื่อมระหว่างโมโนเมอร์ที่ตำแหน่ง C1 และ C4 โดย G blocks ประกอบด้วยเพียงหน่วยอนุพันธ์จากและ α -L guluronic acid ส่วน M blocks ซึ่งเป็นฐานจะเติมต่อ D mannuronic acid และ MG blocks ประกอบด้วย alternating units จาก D mannuronic acid และ L guluronic acid (Percival และ Mcdowell, 1967) การจัดเรียงตัวของ D-mannuronic acid และ L-guluronic acid ในสายโพลีเมอร์เรียงตัวสายโพลีเมอร์มีผลต่อลักษณะและสมบัติของแอลจินเตต การเกิดโพลีเมอร์ทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่าย และสมบัติทางกายภาพของแอลจินเตตขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของโพลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ทั้ง 3 ชนิด คือ ในการเกิดเจลถ้ามี G-blocks มากจะทำให้มี gel strength สูง เจลที่ได้มีความแข็งแรง ไม่มีความยืดหยุ่น มีความคงทนต่อความร้อนได้ดี แต่จะเกิดการสูญเสียได้ง่าย จึงไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แช่แข็ง ขณะที่แอลจินेटที่มี M-blocks จะให้เจลที่มีความอ่อนนุ่ม มีความยืดหยุ่นไม่ทนความร้อน เหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์แช่แข็งเพราะทนต่อการ freeze-thaw ได้ดี (สายสนม, 2530) ดังนั้นเมื่อทำการฉีดเจลที่ได้จากของผสมระหว่างเจลาตินและโซเดียมแอลจินेटผ่านรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.2 มิลลิเมตร ลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างโซเดียมไอออนและแคลเซียมไอออน ดังสมการ



เจลดังกล่าวจะฟอร์มตัวจัดโครงสร้างใหม่ จากคุณสมบัติของแอลจินेट ได้แก่ cold soluble thickener ในน้ำ และเป็น gelling agent ในที่ ๆ มีแคลเซียมและกรดไม่สามารถคืนรูปกลับแม้ถูกความร้อนขณะปรุงอาหาร (Non thermoreversible gel) (สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย และ FIS, 2539) เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหุ้มล้ายแหลมคล้ายกับเส้นหูกกลม เมื่อล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดเกลือออก จะได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะใส การทดลองนี้สอดคล้องกับ Xie, *et al.* (2003) พบว่า เมื่อเติมเกลือแคลเซียมลงไปในสารละลายโซเดียมแอลจินेट จะเกิดเจลขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยปฏิกิริยาระหว่างไอออนแคลเซียมและโซเดียมแอลจินेट การเกิดเจลที่เกิดขึ้นระหว่าง casting เนื่องจากอัตราการเกิดเจลอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดเจลและความแข็งแรงของเจลลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของสาร chelator ซึ่งให้เห็นว่าการจัดตัวใหม่ของโครงรูปโพลีเมอร์ของแอลจินेटมีความสำคัญต่อ crosslinking เช่นเดียวกับ Carr (1994) กล่าวว่า alginic acid เป็น pyruonide ประกอบด้วย hexuronic acid 2 ตัวคือ α -L-guluronic acid และ β -D-mannuronic acid โครงสร้างโมเลกุลของแอลจินेटจัดเป็น anionic polysaccharide ทำให้สามารถเกิด electrostatic interaction กับโมเลกุลของโปรตีนได้ ในแอลจินेटประกอบด้วยโมโนเมอร์กระจายอยู่ทั่วไป การเกิดเจลแอลจินेटมีความคงตัวเมื่อมีเกลือของกรดแอลจินิก เจลของแคลเซียมแอลจินेटเป็นเจลชนิดที่สามารถทนความร้อน (thermostable) และสามารถประยุกต์ใช้กับพวกเบเกอรี่ ซอสได้ ส่วน Glicksman (1983) พบว่าแอลจินेटเจลลี่และแคบปาคาราจีแนนเกิดเจลในสารละลายที่เติมไปด้วยเกลือของแคลเซียมและ โปแตสเซียมตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแข็งแรงด้วยการเข้าไปแทนที่น้ำ Li *et al.* (1996) อธิบายว่าปฏิกิริยาการเกิดเจลเกิดขึ้นโดยการแพร่เข้า

ไปในสารละลายไฮโดรคลอไรด์ และส่วนจำเพาะของแอลจินเนตและ โพลีเมอร์คาร์ราจีแนนที่สัมผัสกับโปแตสเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนทำให้เกิด โครงสร้างของเจล

4. ผลของปริมาณเจลาตินและโซเดียมแอลจินเนตตามสูตรดังตารางที่ 12 ต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียม แสดงดังตารางที่ 19 พบว่า

ตารางที่ 19 อิทธิพลของสัดส่วนระหว่าง เจลาตินกับ โซเดียมแอลจินเนต ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของ อาหาร

สูตรที่	สัดส่วน เจลาติน : โซเดียมแอลจินเนต	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร				
		Hardness (N)	Chewiness (N.mm)	Cohesiveness (N.mm)	Springiness (mm)	Gumminess (gf)
1	3 : 1.1	0.6821 ^d	0.0694 ^{bc}	0.2253 ^{bc}	0.4340 ^b	15.6979 ^c
2	4 : 1.1	0.7240 ^{cd}	0.0880 ^b	0.2598 ^{abc}	0.4650 ^b	19.0858 ^{bc}
3	4 : 1.5	1.1062 ^a	0.1514 ^a	0.2620 ^{abc}	0.5186 ^a	29.2424 ^a
4	5 : 2.0	0.7758 ^c	0.0359 ^c	0.1734 ^c	0.2534 ^c	13.8061 ^c
5	6 : 2.5	0.7999 ^c	0.0900 ^b	0.3169 ^a	0.2829 ^c	25.5482 ^{ab}
6	7 : 3.0	0.9604 ^b	0.0768 ^b	0.2760 ^{ab}	0.2831 ^c	25.4727 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์สูตร 3 มีค่ามากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4, 5 และ 2 มีค่าความแข็งไม่แตกต่าง ($P>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของความแข็งของผลิตภัณฑ์สูตร 3, 6, 5, 4, 2 และ 1 คือ 1.1062, 0.9604, 0.7999, 0.7758, 0.7240 และ 0.6821 N ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับการเพิ่มปริมาณเจลาติน (สูตร 1 และ 2) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียมจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (0.6821 และ 0.7240 N ตามลำดับ) เมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น ถ้าค่าความแข็งมากแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงของเจลมากจึงต้องใช้แรงในการทำให้ตัวอย่างเกิดการเสียรูปมากด้วย โดยความแข็งแรงของเจลาคตินจะขึ้นอยู่กับปริมาณเจลาคติน ความแข็งแรงของเจลเจลาคตินจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเจลาคตินเพิ่มขึ้น (Pye, 1997)

ค่าการทนต่อการเคี้ยวในผลิตภัณฑ์สูตร 3 มีค่ามากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2, 5, และ 6 มีค่าการทนต่อการเคี้ยวไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของค่าการทนต่อการเคี้ยวผลิตภัณฑ์สูตร 3, 5, 2, 6, 1 และ 4 คือ 0.1514, 0.0900, 0.0880, 0.0768, 0.0694 และ 0.0359 N.mm ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าการทนต่อการเคี้ยวจะขึ้นอยู่กับปริมาณเจลาคติน โดยเมื่อเจลาคตินเพิ่มขึ้น ค่าการทนต่อการเคี้ยวก็จะเพิ่มขึ้น (Poppe, 1997) ทำให้ต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวมากขึ้น

ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันในผลิตภัณฑ์สูตร 5 (0.3169 Nmm) มีค่ามากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตร 4 (0.1734 Nmm) และ (10.2253 Nmm) (อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.5$) แต่ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตร 6, 3 และ 2 ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันเท่ากับ 0.2760, 0.2620 และ 0.2598 Nmm ตามลำดับ ซึ่งค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันแสดงถึงความแข็งแรงของพันธะภายในของผลิตภัณฑ์ จะเห็นว่าเมื่อปริมาณเจลาคตินเพิ่มขึ้นค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกันจะเพิ่มขึ้น

ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับของผลิตภัณฑ์สูตร 3 มีค่ามากที่สุด (0.5186 mm) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าเฉลี่ยของค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับของผลิตภัณฑ์สูตร 2, 1, 6, 5 และ 4 เท่ากับ 0.4650, 0.4340, 0.2831, 0.2829 และ 0.2534 mm ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ในสูตร 1 และ 2 มีค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับไม่แตกต่าง เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์สูตร 4, 5 และ 6 มีค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางของผลิตภัณฑ์สูตร 3 มีมากที่สุดเท่ากับ 29.2424 gf และแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สูตร 2, 1 และ 4 (19.0858, 15.6979 และ 13.8061 gf ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับผลิตภัณฑ์สูตร 5 (25.5482 gf) และ 6 (25.4727 gf) จากการวัดค่า springiness ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของเจลาคติน (Best, 1990) โดยเป็นค่าที่บอ

ถึงความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์หรือความสามารถในการคืนตัวกลับมาเหมือนเดิมของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการถอนแรงออกไป (Szezesniak and Kramer, 1973) พบว่า เมื่อปริมาณเจลลาตินเพิ่มขึ้น ค่า springiness ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สรินดา และคณะ (2539) ที่ทดลองเพิ่มปริมาณเจลลาตินในผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังตัดแปรด้วยกรด พบว่าเมื่อปริมาณเจลลาตินในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (hedonic scales) 1-9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบในด้านความชอบรวม ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการเคี้ยว พบว่าผลิตภัณฑ์สูตร 3 มีผลต่อคะแนนความชอบทั้งในด้านความชอบรวม ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการเคี้ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 คะแนนความชอบด้านความชอบรวม ความแข็ง ความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์หุ้ณกลมเทียมตามสูตร 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

สูตรที่	สัดส่วน เจลลาติน : โซเดียมอัลจิเนต	คะแนนความชอบ			
		ความชอบรวม	ความแข็ง	ความยืดหยุ่น	ความยากง่ายในการเคี้ยว
1	3 : 1.1	7.17 ^a	6.30 ^{a bc}	6.73 ^{ab}	6.50 ^b
2	4 : 1.1	7.20 ^a	6.67 ^a	6.79 ^{ab}	6.73 ^{ab}
3	4 : 1.5	7.27 ^a	6.83 ^a	7.17 ^a	7.03 ^a
4	5 : 2.0	7.03 ^a	6.53 ^{ab}	6.13 ^{bcd}	6.77 ^{ab}
5	6 : 2.5	7.03 ^a	6.47 ^{abc}	6.67 ^{ab}	6.97 ^a
6	7 : 3.0	7.07 ^a	6.23 ^{a bcd}	6.07 ^{bcd}	6.60 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียม ตามสูตร 3 จะมีค่าความแข็ง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน เคี้ยว ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียว เป็นกาวหรือยางแตกต่าง ($P>0.05$) กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1062 N, 0.1514 Nmm, 0.2620 Nmm, 0.5186 mm และ 29.2424 gf ตามลำดับ และค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างหุ้ดลามสดมากกว่าผลิตภัณฑ์สูตรอื่น ๆ ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนของผสมระหว่างเจลาตินต่อโซเดียมแอลจินเนต 4 : 1.5 ในการทดลองครั้งต่อไป

5. ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของหุ้ดลามเทียม

จากการทดลองผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่ร้อยละ 1, 2, 3 และ 5 ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียมแสดงดังตารางที่ 21 พบว่า ค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 มีค่ามากที่สุดแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 โดยค่าเฉลี่ยของความแข็งเท่ากับ 1.0285 และ 0.9812 N ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1 และ 5 มีค่าความแข็งเท่ากับ 0.8567 และ 0.8748 N ตามลำดับ ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดเจลซึ่งเป็นหน้าที่ของสารตัวทำปฏิกิริยาและความเข้มข้นของสารตัวทำปฏิกิริยา โดยเมื่อสารละลายโซเดียมแอลจินเนตเจลาตินสัมผัสกับแคลเซียมคลอไรด์ (cation solution) จะเกิดการสร้างเจลทันทีที่บริเวณหน้าสัมผัส อย่างไรก็ตามการเกิดเจลขึ้นอยู่กับการแพร่เข้าสู่ชั้นเจลและจะแปรเปลี่ยนไปตามเวลาจนกระทั่งหมดพื้นที่ที่จะทำปฏิกิริยา ทำให้เจลของแคลเซียมแอลจินเนตแข็งตัว (Glücksman, 1983) กระบวนการเกิด calcium alginate gel เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน โซเดียมและแคลเซียม แอลจินเนตกับแคลเซียมทำปฏิกิริยาเพื่อเกิด crosslinking ในโมเลกุล (รุ่งนภา, 2544) จากการทดลองพบว่าที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ทำให้ปฏิกิริยาเกิดสมดุล

ตารางที่ 21 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของหูลงามเทียม ร้อยละ 1, 2, 3 และ 5 ที่ระยะเวลาในการแช่ 30 นาที

CaCl ₂ (ร้อยละ)	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร				
	Hardness (N)	Chewiness (N.mm)	Cohesiveness N.mm	Springiness (mm)	Gumminess (gf)
1	0.8567 ^b	0.0054 ^{bc}	0.0533 ^{bc}	0.5120 ^b	24.5734 ^{bc}
2	1.0285 ^a	0.0146 ^a	0.1017 ^a	0.5172 ^a	28.6621 ^a
3	0.9812 ^{ab}	0.0081 ^b	0.0694 ^b	0.5145 ^b	25.3530 ^b
5	0.8748 ^b	0.0032 ^c	0.0292 ^c	0.4864 ^c	23.0184 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวในผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 มีค่ามากที่สุด (0.0146 N.mm., 0.1017 N.mm., 0.5172 mm และ 28.3321 gf ตามลำดับ) แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 3, 1 และ 5 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 มีค่าเฉลี่ยค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.0081 N.mm., 0.0694 N.mm., 0.5145 mm. และ 25.3530 gf. ตามลำดับ รองลงมาคือที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.0081 N.mm., 0.0694 N.mm., 0.5145 mm. และ 25.3530 gf. ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปจะใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2

6. ผลของเวลาในการแช่หูลตามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลของเวลาในการแช่หูลตามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เพื่อให้เกิดการสร้างเจลสมบูรณ์โดยการแช่ ณ เวลา 15 30 และ 40 นาทีแสดงดังตารางที่ 22 ซึ่งพบว่า ค่าความแข็งในผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.0285 N แต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เป็นเวลา 15 นาที (1.0004 N) และ 40 นาที (0.8999 N) เช่นเดียวกับค่าการทนต่อการเคี้ยวมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความแข็ง โดยมีค่าเฉลี่ยการทนต่อการเคี้ยวที่เวลาในการแช่ 30 15 และ 40 นาที เท่ากับ 0.146, 0.0146 และ 0.0124 N.mm. ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ผลของเวลาในการแช่หูลตามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

เวลา (นาที)	ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร				
	Hardness (N)	Chewiness (N.mm)	Cohesiveness N.mm	Springiness (mm)	Gumminess (gf)
15	1.0004 ^a	0.0124 ^a	0.0801 ^a	0.1478 ^a	27.7016 ^a
30	1.0285 ^a	0.0146 ^a	0.1017 ^a	0.1572 ^a	28.6621 ^a
40	0.8999 ^a	0.0146 ^a	0.0463 ^b	0.1046 ^b	24.0905 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวในผลิตภัณฑ์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เป็นเวลา 15, 30 และ 40 นาที ให้ผลในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ ที่เวลา 30 นาทีให้ค่าทั้งสาม (0.1017 N.mm., 0.1572 mm. และ 28.6621 gf ตามลำดับ) มากที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.5$) กับที่เวลา 15 นาที (0.1478 N.mm.,

0.1478 mm. และ 27.7016 gf ตามลำดับ) ส่วนที่เวลา 40 นาที ให้ค่าทั้ง 3 น้อยที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.5$) โดยค่าเฉลี่ยความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวเท่ากับ 0.0463 N.mm., 0.1046 mm. และ 24.0905 gf ตามลำดับ

แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการแช่หุ้กลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ณ 15 นาทีเหมาะสมที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างโซเดียมแอลจิเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะสมบูรณ์ที่เวลา 15 นาที และทำให้ความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนภายในผลิตภัณฑ์สูงสุดที่เวลา 30 นาที นั่นคือการจัดเรียงตัวเป็น โครงสร้างแข็งของผลิตภัณฑ์จะเสร็จสมบูรณ์ที่เวลา 30 นาที และหากแช่ผลิตภัณฑ์หุ้กลามเทียมเป็นเวลานาน (40 นาที) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวลดลง เนื่องจากอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อการสลายตัว และความคงตัวของพันธะ การเกิดเจลกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โมเลกุลของแอลจิเนตจำเป็นต้องมีส่วนของ guluronic acid ที่ต่อกันเป็นอนุกรม ความสามารถในการเกิดเจลและความแข็งแรงของเจลขึ้นกับปริมาณของ G และความยาวของ G พบว่า high G content และ long G-block ให้ calcium reactivity สูงสุด รวมทั้งการเกิดเจลที่แข็งแรงที่สุด ซึ่งให้เจลในลักษณะที่เรียกว่า egg box

การทดลองนี้สอดคล้องกับ Enrique and Amelia (2003) ศึกษา จลนศาสตร์การเกิดปฏิกิริยาของ cation-hydrocolloid gel โดยการเกิดเจลบริเวณผิวสัมผัสของโซเดียมแอลจิเนตในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 พบว่าเวลาในการแช่มีผลต่อการเกิดเจลที่มีโครงสร้างแข็งแรงขึ้น

ดังนั้นการทดลองในครั้งต่อไปจะใช้เวลาในการแช่ผลิตภัณฑ์หุ้กลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เป็นเวลา 15 นาที

7. ผลของความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการเตรียมหุ้กลามเทียม

7.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการเตรียมหุ้กลามเทียม ได้แก่ ผงชาตรา 999 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 ต่อค่าการวัดสี พบว่า

