

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ชานอ้อยเพื่อลดความกระด้างของน้ำ



นายคมกริช ต่อทรัพย์
นายฐาปนิก ยิ่งโยชน์
นายสิทธิพล จันทร์จรรักษ์

264-
ค 1447
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107856
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ย. 2553

b. 12211218
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Removal of Water Hardness using Bagasse

Mr.Khomgrich Torsap

Mr.Thapanic Yingyosh

Mr.Sittipol chancharungpak



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang


Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ การใช้ชานอ้อยเพื่อลดความกระด้างของน้ำ
นักศึกษา นายคมกริช ต่อทรัพย์
 นายฐาปนิก ยิ่งโยชน์
 นายสิทธิพล จันทร์จรุงภักดิ์
ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

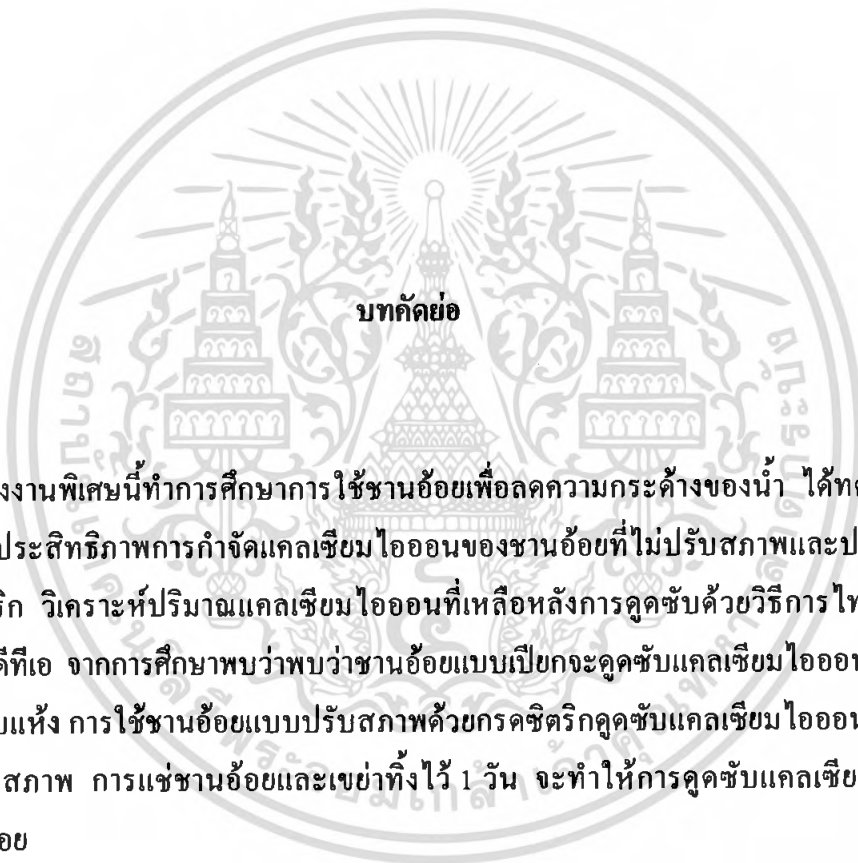
คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.อรุณี กงศักดิ์ไพศาล	
กรรมการ	อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์	
กรรมการ	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	


 (ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)
 หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	การใช้ชานอ้อยเพื่อลดความกระด้างของน้ำ	
นักศึกษา	นายคมกริช	ต่อทรัพย์
	นายธราปนิก	ยิ่งโยชน์
	นายสิทธิพล	จันทร์จรุงภักดิ์
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์	
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์	
ปีการศึกษา	2550	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิบูลย์	ประคิษฐ์เวียงคำ



โครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาการใช้ชานอ้อยเพื่อลดความกระด้างของน้ำ ได้ทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแคลเซียมไอออนของชานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพด้วยกรดซิตริก วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมไอออนที่เหลือหลังการดูดซับด้วยวิธีการไทเทรตกับสารละลายอีดีทีเอ จากการศึกษาพบว่าพบว่าชานอ้อยแบบเปียกจะดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าชานอ้อยแบบแห้ง การใช้ชานอ้อยแบบปรับสภาพด้วยกรดซิตริกดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าแบบไม่ปรับสภาพ การแช่ชานอ้อยและเขย่าทิ้งไว้ 1 วัน จะทำให้การดูดซับแคลเซียมไอออนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

Special Project Title	Removal of Water Hardness using Bagasse
Name	Mr.Khomgrit Torsap Mr.Thapanic Yingyosh Mr.Sittipol Chancharungpuk
Department	Chemistry Faculty of science
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Dr. Wiboon Praditweangkum



ABSTRACT

The purpose of this special project is the study of using bagasse to remove water hardness. The effective of calcium elimination is compaired between untreated bagasse and bagasse treated with citric acid. Remained calcium ion is measured by titration with EDTA solution. Soaked bagasse can adsorp calcium ion a little bit better than dried bagasse. Bagasse treated with citric acid can adsorp calcium ion more than untreated bagasse. Bagasse soaked in solution and shaken for 1 day can adsorp more calcium ion.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ความกรุณา และความร่วมมือจากทุกๆท่าน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ที่คอยให้คำแนะนำในการปฏิบัติโครงการเป็นอย่างดี

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีและเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้าน

และกราบขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการปฏิบัติโครงการ รวมถึงรุ่นพี่ เพื่อนๆทุกคน และสมาชิกในกลุ่มที่ช่วยเหลือและร่วมมือกันเป็นอย่างดี จนโครงการนี้สำเร็จในที่สุด



นายคมกริช ต่อทรัพย์

นายฐาปนิก ยิ่งโยชน์

นายสิทธิพล จันทร์จรุงศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของ โครงการงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของ โครงการงานพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความกระด้าง	3
2.2 พฤติกรรมการคูชขับ	12
2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนไอออน	13
2.4 สารเซลล์ลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน	25
2.5 อ้อย	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	32
3.2 สารละลายเคมี	33
3.3 วิธีการทดลอง	34

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพการคูชขับแคลเซียม ไอออน ของชานอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพ	38
4.2 การคูชขับแคลเซียม ไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วไทเทรตทันที	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การดูฉบับแปลเชื่อมโยงไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้ว ไทเทรตทันที	44
4.4 การดูฉบับแปลเชื่อมโยงไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำไปไทเทรต	47
4.5 การดูฉบับแปลเชื่อมโยงไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วัน ก่อนนำไปไทเทรต	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก	56
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจัดแบ่งระดับคุณลักษณะของน้ำตามความกระด้าง	3
2.2 แสดงค่าปริมาณแคลเซียมและความอุดมสมบูรณ์ของน้ำ	4
2.3 รูปแบบที่สามัญที่สุดของสารประกอบที่ทำให้เกิดความกระด้างชั่วคราว และ ความกระด้างถาวร	8
2.4 แสดงตัวอย่างแฟลคเตอร์สำหรับสารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง	9
2.5 หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่างๆ	18
2.6 ลำดับความชอบ ไอออนของเรซินในน้ำที่มีสารละลายน้ำ 1,000 mg/L	23
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Crosslinking กับการเลือกจับ ไอออนของ Cation exchange resin	24
4.1.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตแบบแห้ง	38
4.1.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตแบบเปียก	39
4.1.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ แบบแห้งกับแบบเปียก	39
4.2.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้ง	41
4.2.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของ ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง	41
4.1.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง	42
4.3.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก	44
4.3.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก	44
4.3.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียก	45
4.4.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อย แบบแห้งที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของซันอ้อย แบบแห้งที่ปรับสภาพแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต	47
4.4.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ซันอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับซันอ้อย ที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต	48
4.5.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของซันอ้อย แบบเปียกที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต	50
4.5.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของ ซันอ้อยแบบเปียกที่ปรับสภาพแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต	50
4.5.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ซันอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับซันอ้อยที่ ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต	51



สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน	16
2.2 การแลกเปลี่ยน Na^+ ของเรซินแบบกรดแก่กับไอออนบวกทุกตัวในน้ำ	19
2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส	29
4.1 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก	40
4.2 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง	43
4.3 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียก	46
4.4 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต	49
4.5 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆเกิดขึ้นมากมาย โรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จะปล่อยน้ำทิ้งออกมาซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ต้องปล่อยน้ำที่เป็นน้ำกระด้าง น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้จะมีแทบทุกประเภทซึ่งหากมีปริมาณมากจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ที่มีความจำเป็นต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ และพืช ประโยชน์ของน้ำมีอเนกประการ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรม กสิกรรม การอุปโภคและบริโภค ดังนั้นการรักษาคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำเช่น แม่น้ำ ลำคลอง จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง หากว่าน้ำที่เราใช้ในการอุปโภคบริโภค กสิกรรมและอุตสาหกรรมมีความกระด้าง จะส่งผลกระทบต่อประชากรจำนวนมาก โดยน้ำกระด้างเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมระบายน้ำทิ้งที่มีเกลืออนินทรีย์ปะปนลงไปกับน้ำในแม่น้ำตามธรรมชาติ ซึ่งน้ำกระด้างไม่เหมาะกับการนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค กสิกรรมและอุตสาหกรรม ผลเสียของน้ำกระด้างคือ หากบริโภคน้ำกระด้างจะทำให้เกิดโรคนี้ว่ ส่งผลกระทบต่อ การต่อการข้อมผ้า ในโรงงานข้อมผ้า อุตสาหกรรมเบียร์ และอุตสาหกรรม เครื่องกระป๋อง เป็นต้น ธาตุเหล็กในน้ำจะทำให้เกิด รอยด่างบนผ้าขาวหรือบนกระดาดขาว น้ำกระด้างทำให้เกิดตะกรัน ในหม้อต้มน้ำของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนลดลง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง มากขึ้นและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดหม้อต้มน้ำมากขึ้น นอกจากนี้ เกลืออนินทรีย์บางชนิด เช่น เกลือของฟอสฟอรัส และไนโตรเจน จะทำให้เกิดปัญหาสาหร่ายขึ้น ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งสาหร่ายก็มีทั้งประโยชน์และโทษ ซึ่งประโยชน์ก็คือสามารถจะเพิ่มออกซิเจน ในน้ำได้ โดยปฏิกิริยาสังเคราะห์แสง

ในการพัฒนาวิธีใหม่เพื่อการลดความเป็นน้ำกระด้างในธรรมชาติจึงจำเป็นต้องการบำบัดน้ำ และควบคุมให้น้ำมีความกระด้างในปริมาณที่เหมาะสมต่อการอุปโภคบริโภค การกสิกรรมและอุตสาหกรรม

ชานอ้อยเป็นวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ พบได้ง่ายทั่วไปตามธรรมชาติ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับ

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพและชานอ้อยที่ทำการปรับสภาพด้วยกรดซิตริกมาทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดความกระด้างของน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

เพื่อศึกษาการนำชานอ้อยมาใช้ในการลดความกระด้างของน้ำ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความกระด้างของน้ำ ระหว่างชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซิตริก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการลดความกระด้างของน้ำ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความกระด้างของน้ำ ระหว่างชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซิตริก
2. วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม โดยวิธีการไทเทรตกับสารละลายเอทิลีนไดเอมีนเททระอะซิดิกแอซิด โดยใช้เอริโอโครมแบลคที่เป็นอินดิเคเตอร์

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัยและดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการทดลองโดยจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี สารตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้
3. ดำเนินการทดลองโดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความกระด้างของน้ำ ระหว่างชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม โดยวิธีการไทเทรตกับสารละลายเอทิลีนไดเอมีนเททระอะซิดิกแอซิด โดยใช้เอริโอโครมแบลคที่เป็นอินดิเคเตอร์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดการประโยชน์
2. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ชานอ้อยเพื่อลดความกระด้างของน้ำ
3. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้ชานอ้อยเพื่อการลดความกระด้างของน้ำ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความกระด้าง (Hardness) [1]

น้ำกระด้าง หมายถึง น้ำที่ไม่เกิดฟองกับสบู่ หรือเกิดฟองสบู่เล็กน้อย และมีโคลสบู่เกิดขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งน้ำกระด้างหมายถึงน้ำที่มีแคลเซียม ไอออน แมกนีเซียม ไอออน หรือ ไอออนที่มีประจุบวกสอง ละลายอยู่ ตัวอย่างน้ำกระด้าง เช่น น้ำคลอง น้ำบ่อ น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำทะเล เป็นต้น

ความกระด้างของน้ำจะเกิดจากธาตุในกลุ่มที่เรียกว่า Alkaline Earth Metal โดยอยู่ในสภาพไอออนที่มีประจุบวกสอง เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , และ Mn^{2+} แต่โดยส่วนใหญ่ ไอออนที่มีประจุบวกสองในน้ำจะเป็นจำพวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} ดังนั้น ค่าจำกัดความของความกระด้างของน้ำจะแทนค่าด้วยความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} แทน โดยจะแสดงในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อลิตรของ แคลเซียมคาร์บอเนต (mg/L as CaCO_3) อย่างไรก็ตามถ้าไอออนตัวอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมากก็จะต้องคิดรวมด้วย โดยสามารถจัดแบ่งระดับคุณลักษณะของน้ำตามความกระด้างของ US Geological Survey ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.1 การจัดแบ่งระดับคุณลักษณะของน้ำตามความกระด้าง

ชนิดของน้ำ	ความกระด้าง(mg/L as CaCO_3)
น้ำอ่อนมาก	0 – 10
น้ำอ่อน	11 – 75
น้ำกระด้างเล็กน้อย	76 – 100
น้ำกระด้างปานกลาง	101 – 200
น้ำกระด้าง	201 – 300
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 300

น้ำกระด้างมากกว่า $100 \text{ mg/L as CaCO}_3$ จะไม่เหมาะสมต่อการใช้ซักฟอกและชำระร่างกายตลอดจนถึงการใช้ในอุตสาหกรรม ทั้งนี้เนื่องจากไอออนของแคลเซียมและแมกนีเซียม จะไปทำให้สบู่ตกตะกอนซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายมากในการซักฟอกและชำระร่างกาย รวมทั้งในงานอุตสาหกรรมความกระด้างของน้ำจะทำให้เกิดตะกรันในหม้อต้ม ความกระด้างในระดับที่มากกว่า $500 \text{ mg/L as CaCO}_3$ ไม่เหมาะสำหรับการใช้ในงานทั่วไปในชุมชนและถือว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ถ้ามีการนำน้ำที่มีค่าความกระด้างระดับนี้มาบริโภค

น้ำที่มีความกระด้างประมาณ 200-250 mg/L as CaCO₃ เป็นน้ำที่มนุษย์สามารถดื่มได้ แต่คนส่วนมากไม่ชอบที่จะใช้อุปโภคและบริโภคน้ำที่มีค่าความกระด้างมากกว่า 250 mg/L as CaCO₃ แต่อย่างไรก็ตามความกระด้างโดยตัวเองแล้ว ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพที่สำคัญทางชีววิทยา

2.1.1 แคลเซียมและแมกนีเซียม [2]

ก) แคลเซียม

แคลเซียม (Calcium) เป็นธาตุเคมีในตารางธาตุซึ่งมีสัญลักษณ์เป็น Ca มีเลขอะตอมเป็น 20 แคลเซียมเป็นธาตุโลหะหนักประเภทอะคาไลที่มีสีเทาอ่อน มันถูกใช้เป็นสารรีดิวซิ่งเอเจนต์ในการสกัดธาตุ ทอเรียมเซอร์โคเนียม และยูเรเนียม แคลเซียมอยู่ในกลุ่ม 50 ธาตุที่มีมากที่สุดบนเปลือกโลก มันมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะในระบบสรีระวิทยาของเซลล์และการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ

เป็นหนึ่งในแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการพบมากในน้ำตามธรรมชาติ เพราะมีอยู่ทั่วไปในดินและหิน โดยเฉพาะในหินปูนซึ่งประกอบด้วยแร่แคลไซต์ (Calcitel) โดโลไมต์ (Dolomite) ยิปซัม (Gypsum) และแอนไฮไดรต์ (Anhydrite) จึงมักตรวจพบแคลเซียมในน้ำจากชั้นหินปูนในปริมาณ 30 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

แคลเซียมเป็นธาตุที่มีมากในน้ำเป็นลำดับที่ 5 ซึ่งแคลเซียมในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวสำคัญที่ทำให้น้ำกระด้างโดยจะสามารถทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์บางตัวในน้ำ เกิดเป็นตะกรันขึ้นได้ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ตะกรันในหม้อน้ำเกิดจาก CaCO₃ และ CaSO₄ แคลเซียมสามารถเป็นตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของน้ำได้ ถ้าแหล่งน้ำใดมีปริมาณแคลเซียมน้อยกว่า 10 mg/L น้ำนั้นจัดได้ว่ามีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าปริมาณแคลเซียมและความอุดมสมบูรณ์ของน้ำ

ปริมาณแคลเซียม	ความอุดมสมบูรณ์
<10	ต่ำ
10-25	ปานกลาง
>25	สูง

แคลเซียมเป็นธาตุที่พบมากที่สุดในทุกส่วนของร่างกาย และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟัน เด็กแรกเกิดจะมีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย 28-30 กรัม ในร่างกายขณะที่ผู้ใหญ่จะมีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 1.5 - 2 % ของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 900-1,000 กรัม โดย 99 % ของแคลเซียมนี้จะพบในกระดูกและฟัน นอกจากแคลเซียมจะจำเป็นสำหรับการสร้างกระดูกและ

