



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ความสำคัญของสาหร่ายทะเล

สาหร่ายเป็นทรัพยากรจากทะเลที่สำคัญ เพราะเป็นแหล่งผลิตอาหารเริ่มต้นของระบบนิเวศน์ในน้ำ ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายทะเลสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมต่างๆ ได้มากมาย มนุษย์รู้จักนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานกว่า 4,000 ปีมาแล้ว (5) ในประเทศจีน เมื่อประมาณ 3,000 ปีก่อนคริสต์ศักราชมีบันทึกการนำสาหร่ายทะเลมาใช้ทำยา โดยนายแพทย์ชื่อ (Shen-Nung) และระหว่าง 500 -600 ปี ก่อนคริสต์ศักราช สมัยขงฟู่จื้อ (Confucius) ได้กล่าวถึงการนำสาหร่ายทะเลมาประกอบอาหาร (6) ในศตวรรษที่ 20 จึงได้นำสิ่งสกัดจากสาหร่ายทะเลมาใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม (5) สารสกัดจากสาหร่ายทะเลหรือสารไฟโคคอลลอยด์ที่สำคัญได้แก่ วุ้น (Agar) คาร์ราจีแนน (carrageenan) และแอลจิน (algin)

แอลจินหรือแอลจิเนตเป็นสิ่งที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลทุกชนิดใน Division Phaeophyceae (7) พบครั้งแรกโดย Stanford ในปี พ.ศ.2423 ซึ่งอยู่ในรูปสารไม่บริสุทธิ์ มีสิ่งเจือปนอยู่ทำให้เราเข้าใจว่าเป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (8) หลังจากนั้นไม่นาน Krefling สามารถแยกกรดแอลจินิก (alginic acid) บริสุทธิ์ออกได้ จึงทำให้มีการสกัดแอลจิเนตในระดับอุตสาหกรรมตามมาในปี พ.ศ.2472 ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (9) จากนั้นเป็นต้นมาปริมาณความต้องการแอลจิเนตก็เพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ โดยในปี พ.ศ.2529 มีผู้ประมาณปริมาณความต้องการใช้เติมแอลจิเนตในตลาดโลกมีถึง 20,000 ถึง 24,000 ตันต่อปี (1)

2.2 สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล

สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่ มักจะใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดแอลจิเนตในระดับอุตสาหกรรม ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการเลือกสาหร่ายที่ใช้เป็นวัตถุดิบ คือ ลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติของแอลจิเนตที่มีอยู่ในสาหร่ายชนิดนั้น (1) ลักษณะเฉพาะได้แก่ สามารถพบได้ทั่วไป มีการเจริญเติบโตเร็วและมีจำนวนมากเพียงพอ ตัวอย่างสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่นำมาใช้สกัดแอลจิเนต ดังแสดงในตารางที่ 2.1 วัตถุดิบที่สำคัญคือ Macrocystis, Laminaria และ

Ascophyllum รองลงมาคือ Durvillea, Ecklonia, Lessonia และ Nereocystis วัตถุประสงค์ที่สำคัญในเขตร้อน ได้แก่ Sargassum และ Turbinaria แต่จะให้แอลจีเนตที่คุณภาพไม่ดี มีความหนืดต่ำ

ตารางที่ 2.1 สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่เป็นวัตถุดิบในการสกัดแอลจีเนต (8)

ชนิดของสาหร่ายทะเล	ปริมาณร้อยละของแอลจีเนตที่มีในสาหร่ายแห้ง
<u>Laminaria digitata</u>	15.0 - 40.0
<u>Ascophyllum</u> sp.	18.8 - 23.0
<u>Fucus serratus</u>	18.0 - 28.0
<u>Ecklonia radiata</u>	29.6 - 38.0
<u>Macrocystis</u> sp.	13.0 - 24.0
<u>Nereocystis</u> sp.	14.0 - 20.0
<u>Durvillea willana</u>	37.0 - 40.5
<u>Sargassum</u> sp.	13.0 - 34.6
<u>Turbinaria decurrens</u>	16.3 - 26.3

ฝั่งทะเลของประเทศไทยมีความยาวทั้งสิ้น 2,614.40 กิโลเมตร (10) แบ่งเป็นชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทย 1,874.80 กิโลเมตร และชายฝั่งทะเลด้านมหาสมุทรอินเดียยาว 739.60 กิโลเมตร จากการศึกษาสาหร่ายทะเลตามชายฝั่งทะเลของประเทศไทยจัดว่ามีความอุดมสมบูรณ์ทั้งชนิดและปริมาณ แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าการศึกษาสาหร่ายทะเลในประเทศไทยนั้นเป็นการศึกษาชนิดและการกระจายของสาหร่ายทะเลเหล่านี้ตามชายฝั่งทะเลเขตต่างๆ โดยไม่มีการศึกษาเชิงปริมาณอย่างแท้จริง ทำให้ยากในการประเมินผลผลิตสาหร่ายทะเลในแหล่งธรรมชาติ นอกจากนี้การศึกษาชนิดและการกระจายของสาหร่ายทะเลมักทำในระยะเวลาน้อยเท่านั้น การศึกษาผลผลิตของสาหร่ายทะเลมีความจำเป็นมากต่อการประเมินสถานการณ์การผลิตสาหร่ายทะเลในปัจจุบัน เพื่อให้ประกอบการพิจารณาแนวทางการเพาะเลี้ยงและการวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตสาหร่ายทะเลในอนาคต (11) การสำรวจการกระจายของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลในประเทศไทย ได้รวบรวมและนำเสนอในตารางที่ 2.2 ถึง 2.4

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบชนิด (species composition) และการกระจายของสาหร่ายทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนบนตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ไปจนถึงจังหวัดตราด (11) (* สาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ)

ชนิดของสาหร่ายทะเล	แหล่งที่พบสาหร่ายทะเล		
	1	2	3
PHAEOPHYTA - Brown Algae			
Ectocarpaceae			
<u>Ectocarpus simpliciusculus</u>			+
Sphacelariaceae			
<u>Sphacelaris furcigera</u>			+
Encoeliaceae			
<u>Encoelinum clathratum</u>	+	+	+
<u>E. sinosum</u>			+
Punctariaceae			
<u>Colpomenia</u> sp.			+
<u>C. sinosa</u>			+
<u>Hydroclathrus</u> sp.			+
<u>H. cancellatus</u>			+
<u>H. clatratus</u>			+
<u>Rosenvingea</u> sp.			+
<u>R. intricata</u>			+
Dictyotaceae			
<u>Dictyota</u> sp.			+
<u>D. Barteyresiana</u>			+
<u>D. dichotoma</u>		+	+
<u>D. dichotoma</u>			+
<u>D. divaricata</u>			+
<u>Pocockiella</u> sp.			+
* <u>Padina</u> sp.			+
* <u>P. australis</u>			+

ชนิดของสาหร่ายทะเล	แหล่งที่พบสาหร่ายทะเล		
	1	2	3
* <i>P. boryana</i>			+
* <i>P. commersonii</i>			+
* <i>P. distromatica</i>			+
* <i>P. gymnospora</i>			+
* <i>P. japonica</i>			+
* <i>P. minor</i>			+
* <i>P. pavonica</i>			+
* <i>P. tetrastrumatica</i>	+	+	+
Fucaceae			
* <i>Sargassum</i> sp.			+
* <i>S. polycystum</i>			+
<i>Cystoseira latifrons</i>			+
* <i>Turbinaria</i> sp.			+
Other Phaeophyta			
<i>Asperococcus</i> sp.			+
<i>Halisevis</i> sp.			+
<i>Zonaria</i> sp.			+

หมายเหตุ :-

แหล่งที่พบสาหร่ายทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนบน

แหล่งที่ 1 บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกตั้งแต่ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี จนถึงสมุทรสงคราม

แหล่งที่ 2 บริเวณเขตชายฝั่งทะเลตั้งแต่จังหวัดสมุทรสาคร กรุงเทพฯ และสมุทรปราการ

แหล่งที่ 3 บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกตั้งแต่ละแวกเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบชนิด (species composition) และการกระจายของสาหร่ายทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างตั้งแต่จังหวัดชุมพร ถึง นราธิวาส (11) (* สาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ)

