



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

Dephosphorization in Wastewater by Chitosan from Shrimp Shell
and Commercial Chitosan

นามผู้วิจัย นางสาวราภรณ์ ศรีจิว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์คณิตาตั้งคณานุรักษ์, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

Dephosphorization in Wastewater by Chitosan from Shrimp Shell
and Commercial Chitosan

โดย

นางสาวราภรณ์ ศรีจิว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2556

วารสาร ศรีจิว 2556: การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง
และไคโตซานเชิงพาณิชย์ ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์คณิตา ตั้งคณานุรักษ์,วท.ม. 67 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับฟอสเฟต
ในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์
ได้แก่ พีเอช (6-9) ความเร็วรอบการปั่นกว (0-200 รอบ/นาที) ระยะเวลาปั่นกว (10-120 นาที)
ระยะเวลาสัมผัส (0-120 นาที) ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (5-30 มิลลิกรัม
ต่อลิตร) และปริมาณของตัวดูดซับ (0.125-2 กรัม) จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับ
ฟอสเฟตด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ พบว่า ที่พีเอช 4 ความเร็วรอบ
ในการปั่นกว 150 รอบ/นาที ระยะเวลาปั่นกว 90 นาที ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที และความ
เข้มข้นที่สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟต
ได้ร้อยละ 54.94 และ 26.17 ตามลำดับ และการประยุกต์ใช้จริง พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง
และไคโตซานเชิงพาณิชย์ปริมาณ 200 กรัม น้ำเสียปริมาตร 20 ลิตร ปั่นกวด้วยใบพัดนาน
90 นาที ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล 30 นาที มีประสิทธิภาพการดูดซับ เท่ากับ 44.55 และ 39.27
ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานทั้งสองชนิด สามารถบำบัดมลสารอื่นๆในน้ำเสียได้ เช่น
ของแข็งละลายในน้ำ ซีโอดี บีโอดี ไขมันและน้ำมัน เป็นต้น สำหรับการฟื้นฟูไคโตซานทั้งสอง
ชนิดหลังจากผ่านการใช้งานแล้ว พบว่า การใช้งานไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซาน
เชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพในการดูดซับลดลงครึ่งหนึ่งจากประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟต
ในครั้งแรกที่สามารถดูดซับฟอสเฟตได้ร้อยละ 44.87 และ 38.26 ตามลำดับ

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Waraporn Srijew 2013: Dephosphorization in Wastewater by Chitosan from Shrimp Shell and Commercial Chitosan. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, Department of Environment Science. Thesis Advisor: Associate Professor Kanita Tungkananuruk, M.Sc. 67 pages.

The aim of this research was to investigate the possible use of chitosan that was prepared from shrimp shell waste to remove of phosphorus contained in domestic wastewater. A batch experiment was conducted and the influence of pH (6-9), shaking rate (0-200 rpm.), shaking time (10-120 min.), contact time (0-120 min.), concentration of phosphate standard solution (5-30 mg/l) and chitosan dosage (0.125-2 g.) on phosphate removal were investigated. Maximum removal in 10 mg/L of the PO_4^{3-} -P solution by prepared chitosan and commercial chitosan were achieved at pH 4, shaking rate 150 rpm, shaking time 90 min and contact time 30 min. The phosphorus removal by prepared chitosan and commercial chitosan decreased from 54.94 % to 26.17% and 44.55% to 39.27 % when the wastewater was changed from the PO_4^{3-} -P solution to domestic wastewater had the other pollutant. That could be interfered the phosphorus removal process of chitosan. In addition, the removal of phosphorus in 20 L. of Phetchaburi municipality domestic wastewater was carried out under the optimum condition from batch experiment. It was found that 44.87 % and 38.26 % of phosphorus was removed by prepared chitosan and commercial chitosan respectively, more over the other pollutant such as turbidity, TDS, COD and BOD were removed too.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาในการให้ความรู้ ความเข้าใจ คำแนะนำ และเป็นທີ່ปรึกษาในการแก้ไขปัญหา ข้อบกพร่องที่เกิดจากการศึกษาวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย และสนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผ่านโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และขอขอบคุณ คุณวัชรพงษ์ วาระรัมย์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวัลลภ และคุณแม่รจนา ศรีจิว ที่ได้อบรมสั่งสอน สนับสนุน และให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบคุณ คุณสุรพันธ์ นนทรรัตน์ คุณเพลินพิศ เอี่ยมเย็น และครอบครัว ครอบครัวทองสุข ครอบครัวมณีใสและเพื่อนๆทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังใจและกำลังใจในการศึกษาวิจัย จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

วราภรณ์ ศรีจิว

กุมภาพันธ์ 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	38
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	57
ภาคผนวก	59
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	67

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สมมูลประชากรสำหรับน้ำเสียจากอาคาร ในเขต กทม. และปริมณฑล	8
2 ลักษณะของน้ำเสีรวมจากแหล่งชุมชน	8
3 สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย	10
4 ปริมาณฟอสฟอรัสจากปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2531	11
5 ปริมาณจำหน่ายสารประกอบฟอสฟอรัสที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ในปี พ.ศ. 2535	12
6 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี	50
7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี หลังผ่านการดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์	51
8 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์	52
9 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ก่อนและหลังการดูดซับด้วยไคโตซาน จากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์	52
10 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและ ไคโตซานเชิงพาณิชย์หลังการใช้งาน	53

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ กับปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์	60
2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับพีเอช	60
3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับความเร็วรอบเขย่า	61
4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับระยะเวลาเขย่า	61
5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล	62
6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับความเข้มข้น สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต	62
7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจาก เปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับปริมาณไคโตซาน	63
8 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	64
9 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ	18
2 โครงสร้างของไคดิน	23
3 โครงสร้างของไคโตซาน	23
4 แสดงขั้นตอนการสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	32
5 ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์	38
6 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร	39
7 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร	39
8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตกับปริมาณของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์	40
9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับพีเอช	41
10 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเร็วรอบการเขย่า	42
11 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาการเขย่า	43
12 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล	44
13 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (ppm)	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับปริมาณไคโตซาน (กรัม)	46
15	ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของแลงเมียร์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	47
16	ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของฟรุนดลิช ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	48
17	ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของแลงเมียร์ ด้วยไคโตซานเชิงพาณิชย์	48
18	ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของฟรุนดลิช ด้วยไคโตซานเชิงพาณิชย์	49

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

DO	=	Dissolved oxygen
TDS	=	Total Dissolved Solution
TSS	=	Total Suspended Solids
COD	=	Chemical Oxygen Demand
BOD	=	Biological Oxygen Demand
EC	=	Electrical Conductivity

การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์

Dephosphorization in Wastewater by Chitosan from Shrimp Shell and Commercial Chitosan

คำนำ

ฟอสฟอรัสพบทั้งในสิ่งมีชีวิต น้ำตามธรรมชาติ และน้ำเสีย ซึ่งอยู่ในรูปของฟอสเฟต โดยแหล่งน้ำตามธรรมชาติพบฟอสฟอรัสได้จากการถูกฝนชะล้างหน้าดินและหินที่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสพัดพาไปสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งมูลของนกบางชนิด เศษซากพืชซากสัตว์ที่ตายทับถมกันในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ยังมาจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม แม้ว่าจะมีการบำบัดน้ำทิ้งดังกล่าวแล้ว แต่ยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสเหลืออยู่ในปริมาณสูง เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำและระบบนิเวศในแหล่งน้ำ

ปัจจุบันปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชน จะอยู่ในรูปของฟอสเฟตโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร หากไม่มีการบำบัดด้วยวิธีที่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่แหล่งน้ำมีธาตุอาหารสูงทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลการสังเคราะห์แสงของพืช ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ และการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพไม่สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด น้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียก็เป็นแหล่งที่เติมปริมาณฟอสฟอรัสอีกแหล่งให้กับแหล่งน้ำตลอดเวลา

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการดูดซับเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ต้นทุนต่ำ ไม่มีปัญหาเรื่องสารเคมีตกค้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากตัวดูดซับเป็นวัสดุทางธรรมชาติ ก็จะช่วยลดต้นทุนในการบำบัดน้ำมากยิ่งขึ้น การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ ก็เป็นทางเลือกหนึ่งของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เนื่องจากคุณสมบัติของไคโตซานเป็นตัวสร้างตะกอนและตกตะกอน (Flocculant and coagulation agent) ที่ดี เนื่องจากมีหมู่อะมิโนจำนวนมากที่สามารถแตกตัวเป็นประจุบวกในสถานะที่เป็นกรด และจับกับสารที่มีประจุลบได้ เช่น โปรตีน ลิข้อมพอลิเมอร์

นอกจากนั้น ในสถานะที่เป็นกลางไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของไคโตซานจะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนหรือรีดิวซ์ ทำให้ไอออนของโลหะสามารถสร้างพันธะเชิงซ้อน (Coordinate) กับหมู่อะมิโนได้นั่นคือ สามารถดูดซับหรือกำจัดไอออนของโลหะได้ นอกจากนี้ไคโตซานสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Biodegradable) และสิ่งแวดล้อม โดยไคโตซานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เตรียมจากเปลือกกุ้งที่เหลือทิ้งจากการบริโภค หรือกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งและต้องได้รับการกำจัดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทำให้ของเสียเป็นศูนย์ (Zero waste)



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในรูปของอโรฟอสเฟต โดยใช้ ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน
3. เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกุ้งที่เหลือทิ้งจากการบริโภคและกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การตรวจเอกสาร

1. แหล่งที่มาและคุณลักษณะของน้ำเสีย

กรมควบคุมมลพิษ (2537) ได้กล่าวไว้ว่า น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย ขนาดต่างๆ โรงแรม ตลาด รวมทั้งสำนักงานและสถานที่ทำงานนานาชนิด น้ำเสียประเภทนี้เกิดจากกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์

เสริมผลและไชยยุทธ (2524) กล่าวว่า น้ำเสียชุมชน (domestic wastewater) หมายถึง น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคารร้านค้า โรงมหรสพ โรงแรม ฯลฯ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ในการดำรงชีวิต อาทิ การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ สิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำทิ้งประเภทนี้ ส่วนมากเป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ฟงชักฟอก อุจจาระและปัสสาวะ เป็นต้น

เกษม (2551) ได้กล่าวว่า น้ำเสีย (wastewater) หมายถึงของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น ส่วนน้ำทิ้ง (effluent) ก็คือน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว หรือไม่ได้รับการบำบัด ซึ่งถูกระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

1.1 น้ำเสียชุมชน (domestic wastewater)

น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ น้ำส้วม (toilet waste) ซึ่งมีสิ่งขับถ่ายจากร่างกายปนอยู่ และน้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่นๆ (sewage) เช่น การประกอบอาหาร การชำระร่างกาย เป็นต้น เปี่ยมศักดิ์ (2539) กล่าวว่าน้ำโสโครกของแหล่งชุมชนสามารถแยกออกเป็น 4 ประเภท คือ

1.1.1 Sanitary wastewater คือ น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยออกจากบ้านเรือน เป็นน้ำโสโครกซึ่งรวมทั้งน้ำจากห้องน้ำ ห้องครัว และน้ำซักเสื้อผ้า

1.1.2 Domestic wastewater คือ น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยออกมาจากชุมชนซึ่งรวมถึงน้ำทิ้งของบ้านเรือน ตลาด และโรงพยาบาล

1.1.3 Municipal wastewater คือ น้ำโสโครกที่อยู่ในท่อน้ำโสโครกเทศบาลเมือง ตามปกติแล้วจะมีแต่น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยมาจากชุมชน แต่บางแหล่งเทศบาลอนุญาตให้โรงงานอุตสาหกรรมย่อยถายน้ำทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำร่วมกับน้ำเสียชุมชนได้ น้ำโสโครกในท่อระบายจึงมีความสกปรกมากขึ้น โดยปกติแล้วในต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา น้ำเสียประเภท municipal wastewater จะมีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กปนอยู่ประมาณ 20%

1.1.4 Combined wastewater คือ น้ำโสโครกที่ประกอบด้วย domestic wastewater น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และน้ำฝนผิวดิน (storm water runoff) ตัวอย่างน้ำโสโครกชนิดนี้ได้แก่ น้ำโสโครกที่อยู่ในท่อระบายน้ำโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร

1.2 ลักษณะน้ำเสียชุมชน

ลักษณะน้ำเสียชุมชน เกรียงศักดิ์ (2536) กล่าวว่า ปริมาณน้ำจริง (water content) ในน้ำเสียมีสูงมาก (ร้อยละ 99.9 หรือมากกว่า) ซึ่งหมายความว่า ค่าจำนวนของแข็งทั้งหมดในน้ำเสียมีอยู่เพียงร้อยละ 0.1 หรือน้อยกว่า ของแข็งเหล่านี้ประกอบไปด้วย เชื้อโรค เศษอาหาร สบู่ ไขมันต่างๆ และสิ่งอื่นๆอีกหลายชนิด ซึ่งรวมไปถึงสารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ ทราย กรวด หิน ส่วนสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส ลิพิด (สารประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนซึ่งพบในไม้ต่างๆ) ไขมัน สบู่ ผงซักฟอก ส่วนสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียประกอบไปด้วยเกลือ และแร่ธาตุต่างๆ เช่น คลอไรด์ ซัลเฟต เกลือที่ละลายน้ำได้ กรวด ทราย และอื่นๆ สิ่งสกปรกในน้ำเสียเป็นสิ่งที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำเสียให้มากที่สุด เพื่อให้มีสภาพที่ดีขึ้นก่อนที่จะปล่อยออกไปสู่แหล่งน้ำอื่นๆ หรือสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ซึ่งธงชัย และวิบูลลักษณ์ (2540) ได้อธิบายว่าสิ่งที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียโดยทั่วไปมีดังนี้คือ

1.2.1 สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เศษข้าว พืชผัก ซึ้นเนื้อ ฯลฯ

1.2.2 สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็นแต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต หรือเป็นอุปสรรคในกระบวนการผลิตน้ำประปา ได้แก่ คลอไรด์ ในโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟต เป็นต้น

1.2.3 โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ โดยอาจจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น พรอท แคดเมียม ทองแดง ปกติจะมาจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนจากกับน้ำที่จากการเกษตร สำหรับเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษเหล่านี้จากอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อยู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล ฯลฯ

1.2.4 น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงและกีดขวางการละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ และทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

1.2.5 ความร้อน ทำให้อุณหภูมิของน้ำเสียสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการใช้ ออกซิเจนของจุลินทรีย์และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ

1.2.6 ของแข็ง ประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ตะกอนหนัก (settleable solids) และของแข็งละลายน้ำ (dissolved solids) ซึ่งเมื่อจมตัวลงสู่ก้นลำน้ำทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและการนำน้ำไปใช้ประโยชน์

1.2.7 สีและความขุ่น มักเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ กระดาษฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ สีและความขุ่นจะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงในลำน้ำและทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

1.2.8 กรดและด่าง สามารถวัดโดยค่าพีเอช (pH) ค่าพีเอชมากกว่า 7 หมายถึงสภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึงสภาพเป็นกรด น้ำสะอาดจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและการนำน้ำไปใช้ประโยชน์

1.2.9 สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดขวางการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อปลา

1.2.10 จุลินทรีย์ (microorganism) น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์หรือโรงงานอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตทำให้สามารถลดระดับของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำได้ในระยะเวลาดสั้น ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล

1.2.11 สารกัมมันตรังสี อาจมาจากโรงพยาบาล หรือองค์กรของรัฐบาลเป็นสารอันตรายเมื่อสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต และก่อให้เกิดมะเร็งได้

