

รายงานการวิจัย



เรื่อง

การประยุกต์ใช้ไคโตแซนในอุตสาหกรรมอาหาร
Application of Chitosan for Food Industry Uses

๑๕๐

๓๐๐ คพ๐

เลขที่:	๐.๐๕๐๒.๐๕	๗๙๔
เลขทะเบียน.....	๒๕๔๐	๑
๒๗ ส.ค. ๒๕๔๐		

โดย

Order Key.....	๑๓๐๑๖๖
BIB Key.....	๑๓๐๑๖๖

ไพรัตน์ โสภโณคร
เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล
สุทธวัฒน์ เบญจกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้ไคโตแซนที่สกัดขึ้นในห้องปฏิบัติการ จากเปลือกกุ้งกุลาดำ และ กุ้งหางแดง ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ การเคลือบผิวผลไม้ และการทำให้น้ำผลไม้ใส

ผลจากการศึกษาตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ พบว่า ไคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำสามารถตกตะกอนสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยขึ้นอยู่กับค่า พีเอชและปริมาณไคโตแซน สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารอินทรีย์จากน้ำทิ้ง 4 ชนิด คือ น้ำ นึ่งปลาทูน่า น้ำนึ่งปลาทูน่าแช่ น้ำล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง โดยใช้ปริมาณไคโตแซนและค่าพีเอชของ น้ำทิ้งดังนี้ คือ 200 มก./ลิตร พีเอช 6.14 , 200 มก./ลิตร พีเอช 4.0 , 150 มก./ลิตร พีเอช 7.10 และ 150 มก./ลิตร พีเอช 5.40 ตามลำดับ การใช้สารช่วยตกตะกอนร่วมกับไคโตแซนสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพการตกตะกอนน้ำนึ่งปลาทูน่า น้ำล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง แต่ไม่มีผลต่อน้ำนึ่งปลาทูน่า แช่ ชนิดและปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันคือ เพอร์ริกซัลเฟต 300 มก./ลิตร สำหรับน้ำนึ่งปลาทูน่า สารส้ม 100 มก./ลิตร สำหรับน้ำล้างปลาหมึก และเพอร์ริกซัลเฟต 100 มก./ลิตร สำหรับน้ำต้มกุ้ง ตามลำดับ

ภายหลังการตกตะกอนด้วยไคโตแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น พบว่า ความขุ่น ลดลงร้อยละ 95.02 - 99.34 ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลงร้อยละ 34.04 - 49.86 ของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 72.93 - 98.69 และค่าซีไอดีลดลงร้อยละ 34.86 - 46.34 ตะกอนของน้ำ ทิ้งที่ได้ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 30.93 - 71.73 ไขมันร้อยละ 1.68 - 39.19 และเถ้าร้อยละ 4.87 - 16.17

การปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้โดยการใช้น้ำไคโตแซนที่ผลิตจากเปลือกกุ้งหางแดง พบว่า ไคโตแซนสามารถละลายได้ในสารละลายกรดหลายชนิดที่แตกต่างกัน โดยกรดอะซิติก เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด ความใสของน้ำมะนาวและน้ำอุนที่ดีที่สุดเมื่อใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100มล. ส่วนความใสของน้ำมะขามและน้ำตาลโตนดที่ดีที่สุดเมื่อใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ และใช้เวลาในการตกตะกอนน้ำผลไม้ 1 - 2 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลต่อการปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้ได้ดีกว่าการใช้เบนโทไนท์และเจลาติน

ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซน พบว่า การใช้ไคโตแซน สามารถปรับปรุงความใสได้ดีกว่าน้ำผลไม้สด แต่ได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น และลักษณะรวมทั้งอร่อยกว่าน้ำผลไม้สด

การใช้โคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งแสดงค่าระดับของหมู่
อะซิติกร้อยละ 58 และค่าความหนืดของสารละลายเข้มข้นร้อยละ 1 ในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1
เท่ากับ 1,035 เซนติพอยส์ เพื่อเป็นสารเคลือบผิวมะนาว พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาว
ไว้ได้ โดยใช้สารละลายโคโตแซนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 เคลือบผิวมะนาวที่ผ่านการทำความสะอาด
สะอาดด้วยน้ำผสมสารป้องกันเชื้อรา สามารถยืดระยะเวลาการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ
เป็นเวลา 24 วัน และ 56 วัน เมื่อเก็บรักษามะนาวที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) และ 11°C
ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาว พบว่าการเคลือบผิวมะนาวด้วยโคโตแซนให้ผลที่ไม่
แตกต่างจากชุดควบคุม โดยที่คุณภาพทางเคมีของน้ำมะนาวที่ได้ยังคงใกล้เคียงกับคุณภาพเริ่มต้น

Abstract

Studies on application of chitosan produced in laboratory from shell of black tiger shrimp (*Panaeus monodon*) and red-tailed shrimp (*Panaeus merguensis*) were carried out in three different aspects as follows: recovery of organic compound from wastewater of seafood processing , coating of fruit and clarification of fruit juice.

Recovery of organic compound from seafood processing wastewater by chitosan, produced from shell of black tiger shrimp, was affected by amount of chitosan , pH and composition of wastewater. The optimum conditions for recovery of organic compound from 4 types of wastewater i.e. tuna condensate , round scad condensate , squid washed water and shrimp cooked water were varied in amount of chitosan and pH of wastewater as follows: 200 mg/L , 6.14 ; 200mg/L , 4.0 ; 150 mg/L , 7.10 and 150 mg/L , 5.40 , respectively. Incorporation with other coagulation chemicals showed increases of recovery efficiency of tuna condensate , squid washed water and shrimp cooked water but not round scad condensate. The suitable type and amount of coagulating chemicals were ferric sulfate 200 mg/L for tuna condensate , alum 100 mg/L for squid washed water and ferric sulfate 100 mg/L for shrimp cooked water. After coagulation with chitosan incorporated with the suitable coagulating chemicals, the important parameter of wastewater could be reduced by 95.02 – 99.34 % for turbidity , 34.04 – 49.86 % for total solid , 72.93 – 98.69 % for suspended solid and 34.86 – 46.34 % for COD. The recovered coagulum consisted of protein 30.93 – 72.73 % , fat 1.68 – 39.19 % and ash 4.87– 16.17 %.

Chitosan produced from red-tailed shrimp shell was used to improve the clarity of fruit juice. The results showed that the suitable conditions to improve the clarity of lime juice and grape juice was 20 mg chitosan/100 mL of juice, where as those for tamarind juice and palm sugar juice was 20 mg/100 mL

followed by pasteurization and gravity settling for 1-2 h. It was also found that using chitosan resulted in superior efficiency than bentonite and gelatin. Sensory evaluation of fruit juice after treating with chitosan showed that the clarity could be improved when compare to fresh juice, but odour and overall acceptability were affected by chitosan resulting in lower score than fresh fruit juice.

Chitosan produced from shell of black tiger shrimp in laboratory, showing a degree of acetylation of 58% and viscosity of 1% chitosan in 1% acetic acid of 1,035 centripoises was used for coating of lime. Coating of limes with 1.25% of produced chitosan in acetic acid solution could remarkably prolong the degreening period of fruit's skin to 24 and 56 days of storage at room temperature ($28\pm 1^{\circ}\text{C}$) and at 11°C , respectively. However, weight loss of fruit during storage of chitosan coated samples was not significantly difference from that of control. The chemical quality of lime juice after storage was comparable to the initial quality.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ตรวจเอกสาร	2
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	7
การประยุกต์ใช้โคโคแซนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ	8
การประยุกต์ใช้โคโคแซนในการเคลือบผิวผลไม้	41
การประยุกต์ใช้โคโคแซนในการทำให้น้ำผลไม้ใส	47
บทสรุป	60
เอกสารอ้างอิง	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ	9
2	องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงาน ทรอปิคอลแคนนิง จำกัด	14
3	องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด	15
4	ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุแขก (เจือจาง 1:3) ภายหลังจาก ตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	18
5	ความขุ่นของน้ำล้างปลาทุแขก ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	19
6	ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุหน้า (เจือจาง 1:3) ภายหลังจาก ตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	21
7	ความขุ่นของน้ำล้างปลาทุหน้า ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	22
8	ความขุ่นของน้ำล้างกุ้งจากโรงงานซีฮอร์ส จำกัด ภายหลังจาก ตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	24
9	ความขุ่นของน้ำล้างกุ้งจากโรงงานทรอปิคอลแคนนิง จำกัด ภายหลัง การตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	25
10	ความขุ่นของน้ำต้มกุ้ง ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	26
11	ความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึก ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	28
12	ความขุ่นของน้ำล้างปู ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	29
13	ความขุ่นของน้ำทิ้งรวมจากการแปรรูปปลาซาร์ดีนและปลาทุแขก ภายหลังจากตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชต่างกัน	30
14	ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุหน้า (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนอื่น	32
15	ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุแขก (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากตกตะกอน ด้วยโคโคแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนอื่น	34
16	ความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึก ภายหลังจากตกตะกอนด้วยโคโคแซน ปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนอื่น	35

17	ความขุ่นของน้ำต้มกึ่งภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโคแซน ปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนอื่น	37
18	สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ จากน้ำทิ้งชนิดต่าง ๆ	38
19	ประสิทธิภาพของโคโคแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนในการตกตะกอน สารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ	39
20	ปริมาณและองค์ประกอบของตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนสารประกอบ อินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยโคโคแซนร่วมกับสารตกตะกอนชนิดอื่น	40
21	องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของโคโคแซน จากเปลือกกุ้งกุลาดำ	44
22	การสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวเคลือบผิวด้วยโคโคแซนระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส	45
23	องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะนาว ที่เคลือบผิวด้วยโคโคแซนก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์	44
24	ผลการละลายและความหนืดของโคโคแซนในสารละลายต่าง ๆ	53
25	ผลการตกตะกอนน้ำมะนาวด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	53
26	ผลการตกตะกอนน้ำองุ่นด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	54
27	ผลการตกตะกอนน้ำมะขามด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	55
28	ผลการตกตะกอนน้ำตาลโตนดด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	55
29	ผลการตกตะกอนน้ำมะนาวด้วยโคโคแซน ที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100มล.	56
30	ผลการตกตะกอนน้ำมะขามด้วยโคโคแซน ที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100มล.ร่วมกับการพลาสเจอไรซ์	56
31	ผลการตกตะกอนน้ำองุ่นด้วยโคโคแซน ที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100มล.	57
32	ผลการตกตะกอนน้ำตาลโตนดด้วยโคโคแซน ที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100มล.ร่วมกับการพาสเจอไรซ์	57
33	ผลการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโคแซนเปรียบเทียบกับสารตกตะกอน ชนิดอื่น (เบนโตไนท์ 10 มก./ลิตร , เจลาติน 290 มก./ลิตร พร้อมกับการให้ความร้อน)	58
34	คะแนนเฉลี่ยจากการชิมน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยโคโคแซน	59

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำนิ่งปลาทุแยก (เจือจาง 1:3)	18
2	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างปลาทุแยก	19
3	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำนิ่งปลาทุน้ำ (เจือจาง 1:3)	21
4	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างปลาทุน้ำ	22
5	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างกุ้ง (จากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด)	24
6	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างกุ้ง (จากโรงงาน ทรอปปิคอลแคนนิ่ง จำกัด)	25
7	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำต้มกุ้ง	26
8	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างปลาหมึก	28
9	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำล้างปู	29
10	ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความชุ่ม ของน้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด (จากการแปรรูปปลาซาร์ดีน และปลาทุแยก)	30
11	ผลของการใช้โคโตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับ สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความชุ่มของน้ำนิ่งปลาทุน้ำ (เจือจาง 1:3)	32
12	ผลของการใช้โคโตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับ สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความชุ่มของน้ำนิ่งปลาทุแยก (เจือจาง 1:3)	34
13	ผลของการใช้โคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับ สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความชุ่มของน้ำล้างปลาหมึก	35
14	ผลของการใช้โคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับ สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความชุ่มของน้ำต้มกุ้ง	37

15	คะแนนสีผิวของมะนาวเคลือบผิวด้วยโคโตแซนระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง	46
16	คะแนนสีผิวของมะนาวเคลือบผิวด้วยโคโตแซนระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	46

บทนำ

จากแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ กุ้งแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีการผลิตเพื่อการส่งออกหลายรูปแบบด้วยกัน คือ กุ้งเด็ดหัว ตัดเปลือก ตัดหาง , กุ้งเด็ดหัวปอกเปลือก ตัดหาง , กุ้งเด็ดหัวปอกเปลือก ตัดหาง ผ่าหลัง, กุ้งเด็ดหัวปอกเปลือก ปอกหาง และ กุ้งเด็ดหัว ปอกเปลือก ปอกหาง ผ่าหลัง เป็นต้น ก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้ที่สำคัญได้แก่ หัว เปลือก และ หาง ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จำนวนมากคิดเป็นร้อยละ 40-80 ของน้ำหนักกุ้งสด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและ ขนาดของกุ้ง กรรมวิธีในการผลิต และชนิดของผลิตภัณฑ์ สำหรับปี 2533 ประเทศไทยมีการส่งออกกุ้ง แช่เยือกแข็งประมาณ 77,600 ตัน ซึ่งพบว่ามีปริมาณของเปลือกและหัวกุ้งที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์อยู่สูงถึง กว่า 8 หมื่นตัน เมื่อนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาตากแห้งจะให้ผลผลิตร้อยละ 85-90 ของน้ำหนักแห้ง และ พบองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ โปรตีน ไคติน และแคลเซียมคาร์บอเนต

ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปกุ้งแช่เยือกแข็ง คือการกำจัดวัสดุเหลือใช้ ซึ่ง จำเป็นต้องกระทำให้ถูกต้องและรวดเร็ว เพราะวัสดุเหล่านี้จะเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็วหากปล่อยทิ้งไว้ โดยไม่มีการปฏิบัติการใดๆ ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยถึงแนวทางการนำวัสดุ เหลือใช้เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายทางด้วยกัน เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นปุ๋ย ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร และการเปลี่ยนให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มี ราคาเพิ่มสูงขึ้น ที่สำคัญคือ สารไคตินและไคโตแซน

การศึกษาค้นคว้าวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน พบว่าสามารถผลิตไคตินและไคโตแซนได้ อย่างมีประสิทธิภาพจากเปลือกกุ้งที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมแปรรูปกุ้ง โดยกระบวนการทางเคมี อันประกอบด้วย การกำจัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ การกำจัดแร่ธาตุด้วยสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก และการกำจัดหมู่อะซิติลด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือไคโตแซน มีปริมาณร้อยละ 21 เมื่อเทียบจากน้ำหนักเปลือกกุ้งอบแห้ง คุณสมบัติของ ไคโตแซนที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับไคโตแซนทางการค้าพบว่ามีความบริสุทธิ์สูง ประการดีกว่า และที่สำคัญ พบว่าต้นทุนในการผลิตอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับราคาของไคโตแซนที่มีจำหน่ายในตลาดเมืองไทย (ไพรัตน์ โสภโณตร และคณะ , 2534)

ดังนั้นหากได้มีการศึกษาการประยุกต์ใช้ไคโตแซนเพื่อประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การใช้เป็นสารตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ การเคลือบผิวผลไม้เพื่อ ยืดอายุการเก็บรักษา เป็นต้น คาดว่าจะสามารถขยายศักยภาพการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากโรง งานแปรรูปสัตว์น้ำได้กว้างขวางมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการประยุกต์ใช้โคโตแซนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ
2. ศึกษาการประยุกต์ใช้โคโตแซนในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้โดยการเคลือบผิว
3. ศึกษาการประยุกต์ใช้โคโตแซนในการทำให้น้ำผลไม้ใส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดปัญหามลภาวะที่เกิดจากน้ำเสีย และนำเอาสารอินทรีย์กลับมาใช้ประโยชน์ได้
2. แนวทางการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้
3. ทำให้ทราบข้อมูลเพื่อการปรับปรุงคุณภาพความใสของน้ำผลไม้
4. เป็นข้อมูลเพื่อการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตรวจเอกสาร

โคโตแซนเป็นอนุพันธ์ของโคตินที่เกิดจากการแยกหมู่อะซิติก(deacetylation) ออกจากโคตินเกิดเป็นหมู่อะมิโนอิสระที่สามารถรับโปรตอน และทำให้โพลีเมอร์ที่ได้มีประจุเป็นบวก ด้วยเหตุนี้โคโตแซนจึงมีคุณสมบัติที่ละลายได้ในสารละลายหลายชนิด ซึ่งมีพีเอชในช่วงที่เป็นกรดต่ำกว่า 5.5 (Filar and Wirick,1978) และทำให้การใช้ประโยชน์ของโคโตแซนสูงกว่าโคติน โคโตแซนสามารถละลายได้ในสารละลายกรดอินทรีย์เจือจาง เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดไพรพิโอนิก และกรดออกซาลิก นอกจากนี้ยังสามารถละลายในกรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง กรดเปอร์คลอริก และละลายได้เล็กน้อยในกรดฟอสฟอริก แต่ไม่ละลายในกรดซัลฟูริก โคโตแซนไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายในรูปเกลือของกรดหลายชนิด ยกเว้นเกลือซัลเฟตและเกลือซัลไฟด์ โคโตแซนไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไป แต่ละลายในสารพอลิออลที่มีสภาพเป็นกรด เช่น สารละลายในส่วนผสมระหว่างกลีเซอรอลและน้ำ (3:1) ที่มีกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1.0 (Filar and Wirick,1978 ; Kienzle-Sterzer,et al.,1982; Anonymous,1989)

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปกุ้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารสัตว์ ได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์โดยการผลิตเป็นโคตินและโคโตแซนบ้าง แต่การผลิตเป็นอุตสาหกรรมในประเทศไทยยังไม่เป็นที่แพร่หลาย อย่างไรก็ตามได้มีการประยุกต์ใช้สารโคโตแซนอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น

- ด้านการเกษตร ใช้โคโตแซนเคลือบเมล็ดข้าวสาลีเพื่อป้องกันเชื้อรา (Brzeski, 1987) ใช้โคตินเป็นส่วนผสมอาหารเลี้ยงไก่ (Austin, et al., 1981)
- ด้านการแพทย์ มีการใช้โคโตแซนเป็นส่วนผสมของยาช่วยสมานแผล (Balassa and Prudden, 1978) ใช้เป็นวัสดุเชื่อมหรือจัดกระดูก ใช้เป็นเลนส์สายตา ใช้เป็นแคปซูลบรรจุยา (Brzeski, 1987) อนุพันธ์ของโคโตแซนบางชนิดใช้เป็นสารตกตะกอนเลือด ใช้ผลิตผนังไตเทียม ใช้เป็นสารช่วยลดคลอเลสเตอรอล และใช้เป็นสารเชื่อมหรืออุดฟันในด้านทันตกรรม (Nagyvary, et al., 1979, Sugano, et al., 1980)
- อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ บริษัท Wella ของประเทศเยอรมัน ได้ใช้โคโตแซนเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางค์สำหรับผิวและเส้นผม ส่วนบริษัท Chito-Bios of Ancona ของประเทศอิตาลี ได้ใช้โคโตแซนเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์แชมพู สบู่เหลว ยาสีฟัน ครีม และโลชั่น (Nicol, 1991) อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมแก้ว และอุตสาหกรรมถ่ายภาพ เป็นต้น (Brzeski, 1987)