ชนิดของสาหร่ายทะเล	แหล่งที่พบสาหร่ายทะเล	
	1	2
PHAEOPHYTA		
Ectocarpaceae		
<u>Ectocarpus</u> sp.	+	
Dictyotaceae		
* <u>Dictyota</u> sp.	+	+
* <u>D. barteyresiana</u>		+
* <u>D. dichotoma</u>		+
* <u>D. dentata</u>		+
* <u>Padina</u> sp.	+	
* <u>P. boryana</u>		+
* <u>P. gymnospara</u>	+	
* <u>P. minor</u>		+
* <u>P. pavonica</u>		+
* <u>Pocockiella variegata</u>		+
Punctariaceae		
<u>Colpomenia sinrosa</u>		+
Fucaceae		
* <u>Sargassum</u> sp.		+
* <u>S. polycystum</u>	+	
* <u>Turbinaria</u> sp.	+	

หมายเหตุ : แหล่งที่พบสาหร่ายทะเลในอ่าวไทยตอนล่าง
 แหล่งที่ 1 บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช
 แหล่งที่ 2 บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดสงขลา ปัตตานี และนราธิวาส

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบชนิดและการกระจายของสาหร่ายทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน (1) (* สาหร่ายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ)

ชนิดของสาหร่ายทะเล	แหล่งที่พบสาหร่ายทะเล	
	1	2
PHAEOPHYTA - Brown Algae		
Punctariaceae		
<u>Chnoospora</u> sp.	+	
Ectocarpaceae		
<u>Ectocarpus simpliciusculus</u>	+	
<u>Giffordia</u> sp.		+
Sphacelariaceae		
<u>Sphacelaria</u> sp.		+
<u>S. furcigera</u>	+	+
Punctariaceae		
<u>Rosenvingea</u> sp.	+	
Dictyotaceae		
* <u>Dictyota</u> sp.	+	+
<u>D. bartayresii</u>	+	
<u>D. delicatula</u>	+	
<u>D. dichotoma</u>	+	
* <u>Padina</u> sp.	+	
* <u>P. australis</u>	+	+
* <u>P. boryana</u>	+	
* <u>P. tenuis</u>	+	+
* <u>P. distromatica</u>	+	
* <u>P. minor</u>	+	
<u>Padina tenuis</u>	+	
<u>Pocockiella variegata</u>	+	
Fucaceae		
* <u>Sargassum</u> sp.	+	+
* <u>S. grevillei</u>	+	
* <u>Turbinaria decurrens</u>	+	+
* <u>T. conoides</u>	+	+
* <u>T. tricostata</u>	+	+
* <u>T. turbinata</u>	+	

หมายเหตุ : แหล่งที่พบสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน
 แหล่งที่ 1 บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต
 แหล่งที่ 2 บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดกระบี่ ตรัง และสตูล

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล 5 สกุล ต่อไปนี้ คือ Chnoospora, Hydroclathrus, Padina, Sargassum และ Turbinaria เนื่องจากเป็นสาหร่ายที่สามารถพบได้ในปริมาณมาก และมีปริมาณแอลจิเนตอยู่พอสมควร ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ชนิดของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่ใช้สกัดและปริมาณกรดแอลจิินิกที่สกัดได้

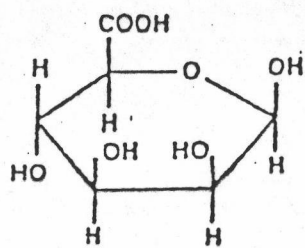
ชนิดของสาหร่าย	ร้อยละของกรดแอลจิินิกที่สกัดได้ต่อสาหร่ายแห้ง		
	ขวัญชัย (12)	Anglo (13)	Sulit (14)
<u>Turbinaria</u>	5.1	11.83 - 32.31	20.09
<u>Sargassum</u>	14 - 17.4	10.15 - 24.12	28.02 - 30.65
<u>Padina</u>	2.0	10.15 - 24.12	-
<u>Hydroclathrus</u>	-	7.10 - 20.40	18.62
<u>Chnoospora</u>	-	21.10	-

2.3 โครงสร้างของกรดแอลจิินิก

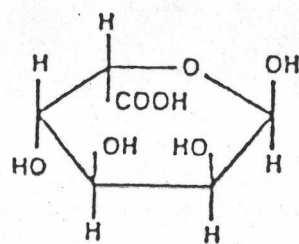
กรดแอลจิินิกมีลักษณะเป็น linear polymer ซึ่งประกอบด้วย monomeric unit 2 ชนิด คือ D - mannuronic acid และ L - guluronic acid (1) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ถึง 2.3 พอลิเมอร์ของกรดแอลจิินิกเกิดโดยการเชื่อมต่อของ monomer ที่ตำแหน่งคาร์บอนที่ 1 และคาร์บอนที่ 4 โดยสายพอลิเมอร์ที่สร้างขึ้นนี้มี 3 ชนิดคือ

1. G blocks ซึ่งประกอบด้วย L - guluronic acid เพียงอย่างเดียวซึ่งมี conformation เป็นแบบ 1C ทำให้สายพอลิเมอร์มีลักษณะคดไปมาแบบฟันเลื่อย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 G blocks มีความสำคัญต่อการเกิดเจล ถ้ามีมาก gel strength จะสูง

2. M blocks ซึ่งประกอบด้วย D - mannuronic acid เพียงอย่างเดียวซึ่งมี conformation เป็นแบบ C1 ทำให้สายพอลิเมอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

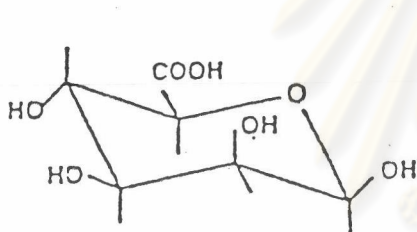


β - D - Mannuronic Acid

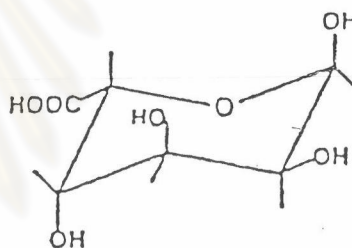


α - L - Guluronic Acid

รูปที่ 2.1 Haworth formulas ของกรดแมนนูโรนิก และกรดกลูโรนิก (1)

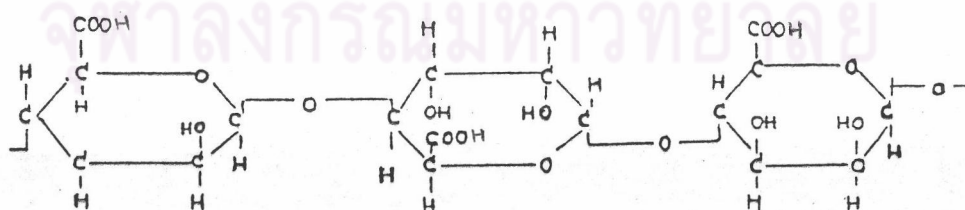


β - D - Mannuronic Acid

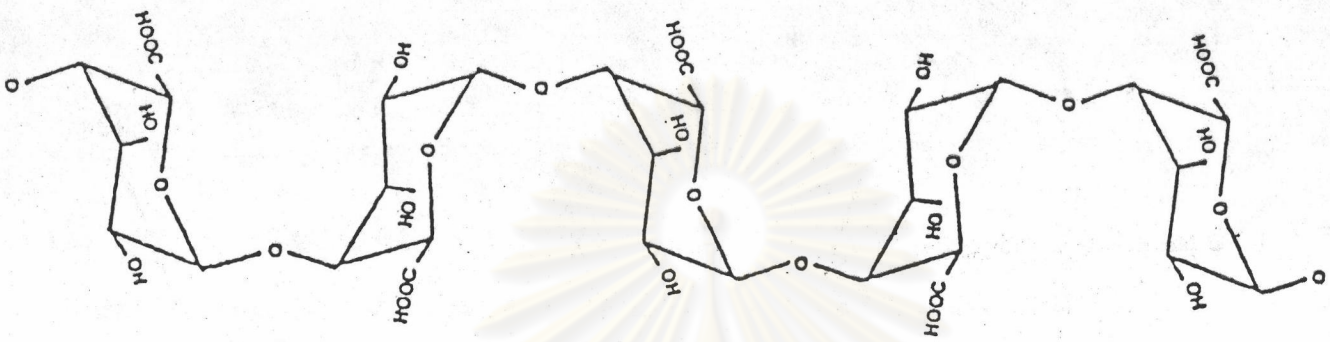


α - L - Guluronic Acid

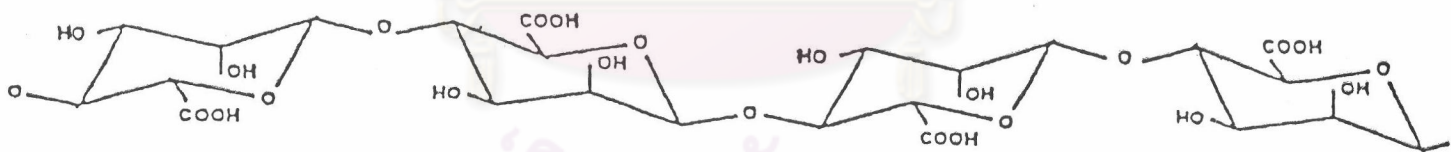
รูปที่ 2.2 Chair formulas ของกรดแมนนูโรนิก และกรดกลูโรนิก (1)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของกรดแอลจีนิค



รูปที่ 2.4 พอลิเมอร์ ของกรดแอล-กลูโรนิก แบบ G Block (1)



รูปที่ 2.5 สายพอลิเมอร์ของกรดแมนนูโรนิก แบบ M Block (1)

3. MG blocks ซึ่งประกอบด้วยทั้ง D - mannuronic acid และ L - guluronic ซึ่งอัตราส่วนของ MG blocks ในแอลจีเนตจะมีผลต่อการละลายของแอลจีเนตในกรด อัตราส่วนของกรดแมนนูโรนิกและกรดกลูโรนิก (the M/G ratio) ในแอลจีเนตมีผลต่อคุณสมบัติของแอลจีเนต จึงมีผู้พยายามหาวิธีวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2.6 และ 2.7 พบว่าสาหร่ายที่มี M/G ratio ต่ำจะให้แอลจีเนตที่มีคุณภาพดี

กรดแอลจีนิคนี้จะพบอยู่ที่บริเวณผนังเซลล์ชั้นนอก และที่ช่องว่างระหว่างเซลล์ (inter-cellular space) ของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล โดยจะอยู่ในรูปของเกลือแอลจีเนตที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เกลือแคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม (9) ส่วนผนังเซลล์ชั้นในเป็นเซลลูโลส

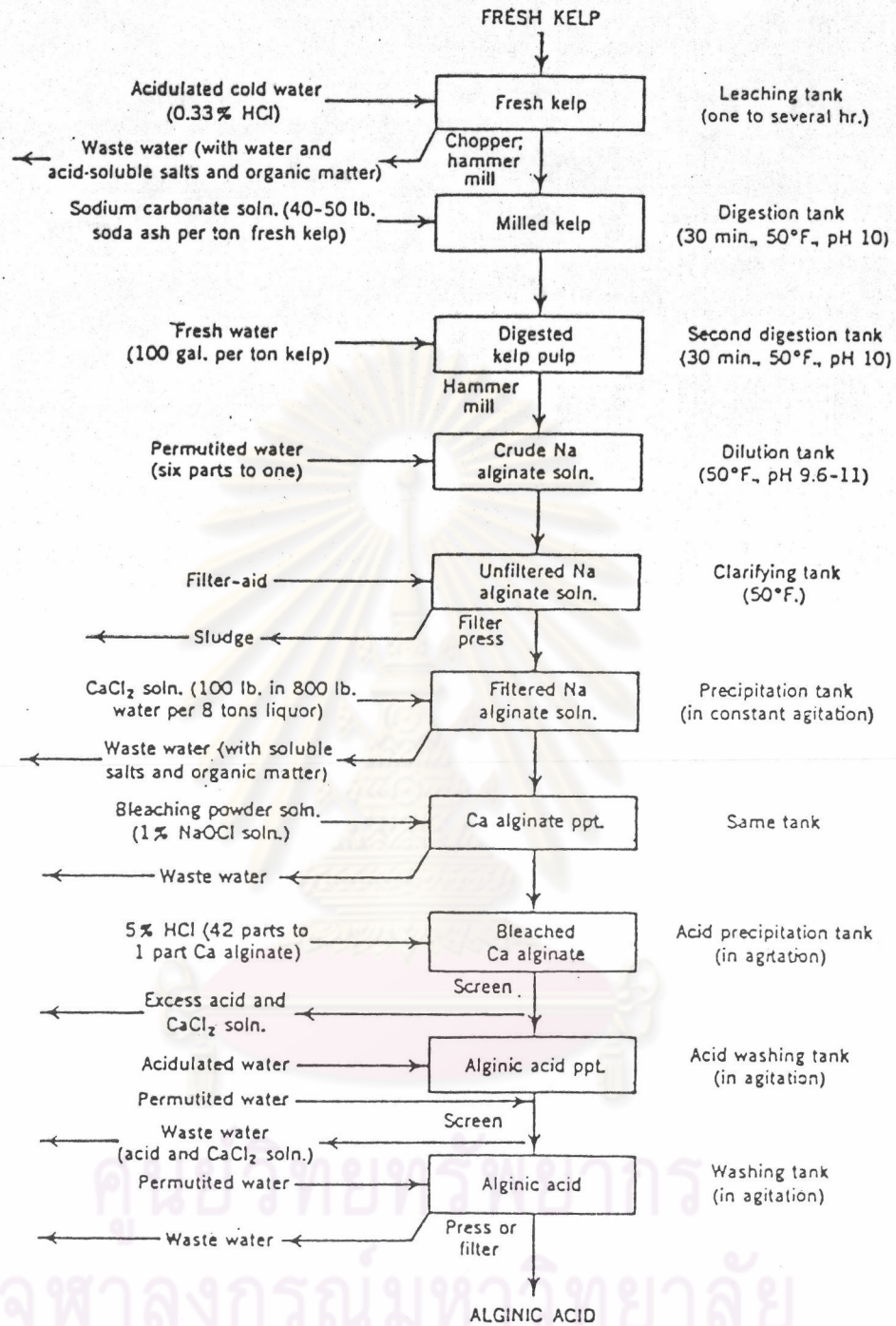
2.4 กระบวนการสกัดแอลจีเนต

แอลจีเนตที่อยู่ในสาหร่ายจะเป็นรูปเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นกระบวนการสกัดคือเปลี่ยนแอลจีเนตในรูปของเกลือที่ไม่ละลายน้ำที่ผสมกันอยู่ ให้กลายเป็นเกลือที่ละลายน้ำเพื่อสะดวกแก่การสกัด กระบวนการสกัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นหลักมี 2 วิธีคือ

2.4.1 กระบวนการสกัดแอลจีเนตโดย Green's Process (15) ดังรูปที่ 2.6 วิธีนี้เป็นการสกัดโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ เพียง 10 องศาเซลเซียส เหมาะกับสาหร่ายสด ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และไม่เกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชัน (depolymerization) ของกรดแอลจีนิคขณะทำการสกัด การสกัดเริ่มจากนำสาหร่ายทะเลสดมาชะล้างด้วยกรดเจือจางเพื่อแยกเกลือแร่ออก เป็นเวลา 3 ชั่วโมงถึง 1 วัน นำสาหร่ายเข้าเครื่องบด ตัดให้มีขนาดเล็กแล้วนำไปย่อยสลาย (digestion) ใน 40 - 50 ปอนด์ของโซเดียมคาร์บอเนตต่อตันของสาหร่าย pH ประมาณ 10 เป็นเวลา 30 นาที ถึง 1 วัน บดของผสมที่ย่อยสลายแล้วให้ละเอียดพ่นผ่านตะแกรงขนาด 30 ช่องต่อตารางเซนติเมตร แล้วเติมน้ำอ่อนลงไป 6 เท่า โดยปริมาตรจนได้สารละลายข้นเหนียวของโซเดียมแอลจีเนตพอเหมาะที่จะกรองผ่านเครื่องกรองใช้ความกดดันหรือจะทิ้งให้ของแข็งตกตะกอนจนได้สารละลายส่วนใสก็ได้ เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไปพร้อมกับกวนตลอดเวลาจะได้ตะกอนของแคลเซียมแอลจีเนตกรองเอาตะกอนนี้ออกแล้วเติมน้ำลงไป การฟอกสีอาจจะกระทำได้ในขั้นตอนนี้ ด้วยการใส่สารละลายร้อยละ 1 ของโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaClO) เติมลงไปคนให้เข้ากัน เสร็จแล้วแยกน้ำออก เปลี่ยนแคลเซียมแอลจีเนตให้เป็นกรดแอลจีนิค ด้วยการเติมกรดกำมะถันหรือกรดเกลือ ปรับ pH ให้ได้ 1.9 กรองตะกอนของกรดแอลจีนิคที่เกิดขึ้นล้างให้หมดกรดแล้วอบให้แห้ง หรือทำให้อยู่ในลักษณะของโซเดียมแอลจีเนตโดยการเติมโซเดียมแอลจีเนตลงไปในการ