การวัดค่าสีจะได้ค่าทั้งหมด 3 ค่า คือ ค่าสี L^* เป็นตัววัดความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าเริ่มตั้งแต่ 100 จนถึง 0 ถ้าค่าสี L^* มีค่ามากแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมาก และมีสีค่อนข้างขาว (ค่าสีเท่ากับ 100) แต่ถ้าวัดค่าสี L^* มีค่าน้อยแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำค่อนข้างดำ (ค่าสีเท่ากับ 0) ส่วนค่า a^* และ b^* จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี ถ้าค่าสี a^* มีค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างแดง แต่ถ้าวัดค่าสี a^* มีค่าน้อยและค่าติดลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างเขียว ส่วนค่าสี b^* ถ้าวัดค่ามากและมีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างเหลือง แต่ถ้าวัดค่าสี b^* มีค่าน้อยและมีค่าติดลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีค่อนข้างน้ำเงิน จากการทดลองพบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์หุ้ดลามที่แช่ในสารละลายผงชาตรา 999 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 มีค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังตารางที่ 23 ซึ่งให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงชาจากร้อยละ 0.1 ถึง 0.4 มีผลทำให้เพิ่มความใสและสีเหลือง โดยผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียมมีสีเหลืองใกล้เคียงกับหุ้ดลามสด แต่ความสว่างน้อยกว่าส่วนผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียมที่แช่ในผงชาตรา 999 ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.3 และ 0.4 มีความสว่างน้อยกว่าหุ้ดลามสดและสีเหลืองมากกว่าหุ้ดลามสด ค่าที่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.5$)

ตารางที่ 23 ผลของความเข้มข้นของสีจากผงชาตรา 999 ต่อผลิตภัณฑ์หุ้ดลามเทียม

ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ผงชาตรา 999		
	L^*	a^*	b^*
หุ้ดลามสด	58.42 ^a	0.43 ^d	15.49 ^c
0.1	40.48 ^c	4.81 ^c	13.15 ^d
0.2	41.25 ^{bc}	5.39 ^b	16.61 ^{bc}
0.3	42.14 ^b	5.57 ^b	17.10 ^b
0.4	43.12 ^b	6.49 ^a	23.11 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

7.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการเตรียมหุฉลามเทียม ได้แก่ ผงชาตราสามม้าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 ต่อกำการวัดสี พบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์หุฉลามที่แช่ในสารละลายผงชาตราสามม้า ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 0.3 และ 0.4 มีค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังตารางที่ 24 ซึ่งให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของผงชาจากร้อยละ 0.1 ถึง 0.4 มีผลทำให้เพิ่มความสว่างและสีเหลืองมากและเมื่อเทียบกับสีของ หุฉลามสดพบว่าผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียมทุก ๆ ความเข้มข้นของสีชาจินตราสามม้าให้ค่าความใส และสีเหลือง แตกต่างกับของจริงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.5$)

ตารางที่ 24 ผลของความเข้มข้นของสีจากผงชาตราสามม้าต่อผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียม

ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ค่าสีของชาจินตราสามม้า		
	L^*	a^*	b^*
หุฉลามสด	58.42 ^a	0.43 ^c	15.49 ^b
0.1	34.41 ^d	6.13 ^a	9.83 ^d
0.2	35.86 ^{cd}	5.89 ^a	10.27 ^d
0.3	36.76 ^c	5.19 ^b	12.68 ^c
0.4	38.11 ^b	6.91 ^a	16.31 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการทดลองใช้สีธรรมชาติจากผงชาตรา 999 และ ผงชาจินตราสามม้า ไม่สามารถนำมาใช้ปรับสีผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียมให้มีลักษณะคล้ายหุฉลามสดได้เนื่องจากภายในองค์ประกอบของใบชามีสารสีแดงและสีน้ำตาลรวมทั้งแทนนิน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีค่อนข้างไปทางสีเหลืองแดงมากกว่าสีของหุฉลามเทียม สังเกตได้จากค่า a^* และ b^* ซึ่งมีค่ามาก

7.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสีที่ใช้ในการเตรียมหุฉลามเทียม ได้แก่ ผงลูกออร์หันท์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 ต่อกำการวัดสี พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.4 ให้ค่า L^* และ b^* ไม่แตกต่าง ($P > 0.5$) กับหุฉลามจริง แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความสว่าง และค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a* และ b* มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนไปทางสีเหลือง ดังตารางที่ 25 ส่วนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 ให้ค่าสี L* a* และ b* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.5) เมื่อเทียบกับหุจลามาสด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความสว่างและเหลืองน้อยกว่า ดังนั้นจึงใช้ความเข้มข้นของสีจากผงลูกออร์หันต์ร้อยละของผลิตภัณฑ์หุจลามาเทียมในการทดลองครั้งต่อไป

ตารางที่ 25 ผลของความเข้มข้นของสีจากผงลูกออร์หันต์ต่อผลิตภัณฑ์หุจลามาเทียม

ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ผงลูกออร์หันต์		
	L*	a*	b*
หุจลามาสด	58.42 ^a	0.43 ^d	15.49 ^a
0.1	47.30 ^d	2.86 ^c	10.90 ^c
0.2	49.29 ^c	2.98 ^c	11.71 ^{bc}
0.3	53.88 ^b	3.66 ^{ab}	12.43 ^b
0.4	57.80 ^{ab}	3.59 ^a	15.01 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

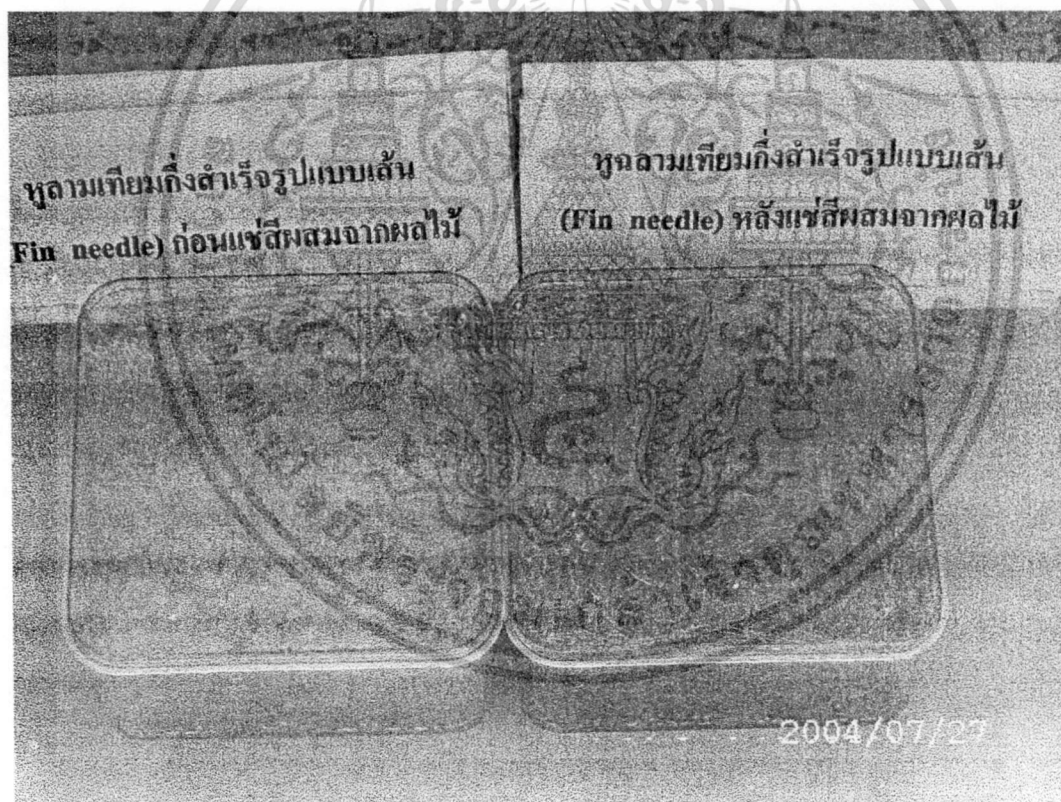
8. ผลการศึกษาคุณภาพของหุจลามาเทียมที่ผลิตได้ โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หุจลามาเทียมที่ผลิตได้ โดยตัวแทนผู้บริโภคที่เคยรับประทานหุจลามา จำนวน 10 คน เปรียบเทียบกับตัวอย่างหุจลามาจริงเป็นชุดควบคุม พบว่าผลิตภัณฑ์หุจลามาเทียมที่ผลิตได้มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์หุจลามาจริงในทุกด้าน (p> 0.05) ดังตารางที่ 26 และผลิตภัณฑ์หุจลามาเทียมที่ผลิตได้มีลักษณะดังภาพที่ 9

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียม

ตัวอย่าง	สี	ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความชอบรวม
หุฉลามจริง	7.57 ^a	7.00 ^a	7.10 ^a	7.47 ^a
หุฉลามเทียม	7.23 ^a	7.07 ^a	7.10 ^a	7.27 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งเหมือนกันคือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 29 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หุฉลามเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การศึกษาแนวโน้มทางการตลาดและศักยภาพของผลิตภัณฑ์หุบลามเทียมในเขตกรุงเทพ

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธี Central Location Test (CLT) ผู้ทดสอบจำนวน 100 คน ณ ศูนย์แสดงสินค้ากรมส่งเสริมการค้าส่งออก พบว่า ผู้ตอบคำถามมีลักษณะทางประชากรศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 68 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 36-45 ปี คิดเป็นร้อยละ 38 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 26-35 ปี ช่วงอายุมากกว่า 45 ปี และช่วงอายุ 15-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 26, 25 และ 11 ตามลำดับ จำนวนครึ่งหนึ่งของผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษา/อนุปริญญา สูงกว่าปริญญาตรี และประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 23, 18 และ 9 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้ในช่วง 20,000-50,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 43 และส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงานมีอาชีพพนักงานเอกชน ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ และธุรกิจส่วนตัว (ตารางที่ 27)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน ในด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์หุบลาม พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนความชอบในด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับความชอบมากถึงชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ย 7.72, 7.28 และ 7.86 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบในด้านความชอบรวมอยู่ในระดับชอบมาก โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ย 8.09 ดังตารางที่ 28

