



ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากโรงอาหาร  
โดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

The Removal Efficiency of Oil and Grease from  
Cafeteria Wastewater by Using Chitosan from Shrimp Shell

สมปรารถนา วินิจฉัย

สัมฤทธิ์ กาญจนจิตร

อารียา บุตรฤทธิ์

ปฏิญานินพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2556



ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากโรงอาหาร  
โดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

The Removal Efficiency of Oil and Grease from  
Cafeteria Wastewater by Using Chitosan from Shrimp Shell

สมปรารถนา วินิจฉัย

สัมฤทธิ์ กาญจนจิตร

อารียา บุตรฤทธิ์

ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันของน้ำเสีย จากโรงอาหารโดยใช้โคไตซานจากเปลือกกุ้ง
ชื่อ นามสกุล	สมปรารถนา วินิจฉัย สัมฤทธิ์ กาญจนจิตร อารียา บุตรฤทธิ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ

คณะกรรมการสอบปริญญาบัตรได้ให้ความเห็นชอบปริญญาบัตรฉบับนี้แล้ว

อาจารย์มานิช หลักฐานดี  
ประธานกรรมการ

ผศ.ณัฐชัย ลักษณะอำนาจพร  
กรรมการ

ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ  
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
อนุมัติให้รับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันของน้ำเสีย จากโรงอาหารโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง
ชื่อ นามสกุล	สมปรารถนา วินิจชัย
	สัมฤทธิ์ กาญจนจิตร
	อารีญา บุตรฤทธิ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ

### บทคัดย่อ

ไคโตซานเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ธรรมชาติที่มีประจุบวก สังเคราะห์ได้จากไคตินเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในโครงสร้างภายนอกของกุ้ง ด้วยกระบวนการหลักของการกำจัดหมู่อะซิติก เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติเฉพาะหลากหลาย เช่น ความไม่เป็นพิษ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ การย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี ไคโตซานจึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในสิ่งแวดล้อมเพื่อการดูดซับไขมันและโลหะหนัก ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อทดสอบความสามารถของไคโตซานที่สังเคราะห์จากเปลือกกุ้ง ในการดูดซับลดน้ำมันและไขมันจากน้ำทิ้ง พบว่าจากการเตรียมไคตินจากเปลือกกุ้งได้ปริมาณร้อยละ 50 เมื่อเปลี่ยนเป็นไคโตซานได้ปริมาณร้อยละ 25 ด้วยกระบวนการกำจัดโปรตีน แร่ธาตุ และหมู่อะซิติก พบว่าตัวอย่างไคโตซานปริมาณ 0.6 กรัมทดสอบกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำมันและไขมัน เข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยกระบวนการเขย่าที่ 90 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ก่อนทิ้งให้เข้าสู่สมดุลอีก 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันสูงสุดร้อยละ 72 ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับไคโตซานที่มีขายในตลาด (ร้อยละการดูดซับเท่ากับ 86 และ 85 ตามลำดับ) และเมื่อทดลองใช้กับไคโตซานในการดูดซับน้ำตัวอย่างจากน้ำทิ้งที่ได้จากโรงอาหารที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ที่มีน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้น 570 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถดูดซับไขมันได้ร้อยละ 68.42 จากผลดังกล่าวทั้งหมดนี้ชี้ได้ว่าไคโตซานที่เตรียมมาจากเปลือกกุ้งมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันและไขมัน สามารถนำไปพัฒนาเพื่อช่วยลดไขมันในระบบบำบัดน้ำเสียต่อไปในอนาคตได้

Thesis Title                    The Removal Efficiency of Oil and Grease from Cafeteria  
Wastewater by Using Chitosan from Shrimp Shell

Name Surname                Sompratana Winitchay, Sumrit Kanchanachrit, Areeya Butrith

Thesis Title                    Bachelor of Science

Program and Faculty        Environmental Sciences and Natural Resources, Faculty of  
Science and Technology

Academic Year                2013

### **Abstract**

Chitosan, natural cationic polysaccharides is synthesized by deacetylation of chitin, one of the major structural elements of exoskeleton of crustacean shrimps. Due to its combination of many unique properties such as no toxicity, biocompatibility, and biodegradability, chitosan has been widely used to adsorb fat and heavy metal absorbents. The present study was undertaken to demonstrate that chitosan extracted from shrimp shell wastes had ability in fat and oil adsorption. In the process, 50% chitin in shrimp shells was first obtained and converted into for 25% chitosan through demineralization, deproteination and deacetylation process. The highest adsorption performance at 72% was achieved at the chitosan sample at the condition composed of 0.6 g chitosan agitating in 400 mg/L of synthetic water comprising of fat and oil, shaking at 90 rpm/min for 10 min. and thus equilibrating for 15 min. at room temperature. Its fat and oil removal efficiency was a effectively close the with that of commercial chitosan (86% and 85% oil and grease removal efficiency). The synthetic chitosan revealed 68.42% adsorption efficiency in treating in water sample with 570 mg/L of oil and fat from the effluent in the canteen at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, North Campus. Therefore from overall, the chitosan prepared from shrimp shells could possibly be further developed for future application in oil and fat removal from waste water treatment system.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง จากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ภทริกา สูงสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ แก้ไขปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความรักและเคารพยิ่ง

ขอขอบพระคุณในความเมตตาของอาจารย์มานaix หลักฐานดี ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐชัมย์ ลักษณะอันวยพร คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สังเวย เสวกวิหारी และผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมเดชา พลเยี่ยม อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์กลุ่มเคมี ในความเมตตาที่ให้ความรู้และให้คำปรึกษาทางด้านการใช้สารเคมีในการปฏิบัติงานทดลอง ขอขอบคุณอาจารย์เพ็ชรรัตน์ เวฬุคามกุล สาขาวิทยาศาสตร์กลุ่มชีววิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

ขอขอบคุณผู้ประกอบการร้านค้าและพนักงานเก็บขยะในตลาดสดเทศบาลเมืองนนทบุรี อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลือในการเก็บเปลือกกุ้ง

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้อุดหนุนทุนวิจัยสำหรับการศึกษานี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ในทุกๆ ด้านตลอดมา สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และสนับสนุน ตลอดจนเป็นแรงผลักดันและกำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวสมปรารถนา	วินิจฉัย
นางสาวสัมฤทธิ์	กาญจนจิตร
นางสาวอารีญา	บุตรฤทธิ์

# สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญแผนภาพ	(ฌ)
สารบัญภาพ	(ญ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัย	3
1.5 ระยะเวลาที่ดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 คำนิยามศัพท์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 น้ำเสีย (Wastewater)	6
2.1.1 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)	7
2.1.2 น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)	8
2.1.3 น้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater)	8
2.2 น้ำเสียโรงอาหารและข้อมูลโรงอาหาร	9
2.2.1 น้ำเสียโรงอาหาร	9
2.2.2 ข้อมูลโรงอาหาร	9
2.3 น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	12
2.3.1 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางกายภาพ	12
2.3.2 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางเคมี	13

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางชีวภาพ	14
2.3.4 องค์ประกอบน้ำมันและไขมัน	15
2.3.5 ประเภทของน้ำมันและไขมัน	15
2.3.6 การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน	16
2.4 วัตถุประสงค์ในการทดลอง: เปลือกกุ้ง	18
2.4.1 กุ้ง	18
2.4.2 เปลือกกุ้ง	18
2.5 ไคติน	20
2.6 ไคโตซาน	21
2.6.1 คุณสมบัติเชิงเคมีและฟิสิกส์ของไคโตซาน	22
2.6.2 การดูดซับ (Adsorption)	24
2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	25
2.6.4 ประโยชน์ของไคโตซาน	27
2.7 กระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน	29
2.7.1 กระบวนการกำจัดโปรตีน (Deproteinization)	29
2.7.2 กระบวนการกำจัดแร่ธาตุ (Deminerlization)	29
2.7.3 กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติล (Deacetylation)	30
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	36
3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย	36
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี	37
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	39
3.3.1 ชั้นการศึกษาโครงการ	39
3.3.2 ขั้นตอนเตรียมดำเนินการทดลอง	39
3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมัน ด้วยไคโตซาน จากน้ำเสียสังเคราะห์	46



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน	46
3.4.2 ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม	47
3.4.3 ศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม	49
3.4.4 ศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม	50
3.4.5 ศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม	52
3.5 การประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานใน น้ำเสียจากโรงอาหาร	54
3.6 การประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับน้ำมันและไขมัน โดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์	54
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	58
4.1 ลักษณะของไคโตซานที่เตรียมได้จากเปลือกกุ้ง	58
4.2 ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน	59
4.3 ผลการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม	60
4.4 ผลการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม	61
4.5 ผลการศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม	63
4.6 ผลการศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม	64
4.7 ผลการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานใน น้ำเสียจากโรงอาหาร	66
4.8 ผลจากการประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับ น้ำมันและไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับ ไคโตซานเชิงพาณิชย์	68
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุป	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	77

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์น้ำมันและไขมันโดยใช้วิธีซอกซ์เลต (ใช้กับน้ำเสีย)	77
ประวัติผู้วิจัย	87



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมันจากบ้านเรือน ร้านอาหาร	15
ตารางที่ 4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์กับปริมาณโคโตนานจากเปลือกกุ้ง	59
ตารางที่ 4-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตนานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับพีเอช	60
ตารางที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตนานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเร็วรอบการเขย่า	62
ตารางที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตนานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเขย่า	63
ตารางที่ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตนานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล	65
ตารางที่ 4-6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตนานในน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	67
ตารางที่ 4-7 ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ด้วยโคโตนานจากเปลือกกุ้ง ทำการทดลองประยุกต์ใช้งานจริง	68

## สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่	หน้า
แผนภาพที่ 2-1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร	9
แผนภาพที่ 2-2 แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของโรงอาหาร	11
แผนภาพที่ 2-3 โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน	20
แผนภาพที่ 2-4 แสดงขั้นตอนการผลิตไคติน	30
แผนภาพที่ 2-5 แสดงขั้นตอนการผลิตไคโตซาน	31
แผนภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 4	40
แผนภาพที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย HCl เข้มข้นร้อยละ 4	40
แผนภาพที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 50	41
แผนภาพที่ 3-4 แสดงการเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	41
แผนภาพที่ 3-5 แสดงกระบวนการแยกโปรตีน	42
แผนภาพที่ 3-6 แสดงกระบวนการแยกแร่ธาตุ	43
แผนภาพที่ 3-7 แสดงกระบวนการดึงหมู่อะซิติก	44
แผนภาพที่ 3-8 แสดงการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	45
แผนภาพที่ 3-9 แสดงวิธีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน	46
แผนภาพที่ 3-10 แสดงวิธีการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม	48
แผนภาพที่ 3-11 แสดงวิธีการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม	49
แผนภาพที่ 3-12 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม	50
แผนภาพที่ 3-13 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม	52
แผนภาพที่ 3-14 แสดงวิธีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมัน	55
แผนภาพที่ 3-15 แสดงวิธีการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมัน ของไคโตซานในน้ำเสียจากโรงอาหาร	56
แผนภาพที่ 3-16 แสดงวิธีการวิเคราะห์น้ำมันและไขมันในน้ำเสียระหว่างไคโตซาน ที่สกัดขึ้นเองและไคโตซานเชิงพาณิชย์	57

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3-1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี	38
ภาพที่ 4-1 ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	58
ภาพที่ 4-2 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ในน้ำเสียสังเคราะห์	60
ภาพที่ 4-3 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ในน้ำเสียสังเคราะห์กับพีเอช	61
ภาพที่ 4-4 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเร็วยรอบการเขย่า	63
ภาพที่ 4-5 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเขย่า	64
ภาพที่ 4-6 แสดงร้อยละการดูดซับไขมันและน้ำมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล	67
ภาพที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของการ ใส่ไคโตซานและไม่ใส่ไคโตซาน	68
ภาพที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซาน จากเปลือกกุ้ง	69
ภาพที่ ก-1 ชุดสกัดซอกซ์เลต	79
ภาพที่ ก-2 เครื่องดูดสุญญากาศ	79
ภาพที่ ก-3 ขวดสกัด	79
ภาพที่ ก-4 เครื่องชั่งละเอียด	79
ภาพที่ ก-5 ตู้อบ	79
ภาพที่ ก-6 กระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาด 7 ซม.	80
ภาพที่ ก-7 เอกซ์แทรกชันทิมเบิล	80

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ ก-8 ลูกแก้ว	80
ภาพที่ ก-9 ที่กรอง	80
ภาพที่ ก-10 ที่คีบ	80
ภาพที่ ก-11 Forceps	80
ภาพที่ ก-12 สำลี	80
ภาพที่ ก-13 กรดไฮโดรคลอริก	81
ภาพที่ ก-14 เฮกเซน	81
ภาพที่ ก-15 ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปรับพีเอช ให้ต่ำกว่า 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	82
ภาพที่ ก-16 ขั้นตอนที่ 2 เตรียมแผ่นกรองดูดซับน้ำมันโดยวางกระดาษกรอง ในกรวยบุคเนอร์ ใช้เครื่องสูญญากาศดูดน้ำตัวอย่างที่มีน้ำมัน และไขมันออก	82
ภาพที่ ก-17 ขั้นตอนที่ 3 ใช้ Forceps คีบกระดาษกรองนำไปใส่ในทิมเบล ใช้สำลี ชุบเฮกเซนเช็ดน้ำมันและไขมันที่ติดด้วยบุคเนอร์ให้หมด แล้วนำสำลี ใส่ในทิมเบลด้วย	83
ภาพที่ ก-18 ขั้นตอนที่ 4 นำทิมเบลไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเวลา 30 นาที	83
ภาพที่ ก-19 ขั้นตอนที่ 5 ชั่งน้ำหนักขวดที่ใช้สกัด ซึ่งได้ทำแห้งและมีน้ำหนักคงที่ (อบที่ อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส) สมมุติเท่ากับ A กรัม ใส่เฮกเซน ลงในขวดสกัด 80 มิลลิลิตร	83
ภาพที่ ก-20 ขั้นตอนที่ 6 นำทิมเบลใส่ในขวดสกัดนำไปใส่ในชุดชอกฮ์เลต	83
ภาพที่ ก-21 ขั้นตอนที่ 6.1 Hot Extraction	84
ภาพที่ ก-22 ขั้นตอนที่ 6.2 Evaporation A	85
ภาพที่ ก-23 ขั้นตอนที่ 6.3 Rinsing	85

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ ก-24	ขั้นตอนที่ 6.4 Evaporation	84
ภาพที่ ก-25	ขั้นตอนที่ 6.5 Evaporation C	86
ภาพที่ ก-26	ขั้นตอนที่ 7 ปล่อยขวดสกัดให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสมมติเท่ากับ B กรัม	86



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางน้ำเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม และมีแนวโน้มของความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เป็นผลมาจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการอุปโภค-บริโภคของมนุษย์ในประเทศ ตลอดจนการขาดการมีส่วนร่วมที่จะช่วยกันดูแลสภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีเพียงพอของมนุษย์เรา การปล่อยน้ำทิ้งจากภาคครัวเรือน เช่น การชำระล้าง การประกอบอาชีพ โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่เกิดจากการประกอบอาหาร ที่ไม่ผ่านการบำบัดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำทิ้งเหล่านี้จะประกอบไปด้วยน้ำมัน (Oil) และไขมัน (Grease) ที่มาจากการทิ้งเศษอาหาร การประกอบอาหาร และน้ำทิ้งจากการชำระล้างอุปกรณ์ใส่อาหารและอุปกรณ์การกินอาหาร ซึ่งน้ำเสียจากโรงอาหารที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และฮิวมิก เป็นส่วนใหญ่ โดยที่ไขมันและน้ำมันจะเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และกีดขวางการกระจายตัวของออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้มีกลิ่นเหม็น ไม่น่าดู ค่าคุณภาพน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อพืช สัตว์ และมนุษย์ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง อาจส่งผลกระทบต่อการใช้เจ็บ และยังเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากอาจทำให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำทิ้งได้

การบำบัดน้ำทิ้งที่มีน้ำมันและไขมันทั่วไปจะใช้กระบวนการทางกายภาพ (Physical Treatment) โดยการบำบัดดักไขมันที่ลอยทิ้ง และอีกวิธีหนึ่งคือการใช้จุลินทรีย์ (Biological Treatment) แต่วิธีนี้นิยมใช้ในการย่อยสลายน้ำมันจากปิโตรเลียมซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ถึงแม้ว่าการบำบัดน้ำมันและไขมันสามารถทำได้หลายวิธี แต่ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องค่าใช้จ่ายที่สูง ฉะนั้นวิธีบำบัดด้วยกระบวนการดูดซับ (Adsorption) จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เพราะนอกจากเป็นการ



นำวัสดุเหลือทิ้งไปบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

โคโตซานสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเส้นใย โยสังเคราะห์ ใช้ในด้านการแพทย์และเภสัช การเกษตร นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากโคโตซานเป็นตัวสร้างตะกอนและ ตกตะกอน (Flocculent and Coagulation Agent) ที่ดี เนื่องจากการมีหมู่อะมิโนจำนวนมากที่สามารถแตกตัวเป็นประจุบวกและจับกับสารที่เป็นประจุลบได้ เช่น โปรตีน โลหะหนัก สีย้อม และ พอลิเมอร์อื่นๆ และที่สำคัญสามารถสกัดได้จากวัสดุธรรมชาติโดยเฉพาะ จากแกนปลาหมึก กระดองปู และเปลือกกุ้ง (ภรณ์ภิตา พงษ์ประสิทธิ์, 2555)

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการใช้วัสดุชีวภาพที่เหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งมีสภาพที่ย่อยสลายได้ง่ายด้วยกระบวนการทางชีวภาพมาเป็นตัวดูดซับ ในที่นี้เลือกใช้โคโตซานจากเปลือกกุ้ง เนื่องจากโคโตซานเป็นวัสดุที่สามารถสกัดได้จากเปลือกกุ้งขาวซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งหาง่าย และเป็นวัสดุธรรมชาติ และมีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำเสีย (ศูนย์ชีวภาพโคติน-โคโตซาน จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2556) ถ้าพิจารณาสัดส่วนของกุ้งโดยประมาณ จะพบว่าน้ำหนักของส่วนหัวและ ส่วนเปลือกจะเป็นร้อยละ 45 ส่วนเนื้อจริงซึ่งนำไปแปรรูปจะเหลือเพียงร้อยละ 55 จึงเห็นได้ว่าการแปรรูปกุ้งจะมีของเสีย (Waste Product) ถึงร้อยละ 50 และส่วนใหญ่จะเป็นส่วนหัวและ เปลือก ซึ่งเป็นของเสียที่สร้างปัญหาเนื่องจากเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และส่งกลิ่นเหม็น โคโตซาน จากเปลือกกุ้งยังสามารถจับกับ น้ำมันและไขมัน สีย้อม และพอลิเมอร์อื่นๆ และโคโตซานสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable) จึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยสำหรับใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโคโตซานจากเปลือกกุ้งในการดูดซับน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากโรงอาหาร
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยโคโตซานจากเปลือกกุ้ง
- 1.2.3 เพื่อลดปริมาณน้ำมันและไขมันที่มาจากน้ำเสียโรงอาหาร
- 1.2.4 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกุ้งและช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 สถานที่ทำการวิจัย: ห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 1.3.2 ชนิดเปลือกกุ้งที่ใช้ทำโคโตซาน: เปลือกกุ้งขาว
- 1.3.3 ตัวอย่างน้ำเสีย
  - 1.3.3.1 น้ำเสียสังเคราะห์: น้ำมันบริโภค 0.02 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ตัวอย่างการทดลอง)
  - 1.3.3.2 น้ำเสียโรงอาหาร: โดยเก็บจากจุดรวมน้ำเสียของโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 การเตรียมโคโตซานจากเปลือกกุ้งขาว
- 1.4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์
- 1.4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยโคโตซานที่เตรียมจากเปลือกกุ้ง โดยทำการทดลองจากน้ำเสียสังเคราะห์
  - 1.4.3.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของโคโตซาน
  - 1.4.3.2 ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม
  - 1.4.3.3 ศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม

1.4.3.4 ศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม

1.4.3.5 ศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม

1.4.4 การวิเคราะห์น้ำมันและไขมันในน้ำเสีย

## 1.5 ระยะเวลาที่ดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ระยะเวลาที่ดำเนินโครงการ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2556 – 30 กันยายน พ.ศ. 2557

แผนการดำเนินงาน	2556			2557								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลทางทฤษฎี	←	→										
2. จัดหาวัสดุอุปกรณ์และสารเคมี		←	→									
3. ดำเนินการทดลอง		←	→	←	→							
4. สรุปผลการดำเนินการ							←	→				
5. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									←	→		
6. เผยแพร่และนำเสนอผลงาน									←	→	←	→

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงประสิทธิภาพของโคโตซานจากเปลือกกุ้งในการดูดซับน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากโรงอาหาร

1.6.2 ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยโคโตซานจากเปลือกกุ้ง

1.6.3 ช่วยลดปริมาณไขมันและน้ำมันที่มาจากน้ำเสียโรงอาหาร

1.6.4 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกุ้งและช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง

## 1.7 คำนิยามศัพท์

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัด ทำความสะอาด ภาชนะ เช่น จาน ชาม ช้อน ส้อม เป็นต้น ที่ใช้ในการประกอบอาหาร บริเวณพื้นที่โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

โคโตซาน หมายถึง สายพอลิเมอร์ที่ได้จากโคติน โดยการสกัดทางเคมี ด้วยกระบวนการกำจัด หมู่อะซิติก ซึ่งได้จากเปลือกกุ้งที่เหลือทิ้ง

โรงอาหาร หมายถึง สถานที่สำหรับรับประทานอาหารของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความรู้และทฤษฎีต่างๆ ซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ในการทำงานวิจัย ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้อย่างชัดเจน ภายในบทนี้จึงกำหนดหัวข้อความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องไว้ 8 หัวข้อ ดังนี้

- 2.1 น้ำเสีย
- 2.2 น้ำเสียโรงอาหาร
- 2.3 น้ำมันและไขมัน
- 2.4 วัตถุประสงค์ในการทดลอง: เปลือกกุ้ง
- 2.5 ไคติน
- 2.6 ไคโตซาน
- 2.7 กระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 น้ำเสีย (Wastewater)

