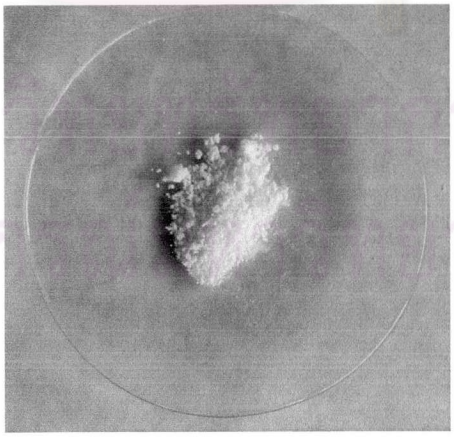
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

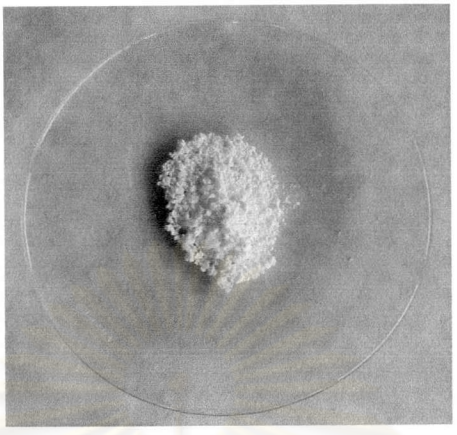
4.1 การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิเมอร์สังเคราะห์กับสารตกตะกอน อนินทรีย์

4.1.1 ลักษณะทั่วไปและค่าการดูดน้ำของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

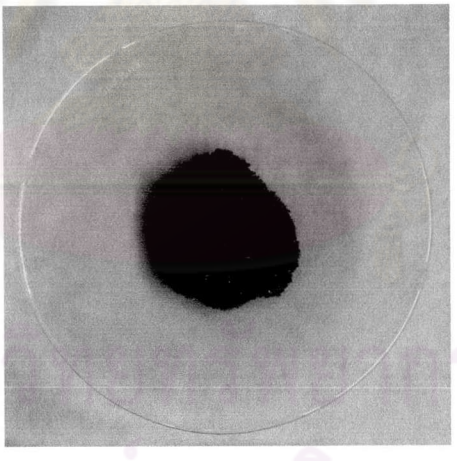
สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้จากการสังเคราะห์ระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีลักษณะเป็นเม็ด ขนาดไม่แน่นอน สีขาว ยกเว้นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่มีสีส้มแดง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 – 4.3 และเมื่อนำมาวัดค่าการดูดน้ำจำนวน 3 ครั้ง พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต



รูปที่ 4.2 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 4.3 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดซึมน้ำของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

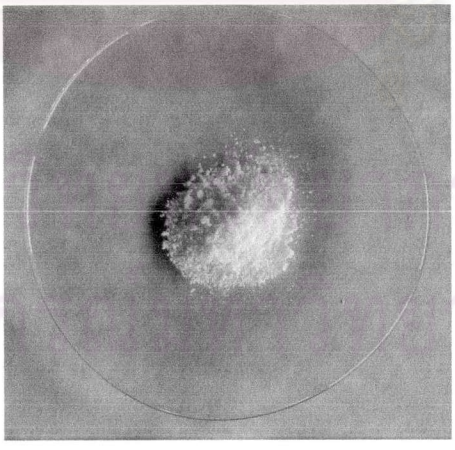
ชนิดของสารประกอบเชิงซ้อน	ค่าการดูดซึมน้ำ (กรัม/กรัม)
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)	1,216 ± 52
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 10 กรัม)	8.4 ± 2.2
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 20 กรัม)	4.1 ± 0.4
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 40 กรัม)	3.2 ± 0.5
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 10 กรัม)	3.1 ± 0.4
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 20 กรัม)	2.5 ± 0.9
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 40 กรัม)	0.4 ± 0.1
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 10 กรัม)	5.2 ± 0.5
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 20 กรัม)	4.6 ± 1.9
พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 40 กรัม)	4.5 ± 0.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

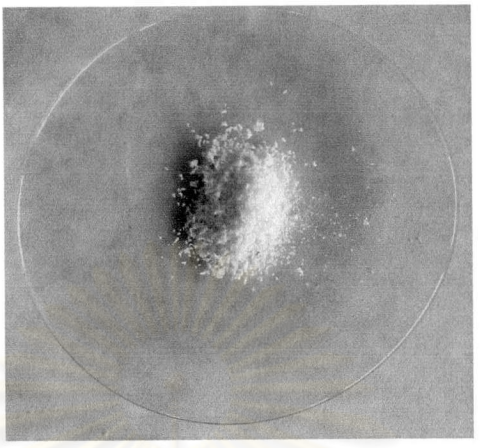
และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) ซึ่งมีค่าการดูดน้ำ 1,216 ± 52 กรัม/กรัม พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตเป็นองค์ประกอบมีค่าการดูดน้ำลดลงประมาณ 99%

4.1.2 ลักษณะทั่วไปและค่าการดูดน้ำของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

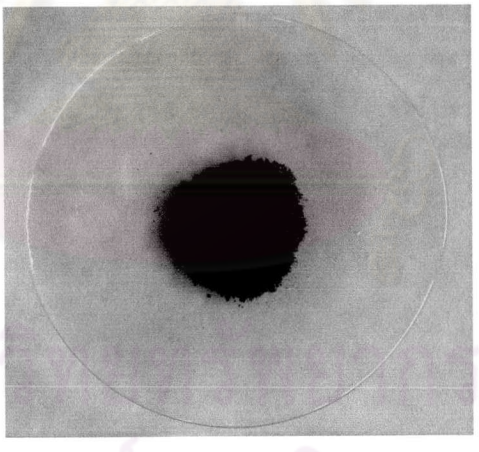
สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้จากการสังเคราะห์ระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีลักษณะเป็นเม็ด ขนาดไม่แน่นอน สีขาว ยกเว้นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่มีสีส้มแดง ดังแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.6 และเมื่อนำมาวัดค่าการดูดน้ำจำนวน 3 ครั้ง พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต



รูปที่ 4.5 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 4.6 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับเฟร์ริกซัลเฟต

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดซึมน้ำของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

ชนิดของสารประกอบเชิงซ้อน	ค่าการดูดซึมน้ำ (กรัม/กรัม)
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด	209 ± 12
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 10 กรัม)	6.8 ± 0.5
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 20 กรัม)	4.1 ± 0.1
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต (20 กรัม + 40 กรัม)	2.5 ± 0.4
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 10 กรัม)	6.2 ± 1.4
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 20 กรัม)	2.0 ± 0.3
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (20 กรัม + 40 กรัม)	1.2 ± 0.7
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 10 กรัม)	5.3 ± 1.3
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 20 กรัม)	3.7 ± 0.3
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟต (20 กรัม + 40 กรัม)	3.4 ± 1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดซึ่งมีค่าการดูดน้ำ 209 ± 12 กรัม/กรัม พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตเป็นองค์ประกอบมีค่าการดูดน้ำลดลงประมาณ 97-99%

4.1.3 การตรวจหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบเชิงซ้อนโดยใช้ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

สารประกอบเชิงซ้อนที่สังเคราะห์ได้ นำไปตรวจหาหมู่ฟังก์ชันโดย FT-IR ได้สเปกตรัมแสดงดังภาคผนวก ข และหมู่ฟังก์ชันแสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

จากตารางที่ 4.3 มีการตรวจพบหมู่คาร์บอกซิเลตไอออน และหมู่เอไมด์ในพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) และในสารประกอบเชิงซ้อน นอกจากนี้พีกเด่นที่ตรวจพบในอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต คือ ที่เลขคลื่น 612, 876 และ 588 cm^{-1} ตามลำดับ มาปรากฏในสารประกอบเชิงซ้อนที่เลขคลื่น 617, 869 และ 601 cm^{-1} ตามลำดับ และ จากตารางที่ 4.4 มีการตรวจพบหมู่คาร์บอกซิเลตไอออน ในแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด และในสารประกอบเชิงซ้อน อีกทั้งยังปรากฏเลขคลื่นที่ 605, 873 และ 606 cm^{-1} ในสารประกอบเชิงซ้อนนี้ด้วย สรุปได้ว่าพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ผ่านหมู่คาร์บอกซิลิกเลตไอออน หรือหมู่เอไมด์ ส่วนแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ผ่านหมู่คาร์บอกซิลิกเลตไอออน

ตารางที่ 4.3 FT-IR ของพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) และสารประกอบเชิงซ้อน

พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ (อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ (อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ (อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟอร์ริกซัลเฟต	
เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3453(s,b)	OH stretching	3441(s,b)	OH stretching	3442(s,b)	OH stretching	3429(s,b)	OH stretching
2955 (w)	CH stretching	2958 (w)	CH stretching	2948 (w)	CH stretching	2954 (w)	CH stretching
1677 (w)	C=O stretching of -$CONH_2$	1721 (m)	C=O stretching of -COOH	1671 (w)	C=O stretching of -$CONH_2$	1721 (m)	C=O stretching of -COOH
1577 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1665 (w)	C=O stretching of -$CONH_2$	1557 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1663 (w)	C=O stretching of -$CONH_2$
1453 (w)	CN stretching of amide	1605 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1462 (s)	CN stretching of amide	1589(m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion
1410 (m)	C=O symmetric for the carboxylate ion	1462 (s)	CN stretching of amide	1417 (m)	C=O symmetric for the carboxylate ion	1462 (s)	CN stretching of amide
		617 (m)	C-Al	869 (w)	C-Ca	1425 (m)	C=O symmetric for the carboxylate ion
						601 (m)	C-Fe

s = strong, m = medium, w = weak, b = broad

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 FT-IR ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด และสารประกอบเชิงซ้อน