จากการสอบถามผู้ตอบแบบสอบถามถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์หุบลามเทียม ดังตารางที่ 29 พบว่าร้อยละ 88 ยอมรับในผลิตภัณฑ์และถ้ามีผลิตภัณฑ์นี้จำหน่ายผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ตัดสินใจซื้อถึงร้อยละ 77 โดยราคาที่ซื้อส่วนใหญ่ชดเชยต่ำกว่า 50 บาท โดยให้เหตุผลเทียบกับราคากระเพาะปลาน้ำแดงที่มีจำหน่ายโดยทั่ว ๆ ไป

ตารางที่ 27 ข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้บริโภครายการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	32
หญิง	68
อายุ	
15-25 ปี	11
26-35 ปี	26
36-45 ปี	38
>45 ปี	25
ระดับการศึกษา	
ประถมศึกษา	9
มัธยมศึกษา/อนุปริญญา	23
ปริญญาตรี	50
สูงกว่าปริญญาตรี	18
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	
10,000 บาท	10
10,001-20,000 บาท	38
20,001- 50,000 บาท	43
>50,000 บาท	9
อาชีพ	
นิสิต/นักศึกษา	5
ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ	21
รัฐวิสาหกิจ/รัฐวิสาหกิจ	12
พนักงานเอกชน	23
ธุรกิจส่วนตัว	20
แม่บ้าน	7
ค้าขาย	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 คะแนนความชอบเฉลี่ยและความถี่ของคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ซูปเปอร์ฟลูอิดเทียม

ปัจจัย	คะแนน		ความถี่ (ร้อยละ)							
	ความชอบเฉลี่ย	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด
สี	7.72	21.00	46.50	24.50	3.00	3.50	1.00	0.00	0.00	0.50
รสชาติ	7.28	17.00	36.00	26.50	4.00	14.00	1.00	1.00	1.00	0.50
เนื้อสัมผัส	7.86	27.50	42.50	23.00	3.50	2.50	1.00	0.00	0.00	0.00
ความชอบรวม	8.09	43.50	37.50	8.50	6.50	3.00	1.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 29 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ซูปเปอร์ฟลูอิดเทียม

ปัจจัย	ความถี่ (ร้อยละ)
การยอมรับ	
ยอมรับ	88
ไม่ยอมรับ	12
การตัดสินใจซื้อ	
ซื้อ	77
ไม่ซื้อ	23
ราคา (500 มิลลิลิตร, 1 ถ้วย)	
ต่ำกว่า 50 บาท	57
50 บาท	29
มากกว่า 50 บาท	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองผสมให้เข้ากันในน้ำร้อน ได้สารละลายที่มีลักษณะขุ่นหนืด ใช้กระบอกฉีดยา ขนาด 10 มล. เส้นผ่าศูนย์กลางปลายกระบอก 2 mm ทำการฉีดของผสมลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ให้ได้เส้นขนาด 3 ซม ลักษณะหุ้มนํ้ายแหลม ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นหุ้กลาม เมื่อครบเวลา 30 นาที ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งเพื่อกำจัดอิออนแคลเซียม นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากของผสมชนิด B (โซเดียมแอลจินเนตผสมกับเจลาตินชนิด 240 bloom 20 mesh) มีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็ง การทนต่อการเคี้ยว ความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง เท่ากับ 2.1585 N 0.2505 N.mm 0.2400 N.mm 0.4255 mm และ 56.9955 gf ตามลำดับ โดยมีลักษณะคล้ายกับตัวอย่างหุ้กลามสดมากที่สุด

4. การศึกษาผลของปริมาณเจลาตินและโซเดียมต่อคุณสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หุ้กลามเทียม สามารถผลิตผลิตภัณฑ์หุ้กลามเทียม ตามสูตร 3 (เจลาตินต่อโซเดียมแอลจินเนตเท่ากับ 4 : 1.5) จะมีค่าความแข็ง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยางแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.1062 N, 0.1514 Nmm, 0.2620 Nmm, 0.5186 mm และ 29.2424 gf ตามลำดับ และมีลักษณะใกล้เคียงกับหุ้กลามสดมากที่สุด

5. ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของหุ้กลามเทียม พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความแข็ง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาว เท่ากับ 1.0285 N, 0.0146 N.mm., 0.1017 N.mm., 0.5172 mm และ 28.3321 gf ตามลำดับ

6. ผลของเวลาในการแช่หุ้กลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงให้ว่าเวลาที่ใช้ในการแช่หุ้กลามเทียมในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ณ 15 นาที เหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความแข็ง ค่าการทนต่อการเคี้ยว ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน ค่าความยืดหยุ่นหรือการคืนตัวกลับ และค่าความเหนียวเป็นกาว เท่ากับ 1.0004 N, 0.0124 N.mm., 0.0801 N.mm., 0.1478 mm และ 27.7016 gf ตามลำดับ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จิรภา หินขุย. 2544. การปรับปรุงคุณภาพความหนืดของโซเดียมแอลจีเนตที่สกัดได้จากสาหร่าย
สกุล *Chnoospora*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 276
หน้า.

ชิตชม อีทวิสว่างค์, มณฑาทิพย์ ชุณหลาด, สมชาย เลิศปิ่นระพงษ์ และ สมยศ จรรยาวิลาศ. 2534.
การผลิตเจลาตินจากหนังหมู. รายงานการวิจัย, ผส.10 โครงการย่อยที่ 5. สถาบันคั้นคว่ำ
และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 19 น.

ชิตชม อีทวิสว่างค์, มณฑาทิพย์ ชุณหลาด, สมชาย เลิศปิ่นระพงษ์ และ สมยศ จรรยาวิลาศ. 2535.
การผลิตเจลาตินจากหนังหมู. วารสารอาหาร. 22 (1) : 7-17)

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. คณะ
เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล. 2532. นูคลาม. วารสารการประมง. 41(2) :71-75.

พันธ์วี มาโรจน์. 2531. เนื้อเยื่อสัตว์. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่. 87 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
กรุงเทพฯ. 135 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2547. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการใช้กัม / ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ. 2540. ผลของน้ำที่แข็งตัวและค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของระบบน้ำมาโครโมเลกุล, น. 649-656. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ และ O. Miyawaki. 2541. ผลของความเข้มข้น อุณหภูมิ และซูโครสต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกระแสวิทยาของสารละลายแอลจินต, น. 1-13. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันชัย วรวัฒน์เมฆกุล. 2531. การสกัดแอลจินตจากสาหร่ายทะเลบางสกุลในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรศรา สุวรรณ. 2545. การผลิตเจลาตินจากกระดูกปลาทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2535. วัตถุประสงค์อาหาร. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2530. สาหร่ายทะเลในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 49 น.
- สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย และ Food Ingredient Specialites (FIS). 2539. เจลาติน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่องความรู้เรื่องสารเจือปนสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. โรงแรมเฟลิกซ์อินมาสวิสโฮเทล, กรุงเทพฯ. 30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยไบโอโพลิเมอร์. 2533. เอกสารการประชุมปฏิบัติการ เรื่องผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากการแปรรูปสาหร่ายทะเล. ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ. 59 น.

Alice, T., W. Wanchai, C. Suwalee, C. Choonho, C. and R. ChoKyun. 1997. Physical properties of sodium alginate extrated from *Chnoospora minima* (Phaeophyta) from Thailand, pp.255-259. In **Processings of 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference and 3rd Asia-Pacific Conference on Algal Biotechnology.** Phuket, Thailand.

Annison. G.N., W.H. Chietham and I. Couperwhite. 1983. Determination of uronic acid composition of alginate by high-performance liquid chromatography. **J. Chromatogr.** 264 :137-143

Barrett, A.H., A.V. Verdello, L. Mair, P. Maguuire, L. Lrsher and J. Priggs. 2000. Texture optimization of shelf-stable bread : Effect of glycerol content and dough-forming technique. **Cereal Chem.** 77(2) : 169-176.

Bashford , A., R.S. Thomas and F.N. Woodward. 1950. Manufacture of algal chemicals I: Production of alginates from brown marine algae. **J. Soc. Chem.** 9: 337-343.

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.

Bristish Standard Institution (B.S. 757-1975). 1975. **Method for sampling and testing gelatin : Physical and chemical method.** Bristish Standard Institution, London. 31 p.

Brody, J. 1965. **Fishery by-product technology.** The AVI-Publ. Co., Inc., Westport 232 p.

- Bronnson, W. F. 1950. Technology and utilization of gelatin. **Food Tech.** 5(1): 55-58.
- Carr, J.M. 1993. Hydrocolloids and stabilizer. **Food Technol.** 47 : 100-110.
- Charalambous, G. and G. Doxastakis. 1989. **Food Emulsifier : Chemistry, Technology, Functional Properties and Applications.** Elsevier, Amsterdam. 549p.
- Chavez, M. J. and L.R. Garrote. 1994. Crosslinking kinetics of thermally preset alginate gels. **J. Food Sci.** 59 : 1108-1110.
- Childs, W.H. 1959. **Coated sausage.** U.S. Patent 2, 811, 453.
- Choi, S. S. and J.M. Regentein. 2000. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. **J. Food Sci.** 65 (2): 194 – 199.
- Creighton, T.E. 1993. **Proteins: structures and molecular properties.** W.H. Freeman and Company, New York. 507 p.
- Damassio, M.H., E. Costell and L. Duran. 1997. Sensory quality of low sugar orange gels with gellan, xanthan and locust bean gums. **Z Lebensm Unters Forsch A.** 204: 183-188.
- Demars, L. L. and G. Ziegler. 1996. Texture and structure of gelatin/HM pectin-based gummy confection. **IFT Annual Meeting: Book of Abstracts,** p.114.
- Devenyi, T. 1974. **Amino Acids, peptides and protein: biochemical and immunochemical techniques in protein.** Elsevier Scientific Pub Co., New York. 343 p.
- Dickin, E. and G. Stainsby. 1982. **Colloid in food.** Applied Science Publishers, London. 533 p.