การใช้ประโยชน์ของโคตินและโคโตแซนในอุตสาหกรรมอาหารมีหลายประการด้วยกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงทำหน้าที่หลายประการ เช่น คุณสมบัติช่วยในการอ้วนน้ำ น้ำมัน และอิมัลชัน คุณสมบัติในการเกิดเจล คุณสมบัติในการจับสี คุณสมบัติการเกิดแผ่นฟิล์ม และคุณสมบัติเป็นสารตกตะกอน เป็นต้น (Knorr, 1984) มีการศึกษาการใช้ประโยชน์โคโตแซน โดยการทำให้เกิดแผ่นฟิล์ม แล้วใช้ห่อหุ้มอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (Averbach, 1978) ใช้ในการผลิตแผ่นกรองรีเวอร์สออสโมซิส (Yang and Zall, 1984) ใช้เพิ่มปริมาตรของขนมปัง (Knorr, 1982) ใช้ในการทำให้น้ำแอปเปิลใสด้วยอนุพันธ์ของโคโตแซนที่ละลายน้ำได้ (Soto-Peralta, et al., 1989) ใช้ในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การใช้โคโตแซนร่วมกับสารตกตะกอนชนิดอื่น ในน้ำทิ้งจากการแปรรูปผัก (Bough, 1975a) การแปรรูปไข่ (Bough, 1975b) การแปรรูปสัตว์ปีก (Bough, et al., 1975) การแปรรูปหอยลาย (Zall, et al., 1976) การแปรรูปปลาซาลมอน และกุ้งแช่เยือกแข็ง (Johnson and Gallanger, 1984) และการแปรรูปหอยแมลงภู่ (No and Meyers, 1989) เป็นต้น

การประยุกต์ใช้โคโตแซนเป็นสารช่วยตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งรวมถึงการลดปริมาณของแข็งทั้งหมด การตกตะกอนโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ นอกจากนี้ยังใช้โคโตแซนในการทำน้ำดื่มและน้ำใช้ให้บริสุทธิ์ ซึ่งขณะนี้ได้รับการยอมรับโดยสำนักงานป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (US-EPA) แล้ว (วิสิฐ จะวะสิต และ ลูกจันทร์ ภักฤษพันธ์, 2533) มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ใช้โคโตแซนเป็นสารตกตะกอน ในปี 1988 Imeri และ Knorr ได้ทำการศึกษาถึงผลของโคโตแซนที่มีต่อกรรมวิธีการทำน้ำผลไม้ ในด้านผลผลิต ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณกรด ของตัวอย่างน้ำแครอท และน้ำแอปเปิ้ล พบว่าสารละลายโคโตแซนไม่มีผลต่อผลผลิตที่ได้ของน้ำผลไม้ แต่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง และสามารถลดปริมาณกรดของน้ำผลไม้ได้ จึงทำให้โคโตแซนมีศักยภาพในการควบคุมความเป็นกรดในอาหารชนิดอื่น

Soto-Peralta และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษาลักษณะของโคโตแซนต่อความใสของน้ำ แอปเปิ้ล โดยทดสอบประสิทธิภาพของโคโตแซนที่ละลายในกรด และ โคโตแซนที่ละลายในน้ำ พบว่า โคโตแซนทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นของน้ำแอปเปิ้ลเหมือนชุดควบคุม และโคโตแซนที่ละลายในกรดมีประสิทธิภาพสูงกว่าโคโตแซนที่ละลายในน้ำเมื่อความเข้มข้นต่ำ ๆ แต่จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น สำหรับความเข้มข้นของโคโตแซนที่เหมาะสมในการทำน้ำแอปเปิ้ลให้ใส คือ 0.7 และ 0.8 กก./ม³ ของโคโตแซนที่ละลายในกรดและที่ละลายในน้ำตามลำดับ

Bough และคณะ (1975b) ได้ศึกษาการลดปริมาณของแข็งและเก็บเกี่ยวของแข็งจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์ปีก 3 แหล่ง คือ น้ำทิ้งรวม น้ำทิ้งจากส่วนทำความสะอาด และน้ำทิ้งจากการลวกโดยการใช่โคโตแซน ได้ผลดังนี้ คือ

- น้ำทิ้งรวม ปริมาณโคโตแซนที่เหมาะสมในการตกตะกอนของแข็งจากน้ำทิ้งรวม (พีเอช 6.5) คือ 5 มก./ลิตร แล้วตั้งทิ้งให้ตกตะกอน สามารถลดความขุ่น ของแข็งแขวนลอยและซีโอดี เท่ากับ ร้อยละ 93 94 และ 13 ตามลำดับ ตะกอนที่ได้มีโปรตีนและไขมัน ร้อยละ 55.6 และ 30.6 ตามลำดับ

- น้ำทิ้งจากส่วนทำความสะอาด ปริมาณโคโตแซนที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งส่วนนี้ คือ 6 มก./ลิตร ที่พีเอช 6.3 เมื่อแยกตะกอนด้วยการตั้งทิ้งให้ตกตะกอน ตะกอนที่ได้ประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 36.5 ไขมันร้อยละ 54.2 และเถ้าร้อยละ 1.3 น้ำทิ้งภายหลังการตกตะกอนสามารถนำไปใช้สำหรับการลวก

- น้ำทิ้งจากการลวก ปริมาณโคโตแซนที่เหมาะสม ในการตกตะกอนน้ำทิ้งจากการลวก คือ 30 มก./ลิตร ที่พีเอช 7.0 เมื่อปล่อยให้ตกตะกอนสามารถลดของแข็งแขวนลอย และซีโอดีเท่ากับ ร้อยละ 88 และ 49 ตามลำดับ ส่วนการแยกตะกอนด้วยวิธีการลอยตัวด้วยอากาศ สามารถลดของแข็งแขวนลอยและซีโอดี เท่ากับ ร้อยละ 77 และ 46 ตามลำดับ ตะกอนที่ได้ประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 67.9 ไขมันร้อยละ 0.7 และเถ้าร้อยละ 15.4

Bough (1976) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารโพลีเมอร์ที่มีคุณสมบัติ ช่วยตกตะกอนในน้ำทิ้งจากการบรรจุเนื้อ (พีเอช 7.5) พบว่าโคโตแซนมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนสารตกตะกอนชนิดอื่น เช่น Atlasep 105 C, Natron 86 และ Betz 119 ให้ผลดีรองลงมาตามลำดับ ปริมาณสารโคโตแซนที่เหมาะสมในการตกตะกอนคือ 30 มก./ลิตร โดยใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง สามารถลดของแข็งแขวนลอยและซีโอดีได้ ร้อยละ 89 และ 55 ตามลำดับ ตะกอนที่ได้ประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 41 ไขมันร้อยละ 17 และเถ้าร้อยละ 11

Zall และคณะ (1976) ได้ศึกษาการใช้โคโตแซน ตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างหอยลายที่มีของแข็ง และซีโอดีเริ่มต้น เท่ากับ 3590 และ 3590 มก./ลิตร ตามลำดับ พบว่า โคโตแซน ปริมาณ 10 มก./ลิตร สามารถลดของแข็ง และซีโอดีได้ร้อยละ 11 และ 47 ตามลำดับ ส่วนการใช้โคโตแซน 5 มก./ลิตร กับน้ำล้างหอยที่มีของแข็ง และซีโอดีเริ่มต้น 2528 และ 837 มก./ลิตร สามารถ

ลดปริมาณของแข็ง และซีโอตีได้เท่ากับร้อยละ 11 และ 37 ตามลำดับ การใช้สารส้มและเฟอร์ริกคลอไรด์สามารถลดของแข็งได้ใกล้เคียงกับการใช้โคโคแซน แต่มีผลลดซีโอตีได้ต่ำกว่า

การใช้โคโคแซนร่วมกับสารตกตะกอนชนิดอื่น สามารถให้ประสิทธิภาพการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์เพิ่มขึ้น ดังนี้

1. การใช้โคโคแซนตกตะกอนร่วมกับสารส้ม

Bough (1975a) รายงานว่า ปริมาณโคโคแซนที่เหมาะสมต่อการลดความขุ่นในน้ำทิ้งจากการปกเปิดอกพริกเม็ดใหญ่ คือ 40 มก./ลิตร ที่พีเอช 6.0 ลดความขุ่นได้ ร้อยละ 82.2 และเมื่อใช้โคโคแซนร่วมกับสารส้ม (อย่างละ 40 มก./ลิตร) สามารถลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 ส่วนปริมาณโคโคแซนที่เหมาะสม ต่อการลดความขุ่นในน้ำทิ้งที่ได้จากการคว้านพริกเม็ดใหญ่ คือ 10 มก./ลิตร ที่พีเอช. 6.0 ลดความขุ่นได้ร้อยละ 64 และเมื่อใช้โคโคแซนร่วมกับสารส้ม พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ 10 และ 80 มก./ลิตร ตามลำดับ สามารถลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 3

2. การใช้โคโคแซนตกตะกอนร่วมกับเฟอร์ริกซัลเฟต

Bough (1975b) พบว่าปริมาณโคโคแซนที่เหมาะสมต่อการลดความขุ่นในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปผักขม ที่พีเอช 5.0 เท่ากับ 40 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 98.2 และเมื่อใช้โคโคแซนร่วมกับเฟอร์ริกซัลเฟตในปริมาณ 50 และ 40 มก./ลิตร ตามลำดับ สามารถลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.8 ส่วนปริมาณโคโคแซนที่เหมาะสมต่อการลดความขุ่นในน้ำทิ้งที่ได้จากโรงงานแปรรูปผักกาด ที่พีเอช 6.0 เท่ากับ 10 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 84.8 และเมื่อใช้โคโคแซนร่วมกับเฟอร์ริกซัลเฟตในปริมาณ 40 และ 160 มก./ลิตร ตามลำดับ พบว่า สามารถลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น ร้อยละ 10.91

3. การใช้โคโคแซนตกตะกอนร่วมกับเฟอร์ริกคลอไรด์

Bough (1975a) รายงานว่า ปริมาณโคโคแซนที่เหมาะสมต่อการลดความขุ่นในน้ำทิ้ง ที่ได้จากโรงงานแปรรูปพริกเม็ดใหญ่ พีเอช 5.0 เท่ากับ 20 มล./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 77.5 และเมื่อใช้โคโคแซนร่วมกับเฟอร์ริกคลอไรด์ ปริมาณ 30 และ 20 มก./ลิตร ตามลำดับ สามารถลดความขุ่นได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 18.7 นอกจากนี้การใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารตกตะกอน หรือการปรับพีเอชสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน

Harris และ Moats (1974) ได้ตกตะกอนสารอินทรีย์และของแข็งในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไข่ โดยปรับพีเอชให้มีค่า 4.7 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 - 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีของเหลวส่วนใสหลังจาก เหยียงตะกอนมีค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 78 - 90

Civit และคณะ (1982) ได้ดักตะกอนโปรตีนในน้ำล้างเลือดปลาโดยปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.6 - 5.9 แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 20 นาที การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 75 - 80 องศาเซลเซียส ไม่มีผลเพิ่มการตกตะกอนโปรตีน วิธีการดังกล่าวสามารถตกตะกอนโปรตีนได้สูงกว่าการปรับพีเอช หรือการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียวตลอดจนสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงกว่า

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของโคโตแซนคือความหนืด ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น น้ำหนักและโครงสร้างของโมเลกุล อัตราส่วนความเข้มข้นระหว่างโคโตแซนและกรด (Anonymous, 1989) โคโตแซนสามารถเกิดแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติป้องกันน้ำ และอากาศเมื่อละลายในกรดอินทรีย์เจือจางอย่างเช่น กรดอะซิติก หรือ กรดฟอร์มิก คุณภาพของแผ่นฟิล์มในการป้องกันน้ำและอากาศขึ้นกับวิธีการเตรียมโคโตแซน ชนิดของวัตถุติด และขั้นตอนในการกำจัดหมู่อะซิติก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพของโคโตแซน เพราะการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้โพลิเมอร์เกิดการเสื่อมสภาพ การเกิดแผ่นฟิล์มของโคโตแซนเกิดขึ้นเมื่อโคโตแซนละลายในกรดแล้วเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งการกวนหรือการเขย่าที่แรงเกินไปจะทำให้โซ่ของโพลิเมอร์สั้นลง ทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีคุณภาพต่ำลง

Averbach (1978) รายงานว่าแผ่นฟิล์มโคโตแซนที่ทนต่อแรงดึง 20000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และสามารถยืดได้ยาวเพิ่มขึ้นได้ร้อยละ 6 เป็นแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติดีที่สุดที่สามารถป้องกันการผ่านของน้ำและอากาศได้อย่างสมบูรณ์

El Ghaouth และคณะ (1991) ได้ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยโคโตแซนต่อความสามารถในการเก็บรักษาและความสดของสตรอเบอร์รี่ พบว่าการเคลือบผิวสตรอเบอร์รี่ด้วยโคโตแซน สามารถป้องกันการเสื่อมเสียหลังการเก็บเกี่ยว และเพิ่มศักยภาพของสารป้องกันเชื้อราในการยืดอายุการเก็บรักษาเมื่อเก็บที่ อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

ตามแผนงานวิจัย ได้แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน คือ

1. การประยุกต์ใช้โคโตแซนในการตกกระกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ
2. การประยุกต์ใช้โคโตแซนในการเคลือบผิวผลไม้
3. การประยุกต์ใช้โคโตแซนในการทำให้น้ำผลไม้ใส

การประยุกต์ใช้โคโตแซนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ

ตอนที่ 1 การผลิตโคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ

ล้างเปลือกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และแยกส่วนเนื้อออกไป ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ออบเปลือกกุ้งในตูบที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง บดเปลือกกุ้ง ด้วยเครื่องบด Hammer Mill แล้วใช้ตะแกรงร่อนเพื่อแยกเปลือกกุ้งให้ได้ขนาด 1.4 - 4.0 มม.

แช่เปลือกกุ้งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล ที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนของเปลือกกุ้งต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1 : 6 (น.น./ปริมาตร) ล้างด้วยน้ำกรองให้หมดต่างจนเป็นกลาง ออบเปลือกกุ้งในตูบที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

แช่เปลือกกุ้งที่ผ่านการกำจัดโปรตีนแล้วในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 นอร์มอล ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง อัตราส่วนของเปลือกกุ้งที่กำจัดโปรตีนแล้วต่อสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เท่ากับ 1 : 12 (น.น./ปริมาตร) ล้างด้วยน้ำกรองให้หมดกรดจนเป็นกลาง ออบเปลือกกุ้งในตูบที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลที่ได้เรียกว่า โคติน

กำจัดหมู่อะซิติลโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 50 (น.น./น.น.) ที่อุณหภูมิ 100°ซ ภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 30 นาที อัตราส่วนของโคตินต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1 : 15 (น.น./ปริมาตร) ล้างด้วยน้ำกรองจนหมดต่างให้เป็นกลาง ทำการกำจัดหมู่อะซิติลซ้ำอีกครั้ง จะได้สารโคโตแซน ออบโคโตแซนในตูบที่อุณหภูมิ 65°ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บ โคโตแซนที่ได้ไว้ในขวดและที่มืดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของโคโตแซน

- ความชื้น (A.O.A.C , 1984)
- เถ้า (A.O.A.C , 1984)
- ไนโตรเจน (A.O.A.C , 1984)
- ไขมัน (A.O.A.C , 1984)
- ระดับหมู่อะซิติล (Degree fo acetylation) (Neugebauer, et al., 1989)
- ความหนืด

ตอนที่ 2 การประยุกต์ใช้โคโตนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งในโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ

วัสดุอุปกรณ์

1. ตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร
2. ภาชนะบรรจุน้ำทิ้งขนาด 20 ลิตร
3. เครื่องวัดความขุ่น
4. อุปกรณ์ Jar test
5. พีเอชมิเตอร์
- 6.

วัตถุดิบ และการเตรียมวัตถุดิบ

1. น้ำทิ้งจากจุดต่าง ๆ ในการแปรรูปสัตว์น้ำจากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา และโรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา แสดงดังตารางที่ 1
2. โคโตนที่ผลิตจากเปลือกกุ้งกุลาดำ (ตอนที่ 1)
3. สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำทิ้ง ร่วมกับโคโตน ได้แก่
 - เฟอริกซัลเฟต $[\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$
 - เฟอริกคลอไรด์ $[\text{FeCl}_3]$
 - สารส้ม $[\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}]$

ตารางที่ 1 น้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ

โรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด

น้ำทำละลายปลาทูน่า

น้ำล้างปลาทูน่า

น้ำนิ่งปลาทูน่า

น้ำล้างกุ้ง

น้ำล้างปู

น้ำต้มกุ้ง

โรงงานซีฮอร์ส จำกัด

น้ำนิ่งปลาทูน่า

น้ำล้างปลาทูน่า

น้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด (การผลิตปลาซาร์ดีนและปลาทูน่า)

น้ำล้างกุ้ง

น้ำล้างปลาหมึก

น้ำล้างกุ้งหลังคัดขนาด

การเตรียมวัตถุดิบ

1. การเตรียมน้ำทิ้ง : กรองน้ำทิ้งผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เก็บในภาชนะขนาด 20 ลิตร ที่อุณหภูมิ -20°ซ ทำให้ละลายที่อุณหภูมิห้องก่อนนำมาใช้
2. การเตรียมสารละลายโคโคแชน : ละลายโคโคแชนในสารละลายกรดอะซิติก เข้มข้นร้อยละ 2 ให้ความเข้มข้นของโคโคแชน เท่ากับ 10 กรัม/ลิตร
3. การเตรียมสารละลายเพอร์ริกซัลเฟต เพอร์ริกคลอไรด์ และสารส้ม : ละลายสารเคมีนี้ในน้ำกลั่นให้ความเข้มข้นของสารเคมีเท่ากับ 100 กรัม/ลิตร

วิธีการทดลอง

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้ง ด้วยวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1985) ดังต่อไปนี้

- พีเอช โดยใช้พีเอชมิเตอร์
- ความเป็นด่าง (Alkalinity)
- กรดระเหย (Volatile acid)
- ของแข็งตกตะกอน (Settleable solids)
- ของแข็งทั้งหมด (Total solids)
- ของแข็งคงตัว (Fixed solids)
- ของแข็งระเหย (Volatile solids)
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids)
- ของแข็งละลาย (Dissolved solids)
- ซีโอดี (Chemical oxygen demand)
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)
- กรีส (Grease)
- ความขุ่น โดยใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter)

คัดเลือกน้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนด้วยโคโคแชน โดยใช้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และซีโอดี เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อใช้ทำการทดลองขั้นต่อไป

2. การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำด้วยโคโคแชน

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ด้วยโคโคแชนที่ผลิตจากเปลือกกุ้งกุลาดำ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และจัดชุดการทดลองแบบแฟลคทอเรียล โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ พีเอช และปริมาณโคโคแชน ทำการตกตะกอนน้ำทิ้งด้วยโคโคแชน ที่สภาวะต่างๆ

กัน แล้วประเมินประสิทธิภาพของโคโตแซนในการลดความขุ่นของน้ำทิ้งด้วย Jar test (Culp and Culp, 1971) ดังนี้คือ

1. ใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจำนวน 200 มล. (เฉพาะน้ำทิ้งปลา ให้เจือจางด้วยน้ำกรอง อัตราส่วน 1:3) ปรับพีเอชโดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล ให้มีระดับพีเอชต่างกัน (พีเอช 4 - 8)
2. เติมสารละลายโคโตแซนในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้
 - น้ำทิ้งปลา เติมสารละลายโคโตแซนเข้มข้น 100, 200, 400 และ 600 มก./ล.
 - น้ำทิ้งอื่น ๆ เติมสารละลายโคโตแซนเข้มข้น 50, 100, 150 และ 200 มก./ล.
3. วัดพีเอชอีกครั้งหนึ่ง
4. คนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วคนด้วยความเร็ว 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
5. คนให้เข้ากันแล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที
6. นำส่วนใสมาวิเคราะห์ความขุ่น

คัดเลือกตัวอย่างน้ำทิ้งที่มีความขุ่นลดลงเนื่องจากการใช้โคโตแซนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการปรับ พีเอชที่เหมาะสม เพื่อทำการทดลองขั้นต่อไป

3 การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำด้วยโคโตแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนอื่น

สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำทิ้งร่วมกับโคโตแซน ได้แก่

- เฟอริกซัลเฟต $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$
- เฟอริกคลอไรด์ $[\text{FeCl}_3]$
- สารส้ม $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}]$

1. จัดสภาวะต่าง ๆ พีเอชและปริมาณโคโตแซนให้เหมาะสมกับน้ำทิ้งแต่ละชนิดที่คัดเลือกไว้
2. เติมสารช่วยตกตะกอน ชนิดต่าง ๆ กันในปริมาณ 100, 200, 300, 400 , 500 และ 600 มก./ล.
3. คนด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วคนด้วยความเร็ว 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
5. คนให้เข้ากันแล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที

6. นำส่วนใสมาวิเคราะห์ความขุ่น

คัดเลือก ชนิดและปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งแต่ละชนิด ตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้โคโคแซนและสารช่วยตกตะกอนในการตกตะกอนน้ำทิ้งโดยวิเคราะห์องค์ประกอบของส่วนใส และตะกอนที่ได้

4. ตรวจสอบคุณภาพของน้ำส่วนใสและวิเคราะห์องค์ประกอบของตะกอน

1. จัดสภาวะต่าง ๆ (พีเอช , ปริมาณโคโคแซน , ชนิดและปริมาณสารช่วยตกตะกอน) ให้เหมาะสมกับน้ำทิ้งแต่ละชนิดที่คัดเลือกไว้
2. ตรวจสอบคุณภาพของน้ำส่วนใส ดังนี้ คือ
 - ความขุ่น
 - ของแข็งทั้งหมด
 - ของแข็งแขวนลอย
 - ซีไอดี
3. วิเคราะห์องค์ประกอบของตะกอนที่ได้ โดยการนำตะกอนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ ที่ง ั่วข้ามคืน ก่อนนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบดังนี้
 - ความชื้น (A.O. A.C. , 1984)
 - เถ้า (A.O. A.C. , 1984)
 - ไปรตีน (Kjeldahl method ; A.O. A.C. , 1984)
 - ไขมัน (A.O. A.C. , 1984)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของโคโคแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ

โคโคแซนที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งกุลาดำขนาด 1.4 - 4.0 มม. ลักษณะเป็นเกล็ดสีส้มจางสามารถละลายในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2 ได้ดีมาก จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของโคโคแซน ได้ผลดังนี้

ปริมาณความชื้น	ร้อยละ	11.22
ปริมาณเถ้า	ร้อยละ	1.50
ปริมาณไขมัน	ร้อยละ	0.11
ปริมาณไนโตรเจน	ร้อยละ	6.52
ความหนืด (เซนติพอยส์)		378.20
ระดับหมู่อะซิติก	ร้อยละ	40.82

จากองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของโคโคแชนท์ที่ผลิตได้ข้างต้น พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับผลการทดลองของ Filar และ Wirick (1978) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในโคโคแชนท์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 8.17 - 8.40 อันเป็นผลเนื่องมาจากมีหมู่อะซิติลเหลืออยู่ในโคโคแชนท์ปริมาณค่อนข้างสูง (ร้อยละ 40.82) ซึ่งโดยปกติโคโคแชนท์ในทางการค้าจะมีอัตราการกำจัดหมู่อะซิติลร้อยละ 70 - 90 (Anonymous, 1989) ระดับหมู่อะซิติลที่กำจัดออกได้น้อยมีผลโดยตรงต่อคุณภาพโคโคแชนท์ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ความหนืดของสารละลายโคโคแชนท์สามารถบ่งชี้ จำนวนหมู่อะซิติลอิสระ ซึ่งขึ้นกับระดับการกำจัดหมู่อะซิติลจะเห็นว่า โคโคแชนท์ที่สกัดได้มีความหนืดต่ำ เมื่อเทียบกับการทดลองของ Filar และ Wirick (1989) ซึ่งพบว่าความหนืดของสารละลายโคโคแชนท์ชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูงมีค่าเท่ากับ 2780 เซนติพอยส์ อันเป็นผลเนื่องมาจากมีปริมาณไนโตรเจนต่ำ เพราะมีการสูญเสียหมู่เอมีนอิสระส่งผลให้ความสามารถในการรับประจุไฮโดรเจนจากสารละลายกรดต่ำลง ทำให้แรงผลักประจุไม่เพียงพอสำหรับการคลายตัวของพอลิเมอร์โคโคแชนท์ จึงทำให้ความหนืดต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ส่วนปริมาณเก่า พบว่า โคโคแชนท์ที่สกัดได้มีปริมาณเก่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Filar และ Wirick (1978) ซึ่งพบว่าปริมาณเก่าในโคโคแชนท์อยู่ในช่วงร้อยละ 1.2 - 1.9 ปริมาณเก่าบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่เหลืออยู่ในโคโคแชนท์

2. การประยุกต์ใช้โคโคแชนท์ในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์ น้ำ

2.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งชนิดต่าง ๆ จากโรงงาน ทอปปิคอลแคนนิ่ง จำกัด มีองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) โดยพบว่าน้ำทิ้งส่วนใหญ่มีค่าพีเอชในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อย (พีเอช 5.40 - 6.87) ยกเว้นน้ำล้างกึ่ง ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.50 น้ำทิ้งส่วนใหญ่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงโดยเฉพาะน้ำล้างปลาทูน่า (32355 มก./ลิตร) สำหรับน้ำทำละลายปลาทูน่า น้ำล้างปลาทูน่า และน้ำล้างกึ่ง ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดค่อนข้างต่ำ (849 1444 และ 3477 มก./ลิตร ตามลำดับ) พบว่าของแข็งส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลายมากกว่าของแข็งแขวนลอย ยกเว้นน้ำล้างกึ่งซึ่งมีของแข็งส่วนใหญ่เป็นของแข็งแขวนลอย ส่วนปริมาณของแข็งคงตัวและของแข็งระเหยจะแตกต่างกันตามชนิดของน้ำทิ้ง ปริมาณซีโอดีของน้ำทิ้งส่วนใหญ่มีค่าสูง ยกเว้นน้ำทำละลายปลาทูน่า ซึ่งมีปริมาณซีโอดีเท่ากับ 324 มก./ลิตร สำหรับปริมาณไนโตรเจนและกรีสของน้ำทิ้งมีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดของน้ำทิ้ง โดยพบว่า น้ำล้างปลาทูน่า ให้ค่าสูงสุด (3484 และ 9815 มก./ลิตร ตามลำดับ) โดยทั่วไปปริมาณของแข็งมีความสัมพันธ์กับค่าซีโอดี และปริมาณไนโตรเจน เนื่องจากน้ำทำละลายปลาทูน่ามีปริมาณของของแข็ง ค่าซีโอดีและปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำมากดังนั้นจึงไม่ได้เป็นตัวชี้วัดน้ำทิ้งชนิดนี้มาตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ด้วยโคโคแชนท์

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานทอปีคอลลแคนนิง จำกัด

องค์ประกอบ	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ความเป็น ค่า	กรด ระเหย	ของแข็ง ตกตะกอน	ของแข็ง ทั้งหมด	ของแข็ง คงตัว	ของแข็ง ระเหย	ของแข็ง แขวนลอย	ของแข็ง ละลาย	ซีไอดี (มก./ลิตร)	ไนโตรเจน ทั้งหมด	กรีส (มก./ลิตร)
ตัวอย่างน้ำทิ้ง		(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)	(มก./ลิตร)
น้ำทำละลายปลาหุน่า													
แซ่เยือกแข็ง	6.62	210	30±1 ^a	20±0	1.45±0.12	849±16	115±15	734±34	298±31	550±30	324±20	30±1	605±5
น้ำล้างปลาหุน่า	6.87	542	75±5	60±0	4.20±0.10	1444±89	166±33	1277±111	200±25	1233±100	27360±100	57±2	1040±110
น้ำนึ่งปลาหุน่า	6.14	7050	1340±10	3490±10	1.70±0.18	32355±244	3366±100	28988±244	1600±100	30750±100	70041±2048	3484±35	9815±165
น้ำล้างกุ้ง	7.50	310	125±5	123±3	12.30±0.14	3477±22	955±55	2521±55	2550±300	933±50	25149±246	41±1	1770±20
น้ำล้างปู	6.80	1750	215±5	300±4	5.50±0.28	8110±155	1366±33	6744±44	2800±100	5316±100	18431±409	40±1	1190±110
น้ำต้มกุ้ง	5.40	425	315±5	1245±5	9.15±0.34	17455±78	5588±89	11866±166	5366±133	12083±133	16793±409	430±32	4970±270

a ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานซีฮอร์ส จำกัด

องค์ประกอบ ตัวอย่างน้ำทิ้ง	พีเอช	ความขุ่น (NTU)	ความเป็น ต่าง (มก./ลิตร)	กรด ระเหย (มก./ลิตร)	ของแข็ง ตกตะกอน (มก./ลิตร)	ของแข็ง ทั้งหมด (มก./ลิตร)	ของแข็ง คงตัว (มก./ลิตร)	ของแข็ง ระเหย (มก./ลิตร)	ของแข็ง แขวนลอย (มก./ลิตร)	ของแข็ง ละลาย (มก./ลิตร)	ซีโอดี (มก./ลิตร)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (มก./ลิตร)	กรีส (มก./ลิตร)
น้ำนึ่งปลาทุแวก	5.9	3000	2535±10 ^a	6260±40	0.50±0.12	86110±2355	4944±244	81166±1866	19166±433	66947±463	374784±2048	5796±84	62355±4575
น้ำล้างปลาทุแวก	6.3	3000	1045±5	2188±22	100±2	17816±133	1333±133	16483±166	2400±400	15416±400	39730±409	2042±32	5560±390
น้ำล้างกุ้ง	7.2	210	625±5	555±5	0.85±0.50	8993±486	73±5	8920±480	3666±466	5326±466	13516±409	594±28	2605±95
น้ำล้างกุ้งหลังคัดขนาด	7.3	200	40±0	23±0	5.20±0.56	700±100	166±14	566±166	366±23	366±82	544±12	46±2	2060±30
น้ำคองกุ้งต้ม	7.9	250	247±3	110±10	3.00±0.80	1000±100	133±13	866±133	300±10	600±100	1965±163	79±5	1060±30
น้ำล้างปลาหมึก	7.1	500	560±10	660±10	0.50±0.05	14326±266	493±73	13833±273	3566±33	10759±111	23756±472	676±4	2785±145
น้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด	6.7	530	312±7	625±5	23.5±25	6000±450	66±9	5933±466	2666±278	1333±33	8703±102	219±14	940±90

a ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

สำหรับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด (ตารางที่ 3) พบว่า น้ำทิ้งส่วนใหญ่มีค่าพีเอชเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงพีเอชเป็นกลาง (พีเอช 5.90 - 7.30) ยกเว้นน้ำดองกุ้งต้ม ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.90 โดยค่าพีเอชมีความสัมพันธ์กับความเป็นด่าง และปริมาณกรดระเหย น้ำนิ่งปลาทุแยก น้ำล้างปลาทุแยกและน้ำล้างปลาหมึก มีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าน้ำทิ้งชนิดอื่น (86110, 17816 และ 14326 มก./ลิตร ตามลำดับ) โดยของแข็งส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลาย น้ำทิ้งส่วนใหญ่มีค่าซีโอดีและปริมาณไนโตรเจนสูง โดยน้ำนิ่งปลาทุแยกให้ค่าสูงสุด รวมทั้งให้ปริมาณกรีสสูงกว่าน้ำทิ้งชนิดอื่น

เนื่องจากน้ำดองกุ้งต้ม และน้ำล้างกุ้งหลังคัดขนาด มีค่าซีโอดีต่ำ (1965 และ 544 มก./ลิตร ตามลำดับ) และมีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (79 และ 46 มก./ลิตร ตามลำดับ) ดังนั้นจึงไม่คัดเลือกน้ำทิ้งทั้งสองชนิดดังกล่าวมาตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ ด้วยโคโคแซน

2.2 การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำด้วยโคโคแซน

น้ำทิ้งจากการแปรรูปสัตว์น้ำสามารถจัดหมวดหมู่ตามชนิดของวัตถุดิบ เพื่อใช้สำหรับตกตะกอนด้วยโคโคแซนได้ ดังนี้

- น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาทุแยก
- น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาหน่า
- น้ำทิ้งจากการแปรรูปกุ้ง
- น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาหมึก
- น้ำทิ้งจากการแปรรูปปู
- น้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด (การแปรรูปปลาซาร์ดีน และปลาทุแยก)

เมื่อนำน้ำทิ้งมาปรับสภาพให้ได้พีเอช อยู่ในช่วง 4 - 8 และเติมโคโคแซนปริมาณต่าง ๆ กัน เพื่อศึกษาถึงปริมาณโคโคแซน และพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของโคโคแซนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้ง โดยเทียบกับน้ำทิ้งที่ไม่เติมโคโคแซน ทั้งนี้พิจารณาจากความสามารถในการลดค่าความขุ่นของน้ำทิ้ง ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

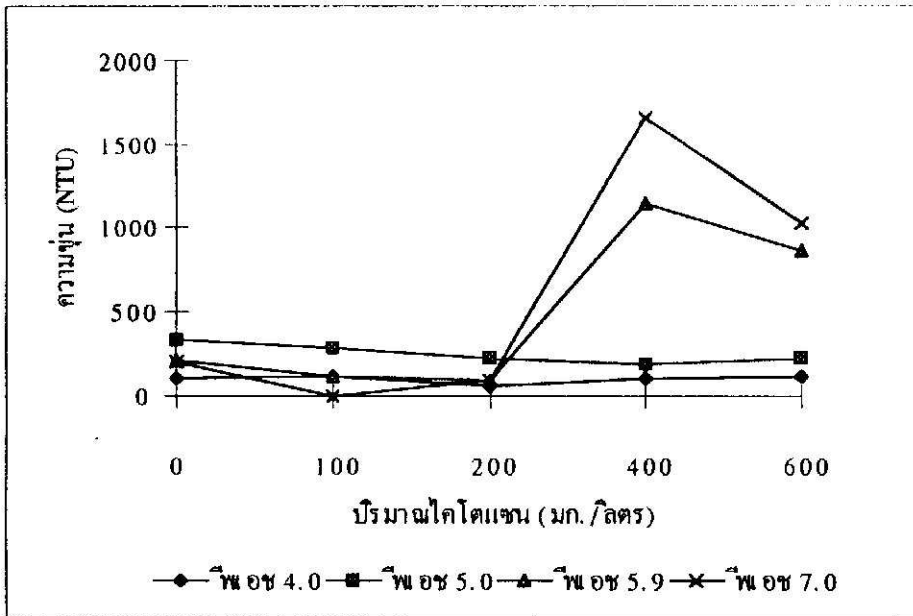
1. น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาหูแชก

1.1 น้ำทิ้งปลาหูแชก

เนื่องจากน้ำทิ้งปลาหูแชกมีปริมาณของแข็งทั้งในรูปของแข็งแขวนลอย และของแข็งละลายสูง ทำให้มีความหนืดสูง จำเป็นต้องเจือจางด้วยน้ำกรองก่อนที่จะนำไปใช้ทดลอง โดยใช้อัตราส่วนของน้ำทิ้งปลา ต่อ น้ำกรอง เท่ากับ 1:3 จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งปลาหูแชก ที่เจือจางด้วยน้ำกรองในอัตราส่วน 1 : 3 (รูปที่ 1 ตารางที่ 4) พบว่า โคโคแชนมีผลต่อการลดความขุ่นที่ทุกระดับพีเอช การปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.0 ทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น ร้อยละ 51.16 เมื่อเทียบกับความขุ่นของน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.90) อันเป็นผลจากการรวมตัวของอนุภาคต่าง ๆ ภายในน้ำทิ้งในสภาพที่เป็นกรด แต่เมื่อปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.0 กลับทำให้ความขุ่นลดลง ร้อยละ 52.56 เมื่อเทียบกับความขุ่นน้ำทิ้งเริ่มต้น เนื่องจากการตกตะกอนของโปรตีนในน้ำทิ้งที่จุดไอโซอิเล็กตริก เมื่อเติมโคโคแชนในน้ำทิ้งพบว่า ความขุ่นไม่ได้ลดลงตามปริมาณที่เติมลงไป สำหรับการปรับพีเอชของน้ำทิ้งให้เท่ากับ 4.0 และเติมโคโคแชนปริมาณต่าง ๆ กัน พบว่า การใช้โคโคแชนปริมาณ 200 มก./ลิตร มีผลทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการไม่เติมโคโคแชน และลดลงร้อยละ 70.23 เมื่อเทียบกับความขุ่นของน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.9) ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ ในน้ำทิ้งปลาหูแชก คือ การใช้โคโคแชนปริมาณ 200 มก./ลิตร กับน้ำเจือจาง 1:3 ที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.0

1.2 น้ำล้างปลาหูแชก

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างปลาหูแชก ซึ่งประกอบด้วยเลือดปลาเป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 2 ตารางที่ 5) พบว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างปลาหูแชกให้เท่ากับ 6.0 และเติมโคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้มากที่สุด (ร้อยละ 69.55) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.30) การปรับพีเอชของน้ำทิ้งให้เท่ากับ 5.0 โดยไม่เติมโคโคแชนสามารถลดความขุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน (ร้อยละ 65.25) แสดงว่าที่ระดับพีเอชดังกล่าว มีค่าใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กตริกของโปรตีนในน้ำทิ้ง สำหรับการเติมโคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.30) พบว่า สามารถลดความขุ่นได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่การเติมโคโคแชนปริมาณ 100 และ 150 มก./ลิตร ไม่ทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร ดังนั้นการใช้ โคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งเริ่มต้นจึงมีความเหมาะสมมากกว่า (ความขุ่นลดลงร้อยละ 68.10) เมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับน้ำทิ้งให้มีพีเอชเท่ากับ 6.0 แล้วเติมโคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร ซึ่งมีค่าความขุ่นไม่แตกต่างกันมาก อีกทั้งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับพีเอชของน้ำทิ้งก่อนและหลังการเติมโคโคแชนอีกด้วย ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างปลาหูแชก คือ การใช้โคโคแชนปริมาณ 50 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.30) แต่เนื่องจากน้ำทิ้งปลาหูแชกมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่า ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำทิ้งปลาหูแชก เป็นตัวแทนของน้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาหูแชกในการศึกษาการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งโดยใช้โคโคแชนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนอื่น ๆ ต่อไป

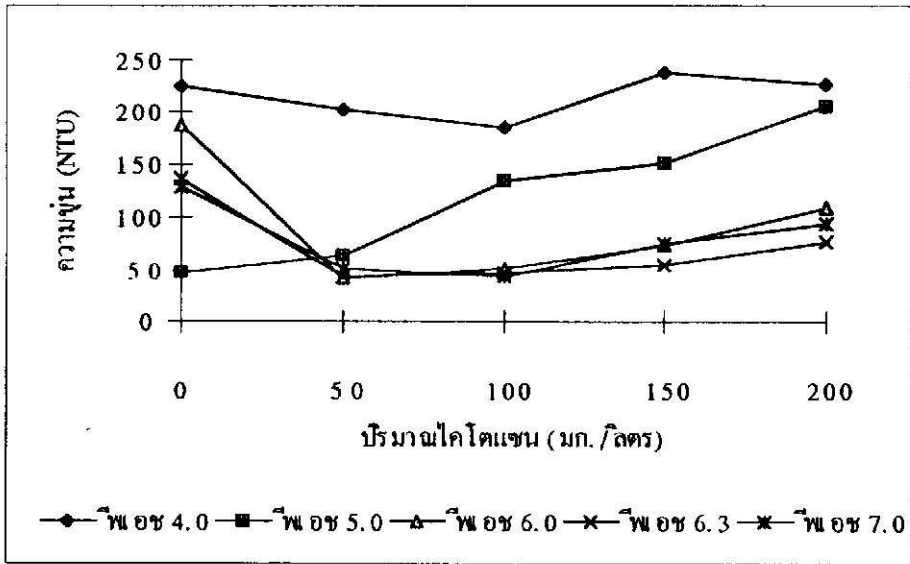


รูปที่ 1 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณคลอรีนต่อความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุแขก (เจือจาง 1:3)