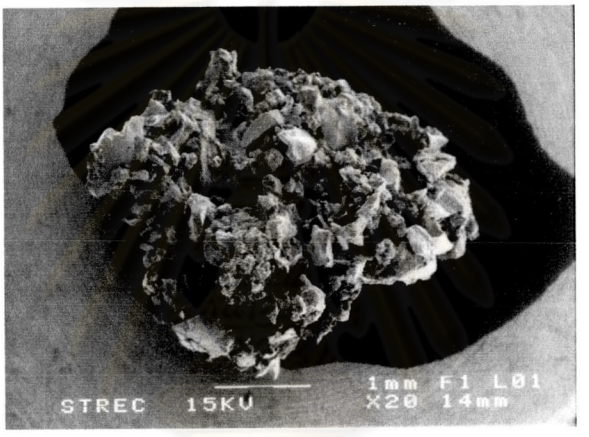
แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์		สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟต	
เลขคลื่น	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น	หมู่ฟังก์ชัน	เลขคลื่น	หมู่ฟังก์ชัน
3455(s,b)	OH stretching	3441(s,b)	OH stretching	3398(s,b)	OH stretching	3422(s,b)	OH stretching
2938 (w)	CH stretching	2946 (w)	CH stretching	2938 (w)	CH stretching	2940 (w)	CH stretching
1721 (m)	C=O stretching of -COOH	1728 (m)	C=O stretching of -COOH	1554 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1721 (m)	C=O stretching of -COOH
1565 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1621 (m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion	1419 (m)	C=O symmetric for the carboxylate ion	1594(m)	C=O asymmetric for the carboxylate ion
1411 (w)	C=O symmetric for the carboxylate ion	605 (w)	C-Al	873 (m)	C-Ca	1426 (m)	C=O symmetric for the carboxylate ion
						606 (m)	C-Fe

s = strong, m = medium, w = weak, b = broad

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

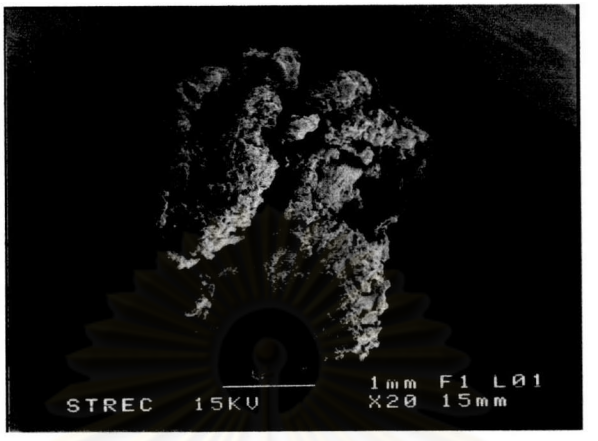
4.1.4 ลักษณะอนุภาคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM)

ผลการศึกษาลักษณะอนุภาคของพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 และ 500 เท่า แสดงดังรูปที่ 4.7-4.14

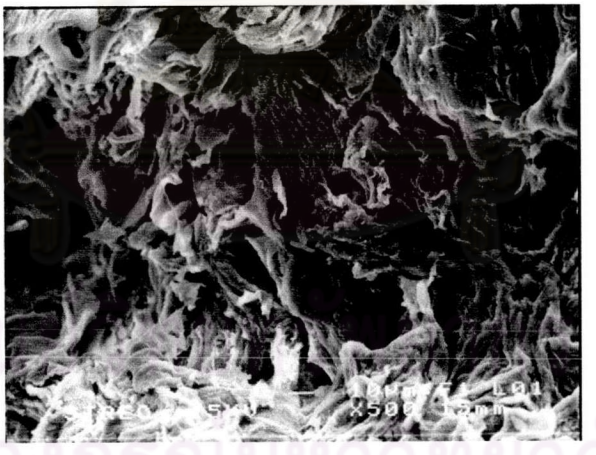


รูปที่ 4.7 SEM ของพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กำลังขยาย 20 เท่า

รูปที่ 4.8 SEM ของพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.9 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า

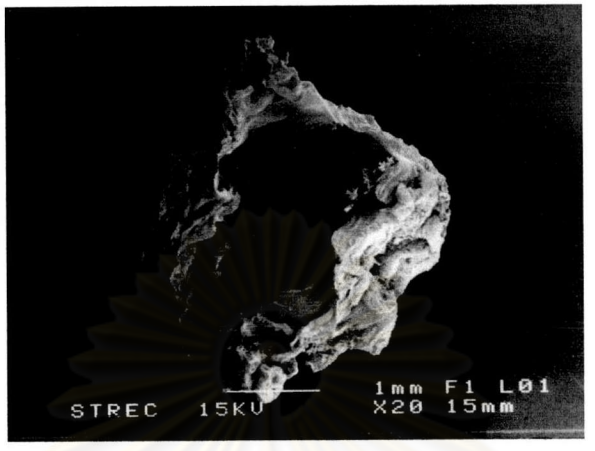


รูปที่ 4.10 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า

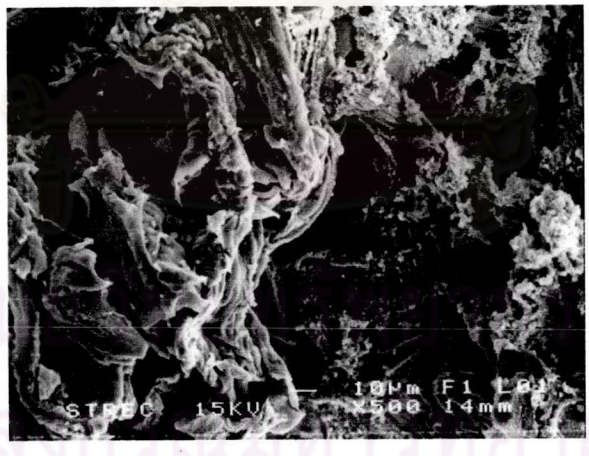
รูปที่ 4.11 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า

รูปที่ 4.12 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า

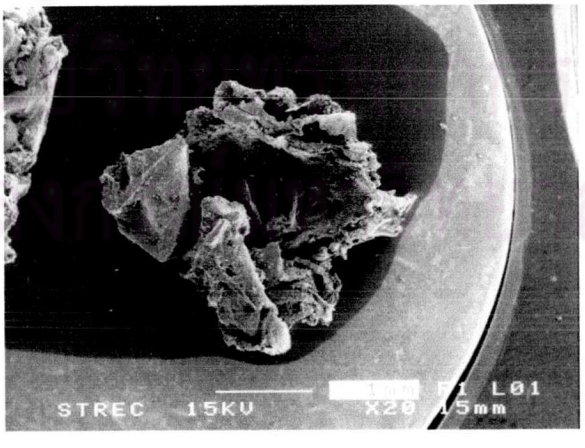


รูปที่ 4.14 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า

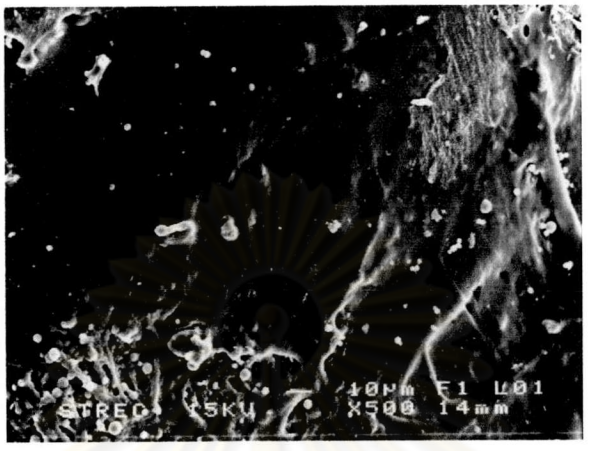
จากรูปที่ 4.7, 4.9, 4.11 และ 4.13 ที่มีกำลังขยาย 20 เท่า พบว่า พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) และสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีรูปร่างไม่แน่นอน และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 500 เท่า พบว่า พอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) มีรูพรุนในบางพื้นที่ บางพื้นที่จะมีผิวเรียบ ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตมีผิวที่ขรุขระเป็นร่องคลื่น สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผิวที่ราบเรียบ ไม่มีร่องหรือรูพรุน และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตมีพื้นผิวไม่ราบเรียบ มีร่องหยักเห็นได้ชัดเจน

4.1.5 ลักษณะอนุภาคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM)

ผลการศึกษาลักษณะอนุภาคของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 และ 500 เท่า แสดงดังรูปที่ 4.15-4.22

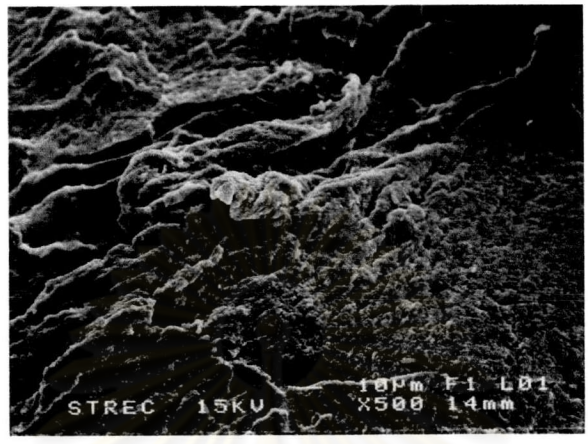


รูปที่ 4.15 SEM ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดที่กำลังขยาย 20 เท่า



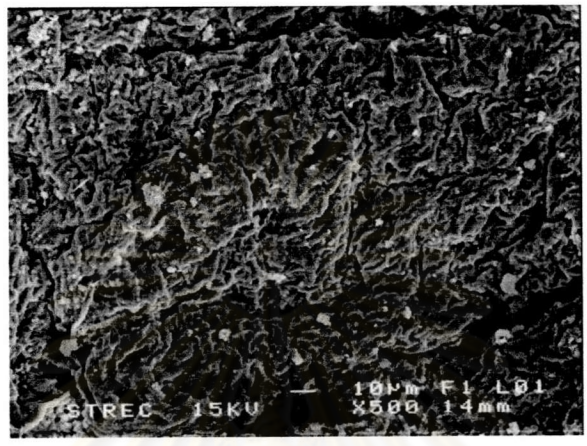
รูปที่ 4.16 SEM ของแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดที่กำลังขยาย 500 เท่า