ตารางที่ 2.7 ปริมาณร้อยละของโครงสร้างสายพอลิเมอร์ 3 ชนิด จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล ชนิดต่าง ๆ (1)

Alginate from	Polymannuronic segments (M - type, %)	Polyguluronic segments (G - type, %)	Mixed segments (MG - type, %)
<u>Ascophyllum nodosum</u>	35.0	13.0	52.0
	38.4	20.7	41.0
	37.8	21.4	40.8
	40.0	20.0	40.0
<u>Laminaria digitata</u>	43.0	23.0	34.0
	49.0	25.0	26.0
<u>Laminaria hyperborea</u>	20.3	49.3	30.4
	23.1	43.3	33.7
fronds	43.0	31.0	26.0
stipes	15.0	60.0	25.0
stipes	18.7	58.6	22.7
stipes	22.0	64.2	13.8
stipes	26.0	66.0	8.0
<u>Laminaria japonica</u>	36.0	14.0	50.0
<u>Macrocystis pyrifera</u>	40.6	17.7	41.7
	36.5	18.5	45.0



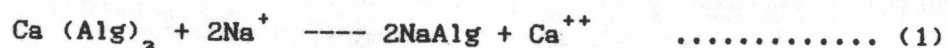
รูปที่ 2.6 กระบวนการสกัดแอลจิเนตโดยวิธีของ Green (15)

แอลจิณีที่ทำได้ทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ แคลเซียมแอลจิเนตสามารถตกตะกอนออกมาในลักษณะเป็นเส้นและสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปกรดแอลจิณีในลักษณะเป็นเส้นได้เช่นเดียวกัน ทำให้แยกของเหลวออกได้ง่าย และแคลเซียมแอลจิเนตที่ยังคงเหลืออยู่ในโซเดียมแอลจิเนตจะมีผลดีต่อความเหนียวของผลิตภัณฑ์

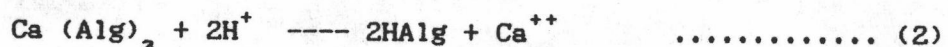
2.4.2 กระบวนการสกัดแอลจิเนตโดย Le Gloahec-Herter Process (15) ดังรูป

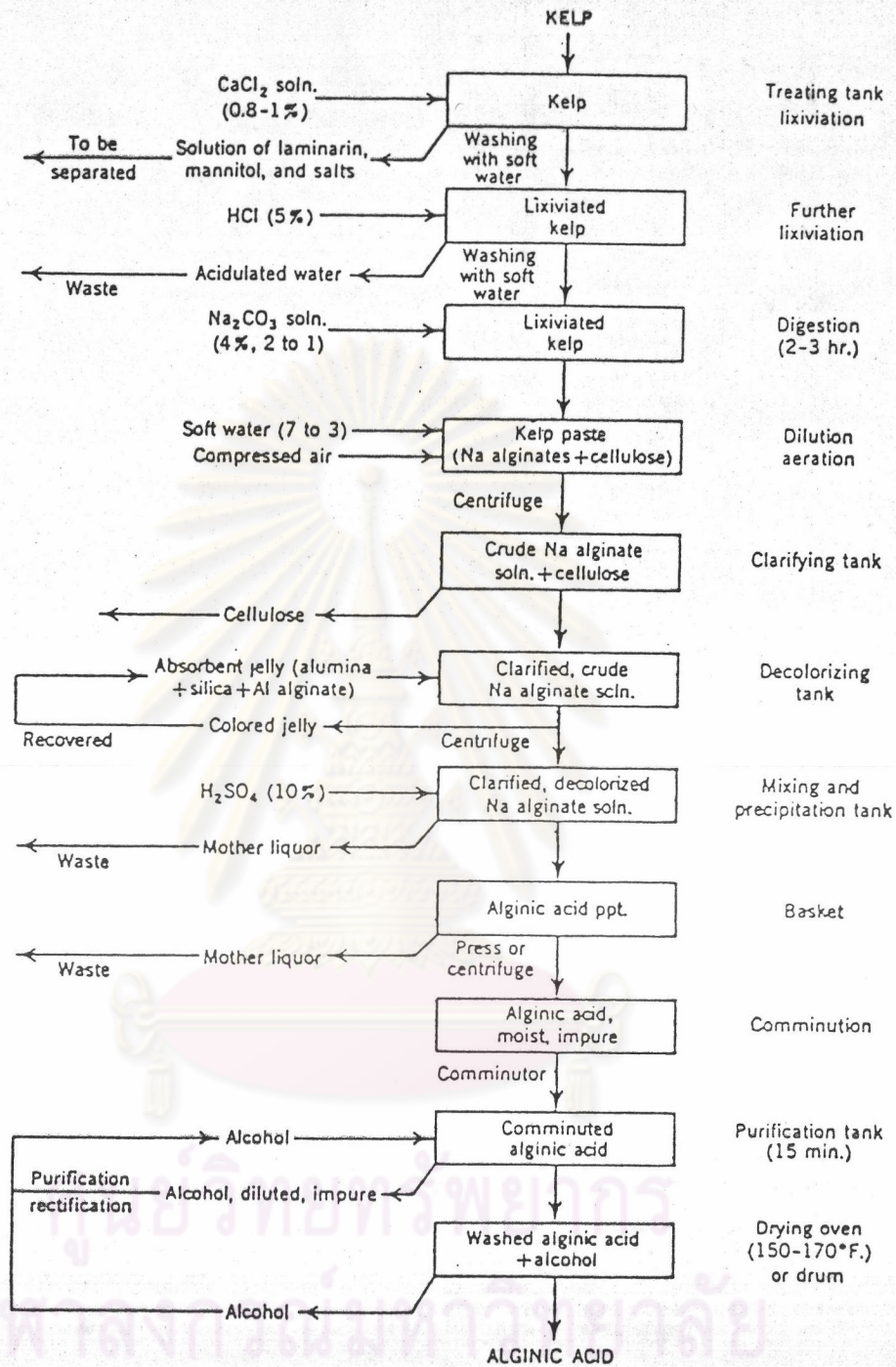
2.7 วิธีนี้สามารถใช้กับทั้งสาหร่ายสดและสาหร่ายแห้ง กระบวนการสกัดคล้ายกับ Green Process เพียงแต่ใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า คือใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นตอนสกัดเอา laminarin และ mannitol ออกโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.8 - 1.0 ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณและคุณภาพของแอลจิเนตที่จะสกัดได้ นอกจากนี้ยังเพิ่มขึ้นตอนการอัดฟองอากาศลงในสาหร่ายที่ผ่านการย่อยด้วยต่างแล้ว เพื่อให้พวกกากเซลล์ลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าทำให้สามารถตักออกได้ง่ายทำให้สะดวกต่อการกรองในขั้นต่อไป ข้อแตกต่างอีกอย่างหนึ่งก็คือวิธีนี้ประหยัดขั้นตอนในการทำแคลเซียมแอลจิเนตแต่มีข้อเสียคือ ลักษณะของกรดแอลจิณีที่ตกตะกอนจะมีลักษณะเป็นวุ้น (gelatinous) ทำให้มีปัญหาในการแยกน้ำออกจากโซเดียมแอลจิเนต จึงทำให้วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงเว้นเสียแต่ว่ามีกระบวนการนำแอลกอฮอล์กลับมาใช้ได้อีกอย่างมีประสิทธิภาพ

