

บทที่ 5

5.1 การอภิปรายผลการสำรวจแหล่ง, ชนิดสาหร่ายทะเล5.1.1 แหล่งที่เลือกสำรวจแหล่ง, ชนิดสาหร่ายทะเลที่ อ.สมุย จ.สุราษฎร์ธานี

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มีทุนทรัพย์ในการดำเนินงานน้อย ไม่อาจสำรวจแหล่งสาหร่ายทะเลในบริเวณอื่นได้ ผลการสำรวจพบว่าเกาะสมุยมีสาหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ ในปริมาณที่น่าพอใจเกือบตลอดปี ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของโครงการวิจัยนี้ ซึ่งต้องใช้เวลาในการดำเนินงานต่อเนื่องเป็นเวลาหลายเดือน เพื่อเก็บและรวบรวมตัวอย่างสาหร่าย เหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้เลือก อ.สมุย เป็นแหล่งวัตถุดิบในวิจัยและเป็นแหล่งสำรวจดังกล่าวข้างต้นด้วย

5.1.2 ผลการสำรวจสาหร่ายทะเล

จากตารางที่ 3-1, 3-2 และ 3-3 พบว่า *Sargassum* sp. มีปริมาณมากที่สุดในพื้นที่อำเภอสมุย, และพบได้ทั่วไปในบริเวณอ่าวไทยตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าในบริเวณที่ปรากฏ *Sargassum* sp. มักจะพบ *Padina* sp. ด้วยเสมอ (ตารางที่ 3-1 และ 3-2) ดังนั้น ข้อมูลแสดงแหล่งของ *Padina* sp. ในตารางที่ 3-4 น่าจะเชื่อได้ว่ามี *Sargassum* sp. ปะปนอยู่ด้วยอย่างแน่นอน การสำรวจดังกล่าวข้างต้นพอสรุปได้ว่า *Sargassum* sp. มีปริมาณมากและพบได้ง่ายที่สุด ผลการสำรวจสาหร่ายทะเลดังปรากฏในภาพ 3-2 ถึง 3-11 บอกให้ทราบถึงขนาดของสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ที่พบ (เปรียบเทียบกับหวีโลหะในภาพซึ่งมีความยาว 15 เซนติเมตร) สำหรับ *Sargassum* sp. ที่พบในบริเวณอำเภอสมุยนั้นมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 60 เซนติเมตร ผู้เขียนเคยได้รับข้อมูลจากแหล่งอื่นพบว่าที่อำเภอศรีราชา ขนาดของ *Sargassum* sp. เคยมีความยาวถึง 1-2 เมตร ขนาดของสาหร่ายทะเลนี้ ผู้เขียนยังไม่อาจกล่าวได้ว่าจะมีผลต่อการสกัดโซเดียม แอลจีเนต อย่างไรบ้าง แต่พอสรุปได้ว่าสาหร่ายทะเลที่มีขนาดใหญ่สามารถจะทำการเก็บได้ง่ายกว่า และการตากแห้งหรือแยกชนิดสาหร่ายทะเลมีให้ปะปนกันก็กระทำได้ง่ายกว่าด้วย

5.2 การอภิปรายผลการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต

5.2.1 เหตุที่เลือก Le Gloabec-Herter Process ในการทดลองสกัด

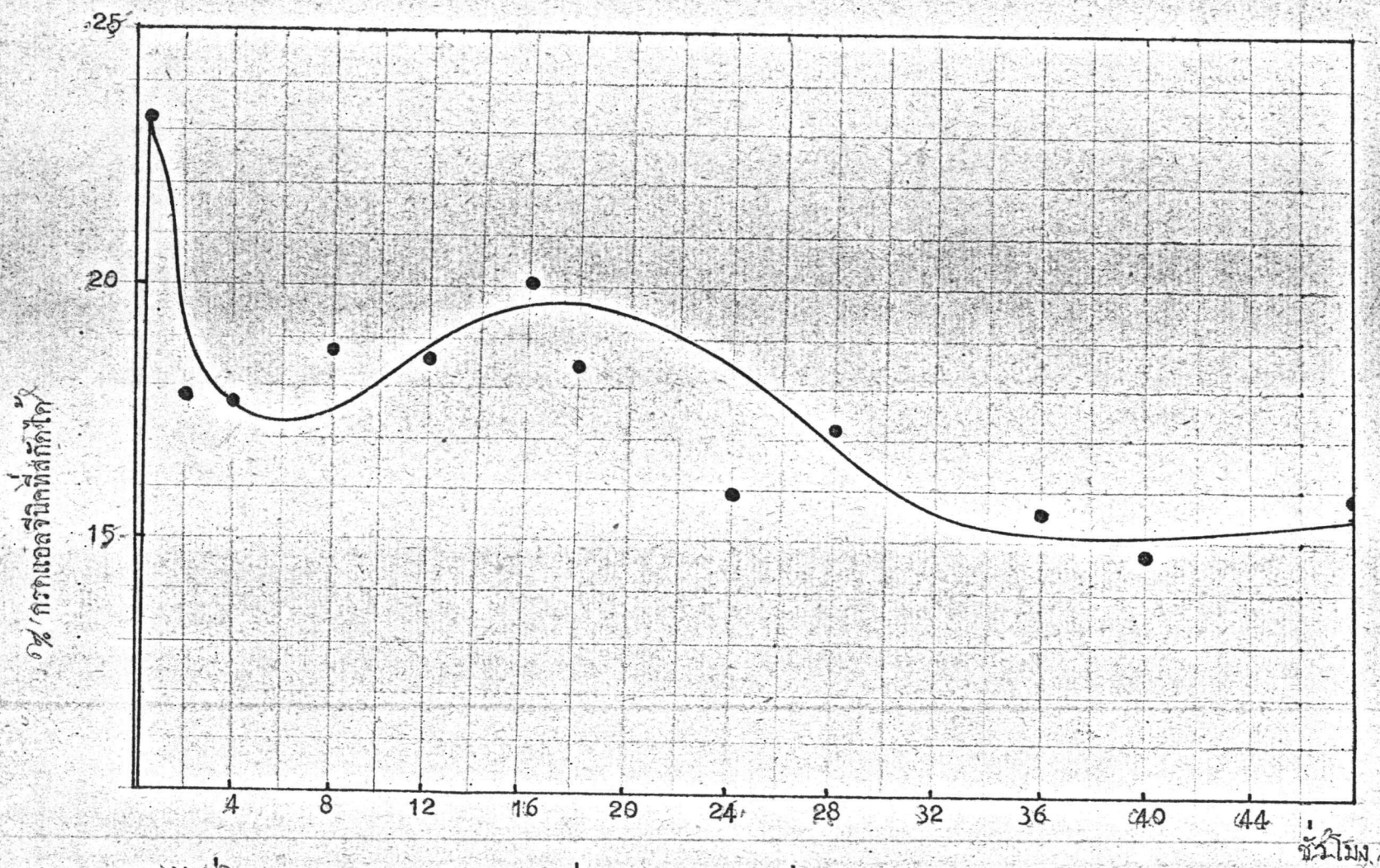
Le Gloabec-Herter Process เป็นขบวนการสกัดโซเดียม แอลจีเนต ที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายแห้งและสาหร่ายสด กระทำที่อุณหภูมิประมาณ $40-70^{\circ}\text{C}$ ใช้เวลาในการย่อยสลาย (digestion) น้อย (30 นาที - 3 ชั่วโมง) ค่ายเครื่องมือไม่ยุ่งยากซับซ้อน เงื่อนไขดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ เพราะสาหร่ายที่เก็บได้จากแหล่งต่าง ๆ อยู่ในลักษณะสาหร่ายแห้ง (air dried seaweed) อุณหภูมิที่ใช้สกัดก็ปรับได้โดยง่ายในบรรยากาศของประเทศไทย ($40-70^{\circ}\text{C}$) หากใช้ Green's "Cold" Process จะยุ่งยากในการปรับอุณหภูมิให้ต่ำลง (ประมาณ 10°C) เสียเวลาในการย่อยสลายนาน (30 นาที - 24 ชั่วโมง) และไม่เหมาะสมที่จะใช้กับสาหร่ายแห้งด้วย