1.2.12 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตเกินขีดของสาหร่าย (algae boom) ซึ่งจะลดระดับออกซิเจนในน้ำในช่วงเวลากลางคืน และทำให้เกิดวัชพืชน้ำซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำและการนำน้ำไปใช้

1.2.13 กลิ่น เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ หรือกลิ่นอื่นๆจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

1.3 ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งชุมชน

ปริมาณน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนต่างๆ ย่อมมีความแตกต่างออกไป ตามลักษณะของประเภทอาคาร และตามลักษณะของระบบประปา คนที่อาศัยในบ้านพักแบบทันสมัยการครองชีพสูงจะใช้น้ำมากกว่าคนที่อาศัยในบ้านพักแบบเก่าที่มาตรฐานการครองชีพต่ำ

ปราณี (2537) รายงานว่า ปริมาณน้ำทิ้งที่ทิ้งจากอาคารมีค่าประมาณร้อยละ 70-80 ของปริมาณน้ำประปาที่ใช้ โดยประเมินจากประชากรหรือพื้นที่อาคาร เช่น 179 ลิตรต่อคนต่อวัน สำหรับที่อยู่อาศัย 25 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน สำหรับกวดาคาร เป็นต้น ในเขตเทศบาลขนาดใหญ่ ปริมาณน้ำเสียรวมจากชุมชน 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ในเขตเทศบาลขนาดเล็กปริมาณน้ำเสียรวมจากชุมชน 150 ลิตรต่อคนต่อวันและอัตราเร็วซึมของน้ำใต้ดินเข้าสู่ท่อน้ำเสียร้อยละ 20 ของปริมาณน้ำเสีย

ตารางที่ 1 สมมูลประชากรสำหรับน้ำเสียจากอาคาร ในเขต กทม. และปริมณฑล

ลักษณะอาคาร	ลิตร/วันหน่วย	บีโอดี กรัม/วัน-หน่วย	หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	520	48	ยูนิต
โรงแรม	1061	123	ห้อง
หอพัก	78	76	ห้อง
สถานบริการ	410	26	ห้อง
หมู่บ้านจัดสรร	170	12.6	คน
โรงพยาบาล	800	94	เตียง
ภัตตาคาร	25	53	ตารางเมตร
ตลาด	69	21	ตารางเมตร
ห้างสรรพสินค้า	4.6	0.27	ตารางเมตร
สำนักงาน	2.54	0.09	ตารางเมตร

หมายเหตุ : ค่าสมมูลประชากรคือค่าความสกปรกหรือมลสารในรูปสารอินทรีย์ที่วัดได้ โดยหน่วยวัดบีโอดี อันเกิดจากการดำเนินชีวิตของคนๆ หนึ่ง ในสภาพสังคมหนึ่ง

ที่มา : ปราณี (2537)

ตารางที่ 2 ลักษณะของน้ำเสยรวมจากแหล่งชุมชน

ลักษณะ	มิลลิกรัม/ลิตร
บีโอดี (BOD ₅)	520
สารแขวนลอย (SS)	1,061
ไนโตรเจน (Total N)	78
ฟอสฟอรัส (P)	410
น้ำมันและไขมัน (Fat, oil and Grease)	170

ที่มา : ปราณี (2537)

2. รูปและแหล่งของฟอสฟอรัส

2.1 รูปของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสพบทั้งในธรรมชาติและน้ำเสียในรูปของฟอสเฟต และโมเลกุลของฟอสเฟต ปัจจุบันนิยมจำแนกฟอสฟอรัสออกเป็น 3 ชนิด คือ ออโรฟอสเฟต คอนเดนซ์ฟอสเฟต (พอลิฟอสเฟตต่างๆ) และสารอินทรีย์ฟอสเฟต อาจพบฟอสฟอรัสได้ทั้งในรูปของสารละลาย สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินก้นบ่อ ตลอดจนในสิ่งมีชีวิตต่างๆ ออโรฟอสเฟต และคอนเดนซ์ฟอสเฟตมักพบในรูปสารละลายในน้ำ หรือเรียกว่า soluble reactive phosphorus สารอินทรีย์ฟอสเฟตในน้ำอาจอยู่ในรูปของสารละลายเชิงซ้อน หรือในรูปตะกอนแขวนลอย (มันสินและมันรักษ์, 2545) โดยสารประกอบฟอสเฟตในน้ำอาจแบ่งได้ดังนี้

2.1.1 ออโรฟอสเฟต (Orthophosphate) ที่พบบ่อยคือ trisodium phosphate (Na_3PO_4) disodium phosphate (Na_2HPO_4) monosodium phosphate (NaH_2PO_4) diammonium phosphate ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

2.1.2 โพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) ที่พบบ่อยคือ sodium hexametaphosphate $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$ sodium tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) และ tetrasodium pyrophosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

2.1.3 อินทรีย์ฟอสเฟต (Organic phosphate) ที่พบบ่อยคือ nucleic acid phospholipids และ sugar phosphate

2.2 แหล่งของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสมาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันดังนี้ (อุบลวรรณ, 2536)

2.2.1 แหล่งจากธรรมชาติ เช่น การละลายของหินฟอสเฟต ผงฝุ่นฟอสฟอรัสในอากาศ ซึ่งถูกฝนพัดพาให้ตกลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งฝนที่ตกลงมายังพื้นดินพัดพาเศษซากดินและหินที่มีฟอสเฟตลงในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมาจากมูลของนกบางชนิด เศษซากพืชซากสัตว์ที่ตายทับถมในแหล่งน้ำ เป็นต้น จากการสะสมดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำได้

2.2.2 แหล่งที่มาจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม แม้ว่าจะมีการบำบัดน้ำทิ้งดังกล่าวแล้วแต่ยังคงมีฟอสฟอรัสปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูง อย่างไรก็ตามเราสามารถควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสที่ลงสู่แหล่งน้ำเหล่านี้ด้วยสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ ซึ่งธงชัย และคณะ (2536) ได้ประมาณการปล่อยสารประกอบฟอสฟอรัสจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1) สารประกอบฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชน มาจากอาหารที่บริโภคและผงซักฟอก โดยค่าสมมูลประชากรฟอสฟอรัสของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เท่ากับ 0.38, 0.50 และ 1.02 กรัม ต่อคนต่อวัน สำหรับการขับถ่าย การซักกรีด และการอาบน้ำ-กรั้ว ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสมมูลของประชากรทั้งประเทศ 56,961,030 คน โดยร้อยละ 13.5 ของจำนวนนี้ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทำให้การคำนวณปริมาณการปล่อยฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย ซึ่งพบว่า สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านมาจากการขับถ่าย การซักกรีด และจากกรั้ว ในสัดส่วน 1 : 1 : 2 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย

กิจกรรม	กทม.และปริมณฑล		จังหวัดอื่นนอกจาก		ทั้งประเทศ	
	ตัน P ต่อปี	ร้อยละ	กทม. และปริมณฑล	ตัน P ต่อปี	ร้อยละ	
			ตัน P ต่อปี			
การขับถ่าย	1,064.1	20.0	68,364.4	7,900.5	25.3	
การซักกรีด	1,400.1	26.3	6,296.7	7,696.8	24.6	
อาบน้ำ-กรั้ว	2,856.2	53.7	12,773.3	15,629.5	50.0	

หมายเหตุ : 1. สมมูลประชากรฟอสฟอรัสใน กทม. และปริมณฑลเท่ากับ 0.38 , 0.50 และ 1.02 กรัมต่อคนต่อวัน สำหรับการขับถ่าย การซักล้างและกรั้วตามลำดับ
2. สมมูลประชากรฟอสฟอรัสของจังหวัดอื่นนอกเหนือจาก กทม. และปริมณฑล เท่ากับ 0.38 , 0.35 และ 0.71 กรัมต่อคนต่อวัน ตามลำดับ
ที่มา : ธงชัย และคณะ (2536)

2) สารประกอบฟอสฟอรัสจากปศุสัตว์ โดยปริมาณการปล่อยฟอสฟอรัสจากมูลวัว กระบือ หมู ไก่ และเป็ด เท่ากับ 1.16 , 3.00 , 1.46 , 0.07 และ 0.02 กิโลกรัมต่อตัวต่อปี ตามลำดับ โดยใช้ประชากรของสัตว์ต่างๆในประเทศไทย จากการคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในมูลของสัตว์ได้ พบว่า ฟอสฟอรัสจากปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2531 ส่วนใหญ่มาจากกระบือ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณฟอสฟอรัสจากปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2531

ชนิดสัตว์	จำนวนสัตว์ (ตัว)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ขับถ่าย	
		ตันต่อปี	ร้อยละ
วัว	5,072,024	5,924.1	17.89
กระบือ	5,708,270	17,124.8	51.72
สุกร	4,684,926	6,840.0	20.65
เป็ด	15,934,434	1,147.3	3.46
ไก่	86,679,292	2,080.3	6.28
รวม	118,078,946	33,116.5	100

ที่มา : ธงชัย และคณะ (2536)

3) สารประกอบฟอสฟอรัสจากอุตสาหกรรม โดยปริมาณของสารประกอบฟอสฟอรัสที่ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมในรูปของ P_2O_5 ตันต่อปี และตันฟอสฟอรัสต่อปี พบว่า หากหักลบปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร ผงซักฟอก และอาหารสัตว์ออกแล้ว จะเหลือเป็นปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพียง 19.3 พันตันต่อปี และ P_2O_5 เพียง 8.4 พันตันฟอสฟอรัสต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 5

4) สารประกอบฟอสฟอรัสจากกิจกรรม ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ปุ๋ยในประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่น ในปี 2553 มีปริมาณการใช้ปุ๋ย 0.962 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อปีต่อไร่ นอกจากนี้การศึกษาของ Griffith, et.al. (1973) พบว่าปริมาณฟอสเฟตจากทะเลสาบ 3 แห่งในทวีปยุโรป ได้แก่ ทะเลสาบ Constance ทะเลสาบ Zurich และทะเลสาบ Greifensee ที่มีแหล่งปล่อยมาจากเกษตรกรรมนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

และทะเลสาบ Constance มีอัตราการเพิ่มปริมาณฟอสเฟตสูงถึง 22.6 เท่า ภายในช่วงเวลาปี ค.ศ. 1950-1970 ทำให้มีสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีน้ำเงิน และ *OscillatoriaRubescens* เจริญเติบโต เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 5 ปริมาณจำหน่ายสารประกอบฟอสฟอรัสที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆในปี พ.ศ. 2535

ลำดับที่	ประเภทอุตสาหกรรม	ตันของ P_2O_5	ตันของ P
1	Detergent production Laundry detergent	15,680-16,800	6,582-7,342
2	Food & beverage, Baking milk, etc.	3,600-4,200	1,573-1,835
3	Boiler purpose	670-1,005	293-439
4	Seafood preservative	3,420-3,900	1,495-1,704
5	Metal treatment	2,440-2,610	1,066-1,141
6	Ceramic tiles	2,520-2,800	1,101-1,224
7	Textiles	1,05-1,340	439-586
8	Paint	335-536	146-234
9	Dye	670-804	239-351
10	Chemical stabilizer (polyurethane polystyrene etc.)	63-79	28-35
11	Toothpaste	2,460-2,870	1,075-1,254

ที่มา : ธงชัย และคณะ (2536)

2.3 ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) เป็นสภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหาร (โดยเฉพาะ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สูงมากกว่าปกติ ซึ่งเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและธาตุอาหารต่างๆ จากพื้นที่เกษตรกรรมลงสู่แหล่งน้ำและทะเล เป็นสาเหตุให้สาหร่ายหรือแพลงก์ตอนเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเหตุการณ์นี้จะเกิดบริเวณชายฝั่งในอ่าวไทย หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ซีบลาวพ

โดยเกิดจากแพลงก์ตอนบางชนิดได้รับอาหารหรือสภาวะเหมาะสมจึงเจริญเติบโตขยายเป็นจำนวนมากและรวดเร็ว

ปัจจัยสำคัญในการควบคุมปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารในรูปของ คาร์บอน สารอนินทรีย์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แสง ความเร็ว อัตราการไหลของน้ำ และระยะเวลา กักเก็บน้ำ โดยแหล่งคาร์บอนในธรรมชาติจะอยู่ในรูปคาร์บอนเนตและแหล่งของไนโตรเจนนั้น ได้มาจากการชะล้างปุ๋ยจากพื้นดิน และการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสมาจากหินฟอสเฟตจากการทำเหมืองแร่ อุจจาระสัตว์ ชากพืช ที่ย่อยสลาย ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าการเกิดยูโทรฟิเคชัน คือการเพิ่มขึ้นของปริมาณมวลชีวภาพในแหล่งน้ำ ขณะที่ความหลากหลายของสายพันธุ์ของสัตว์และพืชจะลดลง (ธงชัย และคณะ, 2536)

2.4 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย

2.4.1 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพ

ในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพนั้น จุลินทรีย์จำเป็นต้องมีอาหารเพียงพอ ในการสร้างเซลล์ ซึ่งสามารถแบ่งอาหารของจุลินทรีย์ได้เป็น 4 จำพวก คือ 1) สารประกอบซึ่งให้ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส 2) สารประกอบซึ่งให้พลังงานในการดำรงชีวิต 3) สารอนินทรีย์ และ 4) สารที่ต้องการเพียงเล็กน้อย โดยทั่วไปจุลินทรีย์ต้องการแร่ธาตุหลัก ได้แก่ โปแตสเซียม แคลเซียม สังกะสี แมงกานีส เหล็ก โคบอลต์ แมกนีเซียม และทองแดง ซึ่งในน้ำเสียชุมชนจะมี สารอาหารเหล่านี้อยู่เพียงพอในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ส่วนน้ำเสียที่เกิดจากโรงงาน อุตสาหกรรมอาจขาดแร่ธาตุบางอย่างจึงจำเป็นต้องเติมลงไป เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

ฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดโดยวิธีทางชีวภาพ จะเป็นการดูดซับออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต ให้อยู่ในรูปของเนื้อเยื่อเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งปริมาณของ ฟอสฟอรัสที่ถูกกำจัดในระหว่างการบำบัดขั้นที่สองจะอยู่ในรูปของตะกอน มีตั้งแต่ร้อยละ 10-30 ของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัด โดยจุลินทรีย์ไม่เพียงแต่ใช้ฟอสฟอรัส ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเซลล์ การสังเคราะห์สาร และการถ่ายทอดพลังงานในเซลล์ เท่านั้น แต่ยังสามารถเก็บฟอสฟอรัสไว้ในเซลล์เป็นพลังงานสะสมที่ใช้ในอากาศและสภาวะที่ไร้ อากาศ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพเป็นที่นิยมใช้กันมาก

โดยมีหลักการว่าในสภาวะที่ไร้อากาศซึ่งมีค่ากรดสูง จุลินทรีย์จะใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในรูปสารประกอบโพลีฟอสเฟตและจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาจากเซลล์ เพื่อจะใช้สารอินทรีย์ที่ใช้ได้ง่ายคือ กรดไขมัน แต่เมื่อจุลินทรีย์ถูกป้อนเข้าสู่บริเวณที่มีออกซิเจน (Aerobic reactor) จุลินทรีย์พยายามสะสมฟอสฟอรัสในรูปของโพลีฟอสเฟตไว้ในเซลล์ในปริมาณที่มากกว่าปกติ นั่นคือฟอสฟอรัสจะถูกกำจัดออกจากน้ำในรูปของตะกอนจุลินทรีย์ โดยใช้หลักการสร้างสภาวะที่เปลี่ยนแปลงระหว่างไร้อากาศและใช้อากาศ