- Dyrset, N., K.G. Lystad and D.W. Levime. 1994. Development of fermentation process for product of an alginate G-lyase from *Klebsiella pneumoniae*. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 41(5) : 523-530.
- Eastman Gelatin Corporation. 2003. **Gelatin production**. Eastman Gelatin Corporation- a Subsidiary of Kodak. Available Source: http://www.eastmangel.com/sections/04_Gelatin/production/index_htm, May 2, 2005.
- Ekowati, C. 2000. Acid extraction of gelatin from dried shark skin. **Indonesia Food and Nutrition Progress.** 7 (1): 6-12.
- Enrique, J.M. and A. C. Rubiolo. 2003. Crosslinking kinetic of cation-hydrocolloid gels. **Chem. Engin. J.** 94 : 73-77.
- FAO. 2000. Fisheries management. 1. Conservation and management of sharks. **FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 4, Suppl. 1.** 37 pp.
- FAO. 2001. **FAO Yearbook.** Fishery Statistics. Commodities. FAO, Rome.
- FAO. 2002. International Plan of Action for the conservation and management of sharks and the shark fisheries of Thailand. **Food and Agriculture Organization of United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.** 177 p.
- FMC Biopolymer. 1999. **Pronova standard method for qualitative of sodium alginate.** Pronova Biopolymer, Norway. 5 p.
- Foegeding, E.A., T.C. Lanier, and H.O. Hultin. 1996. Characteristics of edible muscle tissue, pp. 879 – 942. In O. Fennema, ed. **Food Chemistry.** 3rd ed. Dekker, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gacesa, P., A. Squire and P.J. Winterbum. 1983. The determination of uronic acid composition of alginates by anion-exchange liquid chromatography. **Carb. Res.** 118 : 1-8.

Glicksman, M. 1969. **Gum technology in food industry.** Academic Press, New York.

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

Glicksman, S. 1983. **Food Hydrocolloids.** Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Gomez-Guillen, M. C. and P. Montero. 2001. Extraction of gelatin from megrin (*Lepidorhombus boscai*) skin with several organic acids. **J. Food Sci.** 66(2): 213-216.

Gudmundsson, M. and H. Hafsteinsson . 1997. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **J. Food. Sci.** 62 (1) : 37-39.

Hamada, M., T. Nagai, N. Kai, Y. Tanoue, H. Mae, M. Hashimoto, K. Miyoshi, H. Kumagai and K. Saeki. 1995. Inorganic constituents of bone of fish. **Fisheries Sci.** 3: 517-520.

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

Herz, J.L. 1995. **Personal communication.** Weston, Conn. Seasource Technology. 263 p.

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

INFOFISH. 1983. Seaweeds-product and market. **INFOFISH Marketing Digest.** No. 4 : 23-26.

Ingravid J. H., Kurt I. D. and O. Smildsrod. 2003. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mamalian gelatin. **Food Hydrocoll.** 17: 25-39.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Jae, S.Y. 1998. Applications of gelatin in food and biotechnology . **J. Food. Sci. Nutrit.** 2(3) : 263-268.
- Jean, A. and Barbara, D. 1995. **The Nutrition Bible.** Permission of William Morrow and Co., Inc.
- Johnston- Banks, F.A. 1990. Gelatin. pp. 233-289. **Food gels.** Chapter 7,. Elsevier Applied Science, New York, London.
- Johnson, F.A., D.Q.M. Craig and A.D. Mercer. 1997. Characterization of block structure and molecular weight of sodium alginates. **J. Pharm. Pharmacol.** 49: 639-643.
- Kelco International. 1985. **Alginate Note.** Kelco company, San Diego. 10 p.
- King, L. and S. Y. Hsu. 1992 **Gelatin.** Graduate Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Kruyt, H.R. 1969. **Colloid Science.** Elsevier publ. Co. New York. 753 p.
- Li, R. D. and A. F. Gentile. 1996. Transport characterization of hydrogel matrices for cell encapsulation. **Biotechnol. Bioeng.** 50 : 365-373.
- Lin, K.P. and S. Y. Hsu. 1992. Studies on the preparation of imitative shark fin with gelatin and sodium alginate. **J. Chi. Agri. Chem. Soci.** 30 (4) : 507-518.
- Luh. N., M. Karel and J. Flink. 1976. A simulated fruit structure suitable for freeze dehydration. **J. Food. Sci.** 41 : 89-93.
- Mann, I. 1962. **Animal by-products : Processing and utilization.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. 246 p.

- Marcotte, M., A.R.T. Hoshahili and H.S. Ramaswamy. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. **Food Res Int.** 34 : 695-703.
- Marh, E. M. and G. F. Stewart. 1957. **Advanced in Food Research.** vol. 7. Academic Press Inc., Publ. 404 p.
- Martin, M.L. and R.C Hosenev. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. **Cereal Chem.** 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.
- McNeely, W.H. and D.J. Pettitt. 1973. Algin, pp. 49-81. In R.L. Whistler, ed. **Industrial Gums.** 2nd ed., Academic Press, New York.
- Mitchell, J.R. 1986. Forming and emulsifying properties of proteins. pp. 291-388. In B. J. F. Hudson , eds. **Development in Food Protein-4.** Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Moncrieff, R.W. 1953. **Stabilizing fruit drink.** Food Tech. 22: 498p.
- Morris, E.R. 1995. Polysaccharide rheology and mouth perception, pp. 517-546. In A.M. Stephen, ed. **Food Polysaccharides and Their Applications.** Marcel Dekker, Inc. New York.
- Moulton, C. R. 1948. **Meat through the microscope.** Institute of meat packing The University of Chicago, Chicago. 592 p.

- Murata, K., T. Inose, T. Hisano, S. Abe, Y. Yonemoto, T. Yamashita, M. Takagi, K. Sakaguchi, A. Kimura and T. Imanaka. 1993. Bacterial alginate lyase : enzymology, genetics and application. **J. Ferment. Bioeng.** 76 (5) : 427-437.
- Nippon, S. K.K. 1984. **A shark fin analog.** UK Patent-Application. GB 2,137,136A.
- Nishide, E., H. Anzai and N. Uchida. 1987. Extraction of alginic acid from a Brazillian brow alga, *Laminaria brasilliensis*. **Hydrobiol.** 151/152 : 551-555.
- Nishinari, K., M. Watase and T. Hatakeyama. 1997. Effect of polyols and sugars on the structure of water in concentrated gelatin gels as studied by low temperature differential scanning calorimetry. **Colloid and Polymer Sci.** 275 (11): 1078-1082
- Oakenfull, D. and A. Scott. 1986. Stabilization of gelatin gels by sugar and polyols. **Food Hydrocolloids.** 1. 623p.
- Ockerman, H.W. 1988. **Animal by-product processing.** Ellis Horwood International Publishers in Science and Technology. 366 p.
- OnsΦyen, E. 1992. Alginates, pp. 1-24. In A. Imeson, ed. **Thickening and Gelling Agents for Food.** 2nd ed. Chapman and Hall, London.
- Pedersen, J.K. 1990. Seaweed extracts-sources and production methods, In Phillips, G.O., D.J. Wedlock and P.A. William, eds. **Gums and stabilisers for the food industry .** Oiel Press, Oxford.
- Percival, E. and R. H. Mcdowell. 1967. **Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharide.** Academic Press, London. 99 p.

- Peterson, J. 1974. In **Encyclopedia of food Technology and food science series**. vol. 2. The AVI Publ. Co. Inc., Connecticut.
- Phillips, G.O. and P.A. Williams. 2000. **Handbook of hydrocolloids**. Woodhead Publ. Ltd. 450 p.
- Pronova Biopolymer. 1996. **General information alginate**. Pronova Biopolymer. Norway. 28p.
- Quentin, S.W. F. and L.A. James. 2000. Assessment of the Hong Kong shark fin trade. **INFOFISH Inter.** 1 : 28-32.
- Sanofi Company. N.d. **Hydrocolloids**. Paris. 74 p.
- Sarabia, A. I., M. C. Gomez-Guillen and P. Montero. 2000. The effect of added salts on the viscoelastic properties of fish skin gelatin. **J. Food Chem.** 70: 71-76.
- Seung, Y. S. and B.S. Kyung. 1999. Comparison between bovine hide and pigskin gelatins and preparation of gelatin hydrolysates. **J. Food. Sci. Nutri.** 4 (1) : 14-17.
- Sigma Chemical Co. 1998. **Characteristic of sodium alginate**. Sigma Co., USA. 5p.
- Sime, W. J. 1990. Alginates, pp 53-78. In P. Harris., ed. **Food gels**. London: Elsevier Applied Science. Pp 53-78.
- Slepchenko, I.R., E.B. Knizhnik and L.A. Pireva. 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.
- Stryer, L. 1975. **Biochemistry**. W.H. Freeman and Company, Sanfrancisco. 877 p.

