

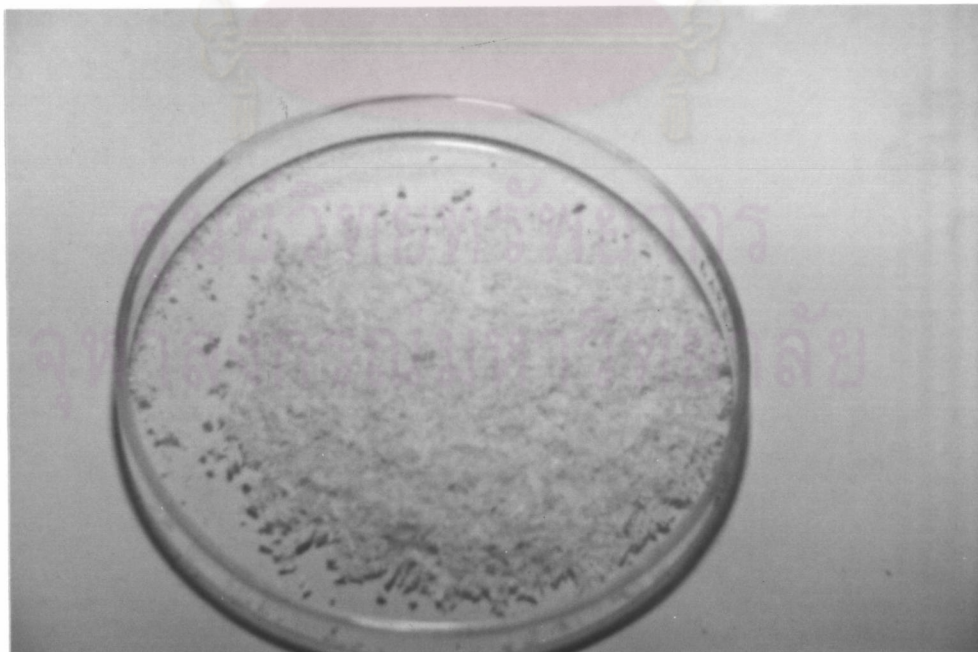


บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

5.1 การเตรียมโคแอกกูแลนต์จากไคโทแซน

ไคโทแซนที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ยูนิคอร์ด์ จำกัด ซึ่งเป็นไคโทแซนที่สกัดสำเร็จรูปมาแล้ว มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ (Flake) ดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดยนำมาจากเปลือกกุ้งที่ได้จากโรงงานอาหารทะเลของบริษัทฯ ไปทำการแยกโปรตีนออกด้วยด่างและแยกเปลือก (CaCO_3) ออกด้วยกรด ก็จะได้ไคโทแซนตามต้องการ ไคโทแซนที่ได้จะประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักเปลือกแห้งหรือประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักสดทั้งหมด (อุดมชัย, 2535) เกล็ดของไคโทแซนที่ได้จะต้องเก็บไว้ในที่แห้งเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพจากความชื้น ถึงแม้ว่าไคโทแซนจะไม่ละลายในน้ำก็ตาม

นอกจากนี้ยังมีวิธีที่ใช้ไอน้ำและความดันเข้าร่วมในกระบวนการเพื่อประหยัดกรดและด่าง แต่กรรมวิธียังไม่เป็นที่เปิดเผย



รูปที่ 5.1 ลักษณะเกล็ดของไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไคโทแซน

ไคโทแซนที่ได้จาก บ.ยูนิคอร์ค มีลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีซึ่ง ได้แก่ ความชื้น, ปริมาณเถ้า, การแยกหมู่อะซิติล และอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 (ข้อมูลนี้ได้มาจากบ. ยูนิคอร์ค)

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง

Type	Characteristic
Source	Shrimp shells
Form and Color	Creamy white flakes
Moisture (%)	max. 10.0
Ash content (%)	≤ 1.0
Solubility	$\leq 1\%$ insolubles
Deacetylation (%)	≥ 60
Average molecular weight	$> 10^5$
Viscosity (cps)	50-2,000 (1% in 1% acetic acid)

ซึ่งคุณสมบัตินี้จะเปลี่ยนไปตามคำสั่งในการผลิตซึ่งจะมีผลทำให้สี, ค่าการแยกหมู่อะซิติล และค่าความหนืดเปลี่ยนแปลงไป องค์ประกอบของไคโทแซนที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็น โพลีเมอร์ได้แก่คาร์โบไฮเดรต โดยจะประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์ชนิดกลูโคซามีน (N-acetyl-glucosamine)

5.1.2 การเตรียมไคโทแซนในรูปสารละลาย

เนื่องจากไคโทแซนไม่ละลายในน้ำธรรมดา แต่ละลายได้ในกรดอินทรีย์เจือจาง แต่จาก คุณสมบัติทางกายภาพที่มีลักษณะเบาและเป็นเกล็ด (Flakes) ทำให้ต้องมีวิธีการเพื่อช่วยให้มีการ ละลายที่ดีและป้องกันการเกิดปัญหาในการไม่ละลายของเกล็ดเนื่องจากถูกเคลือบด้วยส่วนที่ละลาย ทั่วบางแล้ว (Jel)

การเตรียมไคโทแซนในรูปสารละลายทำได้โดยวิธีการดังนี้

- 1) ชั่งเกลือไคโทแซนที่ต้องการละลาย ตามจำนวนที่ต้องการ อย่าให้เกินร้อยละ 1
- 2) นำเกลือในข้อ 1) ใส่ลงในน้ำ (ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำทั้งหมด)
- 3) ทำการกวนเป็นเวลาประมาณ 15-20 นาที เพื่อให้เกลือไคโทแซนเกิดการอู่ม
น้ำอย่างทั่วถึง
- 4) ใส่กรดอะซิติกเข้มข้นลงไปในน้ำ ในจำนวนที่ทำให้สารละลายทั้งหมดมีกรด
อะซิติกอยู่ร้อยละ 1
- 5) ทำการกวนอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอเพื่อให้ไคโทแซนละลายให้หมด จะใช้
เวลาประมาณ 30-60 นาที ก็จะละลายได้เกือบทั้งหมด
- 6) เติมน้ำส่วนที่เหลืออยู่ลงไป แล้วกวาดเจลไคโทแซนที่เกาะอยู่ข้างภาชนะลงไป
กวนผสมให้เข้ากันกับสารละลาย จะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที
- 7) จะได้ไคโทแซนในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้นตามต้องการ ในสาร
ละลายกรดอะซิติกร้อยละ 1

นอกจากนี้ยังมีการให้ความร้อนในขั้นตอนที่ 3)-6) เพื่อลดเวลาในการผสมลงแต่จะมีผลต่อ
ค่าความหนืดที่ได้ซึ่งจะไม่เท่ากับการผสมโดยไม่ใช้ความร้อน ซึ่งวิธีการไม่ใช้ความร้อนนี้จะให้
สะดวกมากกว่าในการนำไปใช้งานจริง

5.2 การวัดประจุไฟฟ้าของสารละลายโคเอกกูแลนต์

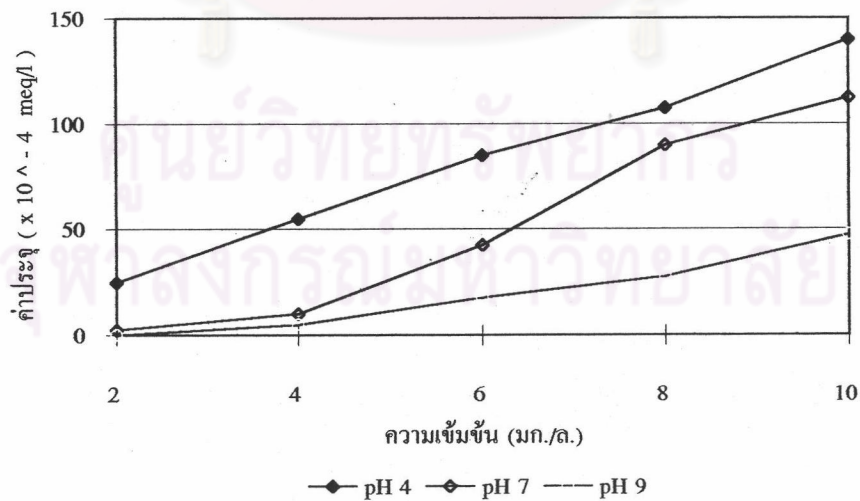
ในการทดลองนี้จะทำการวัดประจุของสารละลายไคโทแซน สารละลายโพลีเมอร์ประจุ
บวก และสารละลายโพลีเมอร์ประจุลบ ที่ความเข้มข้นและพีเอชต่างๆ ตามความเหมาะสม โดยวิธี
การไตเตรทคอลลอยด์แบบย้อนกลับ ส่วนการวัดประจุของสารส้มจะใช้ข้อมูลจากการทดลองของ
จิราพร (2533) สุชาติ (2526) และเบ็ญญา (2536)

ค่าประจุของสารส้มที่ความเข้มข้นและพีเอชต่างๆ ที่จิราพร สุชาติ และเบ็ญญา ได้ทำการ
ทดลอง จะแสดงไว้ในตารางที่ 5.2, 5.3, 5.4 และรูปที่ 5.2, 5.3, 5.4 ตามลำดับ

จากการทดลองของทั้ง 3 คนจะพบว่า ค่าประจุของสารละลายสารส้มจะเป็นบวกมากขึ้น
เมื่อความเข้มข้นมากขึ้น และจะเป็นบวกลดลงเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น และในการทดลองของ สุชาติ
และ เบ็ญญา จะพบว่าค่าประจุจะมีค่ามากที่สุดที่ความเข้มข้นประมาณ 30 มก./ล.

ตารางที่ 5.2 ค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆ (จिरาพร 2533)

พีเอช	ความเข้มข้น (มก./ล.)	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
4	2	25
	4	55
	6	85
	8	107.5
	10	140
7	2	2.5
	4	10
	6	42.5
	8	90
	10	112.5
9	2	0
	4	5
	6	17.5
	8	27.5
	10	47.5



รูปที่ 5.2 แสดงค่าประจุของสารละลายสารส้ม (จिरาพร 2533)

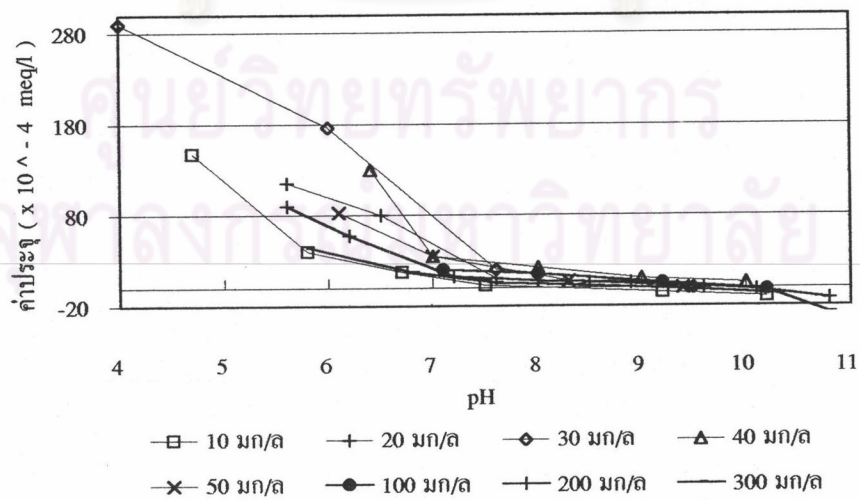
ตารางที่ 5.3 ค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆ (สุชาติ 2526)

ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ (x 10 ⁻⁴ meq / l)
10	4.7	147.5
	5.8	40.0
	6.7	17.5
	7.5	2.5
	9.2	-5.0
	10.2	-10.0
20	5.6	115.0
	6.5	80.0
	7.6	10.0
	8.5	5.0
	9.6	0.0
30	4.0	290.0
	6.0	176.0
	7.6	20.0
	9.5	0.0
40	6.4	130.0
	7.0	35.0
	8.0	22.5
	9.0	10.0
	10.0	5.0
50	6.1	82.5
	7.0	35.0
	8.3	7.5
	9.4	0.0
100	7.1	20.0
	8.0	15.0
	9.2	5.0
	10.2	-2.5

I 16998698

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆ (สุชาติ 2526)

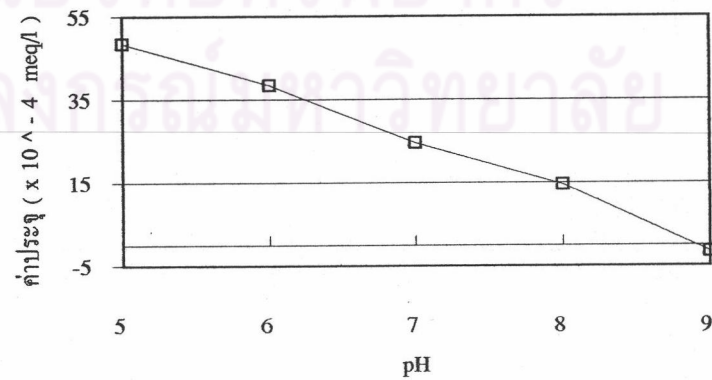
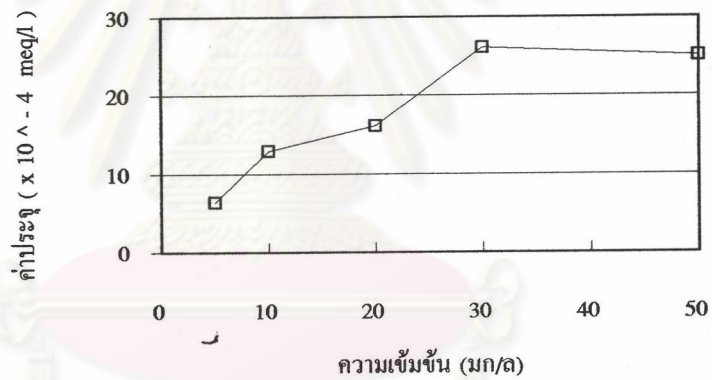
ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ (x 10 ⁻⁴ meq / l)
200	5.6	90.0
	6.2	57.5
	7.2	12.5
	8.0	7.5
	8.9	5.0
	10.1	-2.5
	10.8	-12.5
300	5.8	45.0
	6.8	17.5
	7.6	5.0
	8.4	2.5
	9.5	-2.5
	10.3	-7.5
	10.8	-27.5



รูปที่ 5.3 แสดงค่าประจุของสารละลายสารส้ม (สุชาติ 2526)

ตารางที่ 5.4 ค่าประจุของสารละลายสารส้ม (เบ็ญจา 2536)

ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
5	7.5	6.4
10		12.9
20		16.1
30		26.1
50		25.0
20	5	48.4
	6	38.4
	7	24.6
	8	14.6
	9	-1.6



รูปที่ 5.4 แสดงค่าประจุของสารละลายสารส้ม (เบ็ญจา 2536)