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำนิยามของคำว่า “แหล่งกำเนิดมลพิษ” หมายความว่า ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม อาคาร สิ่งก่อสร้าง ยานพาหนะ สถานที่ประกอบกิจการใดๆ หรือสิ่งอื่นใด ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของมลพิษ และ “น้ำเสีย” หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น โดยแบ่งออกตามแหล่งกำเนิดดังนี้

### 2.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำที่ถูกใช้แล้วจากชุมชน ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของสารอินทรีย์ต่างๆ ในรูปของขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และขนาดเล็กมาก จนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ และน้ำเสียยังมีสิ่งมีชีวิตเล็กๆ อาศัยปะปนอยู่ด้วย ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส และโปรโตซัว ซึ่งเกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรวมทั้งกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำล้างจากห้องครัว น้ำจากห้องน้ำ น้ำล้างจากบ่อเกรอะ น้ำเหล่านี้โดยมากจะระบายออกสู่ท่อระบายน้ำ และลงสู่ลำคลองและแม่น้ำในที่สุด (สรรพสิทธิ์ สรรพพญเคราะห์, 2534) ซึ่งประกอบด้วยสารปนเปื้อนส่วนใหญ่คือสารอินทรีย์ขนาดต่างๆ เช่น สบู่ ผงซักฟอก เศษอาหาร และเชื้อก่อโรค

พัฒนา มุลพฤษ (2539) ได้กล่าวถึง น้ำเสียจากแหล่งชุมชนสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท ตามแหล่งกำเนิด ดังนี้

#### 2.1.1.1 น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

น้ำเสียที่เกิดจากแหล่งที่อยู่อาศัยมักเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในบ้าน เช่น การซักล้าง การประกอบอาหาร คุณลักษณะโดยทั่วไปของน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัยมักจะมีส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 1 ส่วนที่เหลือเป็นของเหลวร้อยละ 99 และในส่วนที่เป็นของแข็งมักจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 – 70

#### 2.1.1.2 น้ำเสียจากสถานที่ประกอบการ

น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากสถานที่ประกอบการต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของสถานที่ทำการนั้นๆ เช่น โรงเรียน มหาวิทยาลัยและโรงพยาบาล น้ำเสียส่วนใหญ่มักเกิดจากการใช้น้ำในห้องน้ำ ห้องส้วม การใช้น้ำล้างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามแต่ลักษณะของหน่วยงาน ซึ่งคุณลักษณะของน้ำเสียก็จะมีคล้ายกันกับน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัย

#### 2.1.1.3 สถานที่ที่ใช้ในการสันทนาการ

น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากแหล่งสันทนาการต่างๆ ได้แก่ โรงแรม รีสอร์ท บ้านพักตากอากาศ ส่วนใหญ่เกิดจากการประกอบอาหาร การใช้น้ำในห้องส้วม การซักล้าง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรม เหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกับน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัย และน้ำเสียที่เกิดจากสถานที่ทำการต่างๆ แต่จะแตกต่างกันในส่วนของคุณลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและประเภทของแหล่งสันทนาการนั้น

#### 2.1.1.4 สถานประกอบธุรกิจการค้า

สถานประกอบธุรกิจการค้า ได้แก่ ตลาด โรงภาพยนตร์ ศูนย์การค้า ร้านอาหาร ซึ่งมักจะเป็นสถานที่ที่มีประชาชนใช้บริการในจำนวนที่แตกต่างกันไปตามช่วงเวลา น้ำเสียส่วนใหญ่มักเกิดจากการใช้ห้องน้ำ ห้องส้วม การประกอบอาหาร ซึ่งคุณลักษณะของน้ำเสียจะคล้ายกันกับน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย แต่จะแตกต่างกันในส่วนของคุณสมบัติของน้ำเสียที่เกิดขึ้นโดยพบว่า จะมีสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์อย่างละครึ่งและปริมาณ 2 ใน 3 เป็นสารละลายและ 1 ใน 3 เป็นสารแขวนลอย สาเหตุของการเน่าเสีย ร้อยละ 75 มาจากแหล่งน้ำเสียชุมชน (สรพลสิทธิ์ สรรพนุเคราะห์, 2534)

#### 2.1.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ส่วนใหญ่มักเป็นน้ำล้างจากกระบวนการผลิต หรือจะเป็นน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) ซึ่งน้ำประเภทนี้มักจะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม โรงงานน้ำตาล หรือโรงงานสุรา น้ำทิ้งจากโรงงานประเภทนี้จะก่อปัญหาสำคัญ คือ ปัญหาเรื่องสีเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำเสียจากอุตสาหกรรม ร้อยละ 25 ก่อให้เกิดการเน่าเสียของแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าโดยทั่วไป น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วยของแข็งอินทรีย์และแร่ รวมทั้งของแข็งแขวนลอย คอลลอยด์และของแข็งละลาย นอกจากนี้ยังมีกรดและด่างมากเกินไป สารที่เป็นสี วัตถุเป็นพิษ และแบคทีเรียที่เป็นเชื้อโรคและสารอนินทรีย์ (สรพลสิทธิ์ สรรพนุเคราะห์, 2534)

#### 2.1.3 น้ำเสียจากเกษตรกรรม (Agricultural Wastewater)

น้ำเสียที่เกิดจากการชะล้าง พักปุ๋ยซึ่งมีธาตุอาหาร ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ปริมาณสูงลงสู่แหล่งน้ำ การชะล้างการพังทลายของหน้าดินที่ทำการเพาะปลูก การพังทลายของดินริมชายฝั่งของแม่น้ำลำคลอง พื้นที่ที่น้ำท่วมหรือบริเวณที่ไม่มีพืชคลุมดิน เป็นตัวการสำคัญทำให้แหล่งน้ำเกิดการขุ่น เกิดสีในแหล่งน้ำซึ่งส่วนใหญ่จะพบว่าเมื่อมีฝนตกหนัก สีของแม่น้ำลำคลองกลายเป็นสีแดง (สนิมเหล็ก) (พงศศักดิ์ หนูพันธ์, 2536)

## 2.2 น้ำเสียโรงอาหารและข้อมูลโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ)

### 2.2.1 น้ำเสียโรงอาหาร

น้ำที่เกิดจากการใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของร้านขายอาหาร จะบำบัดด้วยระบบกรอง  
ขั้นต้นโดยน้ำเสียจะผ่านการกรองหยาบและไหลเข้าสู่ถังดักไขมันของแต่ละร้าน แล้วน้ำเสียจะไหล  
ลงสู่บ่อกักน้ำเสียรวม ซึ่งรองรับน้ำเสียจากโรงอาหาร วันละประมาณ 12,000 ลิตร น้ำเสียที่ผ่าน  
การบำบัดจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (อรสา ฉายแสง และคณะ, 2555) ดังแผนภาพที่ 2-1



แผนภาพที่ 2-1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

### 2.2.2 ข้อมูลโรงอาหาร

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
ราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ของตึกอาคารกิจการนักศึกษาซึ่งมีพื้นที่ของอาคาร  
ทั้งหมด 10,752 ตารางเมตร มี 7 ชั้น ดังนี้

ชั้น 1 ประกอบด้วยห้องพยาบาล ห้องถ่ายเอกสาร ห้องชมรมศิษย์เก่า และพื้นที่พักผ่อน  
เป็นต้น

ชั้น 2 ประกอบด้วยพื้นที่โรงอาหารทั้งหมด

ชั้น 3 ประกอบด้วยสถานที่ออกกำลังกาย (โรงยิม)



ชั้น 4 ประกอบด้วยสำนักงานกิจการนักศึกษา แนะแนว และห้องพักอาจารย์

ชั้น 5-6 ประกอบด้วยห้องเรียน

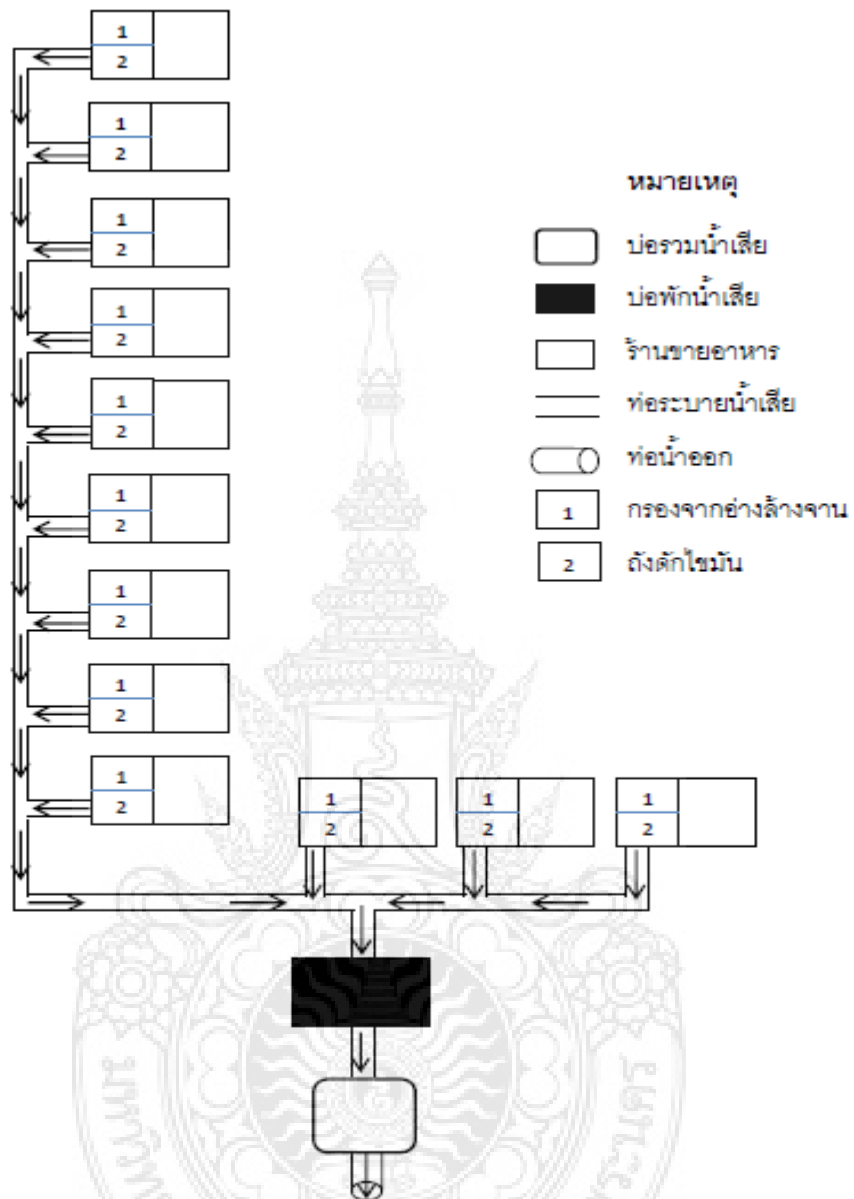
ชั้น 7 ประกอบด้วยห้องประชุมเฟื่องเหนือ

โรงอาหารของมหาวิทยาลัยตั้งอยู่ชั้น 2 ของอาคารกิจการนักศึกษามีพื้นที่ของ  
โรงอาหารทั้งหมด 1,536 ตารางเมตร ประกอบด้วย ร้านขายอาหาร 15 ร้าน จำนวน 12 ล้อค ดังนี้

1. ร้านเรื่องซัย (น้ำ, กาแฟ, ไอศกรีม ฯลฯ)
2. ร้านเจ้เม้าท์ (ก๋วยเตี๋ยวไก่, เนื้อสด, เนื้อเปื่อย, น้ำตก),  
ร้านพี่หม่อม (ข้าวมันไก่)
3. ร้านแกงใต้ (ข้าวแกง)
4. ร้านหนวดทอง (ข้าวแกง)
5. ร้านโกเต็ง (ขายน้ำ)
6. ร้านจรรยา (ข้าวขาหมู), ร้านวรรณีย์ กองมา (ก๋วยเตี๋ยวหมู)
7. ร้านป่าอ้วน (อาหารตามสั่ง, ข้าวแกง)
8. ร้านเฮียตี้ (ก๋วยเตี๋ยว, ข้าวหมู, ลูกชิ้นทอด), ร้านราดหน้าหมูหมัก (ราดหน้า)
9. ร้านกินเต็มอิ่ม (อาหารตามสั่ง)
10. ร้านป่านิตย์ (ขายน้ำ)
11. ร้านรัตนนา (ข้าวแกง)
12. ร้านป่าจรรยา (อาหารตามสั่ง)

ที่มา: อรสา ฉายแสง และคณะ, 2555

จากการสัมภาษณ์ร้านขายอาหาร ซึ่งมีจำนวน 15 ร้าน พบว่ามีการใช้น้ำจำนวนมากในการประกอบอาหาร ล้างวัตถุดิบ และ ล้างอุปกรณ์ เป็นต้น มีการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวันร้านละ 1,000 ลิตร มีน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงอาหารต่อวันประมาณ 12,000 ลิตร



แผนภาพที่ 2-2 แผนผังแสดงการระบายน้ำเสียของร้านอาหาร  
 ที่มา: อรสา ฉายแสง และคณะ, 2555

## 2.3 น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)

น้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีสะสมอยู่ในพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ที่ปกติเรียกว่าน้ำมัน แต่ถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติเรียกว่าไขมัน น้ำมันและไขมันมีความคงตัวมากกว่าสารอินทรีย์อื่นๆ ทำให้ถูกย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก น้ำมันและไขมันที่ปะปนมากับน้ำเสียจากร้านค้า ภัตตาคาร บ้านและอาคาร เป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาพการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะน้ำมันและไขมันมักจะลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ก่อให้เกิดความสกปรก ทำลายทัศนียภาพที่สวยงาม จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การกำจัดน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจำเป็นต้องกระทำให้เกิดประสิทธิภาพดีพอที่จะไม่ทำให้แหล่งน้ำเกิดปัญหาภาวะมลพิษ เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียให้เกิดความเหมาะสม (บุญส่ง ไช้เกษ และคณะ, 2554)

น้ำมันและไขมัน เป็นสารอาหารที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้มาจากพืชหรือสัตว์ ลักษณะทั่วไปของน้ำมันและไขมันจะมีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ น้ำมันและไขมันจะพบบ่อยในน้ำเสียที่มาจากครัวเรือนและการประกอบอาหาร ไขมันต่างๆ เหล่านี้เป็นอินทรีย์สารที่มีเสถียรภาพและย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก และยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่พบในน้ำเสียชุมชน มีปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ดังนั้น น้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีน้ำมันและไขมันปนเปื้อน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการประกอบอาหาร จึงได้ก่อให้เกิดปัญหาน้ำมันและไขมันปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก โดยอาจปนเปื้อนสู่ดินและแหล่งน้ำผิวดินโดยตรง ทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู และขวางกั้นการซึมผ่านของออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมาได้ โดยสามารถจำแนกประเภทของวิธีการกำจัดน้ำมันและไขมัน ออกเป็น 3 ประเภท คือ วิธีการทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางกายภาพ

การกำจัดทางกายภาพ เป็นวิธีควบคุม กำจัด และเก็บกวาดน้ำมันและไขมันด้วยวิธีการกลศาสตร์หรือใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ หลักการ และประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละชนิดแตกต่างกันและในบางครั้งอาจใช้อุปกรณ์ในการทำงานมากกว่า 1 ชนิด วิธีการกำจัด

ทางกายภาพเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากทำได้รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำกว่ากระบวนการไม่ซับซ้อน วิธีการทางกายภาพมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การทำให้ลอยตัวโดยธรรมชาติ การเติมอากาศ และการใช้วัสดุดูดซับ เป็นต้น

#### 2.3.1.1 การเติมอากาศ

การเติมอากาศเป็นวิธีการเป่าอากาศลงไปในน้ำเสียโดยตรงเพื่อให้ฟองอากาศพาไขมันและไขมันในน้ำเสียลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ โดยฟองอากาศเป็นตัวช่วยพาให้น้ำมันและไขมันลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะไขมันที่ไม่สามารถแยกได้ด้วยถังดักไขมันหรือต้องใช้ระยะเวลาในการกักพักนาน ทำให้ถังดักไขมันมีขนาดใหญ่

#### 2.3.1.2 การทำให้ลอยตัวโดยธรรมชาติ

การทำให้ลอยตัวโดยธรรมชาติเป็นวิธีการที่อาศัยคุณสมบัติในด้านความถ่วงจำเพาะ ซึ่งน้ำมันและไขมันจะมีความถ่วงจำเพาะที่น้อยกว่าน้ำ เมื่อมีระยะเวลาการกักพักภายในถังเพียงพอที่จะทำให้ไขมันและไขมันลอยตัวขึ้นมาอยู่ที่ผิวน้ำได้ วิธีการนี้จะใช้ถังดักไขมันและเครื่องแยกไขมัน โดยวิธีการนี้เหมาะสมกับแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำเสียและปริมาณการปนเปื้อนของน้ำมันและไขมันไม่มากนัก (Tunyasathian, Wongsawan and Wongsawan, 2001)

#### 2.3.1.3 การใช้วัสดุดูดซับ

การใช้วัสดุดูดซับเป็นวิธีการทางกายภาพที่ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมันและไขมัน โดยวัสดุที่นำมาใช้อาจทำมาจากเส้นใยสังเคราะห์ หรือเส้นใยพืช ซึ่งอาจจะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยทั่วไปวัสดุดูดซับควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ สามารถลอยตัวอยู่ได้บนน้ำ มีความหนาแน่นต่ำเพื่อให้ลอยตัวได้และสามารถดูดซับน้ำมันและไขมันไว้ในตัวได้ดี สะดวกต่อการใช้งานขั้นตอนการใช้ไม่ยุ่งยาก ไม่เป็นพิษหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Wichianphet, 2002)

### 2.3.2 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางเคมี

การกำจัดทางเคมี เป็นวิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันด้วยการเติมสารเคมีที่ใช้สำหรับแยกน้ำมันและไขมันออกจากน้ำ โดยการใช้สารเคมีที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบทำให้น้ำมันแตกตัวโดยสารเคมีนี้จะทำให้ความแตกต่างของแรงตึงผิวระหว่างน้ำมัน

และไขมันกับน้ำลดลง จนแรงดึงดูดของน้ำมันและไขมันใกล้เคียงกับน้ำ ทำให้น้ำมันและไขมันกระจายตัวและช่วยป้องกันการรวมตัวของน้ำมันและไขมันอีก การใช้สารเคมีทำให้น้ำมันและไขมันรวมตัวกัน โดยการใส่สารเคมีชนิดลงบนจุดที่มีน้ำมันและไขมันอยู่จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันและไขมันเกิดการรวมตัวกันกลายเป็นก้อนแล้วจมลงในน้ำ แต่สารเคมีที่ใช้ในขณะนี้มีความแพง และการใช้ยังไม่แพร่หลาย (บุญส่ง ไชเกษ และคณะ, 2554)

### 2.3.3 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันทางชีวภาพ

การกำจัดทางชีวภาพ เป็นวิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันที่อาศัยจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ รา และแบคทีเรีย ช่วยในการย่อยสลายน้ำมันและไขมัน การย่อยสลายโดยธรรมชาติด้วยการใช้จุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ ช่วยในการย่อยสลายน้ำมันและไขมันเป็นไปอย่างช้าๆ ใช้เวลานาน โดยปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์ประเภทต่างๆ อาศัยอยู่ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะดำรงชีวิตอยู่ได้โดยอาศัยอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ดังนั้นจึงอาศัยหลักตามธรรมชาติ สารปนเปื้อนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์จะกลายเป็นอาหารและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ วิธีการกำจัดทางชีวภาพสามารถแบ่งออกตามลักษณะของปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์ได้เป็น 2 ประเภท คือ การย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน และการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน การย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งส่วนมากเป็นออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เมื่อจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง ถ้าปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอจุลินทรีย์จะตายลง จึงจำเป็นต้องมีการเติมออกซิเจนลงในน้ำวิธีการนี้มักจะใช้ใน ระบบแเอเอส ถึงเล็ยงตะกอนและลานกรอง ส่วนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนเป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน มักจะใช้ในระบบถังกรองแอนแอโรบิค บ่อพักไร้อากาศ และถังหมัก เป็นต้น (Tangchatchawan, 2005) การกำจัดน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าวิธีการกำจัดทางกายภาพเป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำกว่ากระบวนการไม่ซับซ้อน และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุญส่ง ไชเกษ และคณะ, 2554)

### 2.3.4 องค์ประกอบน้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนมาในน้ำเสีย จากบ้านเรือน ร้านอาหาร อาจอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว หรือตะกอนก็ได้ และกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ไว้ในปี 2555 ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมันจากบ้านเรือน ร้านอาหาร

พารามิเตอร์	หน่วย	บ้านเรือน/ ร้านอาหาร/ทั่วไป	สถานบริการ น้ำมันเชื้อเพลิง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5 - 7	5 - 8
สภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity)	µS/cm	300 - 2,500	390 - 1,700
สี (Color)	ADMI	60 - 700	55 - 400
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	mg/L	9 - 106	-
กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)	%	0.02 - 85	-
ไขมันและน้ำมัน* (Grease and Oil)	g/kg wet	140 - 850	-
ไขมันและน้ำมัน** (Grease and Oil)	mg/L	14 - 38,000	90 - 63,000
ฟอสฟอรัสรวม	mg/L	0.13 - 100	2 - 13
เหล็ก	mg/L	-	< 0.02
โครเมียม	mg/L	-	< 0.02
แคดเมียม	mg/L	-	< 0.02

หมายเหตุ \* กรณีตัวอย่างกากไขมันมีลักษณะเป็นตะกอน (Sludge)

\*\*กรณีตัวอย่างกากไขมันมีลักษณะเป็นของเหลว (Liquid)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2555

### 2.3.5 ประเภทของน้ำมันและไขมัน

สถานะของน้ำมันและไขมันในน้ำ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

### 2.3.5.1 น้ำมันละลายน้ำ

โดยทั่วไปมักคิดกันว่า น้ำมันกับน้ำไม่เข้ากัน หรือน้ำมันไม่ละลายในน้ำ แท้จริงแล้ว น้ำมันสามารถละลายในน้ำได้ ซึ่งความสามารถในการละลายน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติประจำตัวของน้ำมัน ไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ง่าย (น้ำหนักโมเลกุลต่ำ) มักละลายน้ำได้ดี โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนเบนซินจะละลายได้ดี เช่น น้ำมันเบนซินสามารถละลายน้ำได้ถึง 1,650 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำมันละลายน้ำมักมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าแต่อาจรับรู้ได้ เช่น การได้กลิ่น เป็นต้น