พื้นแล้วยังจำเป็นสำหรับการแข็งตัวของเลือด การส่งสัญญาณประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อ และยังป้องกันการเป็นโรคกระดูกพรุนอีกด้วย

มาตรฐานของ EEC กำหนดให้มีปริมาณแคลเซียมในน้ำดื่มไม่เกิน 100 mg/L ถ้ามีปริมาณ Ca^{2+} ในน้ำดื่มมาก การได้รับแคลเซียมสูงเป็นเวลานานๆ จะทำให้ต่อมพาราไทรอยด์ทำงานหนัก และจะทำให้มี Ca^{2+} ในเลือดมากจนอาจจะทำให้เกิดอาการโคม่า หรือทำให้เกิดโรค Hypercalcemia ได้ ซึ่งจะมีอาการเบื่ออาหาร อาเจียน สภาพร่างกายขาดน้ำ อ่อนเพลีย เมื่อยล้า โคม่า อาจถึงตายได้ Ca^{2+} เมื่อรวม กับ ไอออน และสารต่างๆ อาจทำให้เกิดตะกอนในเลือด ทำให้เกิดการอุดตันในเส้นเลือดและไตจะถูกทำลายจนทำให้เกิดโรค Uremia ได้

ข) แมกนีเซียม

แมกนีเซียม (Magnesium) เป็นธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Mg และเลขอะตอม 12 แมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีอยู่มากเป็นอันดับ 8 และเป็นส่วนประกอบของเปลือกโลกประมาณ 2% และเป็นธาตุที่ละลายในน้ำทะเลมากเป็นอันดับ 3 โลหะอัลคาไลเอิร์ธตัวนี้ส่วนมากใช้เป็นตัวผสมโลหะเพื่อทำโลหะผสมอะลูมิเนียม-แมกนีเซียม

ผู้ใหญ่มีแมกนีเซียม (Magnesium) ประมาณ 20-25 กรัม ซึ่งในจำนวนนี้จะอยู่ในโครงกระดูก 50-60% และประมาณ 1 ใน 3 รวมอยู่กับฟอสเฟต แมกนีเซียมมักอยู่ในของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์ (Intracellular fluid) เช่นเดียวกับ โปรแตสเซียม ประมาณร้อยละ 35 ของแมกนีเซียมในน้ำเลือดจะรวมอยู่กับโปรตีน เด็กแรกเกิดมีแมกนีเซียมต่ำ เมื่อโตขึ้นจะมีแมกนีเซียมมากขึ้น หน้าที่ของแมกนีเซียม มีส่วนควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเช่นเดียวกับแคลเซียม ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการเผาผลาญสารอาหาร และการสังเคราะห์โปรตีน และมีส่วนเกี่ยวข้องกับการต้านทานความหนาว ในที่อากาศเย็น ความต้องการแมกนีเซียมจะสูงขึ้น ปริมาณที่ควรรับประทาน ขณะนี้ยังไม่ทราบความต้องการที่แน่นอน ภาวะที่ร่างกายมีปริมาณของแมกนีเซียมในเลือดต่ำกว่าปกตินาน 100 วันขึ้นไปมักแสดงอาการผิดปกติเกี่ยวกับการย่อยอาหารและการทำงานของระบบประสาท ภาวะการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนไปทำให้ไม่สามารถควบคุมการทำงานของประสาทต่อกล้ามเนื้อ ได้จะมีอาการสั่นกระตุก และชักคล้ายการขาดแคลเซียม (แคลเซียมในเลือดมักต่ำด้วย) พบได้ในผู้ที่ เป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง เพราะแอลกอฮอล์ส่ง เสริมการขับแมกนีเซียมออกจากร่างกาย เด็กที่เป็นโรคขาดโปรตีน และคนไข้ที่อดอาหารเป็นเวลานานหลังการผ่าตัด ส่วนการกินแมกนีเซียมมากไปยังไม่มียาเกี่ยวกับโทษ แต่มีผู้รายงานว่าอาหารที่มีแมกนีเซียมสูงอาจช่วยป้องกันโรคหัวใจและ หลอดเลือดตีบได้

แหล่งอาหารที่ให้แมกนีเซียม แมกนีเซียมมีอยู่ทั่วไปในอาหารที่มาจากพืชและสัตว์ และเป็นส่วนประกอบของรงควัตถุสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ในพืช ผลไม้เปลือกแข็ง มีแมกนีเซียม

มากกว่าพืชอย่างอื่น อาหารที่มีกรดออกซาลิกและ ไฟติกทำให้เสียแมกนีเซียมได้เช่นเดียวกับ แคลเซียม

ถ้าระดับแมกนีเซียมในกล้ามเนื้อต่ำลงจะทำให้เกิดตะคริวหรือกล้ามเนื้ออ่อนแรงเรื้อรัง การขาดแมกนีเซียมจะเกิดในคนไข้ที่เป็นเบาหวาน ดับอ่อนอักเสบ (pancreatitis) พิษสุราเรื้อรัง ควาซอร์เกอร์ ใดพิการ บริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง หรือการดูดซึมผิดปกติอย่างร้ายแรง เนื่องจากท้องเดินเรื้อรังหรืออาเจียนการขาดแมกนีเซียมจะเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับ โรคหัวใจขาดเลือด (coronary heart disease) การได้รับแมกนีเซียมไม่เพียงพอจะมีผลทำให้เกิดการอุดตันใน หัวใจและสมอง และมีส่วนช่วยทำให้แคลเซียมไปจับเกาะที่ไต เส้นเลือด และหัวใจ อาการของการขาดแมกนีเซียมคือ กล้ามเนื้อจะบิด สั่นสับสนไม่สามารถจดจำสถานที่หรือเพื่อนฝูงได้ (disorientation) ชั้นแรกของการรักษาโดยเฉพาะในเด็ก คือไม่ให้ดื่มนมเพราะ แคลซิเฟอรอล (calciferol, vitamin D2) ซึ่งมีมากในนม จะไปรวมกับแมกนีเซียมและขับออกนอกร่างกาย ทำให้การขาดเกิดขึ้น ต่อจากนั้นก็ให้อาหารเสริมคือให้น้ำมันตับปลา เพราะวิตามินดีในน้ำมันตับปลา จะมีประสิทธิภาพในการรวมตัวกับแมกนีเซียมต่ำกว่า แคลซิเฟอรอล ในนม 10 เท่า

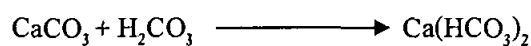
2.1.2 สาเหตุของความกระด้าง

ความกระด้างของน้ำเกิดจากไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำหึ่งที่เป็น ไอออนบวก และ ไอออนลบ สำหรับ ไอออนบวกที่ทำให้เกิดความกระด้างของน้ำ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ Ca^{2+} Mg^{2+} Sr^{2+} Fe^{2+} Mn^{2+} ส่วน Al^{3+} และ Fe^{3+} อาจจะทำให้เกิดความกระด้างบ้างแต่ก็เป็นส่วนน้อย เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการละลายได้น้อยในสภาพ pH ของน้ำธรรมชาติ ส่วน ไอออนลบที่ทำให้เกิดความกระด้างเรียงลำดับตามปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติจากมากไปหาน้อย คือ HCO_3^- SO_4^{2-} Cl^- NO_3^- และ SiO_3^{2-}

การตกตะกอนสบู่ของ ไอออนของ โลหะที่มีประจุ +2 เช่น แคลเซียม แสดงได้ดังสมการ



ความกระด้างของน้ำส่วนมากมาจากการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน หิน และน้ำโดยที่คาร์บอนไดออกไซด์จะรวมตัวกับน้ำทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก ทำให้ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำต่ำลงเป็นผลให้หินปูนละลายในน้ำได้มากขึ้น ดังสมการ



2.1.3 ชนิดของความกระด้าง

การแบ่งชนิดของความกระด้างสามารถพิจารณาได้ 2 แบบ โดยการพิจารณาจากต้นเหตุของความกระด้างซึ่งได้แก่ ไอออนที่ละลายในน้ำ คือ ไอออนบวก และไอออนลบ

1. การแบ่งความกระด้างตามไอออนบวก แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

ก) Calcium Hardness คือ ความกระด้างอันเนื่องมาจากแคลเซียม

ข) Magnesium Hardness คือ ความกระด้างอันเนื่องมาจากแมกนีเซียม

ค) Total Hardness คือ ความกระด้างทั้งหมดซึ่งส่วนมากเป็นความกระด้างอันเนื่องมาจากแคลเซียมและแมกนีเซียม

2. การแบ่งความกระด้างแบ่งตามไอออนลบ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ก) Carbonate Hardness ได้แก่ ความกระด้างที่เกิดจากสารประกอบของ CO_3^{2-} และ HCO_3^- ซึ่งสารประกอบในน้ำที่เป็นสาเหตุของความกระด้าง คือ CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ และ MgCO_3 โดยความกระด้างชนิดนี้เรียกว่า ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการต้ม ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับกับการเกิดความกระด้าง ดังสมการ



ข) Non-carbonate Hardness ได้แก่ ความกระด้างที่เกิดจากสารประกอบของ SO_4^{2-} และ Cl^- เช่น CaSO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 และ MgCl_2 โดยความกระด้างชนิดนี้เรียกว่า ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) และเป็นความกระด้างที่ไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม

ตารางที่ 2.3 รูปแบบที่สามัญที่สุดของสารประกอบที่ทำให้เกิดความกระด้างชั่วคราวและ ความกระด้างถาวร

Form	Carbonate or Temporary Hardness	Non-carbonate or Permanent Hardness
Calcium Forms	CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4 , CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
Magnesium Forms	MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	MgSO_4 , MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
Strontium forms	SrCO_3 , $\text{Sr}(\text{HCO}_3)_2$	SrSO_4 , SrCl_2 , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$
Iron Forms	$\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_3$ FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, FeCl_3 FeSO_4 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$, FeCl_2

บางกรณีน้ำอาจจะไม่มีความกระด้าง แต่พบว่ามีปริมาณ Na^+ มากพอที่จะขัดขวางการเกิดฟองของสบู่ก็ได้ ทำให้น้ำมีรสกร่อย ซึ่งไม่ใช่ความกระด้างจริง ๆ จึงเรียกว่า ความกระด้างปลอม (Pseudo Hardness)

2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความกระด้างและสภาพด่าง

กรณีที่เราทราบค่าความกระด้างและสภาพด่างของตัวอย่างน้ำ เราจะสามารถประเมินปริมาณและชนิดของความกระด้างได้จากความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

- ก) ถ้าความกระด้างทั้งหมดมากกว่าสภาพด่างทั้งหมด นั่นคือ สภาพด่างทั้งหมดจะเป็นความกระด้างคาร์บอเนต และความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนตจะเท่ากับความแตกต่างของความกระด้างทั้งหมดกับสภาพด่างทั้งหมด

$$\text{Carbonate Hardness} = \text{Total Alkalinity}$$

$$\text{Non-carbonate Hardness} = \text{Total Hardness} - \text{Total Alkalinity}$$

- ข) ถ้าความกระด้างทั้งหมดน้อยกว่าหรือเท่ากับสภาพด่างทั้งหมด นั่นคือ ความกระด้างทั้งหมดจะเป็นความกระด้างคาร์บอเนต และความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนตจะมีค่าเท่ากับศูนย์(0)

$$\text{Carbonate Hardness} = \text{Total Hardness}$$

$$\text{Non-carbonate Hardness} = 0$$

2.1.5 วิธีการหาความกระด้าง

ในการหาความกระด้างของน้ำมีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้กันมากมี 2 วิธี คือ

- ก) การคำนวณหาผลรวมของสารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง โดยคำนวณอยู่ในรูปของ mg/L as CaCO₃ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดความกระด้างโดยการคูณความเข้มข้นของสารด้วยแฟคเตอร์สำหรับสารนั้น
- ข) การไทเทรตหาความกระด้างโดยใช้ไอดีทีเอ ซึ่งเป็นการหาผลรวมของสารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง โดยเฉพาะสารพวกที่มีวาเลนซ์ 2 (Divalent)

การหาความกระด้างโดยวิธีคำนวณ

ในกรณีที่สารที่ก่อให้เกิดความกระด้างมีเพียงแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่านั้น การคำนวณหาความกระด้าง ทำได้ตามสมการ

$$\text{Hardness (mg/L as CaCO}_3) = [(2.497)(\text{Ca (mg/L)})] + [(4.118)(\text{Mg (mg/L)})]$$

นอกจากแคลเซียมและแมกนีเซียมแล้วยังมีสารตัวอื่นๆ ที่ให้เกิดความกระด้างด้วย ดังนั้นถ้ามีสารดังกล่าวในปริมาณที่มากพอก็จะต้องนำมาคำนวณหาความกระด้างด้วย ดังที่แสดงในสมการ ทั้งนี้จะต้องคูณด้วยแฟคเตอร์หรือตัวคูณดังแสดงในตาราง 2.4

$$\text{Total Hardness (mg/L as CaCO}_3) = \sum F_i M_i$$

เมื่อ F_i = แฟคเตอร์สำหรับสาร M_i

M_i = ปริมาณสารที่ทำให้เกิดความกระด้าง (mg/L)

Σ = ผลรวม

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างแฟคเตอร์สำหรับสารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง

สารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง (M_i)	แฟคเตอร์ (F_i)	สารที่ก่อให้เกิดความกระด้าง (M_i)	แฟคเตอร์ (F_i)
แคลเซียม	2.497	อลูมิเนียม	5.566
แมกนีเซียม	4.116	สังกะสี	1.531
สตรอนเทียม	1.142	แมงกานีส	1.822
เหล็ก			1.792

แฟคเตอร์ = น้ำหนักสมมูลของ CaCO₃ / น้ำหนักสมมูลของสารที่ก่อให้เกิดความกระด้างและน้ำหนักสมมูลของ CaCO₃ = 100.08/2 = 50.04

ตัวอย่างการหาแฟกเตอร์ของแคลเซียม แมกนีเซียม และอลูมิเนียม

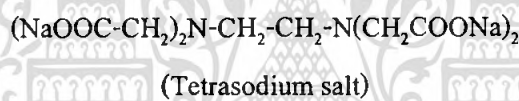
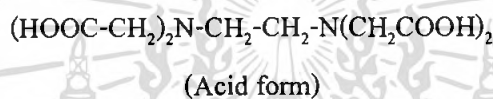
1) แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคูณกับปริมาณแคลเซียม ได้มาจาก: $Ca = 40.08$ เพราะฉะนั้น แฟกเตอร์ = $CaCO_3/Ca = 50.04/20.04 = 2.497$

2) แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคูณกับปริมาณแมกนีเซียม ได้มาจาก: $Mg = 24.305$ เพราะฉะนั้น แฟกเตอร์ = $CaCO_3/Mg = 50.04/12.15 = 4.1177$

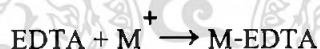
3) แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคูณกับปริมาณอลูมิเนียม ได้มาจาก: $Al = 26.98$ เพราะฉะนั้น แฟกเตอร์ = $CaCO_3/Al = 50.04/8.99 = 5.566$

การหาความกระด้างโดยวิธีการไทเทรตด้วยอีดีทีเอ(EDTA)

อีดีทีเอหรือ Ethylene Diamine Tetraacetic Acid เป็นสารประกอบที่ใช้เป็น Chelating agent สามารถเกิดเป็น ไอออนเสถียรกับ ไอออนที่มีวาเลนซ์ 2 หรือ divalent cation ที่เป็นสาเหตุของความกระด้างของน้ำ สูตรของอีดีทีเอ เป็นดังนี้



ในการไทเทรตหาความกระด้างของน้ำด้วยอีดีทีเอจะใช้ Eriochrome Black-T เป็นอินดิเคเตอร์ ที่ $pH = 10 \pm 0.1$



$Ca^{++}/Mg^{++} \rightarrow$ เกิดเป็นสารประกอบกับ Eriochrome black T สี Wine Red ที่ $pH = 10 \pm 0.1$

ถ้า Ca/Mg ทำปฏิกิริยากับ EDTA จนหมดเหลือเพียง EDTA-Eriochrom Black T สารละลายจะเปลี่ยนสีจาก Wine Red ไปเป็นสีน้ำเงิน

Mg^{2+} จะต้องมีอยู่จึงจะทำให้จุดยุติเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นจึงต้องเติม $Mg-CDTA$ ลงไปในสารละลายด้วย สีของ End Point จะ Sharp ขึ้นเมื่อเพิ่ม pH แต่ก็ไม่สามารถเพิ่ม โดยไม่มีกำหนดได้ เนื่องจาก อาจเกิดการตกตะกอนของ $CaCO_3$ เมื่อ $Mg(OH)_2$ และ Eriochrom B.T. จะเปลี่ยนสีที่ pH สูง ๆ เพื่อลดปัญหาข้างต้นจึงกำหนดไว้ดังนี้

ให้ Titrate ที่ $pH 10 \pm 0.1$ เพื่อป้องกันการตกตะกอน $Mg(OH)_2$

ให้ Titrate ให้เสร็จภายในเวลา 5 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของ $CaCO_3$