5.2.2 เหตุที่เลือกสาหร่ายทะเลสกุล Sargassum sp. (ภาพที่ 3-2) ในการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต

ผลการสำรวจกิ่งก้านข้างต้นนี้ สรุปได้ว่า Sargassum sp. มีปริมาณมากและพบได้ง่ายที่สุด ผลของการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต ในตารางที่ 4-1 พบว่าสาหร่ายชนิดนี้ให้ % yield ของกรดแอลจีนิคสูงสุกระหว่าง 14-17.4% และผลจากการสกัดโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ กันให้ % yield ของกรดแอลจีนิคระหว่าง 12.2% (ตารางที่ 4-5) ถึง 31.1% (ตารางที่ 4-3) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงเลือก Sargassum sp. ในการทดลองสกัดและวิจัยต่อไป

5.2.3 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาการแช่หมักในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต

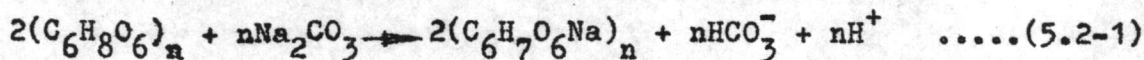
ผลการทดลองในตารางที่ 4-2 พบว่า % yield ของกรดแอลจีนิคเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการแช่หมักมีลักษณะดังปรากฏในภาพที่ 5-1 ซึ่งจะให้ผลดีที่สุดที่ระยะเวลาการแช่หมัก 30 นาที หลังจากระยะเวลาที่ % yield ของกรดแอลจีนิคที่ได้จะมีแนวโน้มลดลงตลอด เข้าใจว่าเป็นผลที่เกิดจากไฮโดรเจน อีออน (hydrogen ion, H^+) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดแอลจีนิคกับโซเดียม คาร์บอเนต (สมการที่ 5.2-1) มีปริมาณมากเกินไปที่จะเข้าทำปฏิกิริยา



ภาพที่ 5-4 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาการแช่หมักในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต



กับไฮคาร์บอเนต อีออน (HCO_3^-) เป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ดังสมการ 5.2-2

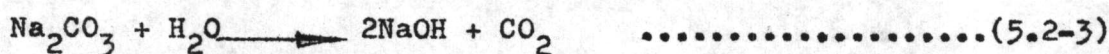


Alginic acid

Sodium alginate



กรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างโซเดียม คาร์บอเนต และน้ำ ดังสมการ 5.2-3 ทำให้ pH สารละลายลดลง ในขณะที่เดียวกันเมื่อทิ้งระยะเวลาานาน ๆ เข้า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกเพิ่มขึ้น บางส่วนของแก๊สนี้จะสูญหายไปเนื่องจากการแพร่ไปในอากาศ