การปรับปรุงคุณภาพของแอลจิเนตที่สกัดได้สามารถทำได้โดยการเตรียมสาหร่ายก่อนการสกัด (pretreatment) สารที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.8 - 2.0 (15, 16, 17) ซึ่งจะช่วยให้สกัด laminarin และ mannitol ทำให้แอลจิเนตที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น การใช้กรดเกลือหรือกรดกำมะถัน 0.1 - 0.2 นอร์แมล ที่อุณหภูมิห้องจะช่วยกำจัด laminaran และ fucoglycan ขณะเดียวกันไฮโดรเจนไอออนของกรดจะเข้าไปแทนที่ไอออนบวกในเกลือแอลจิเนต (18) ช่วยทำให้การสกัดโซเดียม-แอลจิเนตออกจากสาหร่ายง่ายขึ้น เนื่องจากปกติแล้วแอลจิเนตที่อยู่ในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลมักอยู่ในรูปเกลือแอลจิเนตที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียม เป็นต้น ถ้าเราสกัดสาหร่ายด้วยโซเดียมคาร์บอเนตเลย โดยไม่ผ่านการแช่กรดก่อน ปฏิกิริยาการแทนที่แคลเซียมหรือแมกนีเซียมด้วยโซเดียมเพื่อให้กลายเป็นโซเดียมแอลจิเนต ซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำจะเกิดโดยปฏิกิริยา ดังแสดงในสมการที่ 1



ถ้าเราแช่สาหร่ายแห้งด้วยกรดก่อนจะทำให้การสกัดเร็วและง่ายขึ้นดังสมการที่ 2 และ 3





รูปที่ 2.7 กระบวนการสกัดโดยวิธี Le Gloahec-Herter (15)

การใช้สารละลายฟอร์มาดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 - 0.4 ในการแช่สาหร่ายแห้งก่อนการสกัด จะช่วยกำจัดสารประกอบฟีนอลออกก่อนทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ระหว่างการสกัดด้วย ต่าง โดยสารละลายฟอร์มาดีไฮด์จะรวมกับสารประกอบฟีนอล กลายเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถแยกออกได้ง่ายทำให้โซเดียมแอลจิเนตที่ได้มีคุณภาพและสีดีกว่า

โดยสรุปแล้วปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและปริมาณของแอลจิเนตที่สกัดได้

1. วัตถุดิบ
2. กระบวนการสกัด
3. การเก็บรักษา

1. วัตถุดิบ สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่ให้เป็นวัตถุดิบในการสกัดแอลจิเนตมีหลายชนิด ปริมาณแอลจิเนตก็แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ฤดูกาลก็มีผลต่อปริมาณ แอลจิเนตในสาหร่าย Black (19) ทำวิจัยปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในสาหร่าย Ascophyllum nodosum เป็นระยะเวลา 2 ปี พบว่าปริมาณกรดแอลจิินิกในสาหร่ายชนิดนี้มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง ปีในช่วงร้อยละ 24 ถึง 28 อายุของสาหร่ายก็มีผลต่อปริมาณกรดแอลจิินิก Wedlock (20) พบว่า ปริมาณแอลจิเนตที่สกัดจากสาหร่ายสกุล Sargassum ที่มีอายุน้อยมีมากกว่าที่สกัดได้จากสาหร่ายที่มี อายุมาก ปริมาณกรดแอลจิินิกในส่วนต่าง ๆ ของสาหร่ายก็แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.6 ลักษณะของสาหร่ายที่ใช้ก็มีความสำคัญคือ ถ้าใช้สาหร่ายสดเป็นวัตถุดิบในการสกัด โรงงานสกัดต้อง อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ หรืออาจจะมีโรงงานอยู่บนเรือที่เก็บเกี่ยวสาหร่ายเลย เพราะค่าใช้จ่ายในการ ขนส่งสาหร่ายสดต้อง ใช้มากกว่าสาหร่ายแห้ง เมื่อเทียบจากปริมาณแอลจิเนตที่ได้ แต่ถ้าเราสกัดแอลจิเนต จากสาหร่ายสดก็จะประหยัดเวลาและขั้นตอนการทำแห้งไปได้มาก นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพของ แอลจิเนตที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากกระบวนการทำแห้งสาหร่าย Englar (17) รายงานว่าสาหร่าย สกุล Nereocystis จะเกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชันของแอลจิเนต เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส เมื่อลดอุณหภูมิการอบแห้งลงพบว่าแอลจิเนตที่สกัดได้มีความหนืดเพิ่มขึ้น ความชื้น สุดท้ายของสาหร่ายที่อบแห้งก็มีความสำคัญ Perez (21) รายงานว่าความหนืดของแอลจิเนตที่สกัด จากสาหร่ายสกุล Laminaria digitata ที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 22 ถึง 25 จะมีความหนืดสูง กว่าแอลจิเนตที่สกัดได้จากสาหร่ายที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 20 แต่เมื่อเก็บสาหร่ายแห้งที่มีความชื้น สูงไว้นาน ๆ ผลจะกลับกัน เนื่องจากสาหร่ายที่มีความชื้นสูงก็มีโอกาสที่จุลินทรีย์ต่างๆจะมาทำลายได้ มากกว่า และเขายังได้เปรียบเทียบวิธีการอบแห้งโดยใช้แสงแดดจากธรรมชาติ เทียบกับการอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และระยะเวลาสั้นให้เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 17 ถึง 25 พบว่าการอบโดยใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นจะให้ผลดีกว่าใช้แสงแดดธรรมชาติ เนื่องจากสามารถ ทำลายจุลินทรีย์ที่ติดมากับสาหร่ายได้ดีกว่า แต่ต้องนำมาพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายอีก

2. กระบวนการสกัด ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของแอลจิเนตที่สกัดได้ ระหว่างกระบวนการสกัดจะมีการเสื่อมเสียไว้ดังนี้

- การเสื่อมสลายจากกรดระหว่าง pre-extraction และช่วงการตกตะกอนกรดแอลจินิก แอลจิเนตเมื่ออยู่ในสารละลายกรด pH น้อยกว่า 5 โดยกลไกของการเสื่อมสลายจะเป็นแบบ proton catalysed hydrolysis ปฏิกริยานี้จะไม่ทำให้แอลจิเนตเสื่อมสลายอย่างเห็นได้ชัดเมื่อความเข้มข้นของกรดน้อยกว่า 1.0 นอร์นแมล และอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส (22) แต่ถ้ากรดมีความเข้มข้นมากกว่านี้แม้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสก็จะมีการเสื่อมสลายของแอลจิเนตได้

- การเสื่อมสลายจากการสกัดด้วยด่าง แอลจิเนตเมื่ออยู่ในสารละลายด่างจะเสื่อมสลายกลายเป็นสารประกอบของกรดยูโรนิกที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated uronic acid derivatives) โดยมีหมู่คาร์บอนิล (carbonyl) ของ methyl ester เป็นตัวที่มีความสำคัญต่อปฏิกริยานี้ โดยปฏิกริยาการเสื่อมสลายนี้มีลักษณะคล้ายกับปฏิกริยา β - elimination (28)

- การเสื่อมสลายจากความร้อน ในกระบวนการสกัดแอลจิเนตนี้ถ้าเราใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดระยะเวลาในการสกัดก็จะน้อย แต่ก็พบว่าแอลจิเนตมีการเสื่อมสภาพไปบางส่วนดังนั้น Todd (23) ชั่วชัย (12) จึงแนะนำว่าไม่ควรใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส

- การเสื่อมสลายจากจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการสกัด โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจติดมากับสาหร่ายที่ล้างไม่สะอาดแล้วนำมาเก็บไว้โดยไม่มีการทำแห้งก่อน หรือการสกัดแอลจิเนตจากสาหร่ายสดที่ใช้อุณหภูมิในการสกัดต่ำและใช้ระยะเวลาในการสกัดนานทำให้จุลินทรีย์บางชนิดสามารถเจริญอยู่ได้ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้บางชนิดเช่น *Alginovibrio aquatilis* มีเอนไซม์แอลจิเนตไลเอส (alginate lyases) ที่สามารถย่อยสลายโมเลกุลของแอลจิเนตได้ (22) ทำให้แอลจิเนตที่ได้มีคุณภาพต่ำ