รูปที่ 4.17 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า

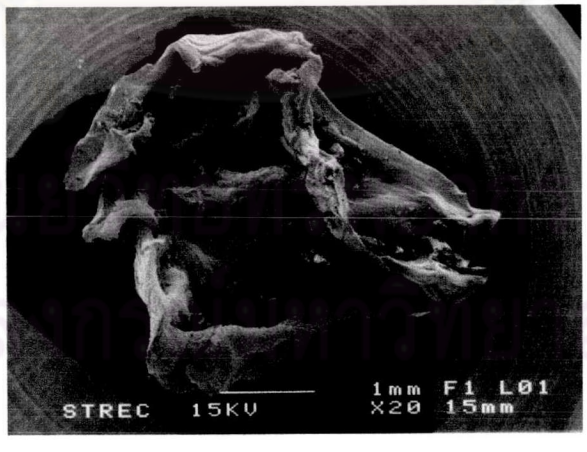


รูปที่ 4.18 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า

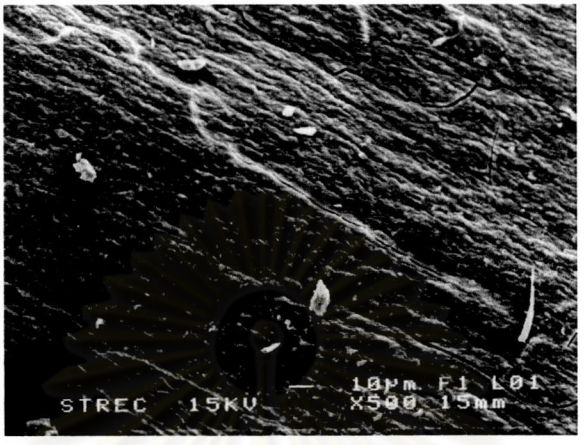
รูปที่ 4.19 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า



รูปที่ 4.20 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 4.21 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 20 เท่า

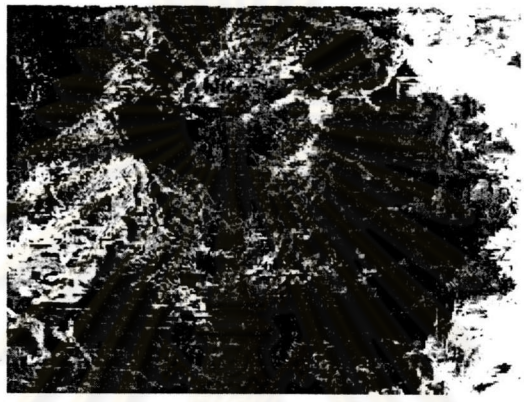


รูปที่ 4.22 SEM ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 กำลังขยาย 500 เท่า

จากรูปที่ 4.15, 4.17, 4.19 และ 4.21 ที่มีกำลังขยาย 20 เท่า พบว่า แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด และสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตมีรูปร่างไม่แน่นอน และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 500 เท่า พบว่า แป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดมีพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ ไม่มีรูพรุน ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตมีผิวแบนราบขรุขระลักษณะเป็นคลื่น สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผิวแบนราบขรุขระและมีลอยแตกที่ผิวในบางพื้นที่ และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตมีพื้นผิวแบนราบขรุขระและมีรอยแตก

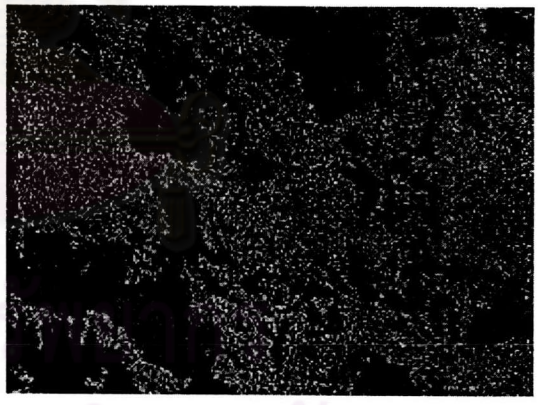
4.1.6 ความหนาแน่นของโลหะในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM)

ผลการศึกษาความหนาแน่นของโลหะในสารประกอบเชิงซ้อนด้วย SEM แสดงดังรูปที่ 4.23 - 4.25



ก)

ข)



ค)

รูปที่ 4.23 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

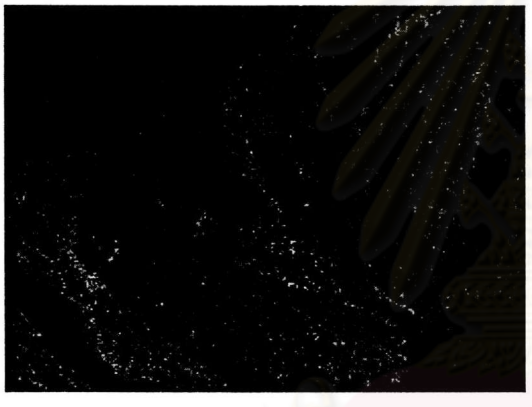
ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต

ข) Mapping ของคาร์บอน

ค) Mapping ของอะลูมิเนียม

จากรูปที่ 4.23 เห็นได้ว่าอะลูมิเนียมและคาร์บอนมีพื้นที่ซ้อนทับส่วนใหญ่เหมือนกัน

ก)



ข)

ค)

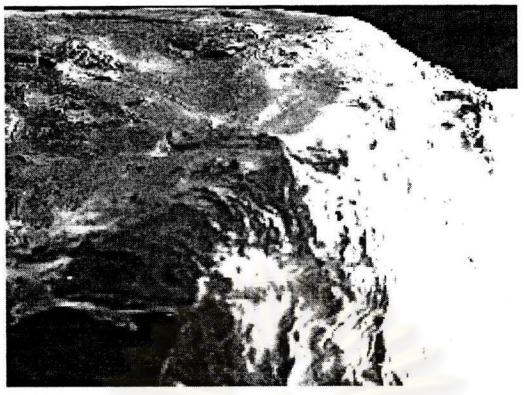
รูปที่ 4.24 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ข) Mapping ของคาร์บอน

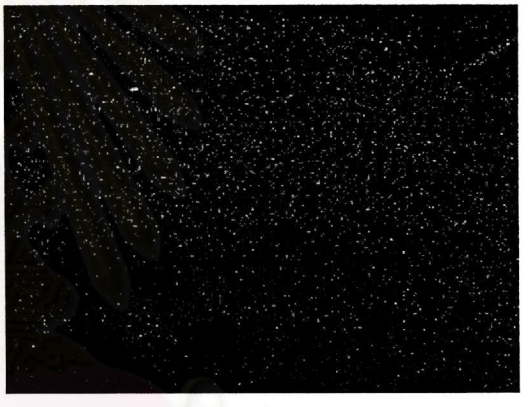
ค) Mapping ของแคลเซียม

จากรูปที่ 4.24 เห็นได้ว่าแคลเซียมมีความหนาแน่น และมีการกระจายตัวในพื้นที่มากกว่าคาร์บอน



ก)

ข)



ค)

รูปที่ 4.25 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับ เฟร์ริกซัลเฟต

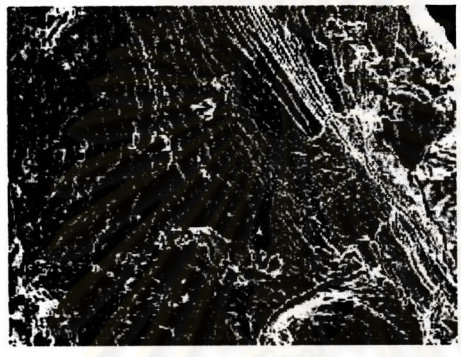
ข) Mapping ของคาร์บอน

ค) Mapping ของเฟร์ริก

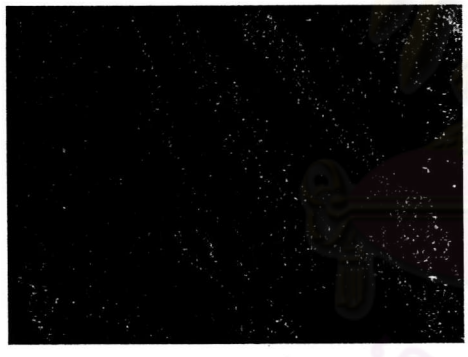
จากรูปที่ 4.25 เห็นได้ว่าเฟร์ริกมีความหนาแน่น และการกระจายตัวในพื้นที่น้อยกว่าคาร์บอน

4.1.7 ความหนาแน่นของโลหะในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตด้วย Scanning Electron Microscopy (SEM)

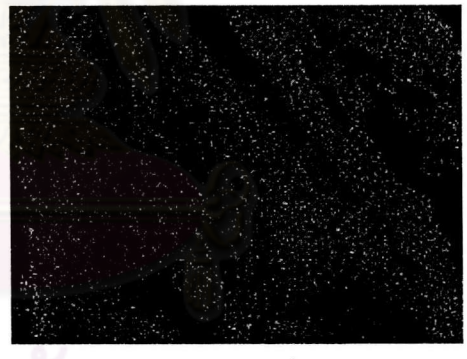
ผลการศึกษาความหนาแน่นของโลหะในสารประกอบเชิงซ้อนด้วย SEM แสดงดังรูปที่ 4.26-4.28



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 4.26 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