ตารางที่ 4 ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาทุแขก (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากตกตะกอนด้วยคลอรีน ปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณคลอรีน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	5.9	7.0
0	102.00 ^a	325.00 ^a	215.00 ^c	196.00 ^c
100	117.00 ^a	287.00 ^b	115.00 ^d	106.00 ^d
200	64.00 ^b	223.50 ^c	94.15 ^d	94.15 ^d
400	109.00 ^a	193.50 ^c	1174.00 ^a	1657.00 ^a
600	117.50 ^a	218.50 ^c	860.00 ^b	1021.50 ^b

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 2 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโรซานต่อความขุ่นของน้ำล้างปลาทุแขก

ตารางที่ 5 ความขุ่นของน้ำล้างปลาทุแขกภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโรซานปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโรซาน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)				
	4.0	5.0	6.0	6.3	7.0
0	225.20 ^a	47.25 ^e	188.00 ^a	136.00 ^a	129.50 ^a
50	202.00 ^b	64.20 ^d	41.40 ^d	43.40 ^c	52.00 ^d
100	186.00 ^c	135.00 ^c	52.00 ^d	46.95 ^c	44.50 ^d
150	238.00 ^a	151.50 ^b	74.00 ^c	55.00 ^c	75.85 ^c
200	227.00 ^a	206.50 ^a	110.00 ^b	77.75 ^b	94.00 ^b

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

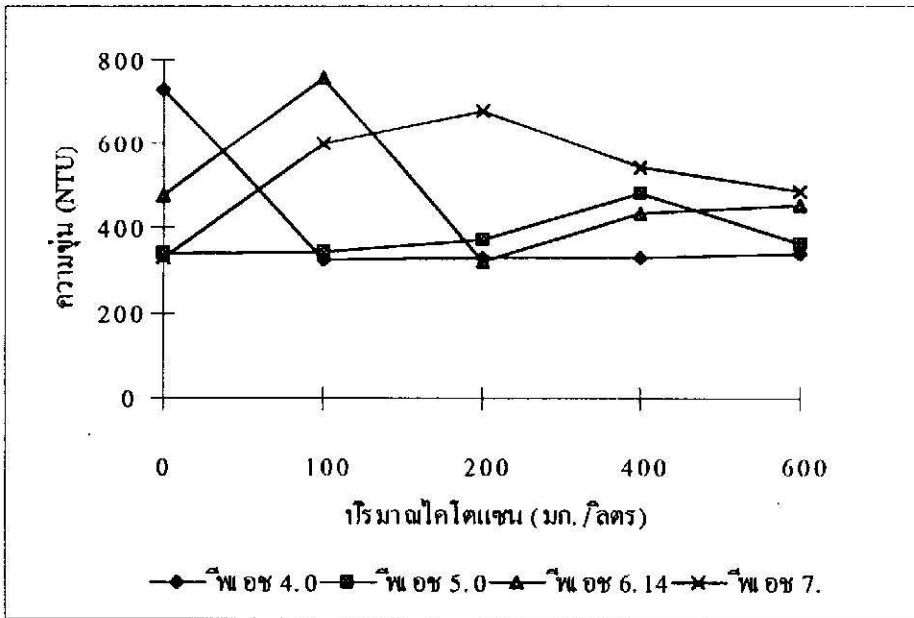
2. น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาทูน่า

2.1 น้ำนึ่งปลาทูน่า

จากผลการทดลองการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ผ่านการเจือจาง (รูปที่ 3 ตารางที่ 6) พบว่าการปรับพีเอชของน้ำนึ่งปลาทูน่า (พีเอช 6.14) ให้มีค่าเท่ากับ 4.0 ทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.79 ในขณะที่การปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.0 และ 7.0 สามารถลดความขุ่นได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ร้อยละ 29.11 และ 30.27 ตามลำดับ) การเติมโคโคเดแซนในน้ำทิ้งที่พีเอชเริ่มต้น (พีเอช 6.14) ในปริมาณ 100 มก./ลิตร ทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.60 แต่เมื่อเติมโคโคเดแซนในปริมาณ 200 มก./ลิตร ความขุ่นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 73.52) การเติมโคโคเดแซนในปริมาณต่าง ๆ ในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้เท่ากับ 4.0 สามารถลดความขุ่นได้เพียงเล็กน้อย ส่วนการเติมโคโคเดแซนในปริมาณต่าง ๆ ในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.0 และ 7.0 ทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ ในน้ำนึ่งปลาทูน่า คือ การใช้โคโคเดแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.14)

2.2 น้ำล้างปลาทูน่า

น้ำล้างปลาทูน่าเป็นน้ำล้างเลือด และเศษเนื้อหลังจากการแยกเครื่องในออกก่อนนำไปนึ่งจากการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างปลาทูน่า (รูปที่ 4 ตารางที่ 7) พบว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างปลาทูน่าให้มีค่าเท่ากับ 4.0 และเติมโคโคเดแซนในปริมาณ 50, 100, 150 และ 200 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งพีเอช 4.0 ที่ไม่เติมโคโคเดแซน แต่การเติมโคโคเดแซนในปริมาณ 100 มก./ลิตร ทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งลดลงมากที่สุด (ร้อยละ 787.22) เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.87) ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ ในน้ำล้างปลาทูน่า คือ การใช้โคโคเดแซนปริมาณ 100 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.0 เนื่องจากน้ำนึ่งปลาทูน่ามีปริมาณไนโตรเจนและกรีสสูงกว่า จึงเลือกใช้น้ำนึ่งปลาทูน่าเป็นตัวแทนของน้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาทูน่าในการศึกษาการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งโดยใช้ โคโคเดแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนอื่น ๆ ต่อไป

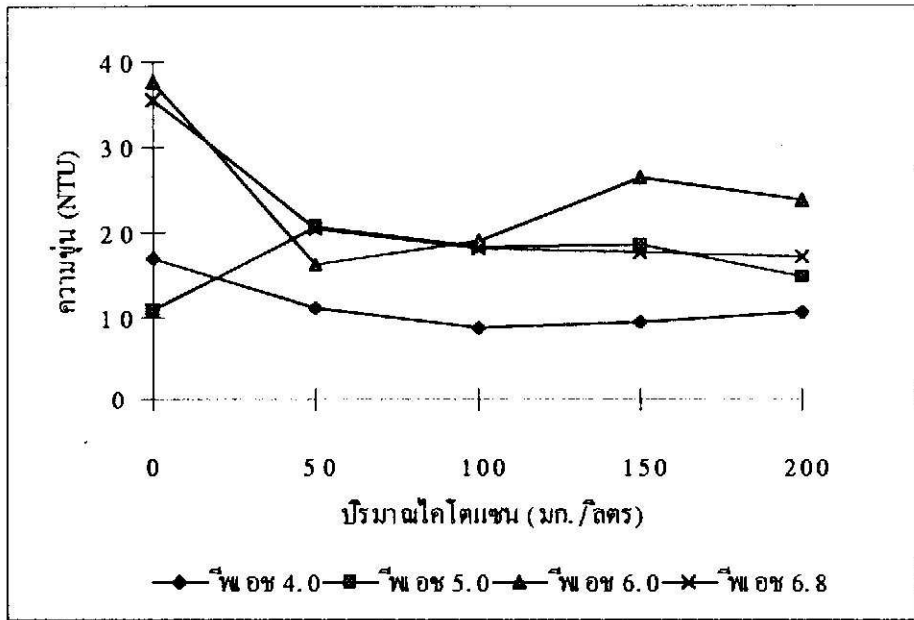


รูปที่ 3 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโลเจนต่อความขุ่นของน้ำนิ่งปลาหน้า (เจือจาง 1:3)

ตารางที่ 6 ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาหน้า (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากการตกตะกอนด้วยโคโลเจน ปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโลเจน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	6.14	7.0
0	729.00 ^a	336.50 ^c	474.00 ^c	330.50 ^c
100	322.50 ^c	344.50 ^c	756.50 ^a	597.00 ^c
200	328.00 ^c	371.50 ^b	320.50 ^c	679.00 ^a
400	330.00 ^{bc}	482.00 ^a	433.00 ^d	542.50 ^c
600	340.00 ^a	362.00 ^b	450.00 ^c	486.00 ^d

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 4 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความขุ่นของน้ำล้างปลาทูน่า

ตารางที่ 7 ความขุ่นของน้ำล้างปลาทูน่าภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโตแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโตแซน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	6.0	6.87
0	17.00 ^a	10.80 ^c	37.75 ^a	35.60 ^a
50	11.15 ^b	20.65 ^a	16.25 ^c	20.55 ^b
100	8.60 ^d	18.35 ^b	19.10 ^d	18.20 ^c
150	9.50 ^{cd}	18.60 ^c	26.35 ^b	17.55 ^c
200	10.50 ^{bc}	14.85 ^d	23.65 ^c	17.25 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

3. นำทิ้งจากการแปรรูปกุ้ง

3.1 น้ำล้างกุ้ง

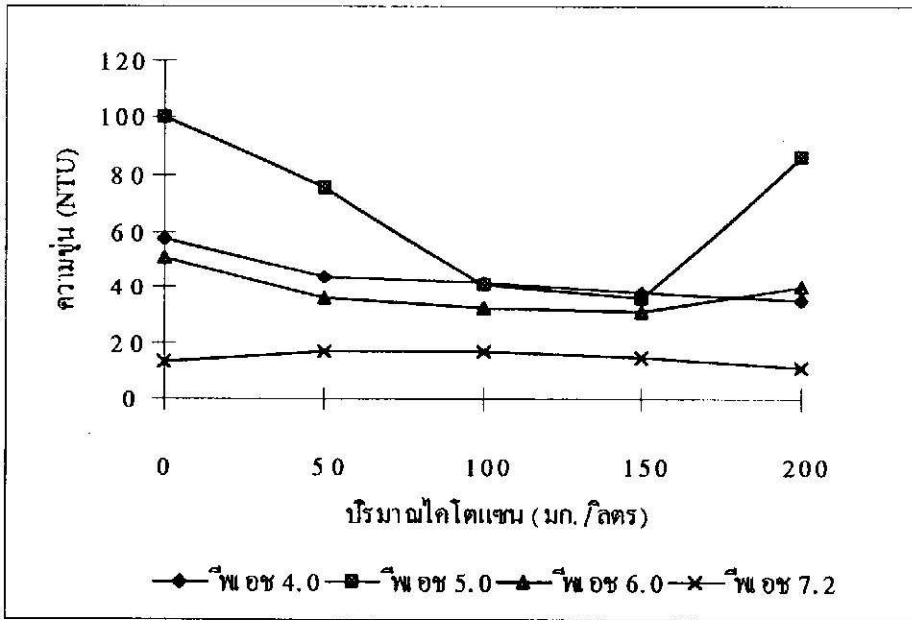
การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างกุ้ง จากโรงงานซีฮอร์ส จำกัด (รูปที่ 5 ตารางที่ 8) พบว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างกุ้งไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้ง แต่กลับทำให้น้ำทิ้งมีความขุ่นเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ส่วนการเติมโคโคแดนในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้งแต่อย่างใด ทั้งนี้อาจเป็นผลจากสารเคมีต่าง ๆ ในน้ำล้างกุ้งสามารถจับหมู่อะมิโนอิสระของโคโคแดน ทำให้คุณสมบัติของโคโคแดนในการจับโปรตีนน้อยลง ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้โคโคแดนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างกุ้งจากโรงงานซีฮอร์ส จำกัด

สำหรับสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ ในน้ำล้างกุ้งจากโรงงานทรอปิคอลแคนนิ่ง จำกัด (รูปที่ 6 ตารางที่ 9) พบว่าการปรับพีเอชของน้ำล้างกุ้งไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้ง แต่กลับทำให้น้ำทิ้งมีความขุ่นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับน้ำล้างกุ้ง จากโรงงานซีฮอร์ส จำกัด ส่วนการเติมโคโคแดนในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าต่าง ๆ กันให้ผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้งไม่เด่นชัด ทั้งนี้อาจเป็นผลจากสารเคมีต่าง ๆ ในน้ำทิ้ง แต่การปรับพีเอชของน้ำทิ้งให้เท่ากับ 6.0 แล้วเติมโคโคแดนปริมาณ 50 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้มากที่สุด (ร้อยละ 32.17 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น พีเอชเท่ากับ 7.50) ดังนั้นการใช้โคโคแดนจึงสามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้น้อย และยังคงเสียค่าใช้จ่ายในการปรับพีเอชน้ำทิ้งก่อนและหลังการใช้โคโคแดนเพิ่มขึ้นอีก

3.2 น้ำต้มกุ้ง

การปรับพีเอชของน้ำต้มกุ้งให้มีค่าเท่ากับ 4.0 และ 5.0 ไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้ง แต่การปรับพีเอชของน้ำทิ้งให้มีค่าเท่ากับ 6.0 และ 7.0 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 43.29 และ 61.43 ตามลำดับ (รูปที่ 7 ตารางที่ 10) ส่วนการเติมโคโคแดนปริมาณ 150 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.4) สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้มากที่สุด (ร้อยละ 80.66) เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้นซึ่งไม่ได้เติมโคโคแดน ส่วนการเติมโคโคแดนปริมาณ 150 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.0 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ ร้อยละ 75.93 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.4) ซึ่งลดความขุ่นได้น้อยกว่าการเติมโคโคแดนปริมาณ 150 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งเริ่มต้น

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำต้มกุ้ง คือ การใช้โคโคแดนปริมาณ 150 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.40) และได้ใช้สภาวะการตกตะกอนดังกล่าวเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้สารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น ๆ ต่อไป

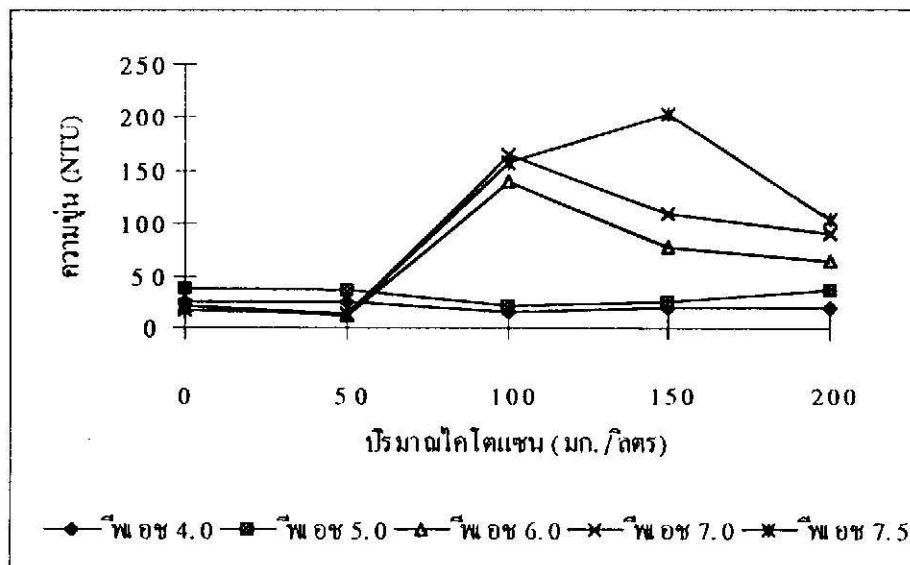


รูปที่ 5 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโลเจนต่อความขุ่นของน้ำล้างกุ่ม
(จากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด)

ตารางที่ 8 ความขุ่นของน้ำล้างกุ่มจากโรงงาน ซีฮอร์ส จำกัด ภายหลังจากตกตะกอนด้วยโคโลเจน
ปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโลเจน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	6.0	6.87
0	57.75 ^a	100.35 ^a	50.50 ^a	13.35 ^{bc}
50	44.00 ^b	75.50 ^c	36.00 ^c	17.28 ^{ab}
100	41.50 ^b	41.05 ^d	32.50 ^d	17.25 ^a
150	38.00 ^c	36.00 ^e	30.75 ^d	14.55 ^{ab}
200	35.00 ^c	86.25 ^b	40.50 ^b	11.05 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

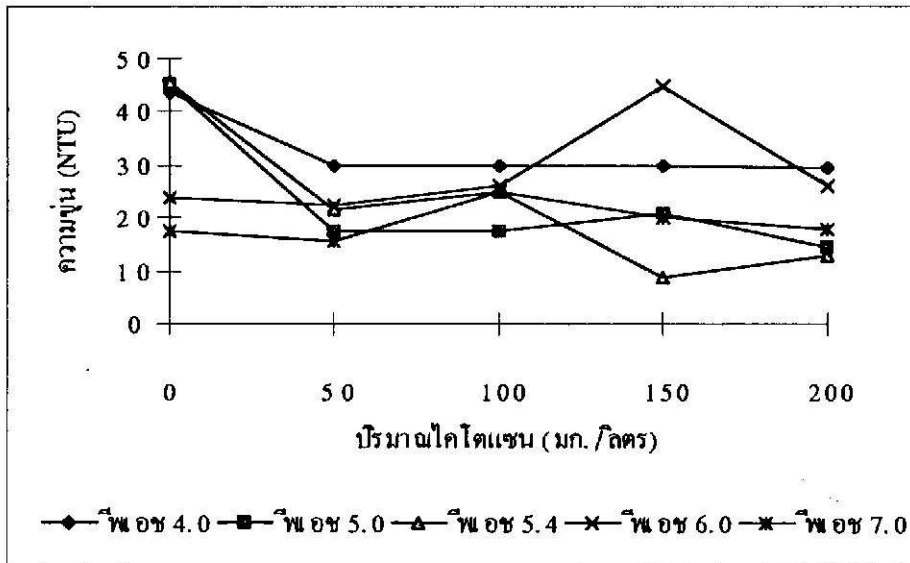


รูปที่ 6 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณคลอรีนต่อความขุ่นของน้ำล้างกุ่ม
(จากโรงงานทอปีคอลแคนนิ่ง จำกัด)

ตารางที่ 9 ความขุ่นของน้ำล้างกุ่มจากโรงงานทอปีคอลแคนนิ่ง จำกัด ภายหลังจากการตกตะกอน
ด้วยคลอรีนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณคลอรีน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)				
	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5
0	24.50 ^a	37.50 ^a	21.00 ^d	20.13 ^d	17.25 ^d
50	24.00 ^a	35.50 ^a	11.70 ^e	12.50 ^e	14.05 ^d
100	14.70 ^b	21.00 ^b	140.75 ^a	164.55 ^a	157.00 ^b
150	19.35 ^{ab}	25.00 ^b	78.50 ^b	109.75 ^b	202.00 ^a
200	19.50 ^{ab}	36.50 ^a	64.95 ^c	91.35 ^c	104.50 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 7 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณคลอรีนต่อความขุ่นของน้ำดื่มกึ่ง

ตารางที่ 10 ความขุ่นของน้ำดื่มกึ่งภายหลังการตกตะกอนด้วยคลอรีนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณคลอรีน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)				
	4.0	5.0	5.4	6.0	7.0
0	43.50 ^a	45.00 ^a	45.50 ^a	23.80 ^c	17.55 ^c
50	30.00 ^b	17.50 ^b	21.50 ^c	22.20 ^c	15.35 ^d
100	30.00 ^b	17.50 ^b	25.00 ^b	26.20 ^b	25.15 ^a
150	29.75 ^b	10.95 ^d	8.80 ^c	44.55 ^a	20.25 ^b
200	29.50 ^b	14.50 ^c	13.05 ^d	26.00 ^b	17.90 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

4. น้ำทิ้งจากการแปรรูปปลาหมึก

การปรับพีเอชของน้ำล้างปลาหมึกให้มีค่าเท่ากับ 4.0 และ 5.0 ทำให้ความขุ่นลดลงร้อยละ 95.99 และ 80.92 ตามลำดับ อันเป็นผลเนื่องมาจากโปรตีนส่วนใหญ่ตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (Green and Kramer, 1979) แต่การปรับพีเอชของน้ำทิ้งให้มีค่าเท่ากับ 6.0 กลับทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น (รูปที่ 8 ตารางที่ 11) ส่วนการเติมโคโคเดกซ์แทรนในน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 7.1) ในปริมาณ 150 และ 200 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 90.24 และ 90.85 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