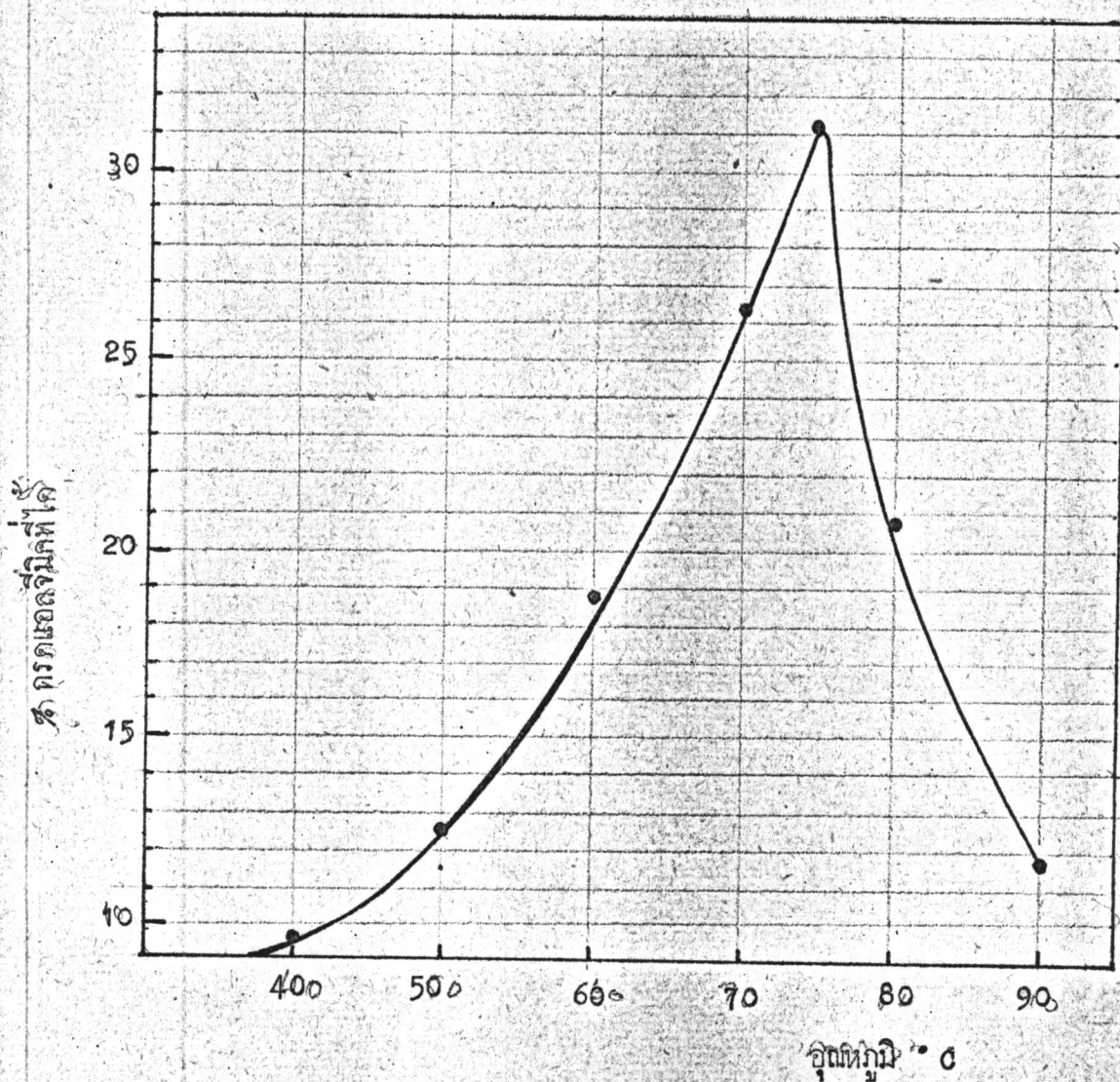
ดังนั้นโซเดียม อีออน (Na^+) ของโซเดียม แอลจีเนต บางส่วนจะถูกดึงกลับคืนมาด้วยการแทนที่ของไฮโดรเจน อีออน (H^+) จากกรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในระยะหลัง ทำให้ % yield กรดแอลจีนิค ต่ำลง

5.2.4 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิขณะย่อยสลายด้วยการกวน

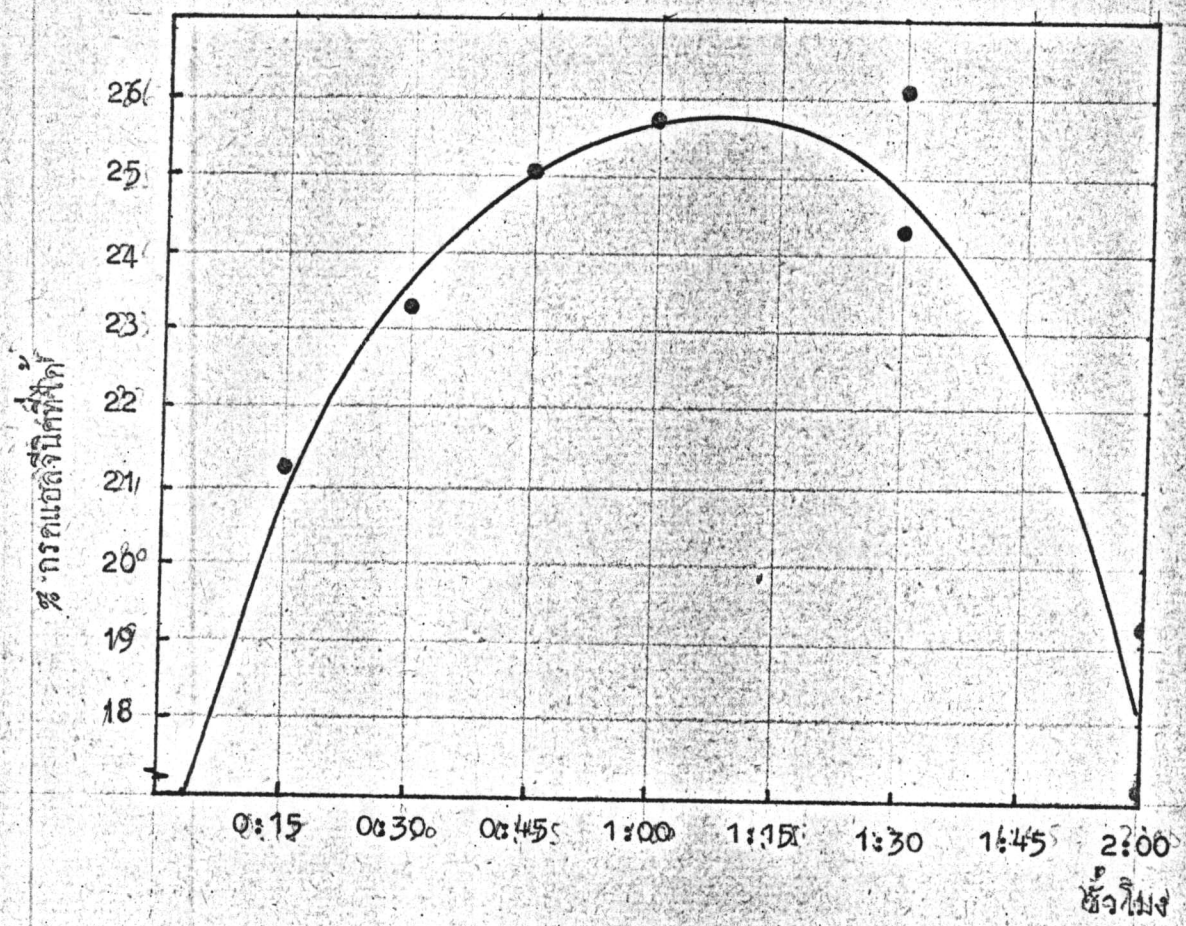
ผลการทดลองในตารางที่ 4-3 ปรากฏในภาพที่ 5-2. จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ $70-75^\circ\text{C}$ % yield ของกรดแอลจีนิคมีค่าสูงสุดระหว่าง 26.4-31.1% ที่เป็นเช่นนี้เข้าใจว่าความร้อนจะช่วยเร่งปฏิกิริยาระหว่างโซเดียม คาร์บอเนต และกรดแอลจีนิคในผนัง เซลล์ของสาหร่ายทะเลเป็นโซเดียม แอลจีเนต ได้เร็วและในปริมาณที่มากขึ้น พ้นจากช่วง 75°C ขึ้นไปจนถึง 90°C พบว่า % yield ของกรดแอลจีนิคต่ำลงเป็นเพราะเกิดการเสื่อมสภาพ (degradation) ของโซเดียม แอลจีเนต ไปบางส่วน