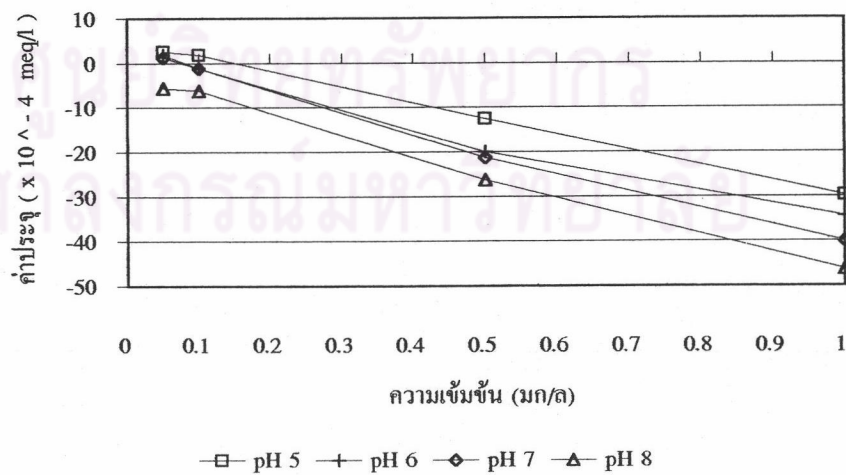
การเปลี่ยนแปลงค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆสอดคล้องกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารละลายสารส้มคือไอออนบวกของสารส้ม (Al^{+3}) ปล่อยโปรตอน (H^+) ให้กับน้ำแล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุต่างๆกันเช่น $Al(OH)^{+2}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_3$ และ $Al(OH)_4^-$ เป็นต้น ปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้นอยู่กับค่าพีเอชคือ เมื่อพีเอชต่ำไอออนบวกของสารส้มจะปล่อยโปรตอนให้กับน้ำได้น้อยจึงเกิดสารประกอบที่มีประจุบวกสูง และเมื่อพีเอชสูงขึ้นไอออนบวกก็จะปล่อยโปรตอนให้กับน้ำได้มากขึ้นจึงเกิดสารประกอบที่มีประจุบวกลดลง จนถึงผลึกของ $Al(OH)_3$ ที่เป็นกลางและ $Al(OH)_4^-$ ที่มีประจุลบ

และการวัดค่าประจุของสารส้มที่ค่าความเข้มข้นต่างๆจะเห็นว่าเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น ค่าประจุจะเพิ่มขึ้นจนถึงความเข้มข้น 30 มก./ล.ทั้งที่ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่พีเอช 7 ของความเข้มข้นเหล่านี้จะเกิดสารประกอบของสารส้มที่มีประจุได้เท่าๆกัน เพราะค่าความเข้มข้นนั้นสูงกว่าค่าอิมิตัวของ $Al(OH)_3$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวัดประจุของสารส้มโดยวิธีไตเตรทคอลลอยด์นั้นเป็นการวัดความสามารถในการลดประจุลบของสารละลายพีวีเอสเอเค (PVSAK) ที่ใช้ในการไตเตรทของสารละลายสารส้มเท่านั้นไม่ได้เป็นการวัดประจุบวกอย่างแท้จริง เนื่องจากผลึก $Al(OH)_3$ ที่ไม่มีประจุสามารถลดอิทธิพลของประจุลบโดยอาศัยกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคได้ และเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 30 มก./ล.ค่าประจุที่วัดได้มีค่าลดลงน่าจะมีสาเหตุจากการเกิด $Al(OH)_3$ ในปริมาณมากทำให้เกิดการรวมตัวกันเอง ซึ่งสุชาติได้พบว่าผลึก $Al(OH)_3$ ที่รวมตัวกันเองจนเป็นฟล็อกแล้วไม่สามารถลดเสถียรภาพของอนุภาคประจุลบได้อีกทำให้ความสามารถในการลดประจุลบของสารละลายพีวีเอสเอเคของสารละลายสารส้มมีค่าลดลง

โพลีเมอร์ประจุลบที่ใช้เป็นของบริษัท White Group ที่มีชื่อทางการค้าว่า K320A ซึ่งเป็นสารโพลีอะคริลาไมด์ประจุลบ (Anionic Polyacrylamide) ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.5 กับรูปที่ 5.5 และพบว่าเมื่อความเข้มข้นของโพลีเมอร์ประจุลบเพิ่มมากขึ้นปริมาณประจุลบจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย และค่าประจุที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย เนื่องจากที่ความเข้มข้นต่ำกลไกการทำลายเสถียรภาพที่สำคัญคือกลไกคูดติดผิวและทำลายประจุ ทำให้ปริมาณโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทำลายประจุจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเอ็มจีซีที่เติม ค่าประจุที่วัดได้จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลายโพลีเมอร์ และการเปลี่ยนแปลงค่าประจุที่พีเอชต่างๆจะพบว่าพีเอชมีผลต่อค่าปริมาณประจุนั้นคือ ที่พีเอชต่ำจะมีปริมาณประจุลบน้อยและเมื่อพีเอชสูงขึ้นค่าประจุลบก็จะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากในสารละลายที่มีพีเอชต่ำจะมีไฮโดรเจนไอออนอยู่มากซึ่งจะทำให้ความสามารถในการแตกตัวของโพลีเมอร์ประจุลบลดลง

ตารางที่ 5.5 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุลบ

ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
0.05	5	2.50
	6	1.88
	7	1.25
	8	-5.62
0.1	5	1.88
	6	-1.25
	7	-1.25
	8	-6.25
0.5	5	-12.50
	6	-20.00
	7	-21.25
	8	-26.25
1.0	5	-5.62
	6	-6.25
	7	-26.25
	8	-46.25



รูปที่ 5.5 แสดงค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุลบ

ผลการวัดประจุของโพลีเมอร์ประจุบวกซึ่งเป็นของบริษัท White Group ที่มีชื่อทางการค้าว่า K530C ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.6 ซึ่งจะพบว่า เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นค่าประจุบวกของโพลีเมอร์ประจุบวกจะมากขึ้นด้วย และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความเข้มข้นของสารละลาย และการเปลี่ยนแปลงค่าประจุของโพลีเมอร์ประจุบวกจะขึ้นกับค่าพีเอชด้วยคือ ที่พีเอชต่ำจะมีปริมาณประจุบวกสูงและปริมาณประจุบวกจะลดลงเมื่อพีเอชสูงขึ้น เนื่องจากในสารละลายที่มีพีเอชสูงจะมีไฮดรอกไซด์ไอออนอยู่มาก ทำให้ความสามารถในการแตกตัวของโพลีอิเล็กโทรไลต์ประจุบวกลดลงจึงทำให้ประจุที่วัดได้มีค่าลดลง

การวัดประจุของสารละลายโคโทแซนในสารละลายกรดอะซิติกร้อยละ 1 จะแสดงไว้ในตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.7 ซึ่งพบว่าผลที่ได้คล้ายกับผลจากการวัดค่าประจุของโพลีเมอร์ประจุบวกคือ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากขึ้นค่าประจุบวกที่ได้ก็จะมากขึ้น และเมื่อพีเอชของสารละลายเพิ่มขึ้นค่าประจุบวกที่ได้ก็จะลดลง และค่าประจุบวกที่อาจเกิดจากกรดอะซิติกก็คาดว่าไม่มีนัยสำคัญต่อค่าประจุรวมของสารละลายโคโทแซน เพราะค่าประจุที่วัดได้มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประจุที่วัดได้ของสารละลายโคโทแซน ดังแสดงในตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.8

5.3 การทดลองใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์

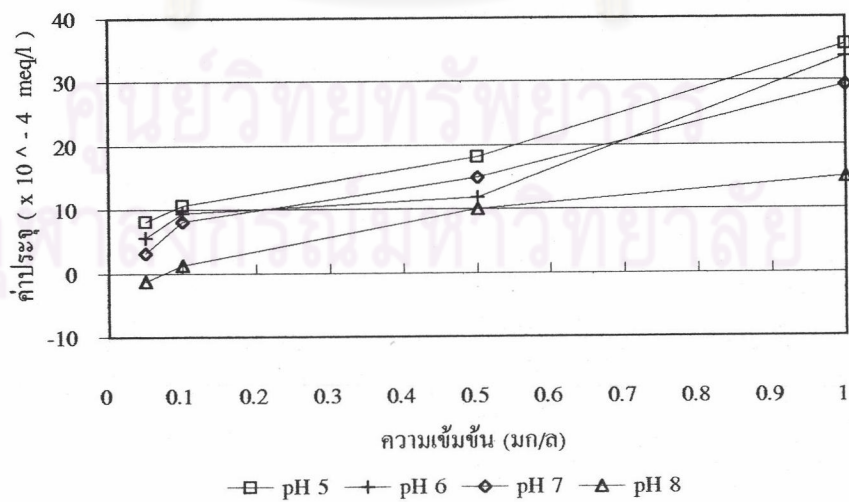
5.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

ผลการทดลองใช้สารละลายโคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ โดยใช้น้ำดิบสังเคราะห์ที่มีค่าความขุ่นต่างๆและค่าพีเอชต่างๆได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.9 และค่าประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.10

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายโคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ สามารถลดความขุ่นลงได้ โดยประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะแปรผันตามความขุ่นเริ่มต้น ค่าพีเอชเริ่มต้น และปริมาณของโคโทแซนที่ใช้ และสามารถลดความขุ่นของน้ำดิบได้ดี เมื่อน้ำดิบมีความขุ่นมากกว่า 100 NTU ที่พีเอชของน้ำค่อนข้างเป็นกรด (พีเอช 5-7) โดยปริมาณโคโทแซนที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2 มก/ล ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

ตารางที่ 5.6 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ ประจุบวก

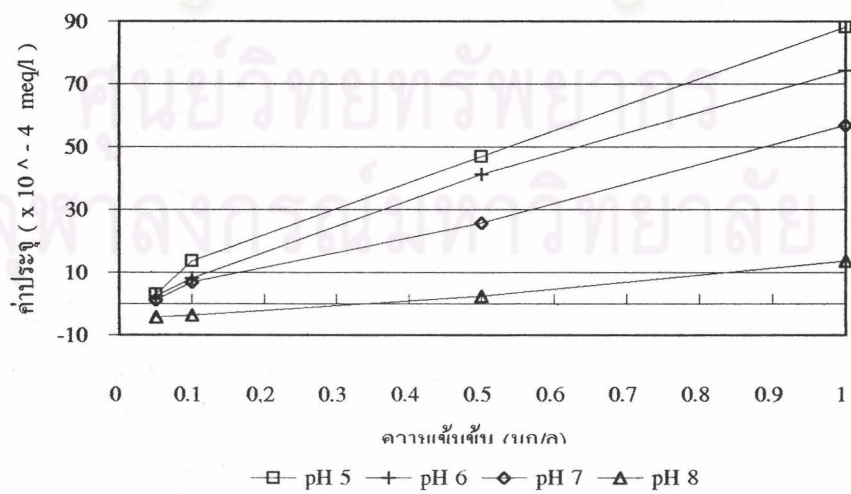
ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
0.05	5	8.13
	6	5.62
	7	3.13
	8	-1.25
0.1	5	10.63
	6	9.38
	7	8.13
	8	1.25
0.5	5	18.13
	6	11.88
	7	15.00
	8	10.00
1.0	5	35.63
	6	33.75
	7	29.38
	8	15.00



รูปที่ 5.6 แสดงค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุบวก

ตารางที่ 5.7 ค่าประจุของสารละลายโคโทแซน

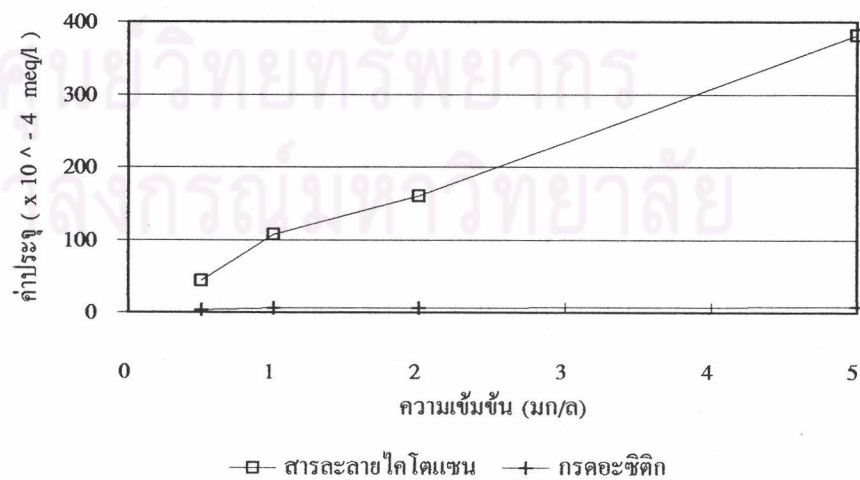
ความเข้มข้น (มก./ล.)	พีเอช	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
0.05	5	3.13
	6	2.50
	7	1.25
	8	-4.37
0.1	5	13.75
	6	8.12
	7	6.88
	8	-3.75
0.5	5	46.88
	6	41.25
	7	25.63
	8	2.5
1.0	5	88.13
	6	74.38
	7	56.88
	8	13.75



รูปที่ 5.7 แสดงค่าประจุของสารละลายโคโทแซน

ตารางที่ 5.8 ค่าประจุของสารละลายโคโทแซนและกรดอะซิติค

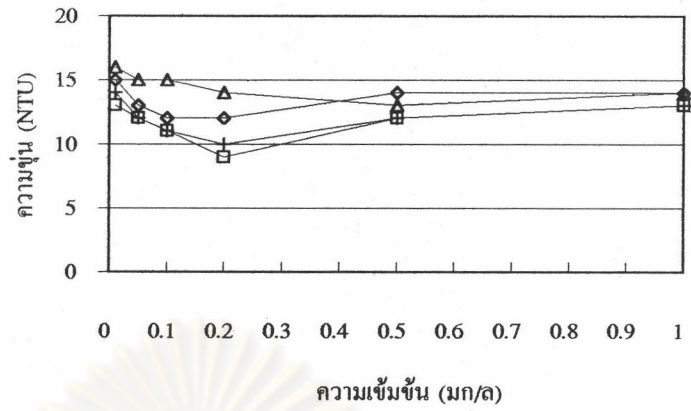
ชนิด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	ประจุ ($\times 10^{-4}$ meq / l)
สารละลายโคโทแซน 1 % ในกรดอะซิติค 1 %	0.5	43.8
	1.0	107.5
	2.0	160.0
	5.0	381.3
กรดอะซิติค 1 %	0.5	3.75
	1.0	6.25
	2.0	6.25
	5.0	7.5



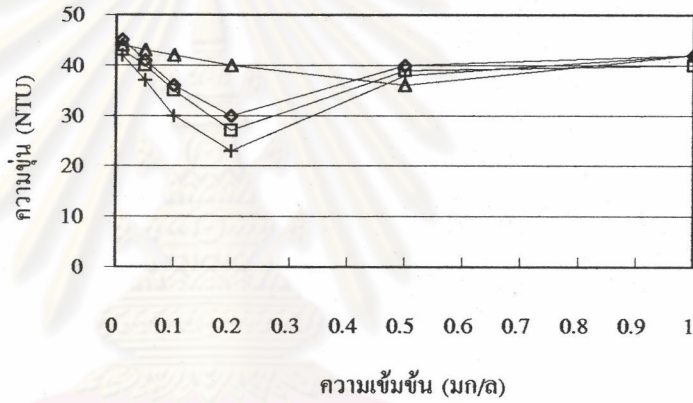
รูปที่ 5.8 แสดงค่าประจุของสารละลายโคโทแซนและกรดอะซิติค