เพื่อให้ได้ระบบการกำจัดฟอสฟอรัสที่ต่อเนื่อง จะต้องมีการเคลื่อนที่ของเซลล์จุลินทรีย์ไปพร้อมกับน้ำเสียที่จะบำบัดในถังที่สร้างสภาวะต่างกัน ดังนั้นการกำจัดฟอสฟอรัสโดยวิธีทางชีวภาพจึงใช้ประกอบได้กับระบบเดิมที่เป็นระบบเอเอส (Activated sludge) แต่ไม่สามารถใช้กับระบบโปรยกรอง (Tricking filter) หรือไม่เหมาะสมเมื่อระบบเดิมเป็นแบบคลองหมุนเวียน (Oxidation ditch) ระบบการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพนี้ สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสให้เหลือระดับความเข้มข้น 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร และขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบบำบัด (effluent) เนื่องจากตะกอนมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่ประมาณร้อยละ 5 นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (BOD) ต่อฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งควรมีมากกว่า 10 : 1 (ธงชัย และคณะ, 2536)

2.4.2 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี

การตกตะกอนทางเคมี (Chemical precipitation) เป็นกระบวนการทางฟิสิกส์-เคมีที่เปลี่ยนสารที่อยู่ในรูปของสารละลายให้มาอยู่ในรูปของตะกอน ซึ่งจะแยกออกจากสารละลายนั้นได้ การตกตะกอนทางเคมีขึ้นอยู่กับสภาวะสมดุลทางเคมีที่มีผลต่อการละลายในน้ำของสารนั้นๆ ซึ่งการตกตะกอนทางเคมีเกิดขึ้นได้หลายวิธี โดยมีกระบวนการเป็นไปตามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือหลายขั้นตอนรวมกันดังต่อไปนี้

1) ใส่สารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารที่ละลายในน้ำ เพื่อเปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้น้อย

2) ใ้สารซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะสมดุลของการละลายน้ำ (Solubility equilibrium) ให้เลื่อนมาถึงจุดที่สารละลายในน้ำไม่สามารถละลายได้อีกต่อไป จึงเกิดการรวมตัวและตกตะกอน

3) เปลี่ยนอุณหภูมิของสารละลายอิ่มตัว หรือเกือบอิ่มตัวไปในทิศทางที่ทำให้ค่าการละลายลดลงจนเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะของแข็ง เนื่องจากการละลายน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

จากกระบวนการตกตะกอนทางเคมีที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นกระบวนการที่แตกต่างจากกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) เพราะการตกตะกอนทางเคมีเป็นการเติมสารลงไปให้น้ำ เพื่อทำปฏิกิริยากับสารที่ละลายน้ำ เกิดเป็นสารประกอบใหม่ซึ่งเป็นการตกตะกอนที่ใหญ่และหนัก จมตัวได้ ส่วนใหญ่โคแอกกูเลชัน เป็นการเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้สิ่งสกปรกที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่นั้นเอง

2.4.3 การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีทางกายภาพ

วิธีนี้จะใช้กระบวนการดูดซับ (Adsorption process) โดยใช้สารดูดซับ (adsorbent) เป็นดูดซับฟอสเฟต ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น activated alumina นอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวดูดซับอื่นๆ มากำจัดฟอสฟอรัสซึ่งมีประสิทธิภาพสูงถึง 99 % ในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญในการประยุกต์ใช้การกำจัดฟอสฟอรัสทางกายภาพในการบำบัดน้ำเสีย

3. กระบวนการดูดซับ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถในการดึงโมเลกุลหรือ คอลลอยด์ที่อยู่ในแก๊สหรือของเหลวให้มาเกาะจับติดบนผิว ซึ่งเป็นปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายจากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของของแข็งที่เป็นส่วนสำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาถูกเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวดูดซับ (adsorbent) คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของตัวดูดซับ คือ ความพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสภายใน นอกจากนี้คุณสมบัติอื่นๆของตัวดูดซับ เช่น โครงสร้าง การจัดเรียงตัว

ขนาด และความสม่ำเสมอ ล้วนมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ การเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสม ทำให้สามารถแยกโมเลกุลที่เราต้องการออกมา โดยให้ตัวถูกดูดซับบนตัวดูดซับนั้นถูกดูดซับจนอิ่มตัวแล้ว จากนั้นนำมาใส่เอาโมเลกุลที่ถูกดูดซับไว้ ออก โดยการเปลี่ยนสภาพสมดุล เช่น การเปลี่ยนอุณหภูมิ หรือเปลี่ยนความดัน ทำให้ตัวดูดซับกลับสู่สภาพเดิมและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

การดูดซับจึงเป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายของตัวถูกดูดซับจากตัวกลางหนึ่งไปสะสมที่พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกันของพื้นที่ผิวระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับ โดยที่ตัวถูกดูดซับจะไปเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ เช่น พื้นที่ผิวระหว่างของเหลวกับของแข็ง พื้นที่ระหว่างของแข็งกับแก๊ส พื้นที่ระหว่างของแข็งกับของแข็ง และพื้นที่ระหว่างของเหลวกับของเหลว กระบวนการดูดซับเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น สารอินทรีย์หรือโลหะถูกดูดซับในดินหรือตะกอนในทะเล มหาสมุทร และแม่น้ำ กระบวนการดูดซับที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ เช่น การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากอากาศและน้ำ กระบวนการดูดซับน้ำมีการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน เช่น การใช้ดินเหนียวดูดซับยาฆ่าแมลงในดิน หรือดูดซับโลหะหนักจากแหล่งฝังกลบ เพื่อป้องกันจากการปนเปื้อนของสารพิษที่จะลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

การดูดซับมีบทบาทที่สำคัญต่อการเคลื่อนย้าย และการเปลี่ยนรูปของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม โดยที่โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกจำกัดความอิสระในการเคลื่อนย้าย (จะตกตะกอนไปพร้อมกับตัวดูดซับ) เทียบกับโมเลกุลอิสระส่วนที่ไม่ถูกดูดซับ และโมเลกุลที่ไม่ถูกดูดซับ จะเกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารเคมี การย่อยสลายด้วยแสง หรือการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าโมเลกุลชนิดเดียวกัน แต่ถูกดูดซับบนตัวดูดซับ (นิพนธ์และคณิตา, 2550)

3.1 กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 การแพร่ภายนอก (external diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเข้าถึงตัวดูดซับ ซึ่งพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ

3.1.2 การแพร่ผ่านภายใน (internal diffusion) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกดูดซับแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างตัวดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดซับ

3.1.3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (surface reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกดูดซับติดที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นควรคำนึงถึงการต้านทานจากปฏิกิริยาพื้นผิวด้วย

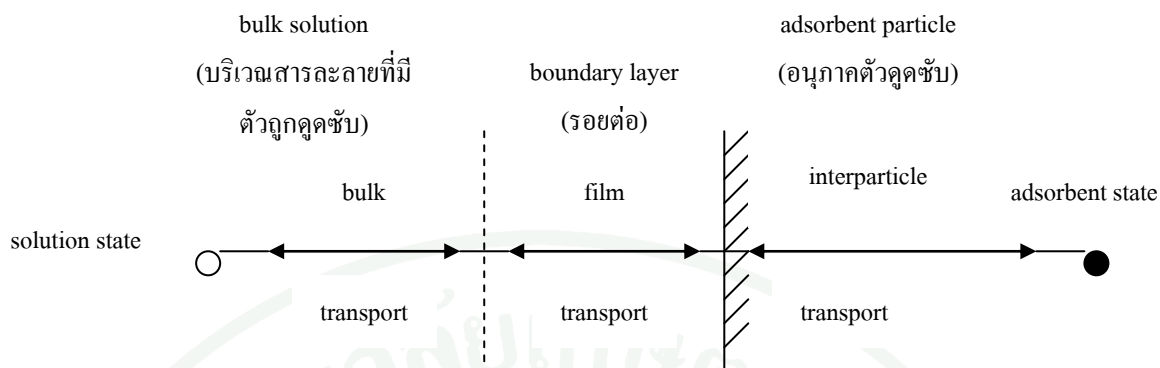
3.2 อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล

อัตราการดูดซับมีความสำคัญมาก อัตราการดูดซับที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็ว อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีการต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้ายโมเลกุล ซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนกำหนดอัตราดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.2.1 การขนส่งอนุภาค (bulk transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกดูดซับในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของของเหลวบางๆหรือผิวสัมผัสน้ำที่ห่อหุ้มตัวดูดซับ

3.2.2 การขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆแทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ตัวถูกดูดซับแพร่ผ่านฟิล์มน้ำไปผิวของตัวดูดซับ จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับขั้นตอนนี้

3.2.3 การขนส่งภายในอนุภาค (interparticle transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ (pore diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ

3.3 รูปแบบของการดูดซับ

3.3.1 การดูดซับทางกายภาพ (physisorption or physical adsorption or van der Waals adsorption) เป็นผลมาจากการปฏิกิริยาของแรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเกิดจากการรวมกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับโมเลกุลของตัวดูดซับ โดยที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับในลักษณะที่ซ้อนกันเป็นหลายชั้น (multilayered) โดยแต่ละชั้นของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะถูกดูดซับบนชั้นโมเลกุลที่ถูกดูดซับก่อนหน้า และจำนวนชั้นของโมเลกุลตัวถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับ และระหว่างตัวถูกดูดซับกับตัวถูกดูดซับด้วยในระหว่างชั้น อาจเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ อย่างใดอย่างหนึ่ง การดูดซับทางกายภาพโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้พลังงานของระบบลดลง เป็นการทำให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น

3.3.2 การดูดซับทางเคมี (chemisorption) จะมีลักษณะเหมือนกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี กล่าวคือ จะต้องมีการสร้างพันธะเคมีของตัวถูกดูดซับกับพื้นผิวของตัวดูดซับ การดูดซับทางเคมีมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (สร้างพันธะไอออนิก) หรือการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน (สร้างพันธะโคเวเลนต์) ทำให้แรงยึดเหนี่ยวค่อนข้างสูงกว่าแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นในการดูดซับทางกายภาพ มีผลทำให้การดูดซับทางเคมีโดยส่วนใหญ่จะผันกลับไม่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูดซับทางกายภาพที่สามารถเกิดการผันกลับได้ภายใต้สภาวะเดียวกัน การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นในบริเวณที่จำเพาะเจาะจงเท่านั้น และโมเลกุลตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บริเวณดังกล่าว จะเป็นแบบชั้นเดียว และเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่การดูดซับทางกายภาพเกิดได้ทั่วไปบนพื้นผิวตัวดูดซับ

การดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำโดยประมาณ 2-10 กิโลแคลอรี/โมลของตัวดูดซับ ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูงโดยประมาณ 20-100 กิโลแคลอรี/โมลของตัวดูดซับ และยังพบว่าค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของกระบวนการดูดซับทางเคมีมีค่ามากกว่าทางกายภาพด้วย เหตุผลนี้กระบวนการดูดซับทางกายภาพจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าทางเคมี

3.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

3.4.1 ธรรมชาติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุนของตัวดูดซับ พบว่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรูพรุนเมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ดังนั้นความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น การดูดซับจะเกิดได้ดีเมื่อโมเลกุลของตัวดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็กหรือรูพรุนมีขนาดใหญ่ แต่ปรากรูพรุนมีขนาดเล็กก็ไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่ม

3.4.2 ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ

ความสามารถในการละลายน้ำของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีผลต่อการดูดซับ พบว่าแนวโน้มของการดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับจะลดลงเมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับละลายน้ำได้ดี เพราะก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้โมเลกุลตัวถูกดูดซับหลุดออกจากน้ำไปเกาะบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ โมเลกุลของตัวถูกดูดซับขนาดใหญ่มีความสามารถในการละลายน้ำลดลง จึงมีแนวโน้มจะถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับมากขึ้น

3.4.3 ขนาดและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ

ความสามารถในการดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ นั่นคือตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวมากจะดูดโมเลกุลของตัวถูกดูดซับได้มากกว่าตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวน้อย และอัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดตัวดูดซับ เช่น คาร์บอนผง (Powder Activated Carbon, PAC) มีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าคาร์บอนแบบเกร็ด (Granular Activated Carbon, GAC)

3.4.4 ขนาดและลักษณะของตัวถูกดูดซับ

ขนาดของสารหรือโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อการดูดซับ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโพรงของตัวดูดซับ เช่น คาร์บอน การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุด เมื่อสารมีขนาดเล็กกว่าช่องว่างภายในพอลิ (พอลิเข้าไปในช่องว่างได้) ทั้งนี้เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับและตัวดูดซับจะมีค่ามากที่สุด โมเลกุลขนาดเล็กจะถูกดูดเข้าไปในช่องว่างภายในก่อนจากนั้น โมเลกุลขนาดใหญ่กว่าจึงถูกดูดเข้าไปบ้าง อาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการดูดซับจะแปรผกผันกับขนาดโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ นั่นคือ เมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะลดลง

3.4.5 อัตราเร็วการป้อน

อัตราเร็วในการดูดซับอาจขึ้นอยู่กับกระบวนการแพร่ผ่านฟิล์ม (film diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (pore diffusion) ซึ่งแล้วแต่การป้อนของระบบ ถ้าน้ำมีการป้อนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบตัวดูดซับ จะมีความหนามากและเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ดังนั้น การแพร่ผ่านชั้นฟิล์มเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับในทางตรงกันข้าม ถ้าการป้อนสูงจะเกิดฟิล์มบาง ทำให้โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าหาตัวดูดซับได้รวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่เข้าไปในรูพรุน ในการนี้การแพร่ผ่านรูพรุนจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการดูดซับ

3.4.6 ผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

มีอิทธิพลต่อการแตกตัวเป็นไอออนและการละลายน้ำของสารต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อการดูดซับด้วย นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนเองก็เป็นไอออนที่สามารถเกาะติดผิวของสารดูดซับได้ดี

3.4.7 อุณหภูมิ

มีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดซับ กล่าวคือ อัตราเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดของอุณหภูมิ แต่ขีดความสามารถในการ

ดูดติดผิวจะลดลงที่อุณหภูมิสูงและจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพราะการดูดติดผิวเป็นปฏิกิริยาแบบ Exothermic

3.4.8 เวลาสัมผัส

เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดติดผิว และอายุการใช้งานของถังดูดติดผิว โดยที่เวลาสัมผัสมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการดูดติดผิวเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น ซึ่งถ้าเวลาสัมผัสเลยจากช่วงนี้แล้ว ก็จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดติดผิวเลย

3.5 สมดุลการดูดซับ

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไปในสารละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้มข้น ตอนต้นโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับ เมื่อเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายซับออกมา พบว่าอัตราการคายซับจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคายซับ ณ สถานะสมดุลของการดูดซับ จะได้ว่าจำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับและจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่คายซับออกมามีปริมาณคงที่

ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิว = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมา
ของตัวดูดซับ จากตัวดูดซับ

$$qW = V(C_i - C_e)$$

เมื่อ q เป็นปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ หน่วยเป็นปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ เช่น mol/kg, mol/g และ mg/kg
 W เป็นมวลของตัวดูดซับที่ใช้ หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น kg
 V เป็นปริมาตรของสารละลายที่มีตัวถูกดูดซับละลายอยู่ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือลิตร

- C_i เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับก่อนการดูดซับที่อยู่ในสารละลาย
หน่วยเป็นความเข้มข้น เช่น mol/l
- C_e เป็นความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย หน่วยเป็นความเข้มข้น
เช่น mol/l

3.6 สารที่มีความสามารถในการดูดซับแบ่งได้ 5 ประเภท

3.6.1 ประเภทสารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ และแอคติ-เวเตดซิลิกา (zeolite) สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวประมาณ 50-200 ตารางเมตร/กรัม แต่สารสังเคราะห์อาจมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามมีข้อเสีย คือ จับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากตัวดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีขีดจำกัดมาก

3.6.2 ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1,000 ตารางเมตร/กรัม

3.6.3 ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (เรซิน, resin) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม

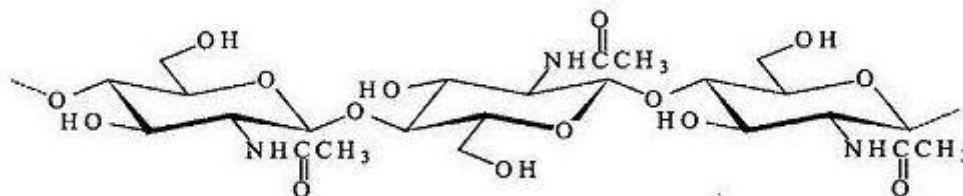
3.6.4 วัสดุชีวภาพ (biomaterials) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางด้านการเกษตร เช่น ขี้เลื่อยไคโตซาน (chitosan) กาแฟที่ใช้แล้ว ชา และชาเขียวที่ใช้แล้ว ฟางข้าว (rice straw) เปลือกไม้ (bark) เถาเกลบดำ เป็นต้น

3.6.5 สารดูดซับชีวภาพ (biosorbent) ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น เซลล์ของแบคทีเรีย ยีสต์ หรือราสายพันธุ์ต่างๆ และสาหร่าย

4. ไคตินและไคโตซาน

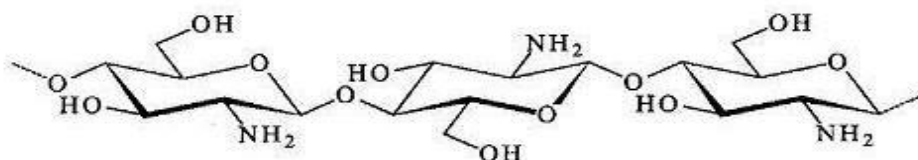
ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า Poly [β -(1 $\rightarrow$ 4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นสารชีวภาพที่มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลสแต่จะต่างกันที่ตำแหน่ง C-2 โดยเซลลูโลสจะ

ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลส่วนไคตินจะประกอบด้วยหมู่อะซิทามิโด (acetamido group) ไคตินไม่สามารถละลายในตัวทำละลายมีขั้วและไม่มีขั้วโดยทั่วไปมักพบไคตินในผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์เช่นเห็ดรา รวมทั้งเปลือกของแมลงและสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทมีข้อและปล้องอาทิ กุ้งปู และแกนปลาหมึก (Merk Index, 1996)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของไคติน

ไคโตซานหรืออนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิลของไคตินหรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา deacetylation โดยแซ่ไคตินในสารละลายต่างเข้มข้นซึ่งไคโตซานที่ได้นี้มีชื่อทางเคมีว่า poly [β -(1 $\rightarrow$ 4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นโพลิเมอร์ที่ไม่สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์เกือบทั้งหมดและน้ำที่มีค่า pH เป็นกลางหรือด่างแต่สามารถละลายในกร่อน (Hayes และคณะ, 1977) โครงสร้างของไคโตซานแสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 โครงสร้างของไคโตซาน

4.1 คุณสมบัติของไคโตซาน

ไคโตซานมีคุณสมบัติเป็นของแข็งไม่ละลายน้ำ มีความเสถียรสูง มีสี grayish-white สามารถเสถียรได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 260 °C จึงจะสลายตัว

4.1.1 Cationic properties

ไคโตซานมีคุณสมบัติเป็น Linear polyelectrolyte มีความหนาแน่นทางประจุสูง ใช้เป็น flocculant ที่มีประสิทธิภาพสูงได้เป็นอย่างดี สามารถยึดจับกับประจุลบที่ผิวได้ดีและยังสามารถจับโลหะเป็นพวก Chelates mutation ได้

4.1.2 Chemical properties

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงในช่วง 1×10^5 ถึง 1.2×10^6 และเป็นพอลิเมอร์สายตรงที่เป็นของแข็งที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous solid) มีหมู่อะมิโนที่พร้อมจะละลายในกรดอินทรีย์ที่เป็นกรดอ่อน เช่น กรดมะนาว (citric acid) เป็นต้น การละลายของไคโตซานมีคุณสมบัติสำคัญหลายอย่าง เช่น อยู่ในรูปเอมีนอิสระ หมู่แคทไอออนิกเอมีนจะไม่ละลายน้ำที่ pH เป็นกลาง และที่ pH เป็นกรด หมู่อะมิโนอิสระ ($-NH_2$) จะถูกโปรโทเนต (protonate) ได้เป็นหมู่แคทไอออนิกเอมีน ($-NH_3^+$) เป็นต้น

4.1.3 Chitosan solution properties

สารละลายไคโตซานในกรดอินทรีย์เกิดเป็นสายตรงของ โพลีเอมีน (polyamine) ที่ถูกโปรโทเนตซึ่งมีความเข้มข้นของประจุบวกสูงและมีคุณสมบัติที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี ไคโตซานไม่สามารถละลายได้ที่ pH มากกว่า 6.5 ความสามารถในการละลายของไคโตซานจะถูกจำกัดใน H_3PO_4 ไคโตซานไม่สามารถละลายในสารละลายอินทรีย์หลายๆ ชนิดได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชีระวิทย์ (2547) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยมากำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย ซึ่งศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ แบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการหาสภาวะในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุด 3 สภาวะ คือความเข้มข้นของแคลเซียม ฟิเอช และเวลาเก็บกักในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุด ซึ่งจะศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสเฉพาะในรูปแบบของอโรฟอสเฟต โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นอโรฟอสเฟต 5, 10 และ 20 มก./ล.

โดยที่ในแต่ละความเข้มข้นจะใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น และน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นประมาณ 80 NTU จากการเติม Hyflow Super Cell ในส่วนที่สองเป็นการศึกษาความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ต และส่วนที่สามจะเป็นการนำผลที่ได้จากส่วนแรกมาทดสอบกับน้ำเสียดิบจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

ผลการทดลอง พบว่าเถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูง (54.26 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีผลต่อการกำจัดออร์โธฟอสเฟต โดยมีความสามารถในการกำจัดออร์โธฟอสเฟตดีที่สุดที่ความเข้มข้นของแคลเซียม 331.40 กรัมของแคลเซียมต่อกรัมของออร์โธฟอสเฟตสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีความขุ่น และ 165.70 กรัมของแคลเซียมต่อกรัมของออร์โธฟอสเฟตสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 80 NTU ในสภาพที่พีเอชเท่ากับ 10 ระยะเวลาเก็บกัก 30 นาที และความขุ่นของน้ำเสียสังเคราะห์ มีผลทำให้ในการกำจัดออร์โธฟอสเฟตดีขึ้น ความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เถ้าลอยจากเตาเผาขยะภูเก็ตด้วยสมการดูดซับของ Freundlich ซึ่งคำนวณค่าคงที่จากสมการดูดซับมีค่าเท่ากับ 158.63 มิลลิกรัมของออร์โธฟอสเฟตต่อกรัมของเถ้าลอย ในการทดลองโดยใช้น้ำเสียดิบจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง พบว่า กำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำเสียรวมของโรงงานต่ำกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมเป็นสองเท่าของสถานะในน้ำเสียสังเคราะห์ เนื่องจากน้ำเสียดิบมีความเข้มข้นของสารเจือปนในน้ำมากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ จึงแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมตั้งแต่ 1,657 -16,570 มก./ล. พบว่าการกำจัดออร์โธฟอสเฟตสูงใกล้เคียงสถานะของน้ำเสียสังเคราะห์ แต่ในกระบวนการผลิตมีการเติมสารเคมีจำพวกซัลเฟต ทำให้การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตลดลง

เชวานีย์ (2552) การศึกษาประสิทธิภาพการใช้สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ 3 ชนิดคือสาหร่ายข้อ (*Gracilariasalicornia* (C. Agardh) Dawson), สาหร่ายผักกาด (*Ulvarigida* C. Agardh) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpalentillifera* J. Agardh) ในการดูดซับปริมาณฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ในน้ำทะเลซึ่งศึกษาจากการทดลองใช้ถังน้ำไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ้น้ำทะเล 5 ลิตร ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดคือชุดควบคุม (C) ไม่ใส่สาหร่าย, ชุดสาหร่ายข้อ (T1), ชุดสาหร่ายผักกาด (T2) และชุดสาหร่ายพวงองุ่น (T3) แต่ละชุดการทดลองแบ่งเป็น 3 ชั่วโมงวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสเฟตทุก 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน ผลการศึกษาการดูดซับปริมาณฟอสเฟตในน้ำทะเลของสาหร่ายทั้งสามชนิดพบว่าสาหร่ายผักกาดมีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 20.97 รองลงมาได้แก่สาหร่ายข้อและสาหร่ายพวงองุ่นเท่ากับ

ร้อยละ 8.71 และ 8.67 ตามลำดับอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของสาหร่ายทั้งสามชนิดหลังการทดลองพบว่าสาหร่ายผักกาดมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงที่สุดเท่ากับ 13.46 กรัมรองลงมาได้แก่สาหร่ายขี้มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 10.03 กรัมและสาหร่ายพวงองุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 8.93 กรัมตามลำดับผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้สามารถนำมาสอดคล้องให้นักเรียนสามารถออกแบบการทำวิจัยอย่างง่ายได้โดยใช้สาหร่ายน้ำจืดในการวิจัยและฝึกให้นักเรียนรู้วิธีออกแบบการวิจัยการบันทึกและการสรุปผลการวิจัยเพื่อนำผลที่ได้ถ่ายทอดยังชุมชนร่วมปลูกจิตสำนึกในการรักษาสัตว์สิ่งแวดล้อม

Ugurlu and Salman (1998) ใช้เถ้าลอยจากสถานีไฟฟ้าในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า อุณหภูมิ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และความเข้มข้นของเถ้าลอยเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส โดยการกำจัดฟอสฟอรัสจะมีประสิทธิภาพ 99 % ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเมื่อนำไปทดสอบการดูดซับในคอลัมน์การดูดซับ พบว่า เถ้าลอยเป็นสารดูดซับที่มีความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัส เนื่องจากความเข้มข้นแคลเซียมสูงถึง 388 กรัม/กิโลกรัม แต่การกำจัดฟอสฟอรัสจะลดลงเหลือ 80.4 % ที่ระยะเวลาเก็บกัก 72 ชั่วโมง

Wongsiri et al.(2000) ได้ทดลองใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสีย เถ้าลอยดังกล่าวที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีปริมาณของแคลเซียมสูงเหมาะสมกับการกำจัดฟอสฟอรัส จากการศึกษพบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสสูงมากกว่า 90 % และพบว่า สภาวะที่พีเอช 10 ระยะเวลาเก็บกัก 120 นาที ให้เกิดผลดีที่สุด แต่ถ้าเมื่อเติมไอออนอื่นๆลงไปจะไม่เกิดผลกระทบกับการกำจัดฟอสฟอรัส

ชยานนท์ (2543)การศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยเถ้าลอยด้วยกระบวนการดูดติดผิวได้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการภาคทฤษฎีวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่โดยเถ้าลอยในการทดลองครั้งนี้มาจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้า อ.แม่เมาะ จ.ลำปางและใช้น้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งเตรียมโดยการละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ในน้ำกลั่น และการทดลองทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการทดลองแบบเบต (Batch) สำหรับขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้จะรวมถึงการศึกษาผลของ pH ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเริ่มต้นและอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบต่อไปจากผลของการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่า pH ที่เหมาะสมในการกำจัดฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 11 ถึง 12 ที่เวลาสัมผัส 2.5 ชั่วโมง ในขณะที่การดูดติดผิวฟอสฟอรัสโดยเถ้าลอยสามารถอธิบายได้ทั้ง Freundlich Isothem

และ langmuir Isotherm อย่างไรก็ตามการใช้ Freundlich Isothermอธิบายจะเหมาะสมกว่าในแง่ของความสัมพันธ์กันของตัวแปร (Correlation) ส่วนความแตกต่างของค่าที่ได้จากการทำนายกับค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

- 1.1 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible spectrophotometer)
- 1.2 pH meter รุ่น model 410 บริษัท SCIENCE TECH Co., LTD.
- 1.3 เครื่องเขย่า (Shaker) Model VRN-480 GEMMY Orbit Shaker
- 1.4 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด อ่านค่าละเอียด 0.0001g รุ่น AB 204-S
- 1.5 ตู้อบ (Oven) รุ่น OF-11E บริษัท JEIO TECH , KOREA
- 1.6 กระดาษกรอง GF/C ขนาด 0.45 ไมครอน ของ whatman
- 1.7 เครื่องบดละเอียด
- 1.8 เครื่องแก้ว

2. สารเคมี

- 2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide , NaOH)
- 2.2 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric , HCl)
- 2.3 โพแทสเซียม ไดไฮโดรเจน ออโรฟอสเฟต (Potassium dihydrogenorthophosphate , KH_2PO_4)

2.4 กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid , H_2SO_4)

2.5 แอมโมเนียม โมลิบเดต พาวเดอร์ (Ammonium molybdate powder, $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

2.6 แอนติโมนี โพแทสเซียม ทาร์เตรต (Antimony potassium tartrate)

2.7 กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

3. วัสดุชุดขับ

3.1 ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

3.2 ไคโตซานเชิงพาณิชย์ จากบริษัท เอ็นเอ็น ซี โปรดัคส์ จำกัด

วิธีการ

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
เขย่าให้เข้ากัน

1.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 โมลาร์

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตร 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.3 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลาร์

นำสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 85 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร ที่มีน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.4 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Stock Phosphate Standard)

ชั่งสารละลายโพแทสเซียม ไดไฮโดรเจน ออโทฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.1098 กรัม ละลายในน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.5 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (Working Standard phosphate solution)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

1.6 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จากข้อ 1.5 (Working Standard phosphate solution) ปริมาตร 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร แต่ละขวดเจือจางด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

1.7 สารละลายรีเอเจนท์ เอ (Reagent A)

ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 138.9 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร และชั่งสารละลายแอมโมเนียม โมลิบเดต พาวเดอร์ 12 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร และชั่งสารละลายแอนติโมนี โพแทสเซียม ทาร์เตรต 0.298 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำสารละลายทั้ง 3 ชนิดมาผสมให้เข้ากันและปรับปริมาตรเป็น 2 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

1.8 สารละลายรีเอเจนท์ บี (Reagent B)

ซังกรดแอสคอบิก 1.056 กรัม ละลายในรีเอเจนท์ เอ ปริมาณ 200 มิลลิลิตรเข้าให้เข้ากัน

2. การเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

2.1 ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

กระบวนการผลิตไคโตซานจากเปลือกกุ้งที่ทำการศึกษาคือเป็นสารสกัดไคโตซานด้วยกระบวนการทางเคมี ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 3 ขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ นำเปลือกกุ้งมาล้างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกแล้วอบที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบดให้มีขนาด 1.4-40 mm.