5.2.5 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ขณะย่อยสลายด้วยการกวน

ผลการทดลองในตารางที่ 4-4 แสดงในภาพที่ 5-3. พบว่าที่อุณหภูมิ $70-75^\circ\text{C}$ ระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยการกวน, 1 ชั่วโมงเหมาะสมที่สุด. ที่ระยะเวลามากกว่า 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 5-2 ผลการทดลอง โดยการ เปลี่ยนอุณหภูมิขณะย่อยสลาย
ควายการกวน



ภาพที่ 5-3 ผลการทดลอง โดยการเปลี่ยนระยะเวลาที่ไซตอะบอยสลาย
ควยการกวน

% yield ของกรดแอลจีนิคต่ำลงเข้าใจว่าเป็นเพราะเกิดการเสื่อมสภาพ (degradation) ของโซเดียม แอลจีเนท มากกว่าอัตราการเกิดโซเดียม แอลจีเนทจากปฏิกิริยาเคมี

5.2.6 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาณโซเดียม คาร์บอเนต ที่ใช้

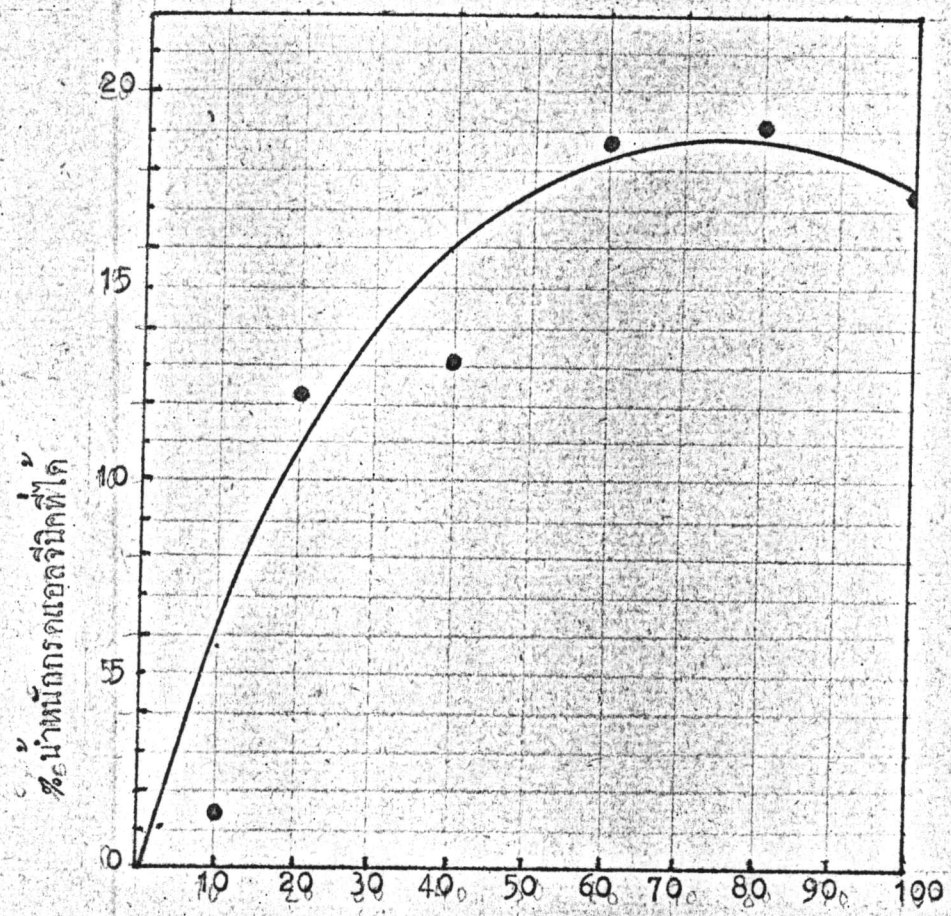
ผลการทดลองในตารางที่ 4-5 แสดงในภาพที่ 5-4. พบว่า % yield ของกรดแอลจีนิค จะดีที่สุดเมื่อใช้โซเดียม แอลจีเนท ในอัตรา 60% ของน้ำหนักสารแห้งแห้งที่ใช้ ซึ่งจะให้ pH ในช่วง 10-11 แต่ในทางปฏิบัติเลือกใช้โซเดียม คาร์บอเนต ในอัตรา 40% - 60% ($10 < \text{pH} < 11$) แทนจะให้ผลในด้านความประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการสกัดโซเดียม แอลจีเนท และประหยัดปริมาณกรดที่จะใช้ตกตะกอนกรดแอลจีนิคด้วย ในที่นี้เลือกใช้โซเดียม คาร์บอเนต ในอัตรา 40% ของน้ำหนักสารแห้งแห้งที่ใช้ ทั้งนี้เพราะได้ช่วงของ pH ช่วงเดียวกัน ($10 < \text{pH} < 11$) ก็น่าจะให้ % yield ของกรดแอลจีนิคใกล้เคียงกัน แทนที่จะได้ระหว่าง 13% สำหรับ 40% Na_2CO_3 และ 18.75% สำหรับ 60% Na_2CO_3 ซึ่งที่เป็นเช่นนี้เข้าใจว่าเป็นผลจากการเลือกตัวอย่างในการทดลองได้ไม่เหมือนกัน เช่น ตัวอย่างสารแห้งที่สกัดลงมืออายุและถิ่นอาศัย (habitat) ต่างกันเป็นต้น เพราะเป็นการยากที่จะควบคุมการเลือกใช้ตัวอย่างการทดลองให้เหมือนกันได้หมดในทุก ๆ กรณี เนื่องจากอายุและถิ่นอาศัยไม่อาจวัดจากขนาดและสีสรรของสารแห้งได้