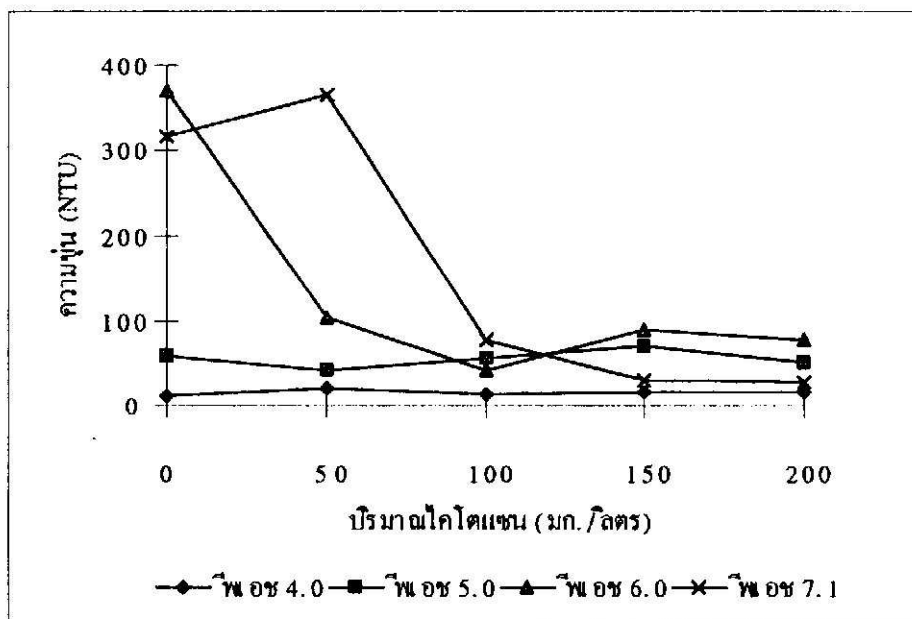
ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างปลาหมึก คือ การใช้โคโคเดกซ์แทรน ปริมาณ 150 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 7.10) ดังนั้นจึงใช้สภาวะดังกล่าวเพื่อศึกษาการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์โดยใช้โคโคเดกซ์แทรนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนร่วมชนิดอื่น ๆ ต่อไป

5. น้ำทิ้งจากการแปรรูปปู

ผลของพีเอชของน้ำล้างปูและปริมาณโคโคเดกซ์แทรนที่มีความขุ่นของน้ำล้างปู (รูปที่ 9 ตารางที่ 12) พบว่า การปรับพีเอชของน้ำล้างปูให้มีค่าเท่ากับ 6, 5 และ 4 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้อย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.8) เนื่องจากโปรตีนส่วนใหญ่จะตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก โดยที่พีเอชเท่ากับ 4.0 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 94.35 ส่วนการเติมโคโคเดกซ์แทรนในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.0 ไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้ง ดังนั้นโคโคเดกซ์แทรนจึงไม่มีผลในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำล้างปูอย่างชัดเจน

6. น้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด

การหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด จากการแปรรูปปลาซาร์ดีนและปลาทูแชน (รูปที่ 10 ตารางที่ 13) พบว่าการปรับพีเอชของน้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด ให้มีค่าเท่ากับ 6.0 ไม่มีผลต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้ง การปรับพีเอชของน้ำทิ้งรวมก่อนบำบัดให้มีค่าเท่ากับ 4.0 และ 5.0 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้เพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 24.05 และ 20.97 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.70) ส่วนการเติม โคโคเดกซ์แทรนในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.0 ปริมาณ 50 และ 150 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 58.54 และ 59.87 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น ส่วนการเติมโคโคเดกซ์แทรนในน้ำทิ้งที่ปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 6.0 ในปริมาณ 50 และ 150 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเติมโคโคเดกซ์แทรนในน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.70) ในปริมาณ 50 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้มากที่สุด (ร้อยละ 68.29)

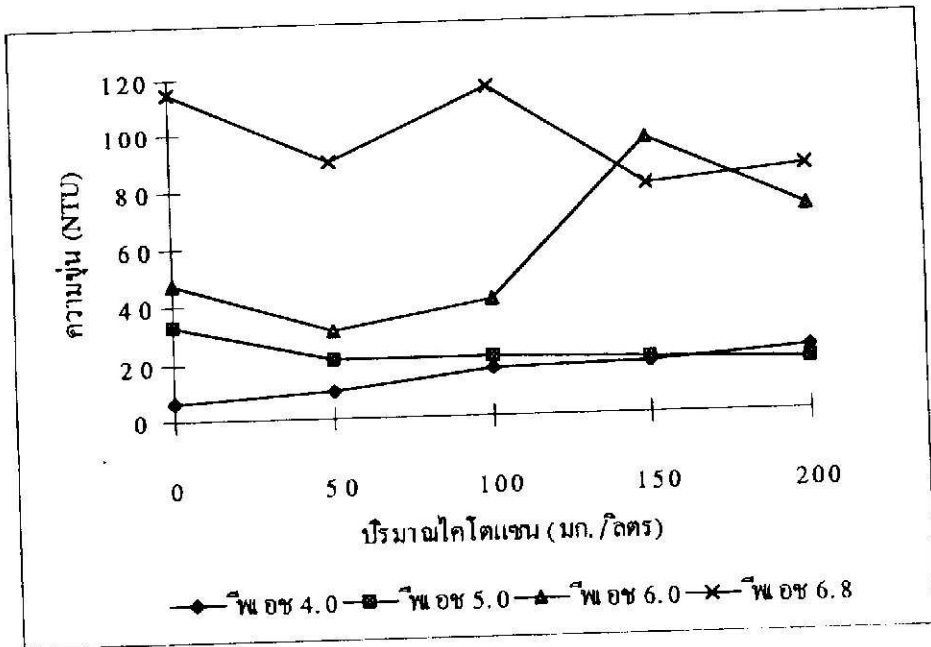


รูปที่ 8 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึก

ตารางที่ 11 ความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึกจากโรงงานภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโตแซน ปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโตแซน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	6.0	7.1
0	12.60 ^b	60.00 ^b	368.75 ^a	314.50 ^b
50	20.95 ^a	43.15 ^d	104.65 ^b	365.00 ^a
100	14.00 ^{ab}	57.30 ^{bc}	43.25 ^e	78.25 ^c
150	16.85 ^{ab}	71.65 ^a	90.00 ^c	30.70 ^d
200	16.35 ^{ab}	51.15 ^c	78.15 ^d	28.75 ^d

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

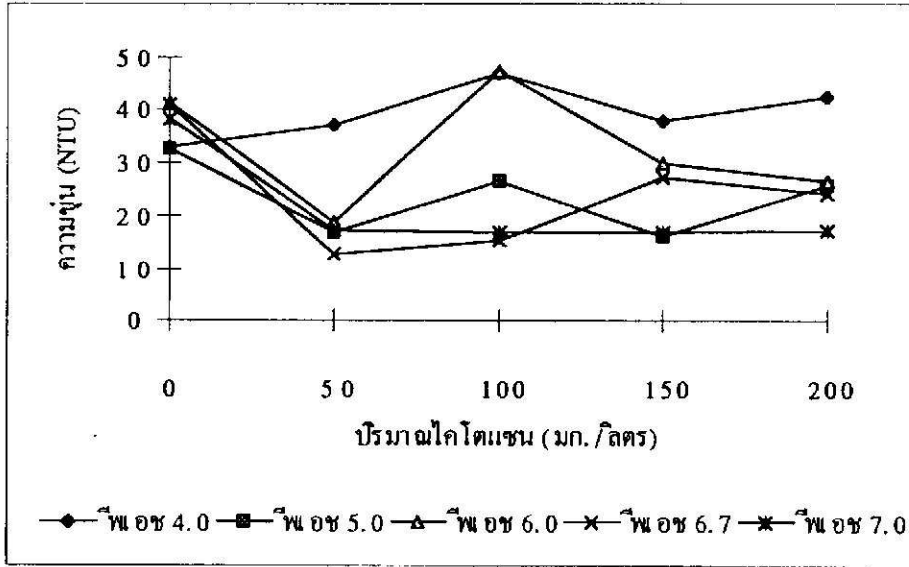


รูปที่ 9 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณคลอรีนต่อความขุ่นของน้ำล้างปู

ตารางที่ 12 ความขุ่นของน้ำล้างปูจากโรงงานภายหลังการตกตะกอนด้วยคลอรีนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณคลอรีน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)			
	4.0	5.0	6.0	6.8
0	6.50 ^b	33.25 ^a	47.00 ^c	115.00 ^a
50	9.85 ^b	21.50 ^b	31.00 ^e	89.45 ^b
100	17.15 ^a	21.10 ^b	40.75 ^d	116.00 ^a
150	18.55 ^a	19.85 ^b	95.65 ^a	80.00 ^b
200	22.50 ^a	18.25 ^b	71.00 ^b	85.70 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 10 ผลของพีเอชเริ่มต้นและปริมาณโคโตแซนต่อความขุ่นของน้ำทิ้งรวมก่อนบำบัด (จากการแปรรูปปลาซาร์ดีน และปลาทูแขก)

ตารางที่ 13 ความขุ่นของน้ำทิ้งรวมจากการแปรรูปปลาซาร์ดีนและปลาทูแขกภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโตแซนปริมาณต่าง ๆ ที่พีเอชแตกต่างกัน

ปริมาณโคโตแซน (มก./ลิตร)	ความขุ่นที่ระดับพีเอชต่าง ๆ (NTU)				
	4.0	5.0	6.0	6.7	7.0
0	33.05 ^d	32.40 ^a	41.15 ^b	41.00 ^a	38.25 ^a
50	37.00 ^c	17.00 ^c	19.05 ^e	13.00 ^c	17.25 ^b
100	47.00 ^a	26.55 ^b	47.50 ^a	15.65 ^c	16.95 ^b
150	38.00 ^c	16.45 ^c	30.00 ^c	27.35 ^b	16.90 ^b
200	42.30 ^b	25.85 ^b	26.50 ^b	24.30 ^b	17.50 ^b

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

2.3 การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ด้วยโคโคแชนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น

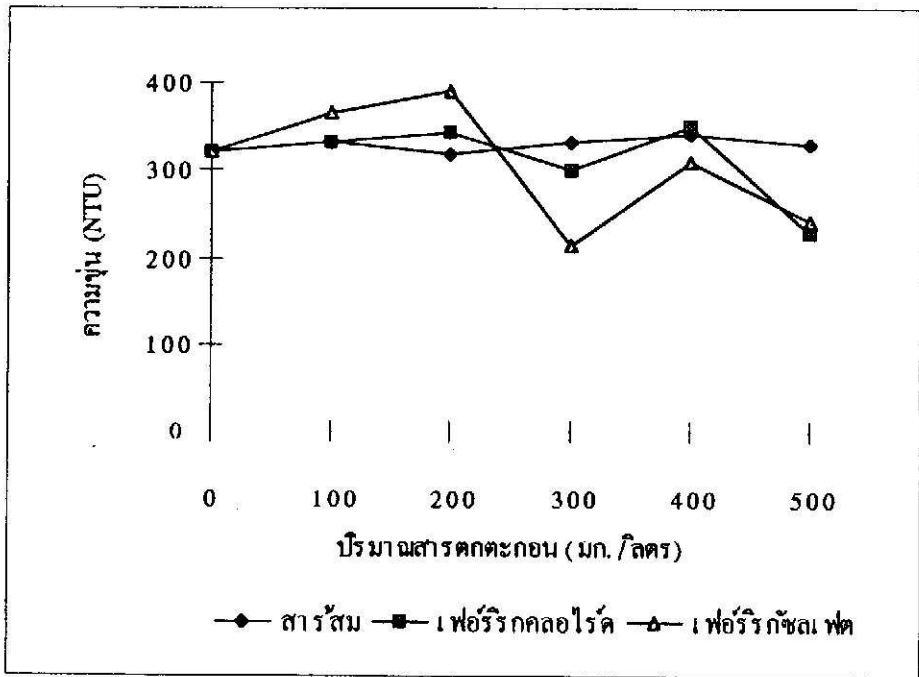
จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำด้วยโคโคแชน ได้คัดเลือกน้ำทิ้งจากแหล่งวัตถุดิบแต่ละชนิด ที่สามารถลดความขุ่นด้วยโคโคแชน เพื่อใช้ในการศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ร่วมกับโคโคแชน โดยพิจารณาจากสัดส่วนของความขุ่นที่ลดลงและองค์ประกอบของน้ำทิ้งซึ่งควรมีสารประกอบอินทรีย์สูง สามารถคัดเลือกน้ำทิ้งได้ 4 ชนิด คือ น้ำนึ่งปลาทูน่า น้ำนึ่งปลาทูน่าแชก น้ำล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง โดยใช้สภาวะในการตกตะกอนที่แตกต่างกัน คือ การใช้ความเข้มข้นของโคโคแชนและพีเอชที่ 200 มก./ลิตร , 6.14 200 มก./ลิตร , 4.0 150 มก./ลิตร , 7.10 และ 150 มก./ลิตร , 5.40 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งเริ่มต้นได้ร้อยละ 73.52 70.23 90.24 และ 80.66 ตามลำดับ

ปรับสภาวะของน้ำทิ้งทั้ง 4 ชนิดให้เหมาะสมต่อการตกตะกอนด้วยโคโคแชน แล้วเติมสารช่วยตกตะกอน คือ อลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) เพอร์ริกคลอไรด์ และ เพอร์ริกซัลเฟต ในปริมาณต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 500 มก./ลิตร เพื่อศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของสารช่วยตกตะกอน ร่วมกับโคโคแชนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้ง โดยพิจารณาจากความสามารถในการลดค่าความขุ่นของน้ำทิ้ง ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. น้ำนึ่งปลาทูน่า

การเติมโคโคแชนปริมาณ 200 มก./ลิตร ในน้ำนึ่งปลาทูน่า ซึ่งเจือจางด้วยน้ำกรอง 1 : 3 และมีพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.14 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 73.52 เมื่อนำมาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งโดยใช้สารช่วยตกตะกอน 3 ชนิด ในปริมาณต่าง ๆ (รูปที่ 11 ตารางที่ 14) พบว่าการเติมสารส้มในปริมาณต่าง ๆ ไม่สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้ง ส่วนการเติมเพอร์ริกคลอไรด์ในปริมาณต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้ง ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ยกเว้นเมื่อเติมเพอร์ริกคลอไรด์ ปริมาณ 500 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 73.79 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.14) ซึ่งเติมโคโคแชนปริมาณ 200 มก./ลิตร แต่ไม่ได้เติมเพอร์ริกคลอไรด์ หรือความขุ่นลดลงร้อยละ 93.14 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้นที่ยังไม่เติมโคโคแชน และเพอร์ริกคลอไรด์ ส่วนการเติมเพอร์ริกซัลเฟตในปริมาณ 100 200 และ 400 มก./ลิตร ทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเติมเพอร์ริกซัลเฟตปริมาณ 300 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้มากที่สุด (ร้อยละ 84.39) เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 6.14) ซึ่งเติม โคโคแชน 200 มก./ลิตร หรือความขุ่นลดลงถึงร้อยละ 95.91 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งที่พีเอช เริ่มต้นซึ่งยังไม่เติมโคโคแชนและสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น ๆ ลงไป

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำนึ่งปลาทูน่าเจือจาง 1:3 คือ การใช้โคโคแชนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับเพอร์ริกซัลเฟต 300 มก./ลิตร ในน้ำทิ้งเริ่มต้นพีเอช 6.14



รูปที่ 11 ผลของการใช้โคโตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความขุ่นของน้ำนิ่งปลาตู้ (เจือจาง 3:1)

ตารางที่ 14 ความขุ่นของน้ำนิ่งปลาตู้ (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากตกตะกอนด้วยโคโตแซน ปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

ปริมาณสารตกตะกอน (มก./ลิตร)	ความขุ่น (NTU)		
	สารส้ม	เพอร์ริกคลอไรด์	เพอร์ริกซัลเฟต
0	320.00 ^c	320.00 ^d	320.00 ^c
100	331.00 ^b	331.50 ^c	366.00 ^b
200	317.00 ^c	344.00 ^b	392.00 ^a
300	331.50 ^b	298.50 ^e	215.00 ^f
400	340.00 ^a	349.50 ^a	308.50 ^d
500	329.50 ^b	227.50 ^f	243.00 ^e

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

2. น้ำนิ่งปลาทุแขก

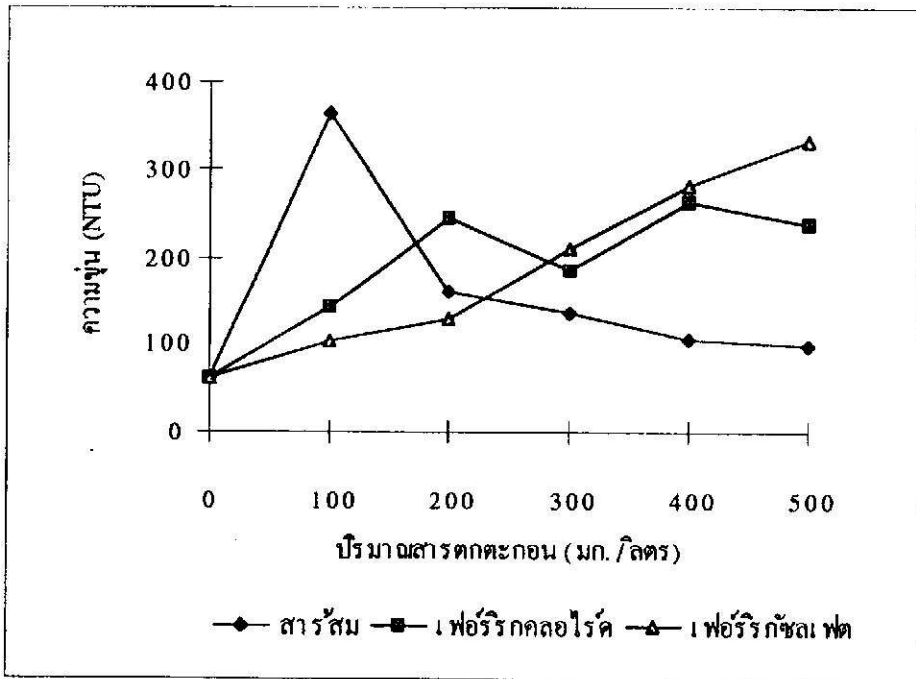
การเติมโคโตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ในน้ำนิ่งปลาทุแขก ซึ่งเจือจางด้วยน้ำกรอง 1 : 3 แล้วปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.0 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งลงในร้อยละ 70.23 การใช้สารช่วยตกตะกอน 3 ชนิด ในปริมาณต่าง ๆ ร่วมกับโคโตแซน (รูปที่ 12 ตารางที่ 15) พบว่า การเติมสารช่วยตกตะกอนทั้ง 3 ชนิด (สารส้ม เพอร์ริกคลอไรด์ และเพอร์ริกซัลเฟต) ทุกระดับความเข้มข้นในน้ำทิ้ง ไม่สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ ในทางตรงกันข้ามกลับทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ พีเอช 4.0 มีความเป็นกรดมาก โคโตแซนและสารช่วยตกตะกอนร่วมชนิดอื่น ๆ อาจทำปฏิกิริยากัน ทำให้ประสิทธิภาพในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้อยลง หรือเป็นผลเนื่องมาจากพีเอชของน้ำทิ้งต่ำเกินไป ไม่เหมาะสมในการตกตะกอนด้วยสารตกตะกอน ซึ่งพีเอชของน้ำทิ้งที่เหมาะสมในการตกตะกอน คือ ที่พีเอช 5.0 - 6.5 (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2522)