2.1.2 การสกัดสารจากเปลือกกุ้ง

2.1.2.1 การกำจัดโปรตีน (Deproteinization)

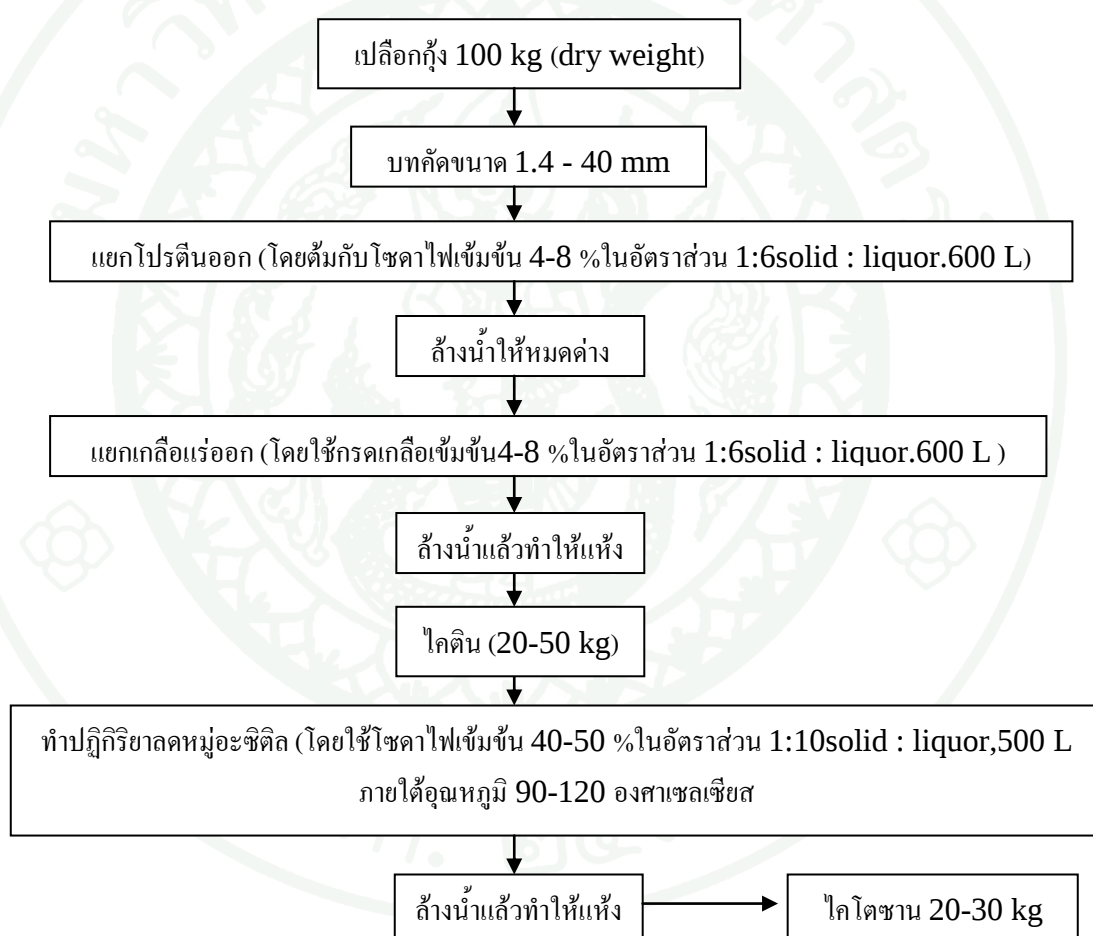
ซังเปลือกกุ้งที่บดแล้ว 125 กรัม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 750 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1 : 6 น้ำหนักต่อปริมาตร) นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองและล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลางโดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.1.2.2 การกำจัดแร่ธาตุ (Demineralization)

นำสารที่แยกโปรตีนออกแล้ว มาเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 800 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง กรองและล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลางโดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ไคติน

2.1.2.3 การกำจัดหมู่อะซิติล (Deacetylation)

นำสารที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 800 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1: 10 น้ำหนักต่อปริมาตร) นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองและล้างด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลาง โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ไคโตซาน



ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตแต่ละความเข้มข้นที่เตรียมได้ในข้อ 1.6 มาความเข้มข้นละ 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร และเติมรีเอเจนท์ B 8 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด ละลายด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เกิดสารสีน้ำเงิน และนำสารละลายมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร โดยเทียบกับสารละลายเบสลงค์ (ใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารละลายมาตรฐาน และทำการทดลองเช่นเดียวกัน) ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานฟอสเฟต

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ด้วยวิธีแบบเบตซ์

4.1 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณไคโตซานเริ่มต้น

ทำการทดลองโดยชั่งไคโตซานที่เตรียมได้จากเปลือกกุ้ง ปริมาณ 0.5 , 1.0 , 1.5 และ 2 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ฟอสเฟตปริมาตร 50 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำไคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.2 ศึกษาอิทธิพลของพีเอชเริ่มต้น

ทำการทดลองโดยชั่งไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ปริมาณ 0.5 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ฟอสเฟตปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 3 , 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 ในขวดรูปชมพู่แต่ละขวดและนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำไคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.3 ศึกษาอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเขย่า

ทำการทดลองโดยชั่งไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ปริมาณ 0.5 กรัม ค่อน้ำเสียสังเคราะห์ฟอสเฟต ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชให้เท่ากับค่าพีเอชที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า โดยแปรผันความเร็วยรอบในการเขย่าที่ 0 , 50 , 100 , 150 และ 200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำไคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.4 ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาเขย่า

ทำการทดลองโดยชั่งไคโตซาน ปริมาณ 0.5 กรัม ค่อน้ำเสียสังเคราะห์ฟอสเฟต ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าตามความเร็วยรอบที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3 โดยแปรผันระยะเวลาในการเขย่าที่ 0 , 10 , 30 , 60 , 90 และ 120 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำไคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.5 ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล

ทำการทดลองโดยชั่งไคโตซาน ปริมาณ 0.5 กรัม ค่อน้ำเสียสังเคราะห์ฟอสเฟต ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าตามความเร็วยรอบที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3 ระยะเวลาเขย่าที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.4 โดยแปรผันระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ 0 , 10 , 30 , 60 , 90

และ 120 นาที กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำโคโคซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับโคโคซานจากเปลือกกุ้ง

4.6 ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นฟอสเฟต

ทำการทดลองโดยชั่งโคโคซาน ปริมาณ 0.5 กรัม ต่อน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ความเข้มข้น 5 , 10 , 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชให้เท่ากับพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพของฟอสเฟตการดูดซับสูงสุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าตามความเร็วรอบที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3 ระยะเวลาเขย่าที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.4 และระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.5 กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำโคโคซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับโคโคซานจากเปลือกกุ้ง

4.7 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณโคโคซานที่เหมาะสม

ทำการทดลองโดยชั่งโคโคซาน ปริมาณ 0.125 , 0.25 , 1 , 1.5 และ 2 กรัม ต่อน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ฟอสเฟต ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าตามความเร็วรอบที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.3 ระยะเวลาเขย่าที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.4 และระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่เหมาะสมจากการทดลองในข้อ 4.5 กรองผ่านกระดาษกรองแมมเบรน ขนาด 0.45 ไมครอน และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต ด้วยวิธีมาตรฐาน และคำนวณหาร้อยละการดูดซับ

นำโคโคซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับโคโคซานจากเปลือกกุ้ง

4.8 ศึกษาไอโซเทอร์มในการดูดซับฟอสเฟตจากน้ำเสียสังเคราะห์

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.7 มาเขียนไอโซเทอร์มของแลงเมียร์ และฟรุนดลิช

4.9 การเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ก่อนที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยทำความสะอาดภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ ขนาด 20 ลิตร ด้วยตัวอย่างน้ำทิ้ง 1-2 ครั้ง ก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ภาชนะ และนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอช , ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ บีโอดี , ซีโอดี , ออกซิเจนละลายน้ำ , อุณหภูมิ , ไขมัน และน้ำมัน และ ฟอสเฟต เป็นต้น

4.10 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ โดยการทำการทดลองแบบเบดซ์

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.7 โดยซังไคโตซานจากเปลือกกุ้งในปริมาณที่มีร้อยละการดูดซับสูงสุดจากการทดลองในข้อ 4.7 ทำการทดลอง 7 ชั่วโมง นำน้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งมาวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ

นำไคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.11 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ ในระดับ pilot scale

ทำการทดลองโดยนำน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ปริมาตร 20 ลิตร และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับพีเอชที่มีร้อยละการดูดซับดีที่สุด จากการทดลองในข้อ 4.2 จากนั้นใช้ไบพัดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ปั่นกวนนานเท่ากับระยะเวลาเขย่าที่ให้ร้อยละการดูดซับที่ดีที่สุดจากการทดลองในข้อ 4.4 ตั้งทิ้งไว้นานเท่ากับระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ให้ร้อยละการดูดซับที่ดีที่สุดจากการทดลองในข้อ 4.5 ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟต

และมลสารอื่นๆ ได้แก่ ฟิเอช ,ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ,บีโอดี ,ซีโอดี ,ออกซิเจนละลายน้ำ
อูณหภูมิ และน้ำมัน เป็นต้น

นำโคโตซานเชิงพาณิชย์มาทำการทดลองเช่นเดียวกับโคโตซานจากเปลือกกุ้ง

4.12 ศึกษาการฟื้นฟูสภาพของโคโตซานจากเปลือกกุ้งและโคโตซานเชิงพาณิชย์ที่ผ่านการ
ใช้งานแล้ว

ทำการทดลองโดยนำโคโตซานจากเปลือกกุ้งและโคโตซานเชิงพาณิชย์ที่ผ่านการใช้
งานแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จำนวน 8 รอบ เพื่อฟื้นฟูสภาพ หลังจากนั้น ตากให้แห้งแล้วนำไปอบให้
แห้งที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น แล้วนำโคโตซานที่ผ่าน
การฟื้นฟูสภาพกลับไปทดลองใหม่กับน้ำเสียชุมชน จนประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตในน้ำเสีย
ชุมชนลดลง

5. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาในการทำการทดลองทั้งสิ้น 9 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม- สิงหาคม พ.ศ. 2555

ผลและวิจารณ์

การศึกษาคูคัพฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ ทำการทดลองแบบเบดซ์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะการดูดซับ ได้แก่ ปริมาณตัวดูดซับเริ่มต้น พีเอช (pH) ความเร็วรอบการเขย่า (rate shaking) ระยะเวลาเขย่า (shaking time) ระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล (contact time หรือ equilibrium time) ปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในระดับ pilot scale และฟื้นฟูตัวดูดซับหลังการใช้งาน การดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะของไคโตซานจากเปลือกกุ้งที่เตรียมได้

จากการศึกษาทดลองสกัดไคโตซานจากเปลือกกุ้งด้วยกระบวนการทางเคมี พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นเกร็ดละเอียดสีขาว มีความมันวาว และไคโตซานเชิงพาณิชย์ที่มีลักษณะเป็นเกร็ดใหญ่ มีสีขาวอมเหลืองเล็กน้อย แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

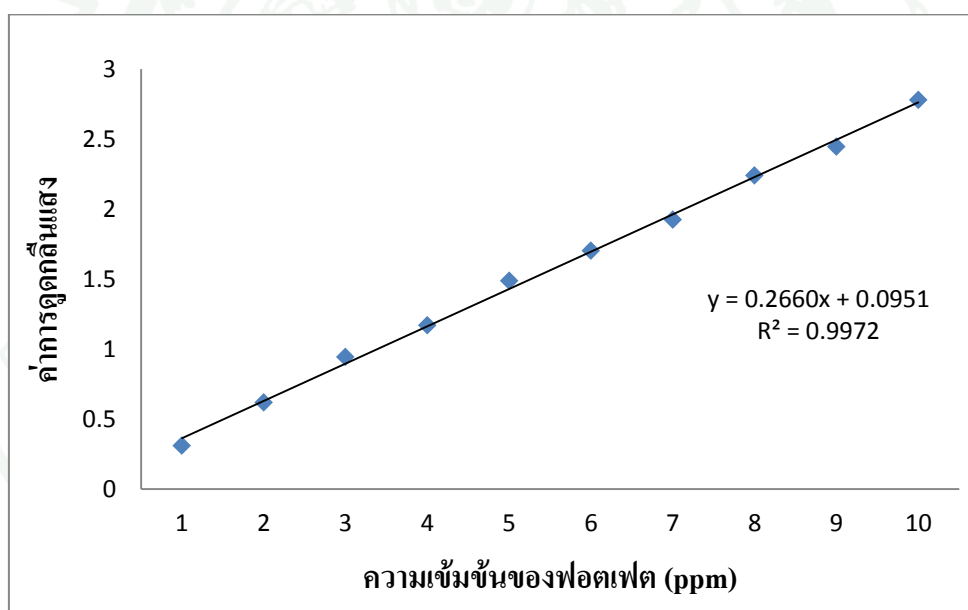
2. ผลการศึกษากฎมาตรฐานฟอสเฟต

จากการทดลองในข้อ 1.6 ปีเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 5,10,15,20,25,30,35,40,45 และ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร แต่ละ

ขวดเจือจางด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 1,2,3,4,5,6,7,8,9 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 6



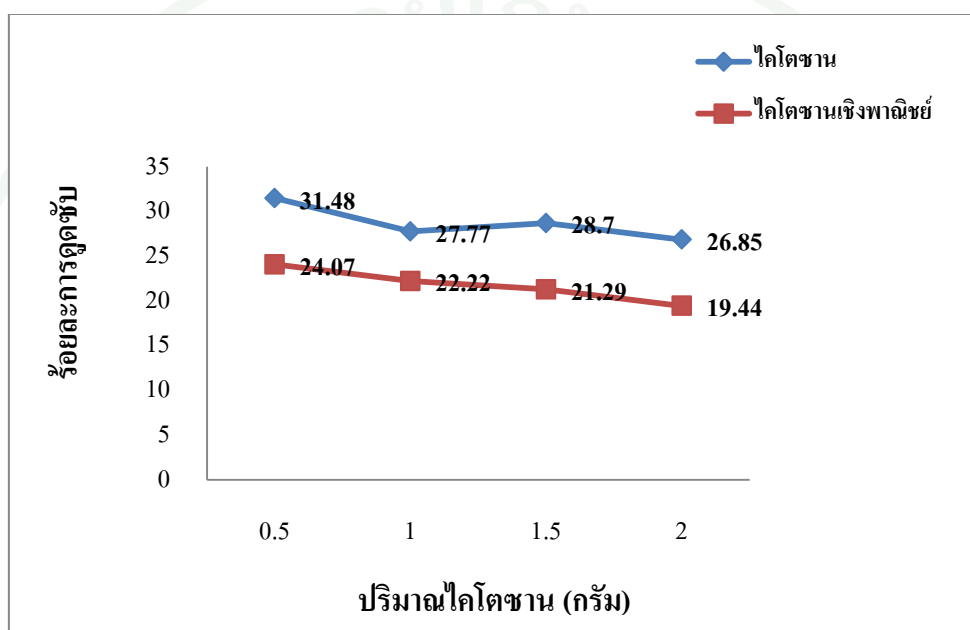
ภาพที่ 6 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 7 กราฟมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1-10 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ผลของปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ต่อการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร โดยทำการแปรผันปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ เท่ากับ 0.5 , 1.0 , 1.5 และ 2.0 กรัม ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 8 และตารางที่ 1 ในภาคผนวก

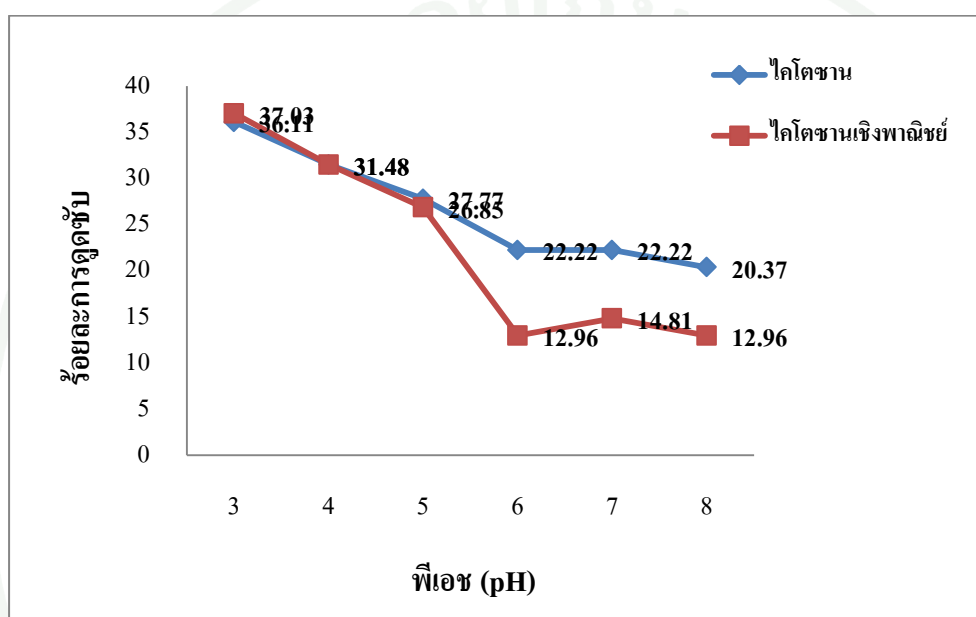


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตกับปริมาณของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์

จากภาพที่ 8 พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตลดลงเมื่อปริมาณไคโตซานเพิ่มขึ้น เนื่องจากไคโตซานมีสมบัติในการพองน้ำสูง ดังนั้นเมื่อปริมาณไคโตซานมากขึ้นจึงทำให้ตัวดูดซับสัมผัสกับตัวถูกดูดซับน้อยลง และพบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ปริมาณ 0.5 กรัม สามารถดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 31.48 และ 24.07 ตามลำดับ และไคโตซานที่เตรียมได้จากเปลือกกุ้งมีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟตได้สูงกว่าไคโตซานเชิงพาณิชย์ที่ทุกปริมาณตัวดูดซับ

4. ผลของพีเอชในน้ำเสียดังเคราะห์ต่อการดูดซับฟอสเฟต

จากการทดลองในข้อ 4.1 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ ชนิดละ 0.5 กรัม ต่อน้ำเสียดังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร โดยทำการแปรผันพีเอชให้เท่ากับ 3 , 4 , 5 , 6 , 7 และ 8 ได้ผลการดังแสดงในภาพที่ 9 และตารางที่ 2 ในภาคผนวก

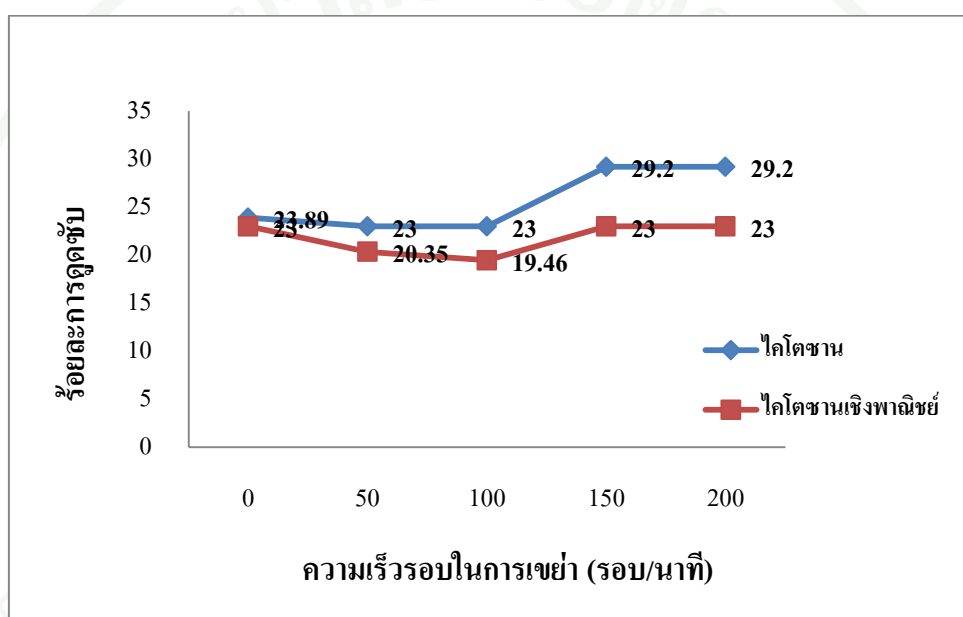


ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียดังเคราะห์กับพีเอช

จากภาพที่ 9 พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ได้ดีที่พีเอชเท่ากับ 3 โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 36.11 และ 37.03 ตามลำดับ เนื่องจากไคโตซานมีหมู่อะมิโน เมื่ออยู่ในในสภาวะที่เป็นกรด หมู่อะมิโนจะถูกโปรโตนตเป็นหมู่แอมินที่มีประจุบวก จึงทำให้สามารถเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับไอออนลบ (ฟอสเฟต) ได้ดี แต่เนื่องจากที่พีเอช 3 และพีเอช 4 ให้ร้อยละการดูดซับไม่แตกต่างกันมาก และน้ำเสียดังการบำบัดที่พีเอช 4 มีพีเอชเท่ากับ 6 ซึ่งจะไม่ก่อปัญหาต่อเรื่องสภาพกรดของน้ำที่ทิ้งต่อไป

5. ผลของความเร็วรอบเขย่าต่อการดูดซับฟอสเฟต

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 และ 4.2 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ชนิดละ 0.5 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอช เท่ากับ 4 โดยทำการแปรผันความเร็วรอบในการเขย่าให้เท่ากับ 0 , 50 , 100 , 150 และ 200 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 10 และตารางที่ 3 ในภาคผนวก

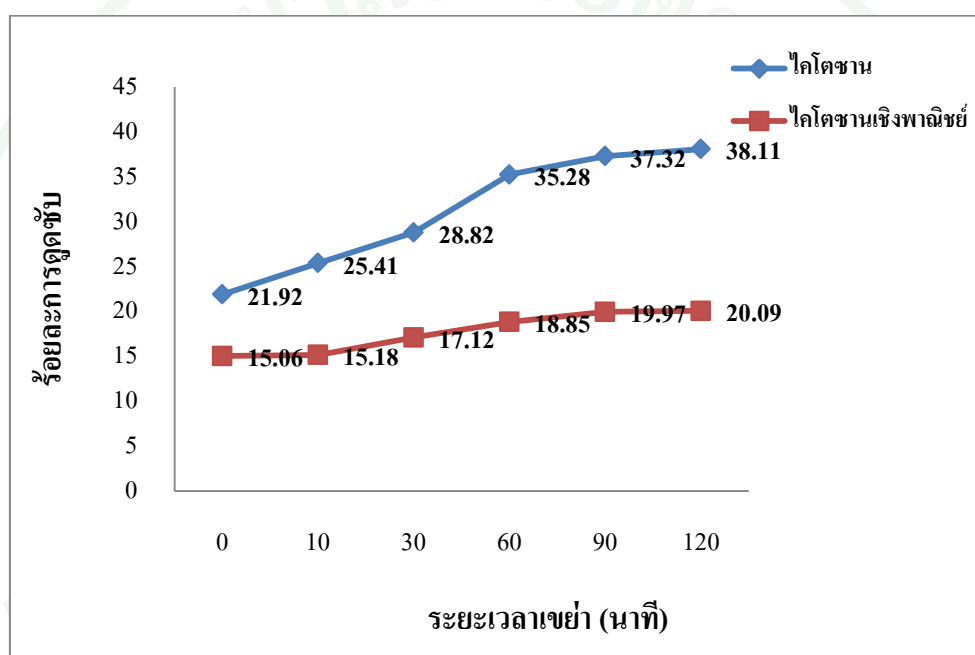


ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเร็วรอบการเขย่า

จากภาพที่ 10 พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ความเร็วรอบการเขย่าเท่ากับ 150 และ 200 รอบต่อนาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 29.20 และ 23.00 ตามลำดับ เนื่องจากร้อยละการดูดซับที่เท่ากัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกที่ 150 รอบต่อนาที เพราะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ในการบำบัด โดยการเพิ่มความเร็วยรอบในการเขย่าจะทำให้โมเลกุลของฟอสเฟตเคลื่อนที่ได้มากขึ้น และทำให้ชั้นฟิล์มของน้ำที่ล้อมรอบตัวดูดซับบางลง ส่งผลให้เกิดการดูดซับได้มากขึ้น

6. ผลของระยะเวลาเขย่าต่อการดูดซับฟอสเฟต

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 , 4.2 และ 4.3 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ชนิดละ 0.5 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ 50 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอช เท่ากับ 4 ความเร็วรอบการเขย่า เท่ากับ 150 รอบต่อนาที โดยทำการแปรผันระยะเวลาเขย่าให้เท่ากับ 0 , 10 , 30 , 60 , 90 และ 120 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 11 และตารางที่ 4 ในภาคผนวก

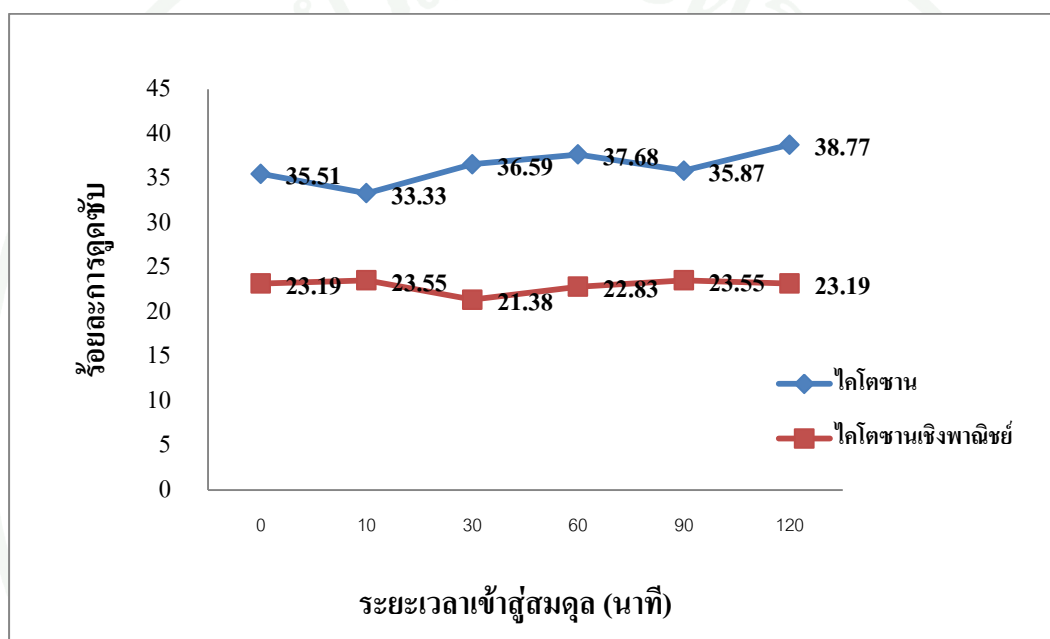


ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับระยะเวลาการเขย่า

จากภาพที่ 11 พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ระยะเวลาเขย่าเท่ากับ 120 นาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 38.11 และ 20.09 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเขย่า 90 นาที ร้อยละของการดูดซับเท่ากับ 37.32 และ 19.97 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักและเป็นการประหยัดระยะเวลา การศึกษานี้จึงเลือกระยะเวลาเขย่าที่ 90 นาทีซึ่งระยะเวลาเริ่มต้นพื้นผิวของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์จะสามารถดูดซับฟอสเฟตได้ดี เนื่องจากมีพื้นที่ผิวรองรับในการดูดซับฟอสเฟตเต็มพื้นที่จนถึงระยะเวลาหนึ่งที่พื้นที่ผิวเริ่มอิ่มตัวและลดน้อยลง อัตราการดูดซับฟอสเฟตก็จะลดลงตามไปด้วย

7. ผลของระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 ,4.2,4.3 และ 4.4 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ ชนิดละ 0.5 กรัม ต่อน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ที่ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ความเร็วรอบการเขย่า 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่า 90 นาที ทำการแปรผันระยะเวลาเข้าสู่สมดุลให้เท่ากับ 0,10,30,60,90 และ 120 นาที ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 12 และตารางที่ 5 ในภาคผนวก

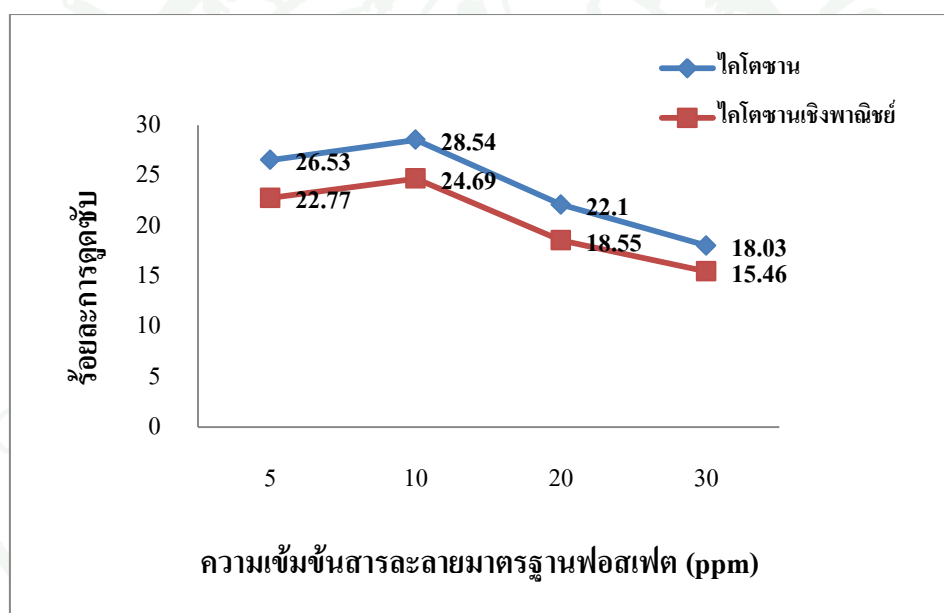


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเลี้ยงสังเคราะห์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล

จากภาพที่ 12 พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเลี้ยงสังเคราะห์ได้ดีที่ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลเท่ากับ 30 นาที โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 36.59 และ 21.38 ตามลำดับ เนื่องจากการดูดซับฟอสเฟตนั้นมีค่าไม่ต่างกันมากนักกับระยะเวลาเข้าสู่สมดุลที่ 30,60,90 และ 120 นาที ทั้งนี้ ในระยะเวลาเริ่มต้นพื้นที่ผิวของไคโตซานมีพื้นที่มาก ทำให้อัตราการดูดซับมีมากขึ้น จนถึงระยะเวลานึ่งบริเวณพื้นที่ผิวของไคโตซานดูดซับฟอสเฟตจนเข้าสู่สภาวะสมดุลหรืออิ่มตัว พื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดน้อยลงอัตราการดูดซับก็ลดน้อยลงตามไปด้วย

8. ผลของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตต่อร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 , 4.2 , 4.3 , 4.4 และ 4.5 ใช้ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ ชนิดละ 0.5 กรัม ต่อน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ความเร็วรอบในการเขย่าเท่ากับ 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่าเท่ากับ 90 นาที ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลเท่ากับ 30 นาที และทำการแปรผันความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ความเข้มข้นให้เท่ากับ 5 , 10 , 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 13 และตารางที่ 6 ในภาคผนวก



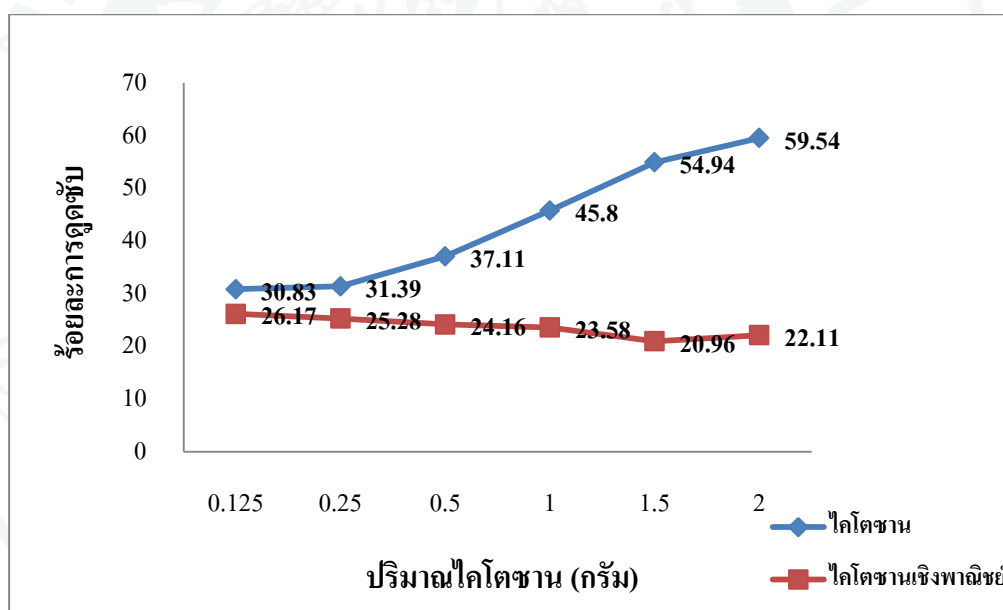
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (ppm)

จากภาพที่ 13 พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 28.54 และ 24.69 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากตัวดูดซับของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์มีพื้นที่ผิวการดูดซับที่จำกัด และในระดับความเข้มข้นที่มากขึ้น กับปริมาณตัวดูดซับที่เท่าเดิมจึงทำ

ให้พื้นที่ผิวของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตเต็มพื้นที่ผิวแล้ว จึงทำให้เกิดสภาวะอิ่มตัวไม่สามารถดูดซับได้อีก

9. ผลของปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมต่อร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์

จากการทดลองในข้อที่ 4.2 , 4.3 , 4.4 , 4.5 และ 4.6 ปรับพีเอชเท่ากับ 4 ความเร็วรอบในการเขย่าให้เท่ากับ 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่าให้เท่ากับ 90 นาที ระยะเวลาเข้าสู่สมดุลให้เท่ากับ 60 นาที ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเท่ากับ 10 ppm และทำการแปรผันปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ให้เท่ากับ 0.125 , 0.25 , 0.5 , 1 , 1.5 และ 2 กรัม ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 14 และตารางที่ 7 ในภาคผนวก



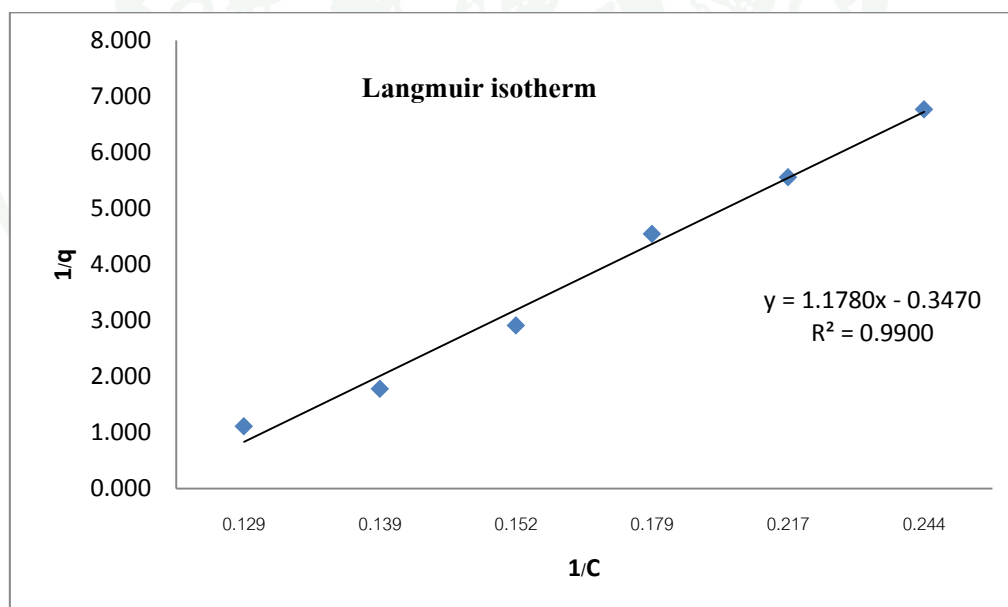
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียสังเคราะห์กับปริมาณไคโตซาน (กรัม)

จากตารางที่ 14 พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ปริมาณ 1.5 กรัม โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 54.94 และไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ดีที่ปริมาณ 0.125 กรัม โดยมีร้อยละการดูดซับเท่ากับ 26.17 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์มีสมบัติในการพองตัวในน้ำสูง โดยเฉพาะไคโตซานเชิงพาณิชย์ที่มีอัตราการพองตัวมากกว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ดังนั้น

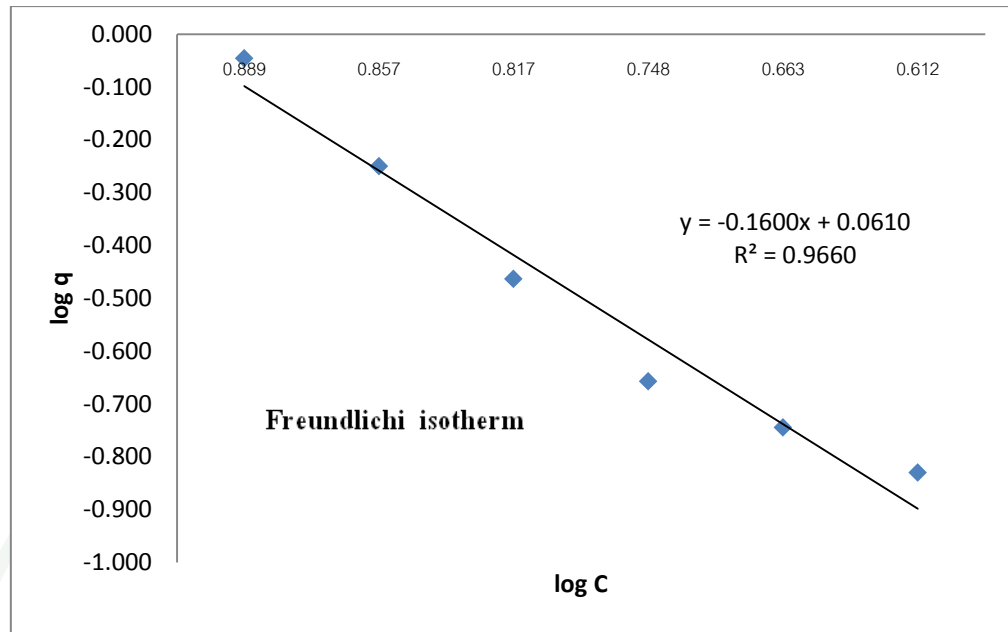
การใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งในปริมาณที่มากขึ้น จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับให้มีมากขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากัน

10. ผลของการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับฟอสเฟต โดยใช้สมการดูดซับของแลงเมียร์และฟรุนดลิช

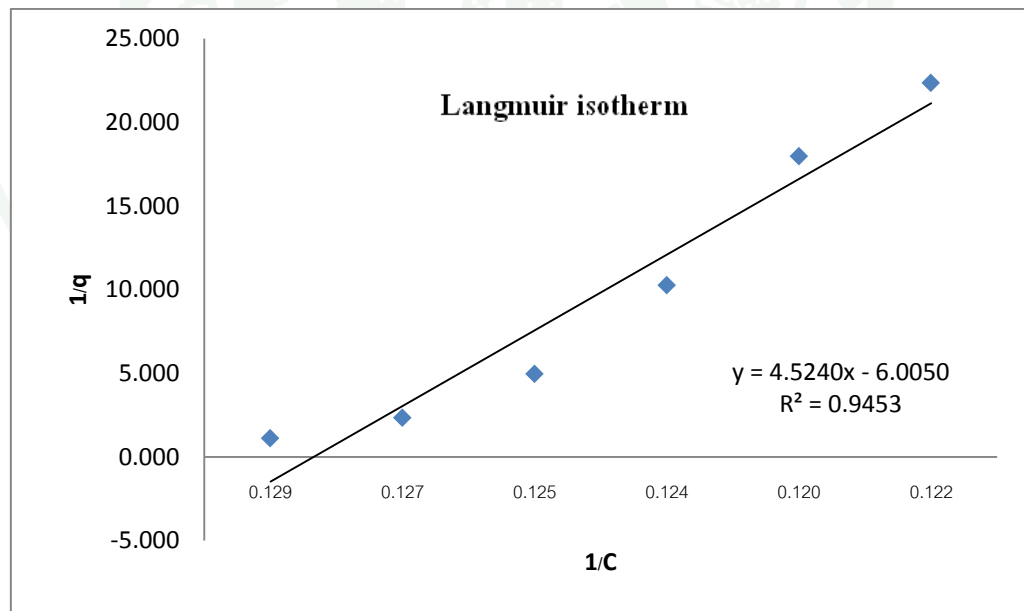
การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับฟอสเฟตของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ เป็นการนำสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการดูดซับ ได้แก่ พีเอช 4 ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาปั่นกวน 90 นาที และระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล 30 นาที และนำผลการศึกษาที่ได้เข้าสมการดูดซับ พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งมีกลไกการดูดซับเป็นไปตามสมการการดูดซับของแลงเมียร์ เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9900 และ 0.9660 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาพที่ 15 และ 16) และไคโตซานเชิงพาณิชย์มีกลไกการดูดซับเป็นไปตามสมการการดูดซับของฟรุนดลิช โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9453 และ 0.9760 ตามลำดับ แสดงว่า ไคโตซานทั้งสองชนิดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 17 และ 18



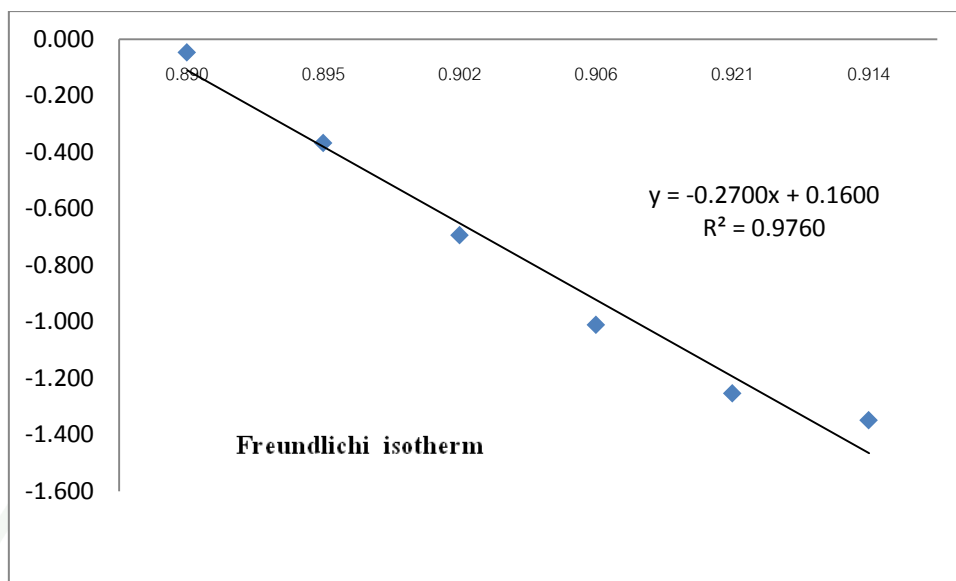
ภาพที่ 15 ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของแลงเมียร์
ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง



ภาพที่ 16 ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของฟรอนด์ไซต์ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง



ภาพที่ 17 ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของแลงเมียร์ด้วยไคโตซานเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 18 ไอโซเทอร์มการดูดซับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตของฟรุณฑิช
ด้วยไคโตซานเชิงพาณิชย์

11. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในวันที่ 16 มีนาคม 2555 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอช , ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ , บีโอดี , ซีโอดี , อุณหภูมิ , น้ำมัน และไขมัน และฟอสเฟต เป็นต้น ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่า คุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่ได้กำหนดไว้ และการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต พบว่า มีปริมาณฟอสเฟต 7.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปัจจุบันปริมาณฟอสเฟตส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร หากไม่มีการบำบัดด้วยวิธีที่ถูกต้องจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะปัญหายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ตัวอย่างน้ำเสียชุมชน	ค่ามาตรฐานน้ำเสีย จากแหล่งชุมชน
pH	6.80	5.5-9.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.43	ไม่เกิน 2.0
TDS (มิลลิกรัม/ลิตร)	444	ไม่เกิน 500
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	1,180	ไม่ได้กำหนด
BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.75	ไม่เกิน 20
COD (มิลลิกรัม/ลิตร)	93.60	ไม่เกิน 20
น้ำมันและไขมัน (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.27	20

12. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ โดยทำการทดลองแบบแบตช์

โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดีที่สุดในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตามการทดลองในข้อ 4.7 แล้วทำการทดลอง 7 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำเสียที่ผ่านการดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ มาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอช, ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ, บีโอดี, ซีโอดี, น้ำมันและไขมัน และฟอสเฟต เป็นต้น พบว่า น้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี หลังผ่านการดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ มีประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตร้อยละ 38.49 และ 30.95 ตามลำดับ หรือ 95.32 และ 76.65 มิลลิกรัมต่อกรัมของไคโตซาน ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์สามารถบำบัดมลสารอื่นๆ ในน้ำเสียได้อีกด้วย เช่น ของแข็งที่ละลายในน้ำ ซีโอดี น้ำมันและไขมัน เป็นต้น รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี หลังผ่านการดูดซับด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ดูดซับด้วยไคโตซาน จากเปลือกกุ้ง		ดูดซับด้วยไคโตซาน เชิงพาณิชย์		ค่ามาตรฐาน น้ำเสียจาก แหล่งชุมชน
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
pH	6.80	6.60	6.80	6.50	5.5-9.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	7.43	4.57	7.43	5.13	ไม่เกิน 2.0
TDS (มิลลิกรัม/ลิตร)	444	387	444	401	ไม่เกิน 500
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	1,180	1,013	1,180	1,112	ไม่ได้กำหนด
BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)	13.70	12.90	13.70	13.10	ไม่เกิน 20
COD (มิลลิกรัม/ลิตร)	93.60	90.30	93.60	91.70	ไม่เกิน 20
น้ำมัน/ไขมัน (มิลลิกรัม/ลิตร)	1.27	0.77	1.27	0.86	20

13. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ โดยทำการทดลองในระดับ pilot scale

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ และนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอช , ของแข็งทั้งหมด ที่ละลายน้ำ , บีโอดี , ซีโอดี , น้ำมัน และฟอสเฟต เป็นต้น พบว่า มีปริมาณฟอสเฟต 7.43 มิลลิกรัมต่อลิตร และดำเนินการทดลองโดยใช้น้ำเสียชุมชน ปริมาตร 20 ลิตร ปรับพีเอชให้เท่ากับ 4 ใส่ไคโตซาน 200 กรัม จากนั้นใช้ใบพัดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ปั่นกวน โดยปั่นกวนนานเท่ากับระยะเวลาเขย่าที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดีที่สุดคือ 90 นาที และตั้งทิ้งไว้นานเท่ากับระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ดีที่สุดคือ 30 นาที หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตและคุณภาพน้ำ

จากการทดลอง พบว่า การทดลองในระดับ pilot scale การดูดซับฟอสเฟตจากน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับร้อยละ 44.55 และ 39.27 ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซานที่มากขึ้น ทำให้พื้นที่

ผิวในการดูดซับฟอสเฟตก็มีมากขึ้นเช่นกัน โดยสามารถบำบัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนให้มีปริมาณที่ลดลงได้ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

ปริมาณตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
50	28.12	23.70
100	38.72	27.92
150	43.84	38.02
200	44.55	39.27

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี หลังจากการประยุกต์ใช้งานจริงด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ พบว่า ไคโตซานทั้งสองชนิดสามารถบำบัดมลสารอื่นๆได้ เช่น ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ , บีโอดี , ซีโอดีน้ำมันและไขมัน โดยการประยุกต์ใช้งานจริงด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งสามารถบำบัดได้ร้อยละ 29.12 , 6.95 , 8.60 และ 26.72 ตามลำดับและไคโตซานเชิงพาณิชย์สามารถบำบัดได้ร้อยละ 23.71 , 0.53 , 5.45 และ 16.37 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ก่อนและหลังการดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

ดัชนีคุณภาพน้ำ	การดูดซับด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้ง			การดูดซับด้วยไคโตซานเชิงพาณิชย์		
	ก่อน	หลัง	ร้อยละการบำบัด	ก่อน	หลัง	ร้อยละการบำบัด
pH	6.60	6.50	1.51	6.60	6.60	-
ฟอสฟอรัสทั้งหมด(mg/l)	7.43	4.26	42.66	7.43	4.87	34.45

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	การดูดซับด้วย ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง			การดูดซับด้วย ไคโตซานเชิงพาณิชย์		
	ก่อน	หลัง	ร้อยละ	ก่อน	หลัง	ร้อยละ
	การบำบัด			การบำบัด		
TDS (mg/l)	388	275	29.12	388	296	23.71
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	1,230	1,186	3.57	1,230	1,211	1.54
BOD (mg/l)	1.87	1.74	6.95	1.87	1.86	0.53
COD (mg/l)	95.30	87.10	8.60	95.30	90.10	5.45
น้ำมัน/ไขมัน (mg/l)	1.16	0.85	26.72	1.16	0.97	16.37

14. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานซ้ำของไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์

จากการทดลองในระดับ pilot scale พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตลดลงตามจำนวนครั้งของการใช้งาน เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในครั้งแรก โดยการใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ดูดซับฟอสเฟตได้มากที่สุดร้อยละ 44.87 และ 38.26 ตามลำดับ เมื่อนำมาฟื้นฟูสภาพแล้วทั้งไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ หลังผ่านการใช้งาน

ชนิดตัวดูดซับ	ร้อยละการดูดซับ		
	ใช้งานครั้งแรก	ฟื้นฟูครั้งที่ 1	ฟื้นฟูครั้งที่ 2
ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	44.87	37.29	29.87
ไคโตซานเชิงพาณิชย์	38.26	30.12	22.34

เมื่อพิจารณาจากการใช้งานตามจำนวนครั้ง พบว่า ประสิทธิภาพของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ มีประสิทธิภาพการดูดซับลดลงครั้งหนึ่งจากประสิทธิภาพในการดูดซับ ฟอสเฟตครั้งแรก ซึ่งแสดงว่าอายุการใช้งานของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ ก็ย่อมลดลงตามไปด้วย เมื่อจำนวนครั้งในการใช้งานมากขึ้น ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ซ้ำเกินกว่าประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตที่ลดลง ควรนำไคโตซานที่เหลือจากการนำไปบำบัด คุณภาพน้ำนั้น ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ได้แก่ ใช้เป็นปุ๋ยธรรมชาติเนื่องจากโดยธรรมชาติ อนุพันธ์ของไคโตซานจะมีไนโตรเจนประมาณ 7-10% ซึ่งจะถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลอย่าง ช้าๆ ด้วยเอนไซม์ที่มีชีวิตผลิตขึ้นรวมทั้งอนุพันธ์ของไคโตซานนั้นยังเป็นตัวตรึงไนโตรเจนไม่ว่า จากอากาศหรือจากดิน เช่น ในกรณีของเห็ดนั้นอนุพันธ์ของไคโตซานจะเป็นตัวตรึงก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Fixation) เป็นต้น นอกจากนี้ ไคโตซานสามารถปรับสภาพดิน (Soil -Condition) ที่มีส่วนประกอบของดินเหนียวมากโดยจะเพิ่มความพรุนในดินการดูดซับน้ำ การ อุ่นน้ำ และการควบคุมอัตราการชะล้างพังทลาย (erosion) ของดินได้อีกด้วย (www.tschitosan.com)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ โดยทำการทดลองแบบแบบดซ์และทำการทดลองในระดับpilot scaleสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1.จากการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ พบว่า ที่ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้ง1.5 กรัม และไคโตซานเชิงพาณิชย์ 0.125 กรัมสามารถดูดซับฟอสเฟตในสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรปริมาตร 50 มิลลิตร ได้ดีที่สุดที่ภาวะที่เหมาะสม คือ พีเอช 4 ความเร็วรอบในการเขย่า 150 รอบต่อนาที ระยะเวลาเขย่า 90 นาที และระยะเวลาเข้าสู่สภาวะสมดุล 30 นาทีที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ร้อยละ 54.94 และ 26.17 ตามลำดับ

2. ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยทำการทดลองแบบแบบดซ์ด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษาทดลอง พบว่าไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตได้ร้อยละ 38.49 และ 30.95 ตามลำดับ

3. ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับในระดับ pilot scale พบว่า ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตได้ร้อยละ 44.55 และ 39.27 ตามลำดับและสามารถบำบัดมลสารอื่นๆจากน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีได้ เช่น ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ , บีโอดี , ซีโอดี และน้ำมัน เป็นต้น

4. ผลการศึกษาการฟื้นฟูไคโตซานทั้งสองชนิดหลังผ่านการใช้งาน พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับลดลงครึ่งหนึ่งจากประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสเฟตครั้งแรก คือ 44.87 และ 38.26 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าอายุการใช้งานของไคโตซานจากเปลือกกุ้ง และไคโตซานเชิงพาณิชย์ก็ย่อมลดลงตามไปด้วย เมื่อจำนวนครั้งในการใช้งานมากขึ้น และไม่สามารถบำบัดมลสารอื่นๆจากน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี เช่น ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ, บีโอดี , ซีโอดี น้ำมันและไขมัน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไคโตซานและวัสดุดูดซับทางชีวภาพชนิดอื่นๆ มาเป็นวัสดุที่ใช้ในการทดลองแทนการใช้ไคโตซานจากเปลือกกุ้งเพื่อจะได้ทราบและเปรียบเทียบว่ามีวัสดุดูดซับทางชีวภาพใดบ้างที่สามารถบำบัดคุณภาพน้ำและดูดซับฟอสเฟตได้ อีกทั้งเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (Zero waste) และบำบัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

2. ควรมีการศึกษาวิธีการฟื้นฟูตัวดูดซับที่ผ่านการใช้งานแล้วด้วยวิธีการอื่นๆ เพื่อนำกลับมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และวิธีในการจัดการ หรือนำตัวดูดซับไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ กรณีที่ไม่สามารถใช้เป็นวัสดุดูดซับได้แล้ว

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ.2552.น้ำเสียชุมชน.แหล่งที่มา: [http:// www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th), 10 พฤศจิกายน 2554

กรมควบคุมมลพิษ.2555.ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนด
มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนลงวันที่ 7
เมษายน2553.ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ
69 ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553แหล่งที่มา : [http:// www.pcd.go.th](http://www.pcd.go.th), 5 ตุลาคม 2555

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. วิศวกรรมerkการจัดน้ำเสีย. มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว.2551.วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ. 2536. แนวทางการลดปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจาก
การชักฟอก. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลย์ลักษณ์วิสุทธิศักดิ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมสิ่งแวดล้อม
แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ และคณิดา ตั้งคณาภิรักษ์. 2550. น้ำหลักการการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ
ทางเคมี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

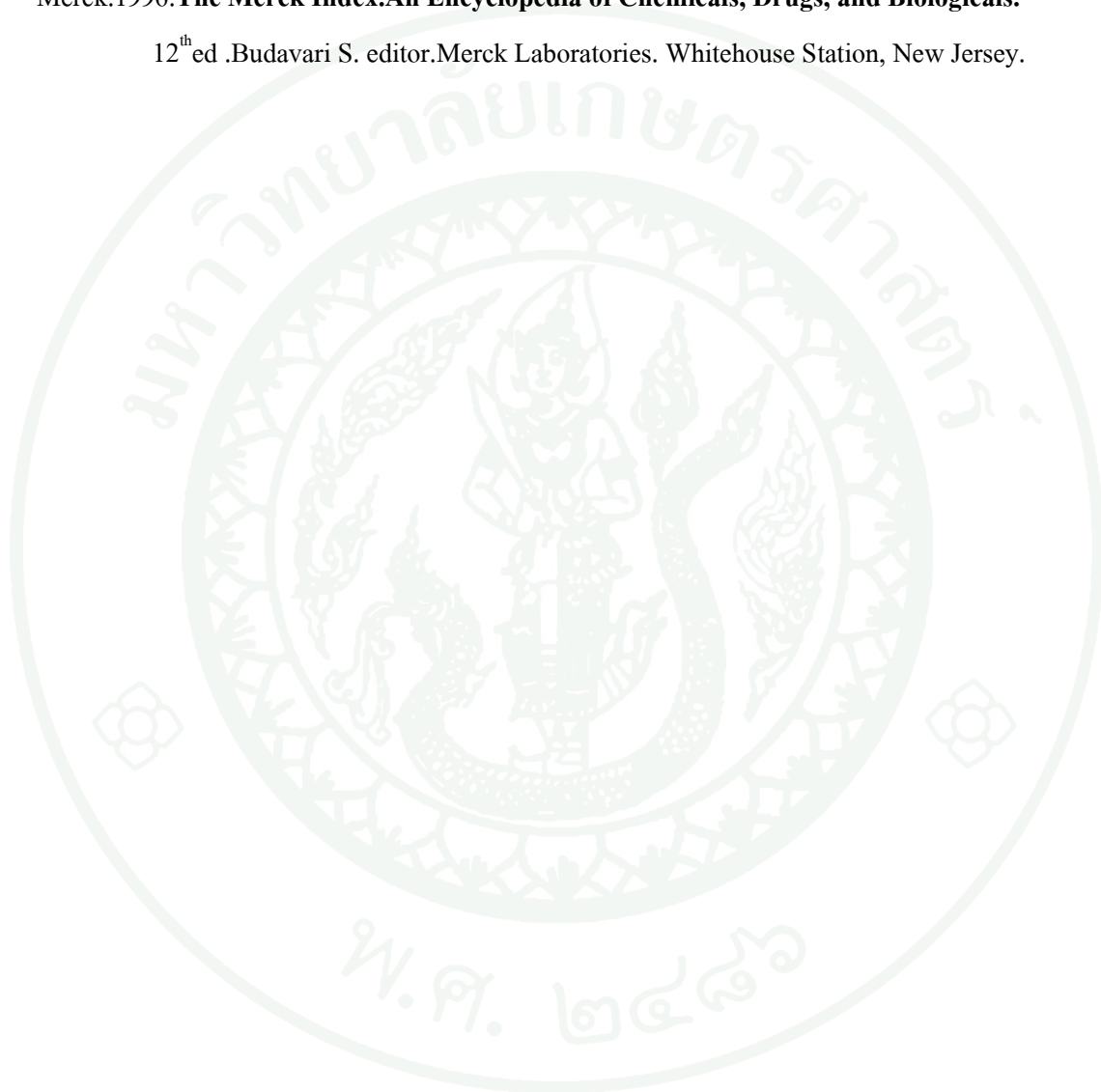
ปราณี พันธุมสินชัย. 2537. คู่มือการดำเนินงานควบคุมปัญหาน้ำเสียของภาครัฐบาลองค์การบริหาร
และสุขภาพ. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันกุลเวศม์ และ มันรักษ์ ตันกุลเวศม์ . 2545. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อุบลวรรณ กมลศิริประเสริฐ. 2536. การกำจัดฟอสเฟตในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบแอร์เรเตค
 ลาถูกโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Merck.1996.**The Merck Index.An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals.**

12th ed .Budavari S. editor.Merck Laboratories. Whitehouse Station, New Jersey.





ตารางผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์กับ
ปริมาณไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์ในน้ำเสียดังเคราะห์

ปริมาณตัวดูดซับ (กรัม)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
0.5	31.48	24.07
1.0	27.77	22.22
1.5	28.70	21.29
2.0	26.85	19.44

ตารางผนวกที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับพีเอช

ค่าพีเอช	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
3	36.11	37.03
4	31.48	31.48
5	27.77	26.85
6	22.22	12.96
7	22.22	14.81
8	20.37	12.96

ตารางผนวกที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับความเร็วย่อย

ความเร็วย่อย (รอบ/นาที)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
0	23.89	23.00
50	23.00	20.35
100	23.00	19.46
150	29.20	23.00
200	29.20	23.00

ตารางผนวกที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับระยะเวลาแช่

ระยะเวลาแช่ (นาที)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
0	21.92	15.06
10	25.41	15.18
30	28.82	12.97
60	35.28	13.50
90	37.32	19.97
120	38.11	20.09

ตารางผนวกที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับระยะเวลาเข้าสู่สมดุล

ระยะเวลาเข้าสู่สมดุล (นาที)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
0	35.51	23.19
10	33.33	23.55
30	36.59	21.38
60	37.68	22.83
90	35.87	23.55
120	38.77	23.19

ตารางผนวกที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียดังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับความเข้มข้นสารละลาย
มาตรฐานฟอสเฟต

ความเข้มข้นสารละลาย มาตรฐานฟอสเฟต (ppm)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
5	26.53	22.77
10	28.54	24.69
20	22.10	18.55
30	18.03	15.46

ตารางผนวกที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดซับฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วย
ไคโตซานจากเปลือกกุ้งและไคโตซานเชิงพาณิชย์กับปริมาณไคโตซาน

ปริมาณไคโตซาน (กรัม)	ร้อยละการดูดซับ	
	ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง	ไคโตซานเชิงพาณิชย์
0.125	30.83	26.17
0.25	31.39	25.28
0.5	37.11	24.16
1	45.80	23.58
1.5	54.94	20.96
2	59.54	22.11

ตารางผนวกที่ 8 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรด-เบส (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันได้แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันได้แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรอง
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันได้แต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
7. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
8. ค่าบีโอดี (5 วันที่ อุณหภูมิ 20 °C) (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจไม่เกิน 5.0 มก./ล.หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล. ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	ไม่ได้กำหนด สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยก หาน้ำหนักของ น้ำมันและ ไขมัน Azide Modification ที่ อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน

ที่มา : ดัดแปลงจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ใน ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ตารางผนวกที่ 9 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	
พารามิเตอร์	มาตรฐาน
1.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5 -9.0
2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) *	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids) **	ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

หมายเหตุ : * กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อฝุ้ง (Oxidation Pond) ให้ใช้ค่าบีโอดี ของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filtrate BOD) การกรองตัวอย่างน้ำเพื่อหาค่า บีโอดีให้ใช้วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) ที่ใช้ในกระบวนการกรองเพื่อหาค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี ที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด

** กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อฝุ้ง (Oxidation Pond)ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนให้เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกันกำหนดไว้หรือตามวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษาทั้งนี้ให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมกับลักษณะและสภาพของ ตัวอย่างน้ำ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2556)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาววรารณ์ ศรีจิว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 1 พฤศจิกายน 2530
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลเปาโลเมโมเรียล
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