5.2.7 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยน pH และชนิดของกรดที่ใช้ตกตะกอนกรดแอลจีนิค

ผลการทดลองในตารางที่ 4-6 แสดงในภาพที่ 5-5. การทดลองพบว่าการใช้กรดซัลฟูริก ตกตะกอนกรดแอลจีนิคในช่วง pH ระหว่าง 2-3 จะให้ผลดีที่สุด สำหรับกรดเกลือ, ช่วง pH เดียวกันนี้ก็เหมาะสมที่สุดเช่นกัน แต่ % yield ของกรดแอลจีนิคที่ได้จะต่ำกว่าการใช้กรดซัลฟูริกอย่างเห็นได้ชัดเจน

5.2.8 ผลการฟอกสีกรดแอลจีนิค

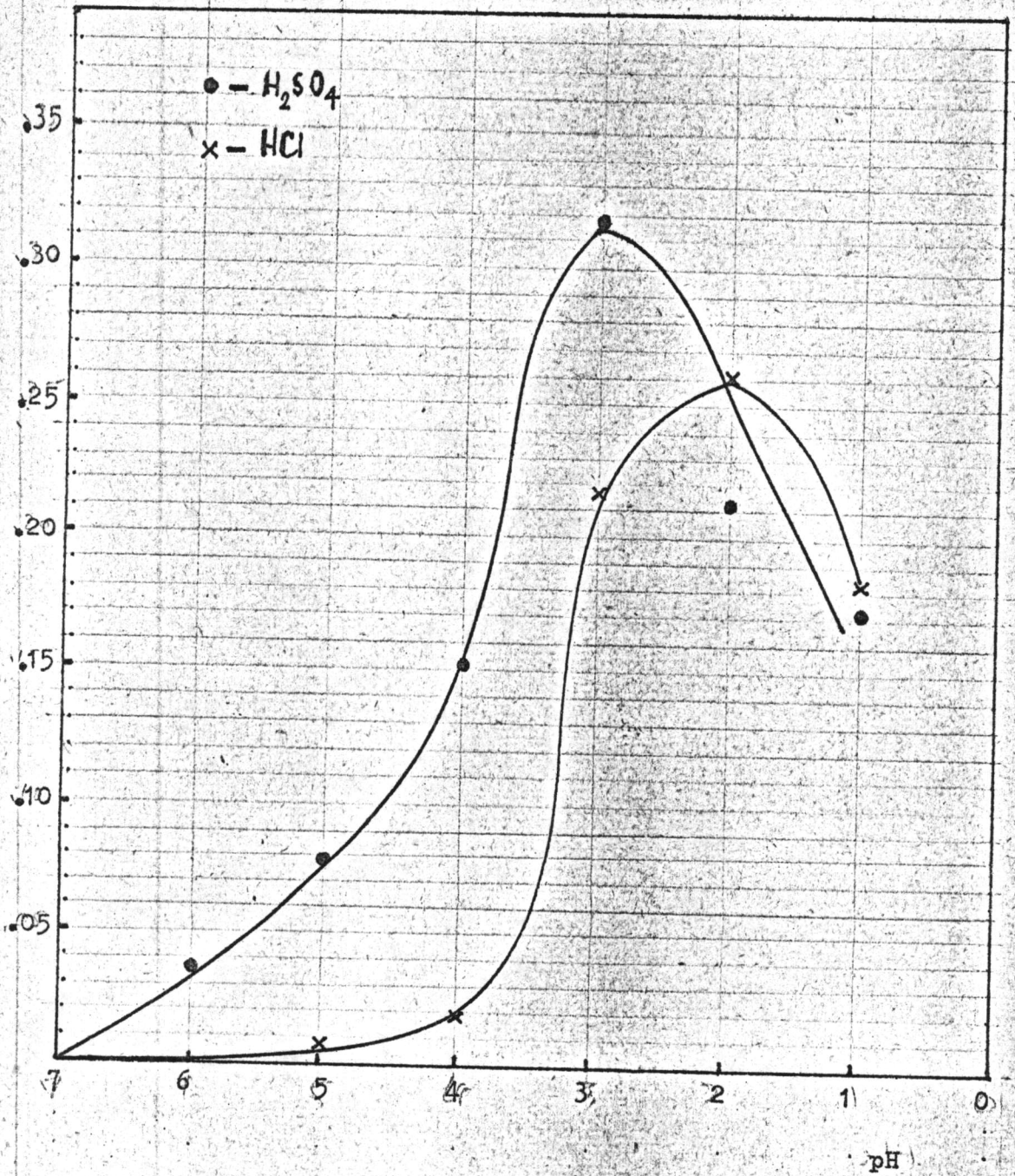
ผลการทดลองในตารางที่ 4-7, 4-8 และ 4-9 แสดงในภาพที่ 5-6, 5-7 และ 5-8 ตามลำดับ จากผลการทดลองปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของโซเดียม ไฮโปคลอไรท์, alumina