ตารางที่ 5.9 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์

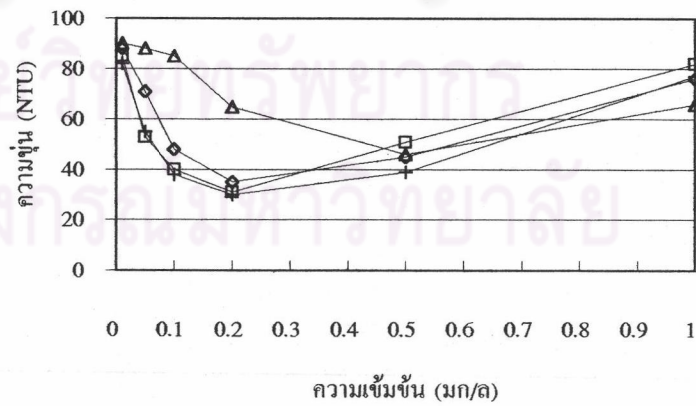
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	พีเอช	ความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)					
		ปริมาณโคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)					
		0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	5	13	12	11	9	12	13
	6	14	12	11	10	12	13
	7	15	13	12	12	14	14
	8	16	15	15	14	13	14
50	5	43	40	35	27	39	40
	6	42	37	30	23	38	42
	7	45	41	36	30	40	42
	8	44	43	42	40	36	42
100	5	85	53	40	31	51	82
	6	82	55	38	30	39	77
	7	88	71	48	35	45	76
	8	90	88	85	65	46	66
200	5	140	72	41	32	39	95
	6	150	78	49	37	38	60
	7	170	110	75	45	45	77
	8	170	140	100	81	51	68
300	5	220	87	58	42	50	110
	6	220	88	53	42	37	70
	7	230	140	100	53	47	72
	8	250	190	120	93	51	63



ก) ความขุ่น 20 NTU

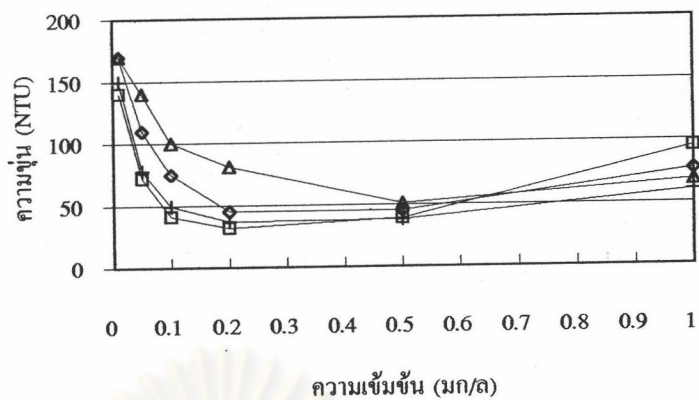


ข) ความขุ่น 50 NTU

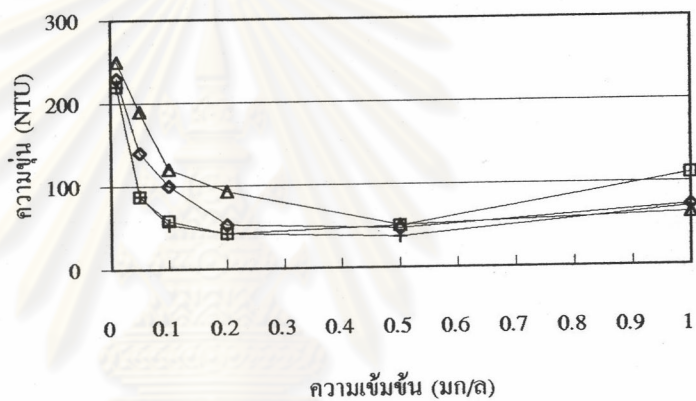


ค) ความขุ่น 100 NTU

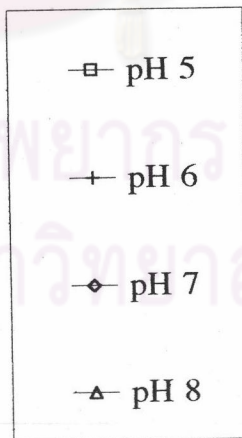
รูปที่ 5.9 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์



ง) ความขุ่น 200 NTU



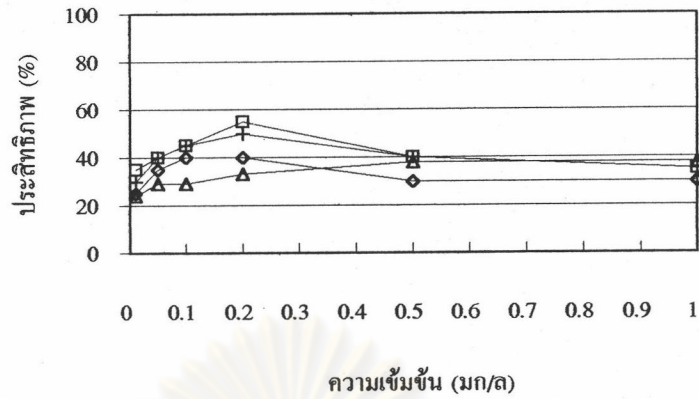
จ) ความขุ่น 300 NTU



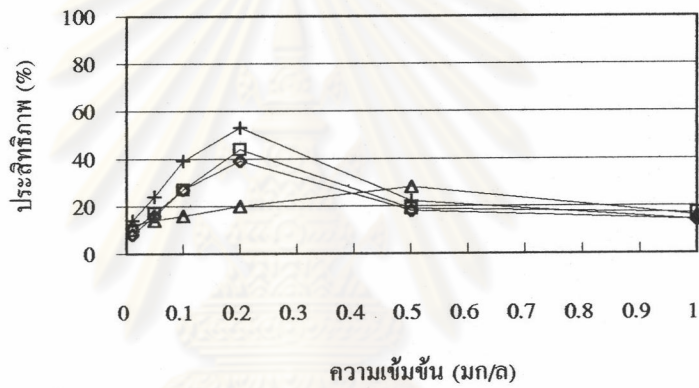
รูปที่ 5.9 (ต่อ) ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์

ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์

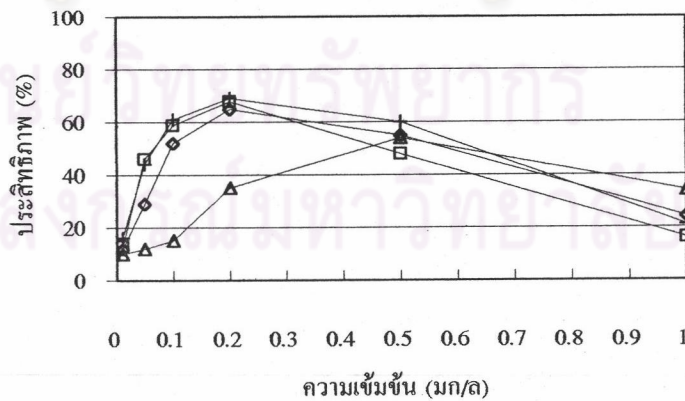
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	พีเอช	ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (%)					
		ปริมาณ โคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)					
		0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	5	35	40	45	55	40	35
	6	30	40	45	50	40	35
	7	25	35	40	40	30	30
	8	24	29	29	33	38	38
50	5	10	17	27	44	19	17
	6	14	24	39	53	22	14
	7	8	16	27	39	18	14
	8	12	14	16	20	28	16
100	5	13	46	59	68	48	16
	6	16	44	61	69	60	21
	7	12	29	52	65	55	24
	8	10	12	15	35	54	34
200	5	30	64	80	84	81	53
	6	25	61	76	82	81	60
	7	15	45	63	78	78	62
	8	15	30	50	60	75	66
300	5	24	70	80	86	83	62
	6	24	70	82	86	87	76
	7	21	52	66	82	84	75
	8	14	34	59	68	82	78



ก) ความขุ่น 20 NTU

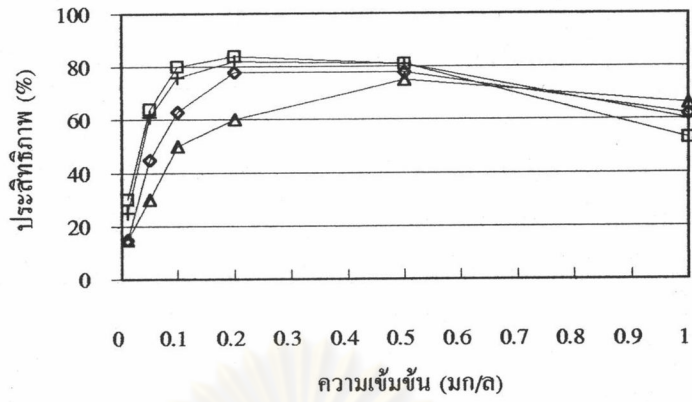


ข) ความขุ่น 50 NTU

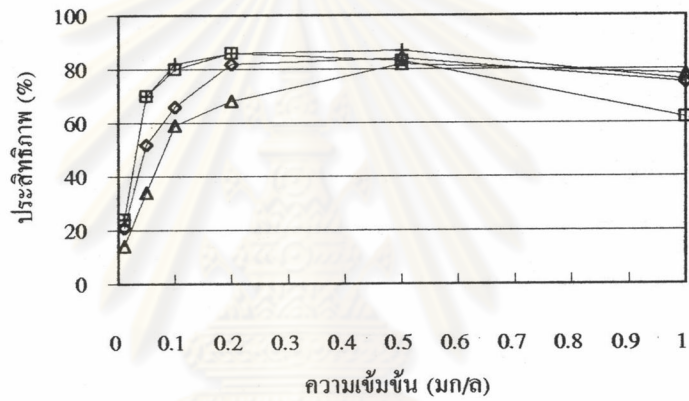


ค) ความขุ่น 100 NTU

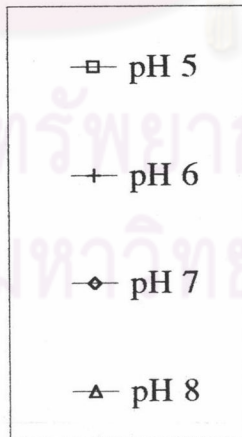
รูปที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคเอกกูแลนต์



ง) ความขุ่น 200 NTU



จ) ความขุ่น 300 NTU



รูปที่ 5.10 (ต่อ) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไดโทเซนเป็น โคแอกกูแลนต์

เมื่อน้ำดิบมีความขุ่น 20 และ 50 NTU ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นจะมีค่าต่ำคืออยู่ในช่วงร้อยละ 28-55 ในทุกช่วงพีเอช โดยเมื่อค่าพีเอชของน้ำเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นจะลดลงซึ่งที่ช่วงพีเอช 5-6 ค่าประสิทธิภาพจะสูงที่สุดและที่พีเอชเท่ากับ 8 ค่าประสิทธิภาพจะต่ำที่สุด และเมื่อเติมโคแอกกูแลนต์มากกว่า 0.2 มก./ล.ค่าความขุ่นกลับยิ่งสูงขึ้นเนื่องจากการใช้โพลีเมอร์เป็นโคแอกกูแลนต์กับน้ำที่มีความขุ่นต่ำ โอกาสสัมผัสกันระหว่างอนุภาคจะมีน้อย ดังนั้นการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์จึงน่าจะเกิดจากกลไกการเกิดห่อหุ้มประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic patch) มากกว่ากลไกสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาค กลไกการเกิดห่อหุ้มประจุไฟฟ้าสถิตย์จะเกิดขึ้นเมื่อใช้โพลีเมอร์ที่มีประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งก็คือโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมือนกับสารละลายไคโทแซน แต่เนื่องจากน้ำมีความขุ่นต่ำและสารละลายไคโทแซนเป็นสารโพลีเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง ดังนั้นเมื่อปลายอิสระของโพลีเมอร์ที่เกาะอยู่บนอนุภาคที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วด้วยกลไกสะพานเชื่อมอนุภาคไม่ได้สัมผัสกับอนุภาคอื่น ก็จะกลับมายึดเกาะบนอนุภาคเดิม ทำให้อนุภาคได้รับเสถียรภาพกลับคืนมาใหม่ (Restabilized) ได้ง่ายจึงไม่สามารถลดความขุ่นลงได้

และเมื่อน้ำดิบมีความขุ่นสูงตั้งแต่ 100 NTU ขึ้นไป การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์สามารถลดความขุ่นได้มากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มความขุ่นของน้ำดิบขึ้นเป็น 100, 200 และ 300 NTU และใช้ปริมาณไคโทแซนที่ 0.2 มก./ล. ที่พีเอช 5 พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นได้ถึงร้อยละ 68, 84 และ 86 ตามลำดับและน้ำหลังตกตะกอนมีความขุ่นเท่ากับ 30, 32 และ 42 NTU ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพของน้ำภายหลังตกตะกอนก็ยังไม่ดีพอ การที่ไคโทแซนสามารถลดความขุ่นได้มากขึ้นเมื่อความขุ่นของน้ำดิบเพิ่มขึ้น เป็นเพราะปลายอิสระที่เหลือของโพลีเมอร์สามารถยึดกับอนุภาคที่เหลือได้มากขึ้น ทำให้กลไกการกลับคืนเสถียรภาพเกิดขึ้นน้อยลง และกลไกการใช้โพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคจะได้ผลดีเมื่อโพลีเมอร์มีโมเลกุลขนาดใหญ่และแข็งแรง เพื่อที่จะสามารถเป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคได้อย่างกว้างขวาง และต้านทานต่อแรงผลึกของอนุภาคและความปั่นป่วนของน้ำได้ ซึ่งไคโทแซนก็มีคุณสมบัติเหล่านี้อยู่ครบถ้วน

การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ จะต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสมและที่ค่าพีเอชของน้ำที่เหมาะสม ปริมาณการเติมในแต่ละความขุ่นควรเลือกช่วงการเติมที่ทำให้ความขุ่นที่เหลือมีค่าต่ำสุดจากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นในทุกช่วงความขุ่นของน้ำดิบคือที่ความเข้มข้นของไคโทแซนเท่ากับ 0.2 มก./ล. ที่พีเอชเริ่มต้นของน้ำเท่ากับ 5-7 และเมื่อค่าความขุ่นของน้ำสูงขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้น แต่ความขุ่นที่เหลือยังคงมีค่าสูงอยู่ ค่าความขุ่นที่เหลือหลังตกตะกอนของการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ในปริมาณที่เหมาะสม แสดงไว้ในรูปที่ 5.11 ส่วนตารางที่ 5.11 เป็นค่าความขุ่นที่เหลือหลังตกตะกอนของการใช้สารส้ม

เป็นโคแอกกูแลนต์ และเมื่อนำผลการใช้โคแอกกูแลนต์จากสารส้มและจากโคโทแซนแต่ละค่า ความขุ่นมาเปรียบเทียบกัน พบว่าการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์นั้น ไม่สามารถลดความขุ่นที่เหลือให้ดีเท่ากับการใช้สารส้มได้

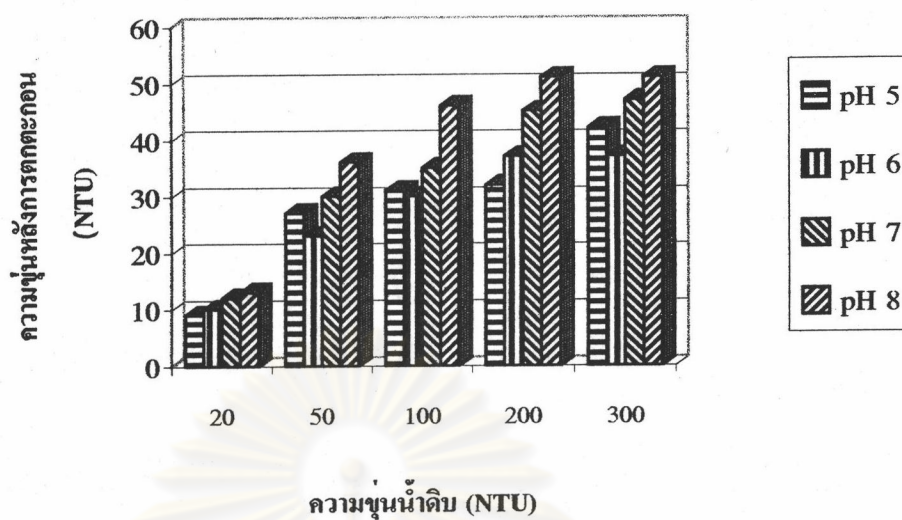
5.3.2 ผลกระทบที่มีต่อพีเอชและค่าความเป็นด่างของน้ำหลังการตกตะกอน