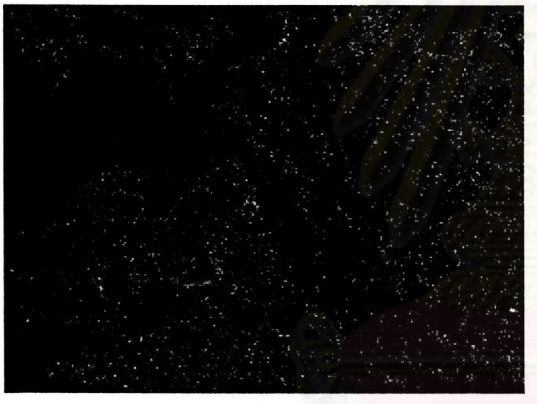
ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับอะลูมิเนียมซัลเฟต

ข) Mapping ของคาร์บอน

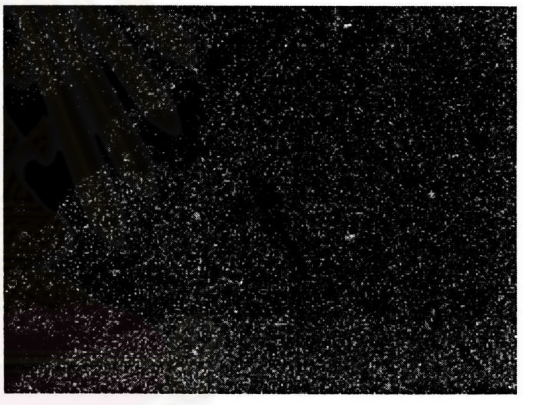
ค) Mapping ของอะลูมิเนียม

จากรูปที่ 4.26 เห็นได้ว่าอะลูมิเนียมมีความหนาแน่นและการกระจายตัวพอ ๆ กับคาร์บอน

ก)



ข)



ค)

รูปที่ 4.27 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

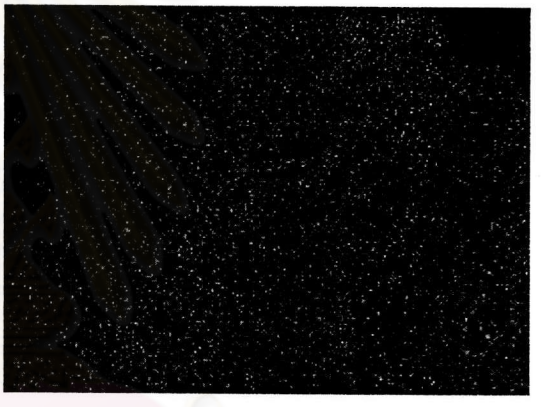
ข) Mapping ของคาร์บอน

ค) Mapping ของแคลเซียม

จากรูปที่ 4.27 เห็นได้ว่าแคลเซียมมีความหนาแน่น และมีการกระจายตัวในพื้นที่มากกว่าคาร์บอน

ก)

ข)



ค)

รูปที่ 4.28 Mapping ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

ก) สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด กับเฟร์ริกซัลเฟต

ข) Mapping ของคาร์บอน

ค) Mapping ของเฟร์ริก

จากรูปที่ 4.28 เห็นได้ว่าเฟร์ริกมีความหนาแน่นน้อยกว่าคาร์บอน แต่ก็มีในบางพื้นที่ที่มีเฟร์ริกแต่ไม่มีคาร์บอน

4.1.8 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ผลการศึกษาพบว่าในพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) มีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม อะลูมิเนียม และซัลเฟอร์ โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณและองค์ประกอบในพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	40.36
O	45.43
Na	13.95
Al	0.19
S	0.08

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตมีองค์ประกอบ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม อะลูมิเนียม และซัลเฟอร์ โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	40.63
O	46.53
Na	1.19
Al	5.51
S	1.39

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน แมกนีเซียม และแคลเซียม โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	8.11
O	41.47
Mg	0.58
Ca	49.57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตมีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม อะลูมิเนียม ซัลเฟอร์ และเฟร์ริก โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)กับเฟร์ริกซัลเฟต

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	39.93
O	56.74
Na	0.81
Al	1.27
S	0.66
Fe	0.59

จากตารางที่ 4.5-4.8 พบว่าพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) มีโซเดียมเป็นองค์ประกอบถึง 13.95% แต่เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต พบว่าโซเดียมเหลืออยู่เพียง 0.8 - 1.19% แต่กลับมีปริมาณอะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริกเพิ่มขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าอะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริก เข้าไปแทนที่โซเดียม

4.1.9 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ผลการศึกษาพบว่าในแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดมีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม และโพแทสเซียม โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณและองค์ประกอบในแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	36.26
O	49.25
Na	0.34
K	14.14

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตมีองค์ประกอบ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม อะลูมิเนียม ซัลเฟอร์ และโพแทสเซียม โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	41.54
O	51.94
Na	0.38
Al	4.81
S	1.16
K	0.16

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียม โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	17.10
O	45.44
Mg	0.30
K	0.25
Ca	44.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการศึกษาพบว่าในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตมีองค์ประกอบได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม ซัลเฟอร์ และเฟร์ริก โดยมีปริมาณของธาตุดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณและองค์ประกอบในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟต

ธาตุ	ปริมาณ(%)
C	36.06
O	46.93
Na	0.83
S	0.95
Fe	14.27

จากตารางที่ 4.9 - 4.12 พบว่าแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบถึง 14.14% แต่เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต พบว่าโซเดียมเหลืออยู่เพียง 0.16-0.25% แต่กลับมีปริมาณอะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริกเพิ่มขึ้น นั่นแสดงให้เห็นว่าอะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริก เข้าไปแทนที่โพแทสเซียม

ผลการศึกษาค่าการดูดน้ำ การตรวจหาหมู่ฟังก์ชันด้วย FT-IR และองค์ประกอบของธาตุในสารประกอบเชิงซ้อน แสดงให้เห็นว่า อะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต สามารถทำปฏิกิริยากับพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) และแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิด เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ โดยการที่อะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริกสามารถจับกับหมู่คาร์บอกซิเลตของพอลิเมอร์ตั้งต้นได้ 2 – 3 หมู่ เป็นผล

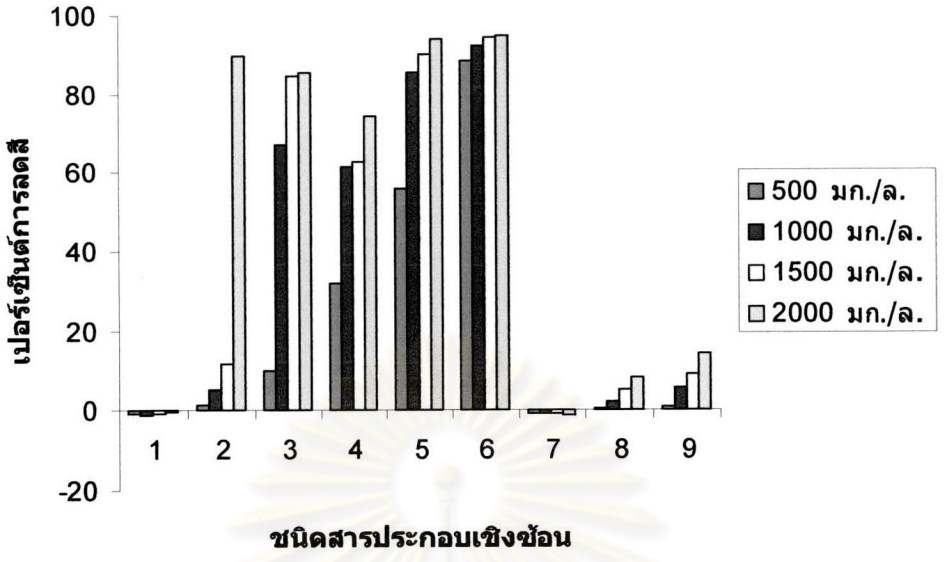
ให้อะลูมิเนียม แคลเซียม และเฟร์ริกทำหน้าที่คล้ายตัวเชื่อมระหว่างสายพอลิเมอร์ทำให้สารประกอบเชิงซ้อนมีค่าการดูดน้ำลดลงจากพอลิเมอร์ตั้งต้น

4.2 ผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์

4.2.1 การใช้สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ตามลำดับ

ในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์โดยสีที่ใช้ได้แก่สีไดเร็กต์ที่มีความเข้มข้น 49.1-51.0 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเติมสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต 500, 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยปรับน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีพีเอช 7 ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.29

จากรูปที่ 4.29 เห็นได้ว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นองค์ประกอบในอัตราส่วน 1:0.5 ไม่สามารถลดสีได้ ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 1.3-89.5% โดยปริมาณสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตเมื่อมีการใช้เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการลดสีก็เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนที่มีอัตราส่วน 1:0.5 1:1 และ 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 31.9-94.9% ซึ่งประสิทธิภาพในการลดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในอัตราส่วน 0:0.5 ไม่พบว่าสามารถลดสีได้ ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 0.5-14%