Subasinghe, S. 1992. **Infofish technical handbook 6 th : Shark fin , sea cucumber and jelly fish**. A processor's guide. Colorcom Grafik Sistem Sdn.Bhd. , Kuala Lumpur. 31 p.

The Committee on Textbooks of The American Meat Institute. 1985. **By –products of the meat packing industry**. Institute of Meat Packing, University of Chicago, Chicaco. 418 p.

Thienprasert, A., W. Worawattanamateekul, S. Chandkrachang, C. Choi and C. Rha. 1997.

Physical properties of sodium alginate extracted from **Chnoospora minima** (Phaeophyta) from Thailand, pp. 255-259. **In Proc. 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference and 3rd Asia-pacific Conference on Algal Biotechnology**. Phuket, Thailand.

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

Vannuccini, S. 1999. **Shark utilization, marketing and trade**. FAO Fisheries Technical Paper, No. 389. 470 p.

Ward. A.G. and A. Courts. 1977. **The science and technology of gelatin**. Academic Press, London. 564 p.

Wataru, K., S. Miyazaki and D. Attwood. 2003. Oral sustained delivery of paracetamol from in situ-gelling gellan and sodium alginate formulations. **Inter. J. Pharma.** 258 : 55-64.

Wedlock, D.J. and B.A. Fasihuddin. 1990. Effect of formaldehyde pre-treatment on the intrinsic viscosity of alginate from various brown seaweeds. **Food Hydrocol.** 4 (1): 41-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Wedlock, D.J., B.A. Fasihuddin and G. O. Phillips. 1986. Characterisation of alginates from Malasia. In **Gums and Stabilisers for Food Industry 3**. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Weiser, H.B. 1946. **Colloid Chemistry**. John Wiley and Sons, New York. 428 p.
- Whistler, R. and J.R. Daniel. 1990. Function of polysaccharides in food, pp. 395-423. In A.L. Branen, P.M. Davidson and S. Salinen, eds. **Food additive**. Marcel Dekker, New York.
- Xie, Z.P., X. Wang, Y. Jia and Y. Huang. 2003. Ceramic forming based on gelation principle and process of sodium alginate. **Materials Letters**. 57: 1635-1641.
- Yoshimura , M., T. Takaya, and K. Nishinari. 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.
- Yoshimura , M., T. Takaya, D. Hozen, T. Ebato, Y. Nomura, Y. Ishii and K. Nishinari. 2000. Physical properties of shark gelatin compare with pig gelatin. **J. Agricult. and Food Chem.** 48 (6): 2023-2027.
- 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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ภาชนะหาคความชื้น
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาคความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชม. แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.
3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาคความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาคความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชม. นำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้น นำเข้าตู้อบอีก กระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชุดสกัดไขมัน ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอกลิต เครื่องควบแน่น และเตาให้ความร้อน
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอกลิต
4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชม. โดยปรับความร้อนให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. เมื่อครบ 14 ชม. นำหลอดตัวอย่างออกจากซอกลิต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย
7. นำขวดหาไขมันไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจดาคาด (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน ขนาด 250-300 มล.
2. ชุคกลับโปรตีน
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มล.
5. ปิเปต ขนาด 5 10 มล.
6. บิวเรต ขนาด 25 มล.
7. ลูกแก้ว
8. กระจกยกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต 1 ส่วน ต่อ โปแตสเซียมซัลเฟต 9 ส่วน
3. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และโซเดียมไฮโอซัลเฟต 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มัล
5. อินดิเคเตอร์ ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ซิงเมธิลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มล. และซิงเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอทานอล 50 มล.) นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วนต่อเอทานอล 1 ส่วนต่อน้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้

มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล.
3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควั่นจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยให้เย็น
4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปข้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อ จนเกิดควันของกรดซัลฟูริก ปล่อยให้เย็น
5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน ให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.
6. จัดอุปกรณ์กลั่น
7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียวรี่แล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควมแน่นจุ่มลงในสารละลายกรด
8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.
9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควมแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
10. ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีม่วง
11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times 6.25}{W}$$

W

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ ไตเตรทตัวอย่าง (มล.)

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ ไตเตรท blank (มล.)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (N)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผา
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เมาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. ปิด สวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำถ้วย กระเบื้องเคลือบออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วนำมาชั่ง น้ำหนัก
2. เมาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอน นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และกระทำ เช่นเดียวกันกับข้อ 1 ถึง 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5. วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

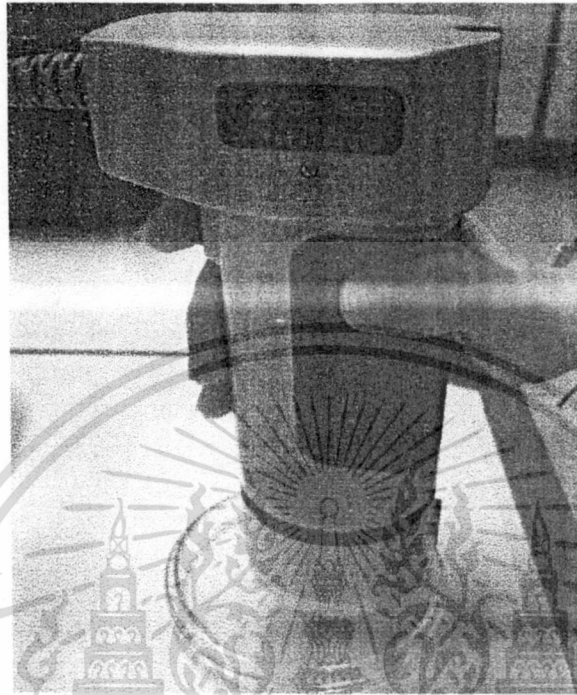
การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ จะต้องหาองค์ประกอบทางเคมีอย่างอื่น เป็นร้อยละก่อน ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า แล้วนำค่าทั้งหมดดังกล่าวมารวมกัน ผลต่างระหว่าง 100 กับค่ารวมของความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า จะเป็นค่าของคาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า})$$

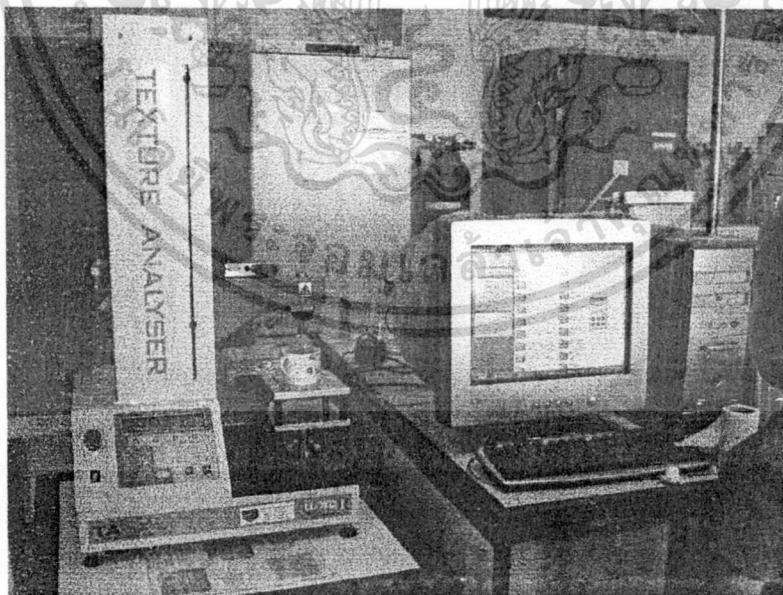
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

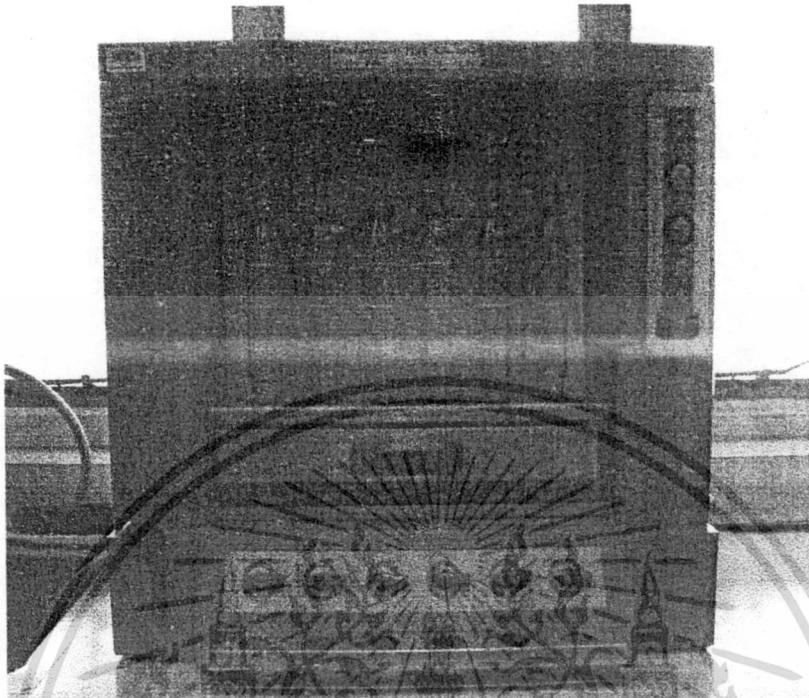


ภาพผนวก ข1 เครื่องวัดตัวของมินอลต้า รุ่น CR-300



ภาพผนวก ข2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหารของ LLOYD รุ่น TA plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