ในการทดลองได้ปรับพีเอชของน้ำดิบให้อยู่ในช่วง 5-8 จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชที่เหมาะสม สำหรับการเกิดโคแอกกูแลนต์โดยการใส่โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ จะอยู่ในช่วงพีเอช 6-7 ซึ่งเป็นค่าทั่วไปของน้ำดิบ และแม้ว่าค่าพีเอชจะต่ำถึง 5 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นก็ยังคง สูงอยู่ และในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นต่ำ (20-50 NTU) ค่าพีเอชที่เหมาะสมก็จะอยู่ในช่วง 5-6 แต่อย่างไรก็ตามค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนก็ยังสูงอยู่มากกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการกรอง

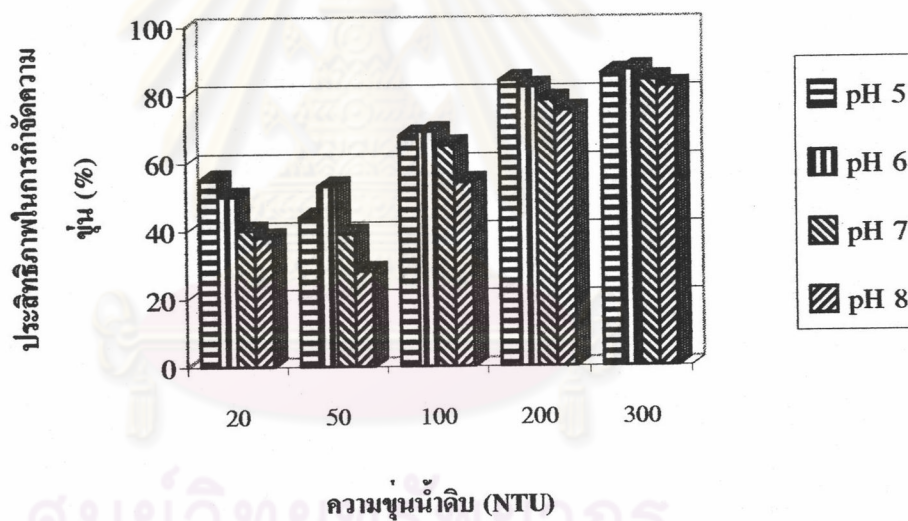
เมื่อพิจารณาถึงผลของพีเอชและค่าความเป็นด่างของน้ำหลังการตกตะกอนด้วยโคโทแซน พบว่าการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ทำให้พีเอชและค่าความเป็นด่างของน้ำลดลงเล็กน้อยซึ่ง คล้ายกับสารส้มเนื่องจาก Al^{+3} ดึงเอาความเป็นด่างในน้ำออกไปใช้ในการเกิดเป็นสารประกอบทำให้ความเป็นด่างลดลง และมีผลทำให้ค่าพีเอชของน้ำลดลงด้วย แต่ในการโคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์นั้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าพีเอชและค่าความเป็นด่างลดลงคือกรดอะซิติกที่ใช่เป็นตัวทำลายโคโทแซน ดังนั้นในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นสูงมากอาจใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ก่อนเพื่อลดความขุ่นในขั้นแรกแล้วจึงใช้สารส้มในขั้นต่อไป เพื่อจะได้ไม่ต้องใช้สารส้มในปริมาณที่มากเกินไปจนทำให้พีเอชของน้ำลดลงจนโคแอกกูแลนต์เกิดขึ้นได้ไม่ดี

5.3.3 การทดลองกับน้ำดิบจากคลองประปา

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นโคแอกกูแลนต์ กับน้ำดิบจากคลองประปาบางเขน ซึ่งมีความขุ่น 44 และ 150 NTU ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.12 และ รูปที่ 5.12 ซึ่งผลการทดลองพบว่าในการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์นั้น ไม่สามารถลดค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนให้ต่ำกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวได้ แต่ฟล็อกที่ได้จะมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้ดีกว่าฟล็อกที่เกิดจากการใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์เพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกับการใช้น้ำดิบสังเคราะห์



ก) ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน



ข) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

รูปที่ 5.11 ค่าความขุ่นและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของการใช้โคโทแซน เป็นโคแอกกูแลนต์ในปริมาณที่เหมาะสม

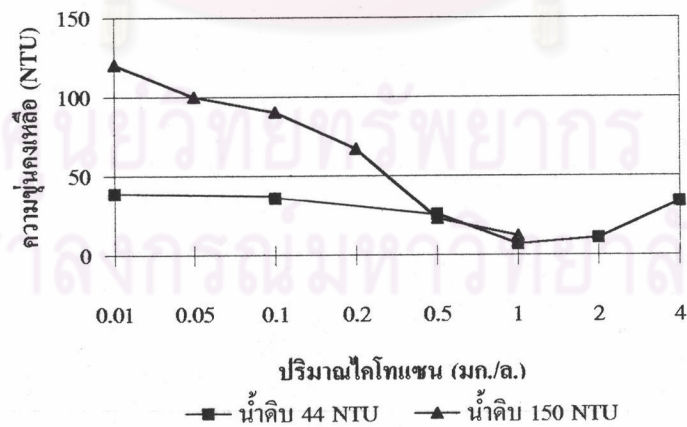
ตารางที่ 5.11 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของการใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์

ความขุ่น น้ำดิบ (NTU)	pH	ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)					
		ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)					
		5	10	15	20	25	30
20	5	18	18	17	17	17	17
	6	7.4	3.3	2.4	2.3	2.1	2.4
	7	7	4.3	1.6	1.4	1.2	1.4
	8	12	3.1	1.5	1.0	0.9	0.7
50	5	39	32	29	26	29	27
	6	14	3.5	2.3	2.0	1.6	1.6
	7	11	3.2	1.9	1.8	1.6	1.6
	8	12	3.4	1.7	1.3	0.8	0.8
100	5	69	49	38	36	32	32
	6	19	6.1	3.6	2.5	2.3	1.9
	7	15	6.5	3.2	1.9	1.6	1.3
	8	24	11	4.2	2.0	1.7	1.2
200	5	100	27	45	39	35	34
	6	22	11	5.1	4.3	2.7	2.6
	7	19	11	3.9	2.0	1.6	1.5
	8	21	10	4.1	2.6	2.1	1.5
300	5	81	40	33	30	30	29
	6	18	6.1	3.6	2.5	2.3	1.9
	7	16	6.4	3.4	2.7	2.2	1.7
	8	16	6.2	4.1	2.4	1.8	1.6

หมายเหตุ : ส่วนที่แรเงาเป็นค่าปริมาณการเติมสารส้มที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 5.12 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบ จากคลองประปาเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์

ความขุ่นของน้ำดิบ (NTU)	ปริมาณโคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)	ความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)	ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (%)
44	0.01	39	11
	0.1	36	18
	0.5	26	41
	1.0	6.9	84
	2.0	11	75
	4.0	34	23
150	0.01	120	20
	0.05	100	33
	0.1	90	40
	0.2	67	55
	0.5	23	85
	1.0	12	92



รูปที่ 5.12 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำจากคลองประปาเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์

5.3.4 การนำไปใช้งาน

เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์จะพบว่าประสิทธิภาพในการลดความขุ่นจะดีมากขึ้นเมื่อความขุ่นของน้ำมากขึ้น และพีเอชที่เหมาะสมก็อยู่ในช่วงเดียวกับน้ำตามธรรมชาติทั่วไป และแม้ว่าน้ำจะมีพีเอชต่ำถึง 5 ก็ตามประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นก็ยังคงสูงอยู่มาก

ดังนั้นเมื่อน้ำดิบมีความขุ่นสูงๆ จะเห็นว่าการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์นั้นสามารถลดความขุ่นลงได้อย่างน่าพอใจแม้ค่าความขุ่นที่เหลือยังมีค่าสูงอยู่ก็ตาม และปริมาณไคโทแซนที่ต้องการใช้นั้นเพียง 0.2-0.5 มก./ล.เท่านั้น ซึ่งทำให้อาจนำไปใช้เพื่อเป็นโคแอกกูแลนต์ก่อนการใส่สารส้มในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นสูงๆ ได้

5.4 การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอค

5.4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

จากผลการตรวจสอบประจุของสารละลายไคโทแซน พบว่าไคโทแซนมีค่าประจุเป็นบวก ดังนั้นในการทดลองจึงใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคในขั้นตอนการกวนเร็ว โดยเติมหลังจากใส่สารส้มแล้ว 1 นาที ซึ่งจากผลการทดลองในข้อ 5.3.1 พบว่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมเท่ากับ 10 และ 20 มก/ล สำหรับน้ำดิบความขุ่น 20-50 และ 100-300 NTU ตามลำดับ ส่วนผลการทดลองที่ใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร่วมกับสารส้มร้อยละ 70, 50 และ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม จะแสดงไว้ในตารางที่ 5.13, 5.14 และรูปที่ 5.13, 5.14 ตารางที่ 5.15, 5.16 และรูปที่ 5.15, 5.16 และตารางที่ 5.17, 5.18 และรูปที่ 5.17, 5.18 ตามลำดับ ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

5.4.1.1 การทดลองใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม

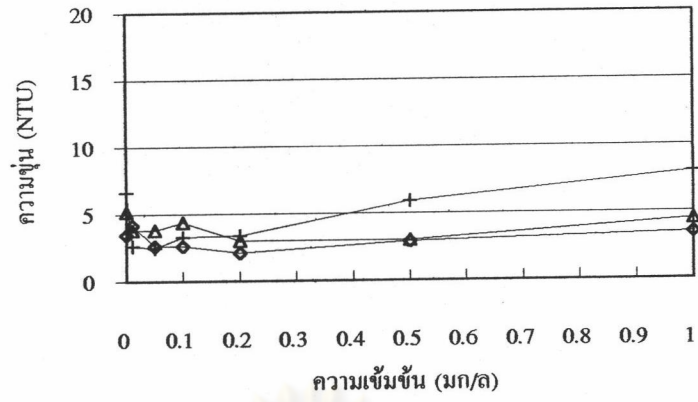
จากการทดลองใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสมพบว่า ไคโทแซนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ดีที่ความขุ่นของน้ำดิบต่ำๆ (20-50 NTU) และเมื่อความขุ่นของน้ำดิบเพิ่มขึ้น (100 NTU ขึ้นไป) ไคโทแซนจะไม่มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น คูตารางที่ 5.14 และรูปที่ 5.14 กล่าวคือที่ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 20 NTU เมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมที่ความเข้มข้น 0.01-0.05 มก./ล.และที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 6 พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้สูงกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวถึงร้อยละ 20-21 และที่พีเอช 7-8 ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7-11 เมื่อใช้ไคโทแซนความเข้มข้น 0.2 มก./ล. ส่วนที่ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 50 NTU และพีเอชของน้ำเท่ากับ 6, 7 และ 8 พบว่า เมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้น้อยกว่าที่ความขุ่น 20 NTU โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ร้อยละ 3-7 เมื่อใช้ไคโทแซนเท่ากันที่ค่าพีเอชเดียวกัน แต่ตะกอนฟล็อกที่ได้มีลักษณะเหมือนกันคือเป็นก้อนขนาดใหญ่และจมตัวได้ง่ายกว่าตะกอนฟล็อกของสารส้ม ส่วนที่ความขุ่น 100, 200 และ 300 NTU ที่พีเอชของน้ำดิบเท่ากับ 6-8 พบว่าเมื่อเราเพิ่มปริมาณไคโทแซนขึ้นค่าประสิทธิภาพกลับลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ปลายอิสระของไคโทแซนที่มากเกินไปมาจับกับอนุภาคเดิม ทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีการเสถียร-ภาพกลับคืนมาใหม่

5.4.1.2 การทดลองใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม

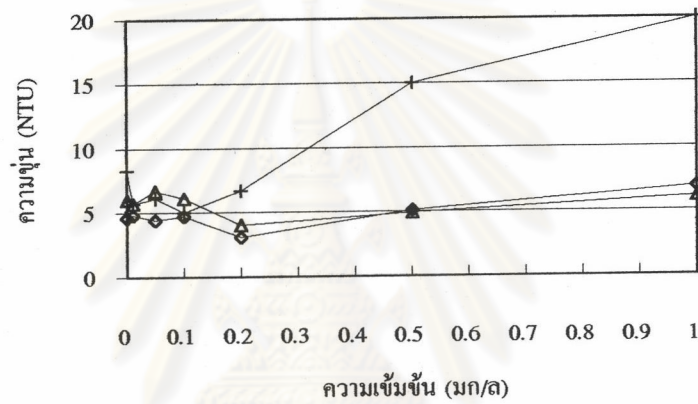
จากการทดลองใช้ไคโทแซนโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสมพบว่า ไคโทแซนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ดีที่ความขุ่นของน้ำดิบต่ำๆถึงปานกลาง (20-200 NTU) และเมื่อความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น (300 NTU ขึ้นไป) ไคโทแซนจะไม่มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นมากนัก คูตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.16 กล่าวคือที่ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 20 และ 50 NTU เมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ล.ที่พีเอชเท่ากับ 5-6 และที่ความเข้มข้น 0.2 มก./ล.ที่พีเอชเท่ากับ 7-8 พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้สูงกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวถึงร้อยละ 10-40 ส่วนที่ความขุ่น 100 และ 200 NTU ที่พีเอชของน้ำดิบเท่ากับ 5-8 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดความ

ตารางที่ 5.13 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม

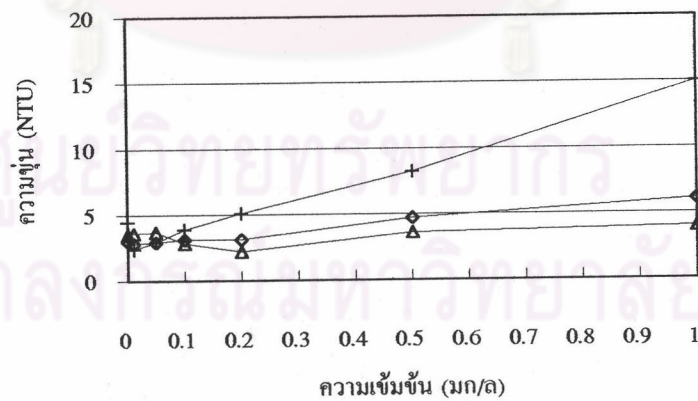
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)						
			ปริมาณโคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	7	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	6.6	2.6	2.5	3.3	3.4	5.9	8.0
		7	3.5	4.2	2.6	2.6	2.1	2.9	3.5
		8	5.2	3.8	3.8	4.4	3	3	4.5
50	7	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	8.3	5.7	6.1	5.0	6.7	15	20
		7	4.6	4.8	4.4	4.7	3.1	5.1	6.9
		8	6.0	5.7	6.7	6.1	4.0	4.9	6.1
100	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	4.5	2.4	2.9	3.9	5.1	8.2	15
		7	3.0	2.8	2.9	3.1	3.1	4.7	6.1
		8	3.5	3.6	3.7	2.8	2.2	3.6	4.0
200	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	4.6	4.0	4.6	6.0	12	18	20
		7	3.6	2.6	4.1	3.7	4.0	5.6	6.6
		8	3.5	3.5	4.2	2.9	4.7	5.7	8.5
300	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	6.7	5.9	6.7	8.6	8.5	21	25
		7	6.2	6.8	3.9	6.0	5.6	8.7	9.5
		8	4.5	4.3	3.8	4.0	4.6	6.7	15