### 2.3.5.2 น้ำมันลอยบนผิวน้ำ

น้ำมันลอยบนผิวน้ำเป็นน้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่มักมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงเป็นเรื่องปกติที่จะพบว่า มีน้ำมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำเป็นฝ้าหรือเป็นฟิล์ม ซึ่งขวางกั้นการถ่ายเทออกซิเจนหรือบ่งแสง

### 2.3.5.3 น้ำมันในรูปอิมัลชัน

น้ำมันในรูปอิมัลชันเป็นน้ำมันที่อยู่ในรูปอนุภาคขนาดเล็กคล้ายคอลลอยด์ ดังนั้นจึงมองเห็นเป็นความขุ่นในน้ำ น้ำมันละลายน้ำหรือน้ำมันลอยน้ำอาจกลายเป็นอิมัลชันได้เมื่อถูกกระทำด้วยแรงภายนอก เช่น แรงสับจากเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น และถ้าในน้ำมีสารประเภทสารลดแรงตึงผิว (Detergent) จะทำให้น้ำมันอยู่ในรูปอิมัลชันเพิ่มขึ้น (พวงเดือน ชุ่มศิริ, 2557)

## 2.3.6 การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

การวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน เป็นการวัดปริมาณรวมของกลุ่มน้ำมันและไขมันที่มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถละลายรวมกันได้ในตัวทำละลาย ทำให้สามารถสกัดออกมาจากตัวอย่างน้ำได้ เช่น เฮกเซน เป็นต้น วิธีการมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำมันและไขมันในน้ำมี 3 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีล้วนใช้ตัวทำละลายในการสกัดหาปริมาณน้ำมันและไขมันทั้งสิ้น ได้แก่

### 2.3.6.1 วิธีพาร์ทิชัน-ชั่งน้ำหนัก (Partition - Gravimetric Method)

วิธีพาร์ทิชัน-ชั่งน้ำหนัก เป็นการหาปริมาณโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน สกัดน้ำมันและไขมันออกจากตัวอย่างน้ำ จากนั้นแยกตัวทำละลายออกเพื่อนำไประเหยให้เหลือแต่น้ำมันและไขมัน ซึ่งชั่งเป็นน้ำหนักได้ (พวงเดือน ชุ่มศิริ, 2557)

หลักการ: ปรับพีเอชของตัวอย่างให้เป็นกรดให้พีเอชน้อยกว่า 2 สกัดน้ำมันและไขมันด้วยตัวทำละลายในกรวยแยก จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกจนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง (Desiccators) ซึ่งห้าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมาเนื่องจากน้ำหนักของไขมันและน้ำมัน ตัวทำละลายที่ใช้จะเป็นเฮกเซนหรือฟร็อน (มันลิน ตัณฑุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2551)

#### 2.3.6.2 วิธีพาร์ทิชัน-อินฟราเรด (Partition - Infrared Method)

วิธีพาร์ทิชัน-อินฟราเรด เป็นการหาปริมาณโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนสกัดน้ำมันและไขมันออกจากตัวอย่างน้ำ จากนั้นแยกตัวทำละลายออกแล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Infrared Spectrometer แบบไลค์ลิ้นแสง เพื่อวัดปริมาณโดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

#### 2.3.6.3 วิธีซอกซ์เลต (Soxhlet)

วิธีซอกซ์เลต เป็นวิธีการหาปริมาณ โดยวิธีนี้ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างมีความสกปรกสูง ซึ่งสิ่งต่างๆ ในน้ำอาจขัดขวางการสกัดด้วยตัวทำละลาย วิธีการนี้จะทำให้น้ำมันไขมันแยกตัวจากน้ำโดยการเติมกรดเกลือ (HCl) หรือกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ให้ได้ พีเอช น้อยกว่า 2 เพื่อปลดปล่อยกรดไขมัน กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมักเป็นสารไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถกรองออกจากน้ำด้วยกระดาษกรอง เมื่อนำกระดาษกรองไปอบแห้งเพื่อไล่น้ำ จะเหลือเฉพาะน้ำมันและไขมันบนกระดาษกรอง จากนั้นจึงใช้ตัวทำละลายสกัดออก และเมื่อนำตัวทำละลายไประเหยให้แห้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก็คือ ปริมาณน้ำมันและไขมันนั่นเอง (พวงเดือน ชุ่มศิริ, 2557) โดยวิธีซอกซ์เลต สามารถใช้ได้กับกากตะกอนและน้ำเสีย ดังนี้

##### 1) วิธีซอกซ์เลตที่ใช้กับกากตะกอน

ปรับสภาพตัวอย่างที่เป็นกากตะกอนให้เป็นกรด (พีเอชน้อยกว่า 2) และทำให้แห้งโดยใช้โซเดียมซัลเฟต (ปราศจากน้ำ) ด้วยวิธีนี้ตัวอย่างจะถูกทำให้แห้งโดยไม่ต้องอบ หลังจากนั้นจะนำมาหาไขมันและน้ำมันโดยการสกัดด้วยชุดซอกซ์เลต มีเฮกเซนหรือ ฟร็อนเป็นตัวทำละลาย

##### 2) วิธีซอกซ์เลตที่ใช้กับน้ำเสีย

ปรับสภาพตัวอย่างที่เป็นของเหลวให้เป็นกรด (พีเอชน้อยกว่า 2) เพื่อให้ไขมันและน้ำมันแตกตัวจากน้ำและทำให้แยกจากน้ำโดยการกรอง นำมาสกัดด้วยเครื่องมือสกัดซอกซ์เลตโดยใช้เฮกเซนหรือฟร็อนเป็นตัวทำละลาย จากนั้นจึงนำเฮกเซนหรือฟร็อนที่มีไขมัน



และน้ำมันละลายอยู่ไประเหยจนแห้ง ซึ่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือซึ่งจะเป็นปริมาณไขมันและน้ำมันในตัวอย่าง (มันลิน ตัณจุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตัณจุลเวศม์, 2551)

## 2.4 วัตถุประสงค์ในการทดลอง: เปลือกกุ้ง

### 2.4.1 กุ้ง

กุ้ง เป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง ลำตัวค่อนข้างกลม หายใจด้วยเหงือก กุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็นเจริญเติบโตด้วยการลอกคราบ โดยปกติชอบหลบซ่อนตัวอยู่เงียบๆ ตามพื้นน้ำหรือในซอกหลืบ จะออกหากินในเวลากลางวัน กุ้งกินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร เช่น กินกุ้งด้วยกันเอง, ลูกปลา, ไข่เดือน, สัตว์หน้าดินขนาดเล็กต่างๆ, ข้าว, เนื้อมะพร้าว ตลอดจนซากสัตว์ (ขวัญเรือน รัตนภักดี และ ปิยนุช อุทกโยธะ, 2547)

กุ้งแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

2.4.1.1 กุ้งทะเล อาศัยอยู่ในน้ำเค็ม เช่น กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วยและกุ้งตะกาด เป็นต้น

2.4.1.2 กุ้งน้ำจืด อาศัยอยู่ในน้ำจืด เช่น กุ้งก้ามกราม กุ้งกะต๋อม และกุ้งฝอย เป็นต้น

กุ้งที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กุ้งขาว (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Litopenaeus vannamei*) ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปเป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก มี 8 ปล้อง ลำตัวมีสีขาว หน้าอกใหญ่ ส่วนหัวมี 1 ปล้อง กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟัน ขาเดินมีสีขาว ลักษณะที่โดดเด่น หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม เปลือกบาง ขาวอ่อนน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในและที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบ และ 1 กรีหาง (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, 2542)

### 2.4.2 เปลือกกุ้ง

#### 2.4.2.1 คุณสมบัติของเปลือกกุ้ง

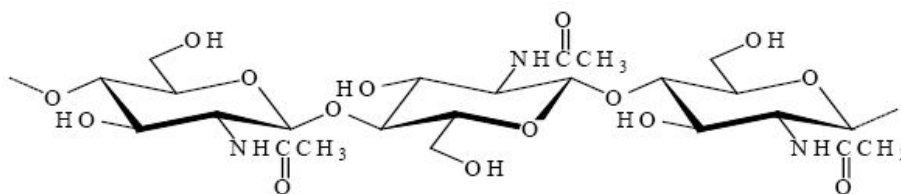
เปลือกกุ้งประกอบด้วยสารไคติน (Chitin) ที่มีอยู่ในสัตว์จำพวกไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งเป็นลักษณะของโครงกระดูกภายนอกของสัตว์ทะเล (Ikan, 1969) เช่น ปู (Crab) กุ้งมังกร (Lobster) เปลือกของสัตว์พวกนี้ประกอบไปด้วยสารพวกอะมิโน โพลีแซคคาไรด์ (Amino Polysaccharides) ที่บรรจุไนโตรเจนอยู่ด้วย สารพวกนี้เมื่อถูกแยกออกจะเป็นสารไม่มีสี มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ กรดอนินทรีย์ต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนพวกเซลลูโลส (Vogel, 1956) ซึ่ง

ในเปลือกกุ้ง จะมีไคติน ประมาณร้อยละ 14-27 (โดยเทียบกับน้ำหนักแห้ง) สารไคตินเองเมื่อสกัดออกมาได้อาจจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก เนื่องจากพิจารณาจากโครงสร้างทางเคมีแล้วจะเห็นเป็นสารโพลีเมอร์ที่ไม่มีประจุ ทำให้ยากต่อการละลาย ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไคตินที่สกัดได้โดยวิธีทางเคมี เพื่อให้เป็นสารใหม่ที่เรียกว่า ไคโตซาน (Chitosan) (ผกาดี นารอง, 2543)

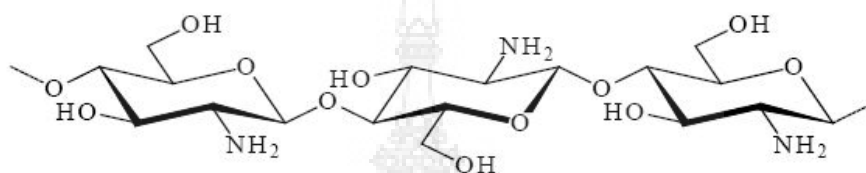
#### 2.4.2.2 ปัญหาของเสียจากเปลือกกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำส่งออกที่สำคัญ จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตอาหารกุ้งและเคมีภัณฑ์สำหรับกุ้ง ซึ่งกากของเสียจากอุตสาหกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ตามมาอีก (สุดาพร ตังควนิช และคณะ, 2549) และการขยายตัวของอุตสาหกรรม ส่งผลให้ของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น เปลือกกุ้ง หัวกุ้ง เพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยของเหลือทิ้งเหล่านี้มีมากกว่าร้อยละ 50 ของผลผลิตกุ้งทั้งหมด ทำให้เกิดการเน่าเสียเพิ่มปริมาณขยะและสร้างปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากในเปลือกกุ้งประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 10-20 โปรตีนร้อยละ 30-40 ไคตินร้อยละ 8-10 และสารที่มีประโยชน์อื่นๆ ปัจจุบันจึงนำมาใช้ผลิตไคติน และไคโตซาน (สิริรัตน์ สุภิสุทธิ และ นิสา บุตรดา, 2545)

ดังนั้นงานวิจัยในเชิงการตลาดนี้จึงมุ่งเน้นการใช้วัสดุชีวภาพที่เหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น เปลือกกุ้ง หัวกุ้ง ซึ่งมีสภาพที่ย่อยสลายได้ง่ายด้วยกระบวนการทางชีวภาพมาเป็นตัวดูดซับ ในที่นี้เลือกใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งซึ่งเปลือกกุ้งเป็นของเสียที่สร้างปัญหาเนื่องจากเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ส่งกลิ่นเหม็น และยังส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ ทัศนียภาพ นอกจากนำวัสดุที่เหลือทิ้งนำกลับมาใช้ใหม่ ยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากร และช่วยลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมอีกด้วย



(ก) โครงสร้างของไคติน



(ข) โครงสร้างของไคโตซาน

### แผนภาพที่ 2-3 โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน

ที่มา : <http://chitosan.igetweb.com/>

## 2.5 ไคติน

ไคติน (Chitin) มีชื่อทางเคมีว่า Poly (2-Acetamino-2-Deoxy-D-Glucose) หรือ Poly (N-Acetyl Glucosamine) (แผนภาพที่ 2-3 ก) เป็นวัสดุทางชีวภาพ ที่มีปริมาณมาก บางครั้งถูกพิจารณาว่าเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส แต่สิ่งที่แตกต่างกันกับเซลลูโลส คือ หมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในเซลลูโลสถูกแทนที่ด้วยหมู่อะเซทาไมด์ ไคตินสามารถเกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ จัดเป็นโคโพลิเมอร์ (สุปราณี กนกวรรณจรัส, 2544)

ไคติน เป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีมากในโลกเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ไคตินพบในโครงสร้างเปลือกนอกของสัตว์จำพวกกุ้ง ปู และแกนปลาหมึก นอกจากนี้ยังพบในเซลล์ของเห็ดรา ยีสต์ และสาหร่ายบางสายพันธุ์ เนื่องจากไคตินเป็นสารธรรมชาติจึงพบอยู่ในรูปของสารที่ปนอยู่กับสารอื่น (นันทิยา เจียบแหลม, 2548)

ข้อแตกต่างระหว่างไคตินกับไคโตซานคือระดับการกำจัดหมู่อะซิทิล (Degree of Deacetylation) ซึ่งปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิลมักจะเกิดไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปไคโตซานมีระดับการกำจัดหมู่อะซิทิลโดยประมาณร้อยละ 70-95 ส่วนไคตินมักจะมีระดับการกำจัดหมู่อะซิทิลที่ต่ำกว่าร้อยละ 30 และอีกประการหนึ่งคือไคตินจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าร้อยละ 7 ในไคตินประกอบด้วยอะซิทิลกลูโคซามีน ร้อยละ 82.5 กลูโคซามีนร้อยละ 12.5 และน้ำร้อยละ 5

## 2.6 ไคโตซาน

ไคโตซาน (Chitosan) คือ ไคตินในรูปที่มีปริมาณหมู่อะซิทิลต่ำที่เกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิล (Deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างทางเคมีของไคตินเปลี่ยนไปโดยหมู่อะซิทิลตามิโด ( $-NHCOCH_3$ ) เปลี่ยนเป็นหมู่เอมิโน ( $-NH_2$ ) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังนั้นไคโตซานคือ โพลีเมอร์ของ D-glucosamine (2-amino-2-deoxy-D-glucose) แสดงดังแผนภาพที่ 2-3 ข การเกิดไคโตซานนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิล ถ้าร้อยละการกำจัดหมู่อะซิทิลมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไปแล้ว สามารถใช้โพลีเมอร์นั้นที่ละลายในกรดอินทรีย์ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าการลดลงของหมู่อะซิทิลในไคติน (Chitin Regenerated) ผลที่ได้คือการเพิ่มหมู่เอมิโน ซึ่งเป็นการเพิ่มสมบัติการเป็นสารที่มีประจุเป็นบวก โครงสร้างของไคโตซานต่างจากไคตินตรงหน่วยที่เป็นกลูโคซานไมด์ ในสายโพลีเมอร์ขึ้นเพิ่มมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป (ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของไคโตซาน จะเห็นว่าไคโตซานสามารถมีประจุบวกบนหมู่เอมิโน และอาจพิจารณาว่าเป็นโพลีเมอร์ที่มีประจุบวก (Cationic Polymer) สมบัติพอลิอิเล็กโตรไลต์ (Polyelectrolyte) ของไคโตซานมีสมบัติในการดูดซับสารจำพวกอินทรีย์ รวมถึง Polychlorinated Biphenyl, โปรตีน และ Nucleic Acid รวมถึงไอออนโลหะ เนื่องจากสมบัติการดูดซับที่ดี ไคโตซานจึงทำหน้าที่เป็นสารที่ก่อการจับก้อน (Coagulant) ได้ดี นอกจากนั้นมีสมบัติในการละลายในตัวทำละลายกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น สารละลายกรดฟอร์มิก สารละลายกรดอะซิติก เป็นต้น และละลายได้เล็กน้อยในกรดอินทรีย์เจือจาง เช่น กรดเกลือ เป็นต้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้การใช้ประโยชน์จากไคโตซานมีสูงกว่าไคติน (เบญจวรรณ สุทธิไชย, 2547)

## 2.6.1 คุณสมบัติเชิงเคมีและฟิสิกส์ของไคโตซาน

### 2.6.1.1 ความสามารถในการละลาย (Solubility)

ไคโตซานไม่สามารถละลายในน้ำ สารละลายต่าง ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในสารละลายอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด ที่มีค่าพีเอชของสารละลายน้อยกว่า 6 กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิกเป็นที่นิยมมากที่สุดในการละลายไคโตซาน ตัวทำละลายกรดอินทรีย์เจือจางบางตัว เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอสฟอริก สามารถนำมาใช้ในการเตรียมสารละลายไคโตซาน แต่สามารถใช้ได้หลังจากการกวนและการทำให้สารละลายร้อนขึ้น (โชติรส เอี่ยมสะอาด, 2545) นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถละลายได้ในกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง สารละลายกรดไนตริกเจือจาง และละลายได้เล็กน้อยในกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยประมาณ เนื่องจากสารละลายกรดเหล่านี้ทำให้หมู่เอมิโนอิสระเปลี่ยนอยู่ในรูปเอมีนที่มีประจุบวก (Cationic Amine Group,  $-NH_3^+$ ) แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางหรือต่าง แต่ถ้านำไคโตซานมาบดแห้งกับกรดอินทรีย์ได้ไคโตซานที่สามารถละลายน้ำได้ (Water-Soluble Chitosan)

### 2.6.1.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของไคโตซานเป็นปัจจัยหนึ่งที่ได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ระดับการกำจัดหมู่อะซิติก น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ค่าความรุนแรงของไอออน ค่าพีเอช และอุณหภูมิ โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์จะลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงในสารละลายพอลิเมอร์จะให้ค่าความหนืดของสารละลายแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของกรดที่ใช้ในการทำละลาย ถ้าใช้กรดอะซิติกเป็นตัวทำละลาย ค่าความหนืดของสารละลายไคโตซานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชของสารละลายลดลง ขณะที่ใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวทำละลาย ค่าความหนืดของสารละลายมีแนวโน้มลดลงเมื่อลดค่าพีเอชของสารละลาย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าธรรมชาติของความหนืดของไคโตซานขึ้นอยู่กับระดับการแตกตัวเป็นไอออนหรือความรุนแรงของไอออน

### 2.6.1.3 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

น้ำหนักโมเลกุลใช้ในการหาค่าความหนืดและอัตราการย่อยสลาย น้ำหนักโมเลกุลของไคติน โดยเฉลี่ยมีค่าระหว่าง  $1.03 \times 10^6$  ถึง  $2.5 \times 10^6$  แต่ถ้าเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่

อะซีติล น้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานจะเหลือ  $1 \times 10^5$  ถึง  $5 \times 10^5$  (Kumar, 2000) ขณะที่โคโตซานที่ใช้ทางการค้ามีน้ำหนักอยู่ระหว่าง  $1 \times 10^5$  -  $12 \times 10^5$  ระหว่างกระบวนการของโรงงานอุตสาหกรรมสภาวะคร่าวๆ ที่จะนำไปสู่การย่อยสลายของโคโตซาน เช่น วิธีการของ Horowitz หลังผ่านการให้ความร้อนที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ความยาวของโซ่โคโตซานจะเหลือเพียง 20 หน่วยเท่านั้นโดยทั่วไปปัจจัยเช่น การละลายของออกซิเจน อุณหภูมิสูง และแรงตึงเครียด เป็นสาเหตุให้เกิดการย่อยสลายของโคโตซานน้ำหนักโมเลกุลของโคตินและโคโตซานหาด้วยวิธีเหล่านี้ เช่น วิสโคเมทรี (Viscometry) เลเซอร์สแคตเทอริงสเปกโทรสโกปี (Laser Light-Scattering Spectroscopy) และเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (Gel Permeation Chromatography) แต่วิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือวิธีเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (Muzzarelli and Peter, 1997)

#### 2.6.1.4 ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล (Degree of Deacetylation)

ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลหรือร้อยละของหมู่อะซีติลเป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญมากที่สุดของโคตินและโคโตซาน ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลใช้ในการหาปริมาณหมู่อะซีติลอิสระที่มีอยู่ในโคโตซาน ส่วนร้อยละของหมู่อะซีติล คือ จำนวนหน่วยของกลูโคไพราโนสที่มีอยู่ในโคติน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ใช้ในการหาคุณลักษณะเชิงฟิสิกส์และเคมีของโคตินและโคโตซาน เช่น ความสามารถในการละลาย การทำปฏิกิริยากับสารเคมี การย่อยสลายได้ด้วยวิธีชีวภาพและการนำไปใช้ประโยชน์ในแง่ต่างๆ (Goosen, 1997; Khor, 2001) ทั้งโคตินและโคโตซานเป็นโคพอลิเมอร์ของ 2 มอนอเมอร์ ของระหว่างเอ็นอะซีติลดีกลูโคซามีน (N-acetyl-D-glucosamine) และดีกลูโคซามีน (D-glucosamine) เมื่ออัตราส่วนของโมโนเมอร์ตัวแรกสูงกว่าโมโนเมอร์ตัวที่สอง ค่าระดับการกำจัดหมู่อะซีติลจะมีค่าสูง ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติของโคโตซาน วิธีที่ใช้ในการหาระดับการกำจัดหมู่อะซีติลมีหลายวิธี ได้แก่ ไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี (High Performance Liquid Chromatography) นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy) อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet Spectroscopy) อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared Spectroscopy) และไทเทรต (Titration) แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคืออัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet Spectroscopy) และนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy)

### 2.6.1.5 โคแอกกูเลชัน (Coagulation Ability)

โคโคซานเป็นสารที่ช่วยให้เกิดโคแอกกูเลชัน (โคแอกกูเลชันเป็นกระบวนการประสานคอลลอยด์ ซึ่งเป็นสารแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามาก ซึ่งไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ เนื่องจากอนุภาคของคอลลอยด์มีขนาดเล็กเกินไป) ซึ่งจะทำให้มีความหนาแน่นของหมู่อะมิโนสูง เป็นสาเหตุให้สามารถทำปฏิกิริยากับประจุลบของสาร เช่น โปรตีน ของแข็ง สีย้อมและพอลิเมอร์ได้ อย่างไรก็ตามโคโคซานจะประพติดัวแตกต่างจากไอออนของโลหะทรานซิชันอย่างสิ้นเชิง ในโตรเจนในหมู่อะมิโนของโมเลกุลโคโคซานจะประพติดัวเป็นตัวให้อิเล็กตรอนและเลือกจับกับไอออนโลหะได้ (โชติรส เขียมสะอาด, 2545)