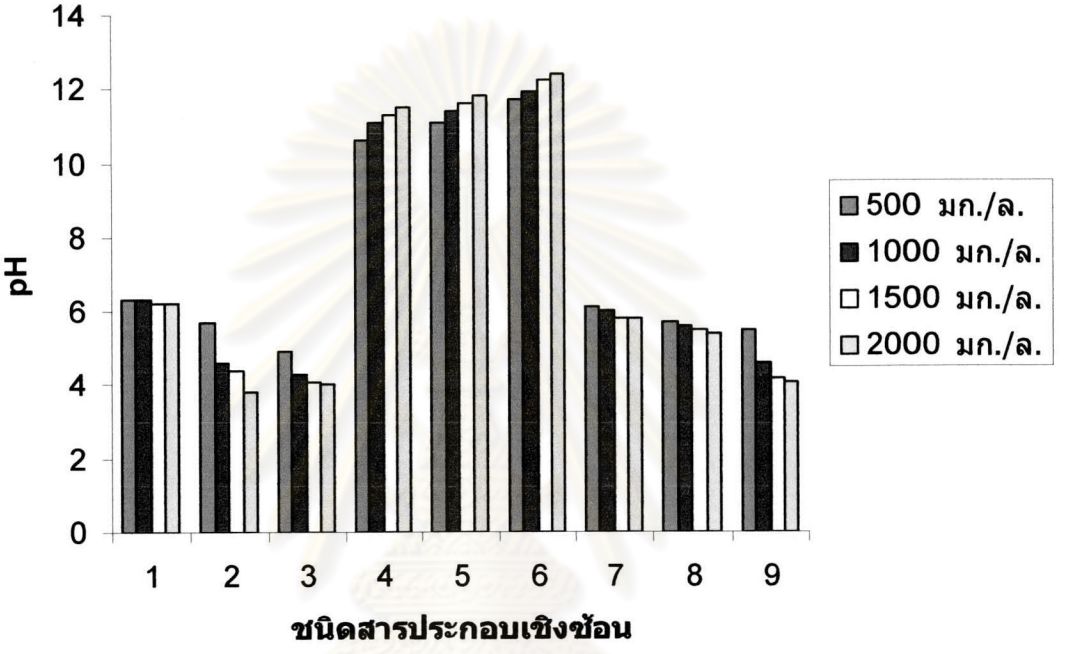
รูปที่ 4.29 เปอร์เซ็นต์การลดสีโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5
2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1
3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2
4 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5
5 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1
6 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2
7 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5
8 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1
9 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเห็นได้ว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปได้แก่สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร อัตราส่วน 1:2 ในปริมาณ 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5 ในปริมาณ 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ในปริมาณ 500, 1000, 1500, 2000 มิลลิกรัม/ลิตร

จากรูปที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดด้วยสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตมีสภาพค่อนไปทางเป็น

กรด โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-6.3 และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 4.1-6.1 ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีสภาพเป็นด่าง โดยมีพีเอชอยู่ในช่วง 9.9-11.7



รูปที่ 4.30 ค่าพีเอชภายหลังการบำบัดโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5

2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

4 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5

5 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

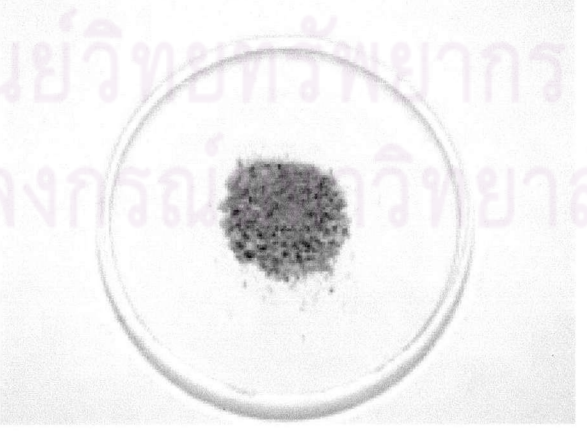
6 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2

7 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5

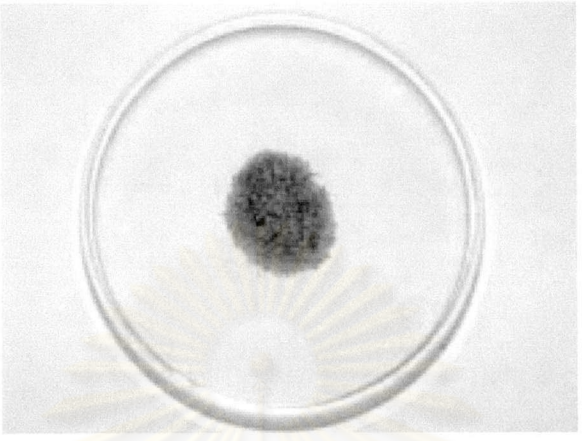
8 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

9 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

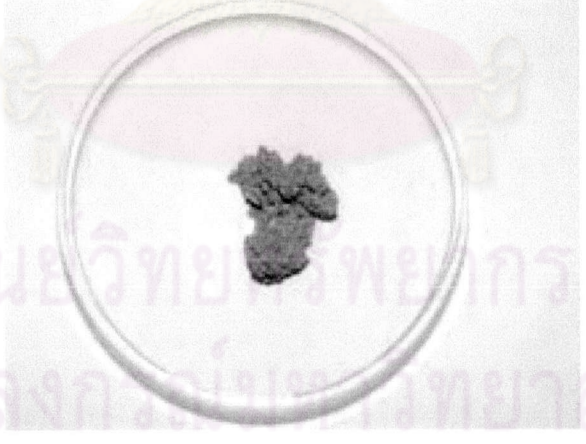
เมื่อกรองสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์และเฟร์ริกซัลเฟต ภายหลังการบำบัดที่สามารถลดสีได้มากกว่า 50% ได้แก่ สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 ในปริมาณ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต มีทั้งที่ติดสีม่วงอ่อน สีม่วง และสีม่วงอมน้ำเงิน ลักษณะเป็นเม็ดไม่เกาะกันเป็นก้อน ในขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมซัลเฟต มีทั้งที่ติดสีม่วง สีม่วงอมน้ำเงิน และน้ำเงิน เม็ดของสารประกอบเชิงซ้อนเกาะกันเป็นก้อน ดังแสดงในรูปที่ 4.31 – 4.35 และเมื่อนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 320 เท่า พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีลักษณะโปร่งแสง ติดสีม่วงไม่สม่ำเสมอโดยบริเวณสันจะติดสีเข้มกว่าบริเวณอื่น พื้นผิวบางแห่งแบน ขรุขระเล็กน้อย ในขณะที่บางพื้นผิวจะมีลักษณะเป็นร่องลึก ขรุขระมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.36 – 4.37 ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5, 1:1 และ 1:2 มีลักษณะคล้ายผลึกหินปูน การติดสีไม่สม่ำเสมอ พื้นผิวบางแห่งแบนขรุขระเล็กน้อย บางพื้นผิวมีความขรุขระมาก โดยที่อัตราส่วน 1:0.5 บางพื้นผิวจะมีลักษณะใสเป็นมันวาว ดังแสดงในรูปที่ 4.38 ส่วนที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะทึบแสง กล่าวคือจะไม่เห็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องผ่านมาจากด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.39 – 4.40



รูปที่ 4.31 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด

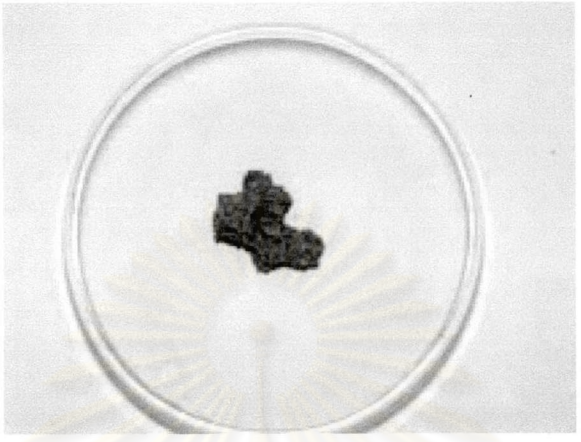


รูปที่ 4.32 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด



รูปที่ 4.33 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5 ภายหลังการบำบัด

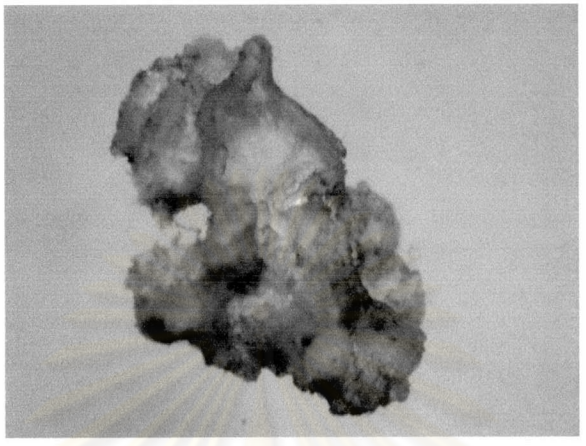
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



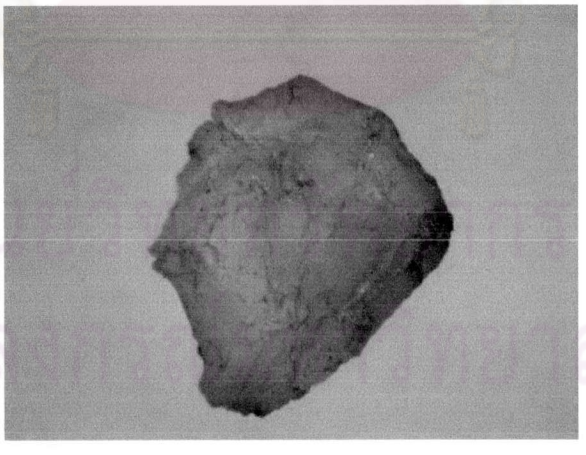
รูปที่ 4.34 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด

รูปที่ 4.35 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด

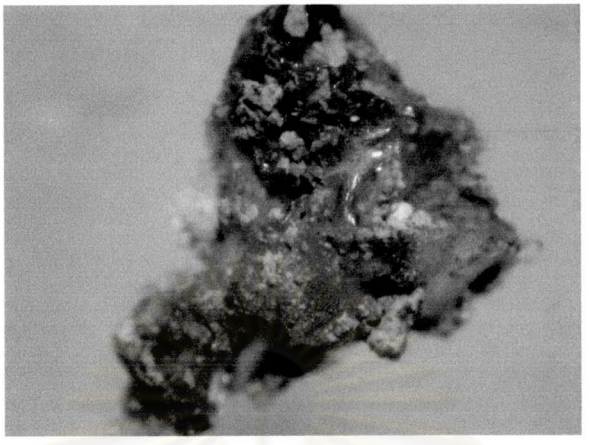
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.36 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