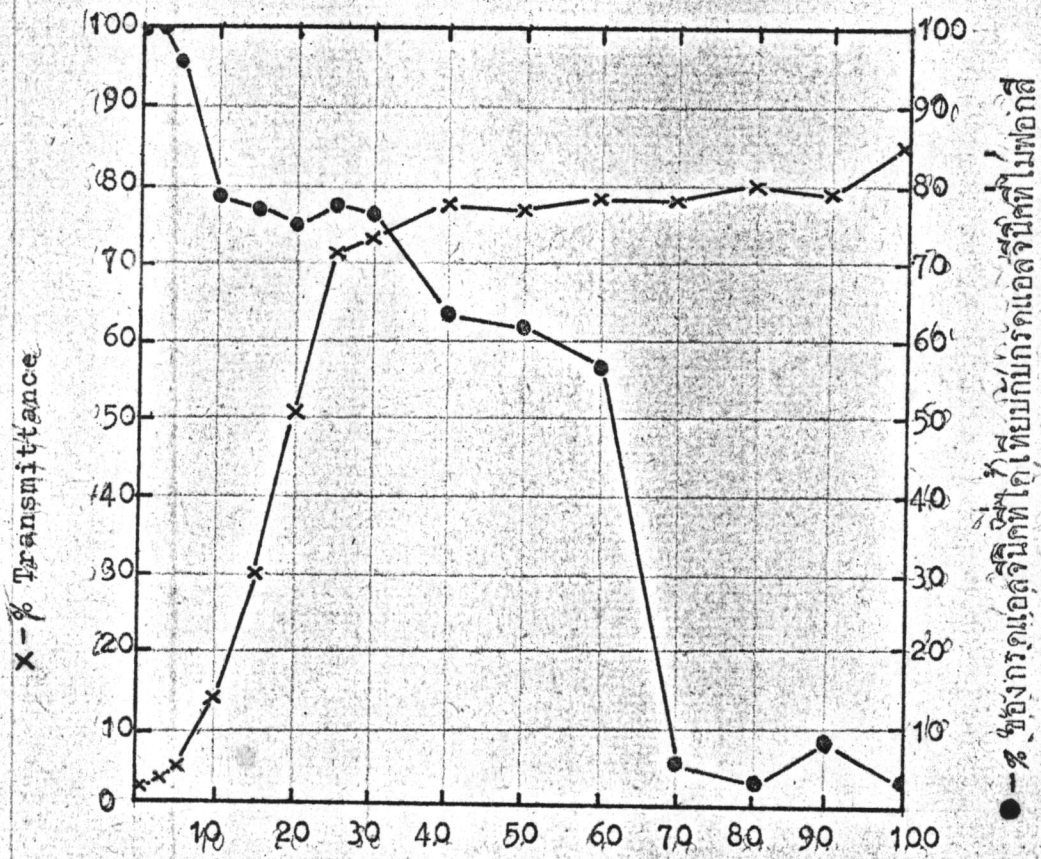
% Na₂CO₃ เทียบกับ นน. สำหรับแห้งที่ 100

ภาพที่ 5-4 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต

น้ำหนักกรดแอตมิกที่ได้, กรัม

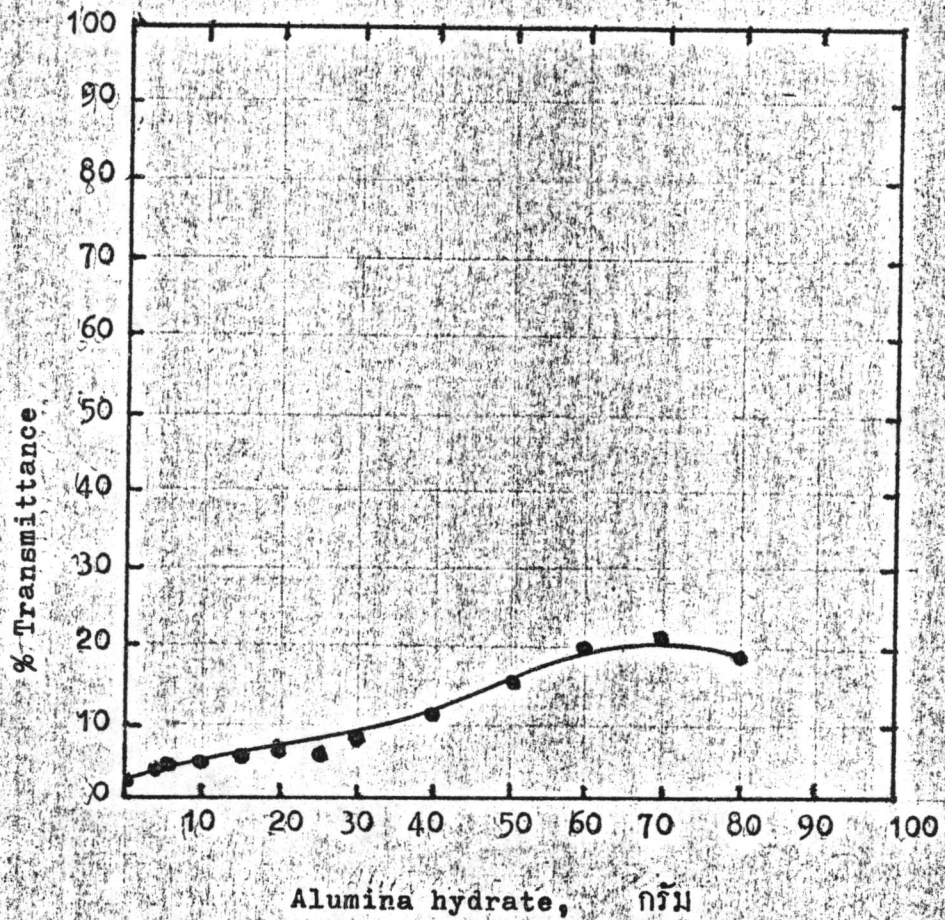


ภาพที่ 5-5 ผลการทดลองโดยการเปลี่ยน pH และชนิดของกรดที่ใช้ ตกตะกอนกรดแอตมิก

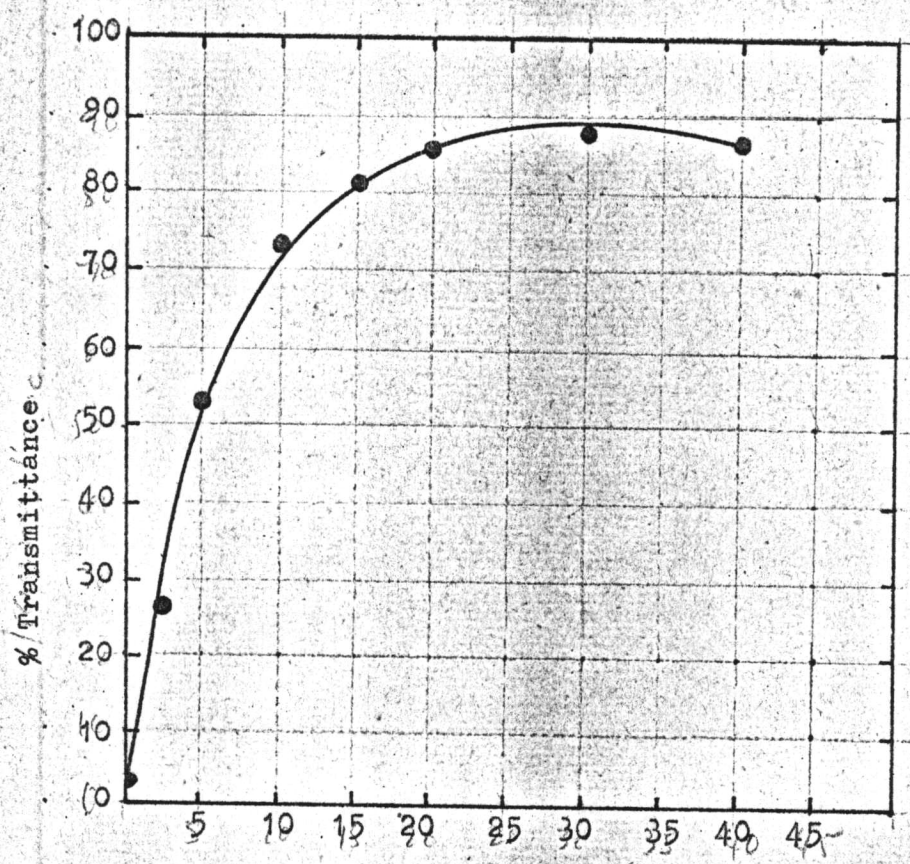


จำนวนไฮดรอกไซด์แคลเซียมที่ใช้, มิลลิกรัม

ภาพที่ 5-6 ผลการพอกสีสำรละลายไฮดรอกไซด์แคลเซียม
ด้วยไฮดรอกไซด์แคลเซียมไฮโปคลอไรท์



ภาพที่ 5-7 ผลการฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต
ด้วย Alumina hydrate



Charcoal decolourising powder, กรัม

ภาพที่ 5-8 ผลการฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต
ด้วย Charcoal decolourising powder

hydrate และ charcoal decolourising powder ที่ใช้ในการฟอกสี คือ 30 มิลลิลิตร (3 กรัม), 70 กรัม และ 20 กรัม คอกรกแอลจีนิค 1.263 กรัม 1.904 กรัม และ 1.904 กรัม ในสารละลายโซเดียม แอลจีเนท 200 มิลลิลิตร ตามลำดับ การใช้โซเดียม ไฮโปคลอไรท์ มีข้อดีคือใช้เวลาในการฟอกสีน้อย (5 นาที), ไม่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการกรองเอาสารเคมีที่ฟอกสีออก แต่จะต้องสูญเสีย % yield ของกรกแอลจีนิคไปบางส่วน สำหรับการใช้ alumina hydrate และ charcoal นั้นไม่มีประจักษ์พยานเด่นชัดว่ามีการสูญเสีย % yield ของกรกแอลจีนิคก็จริงแต่จะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการกรองเอาสารเคมีที่ฟอกสีออกจากสารละลาย