### 2.6.1.6 ความสามารถในการละลาย (Solubility)

โคโคซานเกิดจากการกำจัดหมู่อะซิติลออกจากโคติน จะไม่ละลายในต่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดอินทรีย์เจือจาง เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เป็นต้น (Kumar, 2000)

## 2.6.2 การดูดซับ (Adsorption)

### 2.6.2.1 ความหมายของการดูดซับ

การดูดซับ หมายถึง การเพิ่มความเข้มข้นของสารที่พื้นที่ผิวของสารดูดซับ (Adsorbent) หรือในทางกลับกันเป็นการลดความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) การดูดซับจึงเป็นกระบวนการแยกองค์ประกอบของสารที่ต้องการออกจากของไหล ซึ่งของไหลนี้อาจอยู่ในสถานะของเหลวหรือแก๊ส โดยตัวดูดซับต้องประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมาก โมเลกุลของของไหลจะแพร่เข้าไปภายในรูพรุนและจะถูกดูดซับไว้ภายใน (ชฎาภา ธรรมานนท์, 2547) ซึ่งกระบวนการเกิดการดูดซับมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ การแพร่ไปยังผิวของสารดูดซับ (Diffusion to Adsorbent Surface) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่ผ่านไปยังผิวด้านนอกของตัวดูดซับ, การผ่านเข้ารูพรุนของสารดูดซับ (Migration into Pores of Adsorbent) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณพื้นที่ผิวด้านนอก ไปยังรูพรุนภายในที่มีพื้นที่ผิวมากกว่า ซึ่งการดูดซับเกือบทั้งหมดเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ และเกิดการดูดซับแบบชั้นเดียวของสารดูดซับอย่างรวดเร็ว (Monolayer Build up of Adsorption) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะยึดติดอยู่ที่ผิวภายในรูพรุน (นพหทัย บุญवास สุวิทย์ มังคละดารา และเอมอร ตริวิเศษศร, 2543)

### 2.6.2.2 ประเภทของการดูดซับ

การดูดซับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) การดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption) เป็นการดูดซับที่เกิดจากการสัมผัสกัน ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลอย่างเบาบางคือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล และแรงไฟฟ้าสถิตย์ จึงไม่มีการถ่ายเท หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน โครงสร้างผิวของสารดูดซับจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ชฎาภา ธยามนนท์, 2547) นอกจากนี้ยังเป็นการดูดซับที่ไม่มีบริเวณจำเพาะคือ โมเลกุลของสารสามารถถูกดูดซับบนตำแหน่งใดๆ ของผิวดูดซับได้ จึงเป็นการดูดซับแบบหลายชั้น (Multilayered) โดยตัวดูดซับสามารถดึงดูดให้โมเลกุลของแก๊สเข้ายึดเกาะและเกิดเป็นชั้นอยู่บนโมเลกุลที่ถูกดูดซับก่อนหน้านี้ได้ (สร้อย คคนันพร, 2545) ความสามารถในการดูดซับทางกายภาพจะมีเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง (ฐิติมา มณีกุล, 2545) ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิหรือลดความดันจะทำให้เกิดการคายสารดูดซับ (Desorption) เนื่องจากการดูดซับทางกายภาพเป็นการยึดเหนี่ยวด้วยแรงอย่างอ่อน (อดุลย์ ศรีพิลา, 2543)

2) การดูดซับทางเคมี (Chemical Adsorption) เกิดจากการสร้างพันธะระหว่างสารที่ถูกดูดซับกับตัวดูดซับ โดยอาศัยพลังงานกระตุ้นให้ปฏิกิริยาเคมีทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมแล้วสร้างหรือจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่ พันธะที่เกิดขึ้นจึงมีความแข็งแรง (ชฎาภา ธยามนนท์, 2547) เกิดอย่างจำเพาะเจาะจง เนื่องจากต้องแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนร่วมกัน การดูดซับจึงเป็นแบบชั้นเดียว (Monolayer) โดยการดูดซับทางเคมีจะหยุดลงเมื่อ Reactive Site ที่ผิวของตัวดูดซับหมดลง การดูดซับทางเคมีไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible) หรือผันกลับได้แต่น้อยมาก และอาจมีการเปลี่ยนรูปไป (อดุลย์ ศรีพิลา, 2543) การดูดซับทางเคมีต้องอาศัยพลังงานกระตุ้น ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับยิ่งมาก (ฐิติมา มณีกุล, 2545)

### 2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

#### 2.6.3.1 ความปั่นกววน (Turbulence)

อัตราเร็วในการดูดซับอาจขึ้นอยู่กับกระบวนการแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม หรือแพร่ผ่านรูพรุน (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่ความปั่นกววนของระบบ ถ้าน้ำมีความปั่นกววนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบตัวดูดซับมีความหนามาก (เพราะไม่ถูกรบกวน) และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาตัวดูดซับทำให้การแพร่ผ่านฟิล์มน้ำเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในทางตรงกันข้าม



ถ้าน้ำมีความปั่นกววน ทำให้น้ำไม่อาจสะสมตัวจนเป็นฟิล์มหนา เป็นผลให้โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าไปหาตัวดูดซับได้เร็วกว่าการเคลื่อนที่เข้าไปในโพรง กรณีนี้การแพร่ผ่านรูพรุนเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ (เบญจวรรณ สุทธิไชย, 2547)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการขนส่งโมเลกุล ระบบขั้นตอนนั้นประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่การปั่นกววนของระบบ ถ้าการปั่นกววนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าการปั่นกววนสูงจะทำให้ความหนาของฟิล์มลดลง โมเลกุลจึงเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดอัตราของการดูดซับ (นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์, 2550)

#### 2.6.3.2 ค่าพีเอช

ค่าพีเอชมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) เนื่องจากที่ค่าพีเอชต่ำๆ มีปริมาณไฮโดรเนียมมากกว่าที่ค่าพีเอชสูง ซึ่งมีผลต่อการดูดซับหรือไม่ นั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถูกดูดซับ และตัวดูดซับ กล่าวคือ ในกรณีที่ตัวถูกดูดซับมีประจุเป็นบวก และตัวดูดซับมีตำแหน่งดูดซับที่มีประจุลบ ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชต่ำ ทำให้ความสามารถในการดูดซับมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากการแย่งถูกดูดซับของตัวถูกที่ดูดซับที่มีประจุบวกกับไฮโดรเนียมไอออนในสารละลาย แต่จะได้ผลในทางตรงกันข้ามกัน เมื่อการดูดซับอยู่ในสารละลายที่มีค่าพีเอชสูง เนื่องจากไฮโดรเนียมไอออนมีปริมาณน้อยลง และปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออน ( $OH^-$ ) เพิ่มขึ้น จึงลดผลในการเข้าแย่งจับหรือดูดซับกับตัวถูกดูดซับ และในกรณีที่ตัวถูกดูดซับมีประจุเป็นลบ ให้ผลตรงกันข้ามในทำนองเดียวกัน (เบญจวรรณ สุทธิไชย, 2547)

การดูดซับขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวของตัวดูดซับ เมื่อสารละลายมีสภาพความเป็นกรด (พีเอชต่ำ) ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการดูดซับไอออนลบได้มากขึ้น และเมื่อสารละลายมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมีผลทำให้มี  $OH^-$  บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับไอออนบวกได้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายมีค่าพีเอชสูงกว่า 9 จะทำให้โลหะไอออนตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ และโลหะไอออนจะถูกดูดซับได้น้อยลง (นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์, 2550)

### 2.6.3.3 อุณหภูมิ

ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับขึ้นอยู่กับว่าการดูดซับในระบบเป็นประเภทใด คือ ถ้าเป็นการดูดซับทางกายภาพ อุณหภูมิทำให้ความสะอาดในการดูดซับเปลี่ยนแปลงไปในทางน้อยลงหรือคงที่ ถ้าเป็นการดูดซับทางเคมี อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นไปด้วย เนื่องจากอิทธิพลของความร้อนช่วยในการเร่งการสร้างพันธะเคมีให้เร็วขึ้น และเพิ่มโอกาสที่ตัวดูดซับเคลื่อนที่เข้าสัมผัสกับตำแหน่งดูดซับได้มากขึ้น (เบญจวรรณ สุทธิไชย, 2547)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นผิวของตัวดูดซับลดลง (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2550)

### 2.6.3.4 ธรรมชาติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของตัวดูดซับในการดูดซับ เมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวของตัวดูดซับอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการดูดซับ โครงสร้างของรูพรุนก็มีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ถ้าตัวดูดซับไม่มีรูพรุน พื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวดูดซับมีขนาดลดลง ซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีรูพรุนมากๆ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุน ขนาดของตัวดูดซับจะไม่มีผลกับความสามารถในการดูดซับ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2550) ซึ่งโคโคซานมีความสามารถในการจับไขมัน (Fat Binding Capacity) ความสามารถในการจับน้ำ (Water Binding Capacity) ความสามารถในการจับสี (Dye Binding Capacity) ความสามารถในการถูกย่อยด้วยเอนไซม์ และความสามารถในการจับโลหะหนัก

## 2.6.4 ประโยชน์ของโคโคซาน

### 2.6.4.1 ด้านอาหารและยา

โคโคซานใช้เป็นอาหารเสริมที่ไม่ให้พลังงานและไม่มีการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากในร่างกายคนเราไม่มีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยโคโคซาน ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอาหารสำหรับในการควบคุมน้ำหนัก (ภาวดี เมธะคานนท์, อติรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543) ใช้เป็นตัวดักจับไขมันจากอาหารเพื่อใช้ในการช่วยลดความอ้วน (โคโคซาน สาร

มหัศจรรย์, 2543) และช่วยลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในเลือด นอกจากนี้วงการเภสัชกรรมได้นำโคโตซานมาทำเป็น Drug Release ศึกษาถึงคุณสมบัติการปลดปล่อยตัวยาตลอดจนการจับคลอเรสเตอรอล (พายัพ ยังปักซี่, 2542) และจากคุณสมบัติที่สามารถต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด จึงมีการใช้โคโตซานเป็นสาร กันบูด สารปรุงแต่ง เพื่อความคงรูปและคงสีในอาหารต่างๆ สารเคลือบอาหารและผักผลไม้ (พัชรนันท์ กิจสกุลไพศาล, 2542)

#### 2.6.4.2 ด้านการเกษตรกรรม

โคโตซานมีองค์ประกอบของไนโตรเจนอยู่ด้วย จึงมีบทบาทสำคัญในด้านปุ๋ยชีวภาพและสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช การใช้ปุ๋ยอย่างซ้ำๆ การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (พัชรนันท์ กิจสกุลไพศาล, 2542) นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนานำไปใช้ในการเกษตรอย่างมากมาย เช่น การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช เช่น ข้าว ถั่ว ส่วนผสมในอาหารสัตว์ ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าไส้เดือน ยาขับยั้งแบคทีเรีย และเชื้อรา (ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543)

#### 2.6.4.3 ด้านความสวยงาม

โคโตซานมีสมบัติโดดเด่นในการอุ้มน้ำและเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ตลอดจนต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ (พัชรนันท์ กิจสกุลไพศาล, 2542) จึงได้มีการนำมาใช้เป็นสารทำให้ข้น (Thickening Agent) และสารเติมแต่ง (Additive) ในผลิตภัณฑ์ประเภทบำรุงผมและผิวกาย (ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543)

#### 2.6.4.4 ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

จากสมบัติของโคโตซานในการเป็นเส้นใย และพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติของโคโตซาน ทำให้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นสารห่อหุ้มเอนไซม์และเซลล์ต่างๆ ได้ด้วยเทคนิคอิมโมบิลไลเซชัน การใช้เป็นตัวแยกสาร โดยวิธีโครมาโตกราฟี การใช้ทำขั้วไฟฟ้าทางชีวภาพ เพื่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสาร (พัชรนันท์ กิจสกุลไพศาล, 2542) นอกจากนี้ยังได้มีการนำโคโตซานมาผลิตเป็นเส้นใยและนำไปผลิตเป็นเสื้อผ้า

#### 2.6.4.5 การบำบัดน้ำเสีย

โคโตซานจะอาศัยสมบัติความเป็นพอลิอิเล็กโตรไลต์ และความสามารถในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะหนัก เข้ามาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น การบำบัดน้ำเสีย

ในสภาวะว่ายน้ำ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และ ก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543) นอกจากนี้ยังพบว่าได้พบโคโตซานมาใช้เป็นตัวที่ทำให้เกิดการ ตกตะกอน (Flocculent) ในการบำบัดร่วมกับตะกอนเร่ง

#### 2.6.4.6 การแพทย์

เนื่องจากโคโตซานเป็นสารธรรมชาติ ดังนั้นร่างกายมนุษย์มักจะไม่ทำ การต่อต้าน นอกจากนี้โคโตซานยังสามารถป้องกันการติดเชื้อ ซึ่งจากข้อดีต่างๆ นี้เองจึงสามารถนำ โคโตซานมาใช้งานในส่วนของทางการแพทย์ เช่น วัสดุตกแต่งแผล ไหมเย็บแผล ตัวควบคุมการ ปลดปล่อยยาผิวหนังเทียม (ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543)

## 2.7 กระบวนการผลิตโคติน-โคโตซาน

กระบวนการผลิตโคติน-โคโตซาน ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการกำจัด โปรตีน (Deproteination) กระบวนการกำจัดแร่ธาตุ (Deminerlization) และกระบวนการกำจัด หรือลดหมู่อะซิติก (Deacetylation) โดยที่สองกระบวนการแรกเป็นกระบวนการผลิตโคติน ส่วน กระบวนการสุดท้ายเป็นกระบวนการผลิตโคโตซาน

### 2.7.1 กระบวนการกำจัดโปรตีน (Deproteination)

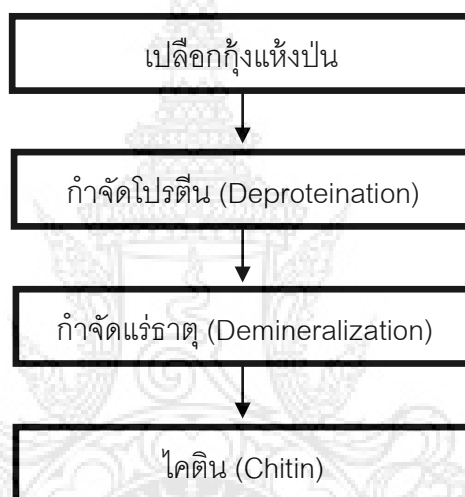
กระบวนการกำจัดโปรตีนทำได้โดยการนำวัตถุดิบ ได้แก่ เปลือกกุ้ง, เปลือกปู, แกน ปลาหมึก ฯลฯ มาทำปฏิกิริยากับด่าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซดาไฟ (NaOH) เจือจาง (สุปราณี กนกวรรณจรัส, 2544) ความเข้มข้นร้อยละ 3-5 ที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 2-3 ชั่วโมง ในกระบวนการนี้โปรตีนจะถูกกำจัดออกกับวัตถุดิบพร้อมกันนี้บางส่วนของกรด ไขมัน และรงควัตถุบางชนิดมีโอกาสดูกกำจัดออกไปด้วย (นันทิยา ฉะยบแหลม, 2548)

### 2.7.2 กระบวนการกำจัดแร่ธาตุ (Deminerlization)

กระบวนการกำจัดแร่ธาตุทำได้โดยการนำวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีน มาแล้วมาทำปฏิกิริยากับกรด ซึ่งส่วนมากใช้กรดเกลือ (HCl) เจือจาง (สุปราณี กนกวรรณจรัส, 2544) ความเข้มข้นร้อยละ 3-5 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 คืน ทำให้แร่ธาตุส่วนใหญ่ เช่น หินปูน

(CaCO<sub>3</sub>) ขั้นตอนนี้โปรตีนหรือรงควัตถุที่ละลายในกรดจะถูกกำจัดออกไปด้วยกัน (นันทิยา เดียบแหลม, 2548)

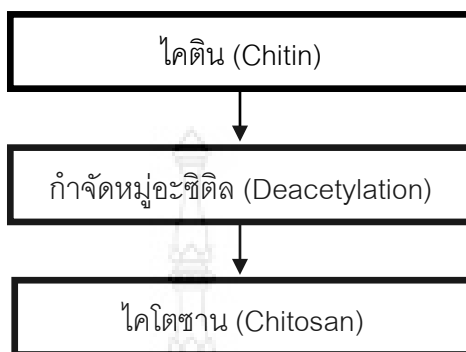
ซึ่งในการผลิต 2 ขั้นตอนนี้สามารถทำสลับกันได้ คือ ทำขั้นตอนการกำจัดแร่ธาตุก่อน แล้วตามด้วยการกำจัดโปรตีน แต่ส่วนมากจะทำขั้นตอนการกำจัดโปรตีนก่อนขั้นตอนของการกำจัดแร่ธาตุ เพื่อสามารถนำโปรตีนกลับมาใช้ใหม่ (Protein Recovery) ที่มีผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ดังแผนภาพที่ 2-4



แผนภาพที่ 2-4 แสดงขั้นตอนการผลิตไคติน

### 2.7.3 กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติก (Deacetylation)

กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติกทำได้โดยใช้ด่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ขึ้นไป หลังเสร็จสิ้นกระบวนการหมู่อะซิติก (CH<sub>3</sub>CO-) ที่มีอยู่บนโมเลกุลของไคตินจะถูกกำจัดออกไปหรือลดจำนวนลง เกิดเป็นโมเลกุลไคโตซาน (Chitosan) นั่นคือ กระบวนการนี้เป็นการเพิ่มหมู่อะมิโน (-NH<sub>2</sub>) บนโมเลกุลของไคติน ซึ่งทำให้คุณสมบัติการละลายของไคโตซานดีกว่าไคติน สารไคโตซานสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เพราะฉะนั้นโครงสร้างของไคโตซาน ต่างจากไคตินตรงหน่วยเป็น Glucosamine ในสายพอลิเมอร์เพิ่มมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป (สุปราณี กนกวรรณจรัส, 2544) ดังแผนภาพที่ 2-5



แผนภาพที่ 2-5 แสดงขั้นตอนการผลิตไคโตซาน

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จันทรา นรินพรรัตน์ (2547) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ไคโตซานปิดสีในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนภายใต้ 2 ระบบ คือ ระบบการเขย่า และการใช้คอลัมน์ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดังกล่าว พารามิเตอร์ของน้ำเสียที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าบีโอดี ปริมาณสารแขวนลอย และความขุ่น เพื่อใช้บ่งชี้คุณภาพของน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า การใช้ไคโตซานปิดสีภายใต้ระบบการเขย่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ดีกว่าการใช้คอลัมน์ไคโตซานปิดสี น้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยไคโตซานปิดสี โดยนำไปเขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ใช้ไคโตซานปิดสีขนาด 0.2 มม. ในปริมาณร้อยละ 10 (w/v) มีค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 44.52 โดยไม่จำเป็นต้องปรับพีเอชของน้ำเสีย (พีเอชของน้ำเสียมีค่าประมาณ 5) นอกจากนี้ยังไม่สามารถตรวจพบปริมาณสารแขวนลอย และความขุ่นของน้ำเสียได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนโดยใช้ระบบตะกอนเร่ง พบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนได้ดีกว่า กล่าวคือภายหลังการบำบัดด้วยตะกอนเร่งเป็นเวลา 3 วัน พบว่าน้ำเสียมีค่าบีโอดีลดลงร้อยละ 70.32 และมีค่าความขุ่นลดลงร้อยละ 88.28 ส่วนปริมาณสารแขวนลอยของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ เมื่อนำไคโตซานปิดสีมาใช้ร่วมกับตะกอนเร่งเพื่อบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดยนำ

น้ำเสียบำบัดด้วยตะกอนเร่ง 3 วัน ต่อด้วยการบำบัดด้วยโคโตซานปิดส์ภายใต้ระบบการเขย่า พบว่าสามารถลดค่าบีโอดีได้ร้อยละ 90.07

จารุรัตน์ เชาว์เลิศ และคณะ (2545) ได้ศึกษาความสามารถในการตกตะกอนน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์ปีกด้วยโคโตซาน ซึ่งสกัดจากเปลือกกุ้ง เปลือกปู และเชื้อรา โดยเปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (สารส้ม และ Anionic Polymer) จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้งด้วยโคโตซานจากแหล่งต่างๆ โดยการทำการทดสอบ (Jar Test) พบว่าการตกตะกอนน้ำทิ้งด้วยโคโตซานได้ดี ที่ระดับพีเอช 7 และความเข้มข้นของโคโตซาน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับคุณภาพของน้ำทิ้งก่อนและหลังการตกตะกอนด้วยโคโตซานจากแหล่งต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยสารเคมี พบว่า โคโตซานสามารถลดค่าของแข็งแขวนลอย บีโอดี และ ซีโอดี ได้ดีในช่วงระหว่างร้อยละ 64-94, 73-77 และ 52-69 ตามลำดับ ขณะที่โคโตซานไม่มีผลมากนักกับการลดปริมาณ TKN และฟอสฟอรัส จากการประเมินความสามารถโดยรวมของโคโตซานแต่ละชนิด พบว่าโคโตซานจากเปลือกปูตกตะกอนน้ำทิ้งได้ดีที่สุด

ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปตี (2550) ได้ศึกษาการกำจัดน้ำมันหล่อเย็นด้วยวิธีการดูดซับบนตัวดูดซับโคโตซานและตัวดูดซับโคโตซานดัดแปร ตัวดูดซับที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 10 ชนิด ได้แก่ โคโตซาน, โคโตซานผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์, Benzoyl-โคโตซาน, Quateraminated-โคโตซาน, โคโตซาน-Sodium Lauryl Sulfate, โคโตซาน-Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide, โคโตซาน-Polyoxyethylene Sorbetanmonooleate, โคโตซานผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์-Sodium Lauryl Sulfate, โคโตซานผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์-Hexadecyl Trimethyl Ammonium Bromide, โคโตซานผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์-Polyoxyethylene Sorbetanmonooleate

จากการทดลองพบว่า โคโตซาน-Sodium Lauryl Sulfate ให้ค่าการดูดซับประมาณ 2,516 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าตัวดูดซับชนิดอื่นๆ โดยสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับควรเป็นสภาวะกรด ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 3 ทำให้ค่าการดูดซับลดลงเป็น 747 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 7 และ 309 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 11 ค่าการดูดซับจะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีการเติม NaCl หรือ CaCl<sub>2</sub> พบว่า โคโตซาน-Sodium Lauryl Sulfate สามารถดูดซับน้ำมันหล่อเย็นโดยใช้อันตรกิริยาไฮโดรโฟบิก การวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวดูดซับและการดูดซับน้ำมันหล่อเย็นกระทำโดยใช้ Analysis Contact Angle, SEM, FT-IR, CHN และค่าความร้อนจากการเผา

ใหม่ ไอโซเทอมการดูดซับถูกวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง Langmuir, Freundlich และ BET การศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับพบว่าอันดับของปฏิกิริยาการดูดซับเป็นแบบอันดับสอง เทียบ โดยมีขั้นตอนการแพร่กระจายภายในอนุภาคเป็นขั้นกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ค่าการดูดซับมีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแสดงว่าการดูดซับเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน สำหรับการคำนวณเวลาที่ใช้ในการดูดซับแบบต่อเนื่องใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในการดูดซับจริงจากการทดลองเมื่อใช้แบบจำลอง Bed – Depth / Service Time

ภรณ์ภิตา พงษ์ประสิทธิ์ (2555) ได้ศึกษาการกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ด้วยไคตินและไคโตซานจากแกนหมึกกล้วย ได้แก่ พีเอช (5-8) ความเร็วรอบการเขย่า (50-200 รอบต่อนาที) ระยะเวลาเขย่า (10-90 นาที) ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล (0-90 นาที) ปริมาณน้ำมัน (0.25-3.0 กรัมต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร) และปริมาณของตัวดูดซับ (0.5-3.0 กรัม) จากการศึกษากการดูดซับแบบแบตช์ พบว่าที่ พีเอช 6 ความเร็วรอบการเขย่า 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่า 10 นาที ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล 30 นาที และปริมาณน้ำมัน 0.25 กรัมต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ไคตินสามารถดูดซับน้ำมันได้ร้อยละ 50.07 ส่วนที่ พีเอช 6 ความเร็วรอบการเขย่า 50 รอบต่อนาที ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล 10 นาที ปริมาณน้ำมัน 0.25 กรัมต่อน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ไคโตซานสามารถดูดซับน้ำมันได้ร้อยละ 40.85 การประยุกต์ใช้งานจริงพบว่า ไคตินและไคโตซานจากแกนหมึกกล้วยปริมาณ 200 กรัม น้ำทิ้งโรงอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ปริมาตร 20 ลิตร บั่นกวนด้วยใบพัดนาน 10 นาที ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล 30 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ พบว่ามีประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับ 48.51 และ 45.48 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งไคตินและไคโตซานจากแกนหมึกกล้วยสามารถบำบัดมลสารอื่นๆ ได้ ได้แก่ ของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย บีโอดี และซีโอดี เป็นต้น สำหรับการฟื้นฟูสภาพของไคตินและไคโตซานจากแกนหมึกกล้วยหลังจากผ่านการใช้งานแล้ว พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับไขมันและน้ำมันลดลงครึ่งหนึ่งจากประสิทธิภาพการดูดซับไขมันและน้ำมันครั้งแรก คือสามารถดูดซับไขมันและน้ำมันได้ร้อยละ 17.22 และ 20.68 ตามลำดับ

นันทิยา เจียบแหลม (2548) ได้ศึกษาผลของภาวะการกำจัดหมู่อะซิติลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการใช้งาน (ความสามารถการจับสีย้อม ความสามารถการจับไขมัน ความสามารถการจับน้ำ และความสามารถการเป็นอิมัลซิไฟเออร์) ของไคโตซาน โดยนำไคตินจาก

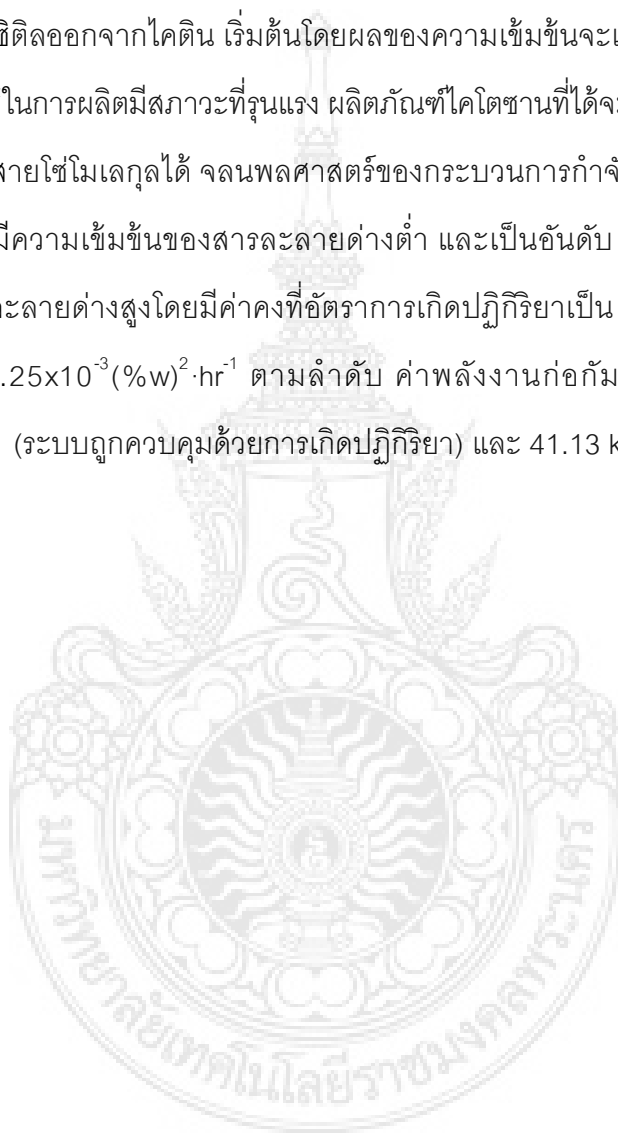


เปลือกกุ้งมากำจัดหุ้ดอะซีดีลด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ภายใต้ภาวะต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ 110, 120 และ 130 องศาเซลเซียส จำนวนรอบการสกัด 1, 2 และ 3 รอบ ใช้เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิกับจำนวนรอบการสกัด จำนวนรอบการสกัดกับเวลาที่ใช้ในการสกัดและอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการสกัด ส่งผลให้ระดับการกำจัดหุ้ดอะซีดีล และปริมาณเถ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ จำนวนรอบการสกัด และเวลาที่ใช้ในการสกัด ส่งผลให้ความหนาแน่น ความเป็นกรดต่าง (พีเอช) และปริมาณไนโตรเจนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่ความหนืด น้ำหนักโมเลกุล ความสามารถการจับสี ไชมัน และน้ำ รวมทั้งความสามารถการเป็นอิมัลชันไฟเออร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในกลุ่มสมบัติทางเคมีกายภาพของไคโตซาน พบว่าระดับการกำจัดหุ้ดอะซีดีล ความหนาแน่น ค่าพีเอช ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจน มีความสัมพันธ์กับความหนืด และน้ำหนักโมเลกุลในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ส่วนผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในกลุ่มสมบัติการใช้งานของไคโตซาน พบว่าทุกพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) และผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติการใช้งานของไคโตซาน พบว่าความสามารถการจับสี ย้อม ไชมัน และน้ำ รวมทั้งความสามารถการเป็นอิมัลชันไฟเออร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) กับความหนืด

สุปรานี กนกวรรณจรัส (2544) ศึกษาจลนพลศาสตร์ของกระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน จากเปลือกกุ้งกุลาดำ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการกำจัดโปรตีน กระบวนการกำจัดแร่ธาตุ และกระบวนการกำจัดหุ้ดอะซีดีล โดยในกระบวนการกำจัดโปรตีน พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิ หรือเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ที่ใช้มีผลต่อการกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกกุ้ง แต่ผลของความเข้มข้นจะเด่นมากเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ต่ำ อันดับของปฏิกิริยาารวมในกระบวนการกำจัดโปรตีนมีค่าประมาณอันดับ 3 โดยที่ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา ( $k$ ) ของกระบวนการมีค่าเป็น  $3.7016 \times 10^{(-4)} - 1.7184 \times 10^{(-3)} \text{ (dm}^3/\text{mol)} \cdot (\text{min} \cdot \% \text{w)}^{(-1)}$  และค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของระบบมีค่าเป็น 62.73 kJ/mol ในขั้นของการกำจัดแร่ธาตุ อันดับของปฏิกิริยาารวมในกระบวนการกำจัดแร่ธาตุมีค่าประมาณอันดับ 2 การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรด

ไฮโดรคลอริกจะทำให้ปริมาณแคลเซียมลดลงมากกว่าการเพิ่มอุณหภูมิ และค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิมิมีค่าใกล้เคียงกันคือมีค่าเป็น  $1.30461(\text{dm}^3/\text{mol})^{0.5050} \cdot (\text{min}^{-1} \cdot \%w^{0.5362})$  และค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของระบบมีค่าน้อยมาก ส่วนในขั้นของการผลิตโคโคซาน หรือการกำจัดหมู่อะซิติก การเพิ่มอุณหภูมิ และเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อการกำจัดหมู่อะซิติกออกจากโคโคติน เริ่มต้นโดยผลของความเข้มข้นจะเด่นมากเมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าสภาวะที่ใช้ในการผลิตมีสภาวะที่รุนแรง ผลิตภัณฑ์โคโคซานที่ได้จะเกิดการคีเวทและเกิดการเสื่อมสลายของสายโซ่โมเลกุลได้ จลนพลศาสตร์ของกระบวนการกำจัดหมู่อะซิติกเป็น อันดับ 1 เมื่อสภาวะที่ใช้มีความเข้มข้นของสารละลายต่างต่ำ และเป็นอันดับ 3 เมื่อสภาวะที่ใช้มีความเข้มข้นของสารละลายต่างสูงโดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็น  $0.0264-0.2524 \text{ hr}^{-1}$  และ  $3.125 \times 10^{-4} - 1.25 \times 10^{-3} (\%w)^2 \cdot \text{hr}^{-1}$  ตามลำดับ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของระบบมีค่าเป็น  $109.20 \text{ kJ/mole}$  (ระบบถูกควบคุมด้วยการเกิดปฏิกิริยา) และ  $41.13 \text{ kJ/mole}$  (ระบบถูกควบคุมด้วยการแพร่)



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยไคโตซาน โดยทำการทดลองจากน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งจะศึกษาปริมาณ ค่าพีเอช ความเร็วรอบในการเขย่า ระยะเวลาในการเขย่า และระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม เพื่อให้ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันที่ดีที่สุด โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยไคโตซานจากน้ำเสียสังเคราะห์

3.5 การประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานในน้ำเสียจากโรงอาหาร

3.6 การประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์

#### 3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.1.1 สถานที่ทำการวิจัย: ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

3.1.2.1 ขั้นตอนการสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ตั้งแต่ พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 - มกราคม พ.ศ. 2557

3.1.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยไคโตซาน ตั้งแต่ มกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2557

## 3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

### 3.2.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีในการวิจัย

#### 3.2.1.1 วัสดุ

- 1) น้ำมันพืช (ภาพที่ 3-1 ก)
- 2) น้ำเสีย (ภาพที่ 3-1 ข)

#### 3.2.1.2 อุปกรณ์

##### 1) เครื่องแก้ว (ภาพที่ 3-1 ค)

- ปีกเกอร์
- ขวดรูปชมพู่
- แท่งแก้ว
- กระจกนาฬิกา
- กระจกตวง
- Dropper
- ขวดปากกว้าง
- ขวดวัดปริมาตร

##### 2) ที่กรอง (ภาพที่ 3-1 ง)

#### 3.2.1.3 เครื่องมือ

- 1) pH Meter รุ่น HQ 40d (ภาพที่ 3-1 จ)
- 2) ตู้อบ (Oven) (ภาพที่ 3-1 ฉ)
- 3) เครื่องปั่น (ภาพที่ 3-1 ช)
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด (ภาพที่ 3-1 ซ)
- 5) Hot plate (ภาพที่ 3-1 ฉ)

#### 3.2.1.4 สารเคมี

- 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) (ภาพที่ 3-1 ญ)
- 2) ไฮโดรคลอริก (Hydrochloric, HCl) (ภาพที่ 3-1 ฎ)



(ก) น้ำมันพืช



(ข) น้ำเสีย



(ค) เครื่องแก้ว



(ง) ที่กรอง



(จ) pH Meter



(ฉ) ตู้อบ



(ช) เครื่องปั่น



(ซ) เครื่องชั่งชนิดละเอียด

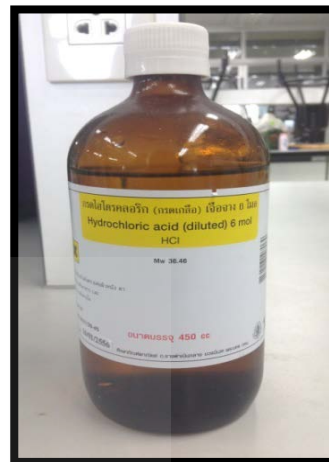


(ณ) Hot Plate

ภาพที่ 3-1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีในการวิจัย



(ญ) โซเดียมไฮดรอกไซด์



(ฎ) ไฮโดรคลอริก

ภาพที่ 3-1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีในการวิจัย (ต่อ)

### 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.3.1 ชั้นการศึกษาโครงการ

3.3.1.1 ศึกษาและรวบรวมความคิดของงานวิจัยที่จะทำการศึกษา โดยค้นคว้าหาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนปรึกษาสอบถามกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง

3.3.1.2 ตั้งกรอบและเขียนแนวคิด เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาขั้นต่อไปได้

3.3.1.3 ตั้งกรอบการศึกษา ซึ่งอยู่ในขอบเขตของกรอบแนวคิด

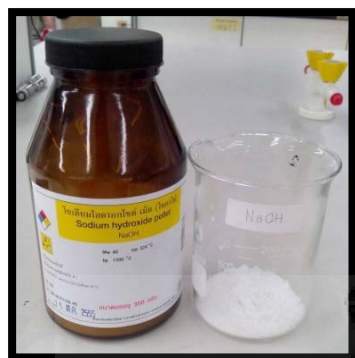
3.3.1.4 กำหนดพื้นที่ในศึกษา คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

#### 3.3.2 ขั้นตอนเตรียมดำเนินการทดลอง

##### 3.3.2.1 การเตรียมสารละลาย

1) สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

NaOH เข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง เตรียม NaOH จำนวน 4 กรัม ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร (แผนภาพที่ 3-1)



เตรียม NaOH จำนวน 4 กรัม

ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้น  
ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

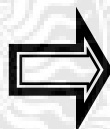
### แผนภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 4

#### 2) สารละลาย HCl เข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

HCl เข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง เตรียม HCl 4 มิลลิลิตร ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร (แผนภาพที่ 3-2)



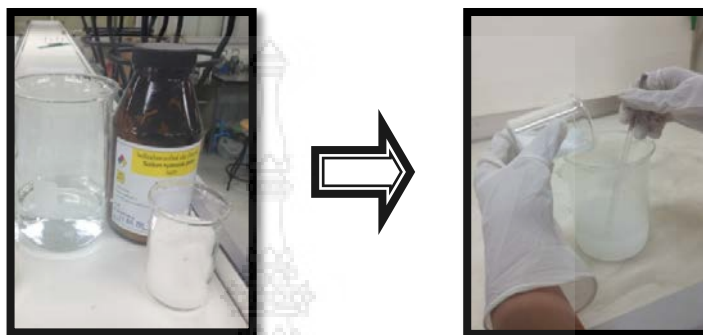
เตรียม HCl 4 มิลลิลิตร

ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้น  
ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

### แผนภาพที่ 3-2 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย HCl เข้มข้นร้อยละ 4

3) สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

NaOH เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง เตรียม NaOH 50 กรัม ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร (แผนภาพที่ 3-3)



เตรียม NaOH 50 กรัม

ละลายในน้ำเล็กน้อยจากนั้น  
ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

แผนภาพที่ 3-3 แสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 50

### 3.3.2.2 การเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

นำเปลือกกุ้งมาล้างให้สะอาด ตากให้แห้ง ปั่นด้วยเครื่องปั่นจนละเอียดมาผ่านกระบวนกรต่างๆ ตามลำดับดังนี้



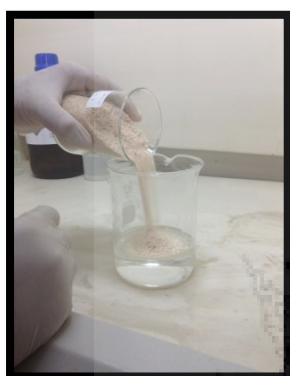
แผนภาพที่ 3-4 แสดงการเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้ง



กระบวนการเตรียมโคโตซานจากเปลือกกุ้ง

1) กระบวนการแยกโปรตีน

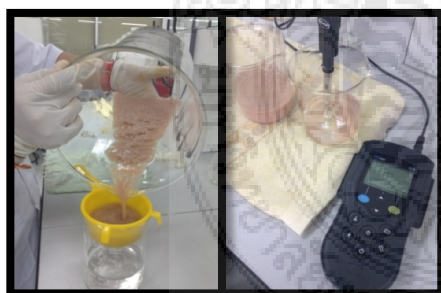
ต้มเปลือกกุ้งใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 4 ในอัตราส่วน 1: 4 (น้ำหนักเปลือกกุ้ง: ปริมาตรสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 4 ที่เตรียมไว้) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (แผนภาพที่ 3-5)



1. เทเปลือกกุ้งลงใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 4



2. ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



3. กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง



4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

แผนภาพที่ 3-5 แสดงกระบวนการแยกโปรตีน

## 2) กระบวนการแยกแร่ธาตุ

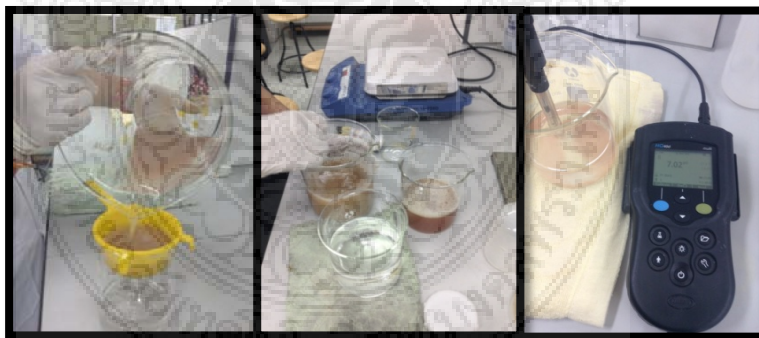
ต้มเปลือกกุ้งใน HCl เข้มข้นร้อยละ 4 ในอัตราส่วน 1: 4 (น้ำหนักเปลือกกุ้ง: ปริมาตรสารละลาย HCl เข้มข้นร้อยละ 4 ที่เตรียมไว้) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไคตินจากเปลือกกุ้ง (แผนภาพที่ 3-6)



1. เท HCl เข้มข้นร้อยละ 4 ลงในเปลือกกุ้ง



2. ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



3. กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง

แผนภาพที่ 3-6 แสดงกระบวนการแยกแร่ธาตุ

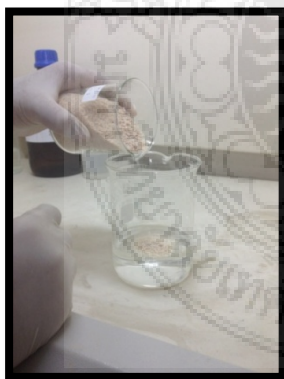


4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

**แผนภาพที่ 3-6 แสดงกระบวนการแยกแร่ธาตุ (ต่อ)**

3) กระบวนการดึงหมู่อะซิติก

นำโคตินแห้งที่ได้มาจากกระบวนการที่ 2 มาต้มในสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 50 ในอัตราส่วน 1: 4 (น้ำหนักโคติน: สารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 50 ที่เตรียมไว้) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโคโตซานจากเปลือกกุ้ง (แผนภาพที่ 3-7)



1. เทเปลือกกุ้งลงใน NaOH เข้มข้นร้อยละ 50



2. ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส  
เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

**แผนภาพที่ 3-7 แสดงกระบวนการดึงหมู่อะซิติก**



3. กรองและล้างน้ำกลั่นจนมีค่าพีเอชเป็นกลาง



4. นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

### แผนภาพที่ 3-7 แสดงกระบวนการดิงหมู่อะซิติก (ต่อ)

#### 3.3.2.3 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

ใช้น้ำมันปริโภคเท่ากับ 0.02 กรัมต่อน้ำกลั่น 50.0 มิลลิลิตร คิดเป็นความเข้มข้นน้ำมัน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร (ต่อหนึ่งตัวอย่างการทดลอง) (แผนภาพที่ 3-8)



1. ใช้น้ำมันปริโภคเท่ากับ 0.02 กรัม



2. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร



3. น้ำเสียสังเคราะห์

### แผนภาพที่ 3-8 แสดงการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

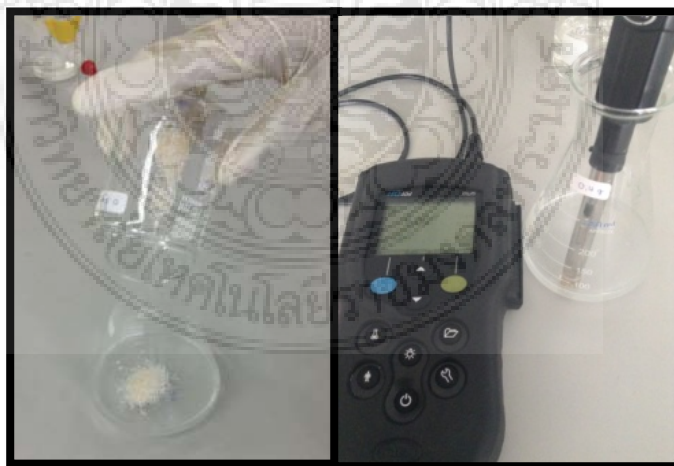
### 3.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันด้วยไคโตซานจากน้ำเสียสังเคราะห์ (แผนภาพที่ 3-14)

#### 3.4.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน

ชั่งไคโตซานปริมาณ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 กรัม เติลงในน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ที่มีพีเอชเท่ากับ 6 นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที หลังจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ไปกรองผ่านกรวยกรอง นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าไขมันที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ก) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แผนภาพที่ 3-9)

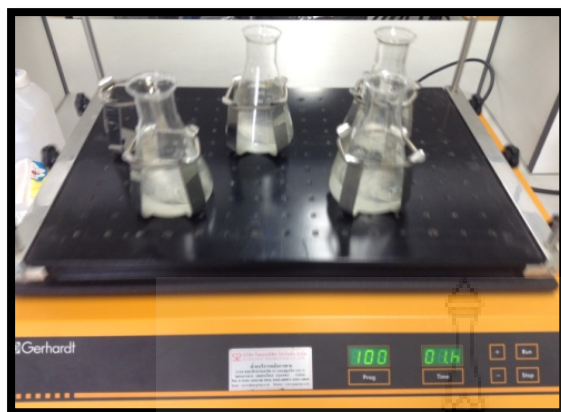


1. ชั่งไคโตซานปริมาณ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 กรัม



2. เติลงในน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตรที่มีพีเอชเท่ากับ 6

แผนภาพที่ 3-9 แสดงวิธีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน



3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ระยะเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที



4. นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไป วิเคราะห์หาค่าน้ำมันและไขมัน

**แผนภาพที่ 3-9 แสดงวิธีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของโคโตซาน (ต่อ)**

#### 3.4.2 ศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม

ซึ่งโคโตซานน้ำหนักเท่ากับที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด (0.6 กรัม) จากการทดลองในข้อ 3.4.1 ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการปรับพีเอชให้มีค่าต่างกันคือ 4, 5, 6, 7 และ 8 ลงในแต่ละขวดรูปชมพู่ นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที หลังจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ไปกรองผ่านกรวยกรอง นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าไขมันที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ก) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แผนภาพที่ 3-10)



1. ชั่งโคโคซานน้ำหนัก 0.6 กรัม



2. เติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการปรับพีเอชให้มีค่าต่างกันคือ 4, 5, 6, 7 และ 8



3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

4. นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไป วิเคราะห์หาค่าน้ำมันและไขมัน

แผนภาพที่ 3-10 แสดงวิธีการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม

### 3.4.3 ศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม

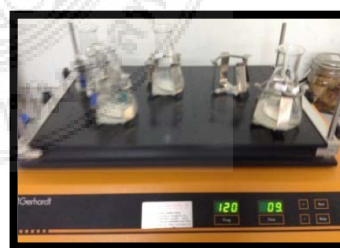
ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.2 โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ปรับพีเอชให้เท่ากับ พีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด (พีเอช 5) ที่ศึกษาได้จากข้อ 3.4.2 และปรับความเร็วรอบของการเขย่าเป็น 80, 90, 100, 110 และ 120 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที หลังจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ไปกรองผ่านกรวยกรอง นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าไขมันที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ก) และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แผนภาพที่ 3-11)



1. ชั่งโคโคซานน้ำหนัก 0.6 กรัม



2. ปรับพีเอชเท่ากับ 5



3. ปรับความเร็วรอบของการเขย่าเป็น 80, 90, 100, 110 และ 120 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

แผนภาพที่ 3-11 แสดงวิธีการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม





4. นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าน้ำมันและไขมัน

แผนภาพที่ 3-11 แสดงวิธีการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม (ต่อ)

#### 3.4.4 ศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม

การทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.3 โดยปรับความเร็วรอบของการเขย่าที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด (90 รอบต่อนาที) ที่ศึกษาได้จากข้อ 3.4.3 และปรับระยะเวลาการเขย่าเท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้อีก 10 นาที หลังจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ไปกรองผ่านกรวยกรอง นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าไขมันที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ก) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แผนภาพที่ 3-12)



1. ชั่งโคโคซานน้ำหนัก 0.6 กรัม

2. ปรับพีเอชเท่ากับ 5

แผนภาพที่ 3-12 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม



3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที



4. ปรับระยะเวลาการเขย่าเท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที



5. นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไป วิเคราะห์หาค่าน้ำมันและไขมัน

แผนภาพที่ 3-12 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม (ต่อ)

### 3.4.5 ศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.4 โดยศึกษาระยะเวลาการเขย่าที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุด (10 นาที) ที่ศึกษาได้จากข้อ 3.4.4 และปรับระยะเวลาตั้งทิ้งไว้เข้าสู่สมดุลที่เท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที หลังจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ไปกรองผ่านกรวยกรอง นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์หาค่าไขมันที่คงเหลืออยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ (ภาคผนวก ก) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (แผนภาพที่ 3-13)



1. ชั่งโคโคซานน้ำหนัก 0.6 กรัม

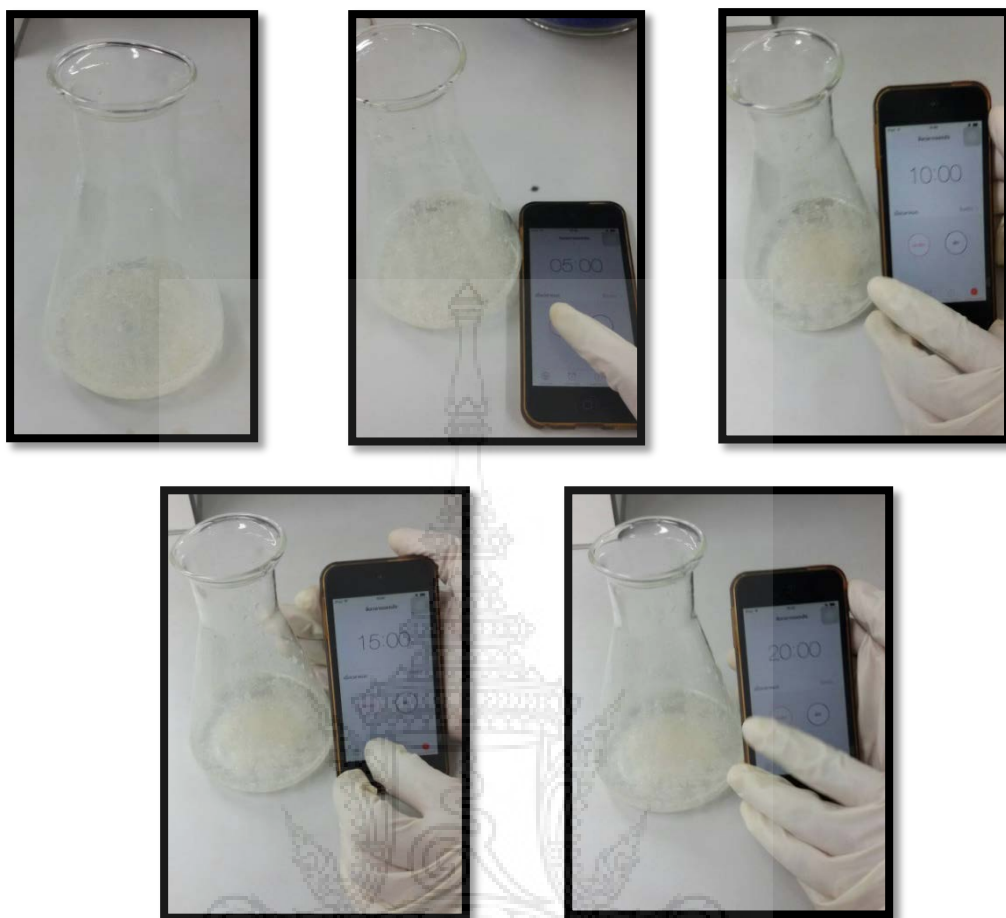


2. ปรับพีเอชเท่ากับ 5



3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 นาที

แผนภาพที่ 3-13 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม



4. ปรับระยะเวลาตั้งทิ้งไว้เข้าสู่ภาวะสมดุลเท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที



5. นำน้ำเสียที่ผ่านการกรองไป วิเคราะห์หาค่าน้ำมันและไขมัน

แผนภาพที่ 3-13 แสดงวิธีการศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม (ต่อ)

### 3.5 การประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานในน้ำเสียจากโรงอาหาร

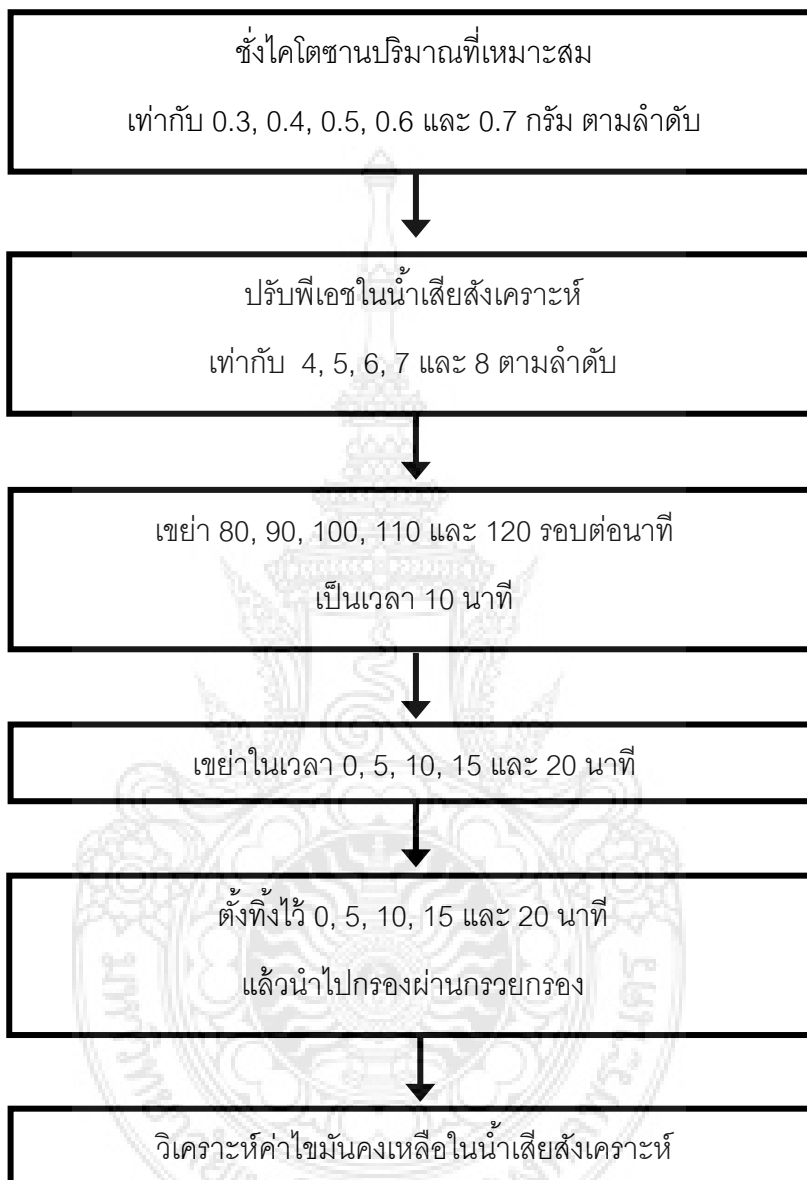
โดยการศึกษาประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากน้ำเสียโรงอาหารที่ใส่และไม่ใส่ไคโตซาน มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.5.1 เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย บริเวณจุดรวบรวมน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยทำความสะอาดภาชนะเก็บน้ำขนาด 5 ลิตร ด้วยตัวอย่างน้ำทิ้ง 1-2 ครั้ง ก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ภาชนะเก็บน้ำ นำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

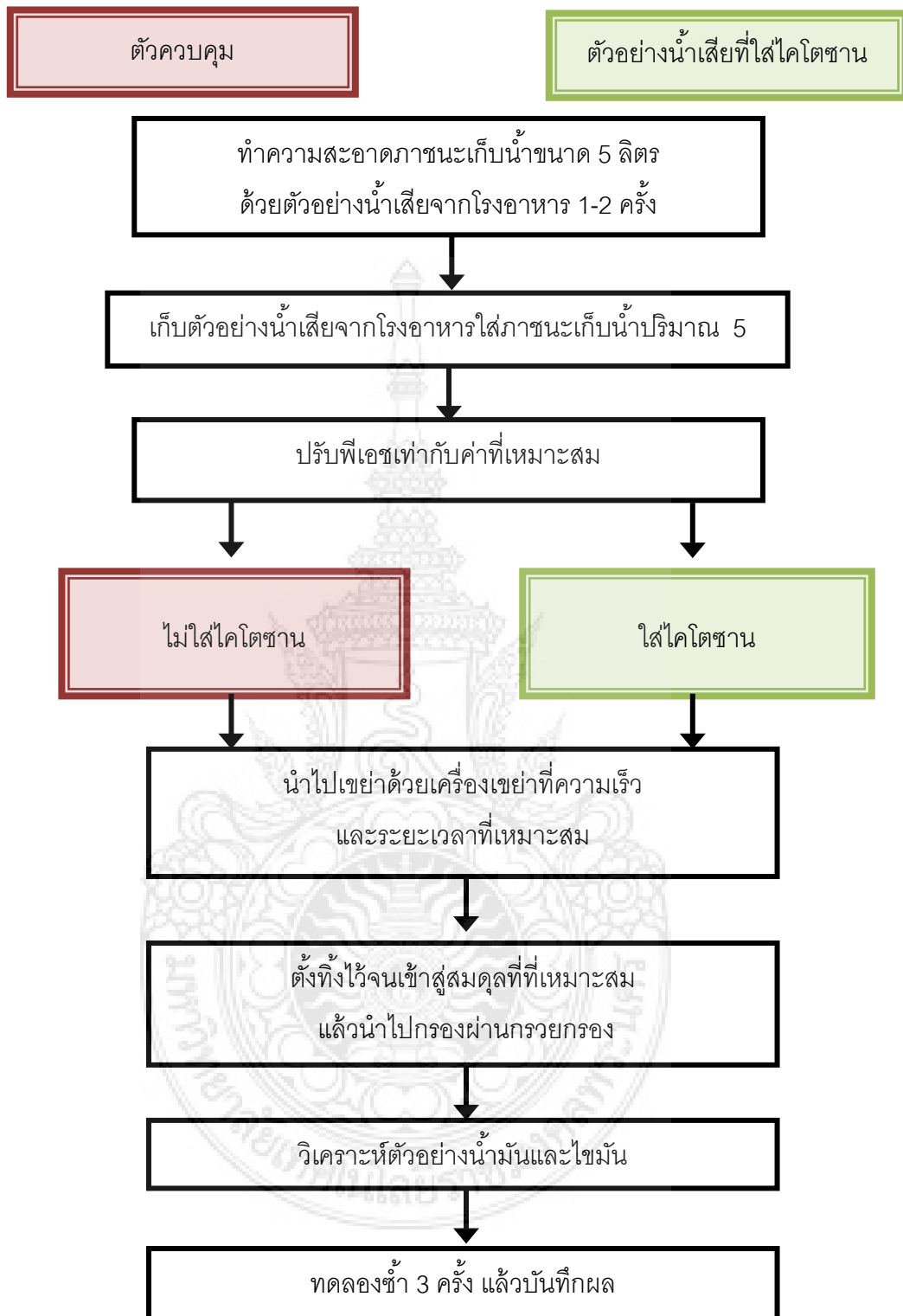
3.5.2 ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียปริมาตร 5 ลิตร ใช้ปริมาณไคโตซานที่ดีที่สุด และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับพีเอชที่ให้อัตราการดูดซับดีที่สุด จากนั้นนำไปเขย่าในความเร็วรอบและระยะเวลาเขย่าที่ให้อัตราการดูดซับที่ดีที่สุด และ ตั้งทิ้งไว้นานเท่ากับระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ให้อัตราการดูดซับดีที่สุด ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมัน (แผนภาพที่ 3-15)

### 3.6 การประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์

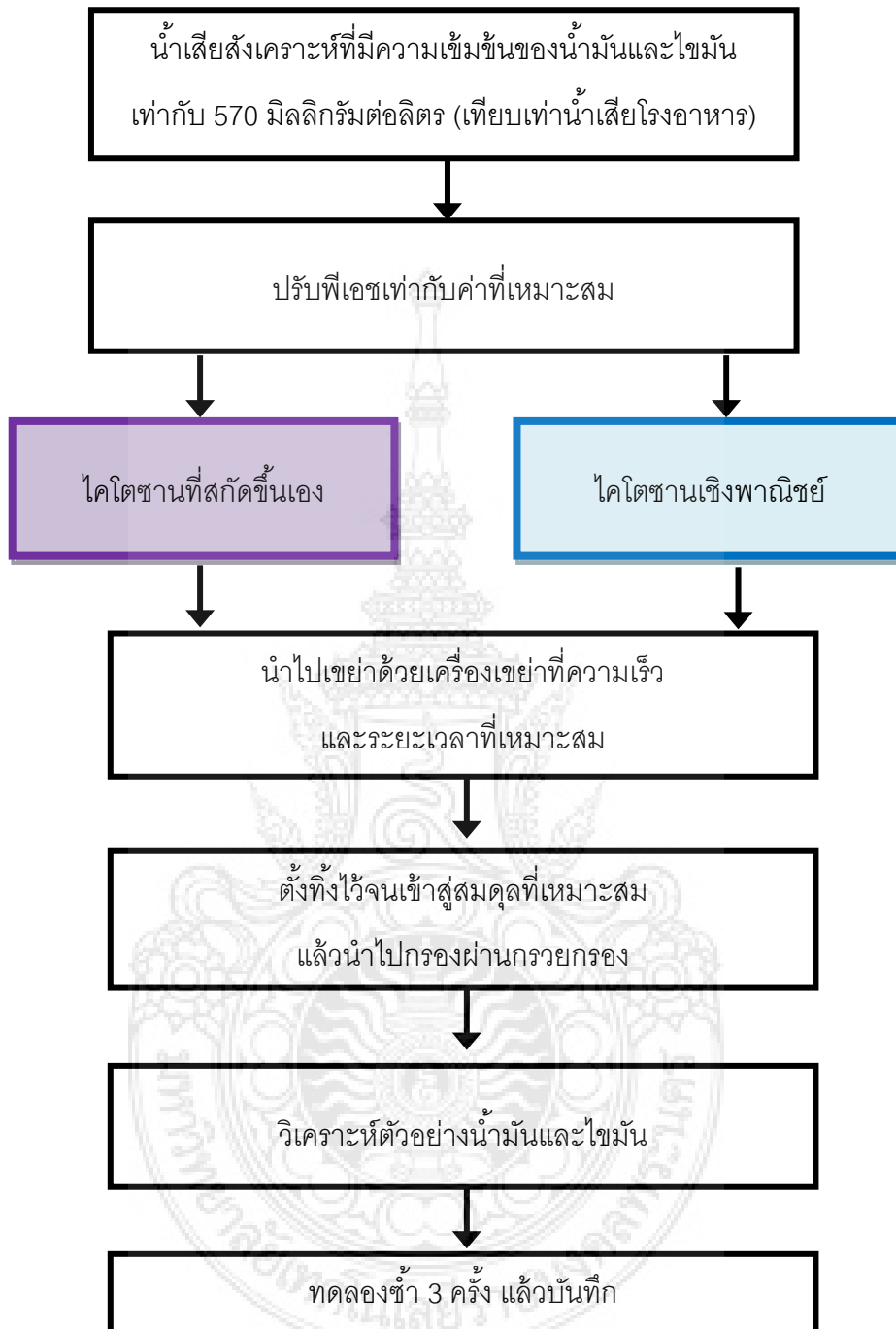
ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเท่ากับความเข้มข้นของน้ำเสียโรงอาหารคือ 570 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาณไคโตซานที่ดีที่สุด และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับพีเอชที่ให้อัตราการดูดซับดีที่สุด จากนั้นนำไปเขย่าในความเร็วรอบและระยะเวลาเขย่าที่ให้อัตราการดูดซับที่ดีที่สุด และตั้งทิ้งไว้นานเท่ากับระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ให้อัตราการดูดซับดีที่สุด ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมัน (แผนภาพที่ 3-16)



แผนภาพที่ 3-14 แสดงวิธีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ  
น้ำมันและไขมัน



แผนภาพที่ 3-15 แสดงวิธีการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับ  
น้ำมันและไขมันของโคโคซานในน้ำเสียจากโรงอาหาร



แผนภาพที่ 3-16 แสดงวิธีการวิเคราะห์น้ำมันและไขมันในน้ำเสีย  
ระหว่างโคโตซานที่สกัดขึ้นเองและโคโตซานเชิงพาณิชย์



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะในการดูดซับ ได้แก่ ปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับ ค่าพีเอชที่เหมาะสม ความเร็วรอบในการเขย่า ระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม และระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยทำการประยุกต์ใช้งานจริง ระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์ ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

#### 4.1 ลักษณะของไคโตซานที่เตรียมได้จากเปลือกกุ้ง

จากการทดลองเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้งด้วยวิธีการสกัดไคโตซานทางเคมี พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ แผ่นบางๆ สีขาวอมสีเหลืองเล็กน้อย ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

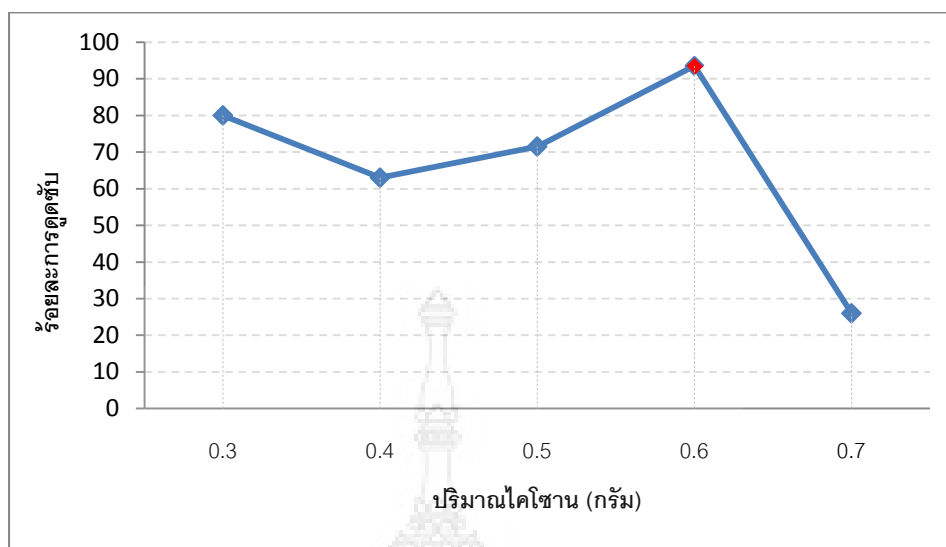
## 4.2 ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซาน

จากการทดลอง ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับของไคโตซานต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ทำการแปรผันปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้ง เท่ากับ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 กรัม ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์กับปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

ปริมาณไคโตซาน (กรัม)	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
0.3	79.33	18.15	80.00
0.4	147.33	38.70	63.00
0.5	114.00	24.33	71.50
0.6	26.00	12.00	93.50
0.7	294.67	82.62	26.00

จากตารางที่ 4-1 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าที่สูงและลดลงจนถึงปริมาณที่เหมาะสมในการดูดซับ และเมื่อถึงปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งในการดูดซับเพิ่มขึ้น เนื่องจากไคโตซานมีสมบัติในการพองตัวในน้ำสูง ดังนั้นเมื่อปริมาณไคโตซานมากขึ้นจึงส่งผลทำให้ตัวดูดซับสัมผัสกับตัวถูกดูดซับน้อยลง โดยพบว่าปริมาณไคโตซานที่ 0.6 กรัม ดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถดูดซับน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 93.5 ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโคซานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์

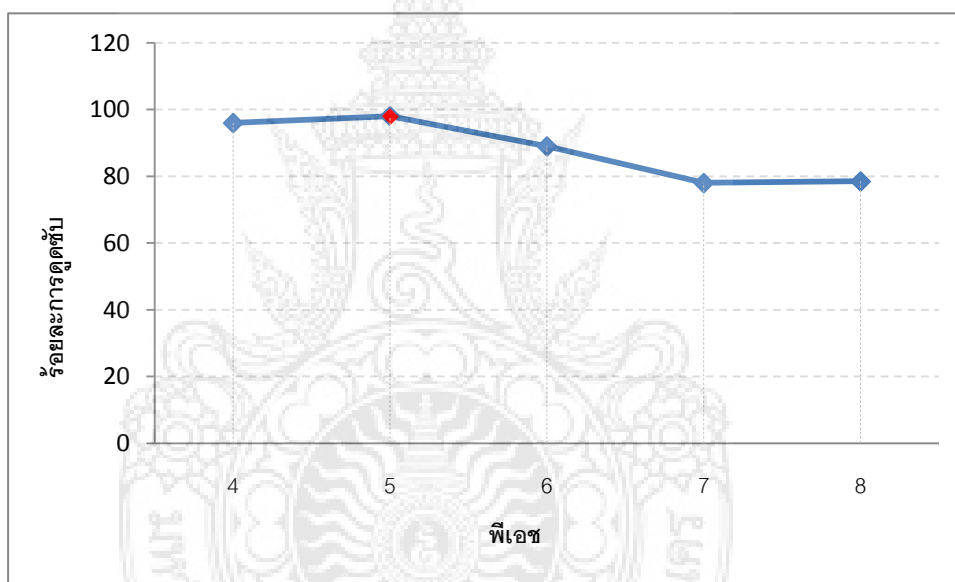
#### 4.3 ผลการศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสม

จากการทดลองใช้ปริมาณโคโคซานจากเปลือกกุ้ง 0.6 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ที่มีการแปรผันพีเอชให้เท่ากับ 4, 5, 6, 7 และ 8 ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโคซานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับพีเอช

พีเอช	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละการดูดซับ
4	15.33	3.06	96.00
5	8.00	5.29	98.00
6	45.33	11.02	89.00
7	87.33	12.06	78.00
8	86.00	7.21	78.50

จากตารางที่ 4-2 พบว่าโคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่พีเอชเท่ากับ 5 โดยมีร้อยละการดูดซับ 98 ทั้งนี้การดูดซับขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ในสถานะที่พีเอชเป็นกรด โคโตซานซึ่งมีหมู่อะมิโน ( $-NH_2$ ) จะถูกเติมประจุบวกได้เป็น Cationic Amine Group ( $-NH^+_3$ ) ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของน้ำมัน (ที่แสดงอำนาจไฟฟ้าลบ) และเกิดการยึดจับด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าที่ เรียกว่า แรงแวนเดอร์วาลส์ (Vander Waals Force) ซึ่งสถานะที่พีเอชสูง ในสารละลายจะมีไฮดรอกไซด์ไอออน ( $OH^-$ ) เพิ่มขึ้นจะไปแย่งจับกับพื้นที่ผิวดูดซับทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับแสดงอำนาจไฟฟ้าลบ ส่งผลให้เกิดแรงผลักระหว่างโมเลกุลของน้ำและตัวดูดซับทำให้การดูดซับลดลง ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตซานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับพีเอช

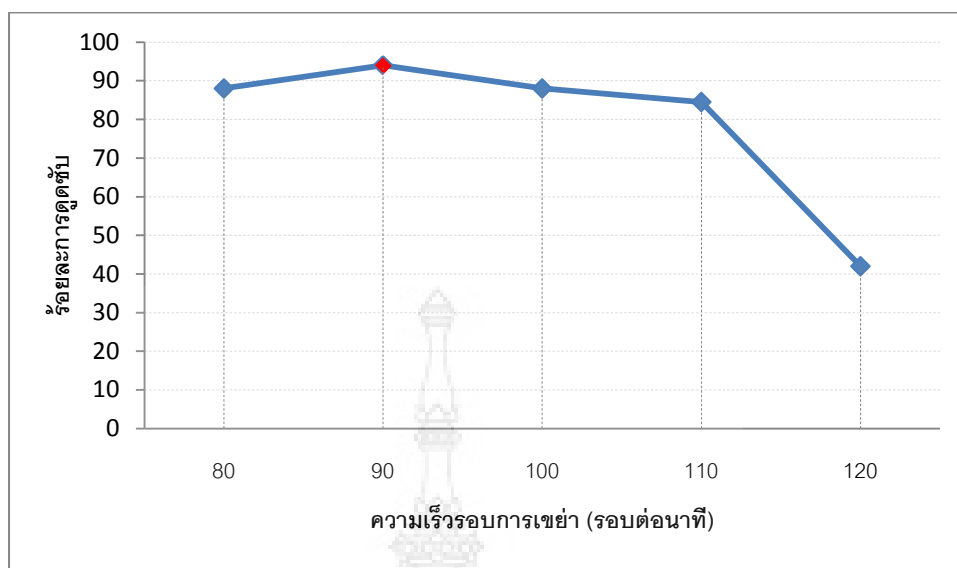
#### 4.4 ผลการศึกษาความเร็วรอบในการเขย่าที่เหมาะสม

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 และ 4.2 ใช้ปริมาณโคโตซานจากเปลือกกุ้งชนิดละ 0.6 กรัม ต่อ น้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตรที่มีการปรับพีเอช เท่ากับ 5 และทำการปรับความเร็วรอบของการเขย่าให้เท่ากับ 80, 90, 100, 110 และ 200 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตซาน จากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเร็วยรอบการเขย่า

ความเร็วยรอบการเขย่า (รอบต่อนาที)	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
80	49.33	37.17	88.00
90	22.67	4.16	94.00
100	49.33	5.03	88.00
110	62.00	32.74	84.50
120	232.00	10.58	42.00

จากตารางที่ 4-3 พบว่าโคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ความเร็วยรอบการเขย่าเท่ากับ 90 รอบต่อนาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 94 ทั้งนี้การดูดซับจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระบวนการผ่านตัวถูกดูดซับ หรือการแพร่เข้าสู่รูพรุนของตัวดูดซับ ถ้าความเร็วยรอบการเขย่าต่ำ น้ำที่ล้อมรอบตัวดูดซับเป็นชั้นฟิล์มที่หนาและเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำมันและไขมันเข้าไปหาตัวดูดซับ ทำให้การดูดซับลดลง และถ้าความเร็วยรอบการเขย่าสูง ทำให้ชั้นฟิล์มที่ล้อมรอบตัวดูดซับบางลง ทำให้โมเลกุลของน้ำมันและไขมันสามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวถูกดูดซับเข้าหาตัวดูดซับได้รวดเร็วขึ้นและเมื่อพื้นผิวของโคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันเต็มพื้นผิวแล้วจะไม่สามารถดูดซับได้อีก ทำให้การดูดซับลดลงเมื่อความเร็วยรอบการเขย่าเพิ่มขึ้นจากความเร็วยรอบการเขย่าที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโคซานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับความถี่รอบการเขย่า

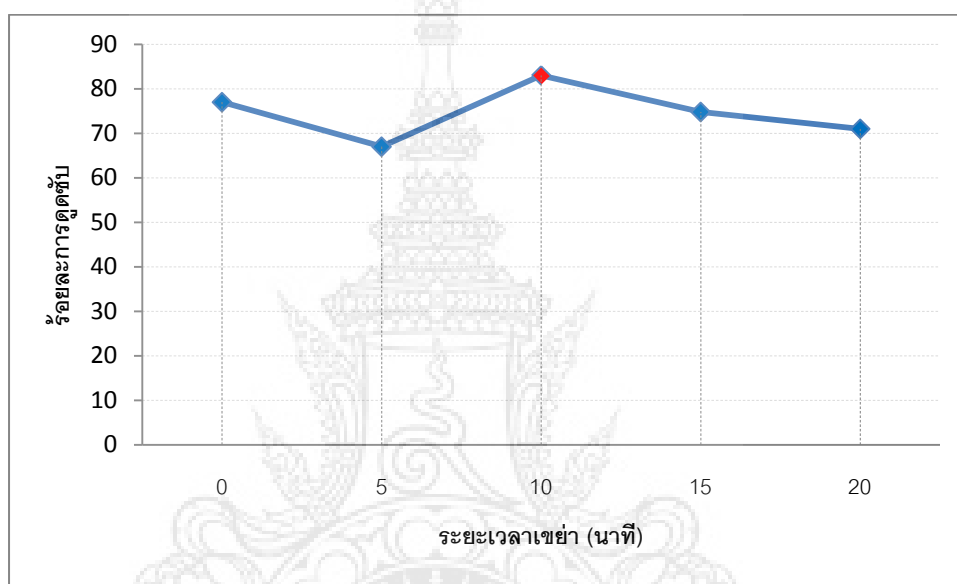
#### 4.5 ผลการศึกษาระยะเวลาในการเขย่าที่เหมาะสม

จากการทดลองในข้อที่ 4.3, 4.4 และ 4.5 ใช้ปริมาณโคโคซานจากเปลือกกุ้ง ชนิดละ 0.6 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ที่มีการปรับพีเอช เท่ากับ 5 ความเร็วรอบการเขย่า 10 รอบต่อ นาที ทำการแปรผันระยะเวลาเขย่าให้เท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดง ในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโคซาน จากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเขย่า

ระยะเวลาเขย่า (นาที)	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
0	90.67	20.43	77.00
5	131.33	9.24	67.00
10	22.67	4.16	83.00
15	101.33	9.24	74.80
20	114.67	42.06	71.00

จากตารางที่ 4-4 พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ระยะเวลาเขย่าเท่ากับ 10 นาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 83 ทั้งนี้ในระยะเวลาเริ่มต้นพื้นผิวของไคโตซานจากเปลือกกุ้งมีพื้นที่มาก ทำให้อัตราการดูดซับมีมากขึ้น จนถึงระยะเวลาหนึ่งบริเวณพื้นผิวของไคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันเต็มพื้นผิวแล้วจะไม่สามารถดูดซับได้อีก ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 แสดงร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานจากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเขย่า

#### 4.6 ผลการศึกษาระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสม

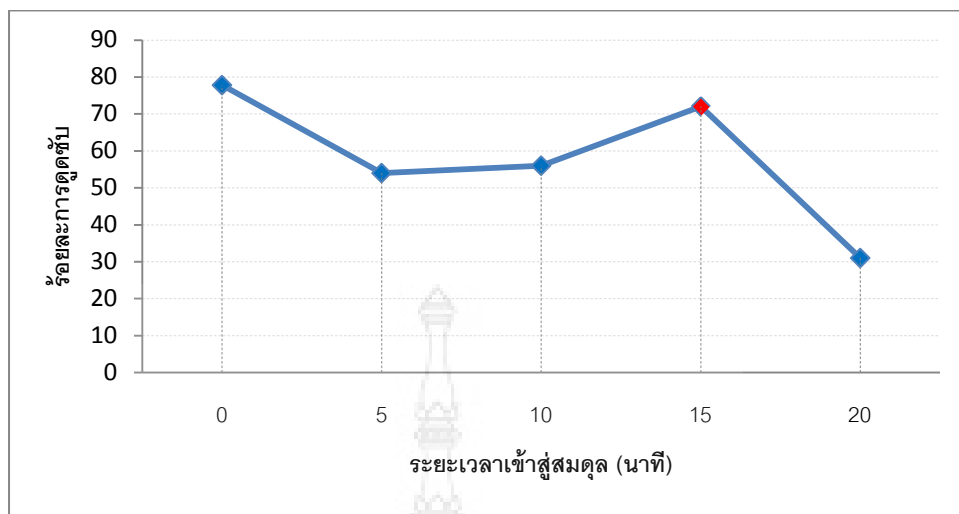
จากการทดลองในข้อที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ชนิดละ 0.6 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตรที่มีการปรับพีเอช เท่ากับ 5 ความเร็วรอบการเขย่า 90 รอบ ต่อนาที ระยะเวลาเขย่า 10 นาที ทำการแปรผันระยะเวลาเข้าสู่สมดุลเท่ากับ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตซาน  
จากเปลือกกุ้งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล

ระยะเวลาเข้าสู่ สมดุล (นาที)	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
0	88.667	5.03	77.80
5	184.00	12.49	54.00
10	174.67	11.72	56.00
15	112.67	26.41	72.00
20	277.33	37.54	31.00

จากตารางที่ 4-5 พบว่าโคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลเท่ากับ 0 นาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 77.8 ตามลำดับ ทั้งนี้ในระยะเวลาเริ่มต้นพื้นผิวของโคโตซานจากเปลือกกุ้งมีพื้นที่มาก ทำให้อัตราการดูดซับมีมากขึ้น จนถึงระยะเวลาหนึ่งบริเวณพื้นผิวของโคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับน้ำมันและไขมันจนเข้าสู่สภาวะสมดุลหรืออิ่มตัว และเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการคายซับ (Desorption) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง ดังภาพที่ 4-6 ในที่นี้กลุ่มวิจัยจึงได้เลือกระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสมเท่า 15 นาที เพราะที่ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลเท่ากับ 0 นาที มีการฟุ้งกระจายของโคโตซานอยู่จึงทำให้มีค่าร้อยละการดูดซับที่สูง แต่ให้ผลที่ไม่คงที่ ดังนั้น เมื่อปล่อยให้ระยะเวลาหนึ่งทำให้ ร้อยละการดูดซับต่ำลงจนถึงระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่เหมาะสมเท่า 15 นาที สังเกตได้ว่าร้อยละของการดูดซับนั้นมีค่าสูงขึ้น และหลังจากนั้นค่าร้อยละการดูดซับจะต่ำลง





ภาพที่ 4-6 แสดงร้อยละการดูดซับไขมันและน้ำมัน  
ของโคโคซานจากเปลือกกึ่งในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล

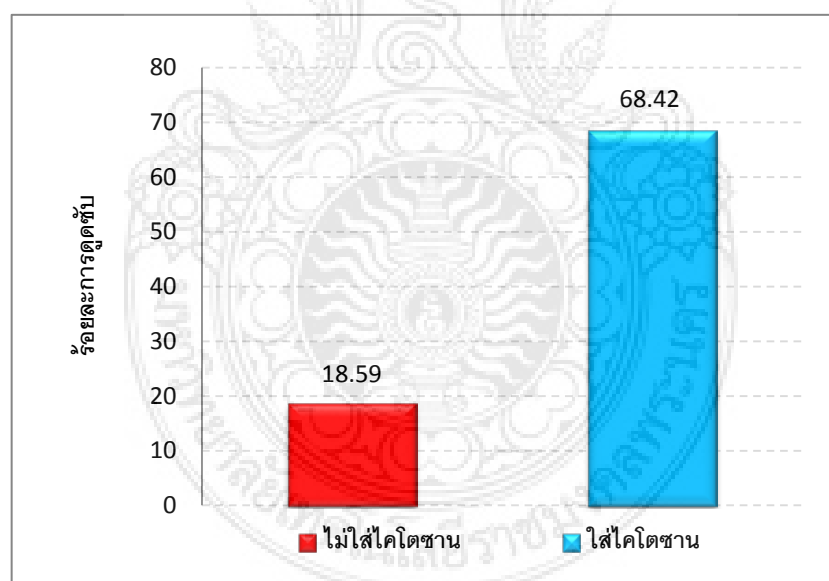
#### 4.7 ผลการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโคซานใน น้ำเสียจากโรงอาหาร

เมื่อนำน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ มาวิเคราะห์ค่าน้ำมันและไขมัน พบว่า มีปริมาณน้ำมันและไขมันเท่ากับ 570 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ปริมาตร 5 ลิตร ใช้โคโคซาน 60 กรัม และปรับพีเอชเท่ากับ 5 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลาอีก 10 นาที และระยะเวลาเข้าสู่สมดุล 15 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและไขมันของโคโตซานในน้ำเสียจาก  
โรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
ไม่ใช่โคโตซาน	464	79.20	18.59
ใส่โคโตซาน	180	22.63	68.42

จากตารางที่ 4-6 พบว่า เมื่อประยุกต์ใช้งานจริง โดยใส่โคโตซานและไม่ใส่โคโตซานนั้น  
ค่าน้ำมันและไขมันที่เหลือภายหลังมีค่าเท่ากับ 180 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 464 มิลลิกรัมต่อลิตร  
ตามลำดับ ซึ่งมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 68.42 และ 18.59 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละการดูดซับ  
น้ำมันและไขมันของการใส่โคโตซานและไม่ใส่โคโตซาน

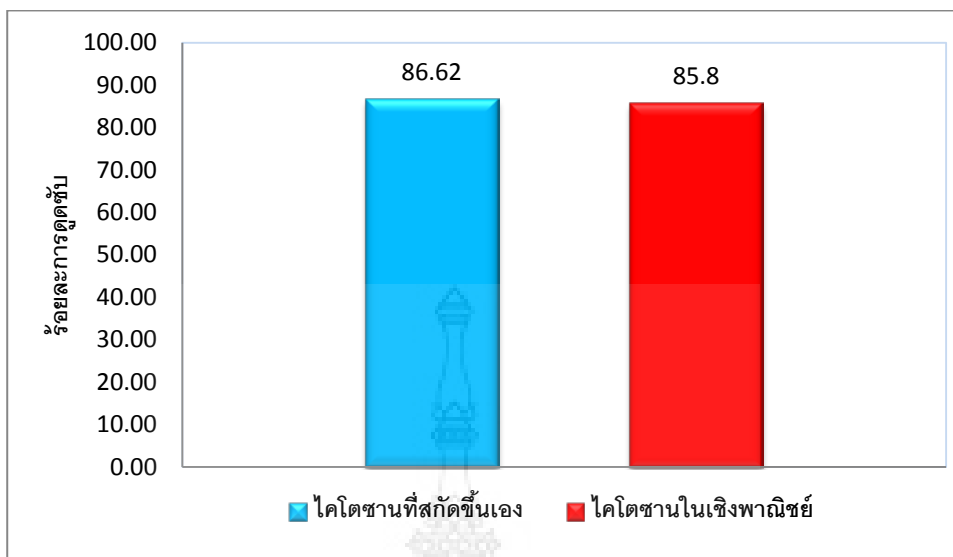
#### 4.8 ผลจากการประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์

เมื่อทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเท่ากับ ความเข้มข้นของน้ำเสียโรงอาหารคือ 570 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปริมาณไคโตซานที่ดีที่สุด และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับพีเอชที่ให้ร้อยละการดูดซับดีที่สุด จากนั้นนำไปเขย่าในความเร็วรอบและระยะเวลาเขย่าที่ให้ร้อยละการดูดซับที่ดีที่สุด และตั้งทิ้งไว้จนเท่ากับระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ให้ร้อยละการดูดซับดีที่สุด ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและไขมันในการประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดยเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์

	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	±S.D.	ร้อยละ การดูดซับ
ไคโตซานที่สกัดขึ้นเอง	76.25	15.20	86.62
ไคโตซานในเชิงพาณิชย์	80.50	13.43	85.88

จากตารางที่ 4-7 พบว่าไคโตซานที่สกัดขึ้นเองนั้นมีค่าน้ำมันและไขมันที่เหลือจากการประยุกต์ใช้งานจริงกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้นเท่ากับน้ำเสียโรงอาหาร มีค่าเท่ากับ 76.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 86.62 เมื่อเทียบกับไคโตซานเชิงพาณิชย์ พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันที่เหลือจากการประยุกต์ใช้งานจริงมีค่าเท่ากับ 80.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 85.88 เพราะฉะนั้นไคโตซานที่สกัดขึ้นเองมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันได้ใกล้เคียงกับไคโตซานเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 4-8 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละการดูดซับ  
น้ำมันและไขมันของโคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับโคโตซานเชิงพาณิชย์



## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ และในน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและการประยุกต์ใช้งานจริง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 จากการที่ศึกษาผลของปัจจัยการดูดซับต่างๆ ที่มีต่อการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของไคโตซานสำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 0.6 กรัม โดยใช้ ค่าพีเอชเท่ากับ 5 ความเร็วรอบการเขย่า 90 รอบต่อนาที ระยะเวลาการเขย่า 10 นาที และให้ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล 15 นาที จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันสูงสุด คือได้ค่าการดูดซับคิดเป็นร้อยละ 72

5.1.2 ผลการประยุกต์ใช้งานจริงในการดูดซับน้ำมันและไขมันของไคโตซานในน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาผลของปัจจัยการดูดซับต่างๆ ที่มีต่อการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ ซึ่งน้ำเสียจากโรงอาหารมีความเข้มข้นเท่ากับ 570 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเปรียบเทียบระหว่างการใส่ไคโตซานและไม่ใส่ไคโตซาน พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันร้อยละ 68.42 และ 18.59 ตามลำดับ แสดงว่าไคโตซานมีผลต่อการดูดซับน้ำมันและไขมันได้เป็นอย่างดี