สารแทรกสอด Fading Endpoint/Indistinct Endpoint EDTA Consumable Compounds แก้ไขได้โดยการเติม Mg-CDTA CDTA = 1, 2 cyclohexane diamine tetracetic acid ซึ่ง Mg-CDTA จะเลือกจับกับ Heavy Metal และปล่อย Mg ออกมาใน Sample แต่ Mg ที่ Release ออกมาต้องไม่มีผลมากนักต่อค่าความกระด้าง

การวิเคราะห์และทดสอบแคลเซียม

1. คุณภาพวิเคราะห์

1.1 $\text{Ca}^{++} + \text{C}_2\text{O}_4^{=} \text{Oxalate}$ CH_3COOH $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s})$ ตะกอนขาว

Heat 30 min

1.2 ปฏิกริยากับ Glyoxal -bis- (2 hydroxyanil) (GBH)

Mg^{2+} จะไม่รบกวนมากนักเพราะ โครงสร้างการเกิดคอมเพลกซ์ไม่เหมือน Ca^{++} (Octahedral)

Al^{3+} จับไม่ได้เนื่องจากมีประจุเหลือ +1

2. ปริมาณวิเคราะห์ ใช้ EDTA

2.1 บทนำทั่วไป

Mg^{++} ไม่มีผลต่อการ Titrate

Ba^{++} , Sr^{++} ถูกไทเทรตด้วย

Pb^{++} , Zn^{++} Mask ด้วย 2, 3 - Dimercapto - 1 - Propanol

โลหะหนักอื่น ๆ Mask ด้วย KCN

Fe/Mg (>5 mg/L) Mask ด้วย Triethanolamine หรือ Hydroxy Ammonium Chloride (Hydroxylamine Hydrochloride ($\text{OHNH}_2 \text{HCl}$)) (สูงมากๆ) ต้องกำจัดออก

ใช้ 0.01 M EDTA (Na Salt)

2.2 อินดิเคเตอร์ที่ใช้

2-Hydroxyl - 1 - (2-hydroxy - 4 - sulfo - 1 - naphthylazo) -3- naphthoic acid หรือ Calconcarboxylic Acid (NANA หรือ HHSNNA) เป็น Indicator (0.5 gm/ 100 ml CH_3OH + 0.5 g Hydroxylamine Hydrochloride)

$\text{Al} \geq 10 \text{ mg/L}$ ทำให้สีของ Indicator ในจุดยุติเปลี่ยนจาก Blue กลับไปเป็น Red อย่างรวดเร็ว

Amm Purpurate + Sr Masking แต่ไม่สามารถใช้ใน M : Masking Ba และ Mg ได้

Ba ไม่ได้ Titrant กับ EDTA เหมือน Ca แต่จะทำให้ Titrant ไม่ถึงจุดยุติ ไม่ทราบว่าจะเกิดจากอะไร?

กำจัด Ba โดยการเติม SO_4^{2-} BaSO_4 ต้องระวังไม่ให้ Ca ตกตะกอนด้วย PO_4^{3-} จะทำให้ Ca ตกตะกอนด้วย ต้องระวัง

2.2 พฤติกรรมการดูดซับ (absorption) [3]

หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำดีและน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาจับและติดที่ผิวของมันซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสาร จากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (absorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับเรียกว่า ตัวดูดซับ (absorbent)

การดูดซับมีความสามารถในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยอาศัยกลไกทางกายภาพเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น สี กลิ่น บีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุม มีประสิทธิภาพดี และระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อย ไม่มีกลิ่นที่รบกวน

การดูดซับที่สำคัญมี 2 แบบ คือการดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้ เกิดขึ้นเมื่อมวลโมเลกุลในของเหลวเข้าไปใกล้ และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของแข็งสามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลวได้

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London Dispersion Force) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Force) โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับโมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นหลายชั้น ซึ่งแต่ละชั้นของโมเลกุลจะอยู่บนชั้นโมเลกุลของสารก่อนหน้านี้ จำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบทางกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบเคมีซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุล

เพียงชั้นเดียว(Monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับมาเองได้ (Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพที่สามารถผันกลับมาเองได้(Reversible) เนื่องจากมีการจับตัวทางเคมีสร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิค่าความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำ โดยทั่วไปประมาณ 2 – 10 กิโลแคลอรีต่อโมล

สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

1. ประเภทสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ และแอคติเวตเต็ดซีลิกา สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามมีข้อเสีย คือ จับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีขีดจำกัดมาก
2. ถ่านกัมมันต์เป็นสารดูดซับที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตารางเมตรต่อกับ
3. ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่สารแลกเปลี่ยนไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกกรัม

2.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนไอออน [4]

การแลกเปลี่ยนไอออน(อนุผลที่มีประจุ) เป็นปรากฏการณ์ชนิดหนึ่งซึ่งมีการสับเปลี่ยนไอออนกลับไปกลับมา (Reversible interchange) ระหว่าง ตัวกลาง 2 ชนิด คือ ตัวกลางของเหลวและตัวกลางของแข็ง โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของตัวกลางของแข็ง

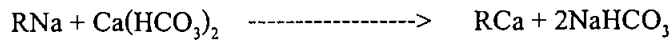
2.3.1 หน้าที่และกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน

หน้าที่และกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน มี 2 ประการ ซึ่งเกิดต่อเนื่องกันคือ

1. การกำจัดไอออนต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- เป็นต้น นอกจากนี้ในบางครั้งเรซินอาจใช้กำจัดโลหะพิษต่างๆ ออกจากน้ำได้ด้วย แต่ทั้งนี้ต้องใช้เรซินที่สังเคราะห์เป็นพิเศษ โลหะพิษที่ใช้เรซินกำจัดออก ได้แก่ อาเซนิก แบเรียม แคดเมียม โครบอลด์ทองแดง ทอง ตะกั่ว เซเลเนียม เงิน แวนาเดียม และสังกะสี

2. ทำให้ไอออนต่างๆ มีความเข้มข้นสูงมากๆ คือ ไอออนที่ถูกกำจัดออกจากสารละลายจะหลุดออกมากับสารละลายรีเจนเนอเรนต์ (Regenerant) ในระหว่างการทำรีเจนเนอเรชั่น (Regeneration) เนื่องจากปริมาตรของสารละลายรีเจนเนอเรนต์ต่ำกว่าปริมาตรสารละลายซึ่งเป็นที่อยู่เดิมของไอออนความเข้มข้นใหม่ของไอออนจึงสูงกว่ามากซึ่งเป็นการทำให้ ไอออนซึ่งเดิมเจือ

จางมากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นหลายๆ เท่าการแลกเปลี่ยนไอออนได้ รับการประยุกต์ให้ใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น การแก้ความกระด้างของน้ำ (Softener) การทำให้น้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ (Demineralizer) การกำจัดสารอินทรีย์ (Organic removal) ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนไอออน สำหรับ Softener อาจเขียนสมการเคมีได้ดังนี้



เมื่อ R คือตัวกลางของแข็งซึ่งเดิมอยู่ในรูปของโซเดียม (Na^+) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ของหมู่ไอออนตัวกลาง ซึ่งใช้แลกกับไอออนบวกที่อยู่ใน น้ำคือ Ca^{2+} ในปริมาณที่สมมูลกันสำหรับตัวกลางของแข็งที่อยู่ในรูปของแคลเซียม เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับเกลือแกงซึ่งมี Na^+ อยู่เป็นจำนวนมากจึงจะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกลับมาเป็นตัวกลางที่อยู่ในรูปของโซเดียมอีกทำให้สามารถนำกลับไปใช้กำจัดความกระด้างใหม่ได้อีก เขียนสมการเคมีใหม่ได้ดังนี้



โดยสารละลายเกลือแกงจะต้องมีความเข้มข้นในปริมาณมากเพื่อให้สมดุลของปฏิกิริยากลับทิศทาง

2.3.2 โครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

โครงสร้างของเรซินมีความสำคัญต่อการกำหนดสมรรถภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนเรซินจะมีโครงร่างคล้ายตาข่ายสามมิติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ โครงร่างที่ไม่มีประจุไฟฟ้าและหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้า ซึ่งหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ บนตาข่าย เรียกว่า Functional group หมู่ไอออนนี้ส่วนหนึ่งเกาะติดอยู่กับโครงร่างและไม่เคลื่อนที่ อีกส่วนหนึ่งเคลื่อนที่ได้ และเป็นส่วนที่ใช้แลกเปลี่ยนกับไอออนที่อยู่ในน้ำ โครงร่างของเรซินเป็นส่วนที่ทำให้มันมีรูปร่างเป็นอย่างไรที่ปรากฏและคงรูปอยู่ได้โดยไม่ละลายน้ำและไม่แตกหักโดยง่าย โครงร่างนี้สร้างขึ้นจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำนวนมากที่เป็นชนิดเดียวกันซึ่งต่อกันเป็นสายยาว และมีไฮโดรคาร์บอนอีกชนิดหนึ่งมาทำหน้าที่ประสานเพื่อให้เกิดเป็นรูปสามมิติ (รูปที่ 2.1) ที่ มีความโปร่งหรือความพรุน ความโปร่งใสของเรซินขึ้นอยู่กับความเหนียวแน่นของการประสาน (Degree of crosslinkage) ซึ่งวัดได้จากปริมาณของตัวประสาน ถ้าปริมาณของตัวประสานมาก โครงร่างของเรซินจะแข็งและทึบ แต่ ถ้าปริมาณของตัวประสานน้อย โครงร่างของเรซินจะอ่อนและโปร่ง ความโปร่งหรือความพรุนของเรซินกับ โครงร่างของเรซินมีความสำคัญต่อการกำหนดความสามารถในการแลกเปลี่ยน ไอออน (Exchange capacity) และกำหนดลักษณะอื่นๆ ของเรซินด้วย เช่น ความชื้นในเรซิน เป็นต้น กล่าวคือ เรซินจะต้องมี ความพรุนพอเพียงที่จะทำให้อิออนต่างๆ เคลื่อนที่เข้าออกได้สะดวกจึงจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนได้ เรซินที่มี Degree of crosslinkage สูงเกินไป จะมีความพรุนต่ำ ทำให้ ความชื้นอยู่ในเรซินน้อยซึ่งจะแตกหักง่าย เรซินที่มี

Degree of crosslinkage ต่ำเกินไปจะมีความพรุนมากทำให้มึนน้ำได้มากแต่ สลายตัวได้ง่ายเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวต่ำ

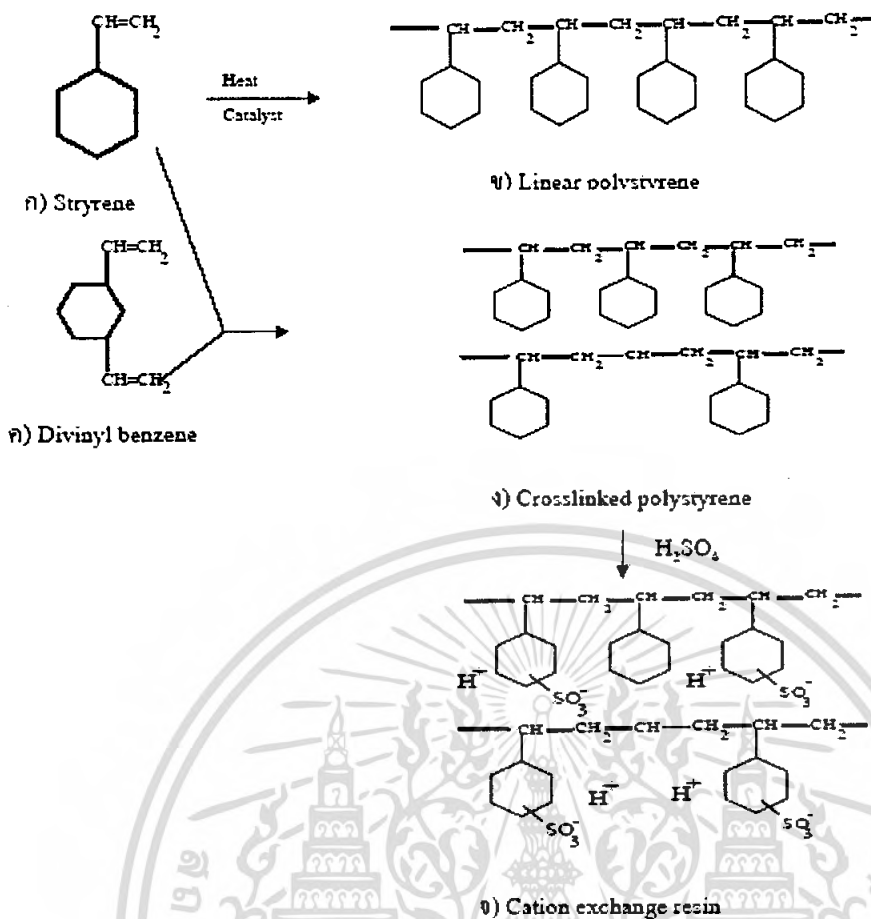
หมู่ไอออน (Functional group) ของเรซิน เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมต่างๆของเรซิน เช่น ความสามารถหรืออำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน เป็นต้น ถ้าส่วนโครงร่าง Matrix มีประจุลบ ประจำตัว Functional group จะมีประจุบวกเรียกว่าเป็น Cation exchanger คือเป็นสารแลกเปลี่ยนประจุบวก ถ้าโครงร่าง Matrix มีประจุ บวก ประจำตัว Functional group จะมีประจุลบ เรียกว่าเป็น Anion exchanger คือเป็นสารแลกเปลี่ยนประจุลบ

เรซินสังเคราะห์ โดยกระบวนการทางเคมีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันส่วนใหญ่ มีโครงสร้างเป็นสารพวก Polystyrene ที่รวมตัวอยู่กับ Divinylbenzene โดย Functional group ของ Cation exchanger เป็นพวก Sulphonic , Carboxylic หรือ Phosphonic ส่วนเรซินที่นำไปใช้เป็นสารแลกเปลี่ยนประจุลบ (Anion exchanger) จะเป็นพวกที่มี Functional group เป็นพวก Quarternary ammonium , Primary amine หรือ Secondary amine โครงร่างของเรซิน (Matrix) อาจแบ่งลักษณะทางฟิสิกส์ได้ 3 ลักษณะ คือ

1. Gel type มีลักษณะนิ่มคล้ายวุ้นสามารถบรรจุ Functional group ได้มาก แต่รูพรุนมีขนาดเล็กและถี่มากเป็นพวก Membrane ข้อเสียคือเกิดการอุดตันได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าเป็น Stronganion exchanger .

2. Macroporous type มีความพรุนมากกว่า คือมีพื้นที่ผิวมากถึง 100 ตารางเมตรต่อกรัมทำให้ไม่ค่อยอุดตันเป็นพวก Polystyrene Divinylbenzene แขน โครงร่างมี DVB 8-12% โดยถ้า%DVB น้อย การพองตัวขนาดตัวจะมาก การวิ่งเข้าออกของไอออนผ่านเรซินจะดี แต่ความแข็งแรงมีน้อย

3. Opaque gel เป็นโครงร่างที่แข็งแรงแต่สามารถบรรจุ Functional group และยึดเหนี่ยวได้มากพอสมควร



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

(ภาพ ก.) โยโครคาร์บอนที่เป็นต้นกำเนิดคือ Styrene

(ภาพ ข.) เมื่อหลายโมเลกุลมาต่อกันจะเป็น โพลีเมอร์

(ภาพ ค.) เป็นสายยาวการต่อกันเป็นสามมิติเกิดขึ้นได้เมื่อมีตัวประสานคือ Divinylbenzene

(ภาพ ง.) ทำให้ได้โครงร่างของเรซิน ซึ่งยังไม่มีอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน

(ภาพ จ.) การเติมหมู่ไอออน เช่น $-\text{SO}_3\text{H}$ (ซัลโฟนิก) ทำให้ได้เรซินที่มีอำนาจอย่างสมบูรณ์

2.3.3 การแบ่งเรซินตามลักษณะการใช้งานตาม Functional group

คุณสมบัติการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินจะขึ้นอยู่กับหมู่ไอออนของเรซิน สามารถแบ่งได้เป็น Acidity และ Basicity นอกจากนี้ยังแบ่งย่อยได้เป็น เรซินแบบกรดแก่ (Strong acid ion exchanger) เรซินแบบกรดอ่อน (Weak acid ion exchanger) เรซินแบบด่างแก่ (Strong basic ion exchanger) เรซินแบบด่างอ่อน (Weak basic ion exchanger) หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.5

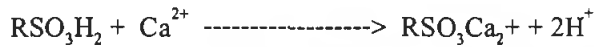
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. เรซินแบบกรดแก่ (Strong acid ion exchanger)