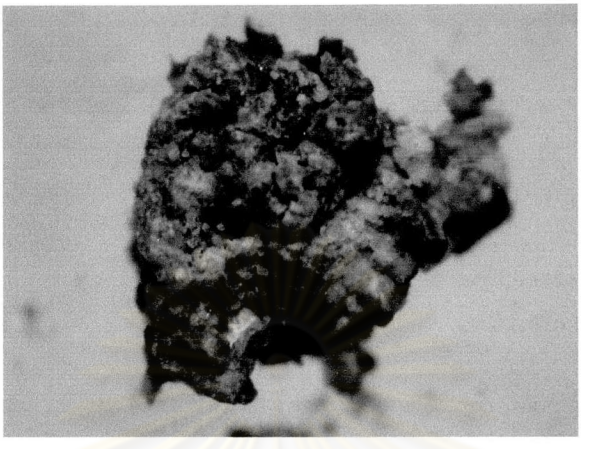


รูปที่ 4.37 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า



รูปที่ 4.38 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

รูปที่ 4.39 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า



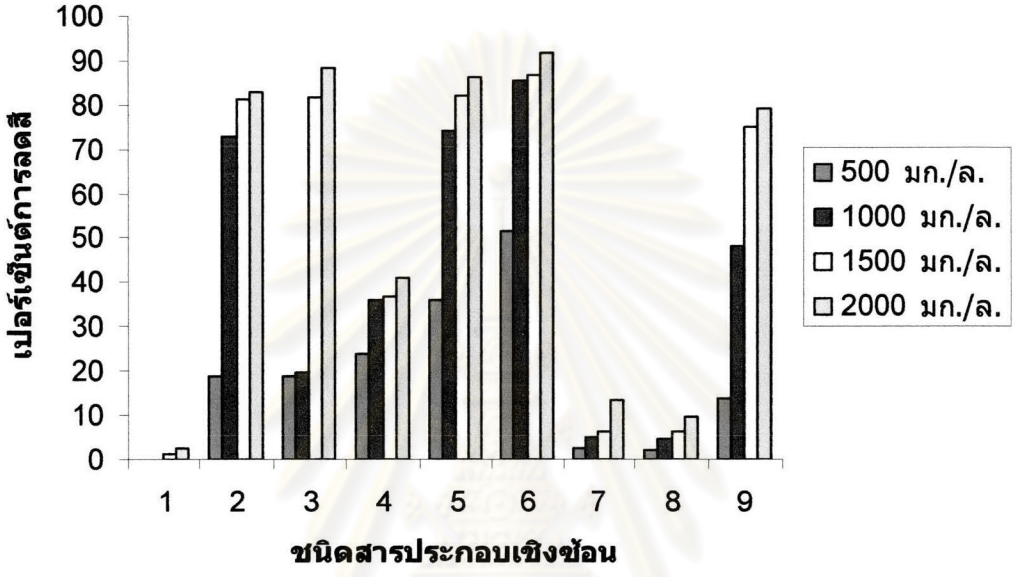
รูปที่ 4.40 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

4.2.2 การใช้สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

ในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์โดยสีที่ใช้ ได้แก่ สีไดเร็กต์ที่มีความเข้มข้น 50.1-51.0 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเติมสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต 500, 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปรับน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีพีเอช 7 ได้ผลดังรูปที่ 4.41

จากรูปที่ 4.41 เห็นได้ว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียมซัลเฟตเป็นองค์ประกอบในอัตราส่วน 1:0.5 สามารถลดสีของน้ำเสียได้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 18.7-88.4% โดยปริมาณสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตเมื่อมีการใช้เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการลดสีก็เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อพิจารณาสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนที่มีอัตราส่วน 1:0.5

1:1 และ 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 13.9-91.7% ซึ่งประสิทธิภาพในการลดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในอัตราส่วน 0:0.5 และ 1:1 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 2.0-13.2% ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 สามารถลดสีได้ตั้งแต่ 13.7-79.0%

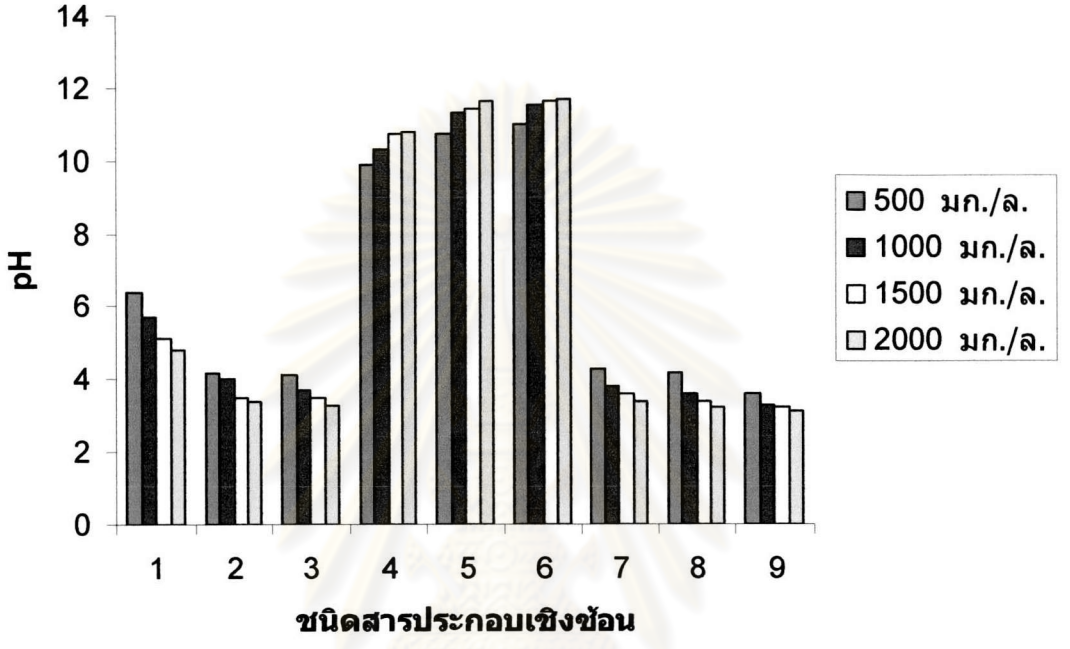


รูปที่ 4.41 เปอร์เซ็นต์การลดสีโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5
2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1
3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2
4 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5
5 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1
6 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2
7 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5
8 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1
9 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

ผลการทดลองเห็นได้ว่าสารประกอบเชิงซ้อนที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปได้แก่ สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร อัตราส่วน 1:2 ในปริมาณ 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ

1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร อัตราส่วน 1:2 ในปริมาณ 500, 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร และ สารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ในปริมาณ 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร



รูปที่ 4.42 ค่าพีเอชภายหลังการบำบัดโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5

2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

4 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:0.5

5 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

6 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2

7 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:0.5

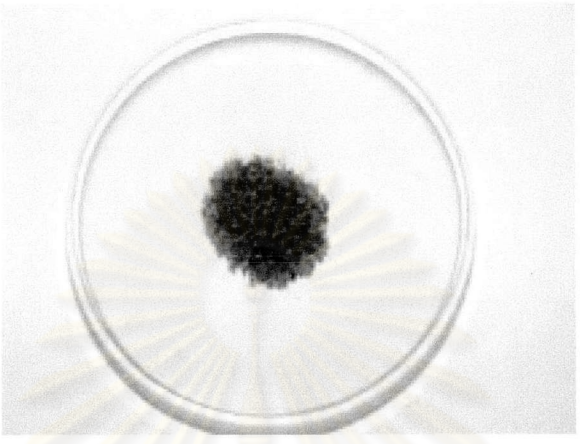
8 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1

9 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2

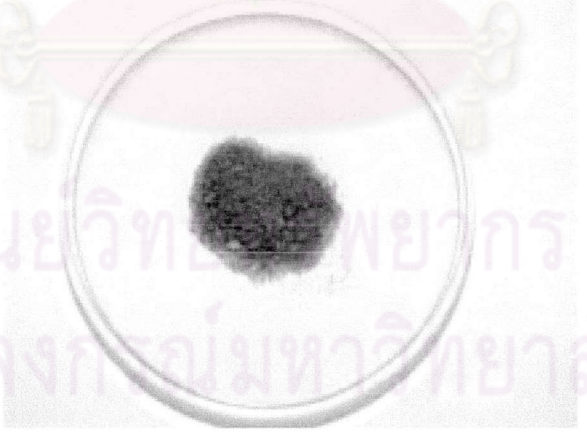
จากรูปที่ 4.42 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดด้วยสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตมีสภาพค่อนไปทางเป็นกรด โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่

ในช่วง 3.3 - 6.4 และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 3.1 - 4.3 ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีสภาพเป็นด่าง โดยมีพีเอชอยู่ในช่วง 10.6 - 12.4

เมื่อกรองสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ภายหลังการบำบัดที่สามารถลดสีได้มากกว่า 50% ได้แก่ สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในปริมาณ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต มีทั้งที่ติดสีม่วงอ่อน สีม่วง และสีม่วงอมน้ำเงิน ลักษณะเป็นเม็ดไม่เกาะกันเป็นก้อน ในขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมซัลเฟต มีทั้งที่ติดสีม่วง สีม่วงอมแดง สีม่วงอมน้ำเงิน และน้ำเงิน ลักษณะเป็นเม็ดไม่เกาะกันเป็นก้อน ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตยังคงมีสีส้มแต่บางส่วนมีสีคล้ำมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.43 – 4.47 และเมื่อนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 320 เท่า พบว่า สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 มีลักษณะโปร่งแสง ติดสีน้ำเงิน พื้นผิวแบน ขรุขระปานกลาง ส่วนที่อัตราส่วน 1:2 มีลักษณะโปร่งแสง ติดสีม่วงแดงไม่สม่ำเสมอโดยบริเวณสันจะติดสีเข้มกว่าบริเวณอื่น พื้นผิวจะมีลักษณะเป็นร่องลึก ขรุขระมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.48 – 4.49 สารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีลักษณะคล้ายผลึกหินปูน การติดสีไม่สม่ำเสมอ พื้นผิวบางแห่งแบนขรุขระเล็กน้อย บางพื้นผิวมีความขรุขระมาก โดยที่อัตราส่วน 1:1 มีลักษณะโปร่งแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.50 ส่วนที่อัตราส่วน 1:2 พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะทึบแสง กล่าวคือจะไม่เห็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องผ่านมาจากด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.51 และสารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 มีสีส้มแต่ในบางพื้นที่เห็นสีสีเขียวคล้ำ ลักษณะทึบแสง พื้นผิวขรุขระปานกลางถึงมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.52