5.1.3 ผลจากการเปรียบเทียบในการดูดซับน้ำมันและไขมันระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์ โดยใช้ปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันสังเคราะห์เท่ากับ 570 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าไคโตซานที่สกัดขึ้นเองนั้นมีค่าน้ำมันและไขมันที่เหลือเท่ากับ 76.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับร้อยละ 86.62 เมื่อนำมาเทียบกับไคโตซานในเชิงพาณิชย์ซึ่งได้ค่าน้ำมันและไขมันเหลือเป็น 80.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และให้มี

ประสิทธิภาพการดูดซับเท่ากับร้อยละ 85.88 แล้วพบว่าไคโตซานที่สกัดขึ้นเองมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันได้ใกล้เคียงกับไคโตซานเชิงพาณิชย์

5.1.4 เมื่อนำผลการทดลองจากการประยุกต์ใช้จริงกับน้ำเสียโรงพยาบาลเทคโนโลยีราชมงกุฎพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากการกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงพยาบาลเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) โดยใช้ไคโตซานจากแกนปลาหมึก พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งค่อนข้างมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันดีกว่าไคโตซานการแกนปลาหมึก ซึ่งไคโตซานจากเปลือกกุ้งสามารถดูดซับน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 68.42 และไคโตซานจากแกนปลาหมึกสามารถดูดซับน้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 45.48

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองในครั้งนี้ ทำให้ทราบข้อมูลบางอย่างเพื่อนำไปปรับปรุงงานทดลองในครั้งต่อไปจึงเสนอแนะไว้ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจดังต่อไปนี้

5.2.1 ควรมีการศึกษาวิธีการฟื้นฟูตัวดูดซับที่ผ่านการใช้งานแล้ว เพื่อนำมากลับมาใช้ใหม่ โดยนำไคโตซานที่ผ่านการใช้งานแล้ว มาล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อฟื้นฟูสภาพ หลังจากนั้นตากให้แห้งแล้วนำไปอบ เพื่อไล่ความชื้น และนำมาทำการทดลองใหม่อีกครั้ง

5.2.2 ควรมีการนำไปประยุกต์ใช้กับน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

5.2.3 ควรมีการนำไคโตซานไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

5.2.4 ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไคโตซานระหว่างไคโตซานที่สกัดขึ้นเองกับไคโตซานเชิงพาณิชย์ ควรทำให้มีลักษณะของไคโตซานที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน เนื่องจากในการทดลองไคโตซานเชิงพาณิชย์มีลักษณะที่ใหญ่อาจต้องใช้เวลาในการละลายเพื่อประสิทธิภาพในการดูดซับ

5.2.5 ในการทดลองควรมีการดำเนินการทดลองที่มากกว่า 3 ครั้ง เพื่อป้องกันผลการทดลองคลาดเคลื่อน

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2546. **คู่มือแนวทางการจัดการกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย**  
**โครงการจัดทำหลักเกณฑ์และแนวทางการจัดการกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำ**  
**เสีย.** บริษัท ทีคิวพี จำกัด.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **ถังดักไขมัน ใครคิดว่าจะไม่สำคัญ?** กรุงเทพมหานคร.
- ขวัญเรือน รัตนกักดี และปิยนุช อุทกโยธพ. 2547. **การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะ**  
**หนักด้วยไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งกุลาดำและเปลือกกุ้งก้ามกราม.** วิทยานิพนธ์
- ปริญญาามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- “ไคโตซาน สารมหัศจรรย์”. 2543. **เทคโนโลยี.** ปีที่ 21(3) : 26-27.
- จันทรา นรินพรรัตน์. 2547. **การใช้ไคโตซานร่วมกับตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่ง**  
**ชุมชน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จารุรัตน์ เชาว์เลิศ และคณะ. 2545. “การตกตะกอนน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์ปีกด้วยไบโอ-
- โพลิเมอร์”, **วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง.** ปีที่ 11(1) : 50-56.
- ชฎาภา ธยามนนท์. 2547. **การผลิตและศึกษาสารดูดซับจากโซลเจลสำหรับการดูดซับ**  
**สารระเหยอินทรีย์ (VOCs).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
- ธนบุรี.
- โชติรส เขียมสะอาด. 2545. **การกำจัดสีย้อมที่ละลายน้ำได้ด้วยการดูดซับไคโตซาน.**
- วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฐิติมา มณีกุล. 2545. **ศึกษาการเตรียมปดไคโตซานเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับ.** โครงการเรียน
- การสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐธยาน์ พงศ์สถาปดี. 2550. **การกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการดูดซับบนตัวดูด**  
**ซับที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติเพื่อตัดแปรเป็นเชื้อเพลิงรีไซเคิล.** ภาควิชาเคมี
- เทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- นวนพชัย บุญวาศ สุวิทย์ มังคละดารา และเอมอร ตีรวิเศษสร. 2543. **การดูดซับสาร VOC ด้วยถ่านกัมมันต์**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. นันทิยา เจียบแหลม. 2548. **สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติการใช้งานของไคโตซานที่เตรียมภายใต้ภาวะการกำจัดหมู่อะซีติลต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา. นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิต ตังคณานุรักษ์. 2550. **หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.
- บุญส่ง ไช้เกษ และคณะ. 2554. “ประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนและแผงลอยจำหน่ายอาหารในชุมชนซอยโชดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร”, **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม**. ปีที่ 7(1) : 30-42.
- เบญจวรรณ สุทธิไชย. 2547. **การบำบัดน้ำเสียสีย้อมประเภทละลายน้ำด้วยเกลือไคโตซานจากเปลือกกุ้ง**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2542. “ศาสตร์ของกุ้งขาว ตอนที่ 5”, **หนังสือสัตว์น้ำ**. ประจำเดือนตุลาคม, 158 : 87-90.
- ผกาวดี นารอง. 2543. “การใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง,” **วารสารศูนย์บริการวิชาการ**. ปีที่ 8(2) : 19-20.
- พัฒนา มูลพฤกษ์. 2539. **อนามัยสิ่งแวดล้อม**. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น.เอส.แอล. พรินติ้ง, กรุงเทพมหานคร.
- พัชรนันท์ กิจสกุลไพศาล. 2542. “แนวโน้มการพัฒนาและการผลิตไคติน-ไคโตซาน ในประเทศไทย”, **อินดัสเทรียล เทคโนโลยี รีวิว**. ปีที่ 6(60) : 50-52.
- พวยัพ ยังกัษี. 2542. “ไคตินไคโตซานสารพัดประโยชน์เพิ่มมูลค่าจากเปลือกกุ้ง กระดองปู,” **สัตว์น้ำ**. ปีที่ 10(117) : 57-62.



## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. 2536. “การแนะนำระบบบำบัดน้ำเสีย (ตอนที่1)”, วารสารปาริชาติ. ปีที่ 7(1) : 18-19
- พวงเดือน ชุ่มศิริ. 2557. **น้ำมันและไขมัน (Grease and Oil) ในสิ่งแวดล้อมกับห้องปฏิบัติการ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: [http://www.envwest.com/km/data/057-km\\_reo8](http://www.envwest.com/km/data/057-km_reo8). (วันที่ค้นข้อมูล: 30 มกราคม 2557).
- ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และกิ่งเกียรติ คงสุวรรณ. 2543. “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน”, **เอ็มเทค**. ปีที่ 19 : 69 -75
- ภรณ์ภิตา พงษ์ประสิทธิ์. 2555. **การกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำทิ้งโรงอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) ด้วยไคตินและไคโตซานจากแกนหมึกกล้วย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และมันรัช ตัณฑุลเวศม์. 2551. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สรรพสิทธิ์ สรรพอนุเคราะห์. 2534. “เรื่องน้ำรั่วเกี่ยวกับน้ำเสีย.” **วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. ปีที่ 5(13) : 128-129
- สร้อย คคนัมพร. 2545. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ชนิดผงและชนิดเกล็ดในการกำจัดโครเมียมที่ละลายในน้ำเสียสังเคราะห์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สิริรัตน์ สุภัสสุธิ และนิสา บุตรดา. (2545). “การแยกโปรตีนในเปลือกกุ้งโดยแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์โปรตีเอส”, **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. ปีที่ 7(1) : 1-2.
- สุดาพร ตั้งควนิช และคณะ. (2549). “การเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้งและกระดองปู”, **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 65-66.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุปราณี กนกวรรณจรัส. 2544. **การศึกษาจุลพจนศาสตร์ของกระบวนการผลิตไคติน-**

**ไคโตซาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า.

ศุภชัยชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2556. ไคโตซาน. [ออนไลน์]. สืบค้น จาก <http://www.material.chula.ac.th/CCB/Home.htm> (วันที่ค้นข้อมูล: 16 ธันวาคม 2556).

อดุลย์ ศรีพิลา. 2543. **การศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการดูดซับฟลูออไรด์บนถ่าน กัมมันต์และถ่านกระดูก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรสา ฉายแสง ชลิตา ณ ตะกั่วทุ่ง และทัศนีย์ ห้วนอน. 2555. **การศึกษาการบำบัดน้ำเสีย จากโรงอาหาร มทร.พระนคร ในระบบดินน้ำ ขังสลับแห้งร่วมกับพืช 3 ชนิด.**

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Goosen, M. 1997. *Application of chitin and chitosan.* Technomic Publishing Company.

Ikan, R. 1969. *Natural Products.* Academic Press, London. 293p.

Khor, E. 2001. *Chitin: fulfilling a biomaterial promise.* Elsevier Science Ltd. UK.

Kumar, M.N.V.R. (2000). A review of chitin and chitosan application. *Reactive and Functional Polymers.* 46 : 1-27.

Muzzarelli, R.A.A. and Peter, M.G. 1997. *Chitin Handbook.* European Chitin Society.

Tangchatchawan, W. 2005. *Chemistry of water and wastewater treatment [In Thai].* Bangkok: Srinakharinwirot University Press.

Tunyasathian, S., Wongsawan, K. & Wongsawan, S. 2001. *Pollution environment (Thai social problems) [In Thai].* Bangkok: Ruamsan.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Vogel, A.I. 1956. A Text-Book of Practical. Organic Chemistry, 3rd ed., Longmans, London. 1188p.

Wichianphet, T. 2002. The efficiencies of fresh cattail flower *Typha angustifolia*.

Master's thesis Kasetsart University.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์น้ำมันและไขมันโดยใช้วิธีซอกซ์เลต  
(ใช้กับน้ำเสีย)

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์น้ำมันและไขมันโดยใช้วิธีชอกส์เลต (ใช้กับน้ำเสีย)

#### 1. วิธีการวิเคราะห์น้ำมันและไขมันโดยใช้วิธีชอกส์เลต (ใช้กับน้ำเสีย)

##### 1.1 หลักการ

ปรับสภาพตัวอย่างที่เป็นของเหลวให้เป็นกรด (พีเอชน้อยกว่า 2) เพื่อให้ไขมันและไขมันแตกตัวจากน้ำและทำให้แยกจากน้ำโดยการกรอง นำมาสกัดด้วยเครื่องมือสกัดชอกส์เลตโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย จากนั้นจึงนำเฮกเซนที่มีไขมันและน้ำมันละลายอยู่ไประเหยจนแห้ง ซึ่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือซึ่งจะเป็นปริมาณน้ำมันและไขมันในตัวอย่าง

##### 1.2 การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาวิเคราะห์ควรเก็บไว้ในขวดแก้วปากกว้างที่ล้างด้วยเฮกเซนแล้ว เพื่อกำจัดคราบของสารซักฟอกออกและควรเก็บน้ำให้ได้ปริมาตรที่พอดีที่จะวิเคราะห์น้ำมันและไขมันไม่ควรเก็บมามากแล้วแบ่งมาวิเคราะห์ ถ้าเก็บตัวอย่างมาแล้วแต่ยังไม่ได้อวิเคราะห์ ถ้าเก็บมาแล้วแต่ยังไม่ได้อวิเคราะห์ทันที ต้องเก็บรักษาไว้ด้วยกรดกำมะถันเข้มข้นในอัตรา 2 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

##### 1.3 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีในการวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

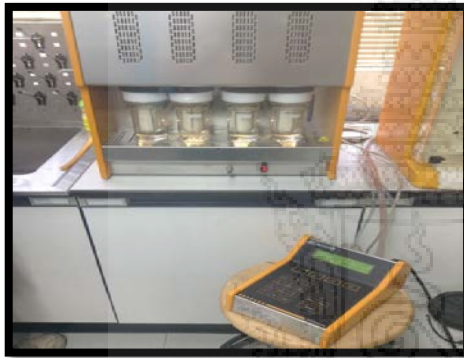
###### 1.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) ชุดสกัดชอกส์เลต (ภาพที่ ก-1)
- 2) เครื่องดูดสุญญากาศ (ภาพที่ ก-2)
- 3) ขวดสกัด (ภาพที่ ก-3)
- 4) เครื่องชั่งละเอียด (ภาพที่ ก-4)
- 5) ตู้อบ (ภาพที่ ก-5)
- 6) กระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาด 7 ซม. (ภาพที่ ก-6)
- 7) เอกซ์แทรกชันทิมเบล (ภาพที่ ก-7)
- 8) ลูกแก้ว (ภาพที่ ก-8)
- 9) ที่กรอง (ภาพที่ ก-9)

- 10) ที่คีบ (ภาพที่ ก-10)
- 11) Forceps (ภาพที่ ก-11)
- 12) ส้อมลิ (ภาพที่ ก-12)

### 1.3.2 สารเคมี

- 1) กรดไฮโดรคลอริก (ภาพที่ ก-13)
- 2) เฮกเซน (ภาพที่ ก-14)



ภาพที่ ก-1



ภาพที่ ก-2



ภาพที่ ก-3



ภาพที่ ก-4



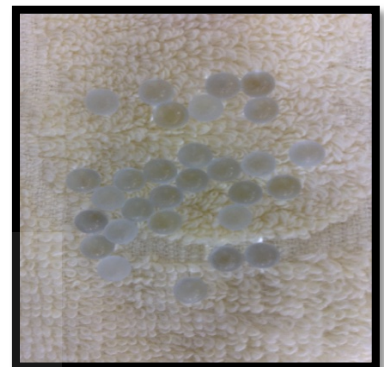
ภาพที่ ก-5



ภาพที่ ก-6



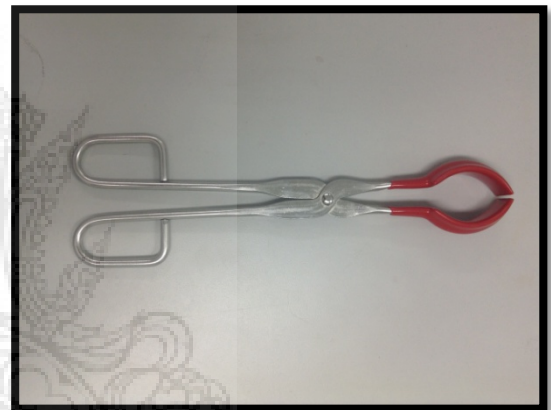
ภาพที่ ก-7



ภาพที่ ก-8



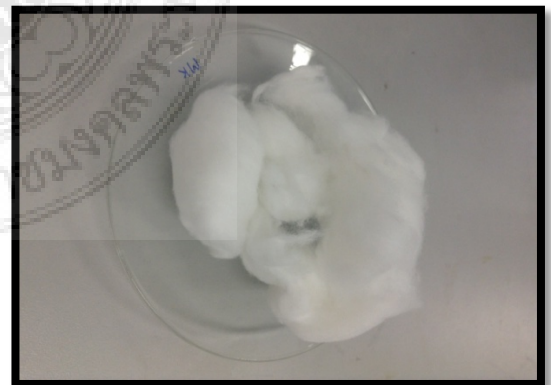
ภาพที่ ก-9



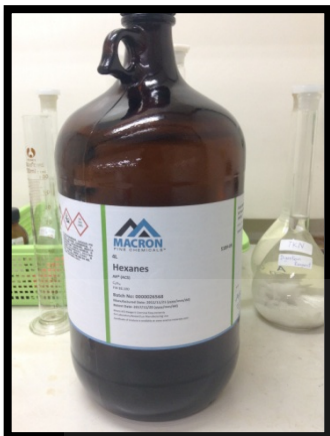
ภาพที่ ก-10



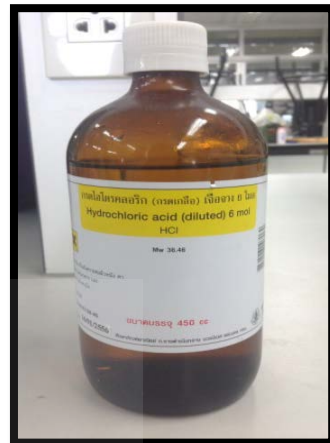
ภาพที่ ก-11



ภาพที่ ก-12



ภาพที่ ก-13



ภาพที่ ก-14

#### 1.4 วิธีวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 1 นำตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปรับพีเอชให้น้อยกว่า 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (ภาพที่ ก-15)

ขั้นตอนที่ 2 เตรียมแผ่นกรองดูดซับน้ำมันโดยวางกระดาษกรองในกรวยบุคเนอริ์ ใช้เครื่องสุญญากาศดูดน้ำตัวอย่างที่มีน้ำมันและไขมันออก (ภาพที่ ก-16)

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ Forceps คีบกระดาษกรองนำไปใส่ในทิมเบล ใช้สำลีชุบเฮกเซนเช็ดน้ำมันและไขมันที่ติดถ้วยบุคเนอริ์ให้หมด แล้วนำสำลีใส่ในทิมเบลด้วย (ภาพที่ ก-17)

ขั้นตอนที่ 4 นำทิมเบลไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเวลา 30 นาที (ภาพที่ ก-18)

ขั้นตอนที่ 5 ชั่งน้ำหนักขวดที่ใช้สกัด ซึ่งได้ทำแห้งและมีน้ำหนักคงที่ (อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส) สมมติเท่ากับ A กรัมใส่เฮกเซนลงในขวดสกัด 80 มิลลิลิตร (ภาพที่ ก-19)

ขั้นตอนที่ 6 นำทิมเบลใส่ในขวดสกัดนำไปใส่ในชุดชอกฮ์เลต (ภาพที่ ก-20)

#### 6.1 หลักการทำงานของเครื่องชอกฮ์เลต

6.1.1 Hot Extraction - ตัวอย่างจะถูกต้มในตัวทำละลายเพื่อทำการสกัดส่วนที่เป็นน้ำมันและไขมันออกมา (ภาพที่ ก-21)



6.1.2 Evaporation A - ระดับตัวทำละลายจะลดต่ำกว่าก้นทิมเบิล ส่วน ตัวทำละลายที่เกินจะถูกนำไปเก็บที่ถังเก็บตัวทำละลายด้านหลังเครื่อง (ภาพที่ ก-22)

6.1.3 Rinsing Time - ตัวทำละลายที่เก็บอยู่ในส่วนเก็บตัวทำละลาย ด้านบน ปีกเกอร์จะทำการชะน้ำมันและไขมันในตัวอย่างตรงกลางทิมเบิล (ภาพที่ ก-23)

6.1.4 Evaporation B - ปริมาณตัวทำละลายส่วนที่เหลือจะถูกเก็บที่ถังเก็บตัวทำละลายด้านหลังเครื่อง (ภาพที่ ก-24)

6.1.5 Evaporation C - ปีกเกอร์ยกขึ้นจากส่วนให้ความร้อน หากแต่ ส่วนให้ความร้อนยังทำงานอยู่เพื่อไล่ตัวทำละลายส่วนที่เหลือออกด้วยการพาความร้อน (ภาพที่ ก-25)

ขั้นตอนที่ 7 ปล่อยขวดสกัดให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สมมุติเท่ากับ B กรัม (ภาพที่ ก-26)

### 1.5 การคำนวณค่าน้ำมันและไขมัน

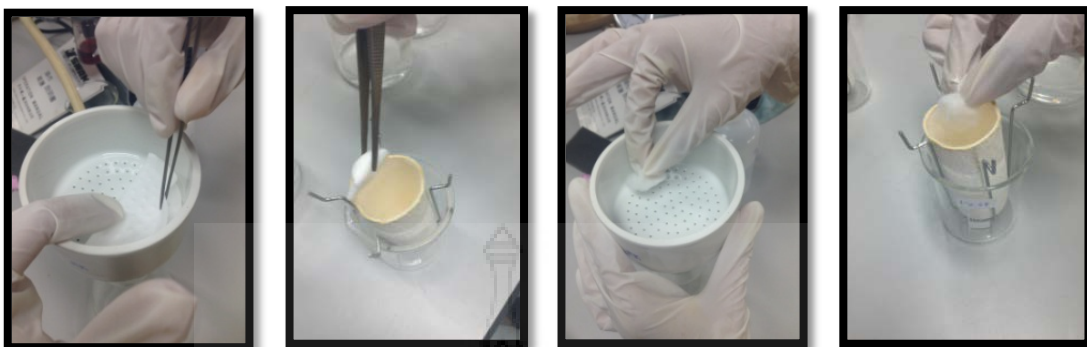
$$\text{ไขมันและน้ำมัน} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (mL)}}$$



ภาพที่ ก-15 ขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ ก-16 ขั้นตอนที่ 2



ภาพที่ ก-17 ขั้นตอนที่ 3



ภาพที่ ก-18 ขั้นตอนที่ 4



ภาพที่ ก-19 ขั้นตอนที่ 5



ภาพที่ ก-20 ขั้นตอนที่ 6



ภาพที่ ก-21 ขั้นตอนที่ 6.1



ภาพที่ ก-22 ขั้นตอนที่ 6.2



ภาพที่ ก-23 ขั้นตอนที่ 6.3



ภาพที่ ก-24 ขั้นตอนที่ 6.4



ภาพที่ ก-25 ขั้นตอนที่ 6.5



ภาพที่ ก-26 ขั้นตอนที่ 7



## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวสมปราวรณา วิณิชชัย  
 วัน เดือน ปีเกิด 29 กันยายน 2534  
 ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

### ประวัติการศึกษา

2546	ประถมศึกษา	โรงเรียนทานสัมฤทธิ์วิทยา
2549	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม
2552	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม
2556	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร







## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวอารีญา บุตรฤทธิ  
วัน เดือน ปีเกิด 10 มีนาคม 2535  
ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

### ประวัติการศึกษา

2546 ประถมศึกษา โรงเรียนวัดลานนาบุญ  
2549 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนรัตนานิเบศร์  
2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนรัตนานิเบศร์  
2556ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

