

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

1.1.1 การใช้สาหร่ายทะเลเป็นอาหาร

ทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทะเลประเภทหนึ่งคือสาหร่ายทะเลได้มีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์ชาติมาเป็นเวลานานแล้ว ในประเทศจีนโบราณ ราว 600 ปีก่อนคริสตศักราช Szetou บันทึกไว้ว่า "Some algae are a delicacy food for the most honourable guest, even for the King himself" (Kwanchai, et. al., 1973) ญี่ปุ่นเป็นอีกชาติหนึ่งที่รู้จักใช้สาหร่ายทะเลสีแสดสกุล *Porphyra* เป็นอาหารช่วยการเก็บสาหร่ายใบชนิดนี้จากที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติริมฝั่งทะเล และจากการเพาะเลี้ยงขึ้นเองบนลำไม้ไผ่ที่ปักอยู่ในบริเวณน้ำตื้น สาหร่ายทะเลชนิดนี้เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะถูกเก็บมาตากแห้งเป็นแผ่นบาง ๆ เพื่อใช้บริโภค เรียกในชื่อต่าง ๆ กันว่า amanori, hoshinori และ asakusanori นอกจากนี้ชาวญี่ปุ่นยังใช้สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุล *Laminaria* เป็นอาหาร เรียกว่า kombu หรือ kobu Gloess (1919) ประมาณว่าชาวญี่ปุ่นผลิต kombu ได้ถึงหนึ่งล้านตันในปี 1901, Hoppe (1966) คาดว่าจากข้อมูลทางสถิติเชื่อว่าญี่ปุ่นใช้สาหร่ายทะเลเหล่านี้เฉลี่ยปีละ 142,000 ตัน ในระหว่าง ค.ศ. 1955-60 เฉพาะ *Porphyra* ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเพียงอย่างเดียวมีปริมาณถึง 84,000 ตันต่อปี ใน ค.ศ. 1964 (ไพโรจน์, พ.ศ. 2511) ในอินโดนีเซียและลังกา, ชาวพื้นเมืองใช้สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล ชื่อ *Padina australis* Hauck และ *Padina tetrastromatica* Hauck ตามลำดับ เป็นอาหารจำพวกผักสดหรือปรุงอาหารชนิดอื่น (Michanek, 1971; Rao, 1965) ฟิลิปปินส์นิยมใช้สาหร่ายทะเลสกุล *Undaria*, *Sargassum* ในการบริโภคและเลี้ยงสัตว์, ใช้สาหร่ายสกุล *Padina* เป็นปุ๋ยสำหรับการเพาะปลูก (Rao, 1965) สำหรับยุโรป, สาหร่ายทะเลสีแสดชื่อ *Chondrus crispus* (ชื่อพื้นเมืองว่า

Iris moss) ใ้ถูกใช้บริโภค, ประกอบอาหารสำหรับชาวไอริช, สกอตแลนด์, อังกฤษ และฝรั่งเศสมาเป็นเวลานานแล้วเช่นกัน (Chapman, V.J., 1970) สำหรับทะเลที่นำมาบริโภคเหล่านี้มีปริมาณโปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ไอโอดีน, โปแตสเซียม, แคลเซียม และวิตามินต่าง ๆ เช่น เอ, บี, ซี รวมทั้งอาหารเสริมชนิดอื่นที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงในปริมาณที่น่าพอใจ (Zajic, J.E., 1970)

1.1.2 ความสำคัญของสาหร่ายทะเลต่อการอุตสาหกรรม

"ฝรั่งเศสเป็นชาติแรกที่ผลิตโซดาและโปแตสที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสบู่, แก้ว, สารส้ม ฯลฯ โดยการสกัดจากสาหร่ายทะเลตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 18" (Zajic, J.E., 1970) ในช่วงระยะเวลาอันสั้นอุตสาหกรรมการผลิตโซดาและโปแตสได้แพร่หลายและถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วในอังกฤษ, ยุโรป และ สหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน, สาหร่ายที่ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทนี้ได้แก่ *Laminaria*, *Fucus* และ *Ascophyllum nodosum* Courtis ได้พบว่าสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสามารถนำมาสกัดไอโอดีนได้ใน ค.ศ. 1811, ปริมาณไอโอดีนที่สกัดได้นี้มีมากกว่าไอโอดีนในพืชชนิดอื่นถึง 1,000 เท่า (Klincare, 1967) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุล *Laminaria* และ *Desmarestia* มีปริมาณไอโอดีนมากกว่าที่พบในน้ำทะเลถึง 3,000 เท่า (Black, 1948) ในปัจจุบัน, สาหร่ายทะเลเหล่านี้จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบของอุตสาหกรรมผลิตไอโอดีนที่สำคัญ เฉพาะญี่ปุ่นแห่งเดียวสามารถผลิตไอโอดีนจากสาหร่ายทะเลได้ถึง 5-7% ของไอโอดีนที่ผลิตได้ในโลก (Zajic, J.E., 1970) โดยสกัดจากสาหร่ายทะเลสกุล *Laminaria*, *Fucus*, *Ecklonia* และ *Eisenia*

นอกจากแร่ธาตุดังกล่าวแล้ว ในสาหร่ายทะเลยังประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญ เช่น โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ชนิดต่าง ๆ (Percival, E., and McDowel, R.H., 1967) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของกรดแอลจีนิค (alginic acid) [Peat และ Turvey, 1965], ลามินาริน (laminarin), ฟุคอยดิน (fucoidin), แกลแลคแทน (galactans), อาการ์ (agar) [Percival, E., 1964], แครโรเจกินอิน (carrageenin), ไคแลนส์ (xylans), แมนแนนส์ (mannans), และแป้ง (starch) ซึ่งพบเป็นส่วนน้อย ปริมาณโพลีแซคคาไรด์ต่าง ๆ เหล่านี้มีอยู่ประมาณ 10-65% ของน้ำหนัก

สาหร่ายแห้ง (Zajic, J.E., 1970) และส่วนมากจะพบในบริเวณผนังเซลล์ ในบรรดาสารเคมีที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีสารเคมี 3 ชนิดที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลอย่างยิ่งคือเกลือโซเดียมของกรดแอลจีนิค (sodium alginate หรือ algin - โซเดียมแอลจีเนต หรือ แอลจิน) ซึ่งพบในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล, วุ้น (อาการ์) และแคร์เรจก็นอินที่พบในสาหร่ายทะเลสีแดง สารเคมีเหล่านี้เป็น strongly hydrophilic colloidal polysaccharides โดยที่ "แอลจิน" จะให้สารละลายเหนียวข้นไม่ตกตะกอนเมื่อละลายน้ำ ทำให้สารแขวนลอยชนิดอื่นที่ประกอบด้วยแอลจินไม่ตกตะกอนได้ง่าย, ช่วยให้น้ำและน้ำมันผสมกันได้ดี ส่วนวุ้นนั้นเราใช้รับประทานกันอย่างแพร่หลาย, สามารถใช้เป็น gelling agents เพราะจะให้สารละลายเหนียวข้นเมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติ (35-100°C) และจะแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลงต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิปกติ (27°C) สำหรับแคร์เรจก็นอิน มีคุณสมบัติให้สารละลายเหนียวข้นหรือคล้ายวุ้นเมื่อละลายน้ำ แต่จะไม่แข็งตัวมากเหมือนวุ้นเมื่อถูกทำให้เย็น นอกจากนี้จะมีความเข้มข้นสูงมาก

จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้เอง แอลจิน, วุ้นและแคร์เรจก็นอินจึงถูกนำไปใช้เป็น thickeners, gelling agents, emulsion stabilizers, suspending agents ในอุตสาหกรรมหมึกพิมพ์, สี, ทอผ้า, ใช้ในทางการแพทย์, เวชภัณฑ์, เครื่องสำอางค์ และอาหาร เป็นต้น (Kirk, E., & Othmer, F., 1968) รายละเอียดของการใช้แอลจีเนตจะศึกษาเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ 1.2.3 ในปัจจุบัน, อุตสาหกรรมผลิตแอลจินและแอลจีเนตชนิดอื่น ๆ กระจ่างกันมากในสหรัฐอเมริกา, คานาดา, ญี่ปุ่น และอังกฤษ โดยนิยมใช้สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลที่เรียกว่า "kelp" (อยู่ในสกุล *Macrocystis* และ *Nereocystis*), และสาหร่ายทะเลในสกุล *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Eklonia* และ *Eisenia* เป็นต้น สำหรับวุ้น, สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดงสกุล *Gelidium*, *Gracilaria*, *Eucheuma* ฯลฯ ส่วนแคร์เรจก็นอิน สกัดจากสาหร่ายสีแดงสกุล *Porphyra* เป็นต้น

เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้ได้ครอบคลุมถึงการทดลองสกัดวุ้นและไอโอดีนจากสาหร่ายทะเลเป็นบางส่วนนอกเหนือไปจากการสกัดโซเดียม แอลจีเนต จึงจำเป็นต้องกล่าวถึงกรรมวิธีการสกัดและรายละเอียดปลีกย่อยในหัวข้อ 1.2.7 และ 1.2.8 โดยสังเขป



1.1.3 สาหร่ายทะเลในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ $5^{\circ}40'$ - $20^{\circ}30'N$ และเส้นลองจิจูดที่ $97^{\circ}30'$ - $105^{\circ}45'E$ มีชายฝั่งทะเลก้านมหาสมุทรอินเดียยาว 724 กิโลเมตร และชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยเป็นระยะทางถึง 1,930 กิโลเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง $12.8^{\circ}C$ ถึง $35^{\circ}C$ ตลอดปี ในบริเวณริมฝั่งทะเลเหล่านี้ยังไม่มี การสำรวจแหล่ง, ชนิดและปริมาณของสาหร่ายทะเลอย่างจริงจัง จึงเป็นสิ่งที่ควรคาดคะเนปริมาณและชนิดของสาหร่ายทะเลที่จะมีความสำคัญต่อวิธานนิพนธ์ได้ยากยิ่ง ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการใช้สาหร่ายทะเลในชีวิตประจำวันของชาวพื้นเมืองในจังหวัดริมทะเลก็ยังไม่เพียงพอเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม, ชาวพื้นเมืองริมฝั่งทะเลบางแห่งได้มีการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายทะเลเช่นกัน เช่น สาหร่ายใบสีน้ำตาลสกุล *Porphyra* พบที่จังหวัดสงขลาชาวประมงนิยมเก็บมาตากแดดให้แห้งเพื่อทำ "จี๊ฉ" ซึ่งสามารถผลิตได้มากกว่า 500 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในปี 1968 (ไพโรจน์, พ.ศ. 2511) สาหร่ายสีแสดสกุล *Gracilaria* ที่ทะเลสาบสงขลาชาวบ้านนิยมเก็บมาประกอบอาหาร, สกัดวุ้น (อาการ์) และใช้เลี้ยงสัตว์ (สุชาติ, พ.ศ. 2511) ชาวเกาะสมุยรู้จักใช้สาหร่ายสีแสดสกุล *Gracilaria*, สาหร่ายสีน้ำตาลสกุล *Sargassum* และ *Padina* ประกอบอาหารพื้นเมือง เป็นต้น

สำหรับการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมจากสาหร่ายทะเลยังไม่เกิดขึ้น และเท่าที่เป็นอยู่ก็เป็นแต่เพียงการเก็บสาหร่ายที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพียงเล็กน้อยถึงกระนั้นก็ตาม ยังปรากฏตัวเลขแสดงปริมาณของการส่งผลิตภัณฑ์สาหร่ายทะเลเป็นสินค้าเข้าตามรายงานประจำปีของกรมศุลกากรบ้างดังแสดงในตารางที่ 1-1 เป็นที่น่าสังเกตว่าเราได้เพิ่มปริมาณในการส่งผลิตภัณฑ์สาหร่ายจากต่างประเทศมาใช้เป็นจำนวนมากขึ้น ซึ่งนอกจากการใช้บริโภคเป็นอาหารแล้ว ก็คงต้องรวมถึงผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสาหร่ายอื่น ๆ เช่น วุ้น (อาการ์), แอลจีเนทชนิดต่าง ๆ แคร้เรจก็โนน และโปรตีนสกัดจากสาหร่ายทะเลเป็นต้น จึงน่าจะให้ความสนใจแก่ทรัพยากรธรรมชาติชนิดนี้บ้าง เกี่ยวกับการศึกษาและการวิจัยในเรื่องสาหร่ายทะเลในประเทศไทยนี้, ไพโรจน์ (พ.ศ. 2511) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสาหร่ายวุ้นและวงจรชีวิตของสาหร่ายใบ (*Porphyra*) ที่สถานีประมงจังหวัดสงขลา สุชาติ (พ.ศ. 2511) ได้ค้นคว้า

ตารางที่ 1-1 ปริมาณและมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายทะเลบางชนิดที่ซื้อจากต่างประเทศ¹

ปี พ.ศ.	ระหว่างเดือน	CODE 39 06 10 ²		CODE 39 06 21 ³		CODE 39 06 31 ⁴		CODE 13 03 30 ⁵	
		ปริมาณ ก.ก.	มูลค่า ⁶ บาท	ปริมาณ ก.ก.	มูลค่า บาท	ปริมาณ ก.ก.	มูลค่า บาท	ปริมาณ ก.ก.	มูลค่า บาท
2513	ม.ค.-ธ.ค.	133,066	1,740,458	15,700	462,781	41,300	1,251,008	173,933	14,839,938
2514	ม.ค.-ธ.ค.	188,359	3,493,991	12,250	385,502	1,200	37,248	153,811	9,438,638
2515	ม.ค.-ธ.ค.	189,345	4,209,820	8,500	252,091	6,000	197,162	179,979	11,953,630
2516	ม.ค.-ธ.ค.	193,894	4,362,896	500	28,720	8,400	278,702	66,292	6,258,322
2517	ม.ค.-ธ.ค.	259,804	9,460,776	15,299	728,706	10,300	416,106	102,923	13,619,678
2518	ม.ค.-เม.ย.	44,150	2,827,418	3,200	219,324	-	-	41,866	9,041,986

¹ กรมศุลกากร, สถิติการค้าต่างประเทศประจำปีของประเทศไทย, (กรุงเทพฯ พ.ศ.2513-2518)

² CODE 39 06 10 - High polymers, artificial resins and plastic materials include alginic acid in form as crude materials (Kg.)

³ CODE 39 06 21 - Sodium alginate in plates, sheets, strip film, rods, bars, tubes.

⁴ CODE 39 06 31 - Sodium alginate in other form

⁵ CODE 13 03 30 - Agar-Agar (ได้จากสาหร่ายทะเล)

⁶ มูลค่าการค้า C.I.F. (Cost, Insurance, Freight)

เกี่ยวกับกรรมวิธีการสกัดและแหล่งของสาหร่ายทะเลสีแสดสกุล *Gracilaria* บริเวณทะเลสาบสงขลา Yaovaluk (1974) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแหล่งและชนิดของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุล *Padina* ในบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและมหาสมุทรอินเดีย เนื่องจากไม่ปรากฏหลักฐานในการใช้สาหร่ายทะเลเพื่อสกัดสารเคมีแบบอุตสาหกรรมแต่อย่างไร เท่าที่เป็นมา เพียงแต่ใช้สาหร่ายทะเลสีแสดบางสกุลในการสกัดวุ้นเพื่อใช้ในครอบครัวสำหรับชาวพื้นเมืองชายทะเลคงได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเท่านั้น⁷ ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โซเดียม - แอลจีเนต, วุ้นหรือไอโอคินในประเทศไทยคงกระทำไยยาก แม้ว่าจะสกัดสารเคมีเหล่านี้ได้ผลิตภัณฑ์เพียงไรก็ตาม นอกจากจะแน่ใจว่าสาหร่ายทะเลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นี้มีอยู่ในปริมาณมากพอ เพียงหรือสามารถเพาะเลี้ยงขึ้นเองได้

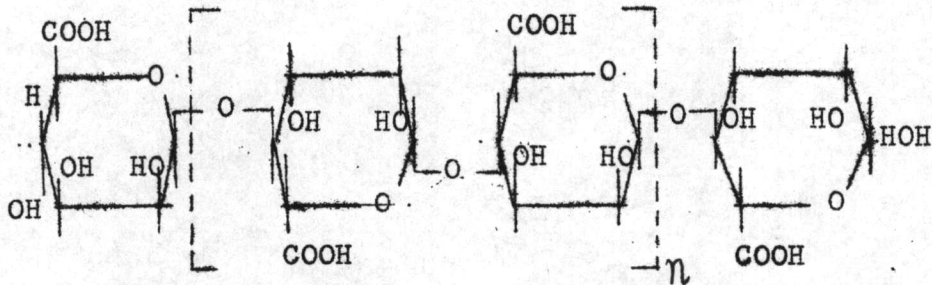
1.2 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 เคมีของกรดแอลจีนิค

กรดแอลจีนิคถูกพบครั้งแรกโดย Stanford (1,880), โดยการย่อยสลาย (digestion) สาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุล *Laminaria* ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ได้สารละลายเป็นเมือกเหนียวข้นเรียกว่า "แอลจิน (algin)"

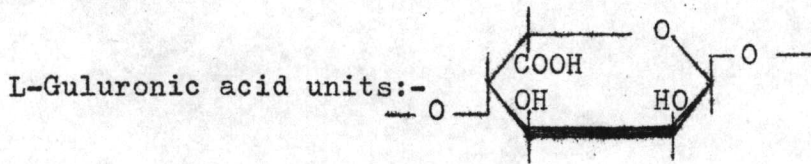
Cretcher และ Nelson (1930) พบว่าแอลจินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเกลือของกรดแอลจีนิค (alginic acid) ที่ได้จากสาหร่ายทะเล ซึ่งเกิดจากการจับตัวของหลาย ๆ โมเลกุลของ D-mannuronic acid, Speakman และ Chamberlain (1944) ได้ให้สูตรโมเลกุลที่ถูกต้องของกรดแอลจีนิคนี้เป็น $(C_6H_8O_6)_n$ โดยที่ n มีค่าระหว่าง 80-83 Percival และ Wold (1964) กล่าวว่า การจับตัวเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ (polymerization) ของกรดแอลจีนิคประกอบด้วย monomers 2 ชนิดคือ poly- β -1, 4-D-mannuronic acid และ poly- β -1,4-L-guluronic acid (ดังแสดงในภาพที่ 1-1) ซึ่งต่างก็เป็นสารประกอบพวก uronic acid ท่อเชื่อมกันแบบ 1:4 glycosidic linkage อัตราส่วนของ mannuronic acid ต่อ guluronic acid จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเล (species) [McDowell, R.H., 1961] อย่างไรก็ดี

อัตราส่วนดังกล่าวควรจะอยู่ในช่วง 0.25 - 2.1 (Percival, E., 1969) และพบ
 เสมอว่า D-mannuronic acid เป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดแอลจีนิคมากกว่า
 fucoidin, laminarin และสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่น (Smith, F., &
 Montgomery, R., 1959)



ALGINIC ACID (with D-Mannuronic acid units)

or with some



ภาพที่ 1-1 สูตรโครงสร้างของกรดแอลจีนิค

กรดแอลจีนิคที่พบในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose)
 พบในบริเวณผนังเซลล์ของสาหร่ายทะเลในลักษณะของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียม ปกติกรด
 แอลจีนิคไม่ละลายน้ำแต่จะดูดซับน้ำได้มาก เกลือ ammonium และ alkali metal ของ
 มันจะละลายได้ในน้ำเย็นให้สารละลายเหนียวข้น เกลือ alkali earth metals และโลหะ
 ในหมู่ที่ 3 ยกเว้น magnesium, ของกรดแอลจีนิคจะไม่ละลายในน้ำ น้ำหนักโมเลกุลของ
 กรดแอลจีนิคขึ้นอยู่กับ degree of polymerization (D.P.) กล่าวคือหาก D.P. สูง
 น้ำหนักโมเลกุลจะสูงขึ้น แต่ D.P. จะแปรเป็นสัดส่วนผกผันกับสภาพความคงตัว (stability)
 กรดแอลจีนิคซึ่งมี D.P. ประมาณ 40 จะสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 1 ปี ที่อุณหภูมิ 10-20°C
 เกลือของมันจะมี stability ดีกว่า เช่น โซเดียม-แอลจีเนต (D.P. ในราว 500)

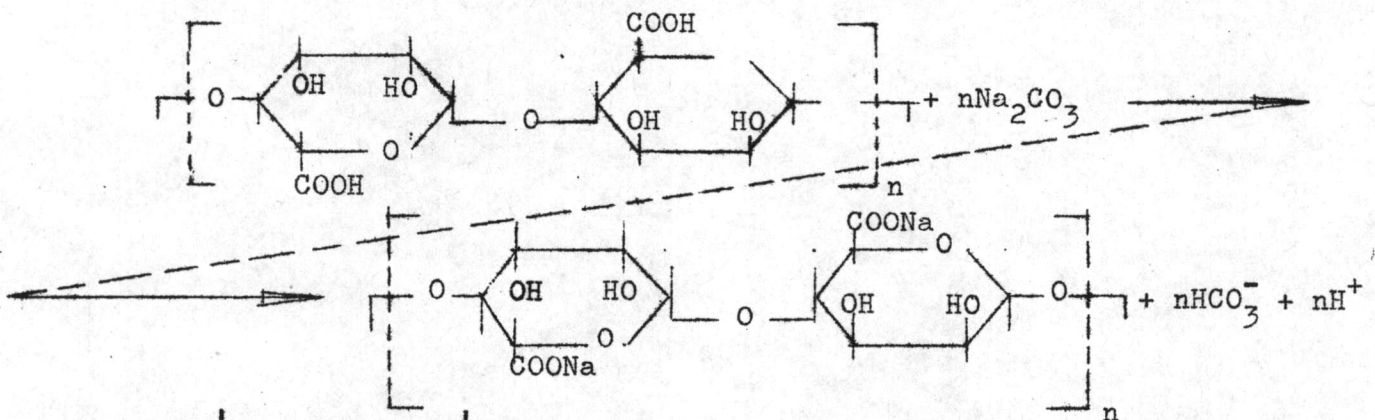
จะสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 3 ปี ที่อุณหภูมิ 10-20°C โดยไม่มีการเสื่อมสภาพ (degradation) หากอุณหภูมิสูงขึ้นเกินกว่า 50°C จึงจะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

น้ำหนักสมมูลของกรดแอลจีนิค, เมื่อพิจารณาจากสูตร (C₆H₈O₆)_n จะเห็นได้ว่า ควรจะมีค่าเท่ากับ 176 ค่าทางทฤษฎีนี้จะใช้ได้เมื่อกรดอยู่ในสภาพบริสุทธิ์, อบแห้งในเตาอบ ที่มี P₂O₅ บรรจุอยู่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่ในทางปฏิบัติ น้ำหนักสมมูลของกรดแอลจีนิค จะมีค่าประมาณ 194 สำหรับการอบในเตาอบธรรมดาที่ 105 ± 1°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง น้ำหนักสมมูลที่แตกต่างกันนี้คาดกันว่าเป็นผลจากการมีโมเลกุลของน้ำปะปนอยู่กับแต่ละหน่วย ของกรดยูโรนิค (uronic acid unit) [McDowell, R.H., 1961]

อย่างไรก็ดี, กรดแอลจีนิคที่ได้มาตรฐานไม่ควรจะมีความชื้นปะปนมากกว่าร้อยละ 18 โดย น้ำหนักภายใต้การอบแห้งเช่นนี้ และถ้าอยู่ในสภาพผงก็ควรจะมีสีเหลืองแกมน้ำตาล ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นเล็กน้อย (British Pharmaceutical Codex, 1973)

1.2.2 เคมีและคุณสมบัติของ โซเดียม แอลจีเนต (C₆H₇O₆Na)

โซเดียม แอลจีเนต มีชื่อเรียกในลักษณะอื่นเช่น sodium algin, algin, sodii alginas และ sodium polymannuronate สกัดจากการใช้สารละลายคาง เช่น โซเดียม คาร์บอเนต และน้ำ ทำการย่อยสลายผนัง เซลล์ของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล คางจะทำปฏิกิริยากับกรดแอลจีนิคให้ sodium polymannuronate กังสมการในภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 ปฏิกิริยาระหว่างกรดแอลจีนิค (poly-D-mannuronic acid) และสารละลาย โซเดียม คาร์บอเนต ให้ sodium polymannuronate หรือโซเดียม แอลจีเนต

โซเดียม แอลจีเนต เป็นเกลือที่สำคัญที่สุดของกรกแอลจีนิค, เมื่ออยู่ในสภาพเป็นผงแห้งจะมีสีขาวหรือเหลืองแกมน้ำตาล ไม่ควรจะมีกลิ่นและรสใด ๆ ละลายได้อย่างช้า ๆ ในน้ำเย็น ให้สารละลายเหนียวข้นสีเหลือง สีเหลืองแกมน้ำตาลหรือไม่มีสี ที่ความเข้มข้นของสารละลาย 1% โดยน้ำหนัก, ในน้ำจะมีค่า kinematic viscosity ในราว 30-60 centistokes ที่ 20°C โดยเหตุที่สารละลายของเกลือชนิดนี้เป็น pseudoplastic liquids ดังนั้นความหนืด (viscosity) จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ การเพิ่มความหนืดของสารละลายโดยที่คุณสมบัติทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลงอาจจะกระทำได้โดยการทำให้สารละลายโซเดียม แอลจีเนต แข็งตัวที่อุณหภูมิค่า ๆ ตัวทำละลาย (solvent) จะถูกพาให้ขึ้นมาบนผิวบนของแอลจีเนต แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นตัวทำละลายออกไป หลักการเช่นนี้เรียกว่า "shaving" ซึ่งเป็นการทำให้ความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นนั่นเอง, หรือการมีปริมาณของแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) เจือปนอยู่ในสารละลายจะช่วยให้ความหนืดของสารละลายแอลจีเนตสูงขึ้น กลีเซอริน (glycerin) จะช่วยให้ความหนืดของสารละลายคงตัวมากขึ้น แต่หากปริมาณของแอลกอฮอล์และกลีเซอรินมากเกินไป โซเดียม แอลจีเนต ก็จะตกตะกอนได้ นอกจากนี้ความหนืดของมันยังแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ D.P. (degree of polymerization) และ D.P. ของแอลจีเนตจะลดต่ำลงหรือมีการเสื่อมสภาพ (degradation) ที่อุณหภูมิสูง ๆ สำหรับโซเดียม แอลจีเนต ในรูปของสารละลายที่สกัดจากสาหร่ายทะเล ไม่ควรจะใช้อุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 70°C เพราะจะเกิดการเสื่อมสภาพไปบางส่วน (Todd, R.G., 1967)

ตารางที่ 1-2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของตัวทำละลายหลายชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เพื่อทำให้สารละลายโซเดียม แอลจีเนตตกตะกอน จากตารางนี้ จะเห็นได้ว่าหากปริมาณความเข้มข้นของตัวทำละลายค่า ๆ จะช่วยให้ความหนืดของแอลจีเนตสูงขึ้น จนถึงที่ค่าความเข้มข้นหนึ่งซึ่งมีผลให้แอลจีเนตตกตะกอนหรือเป็น floc ลอยแยกชั้นออกจากตัวทำละลาย คุณสมบัติในการตกตะกอนนี้จะขึ้นอยู่กับ

1.2.2.1 ค่าของ D.P. หากค่าของ D.P. สูงจะตกตะกอนได้ง่ายในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ

ตารางที่ 1-2 แสดงค่าความเข้มข้นของสารเคมีบางชนิดที่สามารถทำให้โซเดียม แอลจีเนต

ตกตะกอน

กำหนดให้ความเข้มข้นโซเดียม แอลจีเนต = 1 กรัมต่อสารละลาย 100 กรัม

Added Substance	Type of Sodium Alginate			
	Manucol SS/LH	Manucol SS/LM	Manucol SA/LM	Manutex SA/KP
Ethyl alcohol	30% by vol.	20% by vol.	30% by vol.	15% by vol.
Propylene glycol	40% by vol.	35% by vol.	35% by vol.	15% by vol.
Acetone	28% by vol.	20% by vol.	25% by vol.	
Sodium Chloride	5 gm/100 ml.	5 gm/100 ml.	15 gm/100 ml.	0.5 gm/100 ml.
Caustic Soda	3 gm/100 ml.	3 gm/100 ml.	8 gm/100 ml.	3 gm/100 ml.

- 1.2.2.2 ชนิดของสารละลายที่ใช้ในการสกัดซึ่งจะให้แอลจีเนตแตกต่างกัน
- 1.2.2.3 ความเข้มข้นของสารละลายแอลจีเนต - ถ้าความเข้มข้นสูงจะตกตะกอนได้ง่าย
- 1.2.2.4 การมีปริมาณของแคลเซียม, หรือสิ่งเจือปน (impurities) ในปริมาณที่มากพอ จะทำให้ตกตะกอนได้ง่ายขึ้น
- 1.2.2.5 สภาพความเป็นกรดของสารละลาย (pH)

สารละลายโซเดียม แอลจีเนตจะคงสภาพ (stable) อยู่ในช่วงของ - pH ระหว่าง 10-4 และจะเริ่มตกตะกอนเมื่อ pH ต่ำกว่า 3.4 (Todd, R.G., 1967 ; McDowell, R.H., 1961) การตกตะกอนในหัวข้อ 1.2.2.5 นี้เป็นการตกตะกอนโดยการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากเกลือโซเดียม แอลจีเนต เป็นกรดแอลจีนิค สำหรับกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH เพื่อการตกตะกอนนี้, กรดซัลฟูริก และกรดเกลือ หรือ mineral acids ให้อผลดีกว่ากรรชนิดอื่น ๆ (Kirk, E., & Othmer, F., 1968)

โซเดียม แอลจีเนต จะไม่ละลายใน alcohol, ether และ chloroform, น้ำหนักสมมุติฐานมีค่าประมาณ 216 คุณความชื้นได้คือแต่ไม่ควรมีปริมาณความชื้นเกินร้อยละ 22 โดยน้ำหนัก ในการอบแห้งที่อุณหภูมิ $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง การเก็บรักษาควรบรรจุในภาชนะซึ่งไม่ทำด้วยโลหะ (Todd, R.G., 1967) และเก็บในสภาพแห้งจะเสื่อมสภาพไต่ยากกว่าการเก็บในลักษณะสารละลาย, อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาควรจะอยู่ระหว่าง $10-20^{\circ}\text{C}$ ไม่ควรเกิน 50°C (Kirk, E., & Othmer, F., 1968)

1.2.3 ชนิดของแอลจีเนตและการใช้ประโยชน์

ชนิดของแอลจีเนตจะมีชื่อทางการค้าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้ในการสกัด, degree of polymerization ปริมาณแคลเซียมที่เจือปนอยู่ ดังนั้น แอลจีเนตแต่ละชนิดจึงเหมาะที่จะใช้งานเพื่อจุดประสงค์แตกต่างกัน เช่น

1.2.3.1 Manucol เป็นโซเดียม แอลจีเนตใช้ในอุตสาหกรรมและเภสัชกรรม ตลอดจนผลิตภัณฑ์อาหาร ให้ระดับความหนืด (viscosity) สูงและปานกลาง เช่น manucol SS/LH/RS และ SS/LM/RS อักษร SS/LH, SS/LM แสดงระดับคุณภาพ (grade), ข้อกำหนด (specifications) ของแอลจีเนต ตามมาตรฐานของ A.I.L. (Alginate Industries Ltd., London)

1.2.3.2 Manutex เป็นโซเดียม แอลจีเนตที่ใช้ในเภสัชกรรมและเครื่องสำอางค์ บางมาตรฐาน (grade) จะให้ค่าความหนืดสูง เช่น manutex RS, manutex C และ manutex VK มีคุณสมบัติพิเศษเป็น buffers สำหรับใช้ในการพิมพ์ลวดลายผ้า (textile

printing) ในสารละลายหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างอย่างแรง (strongly alkaline), manutex KP หมายถึง โซเดียม แอลจีเนตซึ่งมีแคลเซียม แอลจีเนตเจือปนอยู่ 10% คุณสมบัติของโซเดียม แอลจีเนต เหล่านี้ (manucol และ manutex) แสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 คุณสมบัติของโซเดียมแอลจีเนตบางชนิด

	Degree of Polymerization	Seaweed Source	Calcium Content
Manucol SS/LH	About 400	Laminaria	0.4%
Manucol SS/LM	About 700	Laminaria	0.4%
Manucol SA/LM	About 700	Ascophyllum	0.4%
Manutex SA/KP	About 700	Ascophyllum	About 1.0%

1.2.3.3 Alginate เป็นโซเดียม แอลจีเนตตามมาตรฐาน A.I.L. ใช้เป็น stabilisers ในการผลิต icecream

1.2.3.4 Welgum ประกอบด้วยโซเดียม แอลจีเนต และแคลเซียม คาร์บอเนต ใช้ในการทำความสะอาดรูปเชื่อมไฟฟ้า (welding electrodes) และการชักเงาเครื่องเคลือบ (ceramic)

1.2.3.5 Manucet ประกอบด้วยโซเดียม แอลจีเนต, เกลือแคลเซียม (calcium salt) และ retarding agent บางตัว เพื่อใช้ในการทำให้เกิด "jellies" ด้วยการเติมกรดลงในสารละลายที่ประกอบด้วย manucet และน้ำตาลพร้อมกับกวนให้เข้ากัน

1.2.3.6 Collatex เป็น amine alginates มีหลายระดับคุณภาพ (grades) เช่น collatex TS/RE เหมาะที่จะใช้ผสมครีมเครื่องสำอางค์, เวชภัณฑ์, collatex EH เป็น diethylaminoethanol alginate ใช้เป็นฟิล์มกันน้ำมัน (oil-resistance films) ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์, เกษกรรม ฯลฯ

(Todd, R.G., 1967) สำหรับมาตรฐานของ A.I.L., Collatex หมายถึง ammonium alginate ซึ่งนิยมใช้ทำปฏิกิริยากับ zinc oxide ทำให้เกิด insoluble films ของ zinc alginate ช่วยการสูญเสียแอมโมเนีย เพื่อจุดประสงค์ในทางอุตสาหกรรม หากเป็น amine alginates จะใช้ชื่อต่างๆ กันดังนี้คือ collatex PB, collatex PH และ collatex E

1.2.3.7 Manucol Ester เป็น propyleneglycol alginate ใช้ อุตสาหกรรมอาหารในลักษณะของ emulsifying และ stabilizing agent.

1.2.3.8 Calcium alginate ในลักษณะของเส้นใย (fibres of calcium alginate) แคลเซียม แอลจีเนต จะถูกใช้สมานแผลเพื่อช่วยให้เลือดหยุดไหล (แคลเซียม แอลจีเนต ไม่ละลายในน้ำ) นอกจากนี้ยังใช้ปิดปากแผลหลังการผ่าตัด เคลือบเม็ดยา เหมือนกับการใช้กรกแอลจีนิค ใช้เป็นผงโรยภายในถุงมือไคโดยการผสมกับโซเดียม แอลจีเนต ซึ่งทำให้สวมใส่ถุงมือไคสะดวกขึ้น

1.2.3.9 Sodium alginate โซเดียม แอลจีเนต เป็นเกลือของกรกแอลจีนิค ที่สำคัญที่สุด ทำหน้าที่เป็น suspending และ emulsifying agent สำหรับ water miscible pastes และ creams ดังโคกลาวไว้ม่างแล้วข้างต้น 9, 10 สำหรับน้ำและ mineral oils โซเดียม แอลจีเนต จะใช้โคคลีเมอมี "acacia" ผสมอยู่ด้วย ในทาง การแพทย์ แอลจีเนตชนิดนี้จะใช้ในการเคลือบแบบพิมพ์ของฟันหรือเหงือก เคลือบเม็ดยา ใน ลักษณะของ "binding agent" ในลักษณะสารละลายหรือเป็นผงจะใช้เทเคลือบบริเวณ บากแผลแล้วฉีดแคลเซียม คลอไรด์ ลงไปให้แคลเซียม แอลจีเนต (ไม่ละลายในน้ำ) ซึ่งจะ ช่วยให้เลือดหยุดไหลยิ่งขึ้น

1.2.4 กรรมวิธีการสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดย Green's "Cold" Process

วิธีนี้เป็นการผลิตโดยใช้อุณหภูมิต่ำๆ เพียง 10°C ก็กระทำได้แล้ว ไม่สิ้นเปลืองพลังงานความร้อน ไม่มี depolymerization ของกรกแอลจีนิคขณะทำการผลิต เหมาะที่จะใช้กับสายรายสกรก กรรมวิธีเริ่มด้วยการนำสายรายสกรกมาชะล้างด้วยกรกเจือจาง เพื่อแยกเกลือแร่

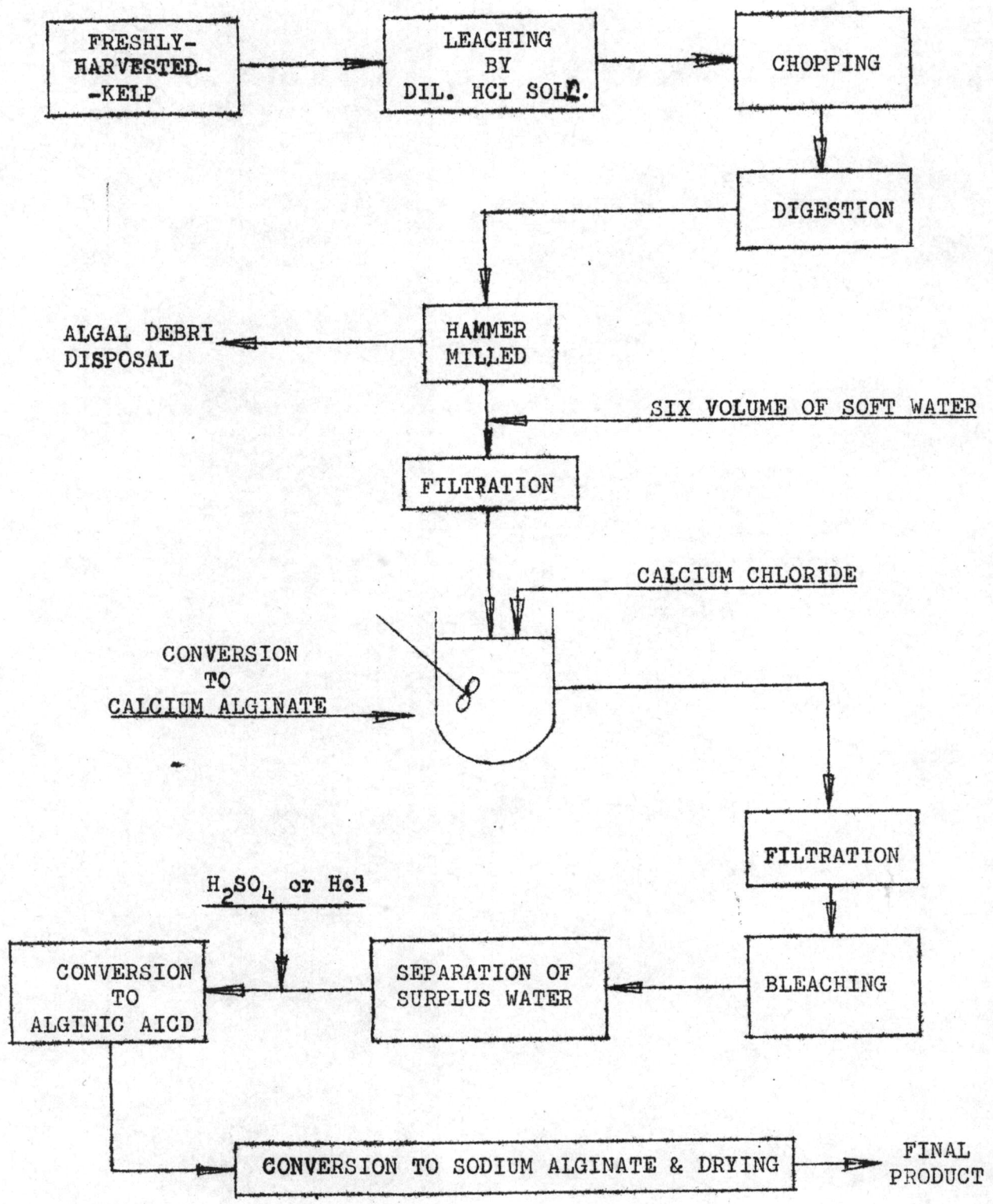
9 เรื่องเดียวกัน หน้า 12

10 เรื่องเดิม หน้า 3

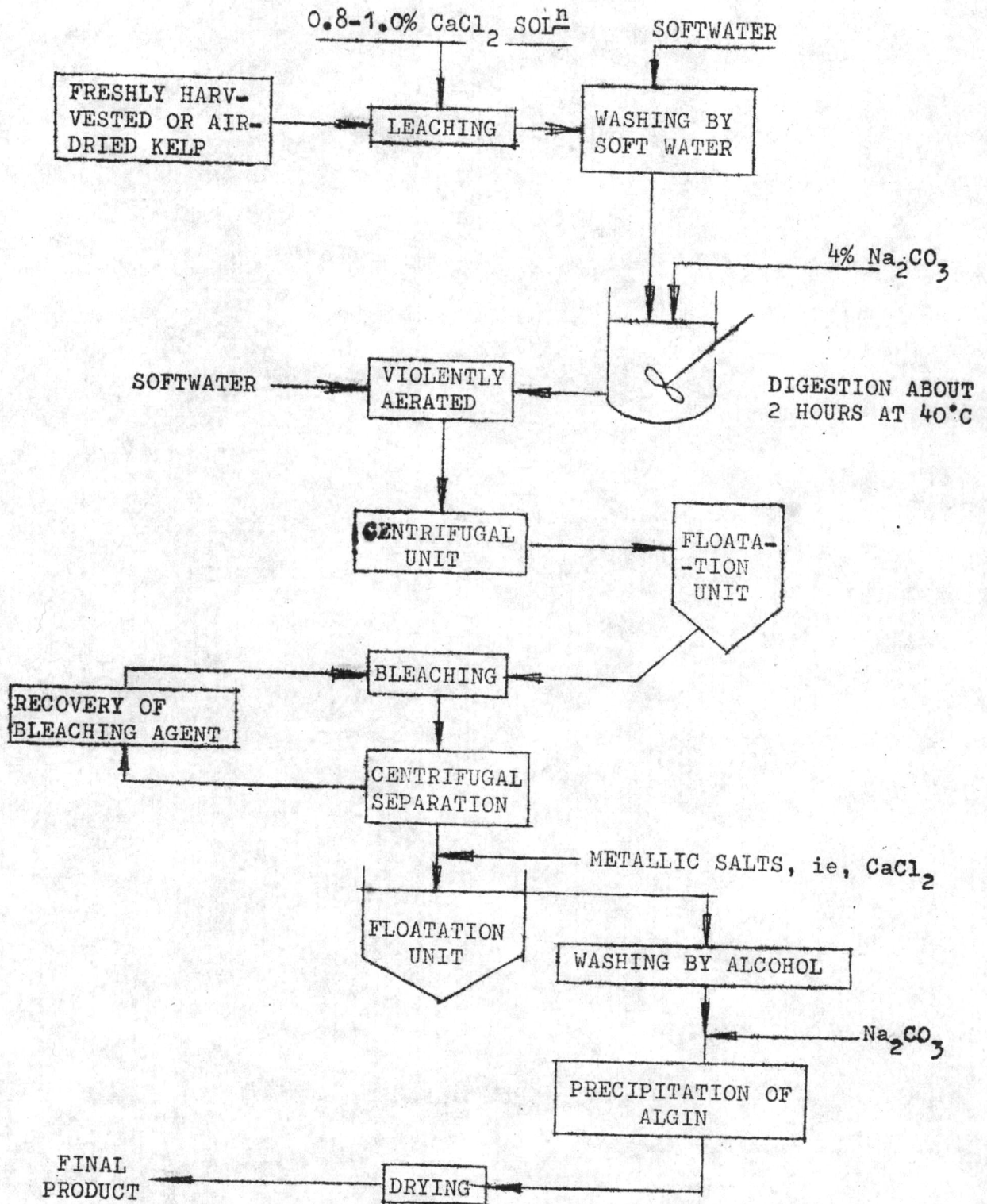
ออกไป (ภาพที่ 1-3). เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ถึง 1 วัน นำสาหร่าย (kelp) เข้าเครื่องบดคัให้มีขนาดเล็ก แล้วนำไปย่อยสลาย (digestion) ใน 40-50 ปอนด์ต่อตันของสาหร่ายที่ใส่, ของโซเดียม คาร์บอเนต (pH ในราว 10), เป็นเวลา 30 นาที ถึง 1 วัน บดของผสมที่ย่อยสลายนี้ให้ละเอียดพอผ่านตะแกรงขนาด 30-mesh แล้วเติมน้ำอ่อน (soft water) ลงไป 6 เท่าโดยปริมาตร จนได้สารละลายเหนียวข้นของโซเดียม แอลจีเนต พอเหมาะที่จะกรองผ่านเครื่องกรองใช้ความกดดันหรือจะทิ้งให้ของแข็งตกตะกอนจนได้สารละลายส่วนน้ำใสก็ได้ เติม 10% สารละลายแคลเซียม คลอไรด์ (ปกติใช้แคลเซียม คลอไรด์ 100 ปอนด์ต่อสารละลายส่วนน้ำใส 8 ตัน) ลงในสารละลายพร้อมกับกวนตลอดเวลา จะได้ตะกอนของแคลเซียม แอลจีเนต กรองเอาตะกอนนี้ออกแล้วเติมน้ำลงไปทำการฟอกสีอาจจะทำได้ในขั้นตอนนี้ด้วยการใช้สารละลาย 1% โซเดียม ไฮโปคลอไรท์ (NaClO) เติมลงไปจนน้ำให้เข้ากัน เสร็จแล้วแยกน้ำออก, เปลี่ยนแคลเซียม แอลจีเนต ให้เป็นกรด แอลจีนิคด้วยการเติมกรดซัลฟูริก หรือกรดเกลือ ปรับ pH ให้ได้ 1.9, กรองตะกอนของกรดแอลจีนิคที่เกิดขึ้น, และหรือทำให้อยู่ในลักษณะของโซเดียม แอลจีเนต. ทำให้แห้งบดให้ละเอียดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.2.5 กรรมวิธีการสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดย Le Gloahec-Herter Process

วิธีนี้จะใช้กับสาหร่ายทะเล (kelp) สดหรือแห้งก็ได้ เริ่มจาก (ภาพที่ 1-4) การนำสาหร่ายมาชะล้างเกลือแร่, laminaran และ manitol ด้วย 0.8-1.0% สารละลายแคลเซียม คลอไรด์ (ซึ่งจะช่วยให้อัลจินไม่ถูกชะล้างด้วยน้ำไ้มาก) โดยทั่วถึงกัน, แยกสารละลายแคลเซียม คลอไรด์ออก, แล้วล้างสาหร่ายต่อไปด้วยน้ำอ่อนเพื่อชะล้างแคลเซียม คลอไรด์, เกลือแร่, laminaran และ manitol ที่ตกค้างอยู่หลาย ๆ ครั้ง นำสาหร่ายที่สะอาดนี้ไปย่อยสลายใน 2 เท่าโดยปริมาตรของ 4% โดยน้ำหนักของสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต ขณะเดียวกันก็ผ่านเข้าไปในเครื่องบดและเครื่องกวนอย่างรุนแรง เพื่อย่อยสลายที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือที่ 18-20°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้สารละลายโซเดียม แอลจีเนตที่เหนียวข้น ทำให้เจือจางด้วยการเติมน้ำอ่อน, เป่าและกวนด้วยฟองอากาศอย่างรุนแรงและอย่างรวดเร็ว นำสารละลายผสมฟองอากาศนี้เข้าเครื่องแยกด้วย



ภาพที่ 1-3 การสกัดโซเดียม แอลจิเนต โดยวิธี Green's "Cold"



ภาพที่ 1-4 การสกัดโซเดียม แอลจีเนต ด้วยวิธี Le Gloahec-Herter

แรงเหวี่ยง ฟองอากาศเล็กๆ ที่ถูกเป่าเข้าไปอย่างรุนแรงนี้จะทำให้สารแขวนลอยในสารละลายขุ่นเหนียวนี้รวมตัวกันลอยขึ้นสู่ผิวบน หลังจาก 6-10 ชั่วโมง ชั้นของของแข็งจะจับตัวเป็นแผ่นหนาที่ผิวคานบนมีความหนาแน่นและแข็งแรงพอที่จะสูบลอยสารละลายส่วนใสเบื้องล่างออกไปได้โดยไม่ทำให้มันเสียรูปไป นำสารละลายส่วนที่สูบลอยออกมาฟอกสีด้วยการเติม hydrated alumina, gelatinous silica และ aluminum alginate เป็นต้น สารฟอกสีเหล่านี้จะแยกออกจากสารละลายได้โดยการใช้เครื่องแยกแรงเหวี่ยง และนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยกรรมวิธีการแยกสกัดด้วยสารละลาย (solvent extraction) หลังจากการฟอกสีแล้วเติมเกลือโลหะ เช่น แคลเซียม คลอไรด์ ฯลฯ ลงในสารละลายนี้จะเกิดตะกอนลอยของแคลเซียม แอลจีเนตจับตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ ผานเข้าไปในถังซึ่งเป่าฟองอากาศอย่างรุนแรงเพื่อให้แคลเซียม แอลจีเนตแยกตัวลอยขึ้นสู่ผิวบนของสารละลายได้เร็วขึ้น (floatation) และจับตัวเป็นแผ่น แยกเอาแคลเซียม แอลจีเนตออกจากให้บริสุทธิ์ด้วยแอลกอฮอล์ เติมโซเดียม ไฮดรอกไซด์หรือโซเดียม คาร์บอเนตเพื่อให้ได้โซเดียม แอลจีเนต ผานเข้าไปในแอลกอฮอล์แอลจีเนตจะตกตะกอน, แยกออก, ทำให้แห้ง, บดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงเพื่อคัดขนาดและบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่อไป

กรรมวิธี 2 วิธีดังกล่าวข้างต้นเป็นขบวนการหลักที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม

แอลจีเนตของสหรัฐอเมริกา, รายละเอียดปลีกย่อยของขบวนการผลิตในแหล่งอื่นเช่นยุโรป, ญี่ปุ่น และออสเตรเลียจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม เพราะชนิดและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับสาหร่ายที่สกัดแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นวิธีของ Haug (1965) ใช้ในนอร์เวย์ เริ่มจากการใช้ 2N โซเดียม คลอไรด์ชะล้างสาหร่าย (*Ascophyllum nodosum*) ก่อนที่จะสกัดแอลจีเนต จะช่วยให้แอลจีเนตไม่ถูกล้างในขณะทำการชะล้างสาหร่ายด้วยน้ำอุ่นหลายๆ ครั้ง, Miyake (ญี่ปุ่น 1959) พบว่าหากทำการสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดยการใส่โซเดียม ไฮดรอกไซด์เจือปนในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนตซึ่งใช้เป็นตัวกลางในการสกัดจนกระทั่ง pH ของสารละลายสูงกว่า 12 แล้ว, จะทำให้สามารถสกัดแอลจีเนตเพิ่มขึ้นอีก 72-84% และ Heggellund กับ Skotnes (นอร์เวย์, 1961) ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์วิธีการสกัดแอลจีเนตแบบสองขั้นตอน กล่าวคือทำให้ผนังเซลล์ของสาหร่ายทะเลหลวมตัวด้วยการ

แซ่สำหรับทะเลในสารละลายคาง เสร็จแล้วเทสารละลายคางทิ้งไป แล้วเติมสารละลายคางลงไปใหม่ เพื่อทำการย่อยสลาย (digestion) ในขั้นตอนที่สอง เป็นต้น

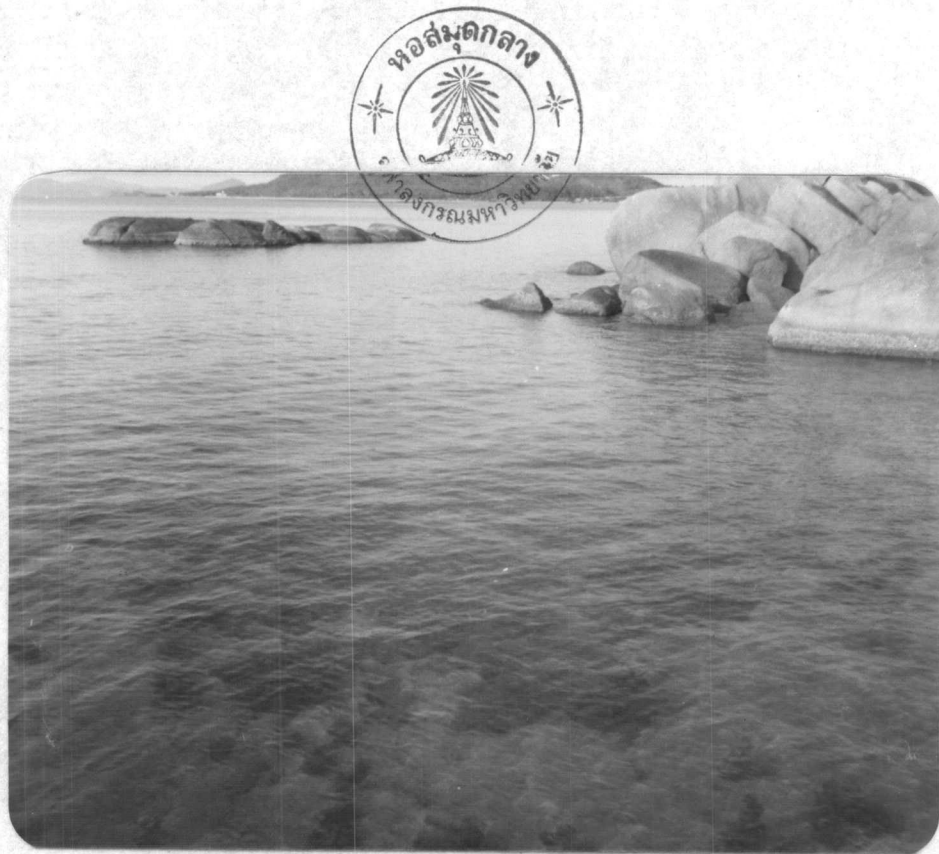
1.2.6 วิธีการสำรวจชนิด, แหล่งของสาหร่ายทะเล

การสำรวจแหล่งของสาหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ จะกระทำได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.2.6.1 การสำรวจโดยใช้ตะขอกีว ; ควบการใช้เรือยนต์ลากตะขอ ซึ่งรูปร่างคล้ายโครงเหล็กทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หรือคราดลากไปใต้ท้องน้ำบริเวณที่สงสัยว่าจะมีสาหร่ายทะเล ตะขอกีวนี้ จะเกี่ยวให้สาหร่ายทะเลหลุดติดขึ้นมาได้ กรรมวิธีเช่นนี้ ใช้โดยชาวประมงในทะเลสาบสงขลา เพื่อเก็บสาหร่ายทะเลชื่อ *Gracilaria confervoides* ควบการใช้คราดและเรือยนต์คึกท้าย หรือเรือพายขนาดเล็ก ใช้เก็บในบริเวณน้ำลึกประมาณ 4 ฟุตหรือมากกว่านี้ (สุชาติ, พ.ศ. 2511)

1.2.6.2 การสำรวจควบการใช้คลื่นเสียงสะท้อน (Echo-sounder) ; ควบการอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงในลักษณะแตกต่างกันขณะที่เรือแล่นผ่านไปบริเวณสาหร่ายทะเลที่อยู่ลึกลงไปใต้น้ำ เราจะทราบปริมาณและบางที่อาจทราบชนิดของสาหร่ายทะเลได้ วิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับสาหร่ายทะเลสกุล *Laminaria* (Chapman, V.J., 1970) หากนำไปใช้กับสาหร่ายสกุลอื่น ๆ จะต้องระมัดระวังสัญญาณสะท้อนของคลื่นเสียงอันเกิดจากโขดหินใต้น้ำ, โคลนคม และทรากเรืออับปางให้ถี่ เพราะอาจจะทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นแหล่งของสาหร่ายทะเลได้ง่าย

1.2.6.3 การสำรวจโดยภาพถ่ายทางอากาศ จากการใช้กล้องถ่ายภาพทางอากาศ (F8 camera lens หรือและ F52 cameras). โดยการใช้เลนซ์ทรงแสงสี่เหลี่ยม ถ่ายภาพลักษณะท้องน้ำทะเลจากระดับความสูง 1,500 ฟุต - 2,000 ฟุต จากระดับน้ำทะเล, พยายามให้ดวงอาทิตย์อยู่ข้างหน้าหรือด้านหลังกล้องเล็กน้อย จะพบแหล่งของสาหร่ายทะเลได้โดยสังเกตุจากกลุ่มสีค่าที่ปรากฏอยู่ใต้น้ำ การถ่ายภาพเช่นนี้เป็นการถ่ายภาพในแนวตั้ง (vertical photograph) เหมาะสำหรับการหาขอบเขตของแหล่งสาหร่ายทะเล และท้องทะเลที่มีความลึกมาก ๆ การถ่ายรูปแบบแนวตั้งนี้จะใช้ได้ดีกว่าการถ่ายรูปแบบแนวเฉียง (oblique photograph) ซึ่งเหมาะสำหรับท้องน้ำที่ไม่ลึกมาก (ภาพที่ 1-5) กลุ่มสีค่าที่



ภาพที่ 1-5. ภาพถ่ายแนวเฉียงแสดงแหล่งสาหร่ายทะเล บริเวณสำนัก
สงฆ์ราชธรรมาราม อำเภอเกาะสมุย

ปรากฏใตของน้ำคือสาหร่ายทะเล

1.2.6.4 การสำรวจแหล่งสาหร่ายทะเลด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม ; โดยอาศัยคุณสมบัติของภาพถ่ายจากการบันทึกภาพระบบ multispectral scanner (MSS) และ cameras return beam vidicon (RBV.) ที่มีความแตกต่างในแง่ของ electromagnetic spectrum ตาม wavelengths ต่าง ๆ¹¹ ที่เหมาะสมจะสามารถบ่งบอกแหล่งและปริมาณของสาหร่ายทะเลได้ บางทีอาจจะบ่งบอกชนิดของสาหร่ายทะเลได้อีกด้วย กรรมวิธีสำรวจทางดาวเทียมนี้กระทำได้ผลดีสำหรับสาหร่ายทะเลที่เรียกว่า "kelp" (Macrocystis) สำหรับในประเทศไทย มีโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม (ERTS-Project) ณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, บางเขน, กรุงเทพฯ ซึ่งได้เริ่มโครงการตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2514 ได้ทำการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของลุ่มน้ำลำธาร, ป่าไม้ ไปบ้างแล้ว หากแต่การสำรวจปริมาณของแหล่งปลาและสาหร่ายทะเล ยังมีได้กระทำ โครงการนี้จึงน่าจะติดตามผลงานอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยประหยัดรายจ่ายและเวลาในการสำรวจสาหร่ายทะเลด้วยวิธีอื่นได้มาก

ที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการสำรวจแหล่งของสาหร่ายทะเลโดยทั่ว ๆ ไปสำหรับการสำรวจแหล่งและชนิดของสาหร่ายทะเลในอ่าวไทยสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้มาจากการสำรวจโดยตรงด้วยตนเอง, แบบสอบถามและเอกสารอ้างอิงอื่น ๆ ดังปรากฏรายละเอียดในตารางที่ 3-1 การเลือกใช้ชนิดของสาหร่ายทะเลเพื่อใช้ในการสกัดโซเดียม แอลจีเนต จะต้องคำนึงถึงเปอร์เซ็นต์ที่สกัดได้ต่อน้ำหนักสาหร่ายแห้ง, ดังแสดงในตารางที่ 1-4 ปริมาณของสาหร่ายทะเลซึ่งควรจะมีมากกว่า 3 เท่าของปริมาณที่จะใช้ผลิตตามปกติต่อปี เพื่ออนุรักษ์สภาพแวดล้อมและการแพร่พันธุ์ของสาหร่ายทะเล (Chapman, V.J., 1970) ทั้งนี้ยกเว้นสาหร่ายทะเลซึ่งเกิดจากการเพาะเลี้ยงขึ้นเอง, ความแปรปรวนของปริมาณแอลจีเนตที่สกัดได้ตลอดฤดูกาล (seasonal variation of algin in seaweeds) [Lund, 1937], ส่วนต่าง ๆ ของสาหร่ายทะเลซึ่งจะให้ปริมาณแอลจีเนตแตกต่างกันเช่นในสาหร่ายทะเลสกุล Laminaria จะพบแอลจินในบริเวณลำต้นมากกว่าบริเวณใบ แต่สาหร่ายทะเลสกุล Durvillea, Ecklonia (radiata) กลับมีปริมาณของแอลจินบริเวณใบมากกว่าบริเวณลำต้น (Black, 1950) และอายุหรือความเจริญเติบโตของสาหร่ายทะเลที่ใช้ในการสกัด เป็นต้น

¹¹ คร.ชำนาญ บุญโยภาส (1976)

ตารางที่ 1-4 ชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้สกัด และปริมาณโซเดียม แอลจีเนต ที่สกัดได้
 คือน้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใช้^{12,13}

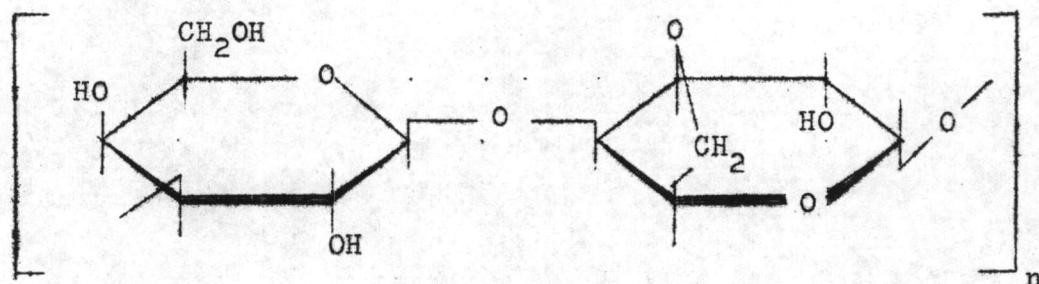
Species	Algin present as % dry weight
Ascophyllum	20 - 30%
Alaria esculenta	30 - 35%
Ecklonia maxima	29.6 - 38%
Fucus ceranoides	21.05 - 29.48%
Fucus sp.	16 - 29%
Laminaria digitata	15 - 40%
Laminaria hyperborea	11.3 - 21.7%
Sargassum sp.	13%
Sargassum longifolium	17%
Sargassum (wightii, tenerrimum)	29.8 - 34.6%

¹² % yield ของโซเดียม แอลจีเนต ที่ได้นี้ไม่ควรจะเป็นค่ากำหนดตายตัว เพราะสภาพ
 ดินอาศัย (habitat) ของสาหร่าย, อุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลของแหล่งที่นำสาหร่ายมาสกัด
 แตกต่างกัน ค่าที่ได้ในตารางนี้อาจใช้ไม่ได้ผลในประเทศไทย, อย่างไรก็ตาม, ก็พอจะมี
 ประโยชน์ในการให้ความมั่นใจในการเลือกชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้ในการสกัดได้บ้าง

¹³ Chapman, V.J., (1970)

1.2.7 วุ้นและกรรมวิธีการสกัดวุ้น

1.2.7.1 เคมีของวุ้น ; จากการศึกษาการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเล ชื่อ *Gelidium amansii* สรุปลักษณะวุ้นประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์สองชนิดใหญ่ คือ เอกาโรส (agarose) และเอกาโรเปคติน (agaropectin) [Zajic, J.E., 1970] โดยที่โมเลกุลของเอกาโรสประกอบด้วยการจับตัวแบบลูกโซ่ของ β -D-galactopyranose ตรงตำแหน่งที่ 1,3 และ 3,6-anhydro- α -L-galactopyranose ตรงตำแหน่งที่ 1,4 สลับกันไปดังแสดงในภาพที่ 1-6 สำหรับเอกาโรเปคตินมีโครงสร้างเหมือนกับเอกาโรส หากแต่ยังประกอบด้วยเอสเทอร์ของซัลเฟต (ester of sulphate), กรกกลูคูโรนิก (glucuronic acid) และกรดไพรูวิก (pyruvic acid) [Araki, 1965] นอกจากนี้ยังมีโพลีแซคคาไรด์ชนิดอื่น เช่น ฟูโนราน (funoran) และพอร์ฟิราน (porphyran) ที่มีโครงสร้างคล้ายเอกาโรสประกอบด้วยในปริมาณไม่มากนัก



ภาพที่ 1-6 Agarose ในวุ้น

เอกาโรเปคตินนี้จะไม่ให้คุณสมบัติของเจลลี่ (gelly) แต่อย่างไร ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงพยายามสกัดแต่เอกาโรสบริสุทธิ์ Hjerten (1962) ได้ค้นพบกรรมวิธีแยกเอกาโรเปคตินออกจากเอกาโรสโดยทำให้ตกตะกอนในสารละลายของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต, Russell et. al, (1964) ได้ปรับปรุงการแยกเอกาโรเปคตินออกจากเอกาโรสด้วยการทำให้เอกาโรสตกตะกอนโดยตรงในสารละลายโพลีเอทิลีน ไกลคอล (polyethylene glycol) ที่มีน้ำโมเลกุลในราว 6,000 โดยวิธีการทำให้บริสุทธิ์ เอกาโรสไม่ควรจะ

ประกอบด้วยเอกาโรเปคตินเกินกว่า 0.5%¹⁴

1.2.7.2 คุณสมบัติของวุ้น ; วุ้นแท้ที่บริสุทธิ์จะไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะละลายในน้ำร้อน และละลายโคคิโนน้ำร้อนจัดตั้งแต่อุณหภูมิ 90°C ขึ้นไป (Zajic, J.E., 1970) ให้สารละลายแขวนลอยของอนุภาคของแข็งในน้ำ (fluid sols) ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 4% โค้ สำหรับความเข้มข้นต่ำ ๆ เช่น 1-2% สารละลายนี้จะคงสภาพอยู่โค้ แม้ในอุณหภูมิที่ไม่สูงมาก (35-50°C) หากทำให้เป็นล่งต่ำกว่า 35°C จะให้สารละลายที่เรียกว่าวุ้น (gel) ซึ่งเป็คหยุ่น, ผิวแตกเปราะง่ายและไม่มีสีหรือกลิ่นตรงข้ามกับวุ้นที่ไม่บริสุทธิ์จะขุ่นมัว, มีสีเหลืองและบางทีอาจจะมึกลิ่นของสารอื่นเจือปนด้วย วุ้นที่แข็งตัวนี้จะสามารถทำให้หลอมละลายสู่สภาพเดิมโค้หลายครั้งที่อยู่อุณหภูมิมากกว่า 90°C อย่างไรก็ค้, หากอยู่ในสภาพอุณหภูมิสูง ๆ เป็นเวลานาน ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ของสารละลายต่ำล่งจะเสื่อมสภาพโค้, ความแข็งของวุ้น (gel strength) ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณวุ้นแท้ที่ใช่, แหล่งและชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัดวุ้น, ความบริสุทธิ์หรืออัตราส่วนระหว่างเอกาโรสต่อเอกาโรเปคติน อย่างไรก็ค้วุ้นควรจะมีคววมหนึค (viscosity) ระหว่าง 2-10 cp (centipoise - หน่วยวัดคววมหนึค) ที่ 45°C และมีคววมแข็งแรง (gel strength) พอที่จะรับน้ำหนักโค้ ระหว่าง 80-600 กรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับสารละลายซึ่งมีปริมาณของวุ้น 1% ความแข็งของวุ้นทดสอบโค้โดยใช่ปลายเข็มที่มีพื้นที่ภาคตัดขวาง 1 ตารางเซนติเมตร กดบนผิวของวุ้นคววมแรงขนาดต่าง ๆ จนกระทั่งผิวของวุ้นเริ่มปริแตก (Kirk E., & Othmer F., 1968) Sulit, et. al, (1956) กล่าวว้า Kojima พบว้าการฟอกสีของวุ้นที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีแคงชื่อ *Gracilaria confervoides* คว้มโซเคียม ไฮโปคลอไรท์มีส่วนผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 50 จะช่วยให้วุ้นมีคววมแข็งตัวสูงขึ้นจากเดิมถึง 60% เป็นอย่งน้อย สารละลายของวุ้นที่ไม่บริสุทธิ์จะมีโปรตีนและเกลือแร่ต่าง ๆ ปนอยู่จึงเหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียน้อยกว่าวุ้นที่บริสุทธิ์

¹⁴โดยวิธีแยกเอกาโรสใหม่บริสุทธิ์ข้างต้น ควรจะทำให้ gel strength ของวุ้นค้ขึ้น เพราะวุ้นที่สกัดโค้ในโครงการงานวิทยานิพนธ์อยู่ใน *Gracilaria* type ซึ่งเชื่อว้าจะให้ gel strength โค้สูงพอสมควร (มากกว่า 80 กรัมต่อ ตร.ซม.ต่อคววมเข้มข้นสารละลายวุ้น 1%)

ดังนั้นหากนำวุ้นไมบริสุทธีมาบริโภคะจะเก็บรักษาไม่ให้บูดเน่าไค้ยากกว่าการใ้วุ้น
บริสุทธีควย

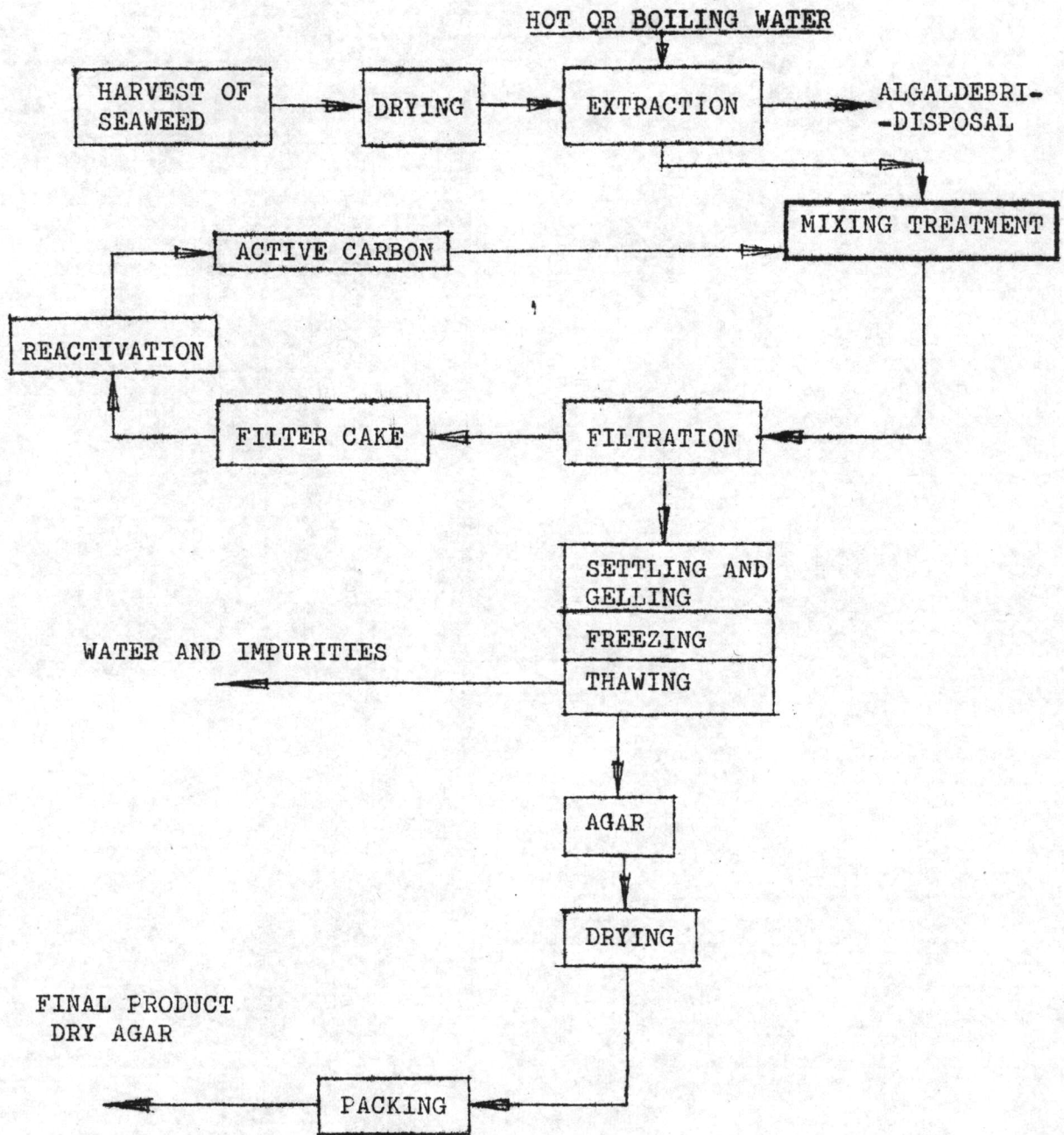
1.2.7.3 กรรมวิธีการสกัดวุ้น ; กรรมวิธีการสกัดวุ้นมีหลายวิธี จะแตกต่างกันไป
ขึ้นอยู่กับลำดับขั้นตอน, สารเคมีที่ใ้, ระยะเวลาในการสกัด และข้อปลั้กย่อยของแต่ละกรรม-
วิธี ซึ่งเหมาะสมในแคะสภท้งถิ่น เช่นกรรมวิธีการสกัดวุ้นในญี่ปุ่นที่กระทำในลักษณะ
อุตสาหกรรมขนาดย่อม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.7.3.1 กรรมวิธีการสกัดวุ้นของชาวญี่ปุ่น : นำสาหร่ายและน้ำ
ที่มีน้ำหนักห้าสิมเท่าของสาหร่ายที่ใ้ ผสมเข้าด้วยกันและต้มใ้เดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมง
ในระหว่างนี้ปรับ pH ของสารละลายใ้เป็นกรดเล็กน้อยด้วยการเติมกรดซัลฟูริก หรือ กรด
อาซีติก (acetic acid), กรองสารละลายควยผ้า, ส่วนที่ตกค้างในการกรองนำกลับไป
ต้มใหม่ควยการเติมน้ำเข้าไ้และลระยะเวลาในการต้มลง ภายหลังจากการกรองครั้งต่อ
ไปสารละลายที่ตกค้างนี้สามารถนำไปต้มเพื่อสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลชุดใ้ใหม่ไ้

สารละลายที่กรองไ้จะถูกทำให้เย็นลงและแข็งตัวเป็นวุ้น (gel) หลังจากการ
ค้ให้เป็นรูปร่างและขนาดที่ค้องการแล้วก็นำวุ้นเหล่านี้มาตากแห้งในเวลากลางคืน น้ำที่ระเหย
ออกจากเนื้อวุ้นจะพาสิ่งเจือปน (impurities) ใ้เคลื่อนที่มาที่ผิวนอกของวุ้น จากการล้าง
ควยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง และทิ้งใ้แห้ง เช่นนี้จะไ้วุ้นบริสุทธี นำวุ้นเหล่านี้มาตากแดด ก็
จะไ้วุ้นที่แห้งสนิทตามค้องการ (Kirk E., & Othmer F., 1968)

1.2.7.3.2 กรรมวิธีการผลิตวุ้นทางอุตสาหกรรม : ภาพที่ 1-7,
สาหร่ายที่ใ้ในการสกัดวุ้นจะถูกทำให้แห้งแล้วนำมาต้มกับน้ำเดือด แยกเอาอากาศสาหร่ายและ
สิ่งเจือปนออก, นำสารละลายที่ไ้มาฟอกสีควยแคะคิฟ คาร์บอน (active carbon)
กรองและทิ้งส่วนที่กรองใ้เย็นจนกระทั่งแข็งตัวเป็นวุ้น ทำให้เย็นจ้คและเพิ่มอุณหภูมิสลับกันไป
เพื่อใ้หน้าภายในวุ้นระเหยพาสิ่งเจือปนเกาะอยู่ที่ผิวนอกของวุ้น ล้างควยน้ำและกระทำเช่นนี้
หลาย ๆ ครั้งจนวุ้นบริสุทธี การกระทำเช่นนี้เรียกว้า thawing เสร็จแล้วทำให้แห้งสนิท
เพื่อค้ให้เป็นผงบรรจุจำหน่ายต่อไป (Zajic, J.E., 1970)

ปริมาณของวุ้นที่สกัดไ้ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งของสาหร่ายทะเล โดยทั่วไปจะอยู่ใน
ราว 24-45% ของน้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใ้ (Kappanna and Rao, 1963) และอาจจะม่



ภาพที่ 1-7 กรรมวิธีการผลิตวุ้นโดยทั่ว ๆ ไปในทางอุตสาหกรรม

เกลือแร่ชนิดอื่นปะปนถึง 13-15% (Gryuner, 1961) สุชาติ (พ.ศ. 2511) ได้รายงานถึงผลการทดลองของเกลียว (พ.ศ. 2478) ว่าการนำสาหร่ายมาตากแดดไว้จนมีสีซีดขาว ไม่มีกลิ่นและล้างสาหร่ายแห้งด้วยน้ำจืดหลาย ๆ ครั้ง แล้วทิ้งไว้ให้สาหร่ายอ่อนตัวก่อนการสกัดจะทำให้ได้วุ้นที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้สุชาติยังกล่าวไว้ว่า

"...การใช้ผงถ่านกระดูกสัตว์ในการฟอกสีจะได้อวุ้นที่ปราศจากสีกลิ่นรสใดทั้งสิ้น ทั้งนี้โดยการใช้ถ่าน 1 กรัมต่อสาหร่าย 86 กรัม ระยะเวลาในการฟอกสีนาน 5 นาที... สำหรับกรรมวิธีทางอุตสาหกรรมนั้นปรากฏว่าการใช้แก๊ซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ผ่านเข้าไปในน้ำที่มีสาหร่ายแช่อยู่ และถ่านกระดูกสัตว์ฟอกสีสารละลายวุ้นจะให้ผลดีและประหยัดเวลามาก โดยไม่จำเป็นต้องนำสาหร่ายมาล้างน้ำและตากแดดสลับกันไป..."

1.2.7.4 การใช้ประโยชน์จากวุ้น ; วุ้นใช้ประกอบอาหารและขนม เช่น อุตสาหกรรมเนื้อกระป๋อง, ปลากระป๋อง และอุตสาหกรรมอาหารประเภทอื่น เฉพาะสหรัฐอเมริกาแห่งเดียว มีการใช้วุ้นในอุตสาหกรรมขนมปังและลูกกวาดอย่างน้อยปีละ 300,000 ปอนด์ (Zajic, J.E., 1970; Kirk E. & Othmer F., 1968)

เนื่องจากวุ้นประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยกระเพาะอาหารของมนุษย์ ดังนั้น ในทางการแพทย์จึงนิยมใช้วุ้นเป็น emulsifier ในการปรุงยา ระบาย, เคลือบเมือกยา, ทำแคปซูลยา, ปรุงยาสำหรับใช้ทาภายนอกต่าง ๆ (ointments) นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า, เครื่องหนังและเครื่องสำอางค์ ฯลฯ ในลักษณะคล้ายคลึงกับแอลจีเนต และคาร์เรจ ก็อนิน วุ้นมีชื่อทางการค้าได้หลายชื่อ เช่น Chinese moss, seaweed isinglass, Chinese gelatin และ Japanese gelatin (kanten) เป็นต้น ราคาของวุ้นอาจจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์, คุณภาพของวุ้น, ความแข็งตัว (gel strength) และชนิดของวุ้น ด้วยเหตุนี้เองการเลือกใช้วุ้นให้เหมาะสมกับจุดประสงค์จะต้องคำนึงถึงชนิดหรือความแข็งตัวของวุ้นด้วย ปกติวุ้นจะสกัดได้จากสาหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1-5 (Zajic, J.E., 1970) ซึ่งจะแบ่งชนิดของวุ้นออกได้ตามลักษณะความแข็งตัวของวุ้น ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1-5 ชนิดของสาหร่ายทะเลที่สามารถสกัดวุ้นได้ 15

ชื่อ	แหล่งที่ไซสติก
<i>Gelidium amansii</i>	Japan, India
<i>Gelidium subcostatum</i>	Japan
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Japan
<i>Chondrus crispus</i>	England
<i>Gigartina stellata</i>	England, India
<i>Gracilaria confervoides</i>	Carolina, South Africa, Australia
<i>Pterocladia lucida</i>	New Zealand
<i>Pterocladia capillacea</i>	New Zealand
<i>Ahnfeltia</i>	New Zealand
<i>Eucheuma</i>	India, Australia

1.2.7.4.1 *Gelidium* type : ส่วนผสมของวุ้นกับน้ำจะแข็งตัว
ง่ายแม้จะเจือจางก็ตาม

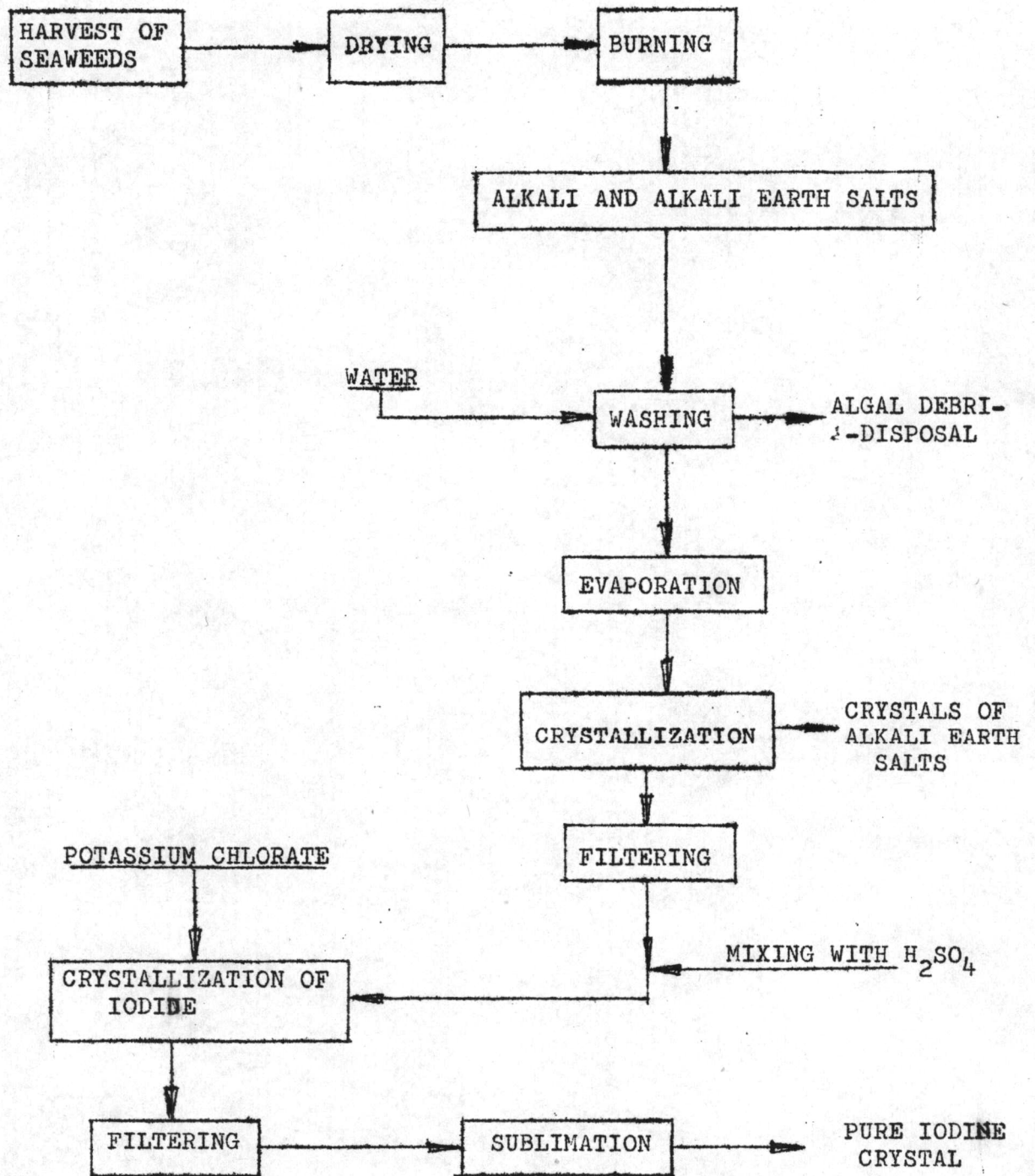
1.2.7.4.2 *Gracilaria*, *Hypnea* type : ส่วนผสมจะแข็งตัว
ที่ความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้น หรือมีสารละลายอิเล็กโทรไลต์เจือปนอยู่

1.2.7.4.3 *Chondrus* type : ส่วนผสมจะแข็งตัวเมื่อความ
เข้มข้นของสารละลายสูงมากเท่านั้น

1.2.8 การสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล

กรรมวิธีมาตรฐานทั่วไปในการสกัดไอโอดีน (ภาพที่ 1-8) เริ่มจากการนำสาหร่ายทะเลมาอบให้แห้งแล้วเผาด้วยอุณหภูมิไม่สูงจนเกินไปนัก (ใช้อุณหภูมิ 300°C) เพื่อป้องกันไม่ให้ไอโอดีนระเหยไปในขณะกลั่น สิ่งที่เหลือจากการเผาจะเป็นสารประกอบ อัลคาไล (alkali) และ alkali earth salts ล้างกากที่เหลือนี้ด้วยน้ำ กรองเอาน้ำมาทำให้ระเหยเป็นไอ เพื่อให้เกิดอัลคาไลตกผลึก กรองเอาสารละลายที่เหลือจากการตกผลึก ซึ่งจะประกอบด้วยไอโอดีนผสมกับกรกซัลฟูริก เพื่อกำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ ด้วยการเปลี่ยนให้เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) และซัลเฟอร์ (sulfur) อีสาร จากนั้นไอโอดีนจะถูกทำให้ตกผลึกโดยการใส่เกลือโพแทสเซียม คลอเรต (ความเข้มข้น 1 นอร์มัล - 1N Potassium chlorate) กรองเอาผลึกออกทำให้บริสุทธิ์ด้วยการทำให้ไอโอดีนระเหยเป็นไอ (vapor) หึ่งที่ผลึกอยู่ในสภาพของแข็ง (sublimation) [Kirk E., & Othmer F., 1951]

สาหร่ายทะเลที่นำมาสกัดไอโอดีนนี้ควรจะใช้สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล เพราะจะมีปริมาณไอโอดีนมาก โดยเฉพาะสาหร่ายสกุล Laminariales และ Desmarestiales จะให้ปริมาณไอโอดีนได้มากถึง 1% ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง (Black, 1948) ไอโอดีนที่ได้นี้จะอยู่ในลักษณะของไอโอไดด์ (iodide form) [Meguro, et. al., 1967] ในสาหร่ายทะเลสีแสดและสีเขียวก็พบไอโอดีนได้เช่นกัน ระดับของไอโอดีนเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งที่เกิดสาหร่าย, ฤดูกาล และสภาพความเจริญเติบโตของสาหร่าย กล่าวคือสามารถพบไอโอดีนในสาหร่ายทะเลที่มีอายุน้อย ในปริมาณที่มากกว่าพบในสาหร่ายทะเลที่มีอายุมาก (Zajic, J.E., 1970)



ภาพที่ 1-8 กรรมวิธีทั่วไปในการสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 สํารวจชนิด, แหล่งขวงสำหรับทะเลสีน้ำตาลและสีแคงบริเวณอ่าเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี, จังหวัดสงขลา และข้อมูลจากแหล่งอื่นที่ได้มีการศึกษา, วิจัยไว้แล้ว
- 1.3.2 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการผลิตโซเคียม แอลจีเนท จากสำหรับทะเลสีน้ำตาลสกุล Sargassum โดยใช้กรรมวิธีคักแปลงจาก Le Gloahec-Herter Process.
- 1.3.3 ศึกษากรรมวิธีการสกัดวุ้นจากสำหรับทะเลสีแคงสกุล Gracilaria โดยใช้กรรมวิธีคักแปลงจากกรรมวิธีของชาวญี่ปุ่น
- 1.3.4 ทดลองสกัดไอโอดีนจากสำหรับทะเลสีน้ำตาลสกุล Sargassum โดยใช้กรรมวิธีสกัดสามัญ (conventional method) คักแปลงจากที่ใช้ในฝรั่งเศส

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้

ผลจากการวิจัยนี้จะมียประโยชน์พอเพียงที่จะบอกให้ทราบว่าการผลิตโซเคียม แอลจีเนท, วุ้น และไอโอดีน สามารถจะกระทำได้ในระดับอุตสาหกรรมภายในครอบครัว และอุตสาหกรรมขนาดเล็กภายในอนาคต ถ้าประจักษ์แน่ชัดว่าปริมาณสำหรับทะเลที่จะใช้สกัดมีมากพอเพียงที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศ คือ

- 1.4.1 เป็นกรณีเริ่มนำทรัพยากรธรรมชาติชนิดนี้มาใช้เป็นประโยชน์อย่างจริงจัง
- 1.4.2 ลดความต้องการวุ้น, ไอโอดีน และโซเคียม แอลจีเนท จากต่างประเทศ
- 1.4.3 เป็นการวางรากฐานการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตโซเคียม แอลจีเนท, วุ้น และไอโอดีนแบบอุตสาหกรรมภายในประเทศ

1.5 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 สํารวจแหล่ง, ชนิดของสาหร่ายทะเลบริเวณเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสงขลา และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสาหร่ายทะเลจากแบบสอบถามหรือเอกสารอ้างอิงอื่น ๆ
- 1.5.2 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการสกัดโซเดียม แอลจีเนต จากสาหร่ายทะเล
- 1.5.3 ทำการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต ในรูปของกรกแอลจีนิค จากสาหร่ายทะเล สกฤตทาง ๆ
- 1.5.4 ทำการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต จากสาหร่ายทะเลในสกุลที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาถึงปริมาณในหัวข้อ 1.5.1 และเปอร์เซ็นต์ของกรกแอลจีนิคที่สกัดได้ในหัวข้อ 1.5.3
- 1.5.5 ศึกษาคุณสมบัติบางประการของกรกแอลจีนิคที่สกัดได้
- 1.5.6 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเล
- 1.5.7 ทดลองสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุล *Gracilaria* sp.
- 1.5.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้กับวุ้นที่ขายในท้องตลาด
- 1.5.9 ศึกษารายละเอียดกรรมวิธีการสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล
- 1.5.10 ทดลองสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเลสกุล *Sargassum* sp.



1.6 นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค

1.6.1 Acacia; เป็นเกลือแคลเซียมของ arabin ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อน โปลีสแซคคาไรด์ ประกอบด้วย glucuronic acid, arabinose, rhamnose และ galactose units ใช้เป็น emulsifying, suspending agent ในอุตสาหกรรมอาหารและเวชภัณฑ์ทั่วไป

1.6.2 Alkali metal: โค้ดแก๊สโลหะ Li, Na, K, Rb, Cs และ Fr ซึ่งจะให้ประจุลบเมื่อรวมตัวกับธาตุหรือสารประกอบอื่นทำให้ตัวมันเองมีประจุบวกเกิน

1.6.3 Alkali metal: ธาตุในหมู่ที่ 2 ของตารางธาตุ เมื่อรวมตัวกับธาตุหรือสารประกอบอื่น จะทำให้ตัวมันเองมีประจุบวก 2 ตัว (bipositive ions) โค้ดแก๊ส แมกนีเซียม แคลเซียม สตรอนเตียม (strontium), แบเรียม (barium) และเรเดียม เป็นต้น

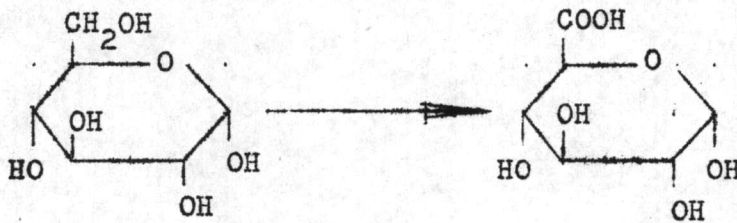
1.6.4 Degree of polymerization; คำนวณตัวเลขบอกใหญ่ถึงความมากน้อยในการเกิด polymerization

1.6.5 Emulsifying agent (หรือ emulsifier): เป็นตัวเติมลงในสารละลาย emulsion เพื่อทำให้น้ำและน้ำมันละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ด้วยการลดความตึงผิวระหว่างชั้นของเหลว (interfacial tension) สารประกอบนี้ประกอบด้วย โมเลกุลจับตัวยาวเป็นลูกโซ่ มี hydrophilic (carboxyl หรือ sulphonate) group ที่ปลายค่านหนึ่งของโมเลกุล

1.6.6 Fluid sols: เป็นของเหลวที่ประกอบด้วยอนุภาคแขวนลอยของของแข็งแพร่กระจายปะปนอยู่

1.6.7 Gel strength: ความแข็งตัวของสารละลายประเภทวุ้น ซึ่งมีความเข้มข้นและระยะเวลาที่กำหนดให้ มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยถือจุดเริ่มจะแตกร้าวครั้งแรกของวุ้นเป็นมาตรฐานในการทดสอบ

1.6.8 Glucuronic acid ; เป็นโมโนแซคคาไรด์ได้จากการ oxidise กลูโคส ด้วยโซเดียม เปอร์ไอโอเตท (NaIO_3) หรือกรดไนตริกเมื่อ $-\text{OH}$ ของคาร์บอนที่หนึ่ง อยู่ในสภาพอิสระดังสมการข้างล่างนี้. เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า reducing sugar หรือ uronic acid ก็ได้



1.6.9 Glycosidic linkage ; การเชื่อมต่อกันระหว่างอะตอมคาร์บอนในสารประกอบอินทรีย์, คล้ายคลึงกับการจับรวมตัวของโมเลกุลกลูโคส, ให้ isomers ได้ทั้ง α และ β type

1.6.10 Hydrophilic colloid ; เป็นอนุภาคของแข็งซึ่งแพร่กระจายได้ง่ายในตัวทำละลาย โดยไม่ต้องใช้ความร้อนช่วยในการห่าละลาย

1.6.11 Polysaccharides ; เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต, มีหมู่ $-\text{OH}$, $-\text{CHO}$ และ $>\text{C}=\text{O}$ เป็นส่วนประกอบสำคัญ เกิดจากโมโนแซคคาไรด์มากกว่า 10 ตัว มาจับรวมตัวกันเป็นลูกโซ่ได้สารประกอบโพลีเมอร์ (polymer) แบ่งประเภทออกตามหน้าที่ได้สองพวกใหญ่ คือ โพลีแซคคาไรด์สะสม (storage polysaccharide) ซึ่งถูกย่อยสลายเป็นกลูโคสได้ด้วยเอนไซม์และโพลีแซคคาไรด์โครงสร้าง (structural polysaccharide) ซึ่งจะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในกระเพาะลำไส้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ยกเว้นสัตว์จำพวกเคี้ยวเอื้อง (ruminant) ตัวอย่างโพลีแซคคาไรด์ประเภทหลังได้แก่ วน, กรดแอลจีนิค, เซลลูโลส และ แครวีนิน ในสาหร่ายทะเล เป็นต้น

1.6.12 Polymerization; หมายถึงการรวมตัวของโมเลกุลเล็กจำนวนมากเข้าเป็นโมเลกุลใหญ่ (macromolecule) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยโครงสร้างโมเลกุลซ้ำ ๆ กันแต่ละโมเลกุลหรือกลุ่มโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันนี้เรียกว่า monomer, กระทำได้สองวิธี คือ addition polymerizations ซึ่งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนอะตอมของธาตุในโครงสร้างโมเลกุลของ monomer และ condensation polymerization มีการเกิดปฏิกิริยาเคมีในทางลดจำนวนอะตอมของธาตุภายในแต่ละ monomer

1.6.13 Pyranose ring ; หมายถึงการจับรวมตัวระหว่างอะตอมคาร์บอน 5 ตัว และอะตอมออกซิเจน 1 ตัว เป็นรูปร่างแหวนหกเหลี่ยม สำหรับสารประกอบพวกน้ำตาลต่าง ๆ โดยมี primary alcohol group - C₂H₅OH เป็น side chain ดังรูป



1.6.14 Pyruvic acid ; เป็นกรดที่มีกลิ่นคล้ายคลึงกับ acetic acid, ในสภาพปกติเป็นของเหลวไม่มีสีละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ มีสูตรเป็น CH₃COCOOH

1.6.15 Stabilizing agent (stabiliser) ; สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อลดความตึงผิว (surface tension) ระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลาย ทำให้สารละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า binding agent

1.6.16 Thickening agent (thickener) ; สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อช่วยให้ความเข้มข้นของของเหลวในสารแขวนลอยลดลง ด้วยการช่วยทำให้อนุภาคแขวนลอยไม่ตกตะกอนโดยแรงโน้มถ่วงของโลก, และกำจัดของเหลวส่วนเกินออกจากสารแขวนลอย

1.6.17 Uronic acid ; กรดอินทรีย์ได้จากการ oxidise primary alcohol groups (C₂H₅OH) ของสารประกอบน้ำตาล ได้แก่ D-glucuronic, D-mannuronic และ D-galacturonic acid เป็นต้น

1.6.18 Laminarin, Fucoidin, Galactin, Xylans, Mannans ; เป็นโพลีแซคคาไรด์ ชนิดต่าง ๆ กัน