เรซินแบบกรดแก่คือ พวกที่มี Functional group เป็นพวกกรดแก่ เช่น Sulphonic acid หน้าที่ของเรซินแบบกรดแก่จะใช้ไอออนบวกของตัวเอง (H^+ , Na^+) แลกกับไอออนที่ต้องการจะกำจัดออกจากน้ำ เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} เป็นต้น H^+ หรือ Na^+ เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้หมู่ไอออนของเรซิน โดยเรซินแบบกรดแก่จะมีหมู่ซัลโฟนิค ($-SO_3$) เป็นหมู่ไอออนซึ่งจับติดอยู่กับโครงไฮโดรคาร์บอนหมู่ซัลโฟนิคนี้จะอยู่ในรูปของ H^+ หรือ Na^+ ก็ได้ ($-SO_3H^+$, $-SO_3^-$) $-SO_3^-$ จะเป็นส่วนที่ไม่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแต่มี H^+ หรือ Na^+ ที่ใช้แลกเปลี่ยนกับไอออนบวกที่อยู่ในน้ำ (รูปที่ 2.2)

ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินแบบกรดแก่ที่มี H^+ หรือ Na^+ เป็นดังนี้ คือ



เรซินแบบกรดแก่ สามารถที่จะจับไอออนบวกของ Cation ได้ทั้งหมด เมื่อเรซินหมดอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน สามารถเรียกอำนาจกลับคืนมาได้โดยการทำรีเจนเนอเรชันเรซินที่อยู่ในรูปของ Na^+ ต้องรีเจนเนอเรตด้วย $NaCl$



ส่วนเรซินที่อยู่ในรูปของ H^+ ต้องรีเจนเนอเรตด้วยกรดแก่ (H^+)


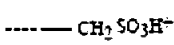
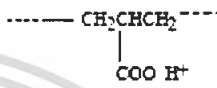


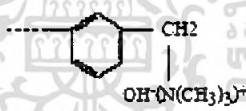
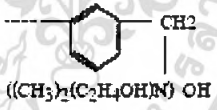


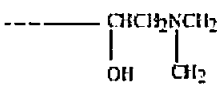


เรซินแบบกรดแก่มีข้อดี คือ

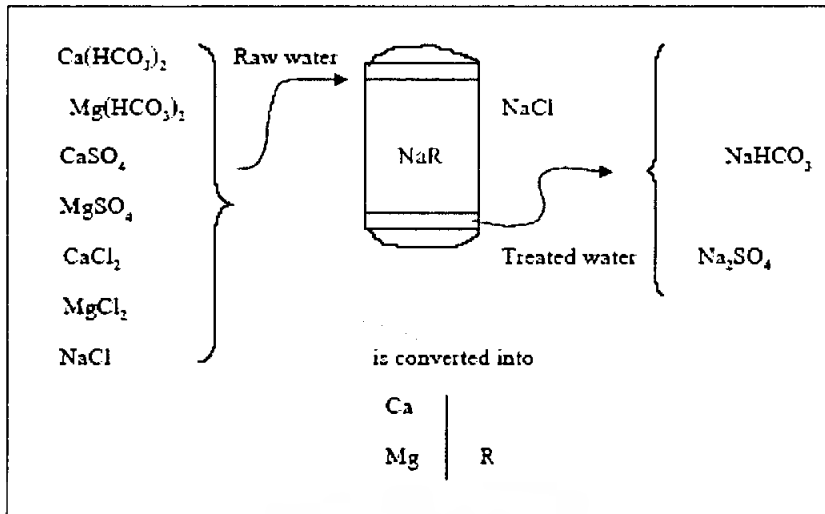
1. ใช้ได้ดีกับน้ำที่มีพีเอชทุกระดับ
2. สามารถแยก Na^+ จากเกลือแคงได้
3. การรั่วของไอออนบวกที่ต้องการกำจัด เกิดขึ้นน้อย
4. สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้รวดเร็ว
5. มีความคงทน ใช้งานได้นาน โดยมีการสูญเสียอำนาจเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย
6. การเปลี่ยนรูปของ Na^+ ในเรซินเป็น H^+ ทำให้ปริมาณเพิ่มขึ้นเพียง 7 %
7. เหมาะสำหรับการกำจัดความกระด้างหรือในการทำน้ำบริสุทธิ์ปราศจากแร่ธาตุ

(Deminerization)

ตารางที่ 2.5 หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่างๆ

Classification	Active Groups	Dissociation	
		Constant	Typical Configuration
pK_a			
Cation Exchange Resin			
Strong acid :	Sulfonic	1	
	Methylene Sulfonic	1	
Weak acid :	Carboxylic	4-6	
	Phosphonic	2-3	
	Phenolic hydroxyl	7-8	
Anion Exchange Resin			
Strong base :	Quarternary ammonium (type I)	13	
	(type II)		
Weak base :	Primary amine	6-9	
	Secondary amine	7-9	
	Tertiary amine (aromatic matrix)	9-11	
	(aliphatic matrix)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแลกเปลี่ยน Na⁺ ของเรซินแบบกรดแก่กับไอออนบวกทุกตัวในน้ำ

เรซินแบบกรดแก่มีข้อเสีย คือ

1. มีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรตต่ำประมาณ 25-45 % ทำให้ต้องเปลืองสารเคมีในการทำรีเจนเนอเรต
2. ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ทำให้เรซินเกิดการบวมและมีความชื้นสูงขึ้น โดยเฉพาะเรซินที่มีระดับของการประสาน โครงร่างต่ำ

2. เรซินแบบกรดอ่อน (Weak acid ion exchanger)

เรซินแบบกรดอ่อนคือพวกที่มี Functional group เป็นพวกกรดอ่อน เช่น กรดคาร์บอกซิลิก กรดอะคริลิก เรซินชนิดนี้แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดทำให้ไม่สามารถใช้แลกเปลี่ยนไอออนให้กับเกลือที่ได้จากกรดแก่ เช่น NaCl, CaSO₄

การใช้งานของเรซินแบบกรดอ่อน มีข้อจำกัด คือ เมื่อพื้นกำลังเรซินด้วยกรดเกลือ เรซินชนิดนี้สามารถจับไอออนประจุบวกที่มีวาเลนซ์ 1 ขึ้นไป ที่จับคู่ (Associate) กับพวกต่างเท่านั้น ดังนั้นจำนวน Cation ที่ ถูกขจัดออก (Ca²⁺, Mg²⁺) จะเท่ากับความกระด้างลบจากค่าความเป็นด่าง สำหรับกรณีที่มีความกระด้างทั้งหมดมากกว่าความเป็นด่างทั้งหมด ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพน้ำที่เหมาะสมที่สุด สำหรับเรซินชนิดนี้

ในกรณีที่อัตราส่วนของ Hardness: Alkalinity มากกว่า 1 แสดงว่าจะต้องมี Permanent Hardness ทำให้เรซินชนิดนี้เริ่มจะไม่ค่อยเหมาะกับการขจัดไอออนเพราะความสามารถในการจับประจุจะลดลงแต่ Cation leakage เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่ค่อยเหมาะเมื่อเทียบกับเรซินแบบกรดแก่

เรซินแบบกรดอ่อนมีข้อดี คือ

1. ประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรชันสูงถึง 90 % โดยเฉพาะถ้าเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูป H^+ เพราะเรซินมีความชอบ (Affinity) H^+ สูง
2. มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนสูงกว่าเรซินแบบกรดแก่ประมาณ 2 เท่า
3. เรซินทนต่อสารออกซิแดนท์ เช่น คลอรีน ได้ดี
4. เรซินในรูป H^+ สามารถกำจัดความเป็นด่างออกจากน้ำได้โดยไม่ต้องเติมกรด
5. เรซินสามารถใช้รีเจนเนอเรนต์จากการทำรีเจนเนอเรชันของเรซินแบบกรดแก่ได้
6. มีการรั่วของแคลเซียมต่ำ แต่ยอมให้โซเดียมรั่วหนีได้มาก

เรซินแบบกรดอ่อนมีข้อเสีย คือ

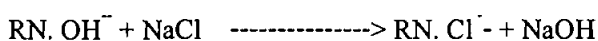
1. เรซินใช้ได้ภายใต้สภาวะจำกัด เช่น ใช้ได้กับน้ำที่มีพีเอชสูง
2. เรซินไม่มีความสามารถในการแยกเกลือ (Salt Splitting)
3. การเปลี่ยนรูป H^+ ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า
4. เรซินมีอัตราการแลกเปลี่ยนไอออนช้าและขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำดิบ
5. เรซินเกิดปฏิกิริยาไฮโดไลซิสกับน้ำได้ง่ายทำให้เกิดการรั่วของไอออนที่ต้องการกำจัดออก
3. เรซินแบบด่างแก่ (Strong basic ion exchanger)

เรซินแบบด่างแก่มีหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น Quaternary Amine และไอออนอิสระมักเป็น Cl^- หรือ OH^- มีปฏิกิริยาทางเคมีเหมือนด่างแก่ หน้าที่ของเรซินแบบด่างแก่ คือ ใช้ไอออนลบของเรซินแลกกับไอออนลบในน้ำที่ต้องการกำจัดออกเช่น HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , และ SiO_2

เรซินแบบด่างแก่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Type I มีความเป็นด่างและความคงทนสูง มีความสามารถในการจับ Silica ได้ดี
2. Type II มีขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน และประสิทธิภาพในการทำรีเจนเนอเรชันสูง

ปฏิกิริยาในการแลกเปลี่ยนไอออนและรีเจนเนอเรชันเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ ได้ดังนี้ คือ



สารรีเจนเนอเรนต์ อาจใช้โซเดียมคลอไรด์ กรดไฮโดรคลอริก หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์

เรซินแบบด่างแก่ มีข้อดี คือ

1. ใช้ได้ดีกับน้ำที่มีพีเอชทุกระดับ
2. สามารถแยก Na^+ จากเกลือแองได้

3. สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้รวดเร็ว

เรซินแบบกรดแก่มีข้อเสีย คือ

1. มีประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรตต่ำเพียง 18-33 % ทำให้ต้องเปลืองสารเคมีในการทำรีเจนเนอเรต

2. มีความคงทนต่ำทำให้อายุการใช้งานสั้น

3. ในกรณีที่น้ำเสียนีมี กรดฮิวมิคจากการเน่าเปื่อยของพืช สามารถทำให้เรซินเสียและไม่สามารถทำรีเจนเนอเรชันได้

4. เรซินเปลี่ยนเป็นด่างอ่อนได้ง่าย ทำให้สูญเสียขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน

4. เรซินแบบด่างอ่อน (Weak basic ion exchanger)

เรซินแบบด่างอ่อนมีหมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น Primary, Secondary หรือ Tertiary Amino และไอออนอิสระมักเป็น Cl^- หรือ OH^- หรือไม่มีก็ได้ การกำจัดไอออนลบของเรซินนี้จะแตกต่างจากเรซินอีก 3 ประเภทเนื่องจากไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินชนิดนี้กำจัดได้เฉพาะกรดแก่ เช่น CO_2 , SiO_2 เป็นต้น การกำจัดกรดแก่เกิดขึ้นโดยที่กรดแก่ทั้งโมเลกุลเข้ามาจับกับเรซินเนื่องจาก เรซินแบบด่างอ่อนไม่จำเป็นต้องมีไอออนอิสระก็ได้ ดังนั้นกลไกการทำงานของมักใช้ในการกำจัด Cl^- และ SO_4^{2-}

ข้อดีของเรซินแบบด่างอ่อน คือ

1. มีประสิทธิภาพในการทำรีเจนเนอเรชันสูงเกือบ 100 %

2. ทนต่อกรดฮิวมิค มีประสิทธิภาพการกำจัดไอออนสูง

3. สารรีเจนเนอเรนต์ อาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต หรือแอมโมเนียไฮดรอกไซด์

ข้อเสียของเรซินแบบด่างอ่อน คือ

1. มีอัตราการแลกเปลี่ยนไอออนช้า

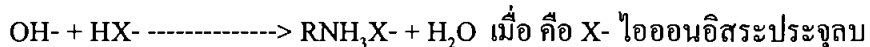
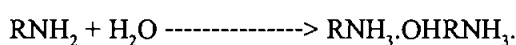
2. ใช้ได้กับน้ำที่มีพีเอชต่ำเท่านั้น

ปฏิกิริยาในการจับ โมเลกุลของกรดแก่เป็นดังนี้



เมื่อ คือ X^- ไอออนอิสระประจุลบ

ปฏิกิริยาในการแลกเปลี่ยนไอออนเป็นดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ลำดับความชอบในการเลือกจับไอออนของเรซิน (Selectivity)

เรซินทั้งแบบกรดและด่าง มีความชอบไม่เท่ากันในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินพบว่า เรซินที่จะชอบทำปฏิกิริยากับไอออนบางชนิดมากกว่าชนิดอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของไอออนนั้นๆ ในสารละลาย นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนไอออนยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเรซิน เช่น ขนาดของเรซิน (Degree of cross – linking) ชนิดของ Functional group และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

ความสัมพันธ์ระหว่างไอออนกับการเลือกจับไอออนของเรซิน

1. เรซินสามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนที่มีวาเลนซ์สูง ได้ดีกว่าไอออนที่มีวาเลนซ์ต่ำ ลำดับความชอบในการแลกเปลี่ยนไอออน (ตารางที่ 2.6)
2. สำหรับไอออนที่มีวาเลนซ์เท่ากัน ไอออนที่มีน้ำหนักอะตอมสูงกว่าสามารถ แลกเปลี่ยนไอออนกับ

เรซินได้ดีกว่าไอออนที่มีน้ำหนักอะตอมต่ำ เช่น $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Be^{2+}$ หรือ $K^+ > Na^+ > Li^+$

3. เรซินมี Degree of crosslinking สูงความสามารถในการเลือกจับไอออนจะมีมากกว่าเรซินที่มี Degree of crosslinking ต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of crosslinking กับการเลือกจับไอออน (ตารางที่ 2.7)


2.3.5 คุณสมบัติทั่วไปของเรซิน [5]

เพื่อให้มีอำนาจในการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ต้องมีไอออนอิสระ ที่สามารถใช้แลกเปลี่ยนกับไอออนในน้ำได้
2. ต้องไม่ละลายน้ำ

ต้องมีช่องว่างภายในโครงโพรคาร์บอนอย่างพอเพียง เพื่อให้ ไอออนต่างๆเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกได้อย่างสะดวก

ตารางที่ 2.6 ลำดับความชอบไอออนของเรซินในน้ำที่มีสารละลายน้ำ 1,000 mg/L

ไอออนบวก	ไอออนลบ	ลำดับความชอบ
Fe^{2+}	CrO_4^{2-}	<p>มากที่สุด</p>  <p>น้อยที่สุด</p>
Al^{3+} Ba^{2+}	SO_4^{2-}	
Pb^{2+}	SO_3^{2-}	
Ba^{2+}	HPO_4^{2-}	
Sr^{2+}	CNS^-	
Cd^{2+}	CNO^-	
Zn^{2+}	NO_3^-	
Cu^{2+}	NO_2^-	
Fe^{2+}	Br^-	
Mn^{2+}	Cl^-	
Ca^{2+}	CN^-	
Mg^{2+}	HCO_3^-	
K^+	$HSiO_3^-$	
NH_4^+	OH^-	
Ba^{2+}	F^-	
H^+		
Li^+		
K^+		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Crosslinking กับการเลือกจับไอออนของ
Cation exchange resin

ION	% Divinylbenzene		
	4	8	12
	Monovalent Cations		
H	1.0	1.0	1.0
Li	0.9	0.85	0.81
Na	1.3	1.5	1.7
NH ₄	1.6	1.95	2.3
K	1.75	2.5	3.05
Rb	1.90	2.6	3.1
Cs	2.0	2.7	3.2
Cu	3.2	5.3	9.5
Ag	6.0	7.6	12.0
	Divalent Cations		
Mn	2.2	2.35	2.5
Mg	2.4	2.5	2.6
Fe	2.4	2.55	2.7
Zn	2.6	2.7	2.8
Co	2.65	2.8	2.9
Cu	2.7	2.9	3.1
Cd	2.8	2.95	3.3
Ni	2.85	3.0	3.1
Ca	3.4	3.9	4.6
Sr	3.85	4.95	6.25
Hg	5.1	7.2	9.7
Pb	5.4	7.5	10.1
Ba	6.15	8.7	11.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

ระบบแลกเปลี่ยนไอออนสามารถแบ่งการทำงานได้ 3 วิธี คือ

1. การทำงานแบบทีละเท (Batch Operation) เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนที่ง่ายที่สุด น้ำเสียจะถูกควบคุมผสมกับเรซินในถังปฏิกรณ์ จากนั้นการทำงานแยกเรซินออกโดยการกรองหรือตกตะกอน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจะขึ้นอยู่กับ ค่าคงที่สมดุล (Equilibrium constant) ของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

2. การทำงานแบบคอลัมน์ (Column Operation)

วิธีการนี้จะใช้ในการศึกษาชั้นห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนและสภาวะที่เหมาะสม ขนาดของคอลัมน์ที่ใช้ ในห้องปฏิบัติการ มีอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกลางกับความสูงอยู่ในช่วง 1:10 – 1:20

3. การทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous Process)

เป็นการทำงานแบบคอลัมน์ ซึ่งมีเรซินบรรจุในถัง และปล่อยน้ำทิ้งไหลผ่านชั้นเรซินอย่างต่อเนื่อง ทำให้การแลกเปลี่ยนไอออนเกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่อใช้งานไปนานๆ เรซินจะหมดประสิทธิภาพ (Exhausted Resin) ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพโดยใช้สารละลายกรดหรือด่างขึ้นอยู่กับ ชนิดของเรซินที่ใช้

2.4 สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน (Cellulose Ion Exchanger)