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำนิ่งปลาทุแขกเจือจาง 1 : 3 คือ การใช้โคโตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร กับน้ำทิ้งที่ปรับให้มีพีเอชเท่ากับ 4.0

3. น้ำล้างปลาหมึก

การเติมโคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ในน้ำล้างปลาหมึกที่พีเอชเริ่มต้น 7.10 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งลงได้ร้อยละ 90.24 เมื่อนำมาศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งโดยใช้สารช่วยตกตะกอน 3 ชนิด ในปริมาณต่าง ๆ (รูปที่ 13 ตารางที่ 16) พบว่า การเติมสารช่วยตกตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีผลโดยตรงต่อการลดความขุ่นของน้ำทิ้งการเติมเพอร์ริกคลอไรด์ปริมาณ 100 มก./ลิตร ทำให้น้ำทิ้งมีความขุ่นเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 33.33) แต่การเติมเพอร์ริกคลอไรด์ ปริมาณ 300 400 และ 500 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งลงได้ร้อยละ 83.44 92.84 และ 95.35 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับน้ำล้างปลาหมึกพีเอชเริ่มต้น 7.10 และเติมโคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร การเติมเพอร์ริกซัลเฟตปริมาณ 100 มก./ลิตร ไม่สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ และทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 147.54 แต่การเติมเพอร์ริกซัลเฟตปริมาณ 400 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 69.26 สำหรับการเติมสารส้มในปริมาณ 100 200 และ 300 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 69.18 69.79 และ 67.29 ตามลำดับ) การเติมสารส้มในปริมาณ 400 และ 500 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้มากกว่า การเติมสารส้มปริมาณ 100 มก./ลิตร ไม่มากนัก ในขณะที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเติมสารส้มเพิ่มอีก 4 - 5 เท่า เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายโดยที่สามารถลดความขุ่นของน้ำได้ในระดับที่น่าพอใจ

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำล้างปลาหมึก คือ การใช้ โคโตแซน ปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับการใช้สารส้มปริมาณ 100 มก./ลิตร ในน้ำล้างปลาหมึกเริ่มต้น (พีเอช 7.10) ซึ่งสามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 97.01

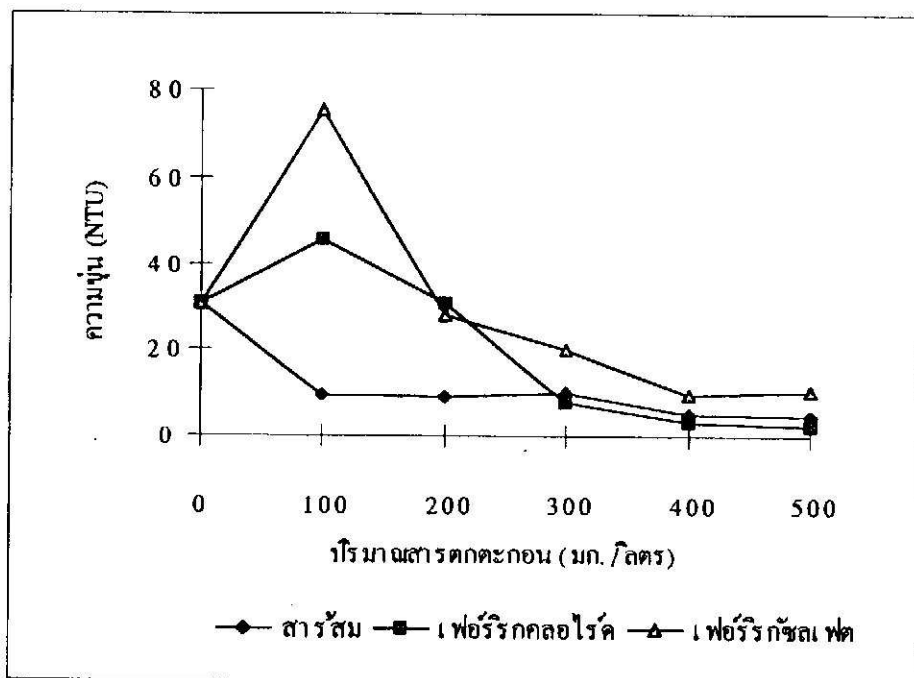


รูปที่ 12 ผลของการใช้โคไตแซนปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความขุ่นของน้ำนึ่งปลาหูแตก (เจือจาง 3:1)

ตารางที่ 15 ความขุ่นของน้ำนึ่งปลาหูแตก (เจือจาง 1:3) ภายหลังจากการตกตะกอนด้วยโคไตแซน ปริมาณ 200 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

ปริมาณสารตกตะกอน (มก./ลิตร)	ความขุ่น (NTU)		
	สารส้ม	เพอร์ริกคลอไรด์	เพอร์ริกซัลเฟต
0	62.60 ^e	62.60 ^e	62.60 ^e
100	364.00 ^a	142.00 ^d	103.00 ^e
200	160.00 ^b	244.00 ^b	128.00 ^d
300	136.00 ^c	186.00 ^c	210.00 ^c
400	106.00 ^d	262.00 ^a	282.00 ^b
500	99.00 ^d	237.60 ^b	332.00 ^a

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 13 ผลของการใช้โคโคแชนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึก

ตารางที่ 16 ความขุ่นของน้ำล้างปลาหมึกภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโคแชนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

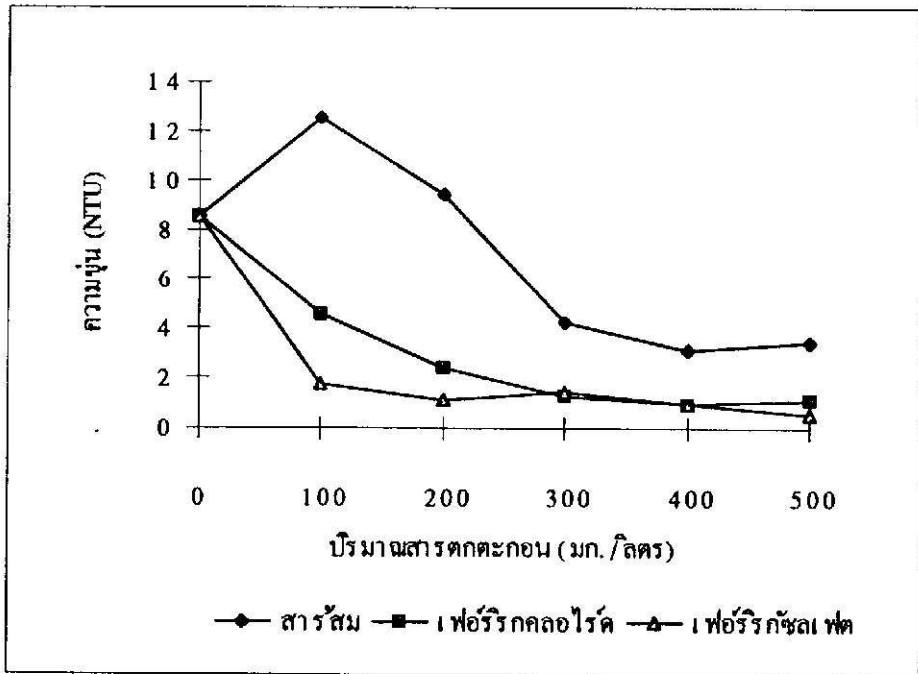
ปริมาณสารตกตะกอน (มก./ลิตร)	ความขุ่น (NTU)		
	สารส้ม	เพอร์ริกคลอไรด์	เพอร์ริกซ์เฟต
0	30.50 ^a	30.50 ^b	30.50 ^b
100	9.40 ^b	45.75 ^a	75.50 ^a
200	9.23 ^b	30.75 ^b	27.75 ^c
300	9.98 ^b	7.58 ^c	20.00 ^d
400	5.18 ^c	3.28 ^d	9.38 ^e
500	4.73 ^c	2.13 ^d	10.43 ^c

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

4. น้ำต้มกึ่ง

การเติมโคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ในน้ำต้มกึ่งซึ่งมีพีเอชเริ่มต้น 5.4 สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 80.66 การใช้สารช่วยตกตะกอน 3 ชนิด ในปริมาณต่าง ๆ ร่วมกับโคโตแซน (รูปที่ 14 ตารางที่ 17) พบว่าการเติมสารส้มปริมาณ 100 และ 200 มก./ลิตร ทำให้น้ำทิ้งมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งพีเอชเริ่มต้น 5.4 ซึ่งเติมโคโตแซน 150 มก./ลิตร ส่วนการเติมสารส้มปริมาณ 300 400 และ 500 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 50.29 67.60 และ 59.65 ตามลำดับ การเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ ปริมาณ 400 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ดีกว่า (ร้อยละ 88.88) เมื่อเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบการเติมเฟอร์ริกซัลเฟตกับ การเติมสารส้มและเฟอร์ริกคลอไรด์ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน เฟอร์ริกซัลเฟต สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้มากที่สุด การเติมเฟอร์ริกซัลเฟต 500 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 92.98 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งที่พีเอชเริ่มต้น ซึ่งเติมโคโตแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร การเติมเฟอร์ริกซัลเฟต ปริมาณ 100 200 300 และ 400 มก./ลิตร สามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 79.53 86.55 83.04 และ 90.06 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป กับการลดลงของความขุ่น การเติมเฟอร์ริกซัลเฟตปริมาณ 100 มก./ลิตร สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด และสามารถลดความขุ่นได้ในระดับที่น่าพอใจ

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำต้มกึ่ง คือ การใช้โคโตแซน ปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับการใช้เฟอร์ริกซัลเฟตปริมาณ 100 มก./ลิตร ซึ่งสามารถลดความขุ่นของน้ำทิ้งได้ร้อยละ 96.15 เมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น (พีเอช 5.4)



รูปที่ 14 ผลของการใช้โคโคแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ต่อการลดความขุ่นของน้ำดื่มกึ่ง

ตารางที่ 17 ความขุ่นของน้ำดื่มกึ่งภายหลังการตกตะกอนด้วยโคโคแซนปริมาณ 150 มก./ลิตร ร่วมกับสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

ปริมาณสารตกตะกอน (มก./ลิตร)	ความขุ่น (NTU)		
	สารส้ม	เฟอร์ริกคลอไรด์	เฟอร์ริกซัลเฟต
0	8.55 ^c	8.55 ^a	8.55 ^a
100	12.55 ^a	4.60 ^b	1.75 ^b
200	9.45 ^b	2.40 ^c	1.15 ^d
300	4.25 ^d	1.25 ^d	1.45 ^c
400	3.10 ^f	0.95 ^e	0.95 ^d
500	3.45 ^e	1.15 ^{de}	0.60 ^e

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ของพีเอชไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

2.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้ง โดยใช้โคโคแซน ร่วมกับการใช้สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมของการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ โดยใช้โคโคแซนร่วมกับสารส้มช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ได้ผลสรุปดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 สภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดน้ำทิ้ง	พีเอช	ปริมาณโคโคแซน (มก./ลิตร)	สารช่วยตกตะกอน	
			ชนิด	ปริมาณ (มก./ลิตร)
น้ำนิ่งปลาทูน่า	6.14	200	เฟอริกซัลเฟต	300
น้ำนิ่งปลาทูแขก	4.00	200	-	-
น้ำล้างปลาหมึก	7.10	150	สารส้ม	100
น้ำต้มกุ้ง	5.40	150	เฟอริกซัลเฟต	100

การตรวจสอบประสิทธิภาพในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์โดยใช้โคโคแซนร่วมกับการใช้สารช่วยตกตะกอนชนิดต่าง ๆ ทำได้โดยจัดสภาวะในการตกตะกอนน้ำทิ้งที่เหมาะสมซึ่งคัดเลือกไว้แล้ว (ตารางที่ 18) มาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำทิ้งส่วนใสและตะกอนที่ได้ ดังนี้

2.4.1 องค์ประกอบของน้ำทิ้ง

เมื่อนำส่วนใสภายหลังจากตกตะกอนด้วยสภาวะที่เหมาะสม มาวิเคราะห์ความขุ่น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอย และซีโอดี เปรียบเทียบกับองค์ประกอบดังกล่าวในน้ำทิ้งเริ่มต้นพบว่า การใช้โคโคแซนเพียงอย่างเดียว หรือการใช้โคโคแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น ๆ สามารถลดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมด และซีโอดีได้ไม่มากนัก (ตารางที่ 19) ทั้งนี้เนื่องจากของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำทิ้งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำเกิดความขุ่น (กรณีการ สิริสิงห, 2522) สามารถที่แขวนลอยอยู่ในน้ำทิ้งเป็นพวกคอลลอยด์ ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยให้รวมตัวกับสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ (โคโคแซน) หรือให้รวมตัวกับโลหะหนักที่มีประจุ+3 (อลูมิเนียม และเหล็ก) กลายเป็นเกลือที่ไม่ละลายเมื่อของแข็งแขวนลอยลดลงก็ทำให้ความขุ่นของน้ำทิ้งลดลงด้วย เนื่องจากของแข็งในน้ำทิ้งทั้ง 4 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลาย (ร้อยละ 69.22 - 95.04) ซึ่งสามารถตกตะกอนด้วยสารตกตะกอนได้น้อยมาก ทำให้ยังคงมีสารอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำเป็นส่วนใหญ่ จึงเหลือของแข็งทั้งหมด และซีโอดี อยู่ในน้ำทิ้งในปริมาณค่อนข้างสูง

ตารางที่ 19 ประสิทธิภาพของโคโคแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ

ตัวอย่างน้ำทิ้ง	ความขุ่น (NTU)			ของแข็งทั้งหมด (มก./ลิตร)			ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)			ซีไอที (มก./ลิตร)		
	ก่อน	หลัง	% การลดลง	ก่อน	หลัง	% การลดลง	ก่อน	หลัง	% การลดลง	ก่อน	หลัง	% การลดลง
น้ำนิ่งปลาทุ่นำ	4320	215	95.02	32355±244 ^a	20078±189	37.94	1600±100	433±10	72.93	70041±2048	45623±347	34.86
น้ำนิ่งปลาทุ่นแยก	2880	62.60	97.82	86110±2355	51550±453	40.13	19166±433	250±21	98+69	174784±2048	99463±1014	43.09
น้ำล้างปลาหมึก	500	9.40	98.12	14326±266	9450±177	34.04	3566±33	200±14	94.36	23756±472	13926±866	41.37
น้ำดื่มกุ้ง	268	1.75	99.34	17455±78	8760±78	49.86	5366±133	300+13	94.40	16793±133	9011±274	46.34

a ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2.4.2 องค์ประกอบของตะกอน

จากการวัดปริมาณตะกอน และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งทั้ง 4 ชนิด ด้วยโคโตแซนร่วมกับสารช่วยตกตะกอนชนิดอื่น ๆ พบว่า ปริมาณ และองค์ประกอบของตะกอนแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปริมาณและองค์ประกอบของตะกอนที่ได้จากการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยโคโตแซนร่วมกับสารตกตะกอนชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	ปริมาณตะกอนแห้ง (กรัม/ลิตร)	องค์ประกอบ (ร้อยละ)		
		เถ้า	โปรตีน	ไขมัน
น้ำนึ่งปลาทูน่า	0.6713	5.48	37.04	26.28
น้ำนึ่งปลาทูแขก	1.9575	4.87	30.93	39.19
น้ำล้างปลาหมึก	1.0446	6.64	64.37	4.30
น้ำต้มกุ้ง	1.2054	16.17	71.73	1.68

ปริมาณตะกอนที่ได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเริ่มต้น แต่อาจมีการสูญเสียระหว่างการเก็บตะกอน สำหรับองค์ประกอบของตะกอนที่วิเคราะห์ได้ พบว่าน้ำต้มกุ้งมีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 71.73 ปริมาณไขมันในน้ำนึ่งปลาทูแขกและปลาทูน่ามีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง ส่วนปริมาณเถ้า นั้น น้ำต้มกุ้งมีปริมาณสูงสุด คือ ร้อยละ 16.17

สรุปผลการทดลอง

การใช้โคโตแซนที่สกัดจากเปลือกกุ้งกุลาดำ ในการตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ พบว่าสามารถตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้ง 4 ชนิด คือ น้ำนึ่งปลาทูน่า น้ำนึ่งปลาทูแขก น้ำล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นกับ พีเอช ปริมาณโคโตแซน การใช้สารช่วยตกตะกอนร่วมกับโคโตแซน สามารถลดความขุ่นของน้ำนึ่งปลาทูน่า น้ำล้างปลาหมึก และน้ำต้มกุ้ง ได้ดีกว่าการใช้โคโตแซนเพียงอย่างเดียว โดยสามารถลดความขุ่นได้ถึง ร้อยละ 95.02 98.12 และ 99.34 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งเริ่มต้น ส่วนการใช้สารช่วยตกตะกอนไม่มีผลช่วยในการตกตะกอนน้ำนึ่งปลาทูแขกร่วมกับโคโตแซน ภายหลังจากการตกตะกอนสามารถลดความขุ่นและของแข็งแขวนลอยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ลดปริมาณของแข็งทั้งหมดและค่าซีไอดีได้ไม่มากนัก ตะกอนของน้ำทิ้งมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง

การประยุกต์ใช้โคโตแซนในการเคลือบผิวผลไม้

วัสดุและอุปกรณ์

- โคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ ที่ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีดัดแปลง ของ สุทธวัฒน์ เบญจกุล และ ไพรัตน์ โสภโณดร (2533)
- มะนาวพันธุ์ไซ้ แก่จัดจากสวนในเขตอำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี
- สารป้องกันเชื้อราที่มีชื่อทางการค้า “เบนเลท” และสาร Tween 80
- ห้องเย็น อุณหภูมิเฉลี่ย 11°C ($11 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter) และเครื่องวัดปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด (hand refractometer)

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design และจัดชุดการทดลองแบบ แฟกทอเรียล เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่ออายุการเก็บรักษามะนาวดังนี้

- ความเข้มข้นของโคโตแซน ร้อยละ 1, 1.25 และ 1.5 นน./ปริมาตร
- อุณหภูมิในการเก็บรักษา 11°C และ อุณหภูมิห้อง

รวมทำการทดลองทั้งหมด $3 \times 2 = 6$ ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ผล นำผลมะนาวที่ล้างทำความสะอาดมาแช่ในสารละลายเบนเลทเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปเคลือบผิวโดยการจุ่มในสารละลายโคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.25 และ 1.5 (นน./ปริมาตร) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่มี Tween 80 ผสมอยู่ในอัตราร้อยละ 0.1 (ปริมาตร/ปริมาตร) สำหรับชุดควบคุมทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่ใช้สารละลายกรดอะซิติกที่ไม่มีส่วนผสมของโคโตแซน

เก็บรักษามะนาวที่เคลือบผิวแล้วที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ± 5 และอุณหภูมิ 11°C (อุณหภูมิเฉลี่ย $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5 ทำการตรวจสอบคุณภาพของมะนาว ทุก ๆ 3 วัน สำหรับชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และทุก ๆ 1 สัปดาห์ สำหรับชุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11°C จนกระทั่งผลมะนาวเน่าเสีย คุณภาพที่ตรวจสอบได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- การเปลี่ยนแปลงสีผิว โดยวิธีการให้คะแนน
(อรรณพ วราอัศวปติ และคณะ , 2532)
- อัตราส่วนของปริมาณน้ำคั้นและน้ำหนักผล
- ค่าพีเอชของน้ำมะนาว (โดยใช้ pH-meter)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (โดยใช้ hand refractometer)
- ค่าความเป็นกรด โดยวิธีการไตเตรต (Ranganna , 1977)