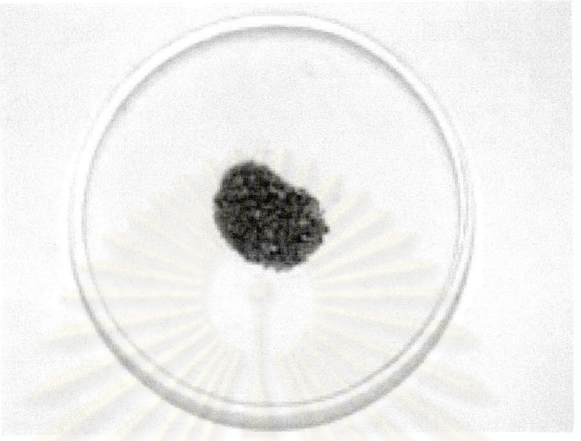


รูปที่ 4.43 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด

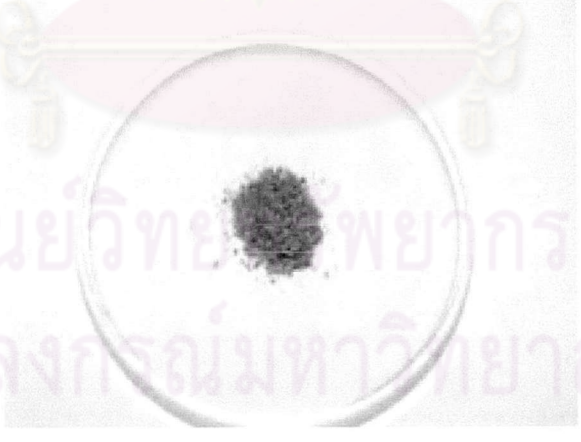


รูปที่ 4.44 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

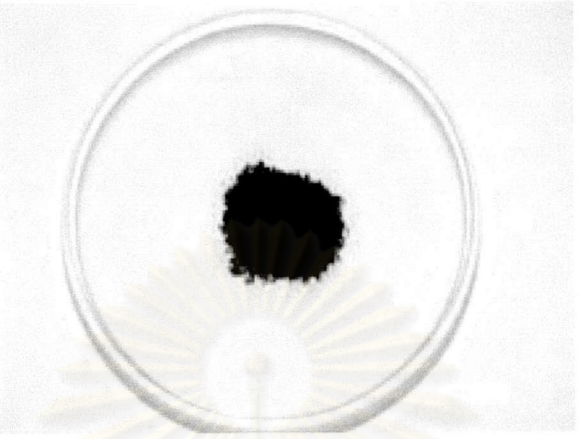


รูปที่ 4.45 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด



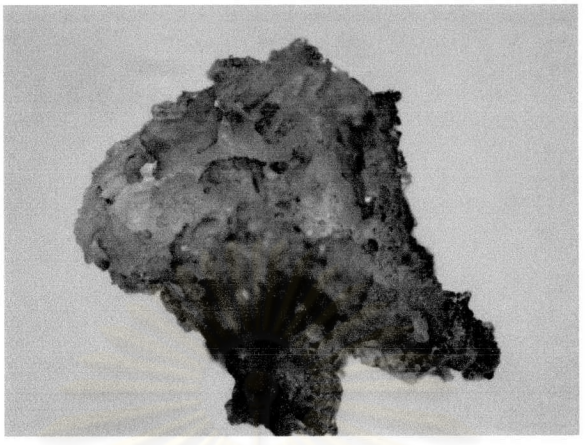
รูปที่ 4.46 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

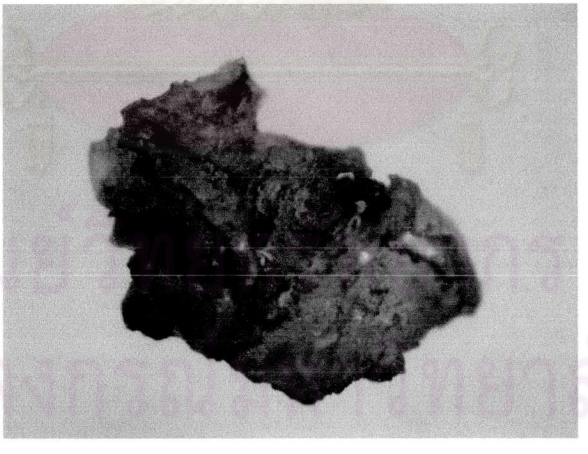


รูปที่ 4.47 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด

รูปที่ 4.48 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า



รูปที่ 4.49 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า



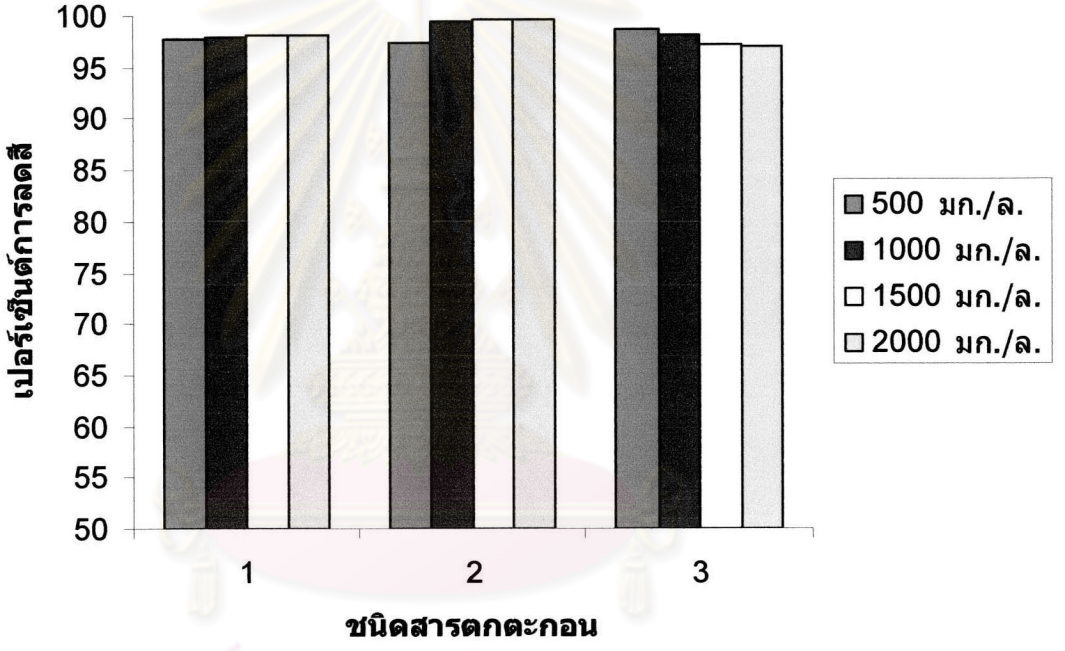
รูปที่ 4.50 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

รูปที่ 4.51 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

รูปที่ 4.52 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับเฟร์ริกซัลเฟตที่อัตราส่วน 1:2 ภายหลังการบำบัด ที่กำลังขยาย 320 เท่า

4.2.3 การใช้สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต

ในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์โดยสีที่ใช้ ได้แก่ สีไดเร็กต์ที่มีความเข้มข้น 48.3-50.2 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเติมสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต 500, 1000, 1500 และ 2000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปรับน้ำเสียสังเคราะห์ให้มีพีเอช 7 ได้ผลดังรูปที่ 4.53



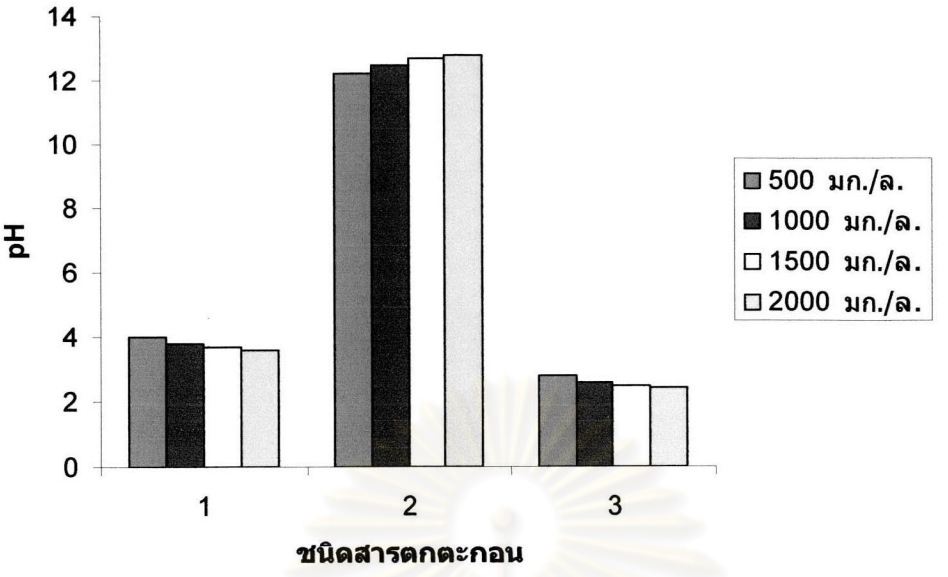
รูปที่ 4.53 เปอร์เซ็นต์การลดสีโดยใช้สารตกตะกอน

1 = อะลูมิเนียมซัลเฟต

2 = แคลเซียมไฮดรอกไซด์

3 = เฟร์ริกซัลเฟต

จากรูปที่ 4.53 เห็นได้ว่าอะลูมิเนียมซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการลดสีได้ 97.7-98.2% แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพในการลดสีได้ 97.4-99.7% และ เฟร์ริกซัลเฟตมีประสิทธิภาพในการลดสีได้ 97.0-98.6%