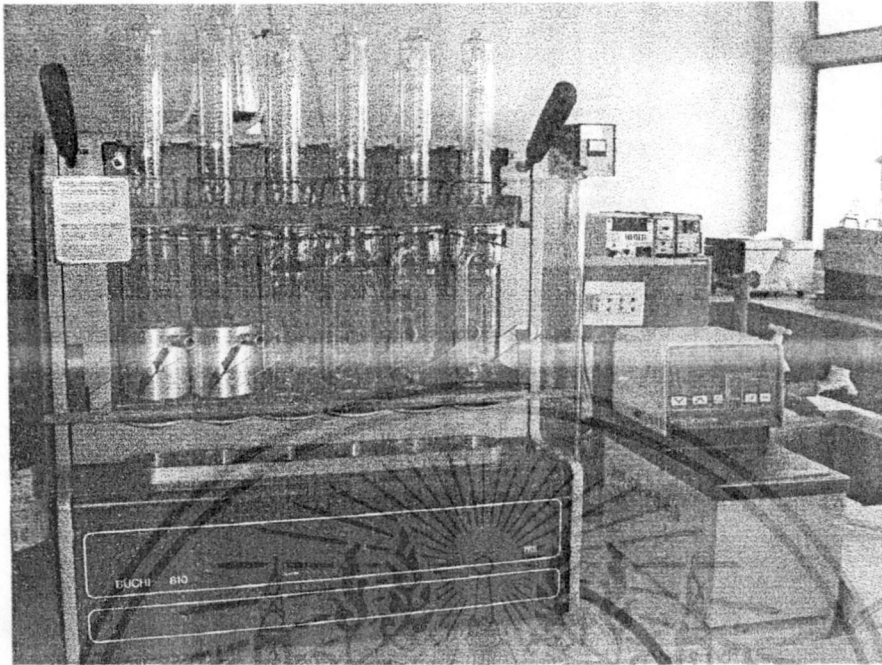


ภาพผนวก ข3 เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ FIWA (VELP)

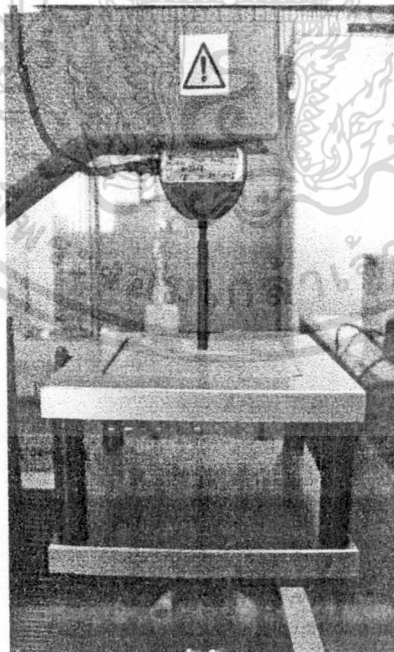


ภาพผนวก ข4 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน รุ่น Vapodest 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

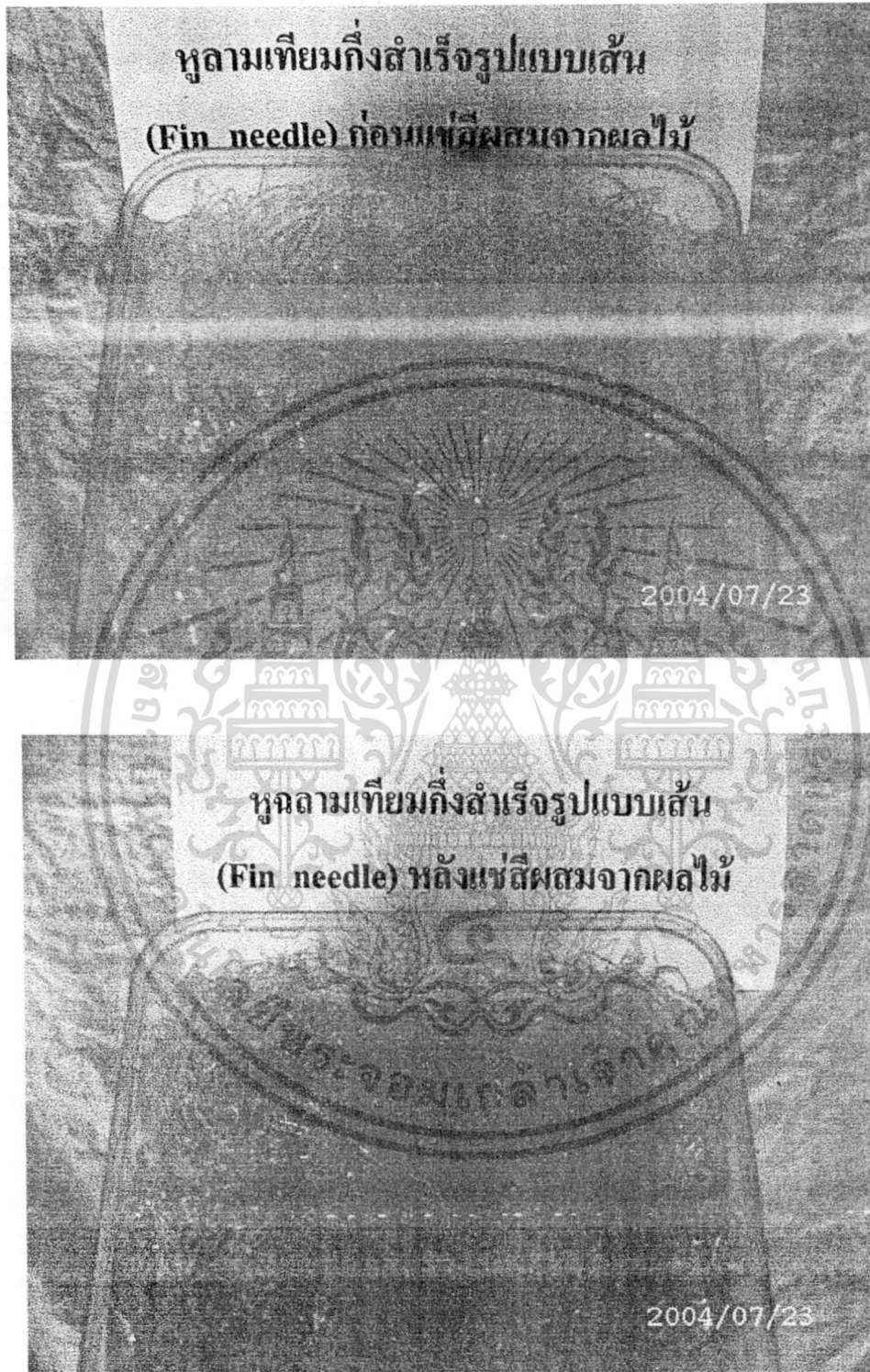


ภาพผนวก ข5 เครื่องวิเคราะห์ไขมันรุ่น BüCHI 810 Soxhlet



ภาพผนวก ข6 การวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวก ข7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หูดามเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b*

อุปกรณ์

เครื่องวัดสีของมินอลต้ารุ่น CR – 300

วิธีการ

1. วิธีการเซตค่า

กดปุ่ม index set แล้วกดปุ่มวนขึ้นหน้าจอให้เลือก light source หรือ D₆₅ แล้วกดปุ่ม enter

2. วิธีการ calibrate เครื่อง CR-300

กดปุ่ม calibrate หน้าจอจะขึ้นค่า Y.....x.....y ใส่ค่าตรงกับแหล่งกำเนิดแสงที่เลือก คือ C หรือ D₆₅ ตามค่าที่ให้มาในแผ่น white plate (ใช้ปุ่ม ← → เพื่อเลื่อนตำแหน่งให้ตรงกับค่าที่จะใส่)

กดปุ่ม color space select เพื่อให้หน้าจอขึ้นค่า L.....a.....b..... เพื่อจะใช้ในการวัดสี

ต่อไป

3. วิธีการวัดสีแบบทั่วไป

นำหัววัดวางบนตัวอย่าง กดปุ่ม measure (ที่หัววัดหรือที่เครื่อง) จะได้ค่าสี L.a.b

4. วิธีการวัดแบบหาค่าเฉลี่ย

กดปุ่ม all data clear กด enter เพื่อล้างข้อมูลเก่า นำหัววัดวางบนตัวอย่าง กดปุ่ม measure วัดครั้งที่ 1 2 3 4 5 จากนั้นกดปุ่ม statistical กด enter หาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซุบหุจฉลามเทียม (โທဲຈອງ, 2525)

ส่วนประกอบ

1. หุจฉลามกึ่งสำเร็จรูปแบบเส้น	3	กก.
2. เนื้อไก่	1	กก.
3. เนื้อปู	1	กก.
4. เห็ดหอมแห้ง	0.5	กก.
5. ไข่ไก่	2	ฟอง
6. แป้งมัน	2	ถ้วยตวง
7. ซอสปรุงรส	1	ถ้วยตวง
8. เกลือ	1	ช้อนโต๊ะ
9. ลูกอมหั่นดี	1	ลูก
10. ผักชี	1	กรัม
11. พริกไทยป่น	2	ช้อนโต๊ะ
12. น้ำ	5	ลิตร

วิธีการ

1. เตรียมน้ำซุบ โดยต้มน้ำกับลูกอมหั่นดีจนเดือดปรุงรสด้วยเกลือ พริกไทย ซอสปรุงรส
2. หั่นเนื้อไก่เป็นรูปลูกเต๋า หมักกับซอสปรุงรส
3. หั่นเห็ดหอมเป็นชิ้นบาง
4. ใต๋ หุจฉลาม เนื้อไก่ เนื้อปู และเห็ดหอมในน้ำซุบ
5. ละลายแป้งมันในน้ำเย็น ใต๋ลงในน้ำซุบ
6. ตีไข่ให้เป็นฟอง ใต๋ลงในน้ำซุบ
7. โรยผักชีพริกไทย พร้อมรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ1 การสำรวจตลาดการค้าหุ้ฉลลลลลในเขตกรุงเทพมหานคร

ส่วนที่ 1. การศึกษาแนวโน้มทางการตลาดและความพึงพอใจของพ่อค้าหุ้ฉลลลลต่อการเลือกซื้อเลือกซื้อหุ้ฉลลลล

คุณสมบัติและปัจจัยที่สำคัญในการซื้อหุ้ฉลลลล	คะแนนความพึงพอใจ (เลข 10 หมายถึงความพึงพอใจมากที่สุด)									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ชื่อเสียงของผู้จัดหา										
ความแน่นอนของการซื้อขาย										
ขนาดของครีบ										
ความยาวของครีบ										
ชนิดของครีบ										
ครีบหาง										
ครีบหลัง										
ครีบหู										
สีของครีบที่ผ่านการระบวณการทำแห้ง										
การตัด										
ราคาในท้องตลาด										
พันธุ์ปลาลลลล										
ลลลลลลลล										
ลลลลลลลลลลลล										
ลลลลลลลล										
ลลลลลล										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ผู้จัดหาผลิตภัณฑ์หุ้ลลลลล

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> ผู้ส่งออกอาหารทะเลจากต่างประเทศ | <input type="checkbox"/> ผู้นำเข้าอาหารทะเลท้องถิ่น |
| <input type="checkbox"/> พ่อค้าขายส่งอาหารทะเลท้องถิ่น | <input type="checkbox"/> พ่อค้าขายส่งอาหารแห้งท้องถิ่น |
| <input type="checkbox"/> ผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์ | <input type="checkbox"/> นายหน้า / ผู้ค้าขายท้องถิ่น |
| <input type="checkbox"/> คนขายของตามท้องถนนท้องถิ่น | <input type="checkbox"/> อื่น ๆ |

3 ปริมาณการซื้อ (มวลรวม)ต่อปี

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> น้อยกว่า 10 เมตริกตัน | <input type="checkbox"/> 10-20 เมตริกตัน |
| <input type="checkbox"/> 21-30 เมตริกตัน | <input type="checkbox"/> 31-40 เมตริกตัน |
| <input type="checkbox"/> 41-50 เมตริกตัน | <input type="checkbox"/> มากกว่า 50 เมตริกตัน |

4 ปัญหาในการค้าหุ้ลลลลลของท่าน

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> จำนวนหุ้ลลลลลน้อยลง | <input type="checkbox"/> ขนาดของหุ้ลลลลลเล็กลง |
| <input type="checkbox"/> ชนิดของหุ้ลลลลลน้อยลง | <input type="checkbox"/> ราคาขายส่งของหุ้ลลลลลสูงขึ้น |
| <input type="checkbox"/> ต้นทุนการผลิตหุ้ลลลลลสูงขึ้น | <input type="checkbox"/> ความต้องการของตลาดน้อยลง |
| <input type="checkbox"/> เงินทุนที่ใช้ในการจัดซื้อ | <input type="checkbox"/> สินค้าค้างสต็อกมาก |
| <input type="checkbox"/> อื่น ๆ | |

ภาคผนวก จ2 ใบรายงานผลการทดสอบการให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์ หุจถลามเทียม

ผู้ทดสอบ วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบผลิตภัณฑ์ แล้วให้คะแนนความชอบ ในแต่ละคุณลักษณะของ
หุจถลามเทียม ตามคำอธิบายข้างล่างนี้ และกรุณาคัดมีน้ำทุกครั้งหลังชิมตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

สี

ความยืดหยุ่น

ความแข็ง

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ3 ใบรายงานผลการทดสอบการให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์ หุ้ลตามเทียม

ผู้ทดสอบ วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบผลิตภัณฑ์ แล้วให้คะแนนความชอบ ในแต่ละคุณลักษณะของ
หุ้ลตามเทียม ตามคำอธิบายข้างล่างนี้ และกรุณาติ้มน้ำทุกครั้งหลังชิมตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

ความยืดหยุ่น

ความแข็ง

ความยากง่ายในการเคี้ยว

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 3 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ตามคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

1. ชาย 2. หญิง

2. อายุ

1. 15-25 ปี 2. 26-35 ปี
 3. 36-45 ปี 4. >45 ปี

3. ระดับการศึกษา

1. ประถมศึกษา 2. มัธยมศึกษา/อนุปริญญา
 3. ปริญญาตรี 4. สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

1. 10,000 บาท 2. 10,001-20,000 บาท
 3. 20,001- 50,000 บาท 4. >50,000 บาท

5. อาชีพ

1. นิสิต/นักศึกษา 2. ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ
 3. รัฐวิสาหกิจ 4. พนักงานเอกชน
 5. ธุรกิจส่วนตัว 6. แม่บ้าน
 7. ค้าขาย 8. อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซุบน้ำตาลเทียม

คำอธิบาย : ผลิตภัณฑ์ซุบน้ำตาลเทียม ประกอบด้วย น้ำตาลเทียมที่ผลิตจากเจลาตินและ
ไซเตียมอัลจิเนต ฟู เห็ดหอม เนื้อไก่

1. กรุณาชิมผลิตภัณฑ์ซุบน้ำตาลเทียม แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนความชอบ
ด้านล่างให้ตรงกับความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ปัจจัย	ชอบ มาก ที่สุด	ชอบ มาก	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ เล็กน้อย	เฉย ๆ	ไม่ชอบ เล็กน้อย	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ ชอบ มาก	ไม่ ชอบ ที่สุด
สี									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบ รวม									

2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ซุบน้ำตาลเทียมหรือไม่

1. ยอมรับ 2. ไม่ยอมรับ

3. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่าย ท่านคิดจะซื้อหรือไม่

1. ซื้

ท่านจะซื้อผลิตภัณฑ์ซุบน้ำตาลเทียม ขนาด 500 มิลลิลิตร (1 ถ้วย)

ราคากี่บาท.....บาท

2. ไม่ซื้อเพราะ.....

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นางสาวมารีสา จาคูพรพิพัฒน์

เกิด วันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2510

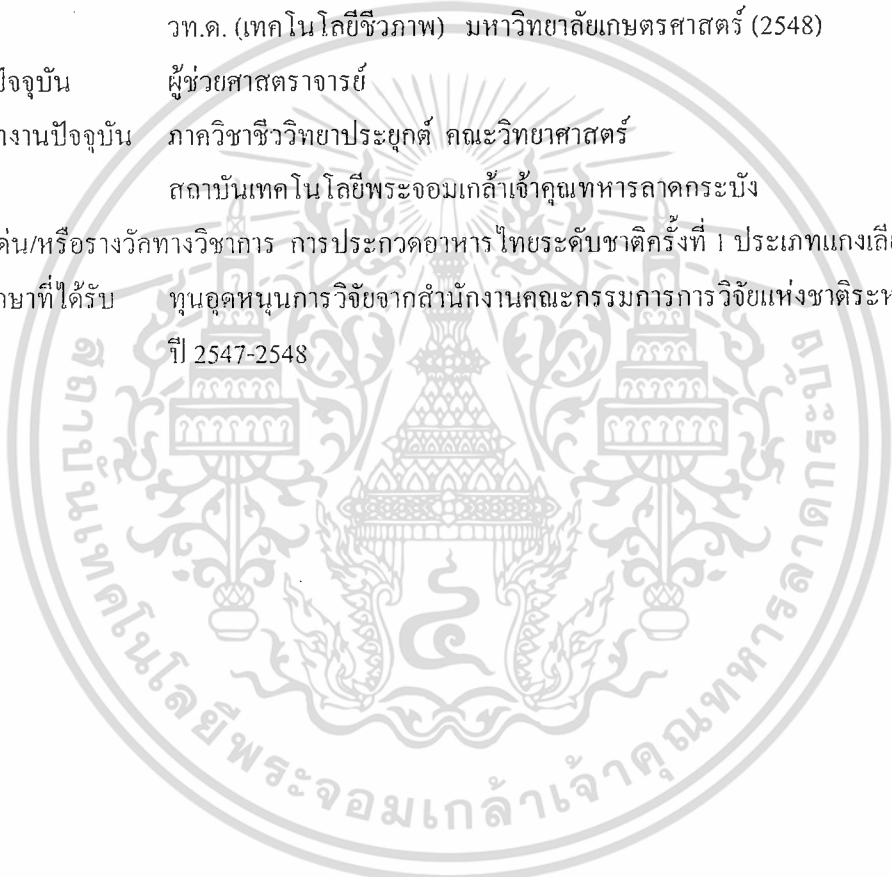
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดตรัง

ประวัติการศึกษา วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา (2532)
 วท. ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2537)
 วท.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2548)

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานดีเด่น/หรือรางวัลทางวิชาการ การประกวดอาหารไทยระดับชาติครั้งที่ 1 ประเภทแกงเลียง
 ทูลการศึกษาที่ได้รับ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติระหว่าง
 ปี 2547-2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้