ผลการทดลองและวิจารณ์

โคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการตามวิธีดัดแปลงของ สุทธวัฒน์ เบญจกุล และ ไพรัตน์ โสภโณตร (2533) มีองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 21 คือ ปริมาณแฉ่ำร้อยละ 0.58 ไนโตรเจนร้อยละ 7.01 ระดับหมู่อะซิติกร้อยละ 58 และความหนืดของสารละลายโคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1 ในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 มีค่าเท่ากับ 1,035 เซนติพอยส์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของโคโตแซน (Pariser, 1991) สามารถกล่าวได้ว่าโคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การเคลือบผิวมะนาวด้วยโคโตแซน โดยผ่านการล้างทำความสะอาดและแช่ในสารละลายเบนเลทเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 1 นาที มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงสีผิวดังนี้คือ

ผลของความเข้มข้นโคโตแซน มะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซนที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มที่จะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำหนักลดลง (ตารางที่ 22) ภายใต้การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 11^oซ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของสุทธวัฒน์ เบญจกุล (2534) ที่พบว่าโคโตแซนจากเปลือกกุ้งแช่ขี้ย ไม่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของมะนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และการทดลองของ Passam และ Blunden (1978) ที่พบว่าอิมัลชันของ Sta-fresh ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของมะนาว West-Indian เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การเคลือบผิวมะนาวด้วยโคโตแซน มีผลทำให้การเปลี่ยนสีผิวของมะนาวจากสีเขียวเป็นสีเหลืองได้ช้าลงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว และพบว่าเมื่อใช้โคโตแซนที่มีความเข้มข้นสูงชันสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้นานขึ้น มะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1.25 และ 1.50 แสดงผลการเปลี่ยนสีผิวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งชุดการทดลองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 11^oซ แต่แตกต่างจากชุดควบคุมและชุดที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซนร้อยละ 1.0 (รูปที่ 15 และ 16) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ อรรณพ วราอัศวปติ และคณะ (2532) ที่พบว่า การเคลือบผิวมะนาวด้วยสารเคลือบผิว Sta-fresh 360 สามารถชะลอการเปลี่ยนสี

ผิวได้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าโคโตแซนมีคุณสมบัติที่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ได้ทดลองเก็บรักษามะนาวที่ยังไม่เน่าเสียไว้เหมือนเดิม พบว่ามะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1.50 จะปรากฏรอยไหม้และรูปทรงผิดปกติ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ามีการสร้างแผ่นฟิล์มโคโตแซนหนาเกินไป และเกิดการสะสมของกรดอะซิติก ส่งผลให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวของมะนาว จึงใช้เป็นเครื่องยืนยันว่า การใช้โคโตแซนที่เข้มข้นมากเกินไปจะมีผลเสียเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบผิวมะนาวคือการใช้โคโตแซนเข้มข้นร้อยละ 1.25 (นน./ปริมาตร) ในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1.00 (ปริมาตร/ปริมาตร)

ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักในการยืดอายุการเก็บรักษามะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 11°C ($11 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5) สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ± 5) อย่างเด่นชัด โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้จนถึง 8 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11°C

องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะนาว จากการทดลองเคลือบผิวมะนาวด้วยโคโตแซน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ± 5) และที่อุณหภูมิ 11°C ($11 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5) พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของมะนาวได้นานกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง จึงได้ทดลองนำมะนาวเคลือบผิวด้วยโคโตแซนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11°C มาตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะนาวเริ่มต้นและภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 แม้ว่าน้ำหนักของผลมะนาวลดลง แต่อัตราส่วนระหว่างน้ำคั้นและน้ำหนักผลไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ปริมาณกรดและค่าพีเอชของน้ำคั้นมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย ในทำนองเดียวกันกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สรุป

สารโคโตแซนซึ่งสามารถผลิตขึ้นจากวัสดุเศษเหลือของสัตว์จำพวกคริสตาเซียน มีคุณสมบัติที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิว เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้เป็นเวลา 24 และ 56 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ± 5) และที่อุณหภูมิ 11°C ($11 \pm 1^{\circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5) ตามลำดับ โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแม้ว่าการสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซนจะไม่แตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม แต่คุณภาพทางเคมีของน้ำมะนาวที่ได้ยังคงใกล้เคียงกับคุณภาพเริ่มต้น

ตารางที่ 21 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของโคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ

คุณสมบัติ	โคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ	ข้อกำหนดโคโตแซน
ความชื้น (ร้อยละ)	8.24	2-10
เถ้า (ร้อยละ)	0.58	<1
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	7.01	7.0-8.4
ระดับหมู่อะซิดิล (ร้อยละ)	58.00	40
ความหนืด (เซนติพอยส์)	1,035	200-3,000

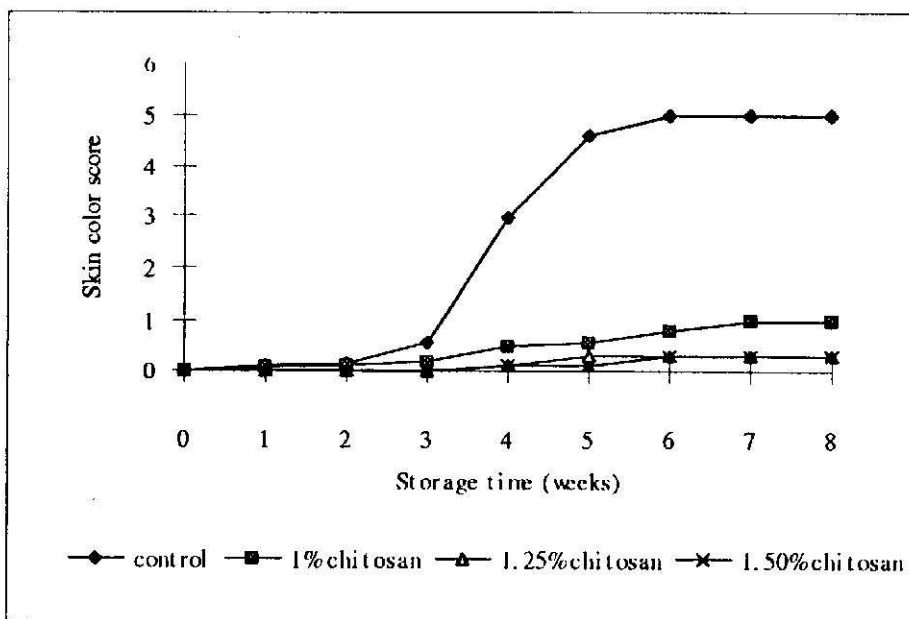
ตารางที่ 23 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมะนาวที่เคลือบผิวด้วยโคโตแซน ก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11°C (ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 85±5) เป็นเวลา 8 สัปดาห์

คุณลักษณะ	เริ่มต้น	หลังการเก็บรักษา	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม)	38.3	33.3	-1.92
อัตราส่วนน้ำคั้น:น้ำหนักผล	0.5	0.5	0
พีเอชของน้ำคั้น	2.3	2.2	-0.002
ปริมาณกรดของน้ำคั้น (ร้อยละ)	7.7	7.5	-0.015
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	8.2	8.0	-0.016

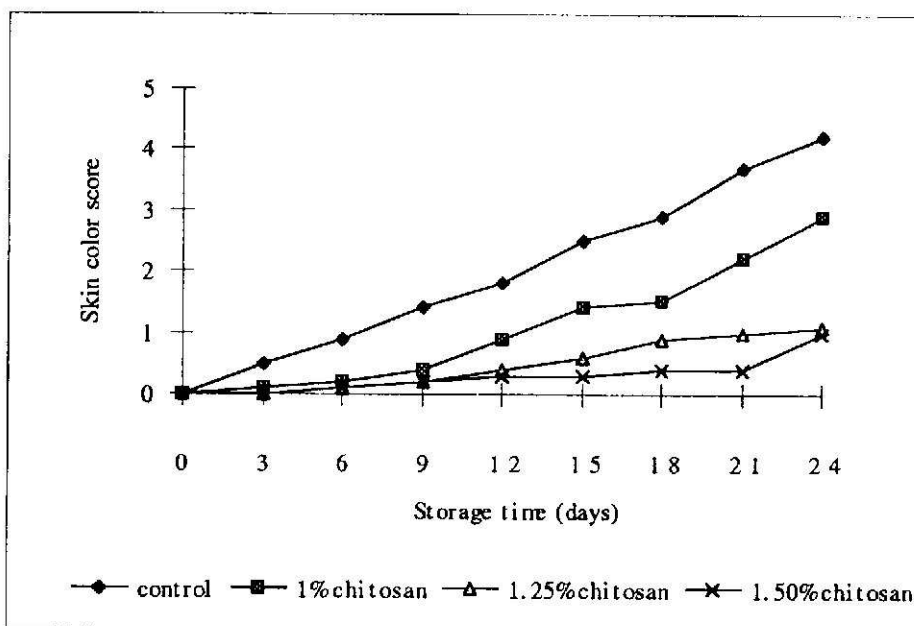
ตารางที่ 22 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะนาวเคลือบผิวด้วยโคโตแซนระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 ± 5) และอุณหภูมิ 11°C (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ± 5)

อุณหภูมิในการเก็บรักษา	ระยะเวลา (วัน)	ความเข้มข้นของโคโตแซน (ร้อยละ)			
		0	1.00	1.25	1.50
การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)					
$28 \pm 1^{\circ}\text{C}$	0	0	0	0	0
	3	1.07 ^{ns}	1.57	1.11	1.23
	6	1.36	3.06	1.48	2.04
	9	2.79	5.01	1.86	2.63
	12	4.21	7.06	2.11	3.16
	15	6.51	8.59	2.52	3.96
	18	8.96	9.92	7.53	6.76
	21	10.05	10.32	9.88	7.01
	24	11.13	10.91	10.02	7.23
$11 \pm 1^{\circ}\text{C}$	0	0	0	0	0
	7	1.48 ^{ns}	1.18	0.51	1.05
	14	1.59	1.94	0.92	1.57
	21	1.73	2.27	1.20	1.87
	28	4.63	4.05	1.82	2.64
	35	6.29	5.99	2.91	2.86
	42	7.04	7.40	3.26	3.04
	49	8.23	8.44	3.51	3.48
	56	9.38	9.65	3.62	3.86

^{ns} ค่าที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)



รูปที่ 15 คะแนนสีผิวมะนาวเคลือบด้วยไคโตแซนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 16 คะแนนสีผิวมะนาวเคลือบด้วยไคโตแซนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

การประยุกต์ใช้โคโคแซนในการทำให้น้ำผลไม้ใส

วัสดุอุปกรณ์

1. โคโคแซนจากเปลือกกุ้งหางแดงที่ผลิตในห้องปฏิบัติการ เตรียมสารละลายโคโคแซนโดยการชั่งโคโคแซน 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2 จำนวน 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าประมาณ 24 ชั่วโมง ผ่านการตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันและให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พร้อมกับทำการคน กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ภายใต้สุญญากาศ เพื่อแยกส่วนที่ไม่ละลายออก จะได้สารละลายโคโคแซนเข้มข้นร้อยละ 1 (ดัดแปลงจาก Sapers, 1992)

2. น้ำผลไม้ ประกอบด้วย

2.1 น้ำมะนาว คั้นน้ำมะนาว ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 1

2.2 น้ำองุ่น นำองุ่นสดมาปั่น แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง

2.3 น้ำมะขาม นำมะขามเปียกมาละลายในน้ำในอัตราส่วน 1:12 แล้วกรองผ่านผ้าขาวบาง

2.4 น้ำตาลโตนด ใช้น้ำตาลโตนดสด จากอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา

3. ผ้าขาวบาง

4. รีแฟลคโตมิเตอร์

5. พีเอชมิเตอร์

6. เครื่อง Homoginizer Model AM-8

7. เครื่องวัดความขุ่น Turbidimeter Model 16800 HACH CHEMICAL COMPANY

8. เครื่องวัดความหนืด Haake viscometer / Model Rotovisco RV

(Measuring System CV 20 และ Sensor System PK 45-40)

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาการละลายของโคโคแซน ศึกษาและเปรียบเทียบการละลายของโคโคแซนจากเปลือกกุ้งหางแดงในตัวทำละลาย 5 ชนิด คือ

- น้ำ
- สารละลายกรดอะซิติก 2 %
- สารละลายกรดซิตริก 2 %
- สารละลายกรดมาลิก 2 %
- สารละลายกรดฟอร์มิก 2 %

นำโคโตแซนจากเปลือกกุ้งหางแดงมาละลายในสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ ให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 1 แล้วตั้งทิ้งไว้บนเครื่องเขย่า 24 ชั่วโมง แล้ววัดความหนืดสารละลายโคโตแซนด้วยเครื่อง Haake ที่ความเร็วรอบ 50 1/s ที่อุณหภูมิห้อง

2. ศึกษาระดับความเข้มข้นของโคโตแซนที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำผลไม้

2.1 ตกตะกอนน้ำผลไม้ โดยใช้โคโตแซนความเข้มข้น 0, 20, 80, 60, 80, 100 มิลลิกรัมต่อน้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร

2.2 แบ่งน้ำผลไม้เป็น 2 ส่วน คือ

- น้ำผลไม้สดตกตะกอนด้วยโคโตแซน
- น้ำผลไม้ตกตะกอนด้วยโคโตแซนร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์

2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำผลไม้สด และน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอน

- ความเป็นกรดต่างโดย พีเอชมิเตอร์
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ด้วยรีแฟลคโตมิเตอร์
- ความขุ่นด้วย Turbidimeter

2.4 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความขุ่นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของโคโตแซน

3. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโตแซน

3.1 ใช้โคโตแซนความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด จากข้อ 2

3.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 12

3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำผลไม้สด และน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอน

- ความเป็นกรดต่างโดย พีเอชมิเตอร์
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ด้วยรีแฟลคโตมิเตอร์
- ความขุ่นด้วย Turbidimeter

3.4 วิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติของความขุ่นที่ระยะเวลาต่าง ๆ

4. เปรียบเทียบการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโตแซน กับสารตกตะกอนชนิดอื่น

4.1 เปรียบเทียบการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโตแซนที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดกับการใช้ เบนโทไนท์ 10 มก./ลิตร และ เจลาติน 290 มก./ลิตร และให้ความร้อน (สายใย เลิศศุภกุล, 2527)

4.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอน

- ความเป็นกรดต่างโดย พีเอชมิเตอร์
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) ด้วยรีแฟลคโตมิเตอร์
- ความขุ่นด้วย Turbidimeter

4.3 วิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสถิติของความขุ่น

5. ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำผลไม้หลังจากการตกตะกอนด้วยโคโตแซน ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 10 คน ด้วยวิธี Hedonic scale โดยนำเสนอตัวอย่างน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยโคโตแซนที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดกับน้ำผลไม้สด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติการละลายและความหนืดของโคโตแซนในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

จากผลการศึกษาคุณสมบัติการละลายของโคโตแซน ในตัวทำละลาย 5 ชนิด น้ำ, สารละลายกรดอะซิติก 2 %, สารละลายกรดซิตริก 2 %, สารละลายกรดมาลิก 2% และสารละลายกรดฟอร์มิก 2% โดยนำโคโตแซนมาละลายให้ได้ความเข้มข้น 1% แล้วทำการวัดความหนืด โดยใช้เครื่อง Haake viscometer พบว่า โคโตแซนไม่สามารถละลายในน้ำ แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายกรดบางชนิด สารละลายกรดที่ให้ค่าความหนืดของสารละลายสูงสุดและลดลงตามลำดับ คือ กรดอะซิติก , กรดฟอร์มิก , กรดมาลิก และกรดซิตริก ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 24

โคโตแซนสามารถละลายได้ดีในกรดเจือจาง ทั้งนี้เพราะหมู่อะมิโนอิสระ (NH_2) ทำให้โคโตแซนมีคุณสมบัติ polycationic chelating และ dispersion-forming ตลอดจนละลายได้ดีในกรดอะซิติกเจือจาง (Knorr, 1982) จากผลการศึกษาพบว่าโคโตแซนละลายได้ดีที่สุดในสารละลายกรดอะซิติก จึงคัดเลือกสารละลายกรดอะซิติกเป็นตัวทำละลายโคโตแซนในการทดลองขั้นต่อไป

2. ผลการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของโคโตแซนในการตกตะกอนน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาการตกตะกอนน้ำมะนาว และ น้ำอุ่น ที่ระดับความเข้มข้นของโคโตแซนต่าง ๆ คือ 20 , 40 , 60 , 80 และ 100 มก./100 มล. ได้ผลการตกตะกอนดังตารางที่ 25 และ 26 พบว่าการใช้โคโตแซนที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ให้ผลในการปรับปรุงความใสได้ดีที่สุดในน้ำมะขาม และน้ำตาลโตนด การใช้โคโตแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ ให้ผลในการปรับปรุงความใสที่ดีที่สุด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 27 และ 28 ตามลำดับ การใช้ความร้อนจะทำให้สารแขวนลอยเกิดการตกตะกอน โดยปกติน้ำผลไม้จะใสได้หลังจากการพาสเจอร์ไรซ์ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล , 2527)

จากผลการศึกษาการใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ให้ผลการปรับปรุงความใสได้ดีที่สุด และยังได้มีการศึกษาของ Soto - Paralta ในปี 1989 เกี่ยวกับผลของโคโคแซนต่อความใสของน้ำแอปเปิ้ล พบว่าการใช้โคโคแซนความเข้มข้น 70 มก./100 มล. ให้ผลในการลดความขุ่นของน้ำแอปเปิ้ล ดีที่สุด ซึ่งในการทดลองได้ใช้โคโคแซนความเข้มข้นที่ต่ำกว่า การใช้โคโคแซนความเข้มข้นที่ต่างกันสามารถอธิบายได้โดย โคโคแซนที่มีแหล่งผลิต และวิธีการผลิตที่ต่างกัน จะมีคุณสมบัติที่ต่างกัน เช่น น้ำหนักโมเลกุลของโคโคแซนที่ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น คือ 1,000,000 ขณะที่น้ำหนักโมเลกุลของโคโคแซนที่ผลิตจากสหรัฐอเมริกา คือ 200,000 เท่านั้น ซึ่งเป็นผลทำให้ ศักยภาพการใช้ประโยชน์ต่างกันไปด้วย (Knorr , 1984)

ในด้านความเป็นกรดต่าง หรือค่าพีเอชของน้ำผลไม้ ค่าพีเอชมีแนวโน้มที่จะลดลงตามความเข้มข้นของโคโคแซนในสารละลายกรดที่เพิ่มขึ้นในน้ำตาลโตนด (ตารางที่ 28) แต่ในน้ำมะนาว , น้ำมะขาม และน้ำอู่นุ่น ไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงของค่าพีเอช ตามความเข้มข้นของโคโคแซนในสารละลายกรดที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 25 , 27, 26 ตามลำดับ) การลดลงของค่าพีเอชในน้ำตาลโตนดสอดคล้องกับความสามารถของโคโคแซนในการลดกรดอินทรีย์จากกาแฟ (Magnolato , 1978 cited by Knorr, 1984) และโคโคแซนมีศักยภาพในการควบคุมความเป็นกรดในอาหาร (Imeri และ Knorr, 1988)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ในน้ำมะนาว และน้ำมะขาม (ตารางที่ 25, 27) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำอู่นุ่น และน้ำตาลโตนดมีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของโคโคแซนที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 26, 28) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Imeri และ Knorr ในปี 1988 คือ โคโคแซนมีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำแครอทและน้ำแอปเปิ้ลลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยโคโคแซนมีคุณสมบัติเป็นสารโมเลกุลยาวที่มีประจุบวก และสามารถทำหน้าที่เป็นตัวช่วยตกตะกอน

3. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโคแซน

จากการศึกษาพบว่าในน้ำมะนาว (ตารางที่ 29) ใช้ระยะเวลาในการตกตะกอนนาน 3 ชั่วโมง จึงจะทำให้ได้ความใสที่ดีที่สุด แต่การใช้ระยะเวลา 1 - 2 ชั่วโมง ก็สามารถปรับปรุงความใสของ น้ำมะนาวได้แล้ว ส่วนในน้ำมะขาม น้ำอู่นุ่น และน้ำตาลโตนด (ตารางที่ 30 , 31 , 32) ใช้เวลาในการตกตะกอน 1 - 2 ชั่วโมง ก็เพียงพอที่จะปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้ได้แล้ว และจากการศึกษายังพบอีกว่าการใช้ระยะเวลามากขึ้นไม่มีผลทำให้ความใสของน้ำผลไม้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การตกตะกอนจะเกิดขึ้นดีภายในระยะเวลา 1 - 2 ชั่วโมง ภายหลังจากการเติมโคโคแซน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Soto-Peralta และ คณะ ในปี 1989 ซึ่งในการทดลองโคโคแซนจะถูกขจัดออกภายหลังจากการเติมลงในน้ำผลไม้ไปแล้ว 2 ชั่วโมง

4. ผลการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยไคโตแซน เปรียบเทียบกับสารตกตะกอนชนิดอื่น

ในการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด และระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด จากข้อ 3 และ 4 กับการใช้เบนโทไนท์ 10 มก./ลิตร และเจลาติน 290 มก./ลิตร พร้อมกับการให้ความร้อน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 33 จากการศึกษาพบว่าไคโตแซนมีความสามารถในการปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้ได้ดีกว่า การใช้เบนโทไนท์ และเจลาติน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในน้ำมะขาม ซึ่งให้ค่าความขุ่นที่วัดได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ไคโตแซนในการตกตะกอนน้ำมะขามก็ให้ค่าความขุ่นที่ต่ำกว่าการใช้เบนโทไนท์ และ เจลาติน

การใช้เบนโทไนท์ จะมีผลทำให้เกิดการตกตะกอนมาก ยากแก่การกรอง และมีการดึงเอาพวกวิตามิน และกรดอะมิโนออกมา ส่วนการใช้เจลาติน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีรสชาติของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ไคโตแซนเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

5. ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งแสดงในตารางที่ 34 พบว่า ผู้ทดสอบชิมสามารถบอกถึงความแตกต่างของตัวอย่างน้ำตาลโดนดที่ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซนและชุดควบคุม โดยได้รับคะแนนการยอมรับที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกคุณลักษณะที่ทำการศึกษา คือ ความใส, สี, กลิ่น และลักษณะรวม ส่วนใน น้ำมะนาว น้ำมะขาม และน้ำองุ่น ผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของตัวอย่างในด้านกลิ่น และลักษณะรวมได้ แต่สามารถบอกถึงความแตกต่างในด้านความใส ส่วนคุณลักษณะใน ด้านของสี ผู้ทดสอบชิมสามารถบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญได้ในตัวอย่าง น้ำองุ่น และน้ำตาลโดนด

นอกจากนี้ในตัวอย่างน้ำผลไม้ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซน จะได้คะแนนการยอมรับในด้านความใสที่ดีกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซน แต่คะแนนการยอมรับในด้านกลิ่น และลักษณะรวม จะด้อยกว่าน้ำผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านการตกตะกอนด้วยไคโตแซน ยกเว้นน้ำมะขามที่มีคะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นเท่ากันในทุก 2 ตัวอย่าง

สรุป

จากการศึกษาผลของโคโคแซนต่อการปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้ น้ำผลไม้ที่ทำการทดลอง คือ น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำองุ่น และน้ำตาลโตนด พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการปรับปรุงความใสของน้ำมะนาว และ น้ำองุ่น คือ ใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ส่วนความเข้มข้นที่ เหมาะสมในการปรับปรุงความใสของน้ำมะขาม และน้ำตาลโตนด คือ ใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ และในน้ำผลไม้ทุกชนิดใช้เวลาในการปรับปรุงความใส 1 - 2 ชั่วโมง ก็เป็นการเพียงพอแล้ว นอกจากนี้การใช้โคโคแซน ยังสามารถปรับปรุงความใสได้ดีกว่าการใช้เบนโท-โนท์ และเจลาติน สำหรับผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้โคโคแซนในการตกตะกอน น้ำผลไม้ได้คะแนนการยอมรับทางด้านความใสที่ดีกว่า แต่ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น และลักษณะรวม ที่ด้อยกว่าน้ำผลไม้ปกติ จึงควรมีการพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 24 ผลการละลายและความหนืดของโคโตแซนในสารละลายต่าง ๆ

ตัวทำละลาย	ผลการละลาย	ความหนืดที่ shear rate 50 1/s (เซนติพอยส์)
น้ำ	ไม่ละลาย	-
กรดอะซิติก	ละลายได้ดี	563.35
กรดซิตริก	ละลายได้	209.25
กรดฟอร์มิก	ละลายได้ดี	524.30
กรดมาลิก	ละลายได้ดี	471.20

ตารางที่ 25 ผลการตกตะกอนน้ำมะนาวด้วยโคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

สภาวะ	ความเข้มข้น ของโคโตแซน (มก./100มล.)	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (^o Bx)	ความเป็น กรด -ต่าง
วัตถุดิบ	-	990	4.4	2.2
น้ำผลไม้สด	0	910 ^c *	4.0	2.2
	20	129 ^a	4.0	2.2
	40	660 ^b	4.0	2.2
	60	670 ^b	4.0	2.2
	80	655 ^b	4.0	2.2
	100	695 ^b	4.0	2.2
ตกตะกอนร่วมกับ การพาสเจอร์ไรซ์	0	845 ^c	4.0	2.2
	20	350 ^a	4.0	2.2
	40	795 ^c	4.0	2.2
	60	625 ^b	4.0	2.2
	80	598 ^b	4.0	2.2
	100	600 ^b	4.0	2.2

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 26 ผลการตกตะกอนน้ำองุ่นด้วยไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

สภาวะ	ความเข้มข้นของ ไคโตแซน (มก./100 มล.)	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Bx)	ความเป็น กรด -ต่าง
วัตถุดิบ	-	1600	15.4	3.6
น้ำผลไม้สด	0	755 ^{d*}	15.4	3.6
	20	32 ^a	15.0	3.6
	40	25 ^a	15.0	3.6
	60	71 ^a	14.8	3.55
	80	350 ^c	14.6	3.55
	100	185 ^b	14.6	3.55
ตกตะกอนร่วมกับ การพาสเจอร์ไรซ์	0	685 ^b	15.4	3.6
	20	32 ^a	15.2	3.6
	40	20 ^a	15.2	3.6
	60	23 ^a	15.0	3.6
	80	32 ^a	14.8	3.55
	100	42 ^a	14.6	3.55

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 27 ผลการตกตะกอนน้ำมะขามด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

สภาวะ	ความเข้มข้นของ โคโคแซน (มก./100 มล.)	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Bx)	ความเป็น กรด -ต่าง
วัตถุดิบ	-	1027	3.4	2.7
น้ำผลไม้สด	0	69c *	3.2	2.65
	20	46a	3.2	2.65
	40	57b	3.2	2.65
	60	54ab	3.2	2.65
	80	53ab	3.2	2.65
	100	54ab	3.2	2.65
ตกตะกอนร่วมกับ การพาสเจอร์ไรซ์	0	89c	3.2	2.65
	20	16a	3.2	2.65
	40	80bc	3.2	2.65
	60	74b	3.2	2.65
	80	71b	3.2	2.65
	100	71b	3.2	2.65

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสตมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 28 ผลการตกตะกอนน้ำตาลโดนดด้วยโคโคแซนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

สภาวะ	ความเข้มข้นของ โคโคแซน (มก./100 มล.)	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ (°Bx)	ความเป็น กรด - ค่า
วัตถุดิบ	-	283	13.6	5.8
ตกตะกอนร่วมกับ การพาสเจอร์ไรซ์	0	374d [*]	13.6	5.8
	20	138a	13.6	5.36
	40	213c	13.4	5.17
	60	186b	13.1	5.0
	80	195b	13.0	4.9
	100	210c	12.8	4.78

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 29 ผลการตกตะกอนน้ำมะนาวโดยใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล.

ชั่วโมงที่	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ (°Bx)	ความเป็นกรด - ค่า
0	1225c	4.6	2.1
1	140b	4.6	2.1
2	130b	4.6	2.15
3	54a	4.6	2.15
4	50a	4.6	2.15
5	54a	4.6	2.15
6	50a	4.2	2.15
12	41a	4.2	2.15

หมายเหตุ วัตถุดิบ - ความขุ่น เท่ากับ 1150 NTU
 - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 4.6 °Bx
 - ความเป็นกรด - ค่า (pH) เท่ากับ 2.13

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 30 ผลการตกตะกอนน้ำมะขามโดยใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล.
ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์

ชั่วโมงที่	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ ($^{\circ}$ Bx)	ความเป็นกรด - ต่าง
0	235d	3.3	2.3
1	36abc	3.1	2.3
2	43bc	3.15	2.3
3	35abc	3.1	2.3
4	15ab	3.1	2.3
5	9.5a	3.1	2.3
6	49.c	3.1	2.3
12	29abc	3.1	2.3

หมายเหตุ วัตถุประสงค์ - ความขุ่น เท่ากับ 990 NTU
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 3.3 $^{\circ}$ Bx
- ความเป็นกรด - ต่าง (pH) เท่ากับ 2.3

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 31 ผลการตกตะกอนน้ำอุ่นใช้โคโคแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล.

ชั่วโมงที่	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ ($^{\circ}$ Bx)	ความเป็นกรด - ต่าง
0	470b	14.5	3.6
1	30a	14.2	3.6
2	18a	14.35	3.6
3	14a	14.35	3.6
4	12a	14.3	3.6
5	10a	14.3	3.6
6	9.7a	14.2	3.6
12	5.0a	14.2	3.6

* หมายเหตุ วัตถุประสงค์ - ความขุ่น เท่ากับ 1600 NTU
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 14.6 $^{\circ}$ Bx
- ความเป็นกรด - ต่าง (pH) เท่ากับ 3.6

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 32 ผลการตกตะกอนน้ำตาลโตนดโดยใช้โคโคเดแซนความเข้มข้น 20 มก./100 มล.
ร่วมกับสารพาสเจอร์ไรซ์

ชั่วโมงที่	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ ($^{\circ}$ Bx)	ความเป็นกรด - ต่าง
0	413c	13.6	5.4
1	105b	13.6	5.4
2	100ab	13.6	5.4
3	100ab	13.5	5.4
4	100ab	13.5	5.4
5	98a	13.5	5.4
6	100ab	13.5	5.4
12	95a	13.5	5.35

หมายเหตุ วัตถุประสงค์ - ความขุ่น เท่ากับ 283 NTU
 - ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 13.6 $^{\circ}$ Bx
 - ความเป็นกรด - ต่าง (pH) เท่ากับ 5.8

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 33 ผลการตกตะกอนน้ำผลไม้ด้วยโคโคแซนเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนชนิดอื่น
(เบนโทไนท์ 10 มก./ลิตร, เจลาติน 290 มก./ลิตร พร้อมกับการให้ความร้อน)

ตัวอย่าง	สารที่ใช้ ตกตะกอน	ความเข้มข้น มก./ลิตร	ความขุ่น (NTU)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ ($^{\circ}$ Bx)	ความเป็น กรด-ด่าง
น้ำมะนาว	โคโคแซน	200	62a	4.4	2.25
	เบนโทไนท์	10	910b	4.3	2.18
	เจลาติน	290	800b	4.3	2.10
น้ำมะขาม	โคโคแซน	200	38a	3.1	2.70
	เบนโทไนท์	10	47a	3.1	2.70
	เจลาติน	219	110a	3.0	2.60
น้ำอุ่น	โคโคแซน	200	27a	14.2	3.70
	เบนโทไนท์	10	965c	14.2	3.65
	เจลาติน	219	830b	14.0	3.60
น้ำตาลโดนด	โคโคแซน	200	103a	13.6	5.40
	เบนโทไนท์	10	383c	13.4	5.20
	เจลาติน	219	310b	13.4	5.30

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

บทสรุป

การศึกษาการประยุกต์ใช้ไคโตแซนที่สกัดจากเปลือกกุ้ง ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปกุ้ง เพื่อประโยชน์ด้านอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ การเคลือบผิวผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และการปรับปรุงความใสของน้ำผลไม้ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่ง พอสรุปได้ดังนี้คือ

1.ไคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ สามารถตกตะกอนสารประกอบอินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช และปริมาณไคโตแซน การใช้สารตกตะกอนชนิดอื่นร่วมกับไคโตแซน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนของน้ำทิ้งบางชนิดได้

2.ไคโตแซนจากเปลือกกุ้งหางแดง สามารถปรับปรุงความใสของน้ำมะนาวและน้ำองุ่นได้ดีที่สุด เมื่อใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ส่วนน้ำมะขามและน้ำตาลโตนดดีที่สุด เมื่อใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./100 มล. ร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์

3.การประยุกต์ใช้ไคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำเป็นสารเคลือบผิวมะนาว พบว่าสามารถยืดระยะเวลาการเปลี่ยนสีผิวของมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเวลา 24 วัน และ 56 วัน เมื่อใช้ไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.25 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 1 องศาเซลเซียส) และ 11 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2522. เคมีของน้ำและน้ำทิ้ง. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร, หน้า 86-90.
- ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผักและผลไม้. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- ไพรัตน์ โสภโณดร, วรณา ชูฤทธิ์ และ เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. 2534. แนวทางการสกัดและการใช้ประโยชน์โคโตแซนจากเปลือกและหัวกุ้ง. รายงานการวิจัย ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สายใย เลิศศุภกุล. 2527. การศึกษาการทำน้ำมะม่วงหิมพานต์ซีรับเบื้องต้น. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล และ ไพรัตน์ โสภโณดร. 2533. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดโคตินจากเปลือกกุ้งแช่บ๊วย. ว. สงขลานครินทร์ 12(4):431-437.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล และ ไพรัตน์ โสภโณดร. 2533. การผลิตโคโตแซนจากเปลือกกุ้งแช่บ๊วย. ว. สงขลานครินทร์ 12(4):439-443.
- วิสิฐ จะวะสิต และ ลูกจันทร์ ภัครัชพันธ์. 2533. โคโตแซน โพลีเมอร์ตัวใหม่จากของเหลือทิ้งอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. ว. อุตสาหกรรมเกษตร 1:5-6.
- อรรณพ วราอัศวปติ, สมโภชน์ โกศลมณี และ สุกมนตรี พุฒิสิริ. 2532. ผลของการเคลือบผิวและการใส่ถุงพลาสติกต่ออายุการเก็บรักษามะนาว. เทคโนโลยีการเคลือบผิวผลไม้เพื่อการส่งออก งานถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และพลังงาน
- Anonymous. 1989. Chitosan makes the grade. *Manufacture Chemist*. 60(10):31-35.
- A.O.A.C. 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Chemists*. 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- APHA, AWWA and WPCF. 1985. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. New York APHA Inc.
- Austin, P.R., Brine, C.J., Castle, J.E. and Zikakis, J.P. 1981. Chitin: New facets of research. *Science* 12:749-753.
- Averbach, B.L. 1978. Film-forming capacity of chitosan. In *Proceedings of the First International Conference on Chitin/Chitosan*. p. 199-209. Muzzarelli, A.A.A. and Pariser, E.R. eds. Sea Grant Program: Cambridge, MA.
- Balassa, L.L. and Prudden, J.F. 1978. Application of chitin and chitosan in wound healing, acceleration. In *Proceedings of the First International Conference on Chitin/Chitosan*. p. 296-305. Muzzarelli, A.A.A. and Pariser, E.R. eds. Sea Grant Program: Cambridge, MA.

- Bough, W.A. 1975a. Reduction of suspended solids in vegetable canning waste effluents by coagulation with chitosan. *J. Food Sci.* 40:297-301.
- Bough, W.A. 1975b. Coagulation with chitosan—an aid to recovery of by-products from egg breaking wastes. *Poultry Sci.* 54:1904-1912.
- Bough, W.A. 1976. Chitosan - a polymer from seafood waste, for use in treatment of food processing wastes and activated sludge. *Process Biochem.* 11(1):13-16.
- Bough, W.A., Shewfelt, A.L. and Salter, W.L. 1975 Use of chitosan for the reduction and recovery of solids in poultry processing waste effluents. *Poultry Sci.* 54:992-1000.
- Brzeski, M.M. 1987. Chitin and Chitosan—putting waste to good use. *INFOFISH International* 5:31-36.
- Civit, E.M., Parin, M.A. and Lupin, H.M. 1982. Recovery of protein and oil from fishery bloodwater waste:effect of pH and temperature. *Water Res.* 16:809-814.
- Culp, R.L. and Culp, G.L. 1971. *Advanced Wastewater Treatment*. New York : VanNortrand Reinhold. p.256.
- El Ghaouth, A. Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56(6):1161-1620.
- Filar, L.J. and Wirick, M.G. 1978 Bulk and solution properties of chitosan. In *Proceeding of the First International Conference on Chitin/Chitosan*. p.169-181. Muzzarelli, A.A.A. and Pariser, E.R. eds.Sea Grant Program:Cambridge, MA.
- Green, J.H. and Kramer, A. 1979. *Food Processing Waste Management*. p.629. Westport, Connecticut:AVI Publishing Company Inc.
- Harris, C.E. and Moats, W.A. 1974. Recovery of egg solids from wastewater from egg grading and breaking plants. *Poultry Sci.* 53:1933.
- Imeri, A.G. and Knorr, D. 1988. Effect of Chitosan on yield and compositional data of carrot and apple juice.
- Johnson, R.A. and Ganllanger, S.M. 1984. Use of coagulant to treat seafood processing wastewater. *J. WPCF* 56(8):970-976.
- Kienzle-Sterzer, C., Rodriguze-Sanehez, D. and Rha, C. 1982. Dilute solution behavior of a cationic polyelectrolyte. *J. Appl. Polymer Sci.* 27:4467-4470.
- Knorr, D. 1982. Functional properties of chitin and chitosan. *J. Food Sci.* 47:593-595.
- Knorr, D. 1984. Use of Chitinous polymers in food. *Food Technol.* 38:85-97.
- Magnolato, D. 1978. A process for deacidifying a coffee extract and the deacidified extract obtained. UK Patent Application GB 2029 688A. cited by Knorr, D. 1984. Use of Chitinous polymers in food. *Food Technol.* 38:85-97.

- Nagyvary, V.V. , Falk, J.D. , Hill, M.L. , Schmidt, M.L. , Wilkin, A.K. and Bradbury, E.L. 1979. The hypolipidemic activity of chitosan and other polysaccharides in rats. *Nutr. Rep. Intern.* 20:677-684
- Neugebauer, W., Neugebeur, E. and Brzezinski, R. 1989. Determination of the degree of N-acetylation of chitin-chitosan with picric acid. *Carbohydrate Research.* 189:363-367.
- Nicol, S. 1991. Life after death for empty shells. *New Scientist* 129:36-38.
- No, H.K. and Meyers, S.P. 1989. Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compound from seafood processing streams. *J. Agri. Food Chem.* 37:580-583.
- Pariser, E.R. 1991. Personal communication.
- Passam, H.C. and Blunden, G. 1982. Experiments on the storage of limes at tropical ambient temperature. *Trop. Agric. (Trinidad)* 59(1):20-24.
- Rangana, S. 1977. *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products.* p. 1-95. New Delhi:McGraw-Hill Publishing Co. Ltd.
- Sapers, G.M. 1992. Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *J Food Sci.* 57(5):1192.
- Soto-Peralta, N.V., Muller, H. and Knorr, D. 1989. A research note:effect of chitosan treatments on the clarify and color of apple juice. *J. Food Sci.* 54(2):495-496.
- Sugano, M. , Fukikawa, T. , Hiratsuji, Y. , Nakashima, K., Fukuda, N. and Hasegawa, Y. 1980. A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *Amer. J. Clin. Nutr.* 33: 787-793.
- Yang, T. and Zall, R.R. 1984. Chitosan membrane for reverse osmosis application. *J. Food Sci.* 49-91.
- Zall, R.R., Hood, L.F., Jewell, W.J., Conwey, R.L. and Switzenbaum, M.S. 1976. *Proc. National Symposium on Processing Wastes.* p.42. Cincinnati, USA:EPA.