ก) ความขุ่น 20 NTU

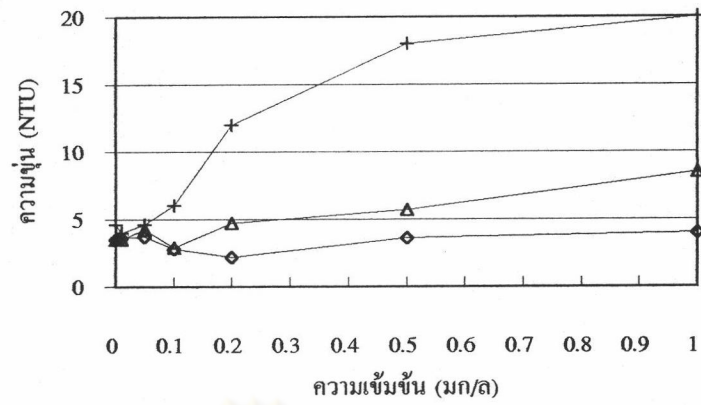


ข) ความขุ่น 50 NTU

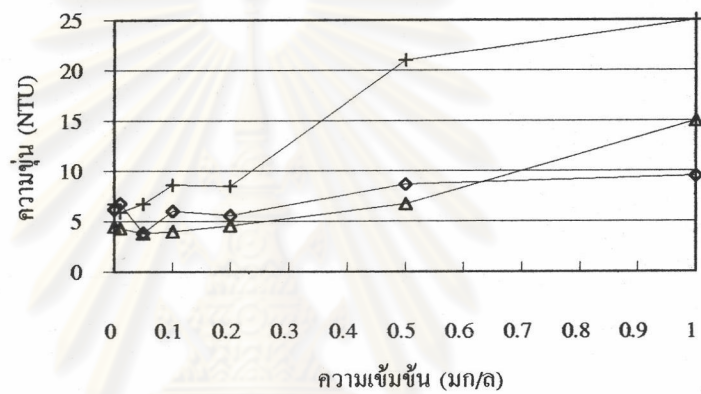


ค) ความขุ่น 100 NTU

รูปที่ 5.13 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม



ง) ความขุ่น 200 NTU



จ) ความขุ่น 300 NTU

—□— pH 5

—+— pH 6

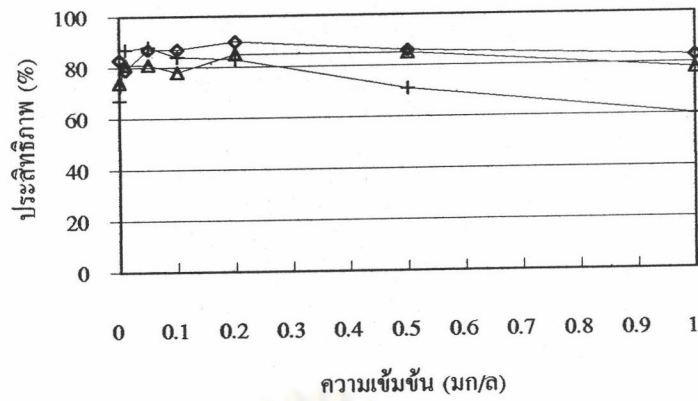
—◇— pH 7

—△— pH 8

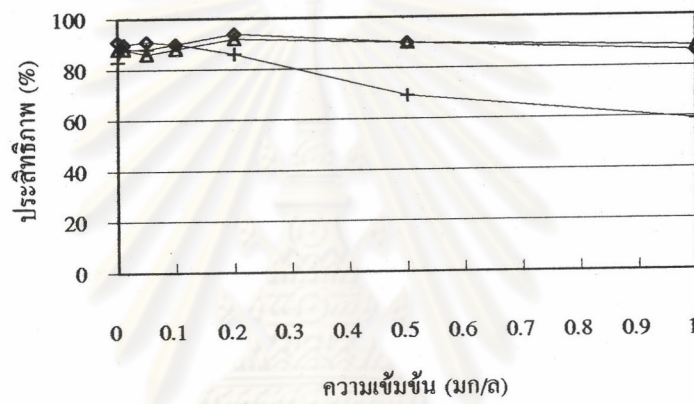
รูปที่ 5.13 (ต่อ) ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม

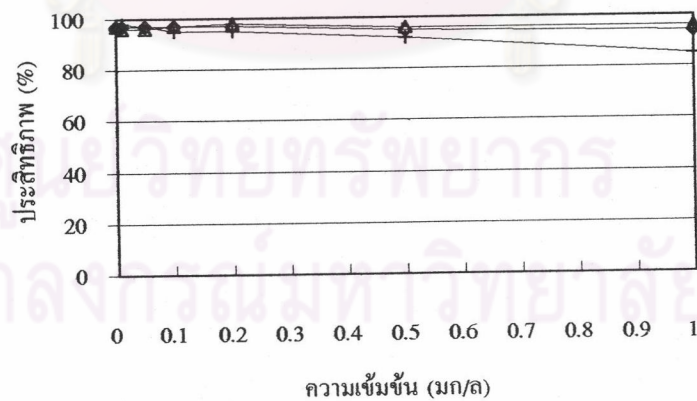
ความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณสารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (%)						
			ปริมาณโคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	7	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	67	87	88	84	83	71	60
		7	83	79	87	87	90	86	83
		8	74	81	81	78	85	85	78
50	7	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	83	88	88	90	86	69	59
		7	91	90	91	90	94	90	86
		8	88	88	86	88	92	90	88
100	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	96	98	97	96	95	92	85
		7	97	97	97	97	97	95	94
		8	97	96	96	97	98	96	96
200	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	98	98	98	97	94	91	89
		7	98	99	98	98	98	97	97
		8	98	98	98	98	98	97	96
300	14	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	98	98	98	97	97	93	91
		7	98	98	99	98	98	97	97
		8	99	99	99	99	98	98	95



ก) ความขุ่น 20 NTU

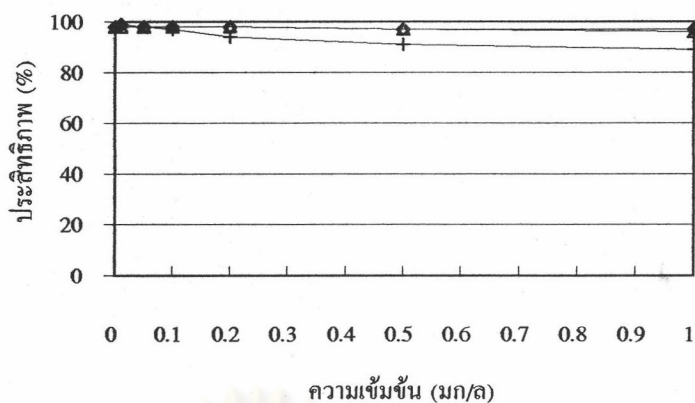


ข) ความขุ่น 50 NTU

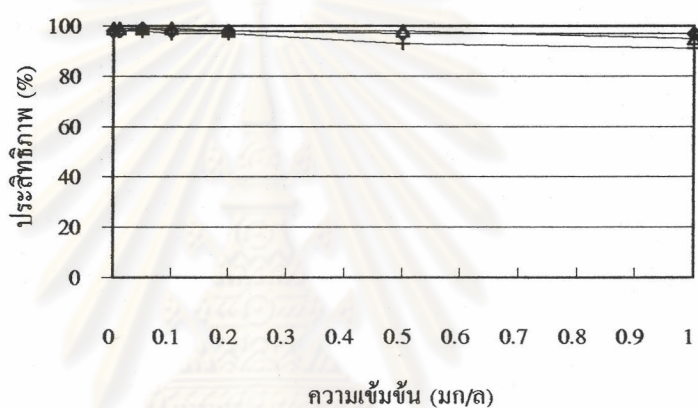


ค) ความขุ่น 100 NTU

รูปที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอค ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม



ง) ความขุ่น 200 NTU



จ) ความขุ่น 300 NTU

—■— pH 5

—+— pH 6

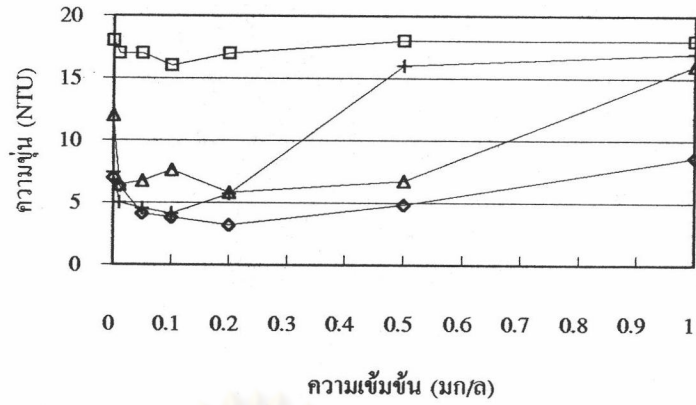
—◇— pH 7

—▲— pH 8

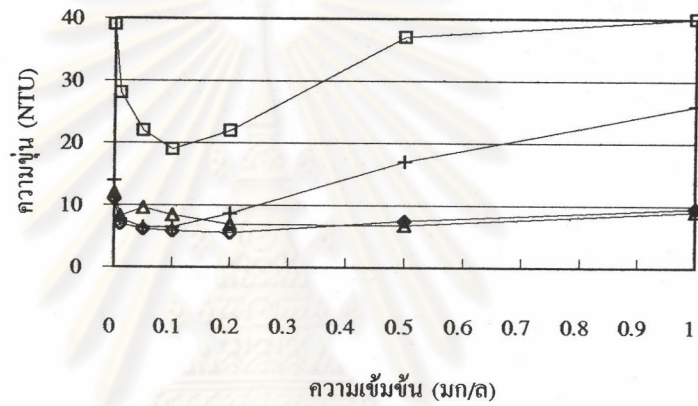
รูปที่ 5.14 (ต่อ) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคลโอเจนเป็นโคเอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.15 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม

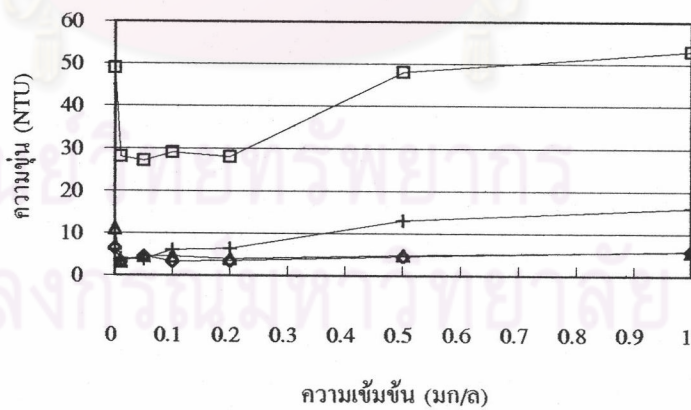
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)						
			ปริมาณโคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	5	5	18	17	17	16	17	18	18
		6	7.4	5.0	4.5	4.1	5.7	16	17
		7	7.0	6.3	4.1	3.8	3.2	4.8	8.6
		8	12	6.4	6.7	7.6	5.8	6.7	16
50	5	5	39	28	22	19	22	37	40
		6	14	7.7	6.5	6.5	8.6	17	26
		7	11	7.0	6.2	5.8	5.5	7.5	9.5
		8	12	8.2	9.5	8.4	6.9	6.8	9.0
100	10	5	49	28	27	29	28	48	53
		6	6.1	4.0	3.8	6.1	6.4	13	16
		7	6.5	3.2	4.5	3.3	3.5	4.6	5.9
		8	11	3.1	4.5	4.5	4.0	4.8	5.7
200	10	5	45	35	30	32	38	58	66
		6	11	4.7	7.2	8.0	9.7	22	26
		7	11	3.6	4.9	5.3	5.1	8.1	9.5
		8	10	5.2	5.3	6.4	5.3	7.8	9.9
300	10	5	40	30	35	35	42	61	69
		6	6.1	7.8	6.7	9.4	15	30	40
		7	6.4	4.2	5.0	4.5	5.4	9.7	16
		8	6.2	3.1	6.5	4.8	4.5	6.0	9.0



ก) ความขุ่น 20 NTU

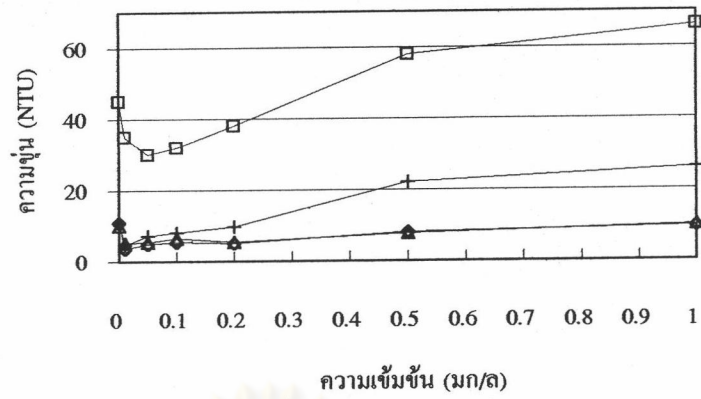


ข) ความขุ่น 50 NTU

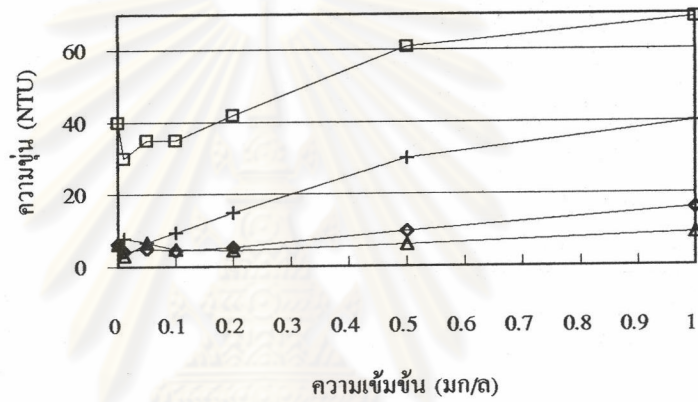


ค) ความขุ่น 100 NTU

รูปที่ 5.15 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเจนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม



ง) ความขุ่น 200 NTU



จ) ความขุ่น 300 NTU

□ pH 5

+ pH 6

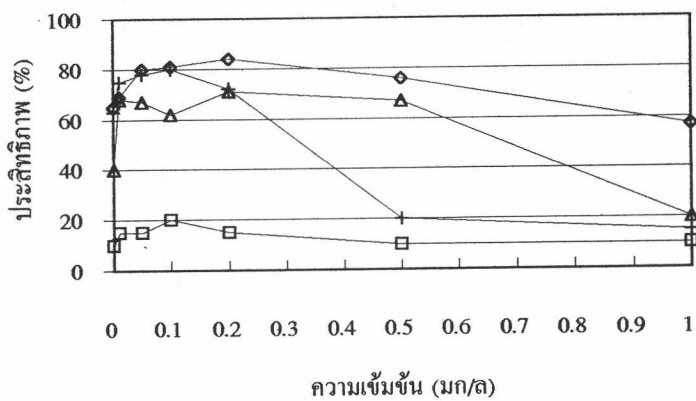
◇ pH 7

△ pH 8

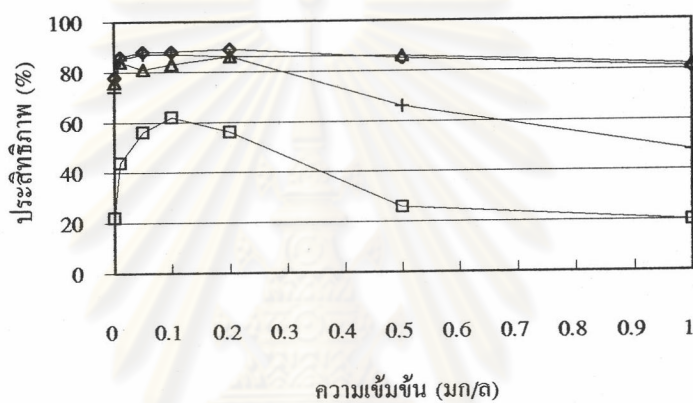
รูปที่ 5.15 (ต่อ) ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม

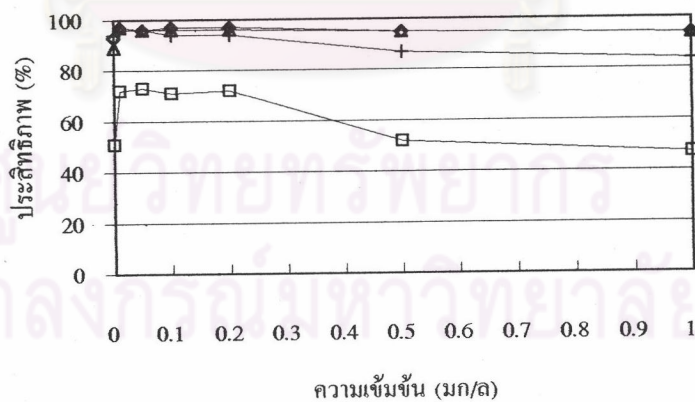
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (%)						
			ปริมาณ โคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	5	5	10	15	15	20	15	10	10
		6	63	75	78	80	72	20	15
		7	65	69	80	81	84	76	57
		8	40	68	67	62	71	67	20
50	5	5	22	44	56	62	56	26	20
		6	72	85	87	87	86	66	48
		7	78	86	88	88	89	85	81
		8	76	84	81	83	86	86	82
100	10	5	51	72	73	71	72	52	47
		6	94	96	96	94	94	87	84
		7	93	97	96	97	97	95	94
		8	89	97	96	96	96	95	94
200	10	5	78	83	85	84	81	71	67
		6	95	98	96	96	96	95	94
		7	95	98	98	97	97	96	95
		8	95	97	97	97	97	96	95
300	10	5	87	90	88	88	86	80	77
		6	98	97	98	97	95	90	87
		7	98	99	98	99	98	97	95
		8	98	99	98	98	99	98	97



ก) ความขุ่น 20 NTU

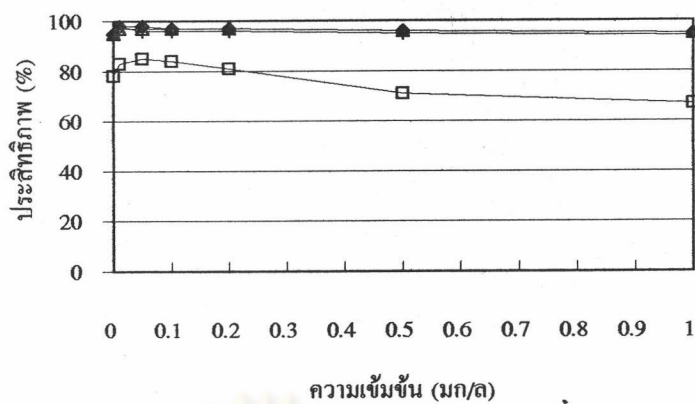


ข) ความขุ่น 50 NTU

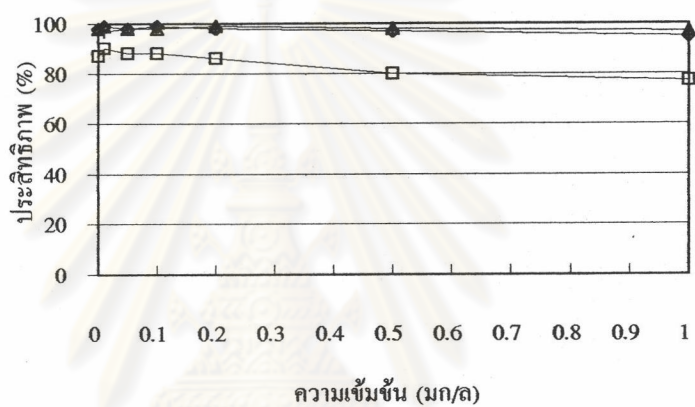


ค) ความขุ่น 100 NTU

รูปที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม



ง) ความขุ่น 200 NTU



จ) ความขุ่น 300 NTU

—□— pH 5

—+— pH 6

—◇— pH 7

—△— pH 8

รูปที่ 5.16 (ต่อ) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคลโอเจนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม

ขุ่นเพิ่มขึ้นไม่มากนัก (ร้อยละ 2-8 ยกเว้นที่ความขุ่น 100 NTU ที่พีเอช 5 ได้ร้อยละ 22) แต่ค่าความขุ่นหลังตกตะกอนได้ต่ำกว่า 5 NTU เมื่อใช้โคโทแซนเพียง 0.01 มก./ล. ส่วนที่ความขุ่น 300 NTU โคโทแซนไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น

5.4.1.3 การทดลองใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม

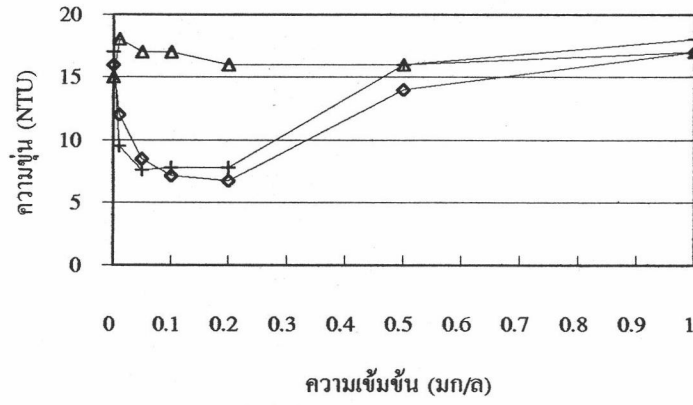
จากการทดลองใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสมพบว่าโคโทแซนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ที่ความขุ่นของน้ำดิบต่ำ (20-50 NTU) และเมื่อความขุ่นของน้ำดิบเพิ่มขึ้น (100 NTU ขึ้นไป) โคโทแซนจะไม่มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นมากนัก ดูตารางที่ 5.18 และรูปที่ 5.18 กล่าวคือที่ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 20 และ 50 NTU เมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมที่ความเข้มข้น 0.1-0.2 มก./ล.ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 6-7 พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้สูงกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวถึงร้อยละ 26-47 แต่ที่พีเอช 8 ประสิทธิภาพจะสามารถเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 5-8 และที่ความขุ่นของน้ำเท่ากับ 100 NTU ที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 6-8 พบว่าประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1-7 ส่วนที่ความขุ่น 200 และ 300 NTU ค่าประสิทธิภาพไม่ได้เพิ่มมากขึ้น (ร้อยละ 0-3) แต่ตะกอนฟล็อกที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนใหญ่จับตัวได้ง่าย

เราจึงสามารถสรุปได้ว่า จากผลการทดลองใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับน้ำที่ความขุ่น 20, 50, 100, 200 และ 300 NTU นั้น สามารถลดความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนให้ต่ำกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวได้เมื่อเติมในปริมาณที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาขนาดและรูปร่างของฟล็อกที่ได้ พบว่ามีลักษณะเป็นฟล็อกขนาดใหญ่และตกตะกอนได้เร็วกว่าฟล็อกที่เกิดจากการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว (ดูรูปที่ 5.19 และ 5.20) และค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดความขุ่นน้ำจะอยู่ระหว่าง 6-8 ส่วนปริมาณการเติมที่เหมาะสมของโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมจะประมาณ 0.1-0.2 มก./ล. ขึ้นอยู่กับค่าความขุ่นของน้ำดิบและค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำ ประสิทธิภาพในการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วม จะเห็นชัดขึ้นเมื่อความขุ่นน้ำดิบต่ำและพีเอชค่อนข้างเป็นกรด (พีเอช 5-7)

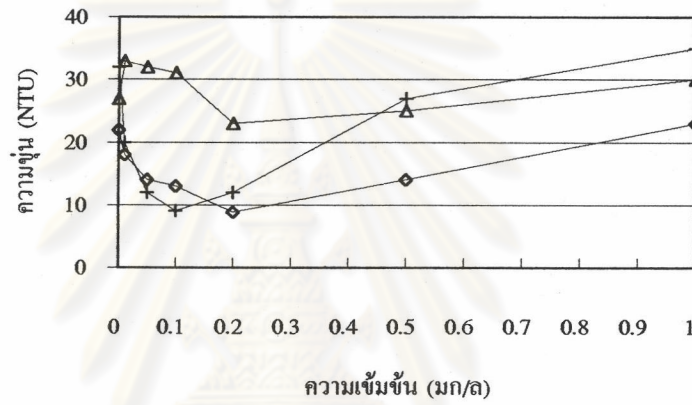
ค่าความขุ่นของน้ำหลังตกตะกอน เมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอคร์่วมกับสารส้มในปริมาณร้อยละ 30, 50, และ 70 ของปริมาณที่เหมาะสมพบว่า ที่ปริมาณสารส้มร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสมที่ความขุ่นต่ำกว่า 100 NTU ที่พีเอช 6-7 จะให้ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน

ตารางที่ 5.17 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม

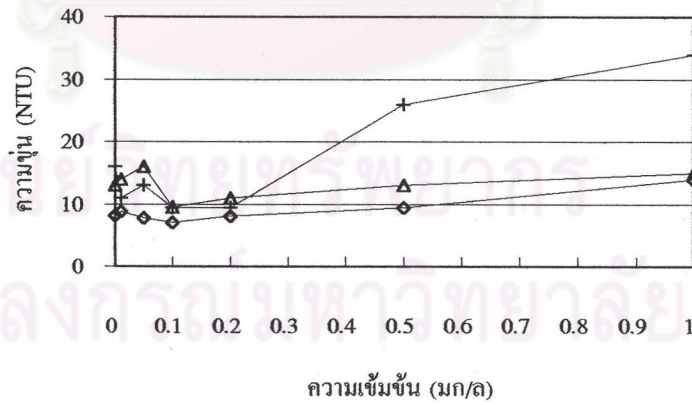
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ความขุ่นหลังการตกตะกอน (NTU)						
			ปริมาณ โคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	3	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	17	9.5	7.6	7.8	7.8	16	18
		7	16	12	8.5	7.1	6.7	14	17
		8	15	18	17	17	16	16	17
50	3	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	32	20	12	9.1	12	27	35
		7	22	18	14	13	8.9	14	23
		8	27	33	32	31	23	25	30
100	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	16	11	13	9.4	9.4	26	34
		7	8.2	8.8	7.8	7.1	8.1	9.4	14
		8	13	14	16	9.5	11	13	15
200	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	17	9.1	16	17	21	37	45
		7	8.7	9.9	7.5	16	14	17	27
		8	20	16	16	16	19	16	19
300	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	20	14	22	17	25	39	47
		7	12	10	8.7	9.4	15	23	29
		8	16	15	20	15	18	18	24



ก) ความขุ่น 20 NTU

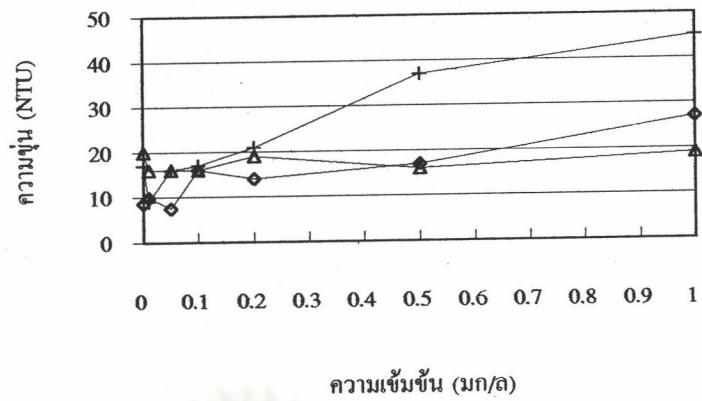


ข) ความขุ่น 50 NTU

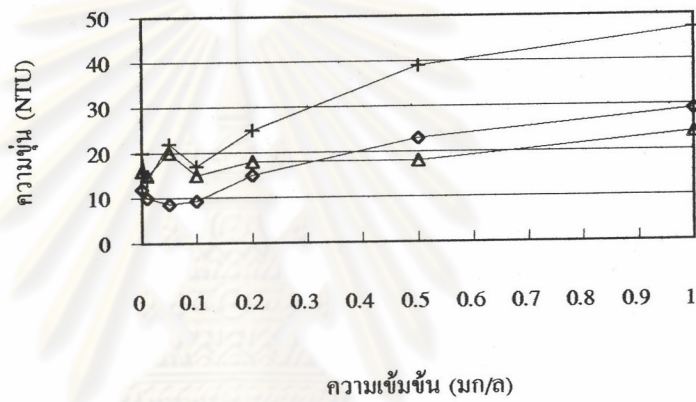


ค) ความขุ่น 100 NTU

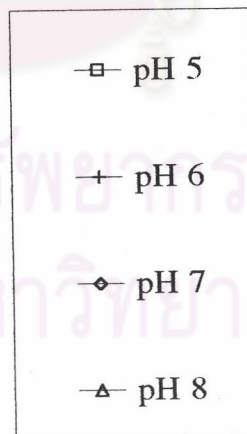
รูปที่ 5.17 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม



ง) ความขุ่น 200 NTU



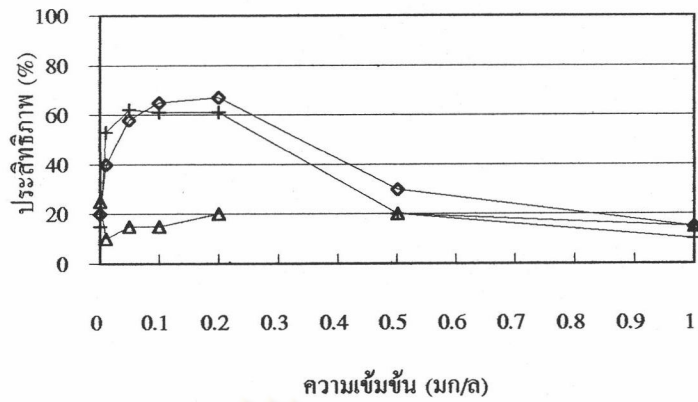
จ) ความขุ่น 300 NTU



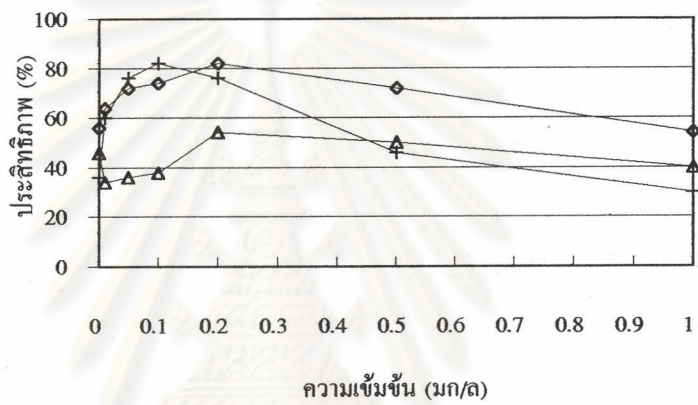
รูปที่ 5.17 (ต่อ) ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด
ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม

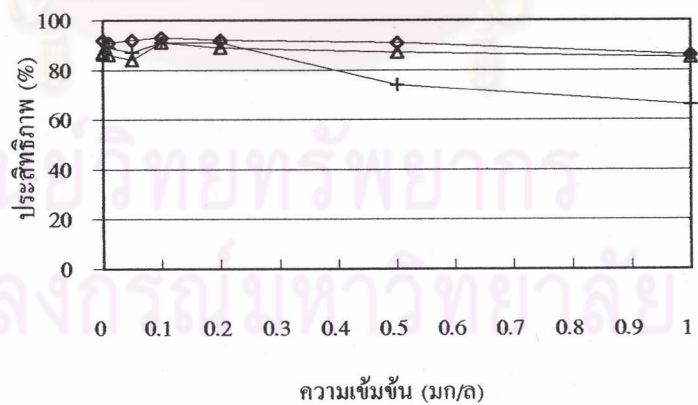
ความขุ่นของ น้ำดิบสังเคราะห์ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม (มก./ล.)	พีเอช	ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (%)						
			ปริมาณ โคแอกกูแลนต์ (มก./ล.)						
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0
20	3	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	15	53	62	61	61	20	10
		7	20	40	58	65	67	30	15
		8	25	10	15	15	20	20	15
50	3	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	36	60	76	82	76	46	30
		7	56	64	72	74	82	72	54
		8	46	34	36	38	54	50	40
100	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	84	89	87	91	91	74	66
		7	92	91	92	93	92	91	86
		8	87	86	84	91	89	87	85
200	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	92	95	92	92	90	82	78
		7	96	95	96	92	93	92	87
		8	90	92	92	92	91	92	91
300	6	5	-	-	-	-	-	-	-
		6	93	95	92	94	91	87	84
		7	96	97	97	97	95	92	90
		8	95	95	93	95	94	94	92



ก) ความขุ่น 20 NTU

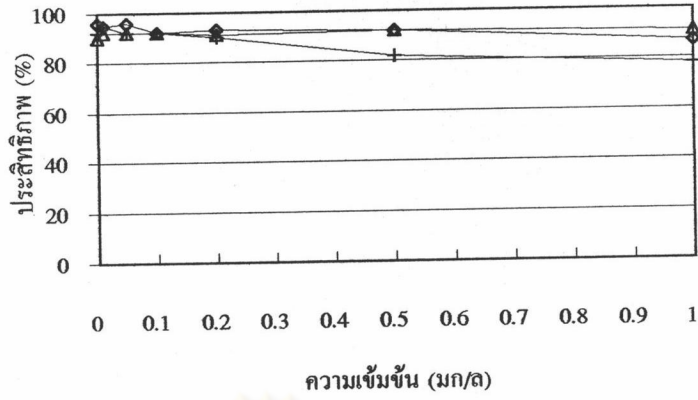


ข) ความขุ่น 50 NTU

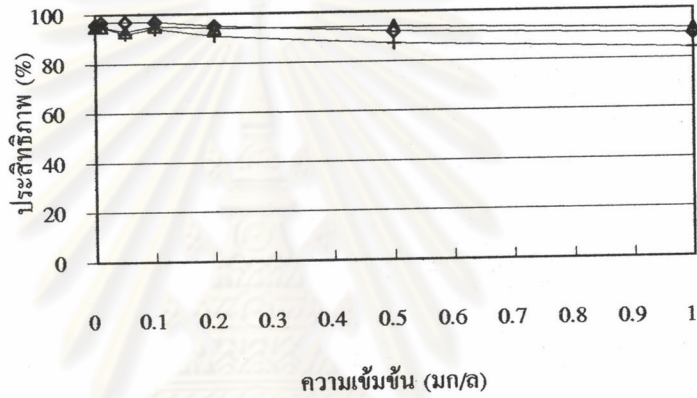


ค) ความขุ่น 100 NTU

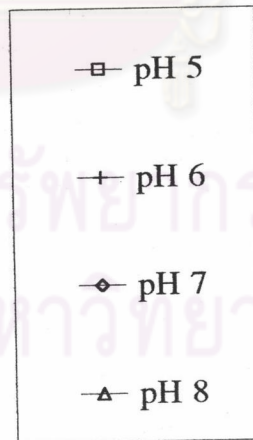
รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม



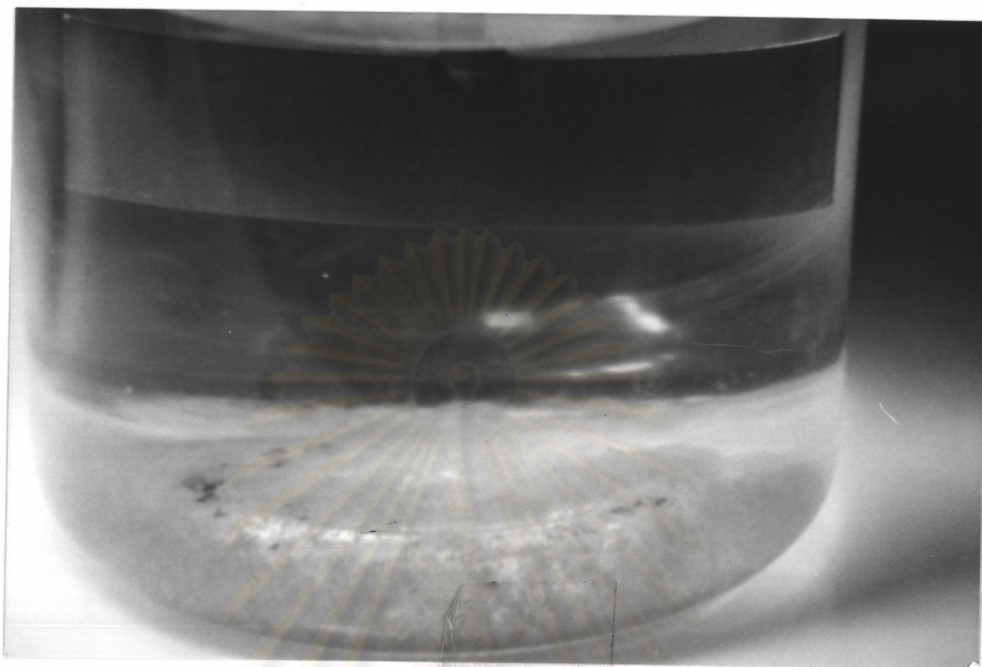
ง) ความขุ่น 200 NTU



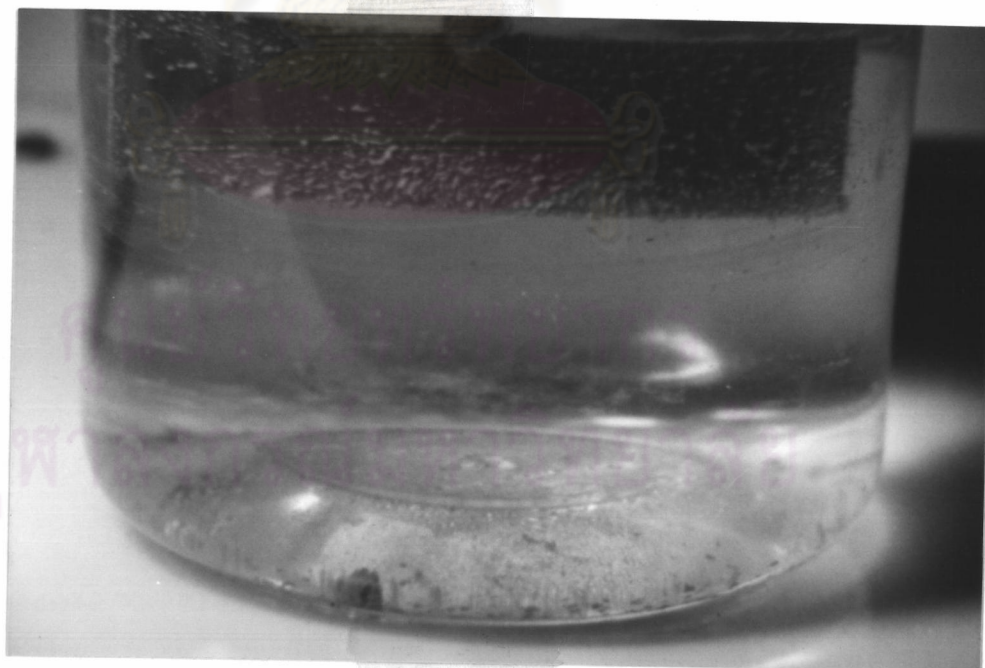
จ) ความขุ่น 300 NTU



รูปที่ 5.18 (ต่อ) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้โคโทเซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม



รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะของฟลอคที่เกิดจากสารส้มอย่างเดี่ยว



รูปที่ 5.20 แสดงลักษณะของฟลอคที่เกิดจากสารส้มและไคโตแซน

ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการกรอง (10 NTU) และเมื่อใช้ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสมที่ค่าความขุ่น 20 และ 50 NTU ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนถึงแม้ว่าจะน้อยกว่าค่าความขุ่นที่ได้จากการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวและต่ำกว่า 5 NTU แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่นที่แตกต่างกันแล้วค่าที่ได้ก็ยังไม่น่าพอใจมากนัก ส่วนที่ความขุ่นสูง (มากกว่า 100 NTU) ไคโทแซนไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเลย และการใช้ไคโทแซนร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสมนั้นพบว่า ไคโทแซนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นให้ได้ดีขึ้นที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 6-8 โดยค่าความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนต่ำกว่า 5 NTU ในทุกค่าความขุ่นยกเว้นที่ 300 NTU และค่าพีเอชเท่ากับ 6

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดในปริมาณที่เหมาะสม จะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มลงได้ถึงร้อยละ 50 โดยที่คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนได้ค่าความขุ่นต่ำกว่าค่ามาตรฐานของน้ำดื่ม (5 NTU)

โคแอกกูแลนต์ด้วยสารส้มในน้ำธรรมชาตินั้น ส่วนใหญ่มีกัมมิกไลเป็นแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึกสารประกอบ (Sweep coagulation) โดยอาจมีกลไกการดูดติดผิวและทำลายประจุเป็นกลไกร่วมที่มีบทบาทน้อยกว่ากลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึก (ที่เกิดจากการที่สารส้มสร้างผลึกของ $Al(OH)_3$ ที่มีลักษณะเป็นปูย) เมื่ออนุภาคมาสัมผัสก็จะจับตัวอยู่บนผลึกนั้น การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดสามารถช่วยลดความขุ่นได้ โดยกลไกการใช้โพลีเมอร์เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคโดยโพลีเมอร์จะเป็นสะพานเชื่อมต่ออนุภาคที่ถูกทำลายเสถียรภาพเข้าด้วยกันทำให้ได้ฟล็อกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

5.4.2 ผลกระทบต่อพีเอช สภาพค่างของน้ำ และอิทธิพลต่อพีเอช

การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชและค่าความเป็นค่างของน้ำน้อยมาก เนื่องจากปริมาณการเติมไคโทแซนในหน้าที่ของโคแอกกูแลนต์เอ็ดที่เหมาะสมมีค่าเพียง 0.1-0.2 มก./ล. ขึ้นอยู่กับค่าความขุ่นและพีเอชของน้ำ เมื่อค่าความขุ่นน้ำดิบสูงขึ้นปริมาณการใช้โคแอกกูแลนต์เอ็ดก็จะสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะโพลีเมอร์ไม่สามารถเพิ่มเป่าสัมผัสได้ ดังนั้นปริมาณโพลีเมอร์ที่เติมจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณฟล็อกที่เกิด ในการใช้สารโพลีเมอร์เป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดจะต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม การเติมในปริมาณที่น้อยไปการรวมตะกอนก็จะไม่สามารถเกิดได้ดี แต่ถ้าเติมในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้ความขุ่นกลับสูงขึ้นอีกได้ เนื่องจากการที่มีปลายอิสระของโพลีเมอร์ไปเกาะบนอนุภาคมากเกินไปทำให้ไม่มีที่ว่างบน

อนุภาคสำหรับเกาะติดกับอนุภาคอื่น ดังนั้นก็จะกลับมาเกาะบนอนุภาคเดิมทำให้อนุภาคกลับมีเสถียรภาพขึ้นมาอีก

ในการทดลองได้ทำการปรับค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วง 5-8 จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเกิดโคแอกกูเลชันโดยการใช่โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ด จะอยู่ในช่วงพีเอช 6-8 ซึ่งเป็นค่าทุกๆ ไปของน้ำ

5.4.3 การทดสอบกับน้ำดิบจากคลองประปา

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดของโคโทแซนกับน้ำดิบจากคลองประปาวางเขน ซึ่งมีความขุ่น 44 และ 150 NTU ที่ค่าพีเอช 7.33 และ 7.61 ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.19, 5.20 และรูปที่ 5.21, 5.22 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าการทดลองใช้สารส้มในปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสมร่วมกับโคโทแซนความเข้มข้น 1 มก./ล.จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ร้อยละ 47 และ 35 ที่ความขุ่นเริ่มต้น 44 และ 150 NTU ตามลำดับ

ในการทดลองใช้สารส้มในปริมาณร้อยละ 50 และ 70 ของปริมาณที่เหมาะสมร่วมกับโคโทแซนความเข้มข้น 0.5 มก./ล.ที่ความขุ่นเริ่มต้น 44 NTU จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ร้อยละ 9 และ 2 ส่วนที่ความขุ่นเริ่มต้น 150 NTU ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 และ 2 ตามลำดับ

ดังนั้นโคโทแซนสามารถใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดได้ดี โดยสามารถลดค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (5 NTU) ที่ความเข้มข้นของโคโทแซน 0.5 และ 1 มก./ล. เมื่อใช้ร่วมกับสารส้มร้อยละ 30 และ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม และฟล็อกที่ได้มีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้ดีกว่า

5.4.4 การนำไปใช้งาน

จากผลการทดลองพบว่า การนำไปใช้งานสำหรับน้ำที่มีความขุ่นต่ำ การใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสมจะลดค่าความขุ่นที่เหลือให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (5 NTU) และฟล็อกที่ได้จะมีขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนได้เร็ว ส่วนในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นสูงการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดจะสามารถลดค่า

ตารางที่ 5.19 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบ จากคลองประปาตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดรวม

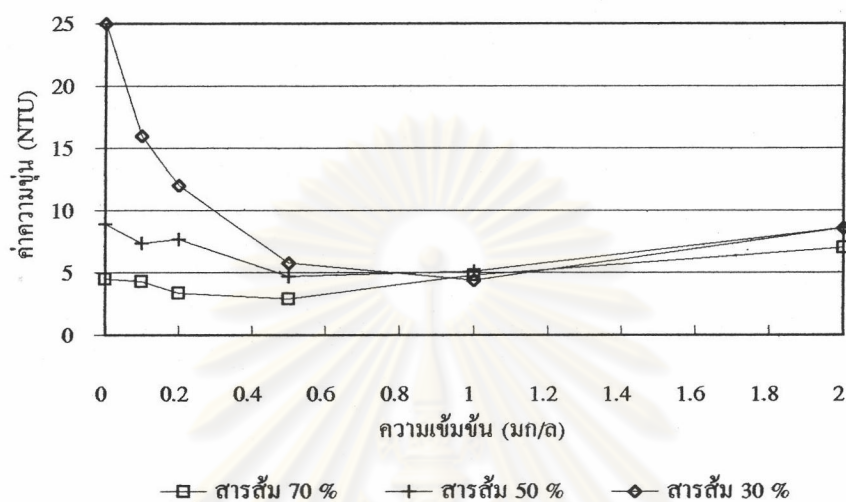
ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม		ปริมาณ โคโทแซน (มก./ล.)	ความขุ่นคงเหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
	ร้อยละ	(มก./ล.)			
44	70	17.5	0	4.5	90
			0.1	4.3	90
			0.2	3.4	92
			0.5	2.9	93
			1.0	4.8	89
			2.0	7	84
	50	12.5	0	8.9	80
			0.1	7.4	83
			0.2	7.7	83
			0.5	4.7	89
			1.0	5.1	88
			2.0	8.6	80
	30	7.5	0	25	43
			0.1	16	64
			0.2	12	73
			0.5	5.8	87
			1.0	4.4	90
			2.0	8.6	80

ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

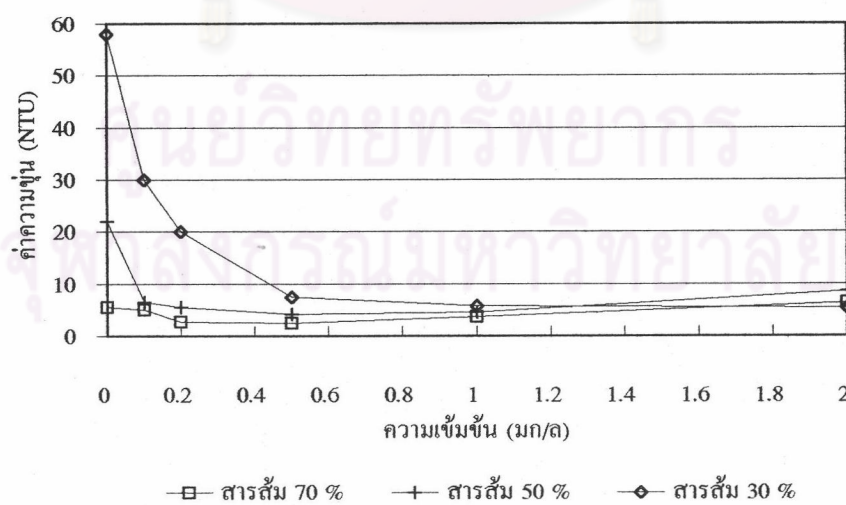
ตารางที่ 5.20 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบ จากคลองประปาตัวอย่างที่ 2 เมื่อใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วม

ความขุ่น ของน้ำดิบ (NTU)	ปริมาณ สารส้ม		ปริมาณ โคโทแซน (มก./ล.)	ความขุ่นคงเหลือ (NTU)	ประสิทธิภาพ (%)
	รอยละ	(มก./ล.)			
150	70	24.5	0	5.5	96
			0.1	5.1	97
			0.2	2.7	98
			0.5	2.4	98
			1.0	3.7	98
			2.0	6.4	96
	50	17.5	0	22	85
			0.1	6.5	96
			0.2	5.5	96
			0.5	4.2	97
			1.0	4.5	97
			2.0	8.6	94
	30	10.5	0	58	61
			0.1	30	80
			0.2	20	87
			0.5	7.5	95
			1.0	5.8	96
			2.0	5.4	96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.21 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบจากคลองประปาตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้โคโทแซนเป็น โคแอกกูแลนต์เอคร่วมกับสารส้ม



รูปที่ 5.22 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบจากคลองประปาตัวอย่างที่ 2 เมื่อใช้โคโทแซนเป็น โคแอกกูแลนต์เอคร่วมกับสารส้ม

ความขุ่นของน้ำที่เหลือลงได้ดีกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย แต่จะมีผลในการช่วยเพิ่มความสามารถในการตกตะกอนของฟล็อกให้ดีขึ้น

5.5 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอคจากโคโทแซน

การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตน้ำประปาจะคิดจากค่าใช้จ่ายต่างๆหลายด้าน เช่น

- ค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรุงแต่งคุณภาพน้ำดิบ ได้แก่ โคแอกกูแลนต์, โคแอกกูแลนต์เอค, สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค และสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพพีเอช
- ค่าพลังงาน ได้แก่ ค่าไฟฟ้า
- ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซมระบบ

ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในครั้งนี้จะคิดเฉพาะค่าใช้จ่ายในส่วนของสาร โคแอกกูแลนต์ และโคแอกกูแลนต์เอค คือ สารส้มและโคโทแซน เท่านั้น ไม่รวมค่าต้นทุนอื่นๆ

ราคาของโคโทแซนจะคิดตามราคาที่ได้จากบริษัท ยูนิคอร์ค จำกัด คือ กิโลกรัมละ 550 บาท และในการเตรียมโคโทแซนให้เป็นสารละลายจะต้องใช้กรดอะซิติก (CH_3COOH) ในอัตราส่วน 1% ถ้าราคากรดอะซิติกเข้มข้น (~100% Technical Grade) เท่ากับ 1,050 บาทต่อ 30 กก หรือต่อ 28.51 ลิตร หรือจะเท่ากับ 36.8 บาทต่อลิตร

ในการเตรียมสารละลายโคโทแซนร้อยละ 1 ปริมาณ 1 ลิตรจะต้องใช้

- | | | | |
|---------------------------|---|------|------|
| - โคโทแซนเท่ากับ | = | 10 | กรัม |
| หรือ | = | 5.5 | บาท |
| - และใช้กรดอะซิติกเข้มข้น | = | 10 | มล. |
| หรือ | = | 0.37 | บาท |

ดังนั้นราคาสารละลายโคโทแซนร้อยละ 1 จะเท่ากับ 5.87 บาทต่อ 10 กรัมโคโทแซน หรือ 587 บาทต่อกิโลกรัมโคโทแซน ส่วนสารส้มจะคิดในราคา 6 บาทต่อกิโลกรัม

5.5.1 ค่าใช้จ่ายในการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เปรียบเทียบกับการใช้สารส้ม

จากผลการทดลองพบว่า การใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เพียงลำพังนั้นไม่สามารถลดค่าความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนให้มีคุณภาพที่ดีที่สุดได้ และปริมาณที่เหมาะสมที่เลือกใช้คือ 0.2 มก./ล. ซึ่งจะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่มากกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการนำโคโทแซนมา

ใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ตารางที่ 5.21 แสดงค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบของการใช้โคโทแซนและสารส้มในการเป็นโคแอกกูแลนต์

5.5.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดเปรียบเทียบกับการใช้สารส้ม

จากผลการทดลองพบว่า การใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 และ 50 ของปริมาณที่เหมาะสมนั้นสามารถลดค่าความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนให้มีคุณภาพที่ดีได้ยกเว้นที่พีเอช 5 ส่วนการใช้ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 นั้นคุณภาพของน้ำหลังตกตะกอนยังเกินค่ามาตรฐานที่ 5 NTU แต่ส่วนใหญ่ความขุ่นยังต่ำกว่า 10 NTU และปริมาณที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.01-0.2 มก./ล. ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยที่มากกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวที่ความขุ่นต่ำกว่า 100 NTU แต่จะมีค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงหรือถูกกว่าเมื่อใช้กับความขุ่นสูงๆ และการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดยังจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตกตะกอนอีกด้วย ดังนั้นในการใช้โคแอกกูแลนต์เอ็ดจากโคโทแซนจึงน่าที่จะมีความเหมาะสมเพียงพอ ตารางที่ 5.22 แสดงค่าใช้จ่ายของการใช้โคโทแซนในปริมาณเหมาะสมที่เลือกใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดร่วมกับสารส้ม ส่วนค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดลองแสดงอยู่ในภาคผนวก ค.

5.6 การนำไปประยุกต์ใช้ในงานผลิตน้ำประปา

จากผลการทดลองการใช้โคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอ็ดนั้น จะสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบที่มีความขุ่นปานกลางถึงค่อนข้างสูง ดังนั้นผลจากการวิจัยในครั้งนี้จะนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งน้ำดิบที่มีความขุ่นค่อนข้างสูงได้ โดยในการนำไปใช้นั้นจะต้องมีการทดลองหาปริมาณการเติมสารส้มและสารละลายโคโทแซนที่เหมาะสมเสียก่อน

จากข้อมูลของการประปาส่วนภูมิภาค (อ้างจาก เบญจา 2536) พบว่าในช่วงฤดูฝน (เดือน ก.ค.-ก.ย.) แหล่งน้ำดิบที่จะนำมาผลิตน้ำประปานั้นจะมีความขุ่นสูงชันมากกว่าปกติ ในแม่น้ำบางสายเช่น แม่น้ำโขง ซึ่งปกติจะมีความขุ่นประมาณ 100-200 NTU ในช่วงฤดูฝนจะมีความขุ่นเพิ่มเป็น 300-500 NTU และในบางครั้งอาจสูงถึง 900 NTU ส่วนข้อมูลน้ำดิบของการประปานครหลวงมีรายงานการเพิ่มค่าความขุ่นในฤดูน้ำหลาก (เดือนส.ค.-ต.ค.) เช่นกันโดยความขุ่นจะเพิ่มสูงขึ้นจาก 20-60 NTU เป็น 100-300 NTU

ตารางที่ 5.21 ค่าใช้จ่ายของการใช้โคโทแซนและสารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์

ความขุ่น น้ำดิบ (NTU)	pH	ชนิดของโคแอกกูแลนต์							
		สารส้ม				โคโทแซน			
		ปริมาณ (ก/ม ³)	ความขุ่น คงเหลือ (NTU)	ประสิทธิ ภาพการ กำจัด(%)	ราคา (บาท/ม ³)	ปริมาณ (ก/ม ³)	ความขุ่น คงเหลือ (NTU)	ประสิทธิ ภาพการ กำจัด(%)	ราคา (บาท/ม ³)
20	5	10	18	10	0.06	0.2	9	55	0.1174
	6	10	3.3	84	0.06	0.2	10	50	0.1174
	7	10	4.3	79	0.06	0.2	12	40	0.1174
	8	10	3.1	85	0.06	0.5	13	38	0.2348
50	5	10	32	36	0.06	0.2	27	44	0.1174
	6	10	3.5	93	0.06	0.2	23	53	0.1174
	7	10	3.2	94	0.06	0.2	30	39	0.1174
	8	10	3.4	93	0.06	0.5	36	28	0.2348
100	5	20	36	64	0.12	0.2	31	68	0.1174
	6	20	2.5	98	0.12	0.2	30	69	0.1174
	7	20	1.9	98	0.12	0.2	35	65	0.1174
	8	20	2.0	98	0.12	0.5	46	54	0.2348
200	5	20	39	81	0.12	0.2	32	84	0.1174
	6	20	4.3	98	0.12	0.2	37	82	0.1174
	7	20	2.0	99	0.12	0.2	45	78	0.1174
	8	20	2.6	99	0.12	0.5	51	75	0.2348
300	5	20	30	90	0.12	0.2	42	86	0.1174
	6	20	2.5	99	0.12	0.5	37	87	0.1174
	7	20	2.7	99	0.12	0.5	47	84	0.1174
	8	20	2.4	99	0.12	0.5	51	82	0.2348

ตารางที่ 5.22 ค่าใช้จ่ายของการใช้โคโทเซนในปริมาณเหมาะสมที่เลือกใช้
เป็น โคแอกกูแลนต์พร้อมกับสารส้ม

	ความขุ่น น้ำดิบ (NTU)	ความขุ่นคงเหลือ (NTU)			ปริมาณ สารส้ม (มก/ล)	ปริมาณ โคโทเซน (มก/ล)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ม ³)
		pH6	pH7	pH8			
สารส้ม อย่างเดียว	20	3.3	4.3	3.1	10	-	0.06
	50	3.5	3.2	3.4	10	-	0.06
	100	2.5	1.9	2.0	20	-	0.12
	200	4.5	2.0	2.6	20	-	0.12
	300	2.5	2.7	2.4	20	-	0.12
สารส้ม ร้อยละ 70 ของปริมาณ ที่เหมาะสม	20	2.5	2.6	3.8	7	0.05	0.0714
	50	5.0	4.7	6.1	7	0.1	0.1007
	100	2.4	2.8	3.6	14	0.01	0.0899
	200	4.0	2.6	3.5	14	0.01	0.0899
	300	6.7	3.9	3.8	14	0.05	0.1134
สารส้ม ร้อยละ 50 ของปริมาณ ที่เหมาะสม	20	4.5	4.1	6.7	5	0.05	0.0594
	50	6.5	5.8	8.4	5	0.1	0.0887
	100	4.0	3.2	3.1	10	0.01	0.0659
	200	4.7	3.6	5.2	10	0.01	0.0659
	300	7.8	4.2	3.1	10	0.01	0.0659
สารส้ม ร้อยละ 30 ของปริมาณ ที่เหมาะสม	20	7.6	8.5	17	3	0.05	0.0474
	50	12	8.9	23	3	0.2	0.1354
	100	9.4	7.1	9.5	6	0.1	0.0947
	200	9.1	9.9	16	6	0.01	0.0419
	300	14	10	15	6	0.01	0.0419

การประปานครหลวงจะมีการใช้โพลีเมอร์ในการผลิตน้ำประปาโดยที่โรงผลิตน้ำบางเขน โดยมีการใช้ทั้งโพลีเมอร์ประจุบวกและประจุลบ ส่วนที่โรงผลิตน้ำสามเสนและธนบุรีจะมีการใช้โพลีเมอร์ประจุบวก จากรายงานอัตราการใช้สารเคมีของโรงผลิตน้ำ สามเสนและธนบุรี พบว่ามีการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกร่วมกับการใช้สารส้มเกือบตลอดปีโดยเฉพาะในฤดูฝน ซึ่งเหตุผลในการเติมเนื่องจากต้องการเพิ่มอัตราการผลิตน้ำให้มากขึ้น การใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวจะมีเครื่องสูบน้ำจ่ายสารเคมีไม่พอเพียง และปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นมีมากเกินไปจนไม่สามารถตกตะกอนได้ในถังตกตะกอน ปริมาณการใช้สารส้มในช่วงปกติมีค่า 20-30 มก./ล. และในช่วงที่มีความขุ่นสูงจะใช้สารส้ม 45-60 มก./ล. ร่วมกับการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกประมาณ 0.4 มก./ล. เพราะฟล็อกสารส้มอย่างเดียวที่เกิดขึ้นไม่สามารถตกตะกอนได้ทันในถังตกตะกอน

การใช้โพลีเมอร์สังเคราะห์นั้น นอกจากมีราคาที่แพงแล้วยังอาจมีอันตรายอีกด้วยจึงควรที่จะหันมาสนใจการใช้โพลีเมอร์จากวัสดุธรรมชาติแทน โคลโทแซนซึ่งเป็นโพลีเมอร์ธรรมชาติที่น่าจะนำมาใช้ได้ เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือใช้ที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอาหารทะเล

ตารางที่ 5.23 ข้อดีและข้อเสียของการใช้โคแอกกูแลนต์เอคจากโคลโทแซน

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เป็นวัสดุที่มีอยู่ในประเทศหาง่าย	1. การควบคุมองค์ประกอบ ไม่สามารถทำได้ง่ายนัก
2. เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ มาใช้ให้เกิดประโยชน์	2. เกล็ดของโคลโทแซนต้องเก็บในที่แห้ง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ
3. มีความปลอดภัย เนื่องจากเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ	3. โคลโทแซนยังมีราคาแพงค่อนข้างมาก เนื่องจากเพิ่งเริ่มมีการผลิตในประเทศ
4. สามารถใช้แทนโพลีเมอร์สังเคราะห์ในการผลิตน้ำประปา	4. เมื่อเตรียมเป็นสารละลายแล้ว ควรใช้ให้หมดภายใน 1-2 วันเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ
5. สามารถใช้กับน้ำที่มีความขุ่นสูงได้ดี	
6. ช่วยให้ฟล็อกที่ได้มีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้ดี	