ในการทดลองชุดนี้ปรากฏว่า charcoal ใช้ฟอกสีได้ดีที่สุด ให้ค่าความใส (% transmittance) ถึง 86.4% โดยใช้เวลาในการฟอกสีเพียง 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ข้อเสียก็คือการกรองทำได้ยากกว่าการใช้ alumina hydrate มาก

5.2.9 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของกรกแอลจีนิคที่สกัดได้

กรกที่สกัดได้จาก *Sargassum sp.* นี้เป็นกรกแอลจีนิคจริงตามผลการทดสอบยืนยันในหัวข้อ 4.1.11.1 โดยวิธีทดสอบในหัวข้อ 2.5.1 ตามลำดับ, จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1.11 พบว่าอัตราการสูญเสียน้ำหนักในการอบแห้งของกรกแอลจีนิคมีค่าระหว่าง 12.02-13.21% ซึ่งเป็นค่าที่น่าพอใจ (มาตรฐานของ British Pharmaceutical Codex, 1973) อัตราการสูญเสียน้ำหนักนี้ไม่ควรเกิน 18%)

ค่าความเป็นกรก (acid value) ของกรกแอลจีนิคที่สกัดโดยใช้อุณหภูมิ 40°C และ 70-75°C มีค่าเท่ากับ 272.8 และ 174.1 (ค่าความเป็นกรกนี้ไม่ควรจะต่ำกว่า 230, British Pharmaceutical Codex, 1973) ตามลำดับ คาดว่าเป็นเพราะที่อุณหภูมิสูง ๆ จะเกิดการเสื่อมสภาพ (degradation) ของกรกแอลจีนิคขณะทำการสกัด ทำให้ degree of polymerization (D.P.) ของกรกแอลจีนิคต่ำลงซึ่งสังเกตได้จากความหนืด (viscosity) ของสารละลายโซเดียม แอลจีเนทลดลง (ความหนืดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ D.P.) เป็นเหตุให้ค่าความเป็นกรกต่ำลง และค่า D.P. หรือความหนืดนี้เองที่จะแบ่งประเภทของโซเดียม แอลจีเนท เพื่อใช้งานต่าง ๆ กัน (หัวข้อ 1.2.3) ดังนั้นการ

สกัดโซเดียม แอลจีเนต ไม่ควรรีซอุณหภูมิสูงกว่า 75°C การเตรียมโซเดียม แอลจีเนต ที่มีค่า D.P. ต่าง ๆ กันอาจจะกระทำได้โดยการควบคุมอุณหภูมิในการสกัดให้เหมาะสม หรือการเลือกใช้ชนิดของสาหร่ายทะเล, อย่างหนึ่งอย่างใดหรือควบคู่กันไปก็ได้

5.3 การอภิปรายผลการทดลองสกัดวุ้น

5.3.1 เหตุที่เลือกกรรมวิธีการสกัดวุ้นแตกต่างจากกรรมวิธีของชาวญี่ปุ่นในการสกัด

เพราะสามารถทำได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดโซเดียม แอลจีเนต กรรมวิธีและขั้นตอนในการดำเนินงานไม่ยุ่งยากและเสียเวลามากเหมือนกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม ผลที่ได้ต้องการเพียง % yield ของวุ้นที่สกัดได้ ซึ่งมีค่าระหว่าง 17-23% (หัวข้อ 4.2.1) ซึ่งแม้จะเป็นตัวเลขที่ได้จากวุ้นไม่บริสุทธิ์ แต่ก็ควรจะเชื่อถือได้บ้าง เพราะการสกัดวุ้นที่บริสุทธิ์อยู่นอกเหนือขอบเขตการวิจัยนี้

5.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของวุ้น

ผลการทดลองในตารางที่ 4-10 พบว่าวุ้นที่สกัดได้ไม่บริสุทธิ์ เพราะถูกทำลายโดยแบคทีเรีย และอาจสามารถมองเห็นโคควัยตาเปลาภายในเวลา 3 วัน, ค่าความใส (% transmittance) ค่า และความแข็ง (gel strength) มีเพียง 46.78 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าวุ้นทางการค้าสองชนิดแรกมาก ถึงแม้ว่าวุ้นที่สกัดจาก *Gracilaria* sp. นี้จะถูกทำให้บริสุทธิ์ได้ แต่ก็ยังไม่อาจแน่ใจได้ว่า gel strength ของวุ้นจะดีขึ้นได้มาตรฐานเดียวกับวุ้นที่ขายในท้องตลาด เพราะ gel strength นอกจากขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์แล้วยังขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้สกัดด้วย อย่างไรก็ตาม, ส่วนดีของวุ้นที่สกัดได้นี้อยู่ที่การมีระยะเวลาที่เริ่มแข็งตัวหลังจากปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง, เพียง 14 นาที ซึ่งนับว่าเร็วกว่าวุ้นเส้นและเร็วเกือบเท่าวุ้นผงที่ขายในท้องตลาด

5.3.3 ผลการฟอกสีวุ้นโดยใช้สารฟอกสีชนิดต่าง ๆ

ผลการทดลองในตารางที่ 4-11 ปรากฏว่าการใช้ charcoal decolourising powder

สามารถให้ค่าความใส (% transmittance) สูงถึง 90% รุ่นที่ฟอกสีนี้จะใสไม่มีสีแต่มีกลิ่นอันเกิดจากความไม่บริสุทธิ์บ้างเล็กน้อย ปัญหาที่เกิดขึ้นในการฟอกสีด้วยผงถ่านนี้ คือการกรองซึ่งกระทำไต่ยากเพราะรุ่นแข็งตัวเร็ว อาจแก้ไขได้โดยใช้ถ่านไม้กอนโต ๆ แทนผงถ่าน ผลการทดลองนี้ไม่สามารถบอกปริมาณที่เหมาะสมของสารฟอกสีได้ อย่างไรก็ตาม ก็ทำให้เห็นว่าโอกาสที่จะปรับปรุงคุณภาพของรุ่นนี้สามารถกระทำได้โดยไม่ต้องลงทุนมากนัก สำหรับการวิจัยในขั้นต่อไป

5.4 การอภิปรายผลการสกัดไอโอดีนในรูปเกลือไอโอไดน์

5.4.1 เหตุที่เลือกใช้วิธีการสกัดไอโอดีนคัดแปลงจากวิธีที่ใช้ในฝรั่งเศส

เป็นเพราะกรรมวิธีดังกล่าวสามารถกระทำได้ง่าย โดยใช้เครื่องมือคัดแปลงจากเครื่องมือในการสกัดโซเดียม แอลจีเนต และเครื่องมือเพิ่มเติมบางอย่างซึ่งสามารถจัดหาได้ในราคาไม่แพง, ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดไม่นานมาก (ประมาณ 48 ชั่วโมง) สารเคมีที่ใช้ (potassium chlorate) มีราคาไม่แพง, หาซื้อได้ในท้องตลาดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น และการทดสอบผลิตภัณฑ์ potassium iodide ก็กระทำได้ง่ายในห้องปฏิบัติการเคมีทั่ว ๆ ไป

5.4.2 น้ำหนักไอโอดีนในรูป potassium iodide ต่อน้ำหนักแห้งของ Sargassum sp. ที่ใช้

ผลการทดลองสกัดแสดงในหัวข้อ 4.3.1 มีค่าเท่ากับ 0.98% ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักของ potassium iodide ซึ่งจะมีค่าไอโอดีนบริสุทธิ์ตามทฤษฎีประมาณ 0.75% (น้ำหนักโมเลกุล KI = 166, I = 127 และ K = 39) ผลิตภัณฑ์ potassium iodide ที่ได้มีสีขาวแกมเหลืองซึ่งไม่บริสุทธิ์ สีเหลืองที่เกิดขึ้นคาดว่า เป็นสีของซัลเฟต, alkali earth salts ที่อาจหลงเหลืออยู่ การเตรียม potassium iodide ที่บริสุทธิ์กระทำได้โดยการหาเงื่อนไขต่าง ๆ ในการสกัดที่เหมาะสม การเตรียมไอโอดีนจาก potassium iodide กระทำได้โดย sublimation ซึ่งอยู่นอกขอบเขตการวิจัยนี้