3. การเก็บรักษา โขเดียมแอลจิเนตที่สกัดได้แล้วการอบไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เพราะ Sato (24) ได้ทำการทดลองพบว่าแม้อบแค่ 30 นาที ความหนืดก็จะลดลงอย่างมาก การเก็บควรจะเก็บรักษาโซเดียมแอลจิเนตในลักษณะผงจะทนการเสื่อมเสียจากความร้อนได้ดีกว่าในรูปสารละลาย และควรเก็บในที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าก็ยิ่งดี การเก็บรักษาในรูปสารละลายก็ควรเติมสารกันบูด แต่ต้องเลือกใช้ชนิดที่ไม่ทำให้สารละลายโซเดียมแอลจิเนตตกตะกอน โซเดียมแอลจิเนตที่มีความหนืดสูงจะเสื่อมคุณภาพได้เร็วกว่าโซเดียมแอลจิเนตที่มีความหนืดต่ำในการเก็บรักษาสภาพเดียวกัน (1)

2.5 ชนิดของแอลจิเนตและคุณสมบัติ

ชนิดของแอลจิเนตจะมีชื่อทางการค้าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้ในการสกัด ความยาวของสายพอลิเมอร์ ปริมาณแคลเซียมที่เจือปนอยู่ ดังนั้นแอลจิเนตแต่ละชนิดจึงเหมาะที่จะใช้งานเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน การแบ่งเกรดโดยทั่วไปมี 3 เกรด คือ

1. Highest grade ซึ่งจะมีมาตรฐานตามที่กำหนดใน National Formulary ประเทศสหรัฐอเมริกา (25)
2. Food grade ซึ่งจะมีมาตรฐานตามที่กำหนดใน Food Chemicals Codex ประเทศสหรัฐอเมริกา (26)
3. Technical grade ซึ่งจะพิจารณาจากสี และสิ่งเจือปนที่มีอยู่ เช่น เซลลูโลส (1) มาตรฐานของกรดแอลจินิกที่กำหนดโดย 2 สถาบันในสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานของกรดแอลจินิก

มาตรฐาน	National Formulary	Food Chemicals Codex
น้ำหนักสูญเสียขณะอบแห้ง	ไม่มากกว่าร้อยละ 15	ไม่มากกว่าร้อยละ 15
เถ้า	ไม่มากกว่าร้อยละ 4	ไม่มากกว่าร้อยละ 4
อาร์เซนิก	ไม่มากกว่า 3 ppm	ไม่มากกว่า 3 ppm
ตะกั่ว	ไม่มากกว่า 10 ppm	ไม่มากกว่า 10 ppm
โลหะหนัก	ไม่มากกว่า 40 ppm	ไม่มากกว่า 40 ppm
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	1.5-3.5	-----
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	ไม่มากกว่า 200 โคโลนี ต่อกรัม และต้องไม่พบ <u>Salmonella</u> และ <u>Escherichia coli</u>	-----

และในแต่ละเกรดดังกล่าวก็ยังแบ่งย่อยได้อีกโดยใช้ความหนืดดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงความหนืดของไซเดียมแอลจีเนต 4 ชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 20 องศาเซลเซียส (1)

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

คุณสมบัติของสารละลายแอลจีเนต

ความหนืดของสารละลายแอลจีเนตขึ้นกับ

- น้ำหนักโมเลกุล ถ้ามีน้ำหนักโมเลกุลมาก ก็จะมีค่าความหนืดสูง ซึ่งจะสัมพันธ์กับ

ความยาวของสายพอลิเมอร์

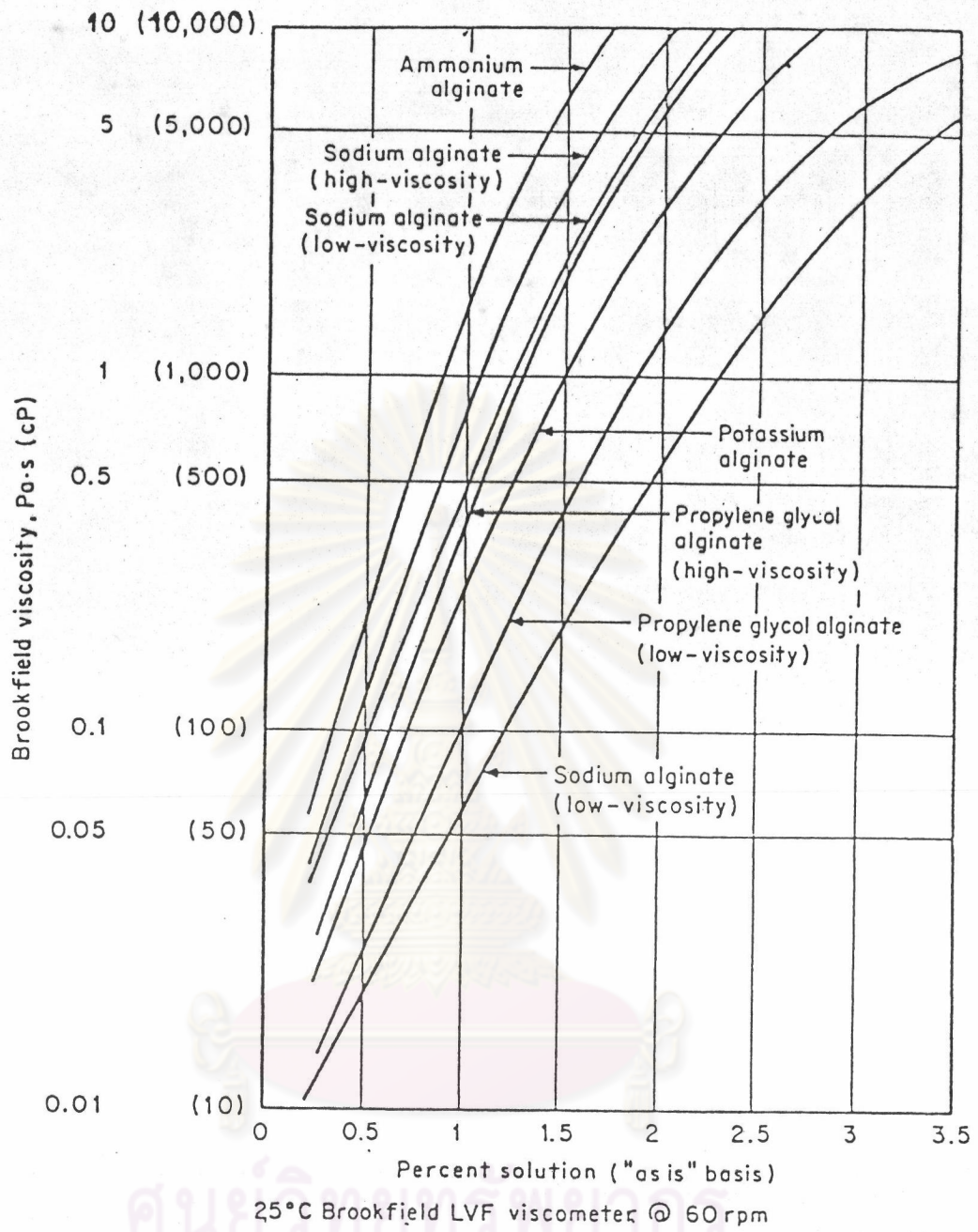
- ความเข้มข้น ความหนืดของแอลจีเนตจะเพิ่มขึ้นแบบ exponential เมื่อความเข้มข้นของแอลจีเนตเพิ่มขึ้นดังรูป 2.8 หรืออาจจะคำนวณจากสมการของ McDowell

$$\log_{10} \text{ viscosity} = a \sqrt{(\text{concentration}) - b}$$

a = ค่าคงที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับความยาวของสายพอลิเมอร์ของแอลจีเนต

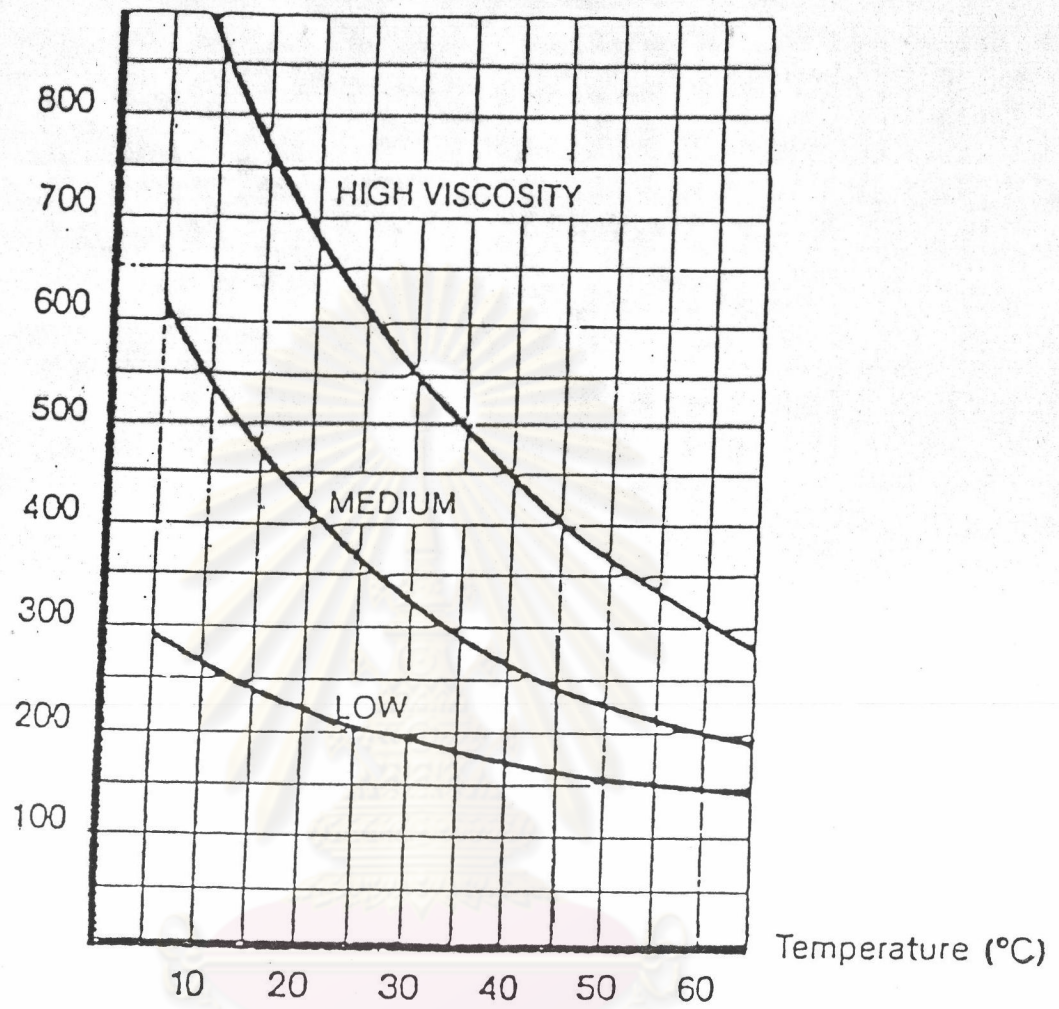
b = ค่าคงที่เฉพาะของแอลจีเนตแต่ละชนิด

- อุณหภูมิ ความหนืดของสารละลายแอลจีเนตจะลดลงประมาณร้อยละ 2.5 ต่ออุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.9 ความหนืดที่ลดลงนี้สามารถกลับสู่สภาวะเดิมเมื่ออุณหภูมิลดลง แต่ทั้งนี้อุณหภูมิต้องไม่สูงเกินไป พบว่าเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายชั่วโมงจะเกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชัน สารละลายแอลจีเนตสามารถแช่แข็งและ



รูปที่ 2.8 ความหนืดของแอลจิเนตชนิดต่างๆที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (7)

Viscosity (mPa.s)



รูปที่ 2.9 ความหนืดของโพลีเอทิลีนแอลจีเนต 3 ชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ อุณหภูมิต่างๆ (1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ละลายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดทราบใดที่ไม่มีแคลเซียมปนอยู่ ถ้ามีแคลเซียมปนอยู่ เล็กน้อยจะช่วยเพิ่มความหนืด ถ้ามีแคลเซียมมากจะเกิดเจล

- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในช่วง 5 - 11 จะไม่มีผลต่อความหนืดที่ pH 5 หมู่คาร์บอกซี (COO^-) อิสระในสายพอลิเมอร์ลดลงและจะเริ่มรับโปรตอน (H^+) กลายเป็น $-\text{COOH}$ ดังนั้นแรงผลักที่เกิดระหว่างสายพอลิเมอร์ลดลงด้วย สายพอลิเมอร์จะเข้ามาใกล้กันสร้างพันธะไฮโดรเจน ทำให้ความหนืดสูงขึ้น ถ้า pH ลดลงต่อไปถึงช่วง pH 3 - 4 จะเกิดเจล แต่ถ้ามีแคลเซียมอยู่ด้วยจะเกิดเจลที่ pH 5 แต่ถ้า pH ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 6 ถึง pH 2 จะเกิดตะกอนของกรดแอลจินิก ที่ pH 11 จะเกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชันอย่างช้า ๆ ของแอลจินेट

- ปริมาณของแคลเซียมอิสระ ถ้ามีอยู่น้อยจะช่วยเพิ่มความหนืด แต่ถ้ามีมากเกินไป สารละลายแอลจินेटที่มีแคลเซียมปนอยู่ เมื่อมีการกวนความหนืดของสารละลายจะลดลงมากกว่า สารละลายโซเดียมแอลจินेटที่ไม่มีแคลเซียมปนอยู่ เมื่อปริมาณแคลเซียมเพิ่มความหนืดของสารละลายแอลจินेटจะเพิ่ม จะเปลี่ยนคุณสมบัติของสารละลายจาก pseudoplastic เป็น thixotropic

2.6 แนวทางการใช้ประโยชน์

แอลจินेटสามารถใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ปริมาณการใช้แอลจินेटในอุตสาหกรรมต่าง ๆ (1)

อุตสาหกรรม	ปริมาณการใช้แอลจินेटร้อยละ
อุตสาหกรรมทอผ้า	50
อุตสาหกรรมอาหาร	30
อุตสาหกรรมกระดาษ	6
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ป้องกัน	5
เภสัชกรรม	5
อื่น ๆ	5

อุตสาหกรรมทอผ้ามีการใช้มากที่สุดถึงร้อยละ 50 ของแอลจีเนตทั้งหมด ส่วนอุตสาหกรรมอาหารใช้มากรองลงมาคือร้อยละ 30 การใช้แอลจีเนตในอุตสาหกรรมอาหารอาจอยู่ในรูปของ thickening agent, gelling agent, emulsifying agent และ stabilizing agent เป็นต้น นอกจากแอลจีเนตจะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์แล้ว ยังอาจใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยใช้ในรูปเป็นสารเหนียวในอาหารสัตว์น้ำ เช่น ในอาหารกุ้ง กุ้งเป็นสัตว์ที่กินข้าวจับอาหารแล้วยังเล่นและแทะกินอย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าอาหารไม่มีสารเหนียวยึด ก็จะแตกก่อนที่กุ้งได้กลืนกินเข้าไป (27) จากสาเหตุดังกล่าวนอกจากจะทำให้คุณภาพน้ำในบ่อต่ำลงอย่างรวดเร็วแล้วยังเป็นการสูญเสียเงินค่าอาหารกุ้งเป็นจำนวนไม่น้อย เพราะต้นทุนหลักในการผลิตกุ้งคือค่าอาหาร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50-65 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ดังนั้นถ้าเราสามารถปรับปรุงหรือผลิตอาหารกุ้งที่เหมาะสมมีคุณภาพดีจะทำให้ใช้อาหารได้อย่างคุ้มค่าและลดปัญหาเรื่องน้ำเสีย ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตไปได้มาก

ลักษณะของอาหารกุ้งที่ดีมีดังนี้

1. กลิ่น รสดี ดึงดูดใจกุ้ง
2. ให้คุณค่าทางโภชนาการครบ
3. ความสามารถในการย่อยสูง
4. ไม่เหม็นหืน หรือขึ้นรา
5. อาหารจมน้ำเร็ว มีขนาดเม็ดพอเหมาะกับขนาดกุ้ง และคงทนอยู่ในน้ำได้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

อาหารกุ้งระยะต่าง ๆ มีความแตกต่างทั้งทางด้านขนาด รูปร่าง และส่วนประกอบ อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งในปัจจุบันอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ อาหารสดและอาหารสำเร็จรูป ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของอาหารสดและอาหารสำเร็จรูป