รูปที่ 4.54 พีเอชภายหลังการบำบัดโดยใช้สารตกตะกอน

1 = อะลูมิเนียมซัลเฟต

2 = แคลเซียมไฮดรอกไซด์

3 = เฟร์ริกซัลเฟต

จากรูปที่ 4.54 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดด้วยอะลูมิเนียมซัลเฟต และเฟร์ริกซัลเฟตมีสภาพค่อนไปทางเป็นกรด โดยน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 3.6-4.0 และน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเฟร์ริกซัลเฟตในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 2.4-2.8 ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์ภายหลังการบำบัดที่ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีสภาพเป็นด่าง โดยมีพีเอชอยู่ในช่วง 12.2-12.8

ผลการศึกษาการลดสีด้วยการใช้สารประกอบเชิงซ้อน และการใช้สารตกตะกอนอนินทรีย์ แสดงให้เห็นว่า สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียมซัลเฟต และเฟร์ริกซัลเฟตสามารถลดสีได้ในสภาวะที่เป็นกรด ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถลดสีได้ในสภาวะที่เป็นเบส โดยกลไกในการลดสีนั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกอะลูมิเนียมไอออน แคลเซียมไอออน และเฟร์ริกไอออนที่ออกมาจากสารประกอบเชิงซ้อนจับกับประจุลบของสีไดเร็กต์เกิดเป็นตะกอนขึ้น เช่นเดียวกับสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต

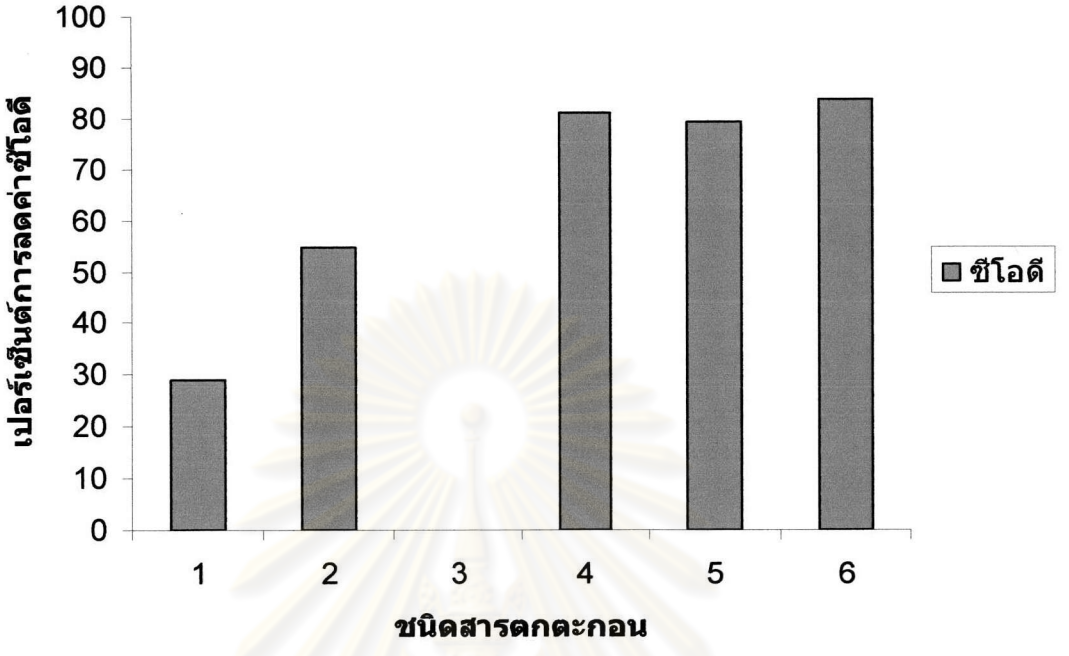
แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต จากนั้นตะกอนจะตกลงสู่ก้นภาชนะ โดยตะกอนของสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต มีน้ำหนักมากกว่าตะกอนที่เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้ตะกอนดังกล่าวจมตัวสู่ก้นภาชนะได้ดีกว่า ส่วนที่สอง คือ สารประกอบเชิงซ้อนที่มีอะลูมิเนียม แคลเซียมและเฟร์ริกเป็นองค์ประกอบมีผลให้พอลิเมอร์ที่ใช้มีประจุบวกร่วมอยู่ด้วย จึงสามารถดูดประจุลบของสีไดเร็กต์ ทำให้สารประกอบเชิงซ้อนดูดติดสีไดเร็กต์ที่ใช้ได้

4.2.4 การหาประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี และปริมาณโลหะที่ปะปนในน้ำภายหลังการบำบัด

ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้สารในการบำบัดที่ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดมากกว่า 50% และใช้ปริมาณสารเพียง 500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งพบว่าสารที่ใช้ในการบำบัดได้แก่ สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์)กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 เปรียบเทียบกับสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ได้ผลดังรูป 4.55

จากรูปที่ 4.55 จะพบว่า สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต สามารถลดค่าซีโอดีได้ 80.9, 79.0 และ 83.8% ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ที่สามารถลดค่าซีโอดีได้ 29.0 และ 54.8% ตามลำดับ ส่วนสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 กลับไปทำให้ค่าซีโอดีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการใช้สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 อัตราส่วน 1:2 และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับ

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ทำให้มีแคลเซียมเหลืออยู่ในน้ำ 24.5, 38 และ 17.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งน้อยกว่าสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ถึง 80-91% ดังแสดงในรูปที่ 4.56



รูปที่ 4.55 เปอร์เซ็นต์การกำจัดซีโอดีโดยใช้สารตกตะกอน

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2

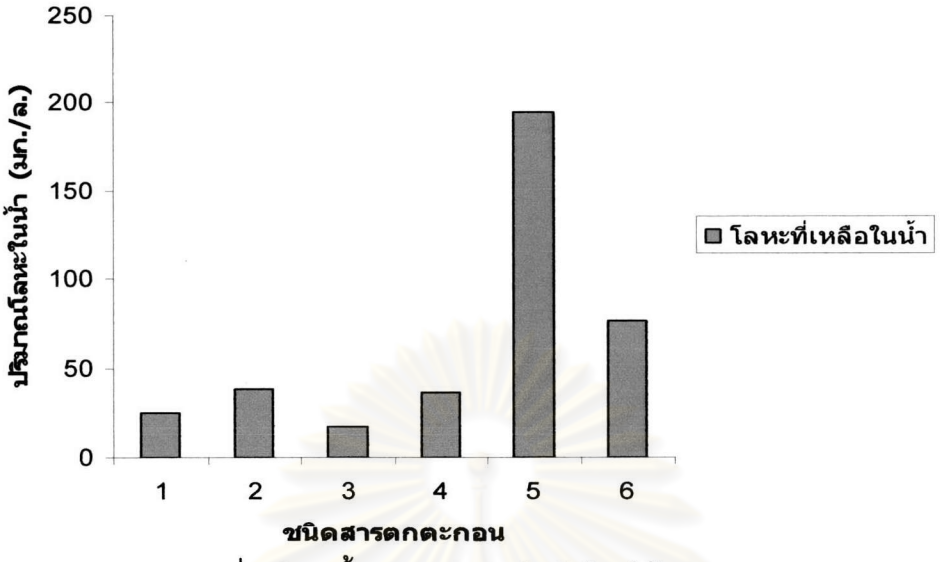
3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2

4 = อะลูมิเนียมซัลเฟต

5 = แคลเซียมไฮดรอกไซด์

6 = เฟร์ริกซัลเฟต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.56 ปริมาณโลหะที่เหลือในน้ำภายหลังการบำบัดโดยใช้สารตกตะกอน

1 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1

2 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2

3 = สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1::2

4 = อะลูมิเนียมซัลเฟต

5 = แคลเซียมไฮดรอกไซด์

6 = เฟร์ริกซัลเฟต

4.3 การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ

จากการวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการย้อมพบว่า น้ำเสียโทนสีกากีนี้มีการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร เท่ากับ 0.316 และมีค่าซีโอดีเท่ากับ 843 มก./ล. และเมื่อนำมาบำบัดด้วยสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 เปรียบเทียบกับสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ร้อยละการลดค่าสีและค่าซีโอดี

สารตกตะกอน	% สีที่ลดลง	% ซีโอดีที่ลดลง
สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1	-	3.5
สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2	-	4.2
สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2	-	-
อะลูมิเนียมซัลเฟต	90	72
แคลเซียมไฮดรอกไซด์	79	59
เฟร์ริกซัลเฟต	25	77

จากตารางจะพบว่า อะลูมิเนียมซัลเฟตดีที่สุดในการลดสี คือ ร้อยละ 90 รองลงมาได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และเฟร์ริกซัลเฟต ในขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ไม่สามารถลดสีได้ ส่วนการลดค่าซีโอดีนั้นพบว่า เฟร์ริกซัลเฟตให้ประสิทธิภาพในการลดซีโอดีได้ดีที่สุดคือ ร้อยละ 77 ในขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนนั้นยังไม่สามารถลดซีโอดีได้มากนัก

การที่สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพอลิ(อะคริลิกแอซิด-โค-อะคริลาไมด์) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกราฟต์พอลิอะคริลิกแอซิดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1:2 ไม่สามารถลดสีและลดซีโอดีได้ไม่เกิน 4.2% เนื่องจากน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ได้มานั้นมีความสลับซับซ้อนกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ กล่าวคือ ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ประกอบด้วยสี 3 ชนิด และมีโซเดียมคลอไรด์เป็นสารช่วยย้อม ซึ่งโซเดียมอาจไปแทนที่ของแคลเซียมจึงไปลดทอนประสิทธภาพในการบำบัดน้ำเสียของสารปะกอบเชิงซ้อนลง รวมทั้งปริมาณของสารประกอบเชิงซ้อน และพีเอชที่ใช้อาจไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย