

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1. ผลการทดสอบสมบัติของโพลีเมอร์

4.1.1 ผลการทดสอบไคโตซาน (chitosan)

4.1.1.1 ผลทดสอบมวลโมเลกุลของไคโตซาน

เครื่อง Gel Permeation Chromatography (GPC) สามารถวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของโพลีเมอร์ที่มีหลายขนาดอยู่รวมกัน โดยใช้หลักการ retention time ที่แตกต่างกันตามขนาดของโพลีเมอร์ โพลีเมอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ออกมา ก่อน และโพลีเมอร์ขนาดใหญ่กว่าจะเคลื่อนที่ตามออกมา ดังนั้นจะสามารถหาการกระจายขนาดของโพลีเมอร์ได้ และสามารถคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยได้หลายแบบ เช่น ค่าเฉลี่ยตามจำนวน (M_n) ค่าเฉลี่ยตามน้ำหนัก (M_w) และค่าเฉลี่ยตามปริมาตร (M_v)

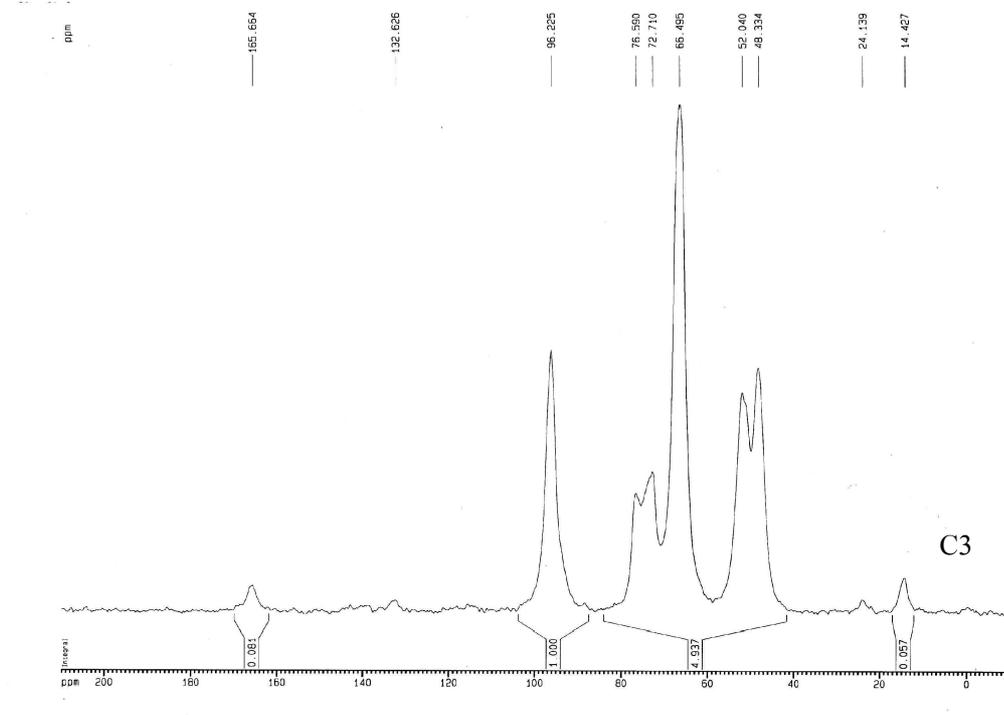
จากการทดสอบพบว่า ไคโตซานที่มีโมเลกุลใหญ่ (CS) ซึ่งจากบริษัท A.N. LAB ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เตรียมก่อนนำไปตรวจสอบด้วย GPC ได้ เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลมาก จากผลการทดลองในกลุ่มวิจัยเดียวกันด้วยวิธี capillary viscometer โดยใช้หลอด Cannon-Fenske พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่ใช้มีค่า M_v ประมาณ 160 ล้าน Da

4.1.1.2 ผลทดสอบ % Deacetylation ของไคโตซาน

การวิเคราะห์ Degree of Deacetylation (%DD) ของไคโตซานด้วยวิธี NMR (Nuclear Magnetic Resonance) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ พบว่าเมื่อนำไคโตซานที่มีโมเลกุลใหญ่ที่ซื้อมาดังกล่าวไปวิเคราะห์ %DD ด้วยเครื่อง NMR ได้ผลดังภาพที่ 4.1 พบว่า peak ทางด้านขวาสุด (C3) ซึ่งเป็นหมู่ Methyl ที่ Chemical Shift ที่ประมาณ 14 ppm นั้นแสดงความเป็นไคติน จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเมื่อไคตินถูกทำปฏิกิริยา Deacetylation จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นไคโตซานมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามากขึ้น พื้นที่ใต้ peak จึงค่อยๆ ลดลงตามลำดับ และจากพื้นที่ใต้ peak นี้สามารถคำนวณหา % Degree of Deacetylation ได้จาก $(1 - \text{พื้นที่ใต้ peak ของ C3}) \times 100$ และผลการคำนวณหา % DD สามารถระบุได้ว่าไคโตซานดังกล่าวมี %DD เท่ากับ 94.3%

ภาพที่ 4.1

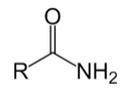
แสดง NMR spectra ของไคโตซาน



4.1.2 การทดสอบโพลีอะคริลาไมด์ดัดแปร (modified polyacrylamide)

4.1.2.1 ผลทดสอบหมู่ฟังก์ชันของโพลิเมอร์ที่ได้รับความอนุเคราะห์มา

ผลจากการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของโพลิเมอร์ที่ได้รับความอนุเคราะห์มาด้วยเทคนิค FTIR โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Resonance ยี่ห้อ PERKIN ELMER รุ่น SYSTEM 2000 ที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) แสดงดังภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าสารโพลิเมอร์ประจวบทุกที่ได้รับความอนุเคราะห์มาทั้ง 3 ชนิด คือ WF5803, WF5804, และ WF5807 (ดังภาพที่ 4.2(a), (b) และ (c)) แสดงหมู่ฟังก์ชันต่างๆ คล้ายกับการแสดงหมู่ฟังก์ชันของโพลีอะคริลาไมด์ (polyacrylamide) ดังภาพที่ 4.2 (d) จากงานวิจัยของ Wan และคณะ (2007), Chiem และคณะ (2006) และ Murugan และคณะ (1998) ซึ่งรายงานผลหมู่ฟังก์ชันของโพลีอะคริลาไมด์ด้วยเทคนิค FTIR ไว้ดังนี้ คือ แสดงหมู่ N-H stretching ที่ตำแหน่ง 3330 และ 3190 cm^{-1} แสดงหมู่ Methylene group (CH_2) ที่ตำแหน่ง 2931 และ 2965 cm^{-1} และหมู่ฟังก์ชัน O-H group พันธะไฮโดรเจน ที่ตำแหน่ง 2871 cm^{-1} ส่วนการแสดงลักษณะของหมู่ amide

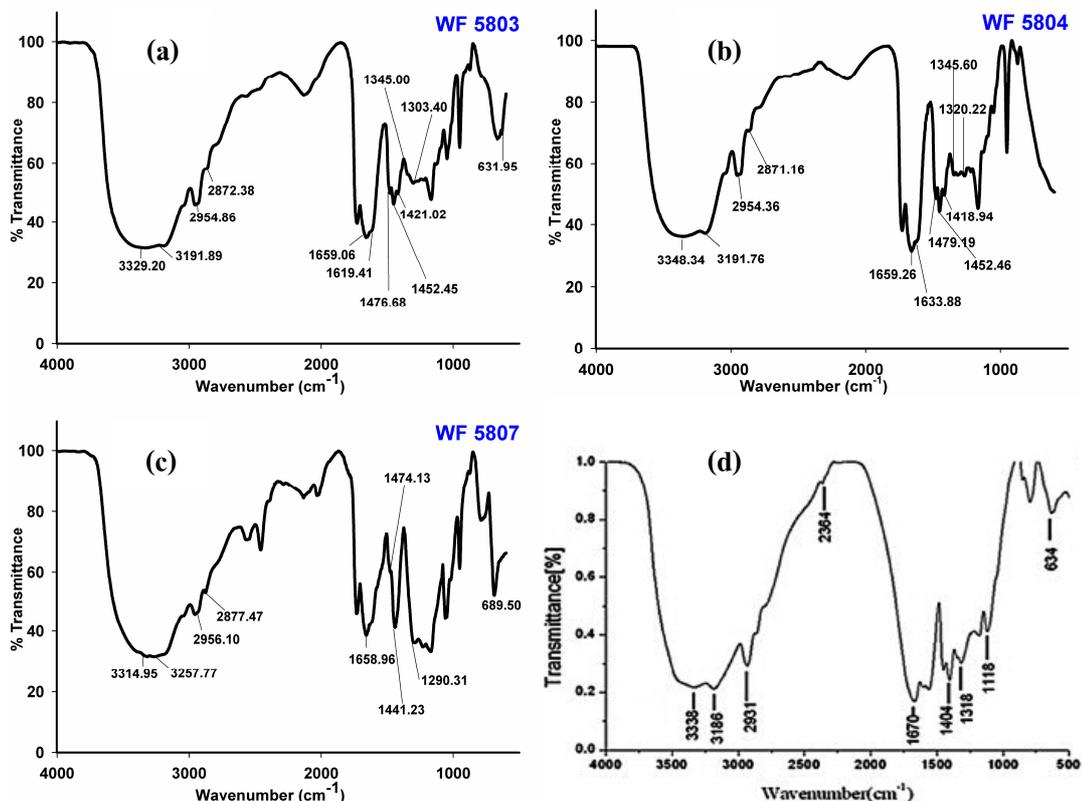


จะพบทั้งสิ้น 3 กลุ่ม คือ amide I C=O stretching พบที่ตำแหน่ง $1660-1680\text{ cm}^{-1}$, amide II NH_2 bending พบที่ตำแหน่ง $1600-1620\text{ cm}^{-1}$ และ amide III C-N stretching พบที่ตำแหน่ง $1400-1440\text{ cm}^{-1}$

ภาพที่ 4.2

แสดงหมู่ฟังก์ชันของโพลิเมอร์ประจุบวกด้วยเทคนิค FT-IR

(a) WF5803 (b) WF5804 (c) WF5807 (d) polyacrylamide (PAM)



หมายเหตุ ภาพที่ 4.2 (d) ที่มา: Xiaofang Wan, Youming Li, Xiaojun Wang, Sili Chen and Xiaoyang Gu, "Synthesis of cationic guar gum-graft-polyacrylamide at low temperature and its flocculation properties," 43 *European Polymer Journal* 3655, 3658 (2007).

4.1.2.2 ผลการทดสอบความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์ที่ได้รับความอนุเคราะห์มา

นำโพลิเมอร์ประจุบวกชื่อทางการค้า WF 5803, WF 5804 และ WF 5807 มาละลายในน้ำเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.8 wt/vol จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดความ

เหน็ด ยี่ห้อ BROOKFIELD รุ่น DV- II plus Programmable ที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) จากการทดสอบจะได้ค่าความเหน็ดที่ความเร็วรอบต่างๆ ในงานวิจัยนี้รายงานค่าความเหน็ดที่ %torque มากที่สุด โดยใช้ความเร็ว 200 rpm อุณหภูมิประมาณ 19.8-21.0 °C ค่าความเหน็ดของสารละลายที่ใช้ในการรวมตะกอนแสดงในตารางที่ 4.1 (อ้างอิงผลมาจากภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.1

แสดงคุณสมบัติความเหน็ดของสารละลายที่ใช้ในการรวมตะกอน

ชื่อสารละลายโพลิเมอร์	ความเหน็ด (cP)
สารละลายโพลิเมอร์ WF5803 ละลายน้ำ	83.0
สารละลายโพลิเมอร์ WF5804 ละลายน้ำ	84.0
สารละลายโพลิเมอร์ WF5807 ละลายน้ำ	87.3

สามารถเรียงลำดับค่าความเหน็ดของสารละลายโพลิเมอร์ จากน้อยไปมากได้ดังนี้ WF 5803, WF 5804 และ WF 5807 ตามลำดับ จากผลการศึกษา FTIR ของโพลิเมอร์ที่ได้รับการอนุเคราะห์ (หัวข้อ 4.1.2.1) พบว่า โพลิเมอร์ประจวบกับนี้น่าจะเป็นชนิดเดียวกัน ดังนั้นจากผลความเหน็ดแสดงให้เห็นว่า WF 5807 น่าจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากที่สุด รองลงมาคือ WF 5804 และ WF 5803 ตามลำดับ

4.2 ผลการทดสอบสมบัติของหางน้ำยางเมื่อเริ่มต้น

4.2.1 ผลการหาค่า TSC และ DRC ของหางน้ำยาง

ผลของการหาค่า TSC และ DRC ของหางน้ำยางในงานวิจัยนี้ แสดงในภาคผนวก ข พบว่าเมื่ออายุของหางน้ำยางมากขึ้น ผลของค่า DRC มีแนวโน้มว่าจะลดต่ำลง อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อหางน้ำยางมีอายุมากขึ้น สารบางอย่างบนผิวของอนุภาคยางอาจจะสลายตัวไปอยู่ในเซรั่มกลายเป็นของแข็งที่ไม่ใช่ยางในเซรั่ม เมื่อทำการตรวจสอบค่า DRC จึงทำให้ได้ค่าที่ต่ำลง นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารดังกล่าวบนผิวของยางอาจทำให้ที่ผิวของยางมีประจุที่เปลี่ยนแปลงไป

ซึ่งยังผลต่อประสิทธิภาพการจับยางด้วยโพลีเมอร์ อย่างไรก็ตามแนวโน้มของค่า TSC ที่ลดต่ำลงเมื่ออายุของหางน้ำยางเพิ่มขึ้น น่าจะเกิดจากความผิดพลาดจากการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบ

4.2.2 ผลการหาค่าปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยาง (Alkalinity)

ผลของการหาค่าปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางในงานวิจัยนี้ แสดงในภาคผนวก ข ค่าปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางที่ได้รับการอนุเคราะห์มาอยู่ในช่วง 0.1476 ถึง 0.1944% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณความเป็นด่างของน้ำยางสด, น้ำยางข้น, หางน้ำยางหลังการปั่น และหางน้ำยางในบ่อพัก (ดังตารางที่ 4.2) ทั้งนี้เนื่องมาจากหางน้ำยางที่ได้รับการอนุเคราะห์มานั้น เจ้าหน้าทีของโรงงานสุ่มเก็บหางน้ำยางจากบ่อข่ายาง ซึ่งผ่านจระเขยแอมโมเนียความยาวมากกว่า 400 เมตร และผ่านการปั่นด้วยใบพัดในบ่อ ทำให้มีแอมโมเนียระเหยออกไปแล้วเป็นจำนวนหนึ่ง ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่น้อยส่งผลต่อประสิทธิภาพการจับยางด้วย

ตารางที่ 4.2

แสดงค่าเฉลี่ยค่าปริมาณความเป็นด่างของน้ำยางต่างๆของบริษัท ยางวิเอ จำกัด

ประเภทน้ำยาง	ค่าปริมาณความเป็นด่าง (%)
บ่อน้ำยางสด	0.661
ถังพักน้ำยางข้น	0.677
หางน้ำยางหลังการปั่น	0.645
หางน้ำยางในบ่อพัก	0.236

4.2.3 ผลการหาปริมาณโลหะในน้ำยาง

การนำหางน้ำยาง น้ำเซรัมจากการทดสอบ DRC เนื้อยางจากการหา TSC และ DRC ไปตรวจสอบด้วยเทคนิค XRF (X-ray fluorescence spectrometer) เพื่อหาชนิดและปริมาณของธาตุในสารตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ผลการการศึกษาหางน้ำยางด้วยเทคนิค XRF พบองค์ประกอบธาตุ คือ O, Na, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ni, Cu, Zn และ Rb ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษางานวิจัยของ Rippel และคณะ (2003) ที่ศึกษาน้ำยางสดโดยใช้เครื่อง X-ray fluorescence พบองค์ประกอบธาตุ คือ Br, Mn, Na, Mg, P, S, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn, และ Rb เห็นได้ว่า องค์ประกอบธาตุที่พบในหางน้ำยางและในน้ำยางสดสอดคล้องกัน ส่วนที่แตกต่างได้แก่ ในการตรวจสอบหางน้ำยางพบ

องค์ประกอบธาตุ O, Al และ Si ซึ่งไม่มีอ้างถึงในรายงาน ในทางตรงกันข้ามน้ำยางสดพบองค์ประกอบธาตุ Br, Fe และ Mn ซึ่งตรวจไม่พบในตัวอย่างหางน้ำยางในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากข้อจำกัดของการตรวจสอบสารละลายด้วยเทคนิค XRF ที่ต้องเตรียมตัวอย่างบนแผ่นฟิล์ม PP อาจส่งผลต่อปริมาณของธาตุบางธาตุในตัวอย่าง จึงไม่อาจตรวจพบได้

ผลการศึกษาโดยการใช้เครื่อง XRF หาองค์ประกอบธาตุในน้ำเซรั่มจากการทดสอบ DRC คือ P, S, K, Ni, Zn และ Rb และหาองค์ประกอบธาตุในเนื้อยางจากการหา TSC และ DRC คือ O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn และ Rb โดยในเนื้อยาง DRC ไม่พบ Cr และ Rb ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่วิเคราะห์ปริมาณของธาตุได้ต่ำสุดเพียง 0.01%wt นอกจากนี้ข้อจำกัดของการตรวจสอบสารละลายด้วยเทคนิค XRF ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณที่แน่ชัด จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลเชิงปริมาณขององค์ประกอบธาตุระหว่างหางน้ำยาง, น้ำเซรั่มจากการทดสอบ DRC และเนื้อยางจากการหา DRC ได้ หากพิจารณาองค์ประกอบธาตุของยางจากการหา DRC จะพบว่า เนื้อยาง DRC รวบรวมธาตุ O, Na, Mg, Al, Si, Cl, Cu และ Zn จากหางน้ำยางไว้ ทำให้ไม่พบหรือพบในปริมาณน้อยในน้ำเซรั่มจากการทดสอบ DRC

4.2.4 ผลการตรวจสอบค่า zeta potential

ผลการวิเคราะห์ค่า Zeta potential ของอนุภาคยางในหางน้ำยาง แสดงในภาคผนวก ค โดยค่าเฉลี่ย Zeta potential ของอนุภาคยางในหางน้ำยางเท่ากับ -68.26 ± 0.88 mV แสดงว่าผิวของอนุภาคยางมีความเป็นประจุลบและเกิดแรงผลักันอันเป็นแรงไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้เกิดสารแขวนลอยที่เสถียร ซึ่งค่าที่ได้นี้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย Zeta potential อนุภาคยางในหางน้ำยางจากงานวิจัยของ Rippeel และคณะ (2003) คือ -64 mV ถึงแม้ว่าหางน้ำยางในงานวิจัยดังกล่าวจะมีได้มีการเติมแอมโมเนีย ซึ่งแตกต่างจากหางน้ำยางของงานวิจัยนี้ที่มีการเติมแอมโมเนียตั้งแต่เข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำยางข้น แต่แอมโมเนียที่มีอยู่ในหางน้ำยางของงานวิจัยนี้ก็มีเหลือเล็กน้อยลงจากช่วงต้นของกระบวนการผลิตถึง 70 % (จากข้อมูลในหัวข้อ 2.2) การตรวจสอบค่า Zeta potential ของหางน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียต่างๆ ก็เป็นสิ่งที่น่าศึกษาต่อไป

ตารางที่ 4.3
แสดงองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง เมื่อตรวจโดยเทคนิค XRF

ธาตุ	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง (%wt)			
	หางน้ำยางปกติ	น้ำเซรั่มจาก DRC	เนื้อยาง TSC	เนื้อยาง DRC
O	<0.01	N/D	24.01	6.63
Na	<0.01	N/D	0.06	0.05
Mg	<0.01	N/D	0.08	0.06
Al	<0.01	N/D	0.02	0.04
Si	<0.01	N/D	0.02	0.11
P	0.03	0.05	0.69	0.43
S	0.12	0.29	0.72	1.65
Cl	N/D	N/D	0.06	0.07
K	0.95	0.77	9.35	1.21
Ca	<0.01	N/D	<0.01	0.07
Cr	N/D	N/D	<0.01	N/D
Fe	N/D	N/D	0.07	<0.01
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cu	<0.01	N/D	<0.01	<0.01
Zn	0.08	<0.01	0.77	0.70
Rb	<0.01	<0.01	<0.01	N/D
รวม	1.18	1.11	35.85	11.02

- หมายเหตุ: 1. ข้อจำกัดทางเทคนิค XRF ไม่สามารถวัดส่วนประกอบที่เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำกว่าเลขอะตอมของออกซิเจนได้ (8) และที่มีเลขอะตอมสูงกว่ายูเรเนียม (92)
2. แผ่นฟิล์ม PP อาจส่งผลต่อปริมาณธาตุบางตัวของตัวอย่าง
3. N/D = Not Detectable
4. ปริมาณของธาตุที่เครื่องมือวิเคราะห์ให้ได้ต่ำสุดคือ 0.01%wt

4.3 ผลการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในการรวมตะกอน

การเตรียมสารละลายเพื่อใช้เป็นการรวมตะกอนในงานวิจัยนี้มีทั้งสิ้น 6 กลุ่ม ได้แก่
 กลุ่มที่ 1 สารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2%,

1.5%, 1% และ 0.5% wt/wt

กลุ่มที่ 2 สารละลายกรดซัลฟิวริก

กลุ่มที่ 3 สารละลายโพลิอะคริลิไมด์ตัดแปรละลายน้ำ

กลุ่มที่ 4 สารละลายโพลิอะคริลิไมด์ตัดแปรละลายในกรดอะซิติก

ความเข้มข้น 1.5% wt/wt

กลุ่มที่ 5 สารละลายไคโตซานละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt

กลุ่มที่ 6 สารละลายโพลิอะคริลิไมด์ตัดแปรละลายในกรด

ซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt

สารรวมตะกอนเกือบทุกกลุ่มสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ มีเพียงสารรวมตะกอนบางความเข้มข้นของกลุ่มที่ 1 (สารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2%, 1.5%, 1% และ 0.5% wt/wt) เมื่อใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5% wt/wt เป็นตัวทำละลายจะสามารถสังเกตด้วยตาว่าไคโตซานไม่สามารถละลายได้หมด โดยเฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานมากขึ้น คือ 1.2 และ 1.0% wt/vol และสารรวมตะกอนในกลุ่มที่เป็นโพลิเมอร์อะคริลิไมด์ตัดแปรเมื่อละลายให้มีความเข้มข้นสูง (0.15% wt/vol) จะต้องใช้เวลานานในการละลาย นอกจากนี้ยังมีสารรวมตัวตะกอนที่ไม่สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้อีกด้วย คือ สารรวมตะกอนในกลุ่มที่ 5 (สารละลายไคโตซานในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 40% wt/wt) เนื่องจากไคโตซานจะละลายในกรดอินทรีย์มากกว่ากรดอนินทรีย์ (Hamdine และคณะ, 2005) และงานวิจัยของ Zheng และคณะ, 2008 ได้อ้างว่า กรดซัลฟิวริกเป็นกรดที่นิยมใช้ในการทำให้เกิดการเชื่อมโยงสายโซ่ (cross-linking) ของไคโตซาน เนื่องจากเมื่อกรดซัลฟิวริกแตกตัวในน้ำเป็นซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) จะสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่แอมโมเนียมไอออน (NH_3^+) ยึดโครงสร้างต่อกันเป็นสายโซ่ ทำให้การละลายของไคโตซานยากขึ้น ในงานวิจัยของ Zheng และคณะได้ทดสอบการปล่อยให้ไอระเหยของน้ำผสมกับแอลกอฮอล์ผ่านเยื่อไคโตซานที่แช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก พบว่าไอระเหยผ่านได้น้อยลง

4.4 ผลการทดสอบสมบัติของสารละลายโพลิเมอร์ (สารรวมตะกอน)

สารรวมตะกอนแต่ละกลุ่มถูกนำมาตรวจสอบค่าความเป็นกรดต่าง โดยแสดงผลในภาคผนวก สามารถสรุปค่า pH ของสารรวมตะกอนแต่ละกลุ่มได้ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 สารละลายโคโตซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2%, 1.5%, 1% และ 0.5% wt/wt มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.04-5.20 ทั้งนี้เมื่อความเข้มข้นของกรดมากขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายโคโตซานคงที่ ค่า pH จะต่ำลง ในทางตรงกันข้ามหากความเข้มข้นของกรดคงที่ และความเข้มข้นของสารละลายโคโตซานมากขึ้น ค่า pH สูงขึ้น ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamdine และคณะ (2005) เนื่องจากเมื่อโคโตซานมากขึ้นจะเกิดการ protonate ของหมู่เอมีนกับ H^+ มากขึ้น ยังผลให้มีความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายลดลง จึงได้ค่า pH เพิ่มขึ้น

กลุ่มที่ 2 สารละลายกรดซัลฟิวริก ค่า pH ต่ำมาก (ค่า pH ประมาณ 0-1)

กลุ่มที่ 3 สารละลายโพลิอะคริลาไมด์ดัดแปรละลายน้ำ มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.15-4.93

กลุ่มที่ 4 สารละลายโพลิอะคริลาไมด์ดัดแปรละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5% wt/wt มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.83-4.21

กลุ่มที่ 5 สารละลายโคโตซานละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt เนื่องจากสารละลายไม่ละลาย จึงไม่ได้นำมาทำการทดสอบ และไม่มีการนำมาตรวจสอบสมบัติ

กลุ่มที่ 6 สารละลายโพลิอะคริลาไมด์ดัดแปรละลายในกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 40% wt/wt เนื่องจากใช้ปริมาณสารรวมตะกอนในการทดลองน้อย จึงเตรียมสารในปริมาณน้อยและไม่เพียงพอในการวัดค่า pH

ผลของค่าการนำไฟฟ้าของสารรวมตะกอนบางกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.4 โดยค่าการนำไฟฟ้าของกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5 %wt/wt เท่ากับ 0.971 ms/cm และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น คือ 1.170 μ s/cm

ตารางที่ 4.4
แสดงค่าการนำไฟฟ้าของสารรวมตะกอน

กลุ่มที่ 1	สารละลายโคโคซานละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5% wt/wt			
ความเข้มข้น (%wt/vol)	0.6	0.8	1.0	1.2
(ms/cm)	1.766	2.170	2.620	3.120
กลุ่มที่ 3	สารละลายโพลีอะคริลาไมด์ละลายน้ำ			
ความเข้มข้น (%wt/vol)		0.05	0.10	0.15
WF 5803 (ms/cm)		0.223	0.530	0.692
WF 5804 (ms/cm)		0.308	0.548	0.695
WF 5807 (ms/cm)		0.263	0.515	0.717
กลุ่มที่ 4	สารละลายโพลีอะคริลาไมด์ละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5% wt/wt			
ความเข้มข้น (%wt/vol)		0.05	0.10	0.15
WF 5803 (ms/cm)		1.145	1.337	1.494
WF 5804 (ms/cm)		1.180	1.343	1.502
WF 5807 (ms/cm)		1.131	1.320	1.500

4.5 ผลการทดสอบการปรับค่า pH ของหางน้ำยาง

4.5.1 การปรับค่า pH โดยการใช้กรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 10% wt/wt

มีการนำหางน้ำยางส่วนหนึ่งที่มาปรับค่าความเป็นกรดต่างให้มีค่าประมาณ 7 เพื่อศึกษาผลการรวมตะกอนเปรียบเทียบกับหางน้ำยางปกติ หางน้ำยางที่เป็นกลางมีค่า TSC และ DRC ดังแสดงในตารางที่ 4.5 เห็นได้ว่า หางน้ำยางหลังจากปรับค่าความเป็นกรดต่างมีค่า TSC มากกว่าหางน้ำยางปกติ ถึงแม้ว่าในขั้นตอนการปรับความเป็นกรดต่างจะมีการใช้ผ้ากรอง กรองแยกเศษก้อนเนื้อยาง หรือตะกอนที่ถูกจับโดยกรดเกลือที่เติมเข้าไปออกแล้ว แต่ยังคงมีเกลือบางส่วนติดค้างอยู่ในหางน้ำยาง ส่งผลให้เพิ่มปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ยางในหางน้ำยางนั่นเอง ส่วนค่า DRC ของหางน้ำยางที่เป็นกลางจะต่ำกว่าหางน้ำยางปกติ เพราะว่ามีกรดเกลือบางส่วนรวมตะกอนของเนื้อยางออกไปด้วยนั่นเอง

ตารางที่ 4.5
แสดงผล TSC และ DRC ของหางน้ำยางปกติและหางน้ำยางที่เป็นกลาง

อายุน้ำยาง (วัน)	หางน้ำยางปกติ		หางน้ำยางที่เป็นกลาง	
	TSC (%)	DRC (%)	TSC (%)	DRC (%)
7	7.26	4.83	7.78	4.43
10	-	-	7.44	4.25
11	7.42	4.77	7.55	4.43

4.5.2 การปรับค่า pH โดยการระเหยแอมโมเนียออกจากหางน้ำยาง

จากการระเหยแอมโมเนียในหางน้ำยาง ซึ่งมีปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางเริ่มต้น 0.18% โดยน้ำหนัก โดยใช้ถาดขนาด 38×28.5 cm² และวัดอัตราการระเหยของแอมโมเนียในเวลาต่างๆ คือ 1, 3, 6, 9, 12, และ 24 ชั่วโมง ได้ผลการศึกษาแสดงดังภาพที่ 4.3 เมื่อใช้สถานการณ์การพาแบบธรรมชาติ ผลของปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยาง (ปริมาณแอมโมเนีย) ลดลงเพียง 14% ในช่วงชั่วโมงแรก (ปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางคงเหลือ 0.15% โดยน้ำหนัก) และเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงที่ 3 เป็นต้นไป หลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งปริมาณแอมโมเนียคงเหลือเกือบคงที่ในช่วงชั่วโมงที่ 9 โดยหางน้ำยางที่ระเหยแอมโมเนียโดยสถานการณ์การพาแบบธรรมชาติปริมาณแอมโมเนียลดลงไป 67% (ปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยาง คงเหลือ 0.06% โดยน้ำหนัก) เมื่อใช้สถานการณ์การพาแบบบังคับ (ใช้พัดลมเป่า) ผลของปริมาณแอมโมเนียของหางน้ำยางลดลงอย่างรวดเร็ว ลดลง 32% ในช่วงชั่วโมงแรก (ปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางคงเหลือ 0.12% โดยน้ำหนัก) หลังจากนั้นค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งปริมาณแอมโมเนียคงเหลือมีแนวโน้มว่าจะคงที่ โดยหางน้ำยางที่ระเหยแอมโมเนียโดยสถานการณ์การพาแบบบังคับมีปริมาณแอมโมเนียลดลงไป 59% (ปริมาณความเป็นด่างของหางน้ำยางคงเหลือ 0.07% โดยน้ำหนัก) แสดงให้เห็นว่า การใช้ลมเป่าผิวหน้าของหางน้ำยางในถาดมีส่วนช่วยในการระเหยแอมโมเนียได้มากในช่วงชั่วโมงแรกเท่านั้น และการระเหยของแอมโมเนียในหางน้ำยาง เมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งก็จะไม่ระเหยแล้วไม่ว่าจะใช้สถานการณ์การพาแบบใดก็ตาม กรดที่ใช้ไตเตรทหาปริมาณความเป็นด่าง จะเข้าไปจับเบสทั้งที่เป็นแอมโมเนีย และเบสอื่นๆที่อยู่ในน้ำยางอยู่แล้ว รวมทั้งยังมีแอมโมเนียที่อยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมที่ไม่ระเหยปะปนอยู่ในน้ำยาง

ด้วย ดังนั้นปริมาณความเป็นต่างในการทดสอบที่ไม่สามารถระเหยได้แล้ว ก็เนื่องมาจากเกลือแอมโมเนียมซึ่งไม่ระเหย และสารที่เป็นเบสอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ในน้ำยำนั่นเอง

ส่วนผลของค่า pH ของหางน้ำยาง เมื่อระเหยแอมโมเนียด้วยสถานการณ์การพาแบบธรรมชาติและการพาแบบบังคับมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือ ลดลงเรื่อยๆ ในแต่ละช่วงเวลา โดยลดลงต่ำที่สุดที่ค่า pH ประมาณ 8 นอกจากนี้ ในระหว่างการทดลองเมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 12 จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ปริมาตรหางน้ำยางในภาดที่ระเหยโดยสถานการณ์การพาแบบบังคับลดลงไป และเมื่อครบชั่วโมงที่ 24 ก็เกิดการแห้งติดภาดของยาง และมีปริมาตรของหางน้ำยางลดน้อยลงจนไม่สามารถสูมเก็บตัวอย่างได้ ดังที่แสดงในภาพ 4.4

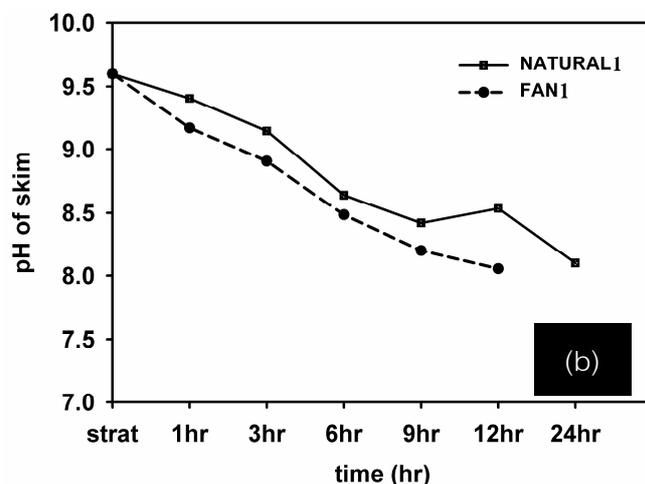
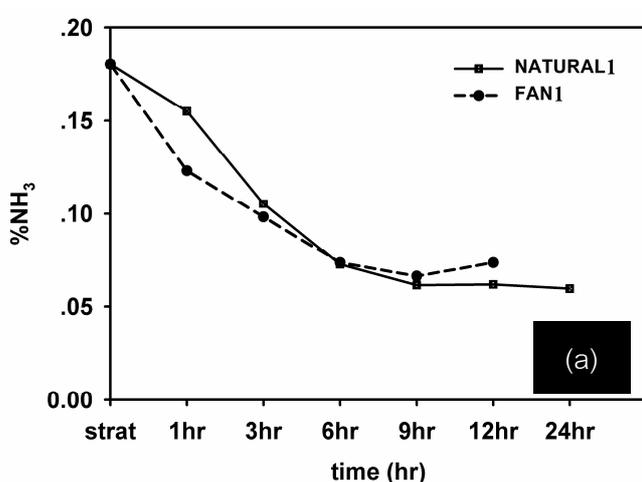
ภาพที่ 4.3

แสดงผลการศึกษาอัตราการระเหยของแอมโมเนีย ในหางน้ำยาง

ด้วยสถานการณ์การพาแบบธรรมชาติและการพาแบบบังคับ

(a) ผลของปริมาณความเป็นต่างของหางน้ำยางในช่วงเวลาต่างๆ

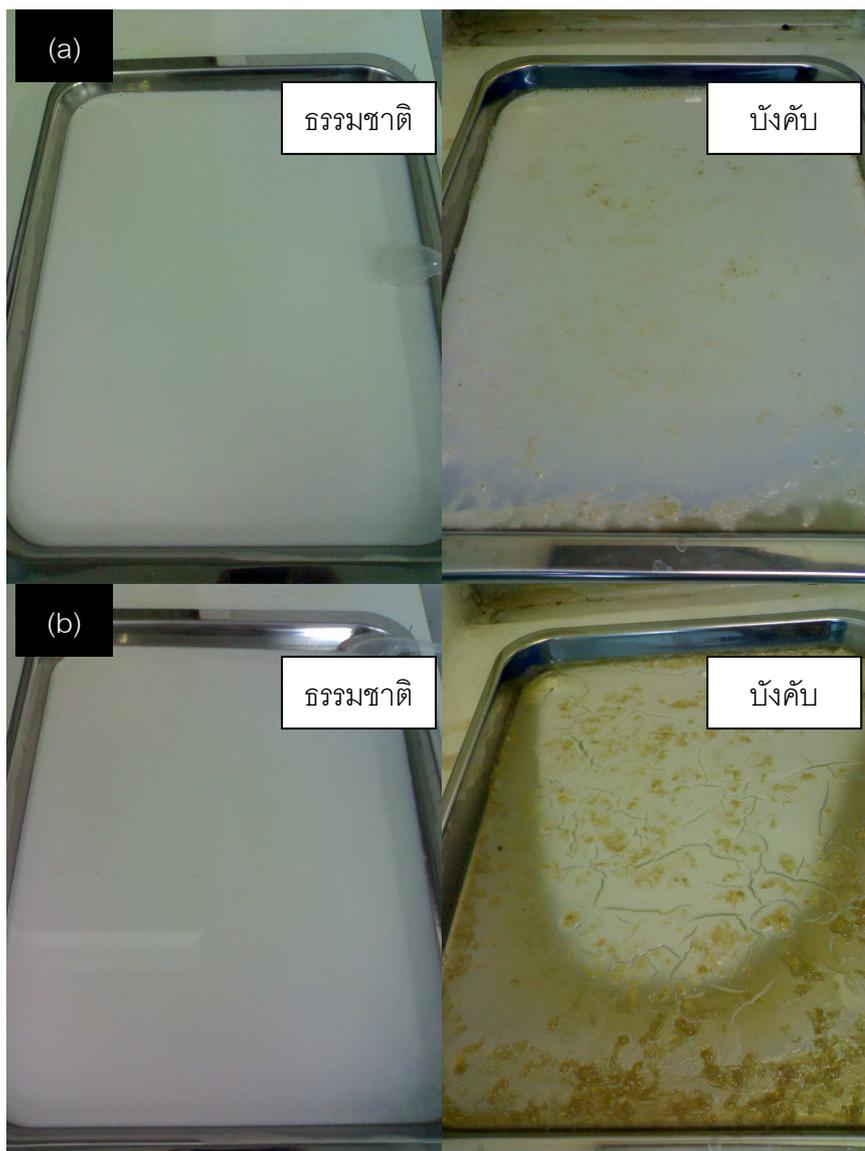
(b) ผลของค่า pH ของหางน้ำยางในช่วงเวลาต่างๆ



ภาพที่ 4.4

ภาพระหว่างการทดสอบระเหยของแอมโมเนีย ในหาน้ำยางด้วย
สถานการณ์การพาแบบธรรมชาติและการพาแบบบังคับ

(a) ชั่วโมงที่ 12 (b) ชั่วโมงที่ 24



4.6. ผลการทดสอบเตรียมยางสกิม

4.6.1 ผลการทดสอบเตรียมยางสกิมกับหางน้ำยางที่ปรับค่า pH โดยกรดเกลือ

4.6.1.1 ผลการรวมตะกอนหางน้ำยางปกติและหางน้ำยางที่เป็นกลางโดยใช้สารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2% wt/wt

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารรวมตะกอนของหัวข้อนี้ เมื่อคำนวณเป็นความเข้มข้นในปริมาตรทั้งหมด ในการรายงานผลในหัวข้อการเตรียมยางสกิม ผู้วิจัยใช้คำว่า “ประสิทธิภาพ” เพื่อสื่อถึงความสามารถเรื่องความเข้มข้น (หรือปริมาณ) ของสารรวมตะกอนที่สามารถจับก้อนยางสกิมได้ โดยดูจากผลของ %Solid removal และการแสดงผล %Solid removal ผู้วิจัยเลือกแสดงทั้ง %Solid removal ที่เทียบกับค่ากรัมยางจากค่า TSC และ %Solid removal ที่เทียบกับค่า กรัมยางจากค่า DRC

ตารางที่ 4.6

แสดงความเข้มข้นของปริมาณไคโตซานละลายในกรดอะซิติกที่ใช้รวมตะกอนหางน้ำยาง

ปริมาณไคโตซานที่ใช้ (ml)	ความเข้มข้นของไคโตซานในปริมาตรทั้งหมด		
		หางน้ำยาง ปกติ	หางน้ำยางที่ เป็นกลาง
	%w/v	phr	phr
5	0.03		0.50
10	0.05	1.10	1.01
20	0.11	2.19	2.07
25	0.14	2.77	2.57
30	0.16	3.22	3.13
35	0.19	3.94	3.59
40	0.21	4.40	4.06
45	0.24	4.93	4.56
50	0.27	5.42	5.19

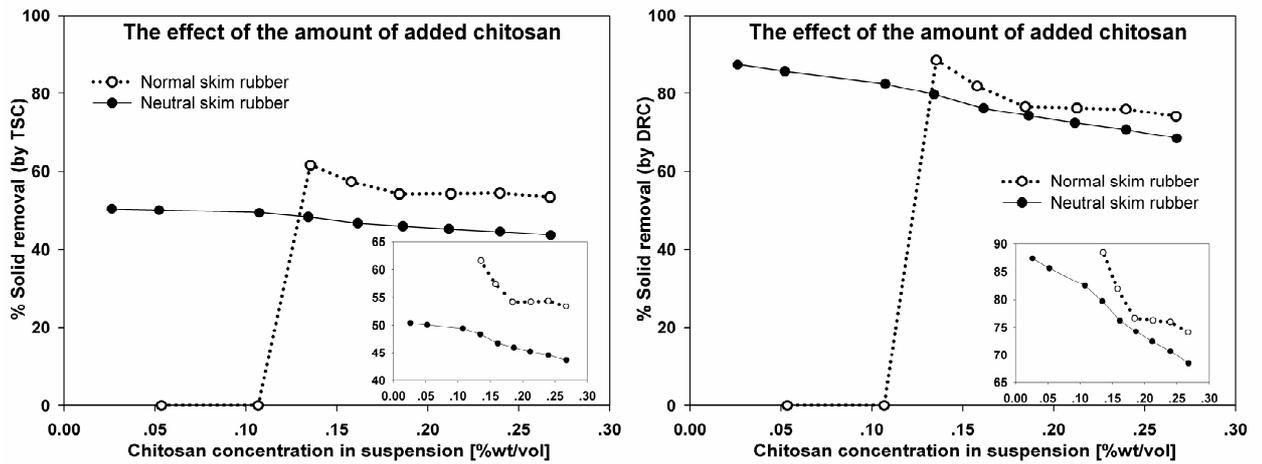
การรวมตะกอนหางน้ำยางโดยใช้สารละลายโคโคซานละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2 % wt/wt ในปริมาณต่างๆ ประสิทธิภาพการรวมตะกอนหางน้ำยาง แสดงในภาพที่ 4.5 สำหรับหางน้ำยางที่เป็นกลาง เมื่อเติมสารละลายโคโคซานปริมาณมากขึ้น ความสามารถในการรวมตะกอนค่อนข้างคงที่ ส่วนหางน้ำยางปกติประสิทธิภาพการรวมตะกอนจะต่ำเมื่อเติมโคโคซานในปริมาณน้อย และจะเพิ่มขึ้นเมื่อเติมโคโคซานในปริมาณมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่สูงที่สุดก็จะคงที่ เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้สารละลายโคโคซานละลายในกรดอะซิติกช่วยทำให้รวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้ และมีค่าประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูงสุด มากกว่าการรวมตะกอนสูงสุดในหางน้ำยางที่เป็นกลาง แต่อย่างไรก็ตาม การรวมตะกอนในหางน้ำยางปกติต้องประสบกับปัญหาเรื่องเวลาในการกรองแยกเนื้อยางออกจากน้ำเซรัม ในขณะที่หางน้ำยางที่เป็นกลางเนื้อยางที่ได้จะจับก้อนรวมตัวกันสะดวกต่อการใช้งานมากกว่า โดยหางน้ำยางปกติมีค่า %Solid removal ที่เทียบกับค่า TSC อยู่ระหว่าง 0-70% (หากคำนวณ %Solid removal เทียบกับค่า DRC จะได้ระหว่าง 0-89%) และหางน้ำยางที่เป็นกลางมีค่า %Solid removal ที่เทียบกับค่า TSC อยู่ระหว่าง 49-52% (หากคำนวณ %Solid removal เทียบกับค่า DRC จะได้ระหว่าง 69-87%) โดยความเข้มข้นของสารละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2 % wt/wt ที่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้เนื้อยางเป็นก้อน คือ 0.14% ของปริมาตรทั้งหมด ประมาณ 2.77 phr ส่วนในหางน้ำยางที่เป็นกลางใช้เพียง 0.03% ในปริมาตรทั้งหมด ประมาณ 0.50 phr ก็สามารถรวมตะกอนได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว

หางน้ำยางที่เติมสารละลายโคโคซานละลายในกรดอะซิติกปริมาณมากขึ้น สีของน้ำเซรัมหลังการรวมตะกอนก็จะเข้มมากขึ้น โดยการเติมโคโคซานน้อยเกินไปก็จะทำให้มีเนื้อยางบางส่วนไม่เกาะติดกับเนื้อยางก้อนใหญ่ที่ถูกจับออกไป สีของน้ำเซรัมแม้จะเหลืองใสแต่ก็มีความขุ่นคงเหลือให้เห็นด้วยตาเปล่า ส่วนการเติมโคโคซานที่มากเกินไปสีของน้ำเซรัมก็จะเหลืองเข้มขึ้นจนทำให้ดูเหมือนขุ่น แสดงในภาพที่ 4.6

ผลของค่า pH ก่อนและหลังการรวมตะกอนของหางน้ำยางแสดงในภาพที่ 4.7 ค่า pH หลังการรวมตะกอนหางน้ำยาง ทั้งในหางน้ำยางปกติและหางน้ำยางที่เป็นกลางลดลงจากเดิมตามปริมาณการเติมสารละลายโคโคซานเพิ่มขึ้น โดยหางน้ำยางที่เป็นกลาง ซึ่งสามารถรวมตะกอนได้เป็นก้อน สะดวกในทางปฏิบัติ มีค่า pH ค่อนข้างเป็นกรดมากหลังการรวมตะกอน เมื่อพิจารณาค่า pH ของเซรัมหางน้ำยางปกติซึ่งมีค่าประสิทธิภาพรวมตะกอนสูงสุด พบว่าความเป็นเบสมากลดลงจนกระทั่งเป็นกลาง แม้ผลที่ได้นี้จะมีประสิทธิภาพการรวมตะกอนสูง และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ แต่กรรมวิธีการรวมตะกอนที่ต้องกรองยุ่งยาก ก็อาจจะทำให้ไม่เหมาะสมกับการใช้เพื่อการพาณิชย์

ภาพที่ 4.5

แสดงผล % Solid removal จากการรวมตะกอนทางน้ำยางด้วย
สารละลายไคโตซานละลายกรดอะซิติกในปริมาณต่างๆ



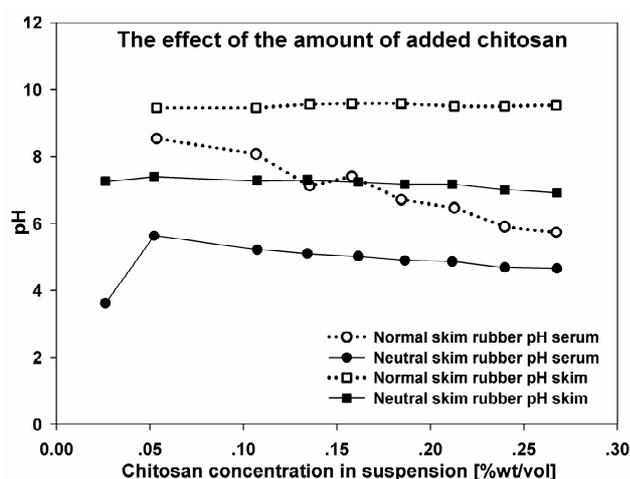
ภาพที่ 4.6

แสดงสีของเซรั่มการรวมตะกอนทางน้ำยางที่เป็นกลางด้วยสารละลายไคโตซานละลายกรดอะซิติก
จากซ้ายไปขวา : 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 10 และ 5 ml ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7

แสดงผลความเป็นกรดต่างจากการรวมตะกอนหางน้ำยางด้วย
สารละลายไคโตซานละลายกรดอะซิติกในปริมาณต่างๆ



4.6.1.2 ผลการรวมตะกอนหางน้ำยางที่เป็นกลาง โดยใช้สารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 1 % wt/wt

ภาพที่ 4.8 แสดงผลจากการศึกษาความเข้มข้นของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการรวมตะกอนหางน้ำยางด้วยสารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติก จะเห็นได้ว่า การใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 1% wt/wt เป็นตัวทำละลายของสารละลายไคโตซาน ให้ประสิทธิภาพการรวมตะกอนมากกว่าการใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 2% wt/wt เป็นตัวทำละลาย

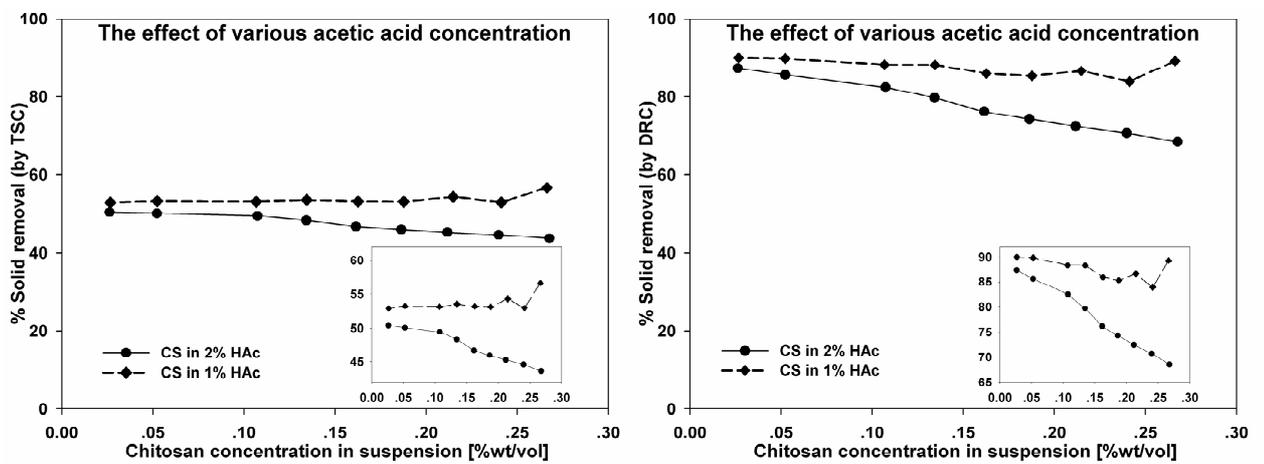
นอกจากนี้จากภาพที่ 4.9 จะพบว่าสีน้ำเซรัมของสารละลายที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 1% wt/wt เป็นตัวทำละลาย มีสีเหลืองใสกว่าใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 2% wt/wt เป็นตัวทำละลายในทุกๆ การทดสอบ ความเข้มข้นของกรดอะซิติกมีผลกับสีของน้ำเซรัมด้วย จากผลในข้อ 4.6.1.1 การเติมสารละลายไคโตซานในกรดอะซิติกเข้มข้น 2% wt/wt ในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้สีน้ำเซรัมมีความขุ่นมากขึ้น มีปริมาณของไคโตซานในกรดอะซิติกเกินพอที่จะรวมตะกอนหางน้ำยาง จึงยังคงเหลือทั้งไคโตซานและกรดอะซิติกในน้ำเซรัมส่งผลให้สีค่อนข้างเหลืองแต่ไม่ใส การศึกษาในหัวข้อนี้ ลดปริมาณความเข้มข้นของปริมาณตัวทำละลายลง ทำให้การคงเหลือของไคโตซานและอะซิติกส่วนเกินลดลง สีน้ำเซรัมจึงเหลืองใสดังที่ปรากฏ

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดต่างหลังการรวมตะกอนของตัวทำละลายทั้งสอง แล้ว พบว่าใช้ตัวทำละลายกรดอะซิติก 1% wt/wt ให้ผลของค่า pH ค่อนข้างเป็นกลางมากกว่าใช้ตัวทำละลายกรดอะซิติก 2% wt/wt ดังแสดงในภาพที่ 4.10 อย่างไรก็ตามผลการรวมตะกอนที่

กล่าวมาทั้งหมดนี้ใช้กับหางน้ำยางที่เป็นกลางเท่านั้น เนื่องจากสารละลายไคโตซานละลายในกรดอะซิติก 1% wt/wt ไม่สามารถรวมตะกอนหางน้ำยางปกติได้ แม้ว่าจะใช้ในปริมาณเท่ากับปริมาณหางน้ำยางแล้วก็ตาม

ภาพที่ 4.8

แสดงผล % Solid removal จากการรวมตะกอนหางน้ำยางที่เป็นกลางด้วยสารละลายไคโตซาน ซึ่งละลายในกรดอะซิติกความเข้มข้น 2% และกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% wt/wt



ภาพที่ 4.9

แสดงสีน้ำเซรั่มจากการรวมตะกอนหางน้ำยางที่เป็นกลางด้วยสารละลายไคโตซานซึ่งละลายใน

(a) กรดอะซิติกความเข้มข้น 2% wt/wt (b) กรดอะซิติกความเข้มข้น 1% wt/wt

จากซ้ายไปขวา : 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 10 และ 5 ml ตามลำดับ