โครงสร้างของเซลลูโลสในธรรมชาติจะมีหมู่ คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นจึงทำให้เซลลูโลสมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน การสังเคราะห์สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ทำโดยการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเซลลูโลสผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยไฮดรอกซีเซลลูโลส และหมู่คาร์บอกซิล 15 % มีลักษณะเป็นผง ไม่ละลายน้ำมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน

สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนมี คุณสมบัติ ในการแลกเปลี่ยนไอออนเหมือนกับเรซินสังเคราะห์ แต่ จะมีคุณสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน เช่น โครงร่างตาข่ายของเซลลูโลสจะเป็นไฮโดรฟิลิก แต่โครงร่างตาข่ายของเรซินสังเคราะห์ เป็นไฮโดรโฟบิก เนื่องจากเซลลูโลสมีคุณสมบัติเป็นไฟเบอร์การยึดเกาะกันของโครงร่างตาข่ายจะยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีหมู่ไอออนอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ บนโครงร่างตาข่ายซึ่งมีระยะประมาณ 50 Å

ดังนั้นไอออนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถผ่านเรซินแบบสังเคราะห์ได้ จะสามารถผ่านสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนบนสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน

จากลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส พบว่าโมเลกุลของเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2, 3 และ 6 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ การจับกับตำแหน่งที่แน่นอนทำได้ยาก แต่จากการศึกษาทางเคมีของเซลลูโลสพบว่าคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 และ 6 เป็นส่วนที่จะเกิดปฏิกิริยามากที่สุด สารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนมีขนาดประมาณ 15-20 ไมโครเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงร่างของเซลลูโลส และองค์ประกอบอื่นๆ แต่จะไม่มีผลต่อสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน การปรับปรุงลักษณะของโครงสร้าง และหมู่ฟังก์ชันในเซลลูโลสสามารถทำได้โดยใช้ กระบวนการทางเคมี ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนให้สูงขึ้น

การเก็บสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ทำโดยการแช่ในสารละลาย NaH_2PO_4 เข้มข้น 0.5 โมลาร์ และแช่ในสารละลาย NaOH เข้มข้น 1 นอร์มัล ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้ นานหลายเดือน ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการสัมผัสกับสารละลายที่มีความเป็นกรดสูง (พีเอชต่ำกว่า 4) ในการทำรีเจนเนอเรชันจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัลหรือบัพเฟอร์กรดหรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนอยู่ในช่วง 0.25 – 1 meq/g dry.weight ในการเตรียมสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออน ปฏิกิริยามักประกอบด้วย การเปลี่ยน Alkalicellulose ด้วยสารประกอบคลอรีน ข้อเสียของปฏิกิริยานี้ จะทำให้เกิดการละลายและการแพร่กระจายของวัสดุถึงแม้ว่าจะมีการทำให้ตกตะกอนอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะนุ่มคล้ายวุ้น (Gel like Product) ซึ่งจะมีควมต้านทานการไหลของสารละลายสูง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจะมี ค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดการพองตัวของเรซิน สามารถทำได้โดยการ Crosslinking ของในสายของเซลลูโลส ด้วย di-(2-ethylamine) Sulfate, 1,4-butanedisulfate, 1,3 dichoro-2- propanol, divinyl sulfone และ formaldehyde ก่อนการเติมหมู่ไอออน dichoroacetic acid เป็น Crosslinking agent ที่เป็นตัวบอก exchange group

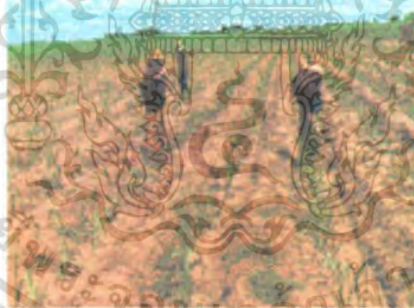
Serva – Cellulose ion exchanger เป็นสารเซลลูโลสชนิดแรกที่เกิดขึ้นในเชิงอุตสาหกรรม และมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ประกอบด้วยสารเซลลูโลสแลกเปลี่ยนไอออนแบบกรดและแบบด่างคุณสมบัติที่สำคัญของ Serva – Cellulose ion exchanger

2.5 อ้อย [6]

ไม้ล้มลุก สูง 2-5 เมตร ลำต้นสีม่วงแดง มีไขสีขาวปกคลุม ไม้แตกกิ่งก้าน ใบเดี่ยว เรียงสลับ กว้าง 2.5-5 ซม. ยาว 0.5-1 เมตร ดอกช่อ ออกที่ปลายยอด สีขาว ผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก



อ้อยมีหลายพันธุ์แตกต่างกันที่ความสูง ความยาวของข้อและสีของลำต้น อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก อ้อยที่นำมาคั้นน้ำสำหรับดื่ม เป็นอ้อยที่ปลูกบริเวณที่ราบลุ่มพื้นที่ดินเหนียว ประชาชนเรียกว่า อ้อยเหลือง หรือ อ้อยสังคไประ์ นิยมปลูกกันมากในบริเวณจังหวัดอ่างทอง พระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และนครปฐม เป็นต้น



ตำรายาไทยใช้ลำต้นเป็นยาขับปัสสาวะ โดยใช้ลำต้นสด 70-90 กรัม หรือแห้ง 30-40 กรัม หั่นเป็นชิ้น ต้มน้ำ แบ่งดื่มวันละ 2 ครั้งก่อนอาหาร แก้ไตพิการ หนองในและขับนิ่ว แพทย์พื้นบ้านใช้ขับเสมหะ รายงานว่าอ้อยแดงมีฤทธิ์ขับปัสสาวะในสัตว์ทดลอง

อ้อยจะซื้อขาย โดยกำหนดมาตรฐานของน้ำอ้อยที่คุณภาพความหวาน 10 ซีซีเอส ก่อนฤดูกาลหีบอ้อยจะกำหนดราคาอ้อยขั้นต้น โดยคิดเป็นราคาต่อตันน้ำหนัก 1 ตัน ที่ 10 ซีซีเอส หากคุณภาพความหวานเพิ่มขึ้นเกษตรกรจะได้ราคาสูงขึ้น ตามค่าความหวานที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขานอ้อย (Bagasses)

เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ พบได้ง่ายทั่วไปตามธรรมชาติ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

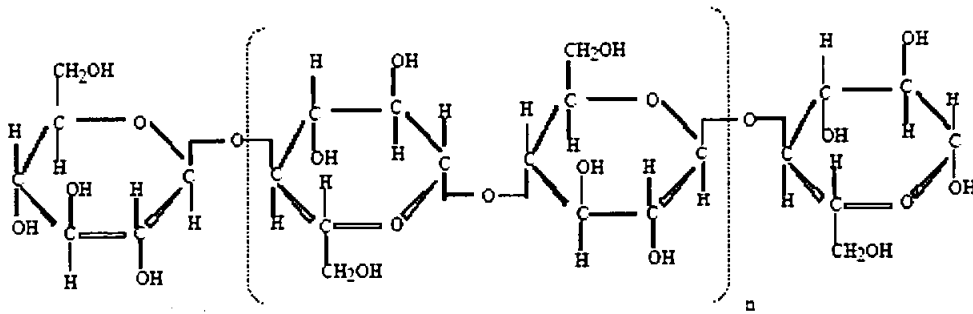
เส้นใยอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับเส้นใยของฝ้ายและขนสัตว์ คือ มีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0-4.0 มิลลิเมตร และกว้าง 0.01-0.04 มิลลิเมตร ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของขานอ้อย สำหรับส่วนประกอบทั่วไปของขานอ้อยโดยประมาณ คือ ความชื้นร้อยละ 49 ของแข็งที่ละลายได้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่น้ำตาลร้อยละ 6 ของแข็งที่ละลายไม่ได้หรือส่วนที่เป็นเส้นใย (Fiber) ร้อยละ 45 โดยส่วนที่เป็นเส้นใยนี้จะไม่ละลายน้ำและจะประกอบด้วย เซลลูโลส เพนโตเซน (Pentosans) และลิกนิน



1. เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) เชิงเส้นตรง ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆกัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยพบรวมกัน ลิกนิน เพนโตเซน กัม แทนนิน ไชมัน สารที่ทำให้เกิดสี เซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็ง โดยเซลลูโลสในขานอ้อยจะมีสายโซ่พอลิเมอร์ ประมาณ 2,000-3,000 หน่วยโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส

เซลลูโลสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสมีมาก และโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูง อุณหภูมิหลอมตัวจะสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยแตกต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการทดสอบความหนืด

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเซลลูโลส ได้แก่

- การดูดซับความชื้น เซลลูโลสจะมีการดูดหรือคายน้ำและของเหลวอื่นๆที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงจุดสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบๆนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางประการ เช่น ความทนแรงดึงของเส้นใยฝ้ายจะมากขึ้นเมื่อมีความชื้นสูงขึ้น แต่เส้นใยเรยอนจะมีค่าลดลง ส่วนคุณสมบัติการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีความชื้นมากขึ้น
- เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายของเกลือบางชนิดที่เข้มข้นจะทำให้เซลลูโลสบวมตัวและบางที่จะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆละลายได้ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญบางประการหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์ โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น
- ความหนาแน่นของของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่เป็นค่าแน่นอน ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของเส้นใยเซลลูโลสจะแปรตามแหล่งที่มา และอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพนโตแซน

เพนโตแซนเป็นรูปหนึ่งของเฮมิเซลลูโลส สามารถละลายน้ำได้ ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลเพนโตสมากกว่ากลูโคส และมีค่าดีกรีของโพลีเมอร์ต่ำกว่าเซลลูโลสโดยประมาณ 40 หน่วย เมื่อไฮโดรไลซิสเพนโตแซนจะได้ไซโตส อะราบินอส และกรดยูโรนิก แต่ถ้าต้มด้วยกรดเกลือ เพนโตแซนจะเปลี่ยนเป็นเฟอฟูรัล

3. ลิกนิน

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสมีสูตรโมเลกุล $C_{49}H_{52}O_{14}$ โครงสร้างทางเคมีจะเป็นวงแหวนอะโรมาติกขนาดใหญ่ ประกอบด้วยวงเบนซีนและหมู่ฟีนอลที่มีและไม่มีกรเติมหมู่เมทิล ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น พืชที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งแรงคงทน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

O. Dalman และ คณะ [7] ศึกษาการหาปริมาณ โลหะหนัก (Cd, Pb) และธาตุจำนวนหนึ่ง (Cu, Zn) ในตะกอนและปลาทางตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเอเจียน (ตุรกี) โดยอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี เนื่องจากอ่าว Gulluk ในตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเอเจียน(ตุรกี) มีความสำคัญทางด้านผลิตภัณฑ์ทางทะเลและยัง ในสถานการณ์ปัจจุบันของอ่าวมีธาตุหลายชนิดที่เป็นอันตรายและมีผลกระทบต่อทางมลพิษซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมาก *Dicentrarchus labrax* ใช้สำหรับการบริโภคของมนุษย์ จากการศึกษาโลหะหนัก (Cd, Pb) และธาตุจำนวนหนึ่ง (Cu, Zn) ซึ่งทำการทดสอบในปลา (*D. Labrax*) และตะกอนในอ่าว Gulluk ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตเมทรี ความเข้มข้นโลหะหนักโดยเฉลี่ยในปลาจะอยู่ในช่วง: Pb; <0.02–0.4, Cd; <0.01–0.04, Cu; <0.1, Zn; <0.5–7.2 mg/kg เมื่อนำตะกอนเจ็ดตัวอย่างมาวิเคราะห์ พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยดังนี้ Zn; 80.8 ± 0.45 , Cu; 25.2 ± 0.14 , Pb; 20.0 ± 2 , Cd; $0.560 \pm .08$ mg/kg ค่าความถูกต้องและความเที่ยงของผลจะตรวจเช็คโดยใช้ International Certified Reference samples

A. Dabrowski และ คณะ [8] ศึกษาการกำจัดไอออนโลหะหนักจากแม่น้ำและน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ไอออนที่ไม่ต้องการจะถูกแทนที่ด้วยไอออนตัวอื่นที่ไม่ใช่สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม วิธีนี้เป็นเทคนิคที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากสารละลาย ตัวอย่างการกำจัดไอออนโลหะหนักด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนนี้ประกอบด้วย การกำจัด Pb(II), Hg(II), Cd(II), Ni(II), V(IV,V), Cr(III,VI), Cu(II) และ Zn(II) จากแม่น้ำ และน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

C. Nascentes และ คณะ [9] ศึกษาการตรวจวัดโลหะในเบียร์ Cu, Mn, Pb และ Zn โดย Thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry (TS-FF-AAS) และไม่มี การ digest ตัวอย่าง ใช้เทคนิคการเติมสารมาตรฐานที่มีลักษณะเหมือน analyte ปริมาตรสารตัวอย่าง 300 μl ฉีดเข้าไปใน Ni tube ที่ร้อน flow rate 0.4 ml/min ใช้ความเข้มข้นของกรดไนตริก 0.04 mol/L หรือใช้อากาศเป็นตัวพา เบียร์ของบราซิลจะวิเคราะห์โดยตรงหลังจากเอาก๊าซออกโดย ultrasonic เปรียบเทียบผลกับวิธี GFAAS ข้อจำกัดของการตรวจวัดสำหรับ Cu, Mn, Pb และ Zn เป็น 2.2, 1.8, 1.6 และ 0.9 $\mu\text{g} / \text{L}$ ตามลำดับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 2.7% - 7.3% ($n=8$) สำหรับ สารละลายตัวอย่างช่วง 25-50 $\mu\text{g} / \text{L}$ ความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ในตัวอย่าง Cu มี 38-155 $\mu\text{g} / \text{L}$ Mn มี 110-348 $\mu\text{g} / \text{L}$ Pb มี 13-32.9 $\mu\text{g} / \text{L}$ และ Zn มี 52.7-226 $\mu\text{g} / \text{L}$

ผลจากการวิเคราะห์โดยวิธี TS-FF-AAS และ GFAAS พิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % วิธีดังที่กล่าวมานี้ ง่ายและรวดเร็ว ตั้งแต่การย่อยตัวอย่าง มีสภาพไวสูง ใช้อุปกรณ์ไม่มีราคาแพง TS-FF-AAS มีสภาพความไวสำหรับตรวจวัด Cu Mn Pb และ Zn ใช้ควบคุมคุณภาพของ โรงงานผลิตแอลกอฮอล์



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. แคลเซียมคาร์บอเนต
2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
3. เอทีลีนไดเอมีนเททระอะซิติกแอซิด (EDTA)
4. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
5. แอร์โคโครมเบลคที
6. ไทรเอทานอลอะมีน
7. กรดซิตริก
8. โซเดียมไฮดรอกไซด์
9. แมกนีเซียมซัลเฟต
10. เอทิลแอลกอฮอล์

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ขวดวัดปริมาตร
3. กระบอกตวง
4. ขวดรูปชมพู่
5. ปิเปต
6. บิวเรต
7. ลูกยาง
8. หลอดหยด
9. แท่งแก้วคน
10. ซ้อนตักสาร
11. กรวยแก้ว
12. กระดาษกรองเบอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก รุ่น TC-254 Denver Instrument Company
2. เครื่องปั่นน้ำผลไม้
3. เครื่องกรองแบบลดความดัน
4. ตู้อบ
5. เครื่องเขย่า

3.2 สารละลายเคมี

1. สารละลายอีดีทีเอเข้มข้น 0.10 M

ละลาย 37.2 กรัม ของเกลือโซเดียมอีดีทีเอ(EDTA) = ethylenediaminetetra-acetic acid dehydrate, disodium salt) ในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายอีดีทีเอเข้มข้น 0.01M นำสารละลายอีดีทีเอเข้มข้น 0.1 M มา 25 mL ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 mL แล้วเติม 0.03 กรัม ของ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ หรือ $MgCl_2$ ลงไป (อย่าเติมมากเกินไป) คนสารละลายจนของแข็งละลายหมด เติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตรครบ 250 mL การเติมแมกนีเซียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ ลงไปในสารละลายนี้ก็เพื่อทำให้อินดิเคเตอร์เอริโอโครมแบลคที่ทำงานได้ดีขึ้น เห็นสารเปลี่ยนแปลงสีที่ชัดเจนขึ้น

2. สารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10

เตรียมได้โดยผสม 6.8 กรัมของแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) กับ 57 mL ของน้ำแอมโมเนียที่เข้มข้น แล้วเจือสารละลายที่ได้ด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 mL อินดิเคเตอร์เอริโอโครมแบลค เตรียมได้โดยละลาย 0.15 กรัมของ แอริโคโครมแบลคที่ ชนิดรีเอเจนต์เกรดในไตรเอทานอลอะมีน (triethanolamine) 15 mL แล้วเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 5 mL เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาลที่มีจุกอุด เพื่อป้องกันสารละลายถูกแสงสว่างโดยตรง

3. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M

ชั่งแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดรีเอเจนต์เกรดที่อบจนแห้งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนและใกล้เคียง 0.25 กรัม ละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 mL ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.5 M จนละลายหมดพอดี พยายามใช้สารละลายกรดที่ให้น้อยที่สุดจนของแข็งละลายหมด เติมน้ำกลั่นจนสารละลายที่ได้มีปริมาตรเป็น 250 mL

4. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 M

3.3 วิธีทำการทดลอง

3.3.1 การเตรียมขานอ้อย

1. ล้างขานอ้อยด้วยน้ำที่สะอาด
2. นำขานอ้อยไปตากแดด 1 วัน
3. นำขานอ้อยไปอบด้วยอุณหภูมิ 105°C นาน 3 ชั่วโมง
4. นำขานอ้อยที่แห้งไปปั่นให้ละเอียด
5. นำผงขานอ้อยที่ปั่นแล้วไปอบด้วยอุณหภูมิ 105°C นาน 3 ชั่วโมง

3.3.2 ศึกษาการลดความกระด้างของน้ำ โดยขานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้ง

1. ชั่งขานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g ใส่ขวดรูปชมพู่
2. เติมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดยใช้ปิเปต
3. เขย่าขวดรูปชมพู่ที่มีขานอ้อยและสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตให้เข้ากัน ทิ้งไว้สักครู่
4. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
5. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาตร 5 mL
6. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอ โคลมแบลคที่ 3 หยด
7. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
8. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

แบบเป็ยก

1. ชั่งขานอ่อน น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g ใส่ขวดรูปชมพู่
2. นำขานอ้อยที่ชั่งแล้วมาเติมน้ำกลั่นให้เป็ยกแล้วคนให้ชุ่ม
3. เติมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดยใช้ปิเปต
4. เขย่าขวดรูปชมพู่ที่มีขานอ้อยและสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตให้เข้ากัน ทิ้งไว้สักครู่
5. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
6. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาณ 5 mL
7. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอ โคลมแบลคที่ 3 หยด
8. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M

9. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

3.3.3 การปรับสภาพขานอ้อยด้วยกรดซิตริก

การเตรียมสารละลายกรดซิตริก 0.60 M

1. ชั่งกรดซิตริก 63.4502 g
2. ละลายกรดซิตริกด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 500 ml
3. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร

การปรับสภาพขานอ้อยด้วยกรดซิตริก

1. นำขานอ้อยที่เตรียมได้จากตอนที่ 3.3.1 มาแช่ในกรดซิตริก ปริมาณ 40 g ต่อ กรดซิตริก 0.60 M 500 ml
2. แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที
3. กรองขานอ้อยด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
4. อบขานอ้อยที่ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 วัน
5. เมื่อครบตามกำหนดเวลาแล้ว ให้เพิ่มอุณหภูมิเป็น 120 °C อบเป็นเวลา 90 นาที
6. ล้างขานอ้อยด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง โดยใช้เครื่องกรองแบบลดความดัน
7. อบต่อที่ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1 วัน

3.3.4 ศึกษาการลดความกระด้างของน้ำโดยใช้ขานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยกรดซิตริกแล้วแบบแห้ง

1. ชั่งขานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
2. เติมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดยใช้ปิเปต
3. คนด้วยแท่งแก้วคนสารให้ทั่วแล้วทิ้งไว้สักครู่
4. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
5. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาณ 5 mL
6. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอโคลมแบบลทที่ 3 หยด
7. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
8. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

แบบเปียก

1. ชั่งชานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
2. นำชานอ้อยที่ชั่งเสร็จแล้วมาเติมน้ำกลั่นแล้วใช้แท่งแก้วคนสารคนให้ชุ่ม
3. เติมน้ำละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดย
ใช้ปิเปต
4. คนด้วยแท่งแก้วคนสารให้ทั่วแล้วทิ้งไว้สักครู่
5. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
6. เติมน้ำละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาตร 5 mL
7. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอ โคลมแบลคที่ 3 หยด
8. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
9. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

3.3.5 ศึกษาการลดความกระด้างของน้ำโดยใช้ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพด้วยกรดซิตริก แล้วเขย่าเป็นเวลา 1 วัน

แบบแห้ง

1. ชั่งชานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
2. เติมน้ำละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดย
ใช้ปิเปต
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแล้วทิ้งไว้ 1 วัน
4. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
5. เติมน้ำละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาตร 5 mL
6. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอ โคลมแบลคที่ 3 หยด
7. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
8. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

แบบเปียก

1. ชั่งชานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
2. นำชานอ้อยที่ชั่งแล้วมาเติมน้ำกลั่นให้เปียกแล้วใช้แท่งแก้วคนสารคนให้ชุ่ม
3. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
4. เติมน้ำละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดย
ใช้ปิเปต
5. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแล้วทิ้งไว้ 1 วัน

6. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
7. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาณ 5 mL
8. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอโคลมแบบลทที่ 3 หยด
9. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
10. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

3.3.6 ศึกษาการลดความกระด้างของน้ำโดยใช้ชานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยกรดซิตริกแล้ว เขย่าเป็นเวลา 1 วัน

แบบแห้ง

1. นำชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้ง
2. ชั่งชานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
3. เติมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดย
ใช้ปิเปต
4. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแล้วทิ้งไว้ 1 วัน
5. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
6. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาณ 5 mL
7. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอโคลมแบบลทที่ 3 หยด
8. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
9. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

แบบเปียก

1. เตรียมโดยนำชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้ง
2. ชั่งชานอ้อย น้ำหนัก 0.50, 1.00, 1.50 g
3. นำชานอ้อยที่ชั่งแล้วมาเติมน้ำกลั่นให้เปียกแล้วใช้แท่งแก้วคนสารคนให้ชุ่ม
4. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
5. เติมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M ปริมาตร 25 mL โดย
ใช้ปิเปต
6. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแล้วทิ้งไว้ 1 วัน
7. นำมาผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดัน
8. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ปริมาณ 5 mL
9. หยดอินดิเคเตอร์เอริโอโคลมแบบลทที่ 3 หยด
10. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ เข้มข้น 0.10 M
11. ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของชานอ้อย ในการลดความกระด้างของน้ำ โดยการดูดซับแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออน ซึ่งเป็นสาเหตุของความกระด้างของน้ำ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างชานอ้อยไม่ปรับสภาพและปรับสภาพด้วยกรดซิตริก ผลการใช้ชานอ้อยแบบแห้งและแบบเปียก และศึกษาผลของเวลาในการเขย่าได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียมไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ปรับสภาพ

จากการทดลองใช้ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ มาเติมด้วยสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนต แล้วกรองสารละลายที่ได้ จากนั้นนำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ บันทึกผลปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ โดยทำที่ 2 สภาวะ คือ แบบแห้ง และแบบเปียก แสดงผลดังตารางที่ 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตแบบแห้ง

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เกลี่ย (ml)
1	1	0.5007	27.30	26.70
	2	0.5008	26.10	
2	1	1.0003	27.40	26.90
	2	1.0034	26.40	
3	1	1.5062	29.30	28.30
	2	1.5021	27.30	

ตารางที่ 4.1.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตแบบเป็ยก

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชาน อ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5001	24.80	24.75
	2	0.5052	24.70	
2	1	1.0027	24.70	24.65
	2	1.0020	24.60	
3	1	1.5020	24.50	24.45
	2	1.5015	24.40	

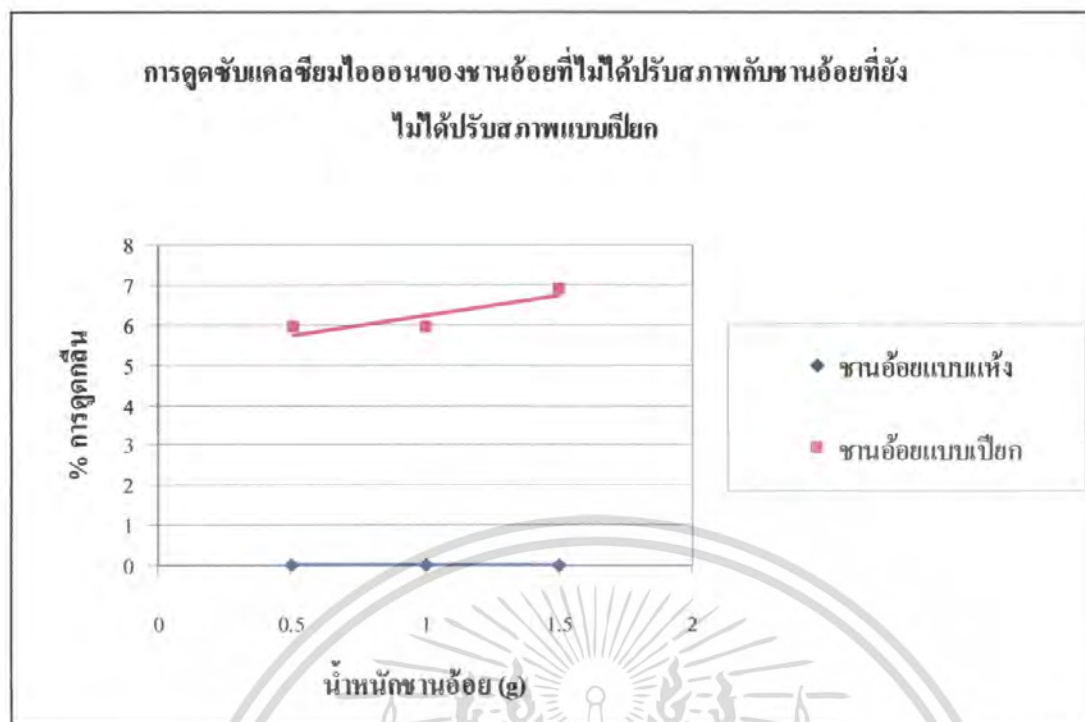
ตารางที่ 4.1.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับแบบเป็ยก

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.01031 M

ชานอ้อยแบบแห้ง		การดูดซับ	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	% การดูดซับ	(mg CaCO ₃ / g)
0.5008	0.01121	0.00	0.0000
1.0019	0.01129	0.00	0.0000
1.5042	0.01188	0.00	0.0000

ชานอ้อยแบบเป็ยก		การดูดซับ	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	% การดูดซับ	(mg CaCO ₃ / g)
0.5027	0.0097	5.92	3.0336
1.0024	0.0097	5.92	1.5213
1.5018	0.0096	6.89	1.1819

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 , 4.2, 4.3 และรูปที่ 4.1 สรุปได้ว่า ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพนั้นเมื่อทำการไทเทรตจะใช้ปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอในปริมาณที่ลดลงในปริมาณที่น้อยมาก และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชานอ้อยแบบแห้งกับแบบเปียกพบว่าชานอ้อยแบบเปียกจะให้ผลการดูดซับของชานอ้อยที่ดีกว่าชานอ้อยแบบแห้ง ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณชานอ้อยค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่แตกต่างกันมาก

หมายเหตุ: เมื่อเพิ่มปริมาณชานอ้อยมากกว่า 1.5 กรัมแล้วสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตจะถูกดูดซับโดยกากชานอ้อยหมดจึงไม่สามารถกรองสารละลายได้

4.2 การดูดซับแคลเซียมไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วไทเทรตทันที

จากการทดลองนำชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพแล้วมาเคี้ยวด้วยสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วกรองสารละลายที่ได้มาแล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอบันทึกผลปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ โดยทำที่ 2 สภาวะคือ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วโดยทำการทดลองแบบแห้ง แสดงผลดังตารางที่ 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 และรูปภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้ง

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5007	27.30	26.70
	2	0.5008	26.10	
2	1	1.0003	27.40	26.90
	2	1.0034	26.40	
3	1	1.5062	29.30	28.30
	2	1.5021	27.30	

ตารางที่ 4.2.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5008	24.00	24.15
	2	0.5042	24.30	
2	1	1.0046	23.30	23.55
	2	1.0055	23.80	
3	1	1.5076	22.00	22.10
	2	1.5008	22.20	

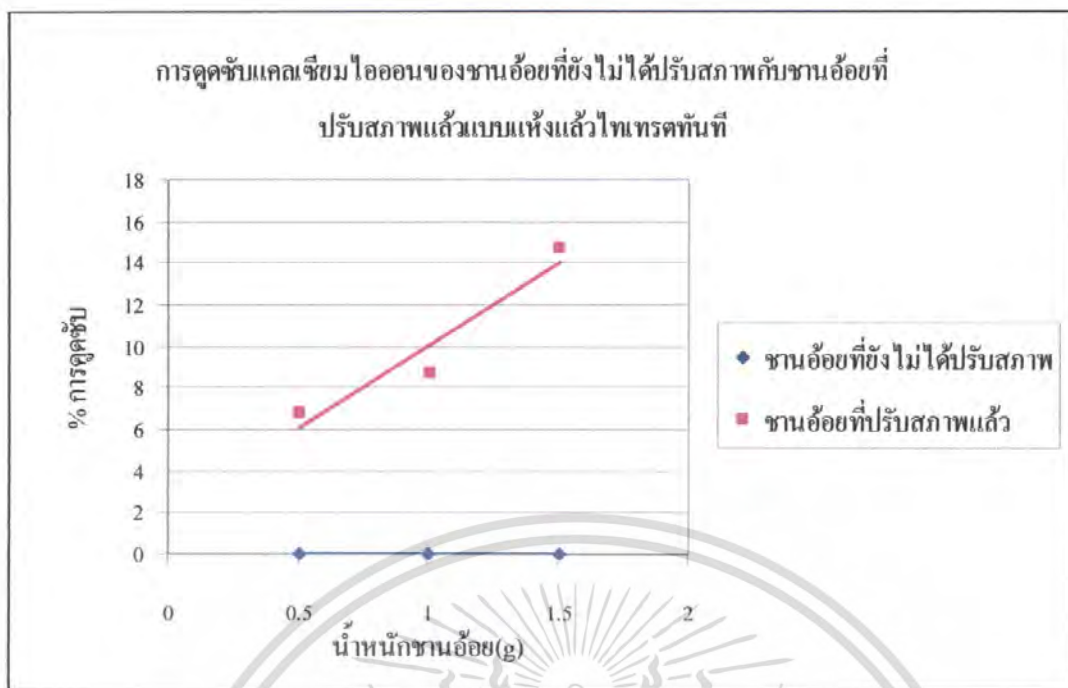
ตารางที่ 4.1.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.01008 M

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5008	0.0112	0.00	0.0000
1.0019	0.0113	0.00	0.0000
1.5042	0.0119	0.00	0.0000

ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5025	0.0094	6.75	4.3781
1.0050	0.0092	8.73	2.1891
1.5042	0.0086	14.68	2.4598

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้ง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วให้ผลการดูดซับแคลเซียมไอออนที่ดีกว่าชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพมาก เมื่อเพิ่มปริมาณชานอ้อยทั้งที่ยังไม่ปรับสภาพและปรับสภาพแล้ว พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับแคลเซียมคาร์บอเนตใกล้เคียงกัน

4.3 การดูดซับแคลเซียมไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วไทเทรตทันที

จากการทดลองนำชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพแล้วมาทำให้เปียกโดยการแช่ในน้ำกลั่นก่อนนำมาเติมด้วยสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วกรองสารละลายที่ได้มาแล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอ บันทึกผลปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ โดยทำที่ 2 สภาวะคือ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วโดยทำการทดลองแบบเปียก แสดงผลดังตารางที่ 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 และรูปภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.3.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5001	24.80	24.75
	2	0.5052	24.70	
2	1	1.0027	24.70	24.65
	2	1.0020	24.60	
3	1	1.5020	24.50	24.45
	2	1.5015	24.40	

ตารางที่ 4.3.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5006	25.40	25.35
	2	0.5044	25.30	
2	1	1.0047	24.70	24.60
	2	1.0034	24.50	
3	1	1.5022	23.80	23.35
	2	1.5037	22.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

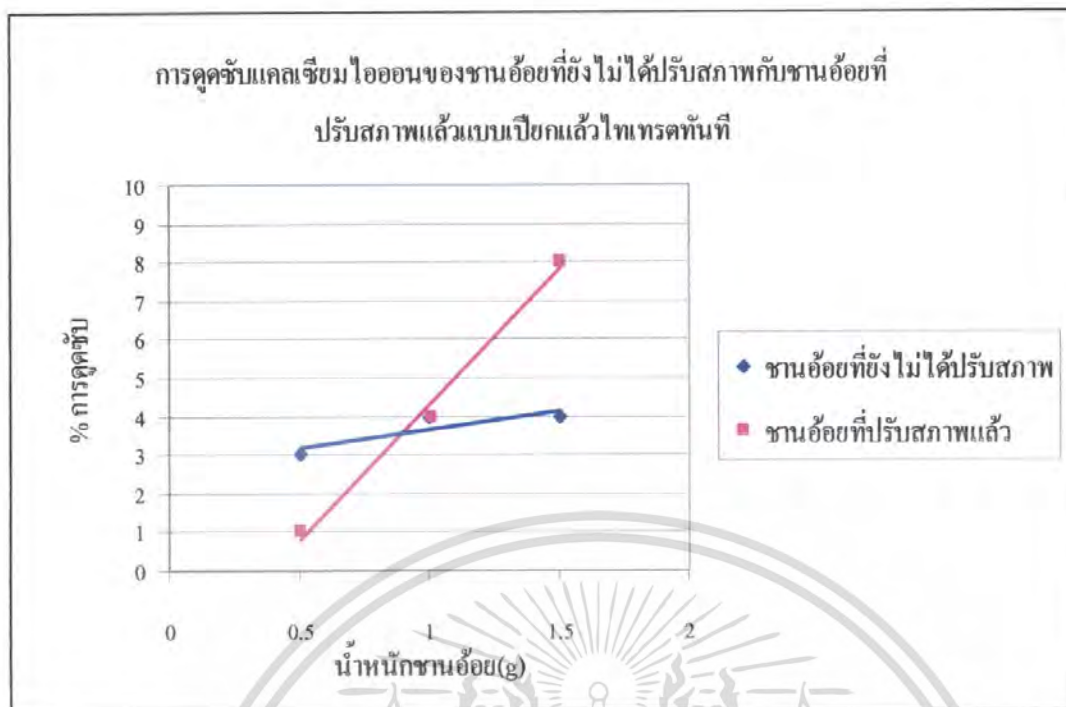
ตารางที่ 4.3.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียก

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.0100 M

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5027	0.0097	3.00	1.4919
1.0024	0.0096	4.00	0.9976
1.5018	0.0096	4.00	0.6659

ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5020	0.0099	1.00	0.4980
1.0041	0.0096	4.00	0.9959
1.5030	0.0092	8.00	1.3307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียก

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 และรูปที่ 4.3 แสดงว่าเมื่อใช้ชานอ้อยแบบเปียกที่ปรับสภาพแล้วมาทำการไทเทรตพบว่าปริมาณแคลเซียม ไอออนที่ถูกไทเทรตจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณชานอ้อยและเมื่อเปรียบเทียบกับชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพพบว่าชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วให้ผลการดูดซับที่ดีกว่า และเปอร์เซ็นต์การดูดซับแคลเซียมคาร์บอเนตของทั้งชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน

4.4 การดูดซับแคลเซียมไอออนของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

จากการทดลองนำชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพแล้ว นำมาเติมด้วยสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วนำไปแช่ด้วยเครื่องแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปกรองสารละลายที่ได้มาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอ บันทึกผลปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ โดยทำที่ 2 สภาวะคือ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว โดยทำการทดลองแบบแห้ง แสดงผลดังตารางที่ 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3 และรูปภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยแบบแห้งที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5055	25.60	25.65
	2	0.5044	25.70	
2	1	1.0015	24.20	24.40
	2	1.0012	24.60	
3	1	1.5009	22.80	22.70
	2	1.5047	22.60	

ตารางที่ 4.4.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยแบบแห้งที่ปรับสภาพแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5084	24.90	24.60
	2	0.5086	24.30	
2	1	1.0065	23.50	23.00
	2	1.0082	22.50	
3	1	1.5062	22.00	21.25
	2	1.5019	20.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

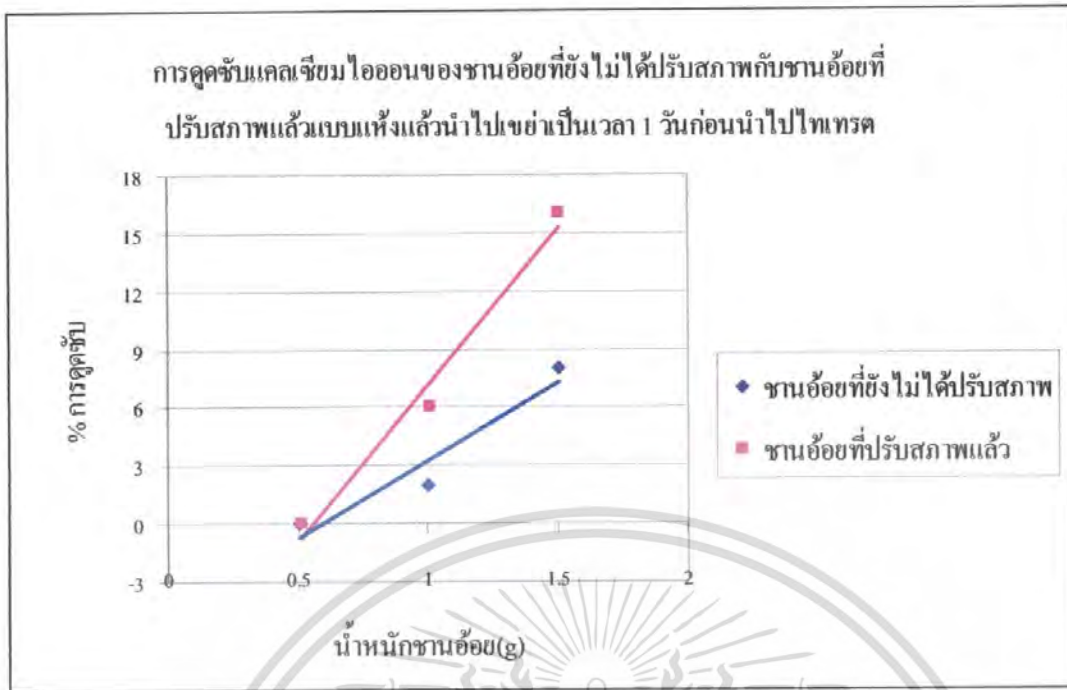
ตารางที่ 4.4.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.0100 M

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5050	0.0104	0.00	0.0000
1.0013	0.0098	2.00	0.4994
1.5028	0.0092	8.00	1.3308

ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5085	0.0101	0.00	0.0000
1.0074	0.0094	6.00	1.4890
1.5041	0.0087	16.00	2.6594

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3 และรูปที่ 4.4 แสดงว่า เมื่อนำชานอ้อยแบบแห้งที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพแล้วมาแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนทำการไทเทรตพบว่า ปริมาณแคลเซียม ไอออน ที่ถูกไทเทรตจะมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณชานอ้อยแล้วเปรียบเทียบระหว่างชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว พบว่าชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว ให้ผลการดูดซับที่ดีกว่า

4.5 การดูดซับแคลเซียมไอออน ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

จากการทดลองนำชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพแล้วมาชานในน้ำกลั่นให้ชุ่มก่อน นำมาเติมด้วยสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วนำไปแช่ด้วยเครื่องแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปกรองสารละลายที่ได้มาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอ บันทึกผลปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ โดยทำที่ 2 สถานะคือ ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วโดยทำการทดลองแบบแห้ง แสดงผลดังตารางที่ 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 และรูปภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.5.1 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยแบบเปียกที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5009	26.80	26.65
	2	0.5039	26.50	
2	1	1.0095	25.40	25.60
	2	1.0035	25.80	
3	1	1.5068	24.60	24.40
	2	1.5038	24.20	

ตารางที่ 4.5.2 ผลของปริมาณสารละลายมาตรฐานอิดีทีเอที่ใช้ในการไทเทรตของชานอ้อยแบบเปียกที่ปรับสภาพแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำมาไทเทรต

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักชานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ยที่ใช้ (ml)
1	1	0.5017	24.10	24.15
	2	0.5076	24.20	
2	3	1.0088	23.00	23.00
	4	1.0055	23.00	
3	5	1.5007	22.10	21.70
	6	1.5041	21.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

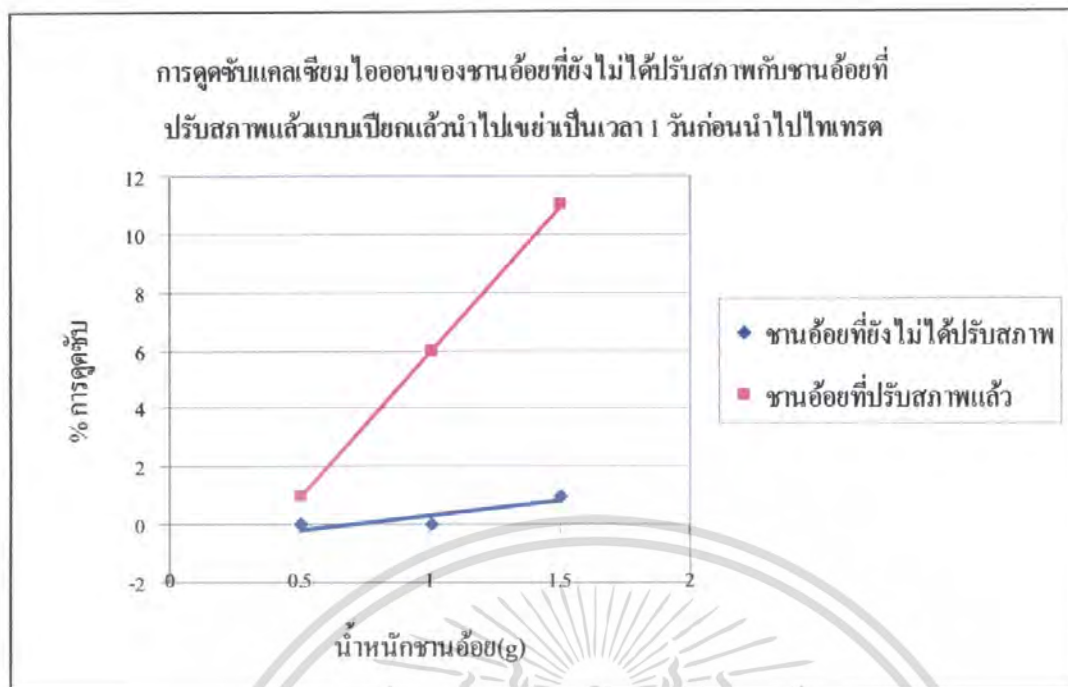
ตารางที่ 4.5.3 ผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ กับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.0100 M

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5024	0.0108	0.00	0.0000
1.0065	0.0104	0.00	0.0000
1.5053	0.0099	1.00	0.1661

ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว		% การดูดซับ	การดูดซับ (mg CaCO ₃ / g)
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)		
0.5046	0.0099	1.00	0.4954
1.0072	0.0094	6.00	1.4893
1.5024	0.0089	11.00	1.8304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบผลการลดความกระด้างของน้ำ โดยใช้ขานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับขานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 และรูปที่ 4.5 แสดงว่าเมื่อใช้ขานอ้อยแบบเปียกที่ขานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพและขานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วมาเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนทำการไทเทรตพบว่าปริมาณแคลเซียมไอออนที่ถูกไทเทรตจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณขานอ้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับขานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว พบว่าขานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วให้ผลการดูดซับที่ดีกว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซับแคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าใกล้เคียงกัน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับแคลเซียมในน้ำโดยการนำขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ขานอ้อยแบบแห้งจะดูดซับ CaCO_3 ได้น้อยกว่าขานอ้อยแบบเปียก
2. ขานอ้อยที่ปรับและไม่ปรับสภาพแบบแห้งโดยแช่ทิ้งไว้ 1 วัน แล้วค่อยไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ ผลที่ได้คือ ขานอ้อยปรับสภาพแบบแห้งดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าขานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพแบบแห้ง
3. ขานอ้อยที่ปรับและไม่ปรับสภาพแบบแห้งโดยไทเทรตด้วย สารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ ทันที ผลที่ได้คือ ขานอ้อยปรับสภาพแบบแห้งดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าขานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพ
4. ขานอ้อยที่ปรับและไม่ปรับสภาพแบบเปียกโดยแช่ 1 วัน แล้วค่อยไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ ผลที่ได้คือ ขานอ้อยปรับสภาพแบบเปียกดูดซับแคลเซียมไอออนได้ดีกว่าขานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพแบบเปียก
5. ขานอ้อยที่ปรับและไม่ปรับสภาพแบบเปียกโดยไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอ ทันที ผลที่ได้คือ ขานอ้อยที่ปรับสภาพแบบเปียกดูดซับ แคลเซียม ไอออนได้ดีกว่าขานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพแบบเปียก

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมสารใหม่ต้องทำการเทียบมาตรฐานใหม่ทุกครั้ง
2. ในการไทเทรตขานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว สีของสารจะดูค่อนข้างยากควรระวังการไทเทรตเลขจุดยุติ ควรจะกำจัดน้ำตาลออกจากขานอ้อยให้หมดก่อน เพราะน้ำตาลอาจจะรบกวนการสังเกตสีที่จุดยุติได้
3. เมื่อล้างอุปกรณ์ด้วยน้ำธรรมดาแล้ว ควรล้างอุปกรณ์ด้วยน้ำกลั่น ทุกครั้ง เพื่อให้อุปกรณ์ปราศจากสิ่งเจือปนอื่นๆ
4. การเตรียมขานอ้อยก่อนการทดลองต้องทำการล้างขานอ้อยให้สะอาด และขณะอบควรให้ปราศจากความชื้นมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] “ความกระด้าง” [online]. Available: [http:// www.tapee.sru.ac.th/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=308](http://www.tapee.sru.ac.th/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=308) ค้นเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2550.
- [2] “แคลเซียม” [online]. Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/แคลเซียม> ค้นเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2550.
- [3] ประเสริฐ แก้วแกมเกษ.2543. การบำบัดน้ำเสียจากการย้อมเส้นไหมโดยใช้ระบบถังกรองและถังคาร์บอนดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [4] ขวัญเนตร สบายใจ. 2542. การกำจัดโลหะหนักโดยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสีย้อม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [5] ชัชฎาพร งามอาจ. (2545). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากต้นมันสำปะหลัง ใบสับประรด และกามมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สถานะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] เกศสุชา พูลคำ. 2537. การกำจัดโลหะหนักโดยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากขานอ้อย และผักตบชวา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] O. Dalman, A. Demirak, and A. Balci. 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrophotometry. **Food Chemistry**.95:157-162.
- [8] A. Dabrowski, Z. Hubicki, P. Podkoscilny, and E. Robens. 2004. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. **Chemosphere**. 56:91-106.
- [9] C. Nascentes, M. Kamogawa, K. Fernandes, M. Arruda, A. Nogueira, and J. Nobrega. 2005. Direct determination of Cu, Mn, Pb, and Zn in beer by thermospray flame furnace atomic absorption spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B** 60:749-753.

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ(แบบแห้ง)กับสารละลายมาตรฐาน EDTA ทำการไทเทรตทันที

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5007	27.30	26.70
	2	0.5008	26.10	
2	1	1.0003	27.40	26.90
	2	1.0034	26.40	
3	1	1.5062	29.30	28.30
	2	1.5021	27.30	

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ(แบบเปียก)กับสารละลายมาตรฐาน EDTA ทำการไทเทรตทันที

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5001	24.80	24.75
	2	0.5052	24.70	
2	1	1.0027	24.70	24.65
	2	1.0020	24.60	
3	1	1.5020	24.50	24.45
	2	1.5015	24.40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซันอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว(แบบแห้ง)กับสารละลายมาตรฐาน EDTA
ทำการไทเทรตทันที

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซัน อ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5008	24.00	24.15
	2	0.5042	24.30	
2	1	1.0046	23.30	23.55
	2	1.0055	23.80	
3	1	1.5076	22.00	22.10
	2	1.5008	22.20	

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซันอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว(แบบเปียก)กับสารละลายมาตรฐาน EDTA
ทำการไทเทรตทันที

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซัน อ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5006	25.40	25.35
	2	0.5044	25.30	
2	1	1.0047	24.70	24.65
	2	1.0034	24.50	
3	1	1.5022	23.80	23.35
	2	1.5037	22.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ(แบบแห้ง)เขย่าเป็นเวลา 1 วันแล้วทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5055	25.60	25.65
	2	0.5044	25.70	
2	1	1.0015	24.20	24.40
	2	1.0012	24.60	
3	1	1.5009	22.80	22.70
	2	1.5047	22.60	

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ(แบบเปียก)เขย่าเป็นเวลา 1 วันแล้วทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซานอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5009	26.80	26.65
	2	0.5039	26.50	
2	1	1.0095	25.40	25.60
	2	1.0035	25.80	
3	1	1.5068	24.60	24.40
	2	1.5038	24.20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซันอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว(แบบแห้ง)เขย่าเป็นเวลา 1 วันแล้วทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซันอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5084	24.90	24.60
	2	0.5086	24.30	
2	1	1.0065	23.50	23.00
	2	1.0082	22.50	
3	1	1.5062	22.00	21.25
	2	1.5019	20.50	

ตาราง แสดงผลการไทเทรตซันอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว(แบบเปียก)เขย่าเป็นเวลา 1 วันแล้วทำการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน EDTA

ชุดที่	ขวดที่	น้ำหนักซันอ้อย (g)	ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml)	ปริมาณ EDTA เฉลี่ย (ml)
1	1	0.5017	24.10	24.15
	2	0.5076	24.20	
2	1	1.0088	23.00	23.00
	2	1.0055	23.00	
3	1	1.5007	22.10	21.70
	2	1.5041	21.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (ครั้งที่ 1)

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	25.70	25.80	25.75
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	24.60	24.50	24.55

ตาราง แสดงการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (ครั้งที่ 2)

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	26.00	26.40	26.20
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	25.70	25.80	25.75

ตาราง แสดงการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (ครั้งที่ 3)

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	25.10	26.00	25.55
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	24.70	23.70	24.20

ตาราง แสดงการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (ครั้งที่ 4)

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	26.10	26.00	26.05
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	24.80	24.70	24.75

ตาราง แสดงการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (ครั้งที่ 5)

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	25.60	26.00	25.80
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	23.90	24.90	24.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง เปรียบเทียบการดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ แบบแห้งกับแบบเปียก

ชานอ้อยแบบแห้ง		ชานอ้อยแบบเปียก	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)
0.5008	0.01121	0.5027	0.0097
1.0019	0.01129	1.0024	0.0096
1.5042	0.01188	1.5018	0.0096

ตาราง เปรียบเทียบการดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว แบบแห้งแล้วไทเทรตทันที

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)
0.5008	0.01121	0.5025	0.0094
1.0019	0.01129	1.0051	0.0092
1.5042	0.01188	1.5042	0.0086

ตาราง การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้ว ไทเทรตทันที

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)
0.5027	0.0097	0.5020	0.0099
1.0024	0.0096	1.0041	0.0096
1.5018	0.0096	1.5030	0.0091

ตาราง การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้ว นำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)
0.5050	-0.0104	0.5085	0.0101
1.0014	0.0098	1.0074	0.0094
1.5028	0.0092	1.5041	0.0087

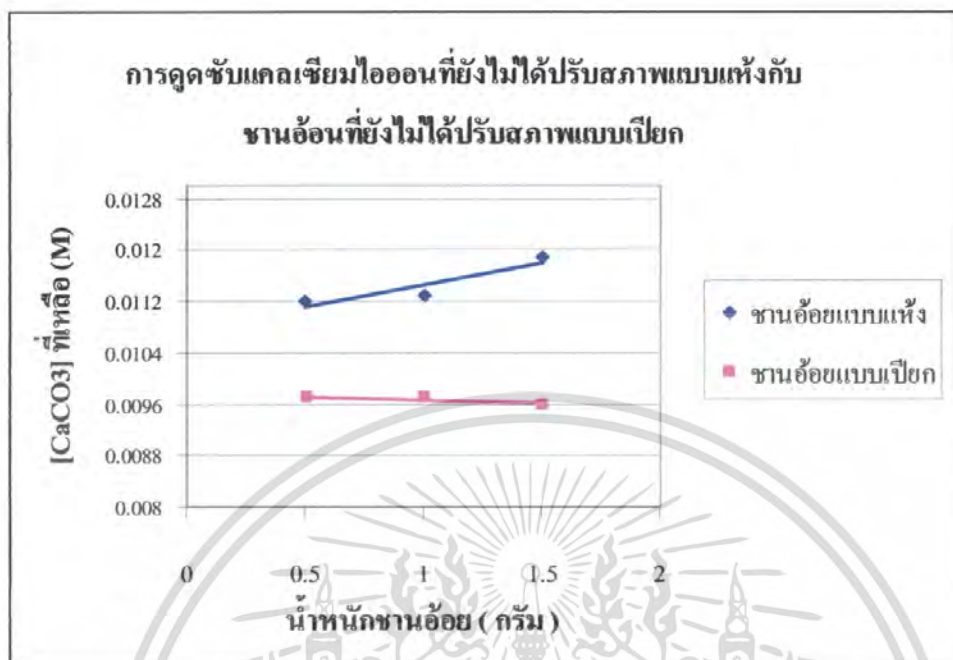
ตาราง การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียก
แล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

ชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ		ชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้ว	
น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)	น้ำหนักชานอ้อย	[CaCO ₃] ที่เหลือ (M)
0.5024	0.0108	0.5046	0.0099
1.0065	0.0104	1.0072	0.0094
1.5053	0.0099	1.5024	0.0089

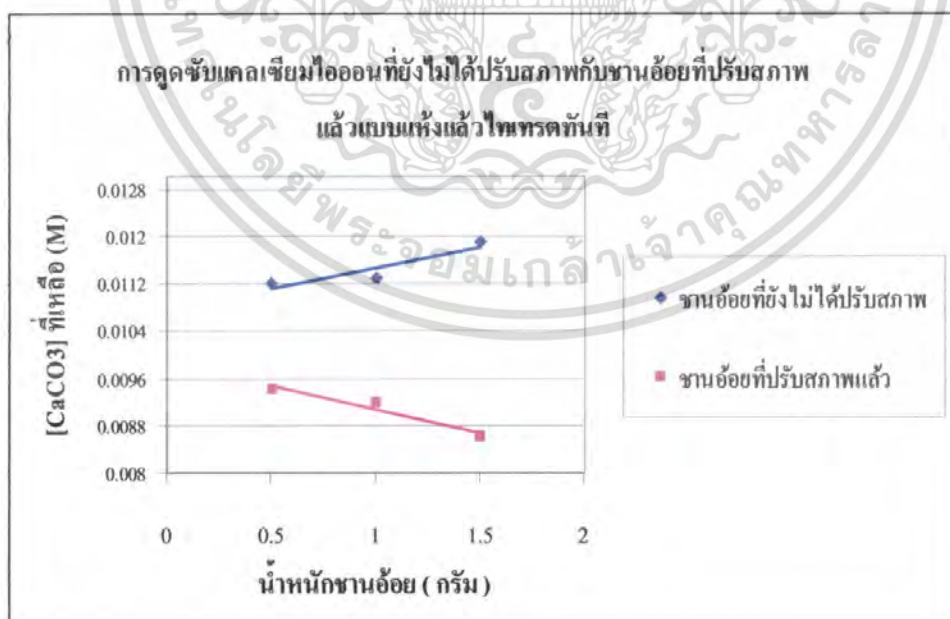


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

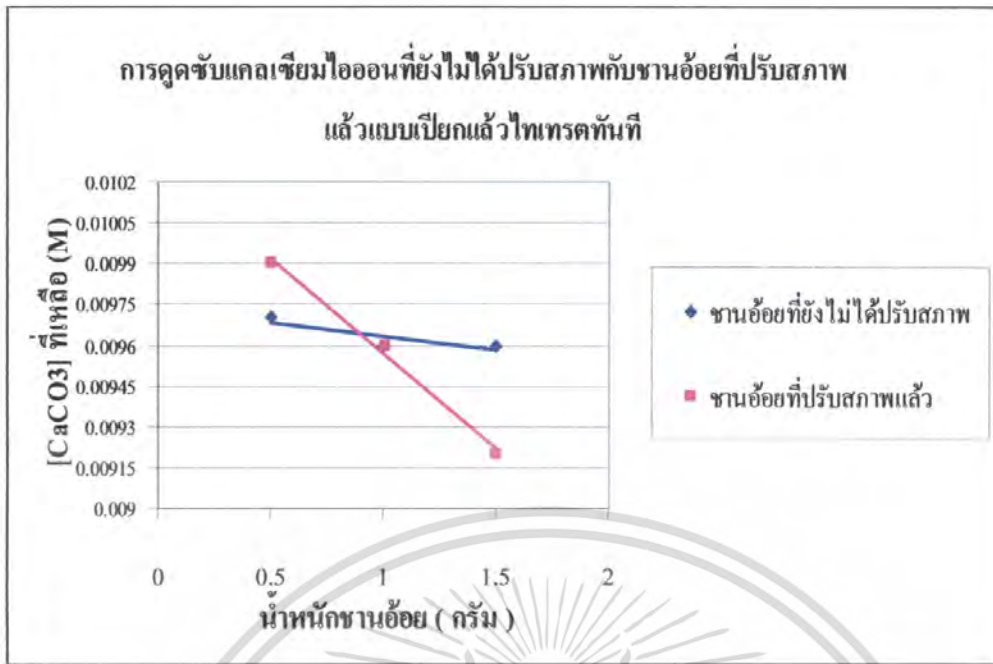


รูป การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบแห้งกับชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพแบบเปียก

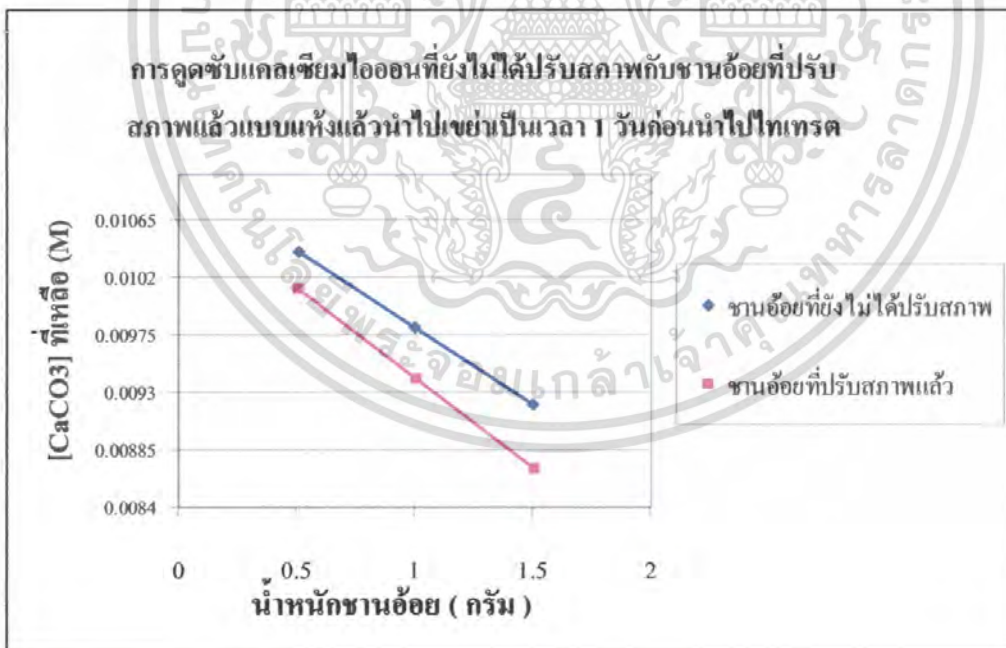


รูป การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วไทเทรตทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

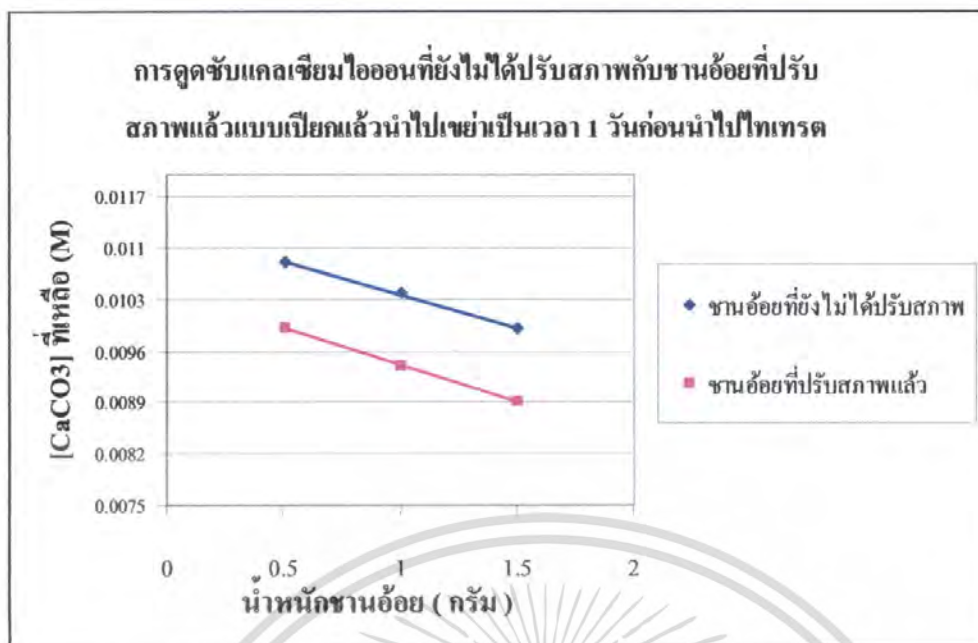


รูป การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วไทเทรตทันที



รูป การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบแห้งแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป การดูดซับ Ca ของชานอ้อยที่ยังไม่ได้ปรับสภาพกับชานอ้อยที่ปรับสภาพแล้วแบบเปียกแล้วนำไปแช่เป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปไทเทรต

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต

น้ำหนัก $\text{CaCO}_3 = 0.2580 \text{ g}$ ครั้งที่ 1

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต

1. ชั่ง $\text{CaCO}_3 = 0.2580$ ละลายในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 mL
2. ด้วยสารละลาย HCl 0.50 M จนละลายหมด (ใช้กรดให้น้อยที่สุด)
3. เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร

จาก $g/mw = cv/1000$

จะได้ $0.2580/100.09 = [\text{CaCO}_3] [250]/1000$

$[\text{CaCO}_3] = 0.010310$

สาร	ปริมาตร EDTA ที่ใช้ไทเทรต (mL)		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
สารละลาย CaCO_3 ที่ไม่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	25.70	25.80	25.75
สารละลาย CaCO_3 ที่ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1	24.60	24.50	24.55

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย EDTA

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.010 M 25 mL ใส่ขวดรูปกรวย เติมสารละลายบัฟเฟอร์ pH = 10 ลง 5 mL
2. เติมนินดิเคเตอร์เอริโอโครมแบลคที 2-3 หยด แล้วไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอีดีทีเอเข้มข้น 0.10 M
3. สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีอรันจ์แดงไปเป็นสีน้ำเงิน

จาก $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ $[\text{CaCO}_3][V_{\text{CaCO}_3}] = [\text{EDTA}][V_{\text{EDTA}}]$ ที่ไม่ผ่านกระดาษกรอง

$[\text{EDTA}] = [0.010310][25]/[25.75]$

$[\text{EDTA}] = 0.010009$

ทำBlank ทดสอบการดูดซับ CaCO_3 ของกระดาษกรอง

จาก $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ $[\text{CaCO}_3][V_{\text{CaCO}_3}] = [\text{EDTA}][V_{\text{EDTA}}]$ ที่ผ่านกระดาษกรอง

$[\text{EDTA}] = [0.010310][25]/[24.55]$

$[\text{EDTA}] = 0.010498$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณการหาปริมาณแคลเซียมที่ถูกดูดซับ

$$\text{จาก } [\text{CaCO}_3][V_{\text{CaCO}_3}] = [\text{EDTA}][V_{\text{EDTA}}]$$

ชานอ้อยน้ำหนัก 0.5007 กรัม	ชานอ้อยน้ำหนัก 0.5008 กรัม	เฉลี่ย	น้ำหนัก
จะได้ $[\text{CaCO}_3]$	จะได้ $[\text{CaCO}_3]$		
$= [0.010498][27.3]/[25]$	$= [0.010498][26.1]/[25]$	$[\text{CaCO}_3]$	
$[\text{CaCO}_3] = 0.01146$	$[\text{CaCO}_3] = 0.01095$	0.011209	0.50075

ชานอ้อยน้ำหนัก 1.0003 กรัม	ชานอ้อยน้ำหนัก 1.0034 กรัม	เฉลี่ย	น้ำหนัก
จะได้ $[\text{CaCO}_3]$	จะได้ $[\text{CaCO}_3]$		
$= [0.010498][27.4]/[25]$	$= [0.010498][26.4]/[25]$	$[\text{CaCO}_3]$	
$[\text{CaCO}_3] = 0.01150$	$[\text{CaCO}_3] = 0.01108$	0.011292	1.00185

ชานอ้อยน้ำหนัก 1.5062 กรัม	ชานอ้อยน้ำหนัก 1.5021 กรัม	เฉลี่ย	น้ำหนัก
จะได้ $[\text{CaCO}_3]$	จะได้ $[\text{CaCO}_3]$		
$= [0.010498][29.3]/[25]$	$= [0.010498][27.3]/[25]$	$[\text{CaCO}_3]$	
$[\text{CaCO}_3] = 0.01230$	$[\text{CaCO}_3] = 0.01146$	0.011881	1.50415

หมายเหตุ: ความเข้มข้นของแคลเซียมคาร์บอเนตมีหน่วยเป็น โมลาร์

ตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับ

ตัวอย่างการใช้ชานอ้อยแบบเปียกที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ

[CaCO₃] ที่ใช้ 0.01031 M

น้ำหนักชานอ้อย 0.5027 กรัม [CaCO₃] ที่เหลือ 0.0097 กรัม

ความเข้มข้น CaCO₃ เริ่มต้น = 0.0103 M

ความเข้มข้น CaCO₃ ที่เหลือ = 0.0097 M

ความเข้มข้น CaCO₃ ที่ถูกดูดซับ = 0.01031 - 0.0097 = 0.0006 M

ความเข้มข้นเริ่มต้น	0.0103 M	ดูดซับไว้	0.0006 M
ถ้าความเข้มข้นเริ่มต้น	100 M	จะถูกดูดซับ	$\frac{0.0006 \times 100}{0.0103} = 5.92 \%$

ตัวอย่างการคำนวณการหาการดูดซับในหน่วย mg CaCO₃ / g

ความเข้มข้น CaCO₃ ที่ถูกดูดซับ = 0.0006 mol/L

ดูดซับ CaCO₃ = 0.0006 x 100.09 x 1000 = 61 mg/L

สารละลาย	1000 ml	ถูกดูดซับไว้	61 mg
ถ้าสารละลาย	250 ml	จะถูกดูดซับ	$\frac{61 \times 25}{1000} = 1.525 \text{ mg}$

น้ำหนักชานอ้อย	0.5027 g	ดูดซับ CaCO ₃ ได้	1.525 mg
ถ้าน้ำหนักชานอ้อย	1.0000 g	จะถูกดูดซับ CaCO ₃ ได้	$\frac{1.525 \times 1.0000}{0.5027} = 3.0336 \text{ mg}$

- ที่น้ำหนักอื่นๆให้คำนวณแบบเดียวกัน
- เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมคาร์บอเนตทุกครั้งต้องใช้ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมคาร์บอเนตของครั้งนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้