อาหารสด	อาหารสำเร็จรูป
<p style="text-align: center;">ข้อดี</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. รสชาติดี กุ้งชอบกิน 2. เร่งทำสีน้ำได้เร็ว (แหล่งคาร์บอนขยายพันธุ์เร็ว) 3. ฆะกึ่งอ่อนแอ ถ้าให้อาหารสดจะช่วยให้กึ่งแข็งแรงเร็วขึ้น 	<p style="text-align: center;">ข้อดี</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ใช้สะดวก เก็บได้นาน สดอยู่เสมอ 2. มีคุณค่าอาหารครบถ้วน 3. มีจำหน่ายทุกฤดูกาล 4. ไม่เป็นตัวนำโรค 5. คำนวณและควบคุมปริมาณอาหารได้ง่าย 6. ไม่ทำให้น้ำเสียเร็ว พื้นบ่อไม่เสียง่าย รักษาสีของน้ำได้ดี 7. ควบคุมผลผลิตกึ่งได้ง่าย คุมต้นทุนอาหารได้ดี (Feed Conversion Ratio) 8. อัตราการแลกเนื้อค่อนข้างแน่นอน 9. ถูกกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสด
<p style="text-align: center;">ข้อเสีย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเก็บรักษายาก 2. มีคุณค่าทางอาหารไม่ครบถ้วน 3. มีเป็นฤดูกาล 4. อาจเป็นตัวนำเชื้อโรค 5. คุณภาพน้ำและพื้นบ่อเสียเร็ว 6. ควบคุมผลผลิตได้ยากต้นทุนไม่แน่นอน 7. อัตราการแลกเนื้อไม่แน่นอน 8. ต้นทุนแพงกว่าอาหารสำเร็จรูป 	<p style="text-align: center;">ข้อเสีย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เร่งสร้างแหล่งคาร์บอนได้น้อยกว่า สีของน้ำเปลี่ยนช้ากว่า บางครั้งต้องการสร้างสีของน้ำทำได้ยากกว่า

จากข้อเปรียบเทียบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอาหารสำเร็จรูปหรืออาหารเม็ดนั้นดีกว่าอาหารสดมาก ดังนั้นจึงมีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอาหารสำเร็จรูปไว้มาก ตัวอย่างเช่น นิพนธ์ (28) รายงานว่า จากการเปรียบเทียบระหว่างอาหารผสมอัดเม็ดซึ่งมีระดับโปรตีนต่าง ๆ กัน กับอาหารตามธรรมชาติที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำในกระชังภายในนาุ้ง พบว่า อาหารผสมที่มีระดับโปรตีนร้อยละ 20, 30 และ 50 โดยแหล่งโปรตีนของอาหารผสมอัดเม็ดนี้ ได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น เศษปลาหมึก ถั่วเหลืองป่น และยีสต์ขนมปัง จินตนาและคณะ (29) ทดลองอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำด้วยอาหาร 4 ชนิด พบว่าอาหารสำเร็จรูปให้อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อกุ้งดีที่สุด โดยแตกต่างกับเนื้อปลา เนื้อหอย และเนื้อปลาหมึกอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตราการรอดตายของลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ Mayers และ Zein - Eldin (30) แนะนำว่า ปัจจัยสำคัญในการทำอาหารผสมอัดเม็ดคือ ขนาดของอาหาร รูปร่างของอาหาร ความละเอียดหรือหยาบของส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาหาร อัตราการจมของอาหาร และความสามารถในการคงรูปของอาหารในน้ำ Sick และคณะ (31) แนะนำว่าอาหารผสมอัดเม็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร มีความเหมาะสมสำหรับการจับกินของกุ้งตระกูล Penaeid อายุมากกว่า 2 เดือนขึ้นไป ความละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาหารยิ่งละเอียดมากก็ จะทำให้อาหารมีความคงตัวในน้ำมากขึ้น และที่สำคัญคือควรมีขนาดสม่ำเสมอ อัตราการจมของอาหารในกุ้งที่เป็นระยะอนุบาล ต้องมีอัตราการจมช้ามาก เพราะลูกกุ้งระยะนี้กินอาหารที่ผิวน้ำ ดังนั้นอาหารกุ้งในระยะนี้ควรจะเป็นอาหารลอย สำหรับกุ้งระยะ post larva ตั้งแต่ระยะที่ 15 เป็นต้นไปเราจะสามารถให้อาหารจมได้แล้ว เพราะกุ้งจะเริ่มหากินตามพื้นบ่อ ดังนั้นอาหารช่วงนี้จึงควรมีอัตราการจมน้ำเร็ว และเนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์กินอาหารซ้ำนี้เองจึงจำเป็นต้องผลิตอาหารที่มีความคงรูปในน้ำได้นาน ซึ่งสิ่งที่จะช่วยให้อาหารมีความคงรูปในน้ำได้นานคือสารเหนียว การใช้สารเหนียวในอาหารกุ้ง มีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ

1. ทำให้วัสดุอาหารทุกอย่างเกาะรวมกัน เมื่อกุ้งกินอาหารเข้าไปก็จะได้สารอาหารครบทุกอย่างและพร้อมกัน
2. ลดการละลายหรือซึมของสารอาหารในน้ำ เช่น วิตามิน
3. ป้องกันน้ำเสีย เนื่องจากอาหารที่ละลายน้ำไปก่อนที่กุ้งจะกินสารเหนียวที่ใช้ในอาหารกุ้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ปริมาณการใช้สารเหนียวและความคงทนของอาหารกึ่งในน้ำ (27)

ชนิดของสารเหนียว	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละของอาหาร)	ความคงทนในน้ำ (ชั่วโมง)
ซี เอ็ม ซี	5 - 10	3 - 6
หวีท กลูเทน (wheat gluten)	10	2 - 18
เบฟฟิน (beffin)	0.5 - 1.0	2 - 18
แอลจิเนต	2 - 4	24 - 48
กัวกัม (guar gum)	1	4 - 5
รำหรือปลายถั่วเขียว	15 - 25	4 - 5
กล้วย	5	4 - 5
ปลาเบ็ด	30 - 50	12 - 18

จากตารางที่ 2.10 จะเห็นว่ามีสารเหนียวอยู่หลายชนิดซึ่งเหมาะสมและสามารถนำมาใช้เป็นสารเหนียวในอาหารกึ่งได้ ในการเลือกชนิดของสารเหนียวที่จะใช้อาจพิจารณาจากหลักเกณฑ์ต่อไปนี้คือ

1. ชนิดของสัตว์น้ำและนิสัยการกินอาหารจะเป็นตัวบ่งชี้ระยะเวลาที่อาหารควรอยู่ในน้ำ
2. คุณภาพและปริมาณที่ใช้
3. ผลของสารเหนียวต่อคุณภาพทางโภชนาการ กลิ่นและรส
4. มีราคาถูก หาซื้อง่าย

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวจะเห็นว่า แอลจิเนตนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารเหนียวในอาหารกึ่ง เพราะมีความคงตัวในน้ำนานที่สุดคือ 24 - 48 ชั่วโมง ปริมาณการใช้ก็ไม่มาก ซึ่งจากตารางใช้ร้อยละ 2 - 4 ซึ่งเราสามารถลดปริมาณการใช้ลงได้อีก จากการทดสอบของ Mayers และคณะ (32) คือใช้แอลจิเนตร้อยละ 1.0 ร่วมกับ sodium hexametaphosphate อาหารที่ผลิตได้มีความคงรูปในน้ำมากกว่า 24 ชั่วโมง เมื่อคำนึงถึงผลต่อคุณภาพทางโภชนาการและกลิ่นรสแล้ว Fenucci (33) ทดลองใช้แอลจิเนตเป็นสารเหนียวในอาหารกึ่งที่มีระดับโปรตีนร้อยละ 30 - 35 ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 28 วัน พบว่ากึ่งก็สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการแลกเนื้อ 3.0 - 5.0 ถ้าพิจารณาถึงต้นทุนราคาของแอลจิเนตกับปริมาณที่ใช้เทียบกับสาร

เหี่ยวอื่น แอลจินเต้มีราคาไม่แพงนัก อีกทั้งหาซื้อได้ไม่ยาก นอกจากนี้ยังช่วยรักษาสารอาหารรวมทั้งวิตามินในอาหารกุ้ง เนื่องจากไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการผลิตอาหารกุ้งอีกด้วย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย