

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การใช้เปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง

Utilization of cockle shell to reduce phosphorus in
wastewater from shrimp ponds.

โดย

นายวรเศรษฐ์ วิบูลย์ปัญญากุล

นางสาวสุกัญญา เป็ยสุวรรณ

เสนอ

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)

ปีการศึกษา 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	การใช้เปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง Utilization of cockle shell to reduce phosphorus in wastewater from shrimp ponds.
โดย	นายวรเศรษฐ์ วิบูลย์ปัญญากุล นางสาวสุกัญญา เปียสุวรรณ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชา	พัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร
หลักสูตร	การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการใช้เปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง เพื่อหาปริมาณและระยะเวลาการใช้เปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง โดยจัดตั้งทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6X6 factorial in CRD experimental designed) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเปลือกหอยแครง 6 ระดับ (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลาเขย่า 6 ระดับ (30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) พบว่า การใช้เปลือกหอยแครงในอัตราเพิ่มมากขึ้น (จาก 0.2 ไปเป็น 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระยะเวลาภายหลังที่ใส่เปลือกหอยแครงในน้ำทิ้งที่นานขึ้น (จาก 30 ไปเป็น 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) พบว่า มีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะตำรับที่ใช้เปลือกหอยแครง 0.5 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 150 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งได้สูงถึง 44.53 % (ลดจาก 282.15 เหลือ 156.51 ไมโครกรัมต่อลิตร) โดยไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นแตกต่างจากเดิมในทางสถิติ

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปัญหาพิเศษ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยตรวจสอบแก้ไขสิ่งผิดพลาดต่างๆ และสิ่งที่สำคัญยิ่ง คือ ความอดทนและการให้อภัยที่มีให้เสมอมา จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณพายุเยาว์ สนิสมบัติที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อกัก

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ช่วยกันแก้ปัญหาต่างๆ รวมถึงให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้คำปรึกษาเวลาข้าพเจ้ามีปัญหา คอยให้กำลังใจเมื่อข้าพเจ้าต้องการกำลังใจ และอยู่เคียงข้างข้าพเจ้าตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษนี้

นายวรเศรษฐ์ วิบูลย์ปัญญากุล

นางสาวสุกัญญา เปียสุวรรณ

มีนาคม 2555



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	20
สรุปผลการทดลอง	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2553	6
2	ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัส และ pH ของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง เมื่อใส่ปริมาณเปลือกหอยแครง 6 ระดับ ร่วมกับระยะเวลาในการลดปริมาณฟอสฟอรัส 6 ระดับ จากการจัดสิ่งทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ	20
3	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (ไมโครกรัม P ต่อลิตร) ในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครง ในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ	22
4	ร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (%) ในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครง ในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ	24
5	pH ในน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครงในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ	25
ตารางผนวกที่		
1	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณเปลือกหอยแครงและระยะเวลาที่ใช้ในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	34
2	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณเปลือกหอยแครงและระยะเวลาที่แตกต่างกันต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	34

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (ไม่โครกรัม P ต่อลิตร) ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครง ในอัตรา (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) ต่างๆ	23
2	การเปลี่ยนแปลง pH ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครงในอัตรา (0, 0.2, 1.0 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (0, 60, 120 และ 180 นาที) ต่างๆ	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

กุ้งทะเลเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ จากสถานการณ์การส่งออกกุ้งในปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณการส่งออกประมาณ 553,909.55 ตัน (คิดเป็นกุ้งขาว 99.57% และกุ้งกุลาดำ 0.43%) (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ส่งผลให้การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลมีแนวโน้มที่ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวที่มีปริมาณผลผลิตที่สูงเมื่อเทียบกับกุ้งกุลาดำ เนื่องจากในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำกำลังประสบปัญหาทางการผลิตและการตลาด คือ การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในหลายพื้นที่ประสบปัญหาโตช้าเนื่องจากโรคกุ้งระบาด ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ราคาขายตกต่ำ (ชโล, 2547) ผู้เลี้ยงกุ้งจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei*) เพิ่มมากขึ้น โดยกุ้งขาวจะเจริญเติบโตได้เร็วและมีต้นทุนต่ำกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และสามารถเลี้ยงได้ในระดับความหนาแน่นที่สูงกว่า ด้วยเหตุนี้ผู้เลี้ยงกุ้งจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันอย่างแพร่หลายและเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่สูง ทำให้ปริมาณการให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนจึงมากขึ้นด้วย เพื่อที่กุ้งจะใช้ธาตุอาหารในการเจริญเติบโตและสร้างเปลือกกุ้ง (วีณา, 2547) แต่ในความเป็นจริงแล้วกุ้งจะใช้ธาตุอาหารเหล่านั้นเพียง 10 - 20% ส่วนธาตุอาหารที่เหลืออยู่ เช่น ฟอสฟอรัสหรือแมกนีเซียม จะถูกสะสมอยู่ในตะกอนเลนหรือตกค้างอยู่ในน้ำปริมาณมาก โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เมื่อมีการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อกุ้งดังกล่าวลงสู่แหล่งน้ำ จะส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากธาตุอาหารเหล่านี้จะไปช่วยเพิ่มหรือเร่งการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ทำให้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดปรากฏการณ์ algal bloom และเมื่อแพลงก์ตอนเหล่านี้ตาย จุลินทรีย์จะทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายและจะต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จึงส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงและก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ (eutrophication) (นันทนา, 2544) การบำบัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำทิ้งมีด้วยกันหลากหลายวิธี ทั้งการบำบัดทางกายภาพ ชีวภาพ และทางเคมี โดยเฉพาะวิธีการทางเคมีซึ่งเป็นที่นิยมและสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้สูง เช่น กระบวนการตกตะกอนทางเคมี ด้วยสารส้ม เพอร์ริคคลอไรด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ วิธีการใช้สารเคมีเหล่านี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น จึงมีการนำวัสดุอื่นมาใช้แทนสารเคมี เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ ซึ่งหอยแครงเป็นหอยสองฝาเป็นที่นิยมบริโภคเป็นอย่างมาก ทำให้ปริมาณของเปลือกหอยแครงเพิ่มสูงขึ้นเป็นปัญหาในการกำจัด เปลือกหอยแครงประกอบด้วย โปรตีน ไขมันและไคติน หากมีการนำเปลือกหอยแครงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการบำบัดฟอสฟอรัส จะช่วยลดปริมาณเปลือกหอยแครงและช่วยทำให้สามารถลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียได้

ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้เป็นการศึกษาการใช้เปลือกหอยแครงในการบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อนำไปเป็นแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงกุ้งและเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงและแหล่งน้ำธรรมชาติ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณและระยะเวลาที่เหมาะสมของเปลือกหอยแครงที่ใช้ในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*)

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือ Pacific white shrimp หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “กุ้งขาว” เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก ตะวันออก จากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู กุ้งชนิดนี้มีการเลี้ยงกันมากในประเทศเอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบียและบราซิล

กุ้งขาวแปซิฟิกที่เกษตรกรในประเทศไทยนิยมเลี้ยงเรียกว่า กุ้งขาวแวนนาไม หรือเรียกกันว่า กุ้งขาว เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลาช้านาน ทำให้มีการนำเข้าไปเลี้ยงในหลายๆ ประเทศ กุ้งชนิดนี้ได้มีการนำเข้ามาเลี้ยงในทวีปเอเชียครั้งแรกที่ประเทศไทยได้หวั่นปี พ.ศ. 2539 และต่อมาได้นำเข้าไปในประเทศจีนในปี พ.ศ. 2541 สำหรับประเทศไทยได้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาทดลองเลี้ยงในปี พ.ศ. 2541

จากกระแสการเลี้ยงกุ้งขาวที่ได้ผลดีกว่ากุ้งกุลาดำ ทำให้เกษตรกรจำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น ลักษณะเฉพาะของกุ้งขาวที่สามารถสังเกตเห็นได้เด่นชัดคือ บริเวณพนักกรี (หนาม) ด้านบนจะหยักและถี่ ปลายกรีจะตรงโดยที่พนักกรีด้านล่าง 2 อันและด้านบน 8 อัน ความยาวของกรีจะยาวกว่าลูกตาไม่มากและที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือ จะเห็นลำไส้กุ้งชนิดนี้ชัดกว่ากุ้งขาวอื่นๆ ขณะที่ตัวเต็มวัยสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งชนิดนี้จะมี ความยาวทั้งหมด (total length) 230 มิลลิเมตร (9 นิ้ว) (ชโล, 2547)

ความสำคัญของแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งทะเล

กุ้งเป็นสัตว์ที่มีเปลือกเป็นโครงสร้างหุ้มร่างกาย กุ้งเจริญเติบโตได้ต้องลอกคราบ สารอาหารที่กุ้งกินหรือได้รับกุ้งจะนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต การสร้างเปลือก การเจริญเติบโตและใช้พัฒนาในระบบสืบพันธุ์ แร่ธาตุเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในโครงสร้างเปลือก และเนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่ม (soft tissues) รวมทั้ง เป็นองค์ประกอบปัจจัยร่วม (cofactor) และหรือตัวกระตุ้น (activators) ในเอนไซม์น้ำย่อยหลายชนิดของกุ้ง แร่ธาตุที่ละลายได้ดี เช่น แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) และคลอไรด์ (Cl) แร่ธาตุเหล่านี้จะทำหน้าที่ในระบบสมดุลเกลือแร่ระหว่างร่างกายสัตว์กับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งบำรุงรักษาความสมดุลความเป็นกรดต่างของร่างกายและความต่างศักย์ของเนื้อเยื่อของกุ้งเพื่อให้สามารถอยู่ได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แร่ธาตุที่กึ่งทะเลต้องการ (macro mineral)

แคลเซียม (calcium, Ca) มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือก ความสมดุลกรดต่างภายในร่างกาย ความต่างศักย์ของเมมเบรน (เนื้อเยื่อ) การแข็งตัวของเลือด การหดตัวของกล้ามเนื้อ และการดูดซับวิตามินบี 12 กุ้งสามารถดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดจากน้ำ

ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) มีความสำคัญต่อการสร้างเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงการเริ่มต้น สมดุลกรดต่างภายในร่างกาย ความต่างศักย์ของเมมเบรน ขบวนการเมตาโบลิซึม กุ้งสามารถดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดจากน้ำ เนื่องจากในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ การดูดซึมฟอสฟอรัสของสัตว์น้ำจากน้ำจืดหรือน้ำเค็มโดยทั่วไปยังมีไม่เพียงพอ ดังนั้นฟอสฟอรัสในอาหารสัตว์น้ำจึงมีความสำคัญ การที่กุ้งมีความต้องการสูงมีผลมาจาก เนื่องจากกุ้งมีความจำเป็นต้องใช้ฟอสฟอรัสในการสร้างเปลือกตลอดวงจรการลอกคราบ

โซเดียม โพแทสเซียม (sodium, Na ; potassium, K) เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาในแง่ของการช่วยปรับระบบสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกาย (osmoregulation) ของกุ้ง นับว่าเป็นแร่ธาตุกลุ่มที่มีความเข้มข้นสูงมากชนิดหนึ่งในระบบเลือดกุ้ง

คลอไรด์ (chloride, Cl) กุ้งสามารถสะสมได้มากกว่าโซเดียมและโพแทสเซียม จะมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับโซเดียม เป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายรวดเร็ว เมื่อน้ำภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงไป คลอไรด์จะรักษาความดันออสโมติก คลอไรด์มีส่วนกระตุ้นน้ำย่อยให้ทำงานดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอะไมเลส (amylase) และรักษาความเป็นกรด-ด่างของน้ำย่อยและเป็นส่วนประกอบในน้ำย่อยด้วย ปริมาณของคลอไรด์ในเลือดกุ้งทะเลจะเท่ากับในน้ำทะเลหรือใกล้เคียงกัน

แมกนีเซียม (magnesium, Mg) แมกนีเซียม มีความสำคัญต่อกึ่งทะเลในแง่เป็นตัวที่ช่วยปรับสมดุลเกลือแร่ภายในร่างกาย ความต่างศักย์ของเนื้อเยื่อ การสร้างเปลือก และการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เป็นแร่ธาตุที่พบปริมาณสูงในน้ำทะเล (1,350 มิลลิกรัมต่อลิตร) (เอกอนันต์, 2550)

การหมุนเวียนฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

วงจรการเปลี่ยนแปลงของธาตุฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำค่อนข้างจะซับซ้อน โดยฟอสฟอรัสที่หมุนเวียนอยู่ในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบหลายชนิดทั้งที่อยู่ในรูปไอออนของสารอนินทรีย์ เช่น ฟอสเฟต จนถึงที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลและสารพันธุกรรม (DNA) สัดส่วนของฟอสฟอรัสแต่ละรูปที่อยู่ในแหล่งน้ำ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ค่าสภาพกรดหรือด่าง ความเข้มข้นของไอออนของโลหะบางชนิด เช่น แคลเซียม ไอออน (Ca^{2+}) และอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) ค่าออกซิเดชัน-รีดักชัน ตลอดจนมลภาวะเป็นพิษของน้ำ

แต่ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายที่สุด คือ ออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำ (soluble orthophosphate)

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในน้ำอาจอยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต (inorganic polyphosphate) ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะได้ฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) นอกจากนี้จุลินทรีย์ในน้ำยังสามารถเปลี่ยนฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำให้เป็นออร์โธฟอสเฟต เป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ โดยปกติความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจะต่ำมาก คือ มีปริมาณของออร์โธฟอสเฟตอยู่ไม่เกิน 5-20 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร แม้แต่ในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์มากๆ หรือในน้ำเสียก็มีปริมาณไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus) ซึ่งหมายถึงฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในรูปต่างๆ ในน้ำธรรมชาติรวมกันซึ่งมักจะมีค่าไม่เกิน 1 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร (วีริช, 2544)

ความสัมพันธ์ของฟอสฟอรัสในน้ำกับฟอสฟอรัสที่อยู่ในตะกอนหรือดินเลนก้นบ่อ

ฟอสฟอรัสในน้ำและดินเลนจะมีความสมดุลกัน ถ้าฟอสฟอรัสในน้ำถูกแพลงก์ตอนดึงไปใช้ก็จะทำให้ฟอสฟอรัสในน้ำลดลงและเสียสมดุล ตะกอนเลนก็จะปล่อยฟอสฟอรัสให้กับน้ำเพื่อรักษาสมดุลไว้ ฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในตะกอนเลนที่พื้นก้นบ่อจะอยู่ในรูปของสารประกอบของแคลเซียม สารประกอบของเหล็กหรือสารประกอบของอะลูมิเนียม โดยปกติถ้าก้นบ่ออยู่ในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจน สารประกอบของฟอสฟอรัสต่างๆ จะละลายน้ำได้น้อย แต่เมื่อใดก็ตามที่ก้นบ่อเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ฟอสฟอรัสจำนวนมากก็จะถูกปล่อยให้กับน้ำทำให้แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว (ภูมิไทยพาร์ม, 2551)

ผลกระทบที่เกิดจากการสะสมของฟอสฟอรัส

บ่อเลี้ยงกุ้งที่มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่น จะมีการสะสมของฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงและนำไปสู่การเพิ่มการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสังเกตได้จากสีน้ำในบ่อมีสีเขียวเข้มขึ้น โดยอาจเป็นสีเขียว สีนํตาล หรือสีแดง ขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนพืชชนิดนั้นๆ ทำให้ค่าพีเอชในบ่อเลี้ยงเปลี่ยนแปลงอย่างมาก และหากการจัดการไม่ดี แพลงก์ตอนพืชเหล่านั้นจะตายอย่างรวดเร็วที่เรียกกันว่า “แพลงก์ตอนตกรอบ” ซึ่งปรากฏการณ์นี้ จะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำโดยตรงรวมถึงตัวกุ้งด้วย เช่น การขาดออกซิเจนกะทันหัน แอมโมเนียเพิ่มขึ้นจากการเน่าสลายของแพลงก์ตอนที่ตาย ทำให้เกิดปัญหาแพลงก์ตอนเข้าเกาะเหงือกกุ้งอ่อนแอไม่กินอาหารและตายในที่สุด

ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้น จะต้องมีการควบคุมและป้องกันการสะสมของฟอสฟอรัสไม่ให้มากเกินไป โดยควรทำการตรวจวัดและติดตามปริมาณฟอสเฟตในบ่อเลี้ยงอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง โดยควบคุมให้มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตไม่เกิน 0.2 ppm และปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดไม่เกิน 0.5 ppm ไม่เลี้ยงกุ้งหนาแน่นจนเกินไป ให้อาหารในปริมาณที่เหมาะสม และต้องมีการดูดตะกอนเลนกันบ่อออกมาเก็บที่บ่อเก็บเลนอย่างสม่ำเสมอ เพราะฟอสเฟตจะตกตะกอนอยู่ที่กันบ่อ ถ้าไม่ดูดตะกอนเลนออกฟอสเฟตจะละลายกลับมาเป็นอาหารของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้อีก (ภูมิไทยฟาร์ม, 2551)

พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดฉะเชิงเทรา

พื้นที่ของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีการทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลในปี 2553 มีมูลค่าเพิ่ม 1,000 ล้านบาท ซึ่งมีพื้นที่ทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลทั้งหมด 11 อำเภอ มีเนื้อที่ประมาณ 23,698 ไร่ (ตารางที่ 1) พื้นที่ที่มีการทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งมากที่สุด 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอบางคล้า อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา และอำเภอกลองเชือก ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2553

อำเภอ	กุ้งทะเล	
	จำนวน (ฟาร์ม)	เนื้อที่ (ไร่)
เมือง ฉะเชิงเทรา	669	4,644
บางคล้า	909	7,654
บ้านโพธิ์	250	2,494
บางปะกง	83	1,337
บางน้ำเปรี้ยว	157	1,800
กลองเชือก	372	2,905
ราชสาส์น	112	1,584
พนมสารคาม	40	609
แปลงยาว	15	662
ท่าตะเกียบ	31	20
สนามชัยเขต	112	173
รวม	2,607	23,689

ที่มา : สำนักงานประมงจังหวัดฉะเชิงเทรา (2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟอสฟอรัส (phosphorus compounds)

ฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อมทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติและในน้ำเสีย โดยทั่วไปอยู่ในรูปของแข็งหรือสารแขวนลอย และสารละลาย โดยฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติและในน้ำเสียมีลักษณะที่แตกต่างกัน (กรรณิการ์, 2525 ; อุบลวรรณ, 2536) ดังนี้

1. ออโรฟอสเฟต (orthophosphate) หรืออาจเรียกอีกอย่างว่าฟอสฟอรัสละลายน้ำ (soluble reactive phosphorus) สารประกอบเหล่านี้ละลายน้ำได้ดีและแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งสารประกอบประเภทนี้ที่พบมาก คือ trisodium phosphate (Na_3PO_4) disodium phosphate (Na_2HPO_4), monosodium phosphate (NaH_2PO_4) และ diammonium phosphate ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)

2. โพลีฟอสเฟต (polyphosphate) เป็นสารประกอบที่พบได้มากในน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นส่วนผสมของน้ำยาทำความสะอาด เมื่อแตกตัวจะให้ออโรฟอสเฟตออกมา ซึ่งสารประกอบประเภทนี้ที่พบมาก คือ Sodium hexametaphosphate ($\text{Na}_2(\text{PO}_3)_6$), sodium triphosphate ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$) และ tetrasodium pyrophosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)

สารประกอบเหล่านี้เป็น dehydrated phosphate ดังนั้นจะถูกไฮโดรไลซิสในน้ำกลับไปเป็นพวกออโรฟอสเฟตตามเดิม อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและค่าพีเอชที่ต่ำ การย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ช้าถ้าอยู่ในน้ำสะอาด 4 – 50 วัน แต่จะเกิดได้เร็วในน้ำเสียประมาณ 20 ชั่วโมง

3. อินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphate) ซึ่งได้จากกระบวนการชีวภาพ สารฟอสฟอรัสเหล่านี้พบได้ในสารละลาย สารแขวนลอยหรืออินทรีย์วัตถุที่กำลังเน่าสลายหรือเป็นองค์ประกอบในร่างกายนของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสารประกอบประเภทนี้ที่พบมาก คือ nucleic acid, phospholipid และ sugar phosphate

การตะกอนทางเคมี

การตกตะกอนทางเคมี คือ อาศัยหลักการเติมสารเคมีลงไปทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา โดยทั่วไปสารแขวนลอยจะมีประจุลบ ดังนั้นสารเคมีที่เติมลงไปจึงเป็นประจุบวกเพื่อทำให้เป็นกลาง การแยกด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงแต่ก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ดังนั้นวิธีนี้จะเลือกใช้ต่อเมื่อไม่สามารถแยกได้โดยกระบวนการทางชีวภาพหรือกายภาพ โดยส่วนมากสารเคมีที่ทำให้เกิดตะกอนจะละลายน้ำ เช่น เกลือของสารประกอบต่างๆ เช่น เกลืออะลูมิเนียมซัลเฟตหรือสารส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($Al_2(SO_4)_3$), เกลือเหล็ก ($FeCl_3$, $FeSO_4$) และเกลือของแคลเซียม ($Ca(OH)_2$) ส่วนเกลือที่นำมาช่วยในการเกิดตะกอนได้ดียิ่งขึ้นนี้เป็นสารประกอบของกลุ่ม activated ของ silica และ polyelectrolytes

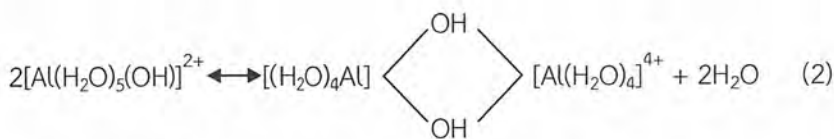
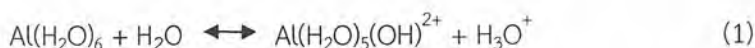
การตกตะกอนทางเคมีนั้นจะมีความแตกต่างไปจากการโคแอกกูเลชัน เพราะการตกตะกอนทางเคมีเป็นการเติมสารลงไปใต้น้ำ เพื่อทำปฏิกิริยากับสารที่ละลายน้ำ เกิดเป็นสารประกอบใหม่ ซึ่งเป็นตะกอนใหญ่และหนัก จมตัวได้ ส่วนโคแอกกูเลชันเป็นการเติมสารเคมีเพื่อช่วยให้สิ่งสกปรกที่เป็นตะกอนขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นตะกอนใหญ่

1. ขั้นตอนการตกตะกอนทางเคมี

ในทางปฏิบัติการตกตะกอนทางเคมีมักถูกเรียกรวมๆ กันไว้ว่า “การสร้างรวมตะกอน” คือ การทำให้ตะกอนหรือสารแขวนลอยขนาดเล็ก (colloid) รวมตัวกันเป็นตะกอนขนาดใหญ่ขึ้น (มันลิน, 2543) เนื่องจากในน้ำหรือน้ำเสียมักจะมีการปนเปื้อนโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กและไม่สามารถจมตัวได้ เพราะ อนุภาคคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ และเมื่ออนุภาคเหล่านั้นมาพบกันก็จะผลักรันไม่สามารถรวมตัวกันเป็นตะกอนออกจากน้ำหรือน้ำเสีย ก็คือ การทำลายประจุของอนุภาคหรือทำให้อนุภาคเป็นกลาง ซึ่งทำได้โดยการเติมสารเคมีบางชนิดลงไป (สันทัด, 2549) ขั้นตอนในการตกตะกอนเคมีประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 กระบวนการการโคแอกกูเลชัน (coagulation) คือ การทำให้อนุภาคแขวนลอย (colloid) ในน้ำเสียที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ เป็นกลางหรือมีประจุเป็นศูนย์ โดยใช้สารเคมีที่เรียกว่า สารสร้างตะกอน (coagulant) ภายใต้สภาพน้ำที่มีความปั่นป่วนอย่างรุนแรง ในขั้นตอนการกวนเร็ว (rapid mixing) เมื่ออนุภาคแขวนลอยไม่มีประจุหรือประจุเป็นกลางมาพบกันจะไม่ผลักรันและสามารถรวมตัวกันออกจากน้ำเสียได้โดยง่าย โดยมีหลักการคร่าวๆ คือ การทำลายประจุที่มีอยู่ในอนุภาคแขวนลอยลง ทำให้ประจุเป็นกลางก็จะรวมตัวตกตะกอนลงมา (สันทัด, 2549) ซึ่งการทำให้อนุภาคเป็นกลางมีกลไกที่สำคัญ 4 กลไก ดังนี้

1.1.1 กลไกการทำลายชั้นประจุ 2 ชั้นรอบอนุภาค (double layer repression) คือ เป็นการเติมอนุภาคที่มีประจุบวกจำพวกแคลเซียม (Ca^{2+}) หรืออะลูมิเนียม (Al^{3+}) หรือโซเดียม (Na^+) เป็นต้น สารที่นิยมใช้เพื่อเพิ่มอนุภาคในน้ำเสีย คือ สารส้มและปูนขาว ในกรณีการใช้สารส้มจะเกิดการแตกตัวเป็นสาร complex รูปต่างๆ ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปประจุบวก ดังสมการที่ 1 และ 2



1.1.2 กลไกการทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (charge neutralization) คือ ใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์ในชั้น stern ทำให้ชั้น stern หรือ shear บางลง อนุภาคแขวนลอยจะเคลื่อนชั้นประจุรอบนอกเพียงชั้นเดียวทำให้สามารถเกาะจับได้ง่ายขึ้น สารที่เติมได้แก่ $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_3$ โดยการเติมในปริมาณที่สูง ดังนั้น วิธีการนี้ไม่เป็นที่นิยม

1.1.3 กลไกการสร้างผลึกขึ้นมาเพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (entrapment) คือ การเติมสารตกตะกอน (coagulant) ในปริมาณที่สูงมากทำให้เกิดตะกอน เช่น ไฮดรอกไซด์จะจับตัวกับสารแขวนลอย ทำให้ตกตะกอนออกจากน้ำเสีย แต่ตะกอนที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเบาและอุ้มน้ำไว้มาก ทำให้ปริมาตรของตะกอนมีมากและแยกออกจากน้ำยากหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ตะกอนเหล่านี้แยกออกจากน้ำได้ยากมาก

1.1.4 กลไกสร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์ (interparticle bridging) คือ การเติมสารพอลิเมอร์ที่มีประจุตรงข้ามกับอนุภาคแขวนลอย สารพอลิเมอร์จะเป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคแขวนลอยต่างๆ ให้เป็นตะกอนใหญ่ขึ้นและตกตะกอนออกจากน้ำเสีย วิธีการนี้ไม่นิยมเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

1.2 กระบวนการฟลอคคูเลชัน (flocculation)

การทำให้อนุภาคแขวนลอยที่เกาะกันอยู่สามารถเกาะรวมกันได้มากขึ้น โดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า “flocculant” ลงไปช่วยยึดหรือจับให้กลุ่มตะกอนที่รวมกันเข้ามาจับเป็นกลุ่มตะกอนใหญ่ขึ้นจนมองด้วยตาเปล่าเห็นได้ชัด เรียกว่า “ฟลอค” (floc) เมื่อตะกอนกลุ่มใหญ่ มีน้ำหนักมากขึ้นก็จะสามารถจมตัวลงสู่ก้นถังได้เร็วมากขึ้น (สันทิต, 2549) แต่ถ้ามีการสัมผัสระหว่างอนุภาคแต่ไม่จับตัวกันก็จะเป็นการเกิดฟลอคคูเลชัน กรณีหลังจะเป็นการสะท้อนให้เห็นว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร โดยปกติระบบคอลลอยด์ที่มีการทำลายเสถียรภาพอย่างสมบูรณ์จะมีประสิทธิภาพหรือความสำเร็จในการสร้างสัมผัส เท่ากับ 100% แต่ถ้ามีการเติมสารสัมผัสหรือโคแอกกูเลชันอื่นๆ ไม่พอเพียงหรือพีเอชไม่เหมาะสมหรือเนื่องมาจากสาเหตุอื่นๆ ที่ทำให้มีการทำลายเสถียรภาพไม่สมบูรณ์ ความสำเร็จในการสร้างสัมผัสจะมีค่าต่ำกว่า 100% ซึ่งหมายความว่าอนุภาคที่สัมผัสกันไม่จำเป็นต้องเกาะจับกันเสมอไป

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า อนุภาคคอลลอยด์ที่ถูกทำลายเสถียรภาพแล้วจะเกิดโคแอกกูเลชันได้ สมบูรณ์นั้นจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการทำให้อนุภาคเหล่านั้นสัมผัสหรือกระทบกัน วิธีการสร้างสัมผัสให้กับอนุภาคต่างๆ มีหลายวิธีดังนี้

1.2.1 ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสัมผัสเกิดขึ้น วิธีการปฏิบัติที่นิยมมากที่สุด คือ กวนน้ำให้เคลื่อนที่ในลักษณะที่ส่วนต่างๆ ของน้ำที่มีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุอนุภาคต่างๆ มีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่เร็วเกินไป มิฉะนั้นฟล็อกที่เกิดขึ้นอาจแตกหรือหลุดออกจากรันได้ วิธีนี้เป็นวิธีพื้นฐานที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งอุปกรณ์ในการสร้างสัมผัสหรือสร้างฟล็อกคูเลชันเรียกว่า ถังกวนช้าและวิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า ฟล็อกคูเลชันแบบออร์โธไคเนติก (orthokinetic flocculation) อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน และมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.2.2 การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (brownian motion) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนเป็นการเคลื่อนที่แบบอาศัยความร้อน (thermal motion) การสัมผัสระหว่างอนุภาคต่างๆ ที่เกิดจากการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนหรืออาศัยความร้อนนี้ เรียกว่า “ฟล็อกคูเลชัน แบบเพอริไคเนติก” (perikinetic flocculation) ในทางปฏิบัติ ฟล็อกคูเลชันแบบเพอริไคเนติกไม่เหมาะสมในการผลิตน้ำประปา เนื่องจากใช้เวลานานนอกจากนี้การเคลื่อนที่ในระดับโมเลกุลดังกล่าว ทำให้สามารถสร้างสัมผัสกับคอลลอยด์ขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนเท่านั้น ข้อดีของการสร้างสัมผัสแบบนี้คือ ไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก

1.2.3 การสัมผัสระหว่างอนุภาคเกิดขึ้นเนื่องจากการตกตะกอนที่มีอัตราไม่เท่ากันของอนุภาคขนาดต่างๆ ฟล็อกคูเลชันวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการตกตะกอนทำให้ไม่เท่ากันของอนุภาคขนาดต่างๆ ฟล็อกคูเลชันวิธีนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการตกตะกอนทำให้สามารถกำจัดคอลลอยด์ออกจากน้ำได้เลย อนุภาคที่สามารถสร้างฟล็อกคูเลชันจะต้องเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และต้องมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทางปฏิบัติอนุภาคจะต้องมีขนาดดังกล่าว อาจเกิดฟล็อกคูเลชันมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง เมื่อมาถึงถึงการตกตะกอนจึงเกิดฟล็อกคูเลชันอีกครั้งหนึ่งในการตกตะกอน

1.2.4 ในกรณีที่อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน แต่มีอนุภาคเล็กกว่า 5 ไมครอนและมีความเข้มข้นน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟล็อกคูเลชันอาจเกิดขึ้นโดยวิธีการสร้างสัมผัสแบบออร์โธไคเนติก แต่อาจเกิดขึ้นสร้างเมื่อมีการสัมผัสน้อย วิธีการแก้ไขมีด้วยกัน 2 แบบคือ

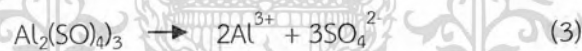
แบบแรกโดยใช้เครื่องกรองทรายแบบกรองเร็วหรือเครื่องกรองแบบ 2 ชั้น ชั้นกรองนั้นจะช่วยเพิ่มอัตรา ในการสัมผัสและยังบังคับให้อนุภาคต่างๆ เคลื่อนที่เข้ามาชิดกันด้วย การใช้ถังกรองนั้นจะช่วยสร้าง ฟล็อกคูลชันเช่นนี้ เรียกว่า “การกรองสัมผัส” (contact filtration) แต่เนื่องจากช่องว่างนั้นมีจำนวนจำกัด วิธีนี้จึงสามารถใช้กับอนุภาคที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร การใช้กรวดขนาดเล็กแทนทรายนั้นอาจทำให้เพิ่มช่องว่างได้ แต่จะทำให้ลดพื้นที่ผิวสัมผัส จึงอาจได้ผลไม่ดีเท่าชั้นทราย ส่วนแบบที่ 2 จะให้อนุภาคจับตัวกันเป็นฟล็อกจับตัวกันเป็นสลัดจ์ (sludge blanket) และบังคับให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนผ่านชั้นสลัดจ์ อีกวิธีหนึ่งคือการนำเอาฟล็อกกลับคืนมาผสมกับอนุภาคคอลลอยด์จากนั้นจึงสร้างสัมผัสตามแบบออร์โธโคเนติกไปตามปกติ การใช้ถังตะกอนแบบโซลิคส์คอนแทคท์ (solids contact clarifier) ก็ใช้หลักการนี้

2. สารสร้างตะกอน (coagulant)

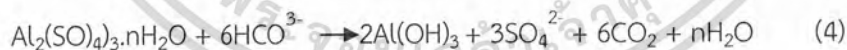
ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้สารสร้างตะกอนเพื่อตกตะกอนทางเคมี มีดังนี้

2.1 การตกตะกอนเคมีด้วยสารส้ม

สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบจากแหล่งต่างๆ และหาซื้อได้ง่ายในราคาที่ไม่แพงมากนัก สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต) มีสูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ เมื่อเติมสารส้มลงในน้ำจะแตกตัวให้ประจุบวกและลบ ดังสมการที่ 3 จะได้ว่า



เมื่อเติมสารส้ม (alum) ลงในน้ำเสียที่มีความเป็นด่าง (alkalinity) จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 4 และถ้าในน้ำมีฟอสเฟต จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 5 จะได้ว่า



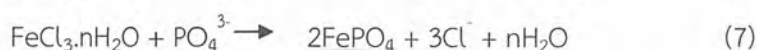
pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน $AlPO_4$ คือ 6.3

2.2 การตกตะกอนเคมีด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์

เฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) มีสูตรทางเคมีว่า $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ หรือ $FeCl_3$ anhydrous มีลักษณะผลึกสีน้ำตาลหรือเหลือง เป็นเม็ดสีเขียวหรือดำ และมีรูปสารละลายสีน้ำตาลแกมเหลืองปกติ

จะละลายน้ำได้ดีและเติมน้ำดิบในรูปของสารละลาย สารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรดและกัดกร่อน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะได้ตะกอนเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ $\text{Fe}(\text{OH})_3$

เฟอร์ริคคลอไรด์เป็นสารเคมีที่แตกตัวในน้ำ รูปแบบของสารประกอบเหล็ก เมื่อละลายน้ำนั้น จะมีประจุบวก สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ประจุลบที่เกิดจากของแข็งในน้ำด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุของการรวมกลุ่มของตะกอนเฟอร์ริคคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากับ bicarbonate alkalinity ในน้ำ ดังสมการที่ 6 และถ้าในน้ำมีฟอสเฟต จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 7 จะได้ว่า



เนื่องจากความสามารถในการละลายของ FePO_4 ขึ้นอยู่กับค่า pH เช่นกัน ความสามารถในการละลายของ FeSO_4 ที่ pH 5 จะละลายน้ำได้น้อยที่สุด และ pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน FeSO_4 คือ 5.3

2.3 การตกตะกอนเคมีด้วยปูนขาว

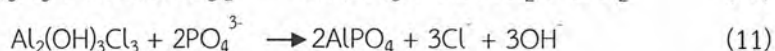
ปูนขาว (lime) มีสูตรทางเคมีว่า $\text{Ca}(\text{OH})_2$ จะทำปฏิกิริยากับ bicarbonate alkalinity ในน้ำ ได้ CaCO_3 ดังสมการที่ 8 และถ้าทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีฟอสเฟตจะได้ calcium hydroxyapatite ตามสมการที่ 9 จะได้ว่า



pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนคือ 9.5 - 11.5

2.4 การตกตะกอนเคมีด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์

โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (polyaluminum chloride : PACl) มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ เป็นสารสร้างตะกอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหาในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ เมื่อมีการสร้างตะกอนเกิดขึ้น คลอไรด์ไอออนที่เกิดขึ้นจะเข้ารวมกับอะตอม ดังสมการที่ 10 จึงไม่มีปัญหาสภาพเป็นกรดมากเหมือนกับสารสร้างตะกอนตัวอื่นๆ และถ้าในน้ำมีฟอสเฟต จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 11 จะได้ว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีออลูมิเนียมคลอไรด์เป็นเกลือสังเคราะห์ของอลูมิเนียมคลอไรด์ ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้ในขบวนการตกตะกอน มีคุณสมบัติดีกว่าของอลูมิเนียมและเหล็ก เมื่อละลายน้ำจะให้สารมีฤทธิ์เป็นด่างและมีเปอร์เซ็นต์ของ active Al_2O_3 สูงถึง 30% ใช้ได้ดีกับน้ำในแม่น้ำ น้ำผิวดิน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยอลูมิเนียมที่เป็น Al_2O_3 นี้จะทำปฏิกิริยากับ HCl ที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้รวมตัวเป็น $AlCl_3$ หลังจากนั้นจะทำปฏิกิริยากับเบสที่อุณหภูมิและความดันสูง เพื่อให้รวมตัวเป็นอลูมิเนียมโพลีเมอร์ ซึ่งเมื่อเติมสารส้มลงไปในการละลายนี้ สารส้มจะได้ลดความเข้มข้นของ Al_2O_3 ให้เหลือ 10 – 11% และเติมซัลเฟตลงไปเพื่อไปทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างอลูมิเนียม 2 อะตอมสูตรทั่วไปของ PACL คือ $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างและสารช่วยในการตกตะกอน (ณรงค์, 2536)

ในกระบวนการสร้างและสารช่วยในการตกตะกอนจะดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

3.1 อุณหภูมิ ซึ่งมีผลต่อความหนืดของน้ำ ดังนี้ ถ้าอุณหภูมิต่ำความหนืดสูง ทำให้อัตราการตกตะกอนช้าลงเพราะการรวมตัวเกิดกลุ่มก้อนเร็วและถ้าอุณหภูมิสูงความหนืดต่ำ ทำให้อัตราการตกตะกอนได้ดีเพราะการรวมตัวเกิดกลุ่มก้อนช้า

3.2 คุณสมบัติและชนิดคอลลอยด์ในน้ำ เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์เป็นประจุบวกหรือลบ เพื่อจะได้เลือกการสร้างตะกอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง

3.3 ปริมาณของคอลลอยด์ในน้ำ ถ้าน้ำเสียที่มีปริมาณคอลลอยด์มากจะตกตะกอนได้ดีกว่า และใช้สารสร้างตะกอนในปริมาณที่น้อยกว่าน้ำที่มีคอลลอยด์น้อย เพราะน้ำที่มีความเข้มข้นสูงๆ อนุภาคจะมีโอกาสสัมผัสกันได้ง่าย

3.4 ค่า pH ของน้ำที่เหมาะสม เนื่องจากการสร้างตะกอนแต่ละชนิดจะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ของ pH ที่ต่างๆ กัน ดังนั้นจะต้องมีการหาค่า pH ของน้ำก่อน เพื่อปรับสภาพการตกตะกอน ถ้าปฏิกิริยาไม่เกิดใน pH ที่เหมาะสม จะทำให้ผลการตกตะกอนจะเกิดขึ้นไม่ดีและเปลืองสารเคมี ยังทำให้คุณภาพน้ำไม่ดีเท่าที่ควร

3.5 ระดับความขุ่นในน้ำ หมายถึง ปริมาณอนุภาคคอลลอยด์ที่มีอยู่ในน้ำ โดยน้ำที่มีอนุภาคแขวนลอยจำนวนมาก จะใช้สารสร้างตะกอนในปริมาณที่น้อยกว่า อีกทั้งยังตกตะกอนได้ดี เนื่องจากมีเป่าสัมผัสมากกว่าน้ำที่มีอนุภาคคอลลอยด์น้อยกว่า

3.6 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างตะกอนจะสมบูรณ์ได้ต้องอาศัย ส่วนประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพความเป็นด่างในน้ำ (alkalinity) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ด้านการเปลี่ยนแปลง pH สำหรับสารสร้างตะกอนบางตัว เพื่อให้ปฏิกิริยาในการกำจัดอนุภาคคอลลอยด์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.7 เกลือแร่ต่างๆ และการมีอนุมูล เช่น ซัลเฟตหรือฟอสเฟต จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดกลุ่มก้อนเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

- เปลี่ยนแปลงช่วง pH ที่ดีที่สุดในการเกิดกลุ่มก้อน
- เปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเกิดกลุ่มก้อน
- ปริมาณสารที่ใช้สร้างตะกอนสำหรับการเกิดกลุ่มก้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงไป
- ปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหลือในน้ำเปลี่ยนแปลงไป

3.8 สมบัติและชนิดของสารที่ใช้ในการสร้างตะกอน ซึ่งสารแต่ละชนิด มีความเหมาะสมกับคอลลอยด์แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ตลอดจนคุณสมบัติของการตกตะกอนและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำ ลักษณะของกลุ่มก้อน ความเร็วของการตกตะกอน ราคา ความยากง่ายในการใช้ย้าย ดังนั้นจะต้องมีการเลือกใช้งานให้เหมาะสมระหว่างชนิดคอลลอยด์และการสร้างตะกอน

หอยแครง

หอยแครง เป็นสัตว์น้ำที่จัดอยู่ในตระกูล Arcidae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า ark shell, rock cockle หรือ chest shell แต่เนื่องด้วยเป็นหอยที่มีน้ำเลี้ยวหรือน้ำเมือกมาก จึงมีชื่อเรียกตามลักษณะภายในเปลือกว่า “bloody clam” และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anadara granosa* Linnaeus. หอยแครงเป็นสัตว์ทะเลชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ หอยแครงเป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่งที่มีลักษณะค่อนข้างกลมและแข็งแรง มีเปลือกหนา ด้านนอกของเปลือกทั้งสองข้างนั้น เป็นสันนูนในลักษณะเส้นโค้งจากด้านหลังไปยังปลายขอบของเปลือก จำนวนประมาณ 20 เส้น สีของเปลือกชั้นนอกไม่แน่นอน อาจจะมีสีขาวหรือแดงปนดำ หรือแดงปนสีน้ำตาล อาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งทะเลที่เป็นหาดโคลนและเลน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียวสูง หอยชนิดนี้พบแถวชายฝั่งจนถึงห่างฝั่งทะเลประมาณ 3 กิโลเมตร ฝังตัวอยู่ในโคลนและเลนลึกประมาณ 1 – 12 นิ้ว ซึ่งแล้วแต่ฤดูกาลและการขึ้นลงของน้ำทะเล อย่างไรก็ตามในจำพวกสัตว์น้ำประเภทหอยทั้งหมด หอยแครงจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงชนิดหนึ่ง คือ มีโปรตีน 10.9 – 14.1% ไขมัน 0.4 – 1.0% ความชื้น 78.1 – 81.0% และให้พลังงาน 55 – 64 แคลอรีต่อเนื้อหอย 100 กรัม (สุนันท์, 2528 อ้างโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของเปลือกหอยแครง

เปลือกหอยเกิดขึ้นตั้งแต่หอยยังเป็นตัวอ่อนระยะเวลิจเจอร์ (veliger) และเมื่อหอยเจริญเติบโต จะสร้างเปลือกเพิ่มขึ้นตามขนาดของลำตัวที่เพิ่มขึ้น เปลือกที่สร้างเพิ่มขึ้นในช่วงหลังนี้สร้างจากเยื่อแมนเทิล (mantle) เปลือกของหอยสองฝา เช่น หอยแครงนี้ประกอบด้วยชั้นของเปลือก 3 ชั้น ดังนี้

1. เพอริโอสตราคัม (periostracum)

เป็นชั้นนอกสุดเป็นแผ่นบางมีสี ส่วนประกอบทางเคมีเป็นสารโปรตีนที่แข็งเหมือนโปรตีนของเขาสัตว์ มีชื่อเฉพาะว่า คอนคิโอลิน (conchiolin)

2. ปริสมติก (prismatic)

เป็นชั้นกลาง มีความหนาแน่นกว่าชั้นอื่น ส่วนประกอบทางเคมีเป็นผลึกทรงสูงของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) อัดตัวกันแน่นมาก และเรียงตั้งฉากกับชั้นแรก นอกจากนี้ยังพบผลึกของ calcite aragonite ในชั้นนี้อีกด้วย

3. เนครีเยส (nacreous)

เป็นชั้นในสุดเป็นผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง และ มีนวลแวววาวเรียงซ้อนๆ กัน เรียกว่า ชั้นมุก เพราะเป็นบริเวณที่มีการสร้างมุก (pearl)

สมบัติของแคลเซียมคาร์บอเนต

โดยทั่วไปส่วนประกอบหลักของเปลือกหอย ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) โดยที่ CaCO_3 ในเปลือกหอยมีโครงสร้างผลึกแบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. แคลไซต์ (calcite) มีลักษณะผลึกเป็นรูปทรงลูกบาศก์ที่มีหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหกหน้า หรือที่เรียกว่า rhombohedron มีความถ่วงจำเพาะ 2.71 มีความแข็งปานกลางซึ่งได้จากหินปูน หินอ่อน และเปลือกหอย
2. อะราโกไนท์ (aragonite) มีลักษณะผลึกเป็นแท่งปริซึมหรือแท่งพีรามิดคู่ เรียกว่า orthorhombic ซึ่งมักจะเกิดการรวมตัวกันมีรูปร่างคล้ายดอกกุหลาบ มีความถ่วงจำเพาะ 2.93 และมีความแข็งมากกว่าแคลไซต์ เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นแคลไซต์ พบในเปลือกหอยต่างๆ
3. วาเทอไรท์ (vaterite) มีลักษณะผลึกทรงกลม

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยแครง

เปลือกหอยแครงมีสารประกอบพวกคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 60 - 80 โดยน้ำหนัก และจากการศึกษาองค์ประกอบโดยละเอียดโดย X - ray fluorescence พบว่าในเปลือกหอยแครงมีส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ซิลิกอนไดออกไซด์ เฟอรัสออกไซด์และอะลูมินา นอกจากนี้จะมีสารประกอบประเภทสารอินทรีย์ในเปลือกหอยจากการศึกษาจากเทคนิค X - ray diffraction จะพบสารประกอบของอัลฟา และเบต้า เคราติน (α และ β keratin) และ จากการวิเคราะห์ทางเคมีจะพบสารประเภทโปรตีนและแป้ง

จรรยา (2545) ได้ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ พบว่าเปลือกหอยแครงซึ่งมีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุน รวมทั้งปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าเปลือกหอยแมลงภู่สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่า โดยเปลือกหอยขนาด 20 - 60 เมช พีเอช 6.3 - 8.8 จะกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุด โดยมีค่าคงที่ของฟรุนดิชเท่ากับ 9.46×10^5 มิลลิกรัม ตะกั่วต่อกรัมเปลือกหอย และความสามารถในการดูดซับแบบต่อเนื่องเท่ากับ 8.6 มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมเปลือกหอย

พรพิมล (2547) ได้ทำการศึกษากำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครง โดยกระบวนการดูดติดผิว จากการศึกษา พบว่า หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครงสามารถกำจัดฟลูออไรด์ได้ดีที่ พีเอช 7 ขนาดของหินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครงที่เหมาะสมต่อการดูดติดผิวคือ 0.30 - 0.85 มิลลิเมตร ผลของเวลาสัมผัส พบว่า การดูดติดผิวฟลูออไรด์จะถึงจุดสมดุลเมื่อใช้เวลา 12 ชั่วโมง

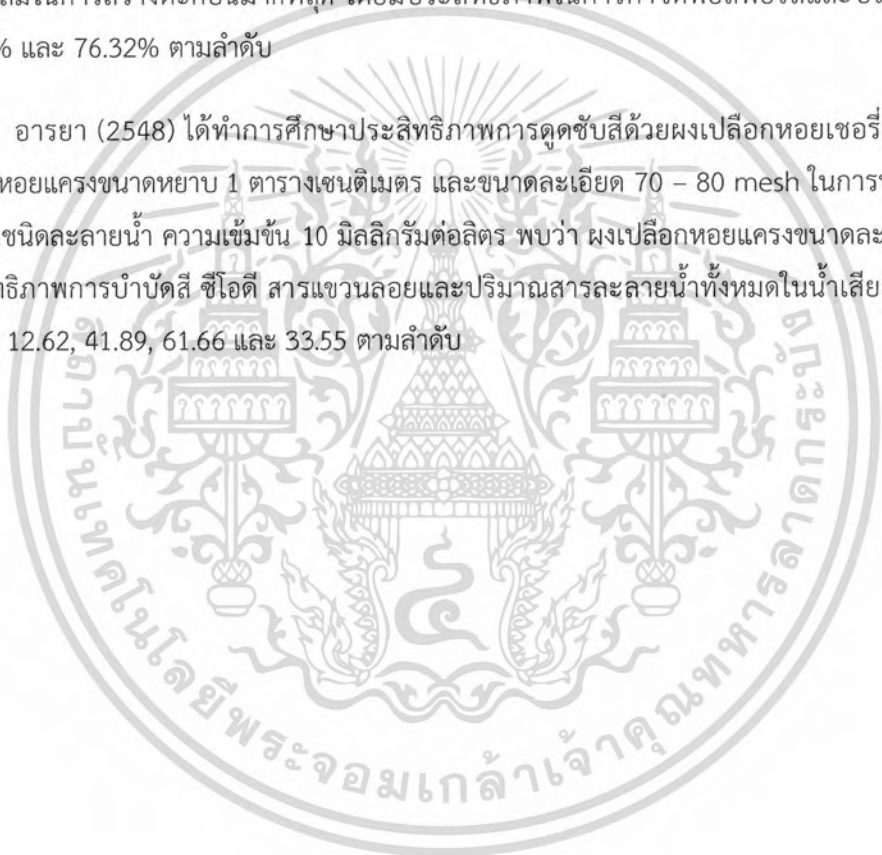
โมธิณี (2551) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เปลือกหอยแครงเผา พบว่า ปริมาณเปลือกหอยแครงขนาด 0.85 - 2.0 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่เหมาะสม โดยมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสคือ 88.66 % และ 77.53 % ตามลำดับ ส่วนอัตราการไหลนั้น พบว่า มีอัตราการไหลที่ต่ำสุดมีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสได้ดี ซึ่งได้แก่ 300 มิลลิตรต่อชั่วโมง และเมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเปลือกหอยแครงเผา เปลือกหอยแครงสด และถ่านกัมมันต์ พบว่า เปลือกหอยแครงเผามีประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่ดีกว่าเปลือกหอยแครงสด แต่ไม่สามารถสรุปผลการศึกษาของถ่านกัมมันต์ได้เนื่องจากการทดลองล้มเหลว

สุธน (2545) ได้ทำการศึกษานำตะกอนสารส้มจากโรงผลิตน้ำประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น มาใช้ในการกำจัดฟอสเฟต ด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี การเติมปริมาณตะกอนสารส้มอยู่ที่ช่วง 1.0 - 6.0 กรัมต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร พบว่า ช่วงพีเอชที่สามารถกำจัด

ฟอสเฟตในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ อยู่ระหว่าง 5 – 7 โดยที่พีเอช 6 มีความเหมาะสมมากที่สุด ตะกอนสารส้มสามารถลดความเข้มข้นของฟอสเฟต โดยการห่อหุ้มอนุภาคฟอสเฟตด้วยร่างแหผลึกของสารที่ตกผลึกในวัฏภาคของแข็ง ทำให้ตะกอนสารส้มทำหน้าที่เป็นเป้าสัมผัสและอนุภาคของไฮดรอกซิลลูมิเนียมฟอสเฟตที่เกิดจากการเติมประจุให้ Al จะก่อตัวเป็นตะกอนผลึกตกตะกอนลงมาภายใต้สภาพการสร้างตะกอนแบบห่อหุ้มด้วยผลึก

สุรรัตน์ (2553) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสและบีโอดี จากน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานตัวอย่างโดยใช้เกลือโลหะ 4 ชนิด คือ อะลูมิเนียมซัลเฟต เพอร์ริกคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และโพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ พบว่า โพลิอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACI) เป็นสารที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนมากที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสและบีโอดี คือ 98.79% และ 76.32% ตามลำดับ

อารยา (2548) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีด้วยผงเปลือกหอยเชอร์รี่และผงเปลือกหอยแครงขนาดหยาบ 1 ตารางเซนติเมตร และขนาดละเอียด 70 – 80 mesh ในการบำบัดสีย้อมผ้าชนิดละลายน้ำ ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ผงเปลือกหอยแครงขนาดละเอียดมีประสิทธิภาพการบำบัดสี ซีโอดี สารแขวนลอยและปริมาณสารละลายน้ำทั้งหมดในน้ำเสียย้อมผ้า ร้อยละ 12.62, 41.89, 61.66 และ 33.55 ตามลำดับ



อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งปริมาตร 5 ลิตร จำนวน 5 ใบ
2. เปลือกหอยแครง
3. ครกหินสำหรับบดเปลือกหอยแครง
4. ตะแกรงร่อนขนาด <math><0.2</math> มิลลิเมตร
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ตู้อบ
7. เครื่องเหวี่ยง
8. เครื่อง hot plate
9. เครื่อง spectrophotometer
10. เครื่อง pH meter
11. เครื่องแก้ว
12. sulfuric acid , conc
13. nitric acid, conc
14. phenolphthalein indicator
15. sodium hydroxide, 1N
16. sulfuric acid, 5N
17. potassium antimonyl tartrate
18. ascorbic acid solution
19. stock phosphorus solution
20. standard solution

วิธีการทดลอง

1. การทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาปริมาณและระยะเวลาการใช้เปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากดินบ่อกุ้ง โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (6X6 factorial in CRD experimental designed) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเปลือกหอยแครง 6 ระดับ (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลาเขย่า 6 ระดับ (30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเตรียมเปลือกหอยแครง โดยนำไปต้มด้วยน้ำเดือด เพื่อให้เนื้อเยื่อที่ติดอยู่หลุดออกมา จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งแล้วบดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง

3. ทำการเติมเปลือกหอยแครงที่บดแล้วใส่ลงในน้ำทิ้งบ่อกึ่งในอัตราต่างๆ แล้วนำไปเขย่าที่ความเร็ว 220 รอบต่อนาที ตามระยะเวลาต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ข้างต้น

4. ภายหลังจากสิ้นสุดการเขย่าในแต่ละตำรับการทดลองแล้วทำการวัดค่า pH ของน้ำทิ้งด้วยเครื่อง pH meter แล้วนำตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อกึ่งมาทำการวัดหาปริมาณฟอสฟอรัสภายหลังจากย่อยสลายด้วยวิธี sulfuric acid – nitric acid digestion แล้วจึงนำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี ascorbic acid ตามที่อธิบายไว้โดยกรรมธิการ (2549)

5. คำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกึ่ง ภายหลังจากการใส่เปลือกหอยแครง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเปลือกหอยแครงในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 0.1 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลาที่ใช้ในการเขย่า (0, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณเปลือกหอยแครงมีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในทางสถิติ สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการเขย่า พบว่า มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในทางสถิติ และพบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหอยแครงกับระยะเวลาในการเขย่าต่อการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสแต่ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัส และ pH ของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เมื่อใส่ปริมาณเปลือกหอยแครง 6 ระดับ ร่วมกับระยะเวลาในการลดปริมาณฟอสฟอรัส 6 ระดับ จากการจัดสิ่งทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ

แหล่งความแปรปรวน (source of variation, SOV)	องศาความเป็นอิสระ (degree of freedom, d.f.)	ค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองค่าเบี่ยงเบนไป จากค่าเฉลี่ย (mean of square, MS)	
		ฟอสฟอรัส (P)	pH
ตัวรับการทดลอง	PT-1 = 35	548.915**	0.001 ^{ns}
ปริมาณเปลือกหอย (P)	P-1 = 5	532.235**	0.003 ^{ns}
เวลา (T)	T-1 = 5	1709.57**	0.002 ^{ns}
P x T	(P-1)(T-1) = 25	320.121**	0.000
ความคลาดเคลื่อน (Error)	PT(r-1) = 72	15.224	0.000
ผลรวม (Total)	PTr - 1 = 107		

จากการใช้เปลือกหอยแครงอัตราต่างๆ เพื่อลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (ที่มีค่าเริ่มต้น 282.15 ไมโครกรัมต่อลิตร) พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราของเปลือกหอยแครงขึ้นจาก 0.2 ไปเป็น 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีค่า 182.72, 170.37, 172.20, 171.75, 167.91 และ 168.30 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3) ส่วนระยะเวลาภายหลังที่ใส่เปลือกหอยแครงลงไปในน้ำทิ้ง พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น

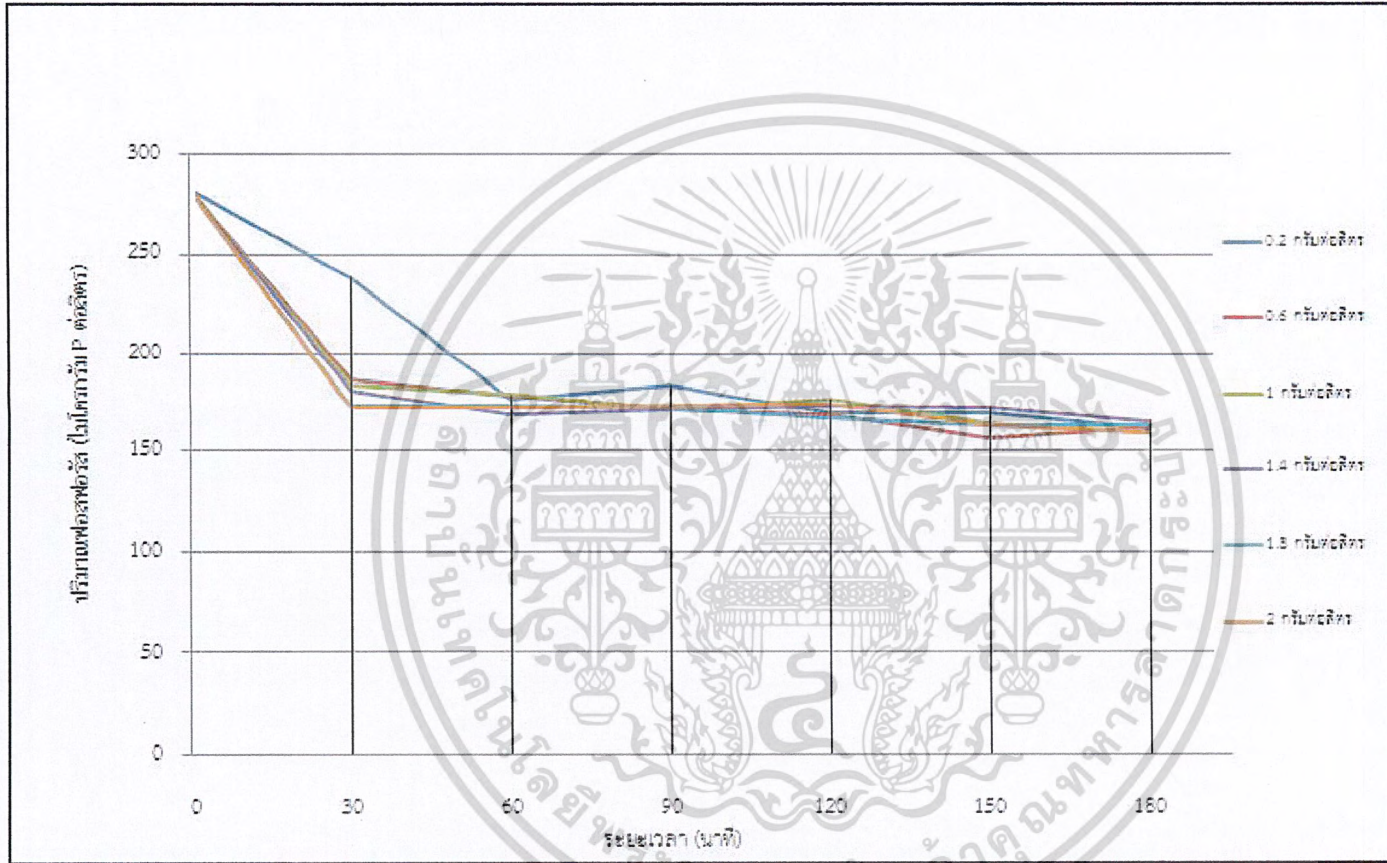
จาก 30 ไปเป็น 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที มีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีค่า 189.08, 174.22, 173.43, 170.98, 164.31 และ 161.22 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกหอยแครงในอัตราต่างๆ ภายหลังจากระยะเวลาที่ต่างกันแสดงไว้ดังภาพที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (ไมโครกรัม P ต่อลิตร) ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครง ในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ

เปลือก หอยแครง (กรัมต่อลิตร)	ระยะเวลา (นาท)						เฉลี่ย
	30	60	90	120	150	180	
0.2	238.46 a	176.16 b	183.52 cb	168.66 bcd	168.73 efgh	160.80 efghi	182.72 A
0.6	186.49 defg	178.09 cdef	171.44 cde	168.01 ghijk	156.51 efghi	161.69 efghij	170.37 BC
1.0	183.9 0cb	178.84 efghij	170.87 fghij	176.45 efghij	164.05 efghij	159.08 dfghi	172.20 B
1.4	181.04 ghijk	168.66 hijkl	171.34 def	172.73 dfgh	171.93 hijklm	164.80 efgh	171.75 B
1.8	172.87 ghijk	172.00 o	171.30 jklmn	166.33 efghi	162.65 klmno	162.30 klmno	167.91 C
2.0	171.73 lmno	171.59 klmno	172.12 mno	173.70 ijklmn	162.01 klmno	158.65 no	168.30 C
เฉลี่ย	189.08 A	174.22 B	173.43 BC	170.98 C	164.31 D	161.22 E	
C.V. =	2.27%						



ภาพที่ 1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (ไมโครกรัม P ต่อลิตร) ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครง ในอัตรา (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) ต่างๆ

ค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากการใส่เปลือกหอยแครงอัตราในอัตรา (0.2, 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) ต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า เมื่อมีการใช้เปลือกหอยแครงในอัตราเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงมีค่าสูงมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อระยะเวลาที่ใส่เปลือกหอยแครงเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงมีค่าสูงมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะในตำรับที่มีการใส่เปลือกหอยแครงอัตรา 0.6 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 150 นาที พบว่า มีค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงมีค่าสูงมากคือ 44.53 % ขณะ ในตำรับที่มีการใส่เปลือกหอยแครงอัตรา 0.2 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 30 นาที พบว่า มีค่าร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงมีค่าต่ำสุดคือ 15.48 %

ตารางที่ 4 ร้อยละของปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง (%) ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครงในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ

เปลือก หอยแครง (กรัมต่อลิตร)	ระยะเวลา (นาที)					
	30	60	90	120	150	180
0.2	15.48	37.56	34.96	40.22	40.2	43.01
0.6	33.9	36.88	39.24	40.45	44.53	42.69
1.0	34.82	36.61	39.44	37.46	41.86	43.62
1.4	35.84	40.22	39.28	38.78	39.06	41.59
1.8	38.73	39.04	39.29	41.05	42.35	42.48
2.0	39.13	39.19	39.00	38.44	42.58	43.77

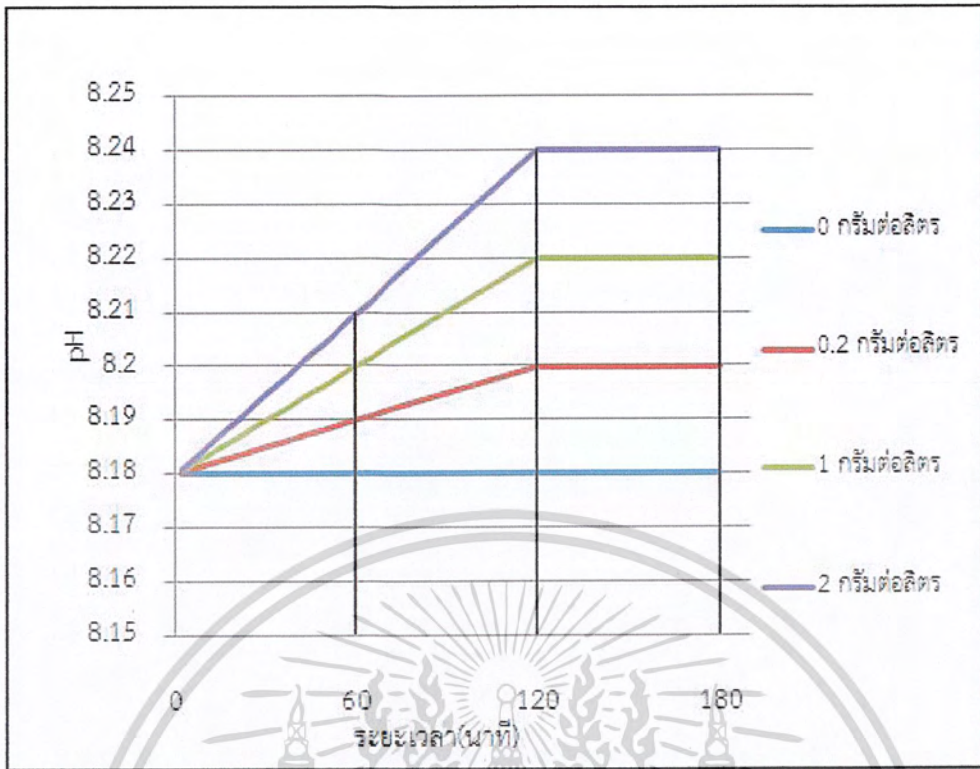
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากการใส่เปลือกหอยแครงอัตราในอัตรา (0.0, 0.2, 1.0 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (0, 60, 120 และ 180 นาที) ต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า การใส่เปลือกหอยแครงในอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำทิ้งจากบ่อกักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (pH เท่ากับ 8.18) มากนัก คือมีค่า pH ระหว่าง 8.18-8.24 และระยะเวลาภายหลังจากการใส่เปลือกหอยแครง พบว่าไม่ทำให้ค่า pH ของน้ำทิ้งจากบ่อกักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเช่นกัน โดยมีค่า pH ระหว่าง 8.18-8.24 สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของ pH ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกหอยแครงในอัตราต่างๆ ในระยะเวลาที่ต่างกัน แสดงไว้ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 5 pH ในน้ำทิ้งจากบ่อกัก ภายหลังจากใส่เปลือกหอยแครงในอัตรา และระยะเวลาต่างๆ

เปลือกหอยแครง (กรัมต่อลิตร)	ระยะเวลา (นาที)				เฉลี่ย
	0	60	120	180	
0	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18 A
0.20	8.18	8.19	8.20	8.20	8.19 A
0.10	8.18	8.20	8.22	8.22	8.20 A
0.20	8.18	8.21	8.24	8.24	8.22 A
เฉลี่ย	8.18 A	8.20 A	8.21 A	8.21 A	
C.V. = 0%					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลง pH ในน้ำทิ้งจากบ่อกึ่ง หลังจากใส่เปลือกหอยแครงในอัตรา (0, 0.2, 1.0 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) และระยะเวลา (0, 60, 120 และ 180 นาที) ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการใช้เปลือกหอยแครงเพื่อลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงนั้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในเปลือกหอยแครงมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบพวกคาร์บอเนต (CaCO_3) มากถึงร้อยละ 60 - 80 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำปฏิกิริยาในน้ำที่มีฟอสเฟตได้เป็นสารประกอบของ calcium hydroxyapatite (นวลพรรณ และ มงคล, 2544)

ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ก่อนและภายหลังการใส่เปลือกหอยแครง มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมเล็กน้อยนั้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อมีการใช้สารประกอบพวกแคลเซียมคาร์บอเนต หรือสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในการบำบัดปริมาณฟอสเฟตในน้ำ จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นเล็กน้อย ตามคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้เดิมลงไป (นวลพรรณ และ มงคล, 2544)

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของเปลือกหอยแครงในการบำบัดค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น แอมโมเนีย - ไนโตรเจน, ไนไตรต์ - ไนโตรเจน, ไนเตรต - ไนโตรเจน เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้เป็นธาตุอาหารที่จะไปช่วยเพิ่มหรือเร่งการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช จนเกิดปรากฏการณ์ algal bloom และเมื่อแพลงก์ตอนเหล่านี้ตาย จุลินทรีย์จะย่อยสลายและจะต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จึงส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงและก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ (eutrophication) (นันทนา, 2544) และ ควรคำนึงถึงปริมาณในการนำเปลือกหอยแครงมาใช้ในการบำบัดอย่างเหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนของวัสดุที่นำมาใช้บำบัด

สรุปผลการทดลอง

การใช้เปลือกหอยแครงในอัตราเพิ่มมากขึ้น(จาก 0.2 ไปเป็น 0.6, 1.0, 1.4, 1.8 และ 2.0 กรัมต่อลิตร) พบว่า มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระยะเวลาภายหลังที่ใส่เปลือกหอยแครงในน้ำทิ้งที่นานขึ้น (จาก 30 ไปเป็น 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที) พบว่า มีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะตัวรับที่ใช้เปลือกหอยแครง 0.5 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 150 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งได้สูงถึง 44.53 % (ลดจาก 282.15 เหลือ 156.51 ไมโครกรัมต่อลิตร) โดยไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นแตกต่างจากเดิมในทางสถิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ สิริสิงห. 2549. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. วิชาลการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- จรรยา พุ่มงาม. 2545. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชลอ ลี้มสุวรรณ. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- นันทนา คชเสนี. 2544. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ วุทธเสถียร. 2536. การปรับสภาพน้ำในอุตสาหกรรมและหม้อน้ำ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- นवलพรรณ ณ ระนอง และ มงคล เพ็ญสายใจ. 2544. น้ำและการบำบัดน้ำเสีย. โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- พรพิมล พัดภู. 2547. การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภูมิไทยฟาร์ม. 2551. ฟอสฟอรัสต้นเหตุของปัญหาแพลงก์ตอนและการเลี้ยงกุ้ง. แหล่งที่มา http://www.siamtilapia.com/th/news_activities/article_detail.php?frm_id=80&frmc_code_id=3, 17 มิถุนายน 2554
- มันสิน ตันตุลเวศน์ และมันรัช ตันตุลเวศน์. 2549. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- มันสิน ตันตุลเวศน์. 2543. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- มณฑล แก่นมณี. 2550. สมดุลของกรด เบสในน้ำทะเล. แหล่งที่มา http://www.agri.kmitl.ac.th/elearning/courseware/aquatic/8_.html, 17 มีนาคม 2555
- โมธิณี อวปรียา. 2551. การบำบัดไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงเผา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีณา เคยพุดชา. 2547. การศึกษาชนิดตะกอนดินและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งและบ่อพักน้ำจาก
จังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารการประมง 57 (3) : 213 – 217.

ศุภชัย นิลวานิช. 2540. กุ้งกุลาดำทางเลือก – ทางรอด. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2549. ระบบบำบัดน้ำเสีย(Wastewater treatment system). ท้อป,
กรุงเทพฯ.

สำนักงานประมงจังหวัดฉะเชิงเทรา. 2553. การประมง. แหล่งที่มา http://www.fisheries.go.th/fpo-cha-sao/data/fishing_data53.pdf, 8 ธันวาคม 2554

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลปริมาณการส่งออกกุ้ง. แหล่งที่มา
http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=8248&filename=, 10 กันยายน 2554

สุดารัตน์ แสงสวัสดิ์. 2553. การกำจัดฟอสฟอรัสและบีโอดีในน้ำเสียโดยกระบวนการตกตะกอนทาง
เคมี : กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมเส้นไหม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ

สุธน ธนพิทักษ์. 2545. การกำจัดฟอสเฟตโดยใช้ตะกอนสารส้ม. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อารยา ประดับวงศ์. 2548. ประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียย้อมผ้าด้วยเปลือกหอยเชอรี่และ
เปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธาณสุขศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกอนันต์ ยิวเบญจพล. 2550. ความสำคัญของแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งทะเล. แหล่งที่มา
<http://www.shrimpcenter.com/shrimp001498.html>, 17 มิถุนายน 2554

อุบลวรรณ กมลศิริประเสริฐ. 2536. การกักฟอสเฟตในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากระบบแอร์เรเตทลา
กวนโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส โดยวิธี ascorbic acid

หลักการโดยที่ ammonium molybdate และ potassium antimonyl tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลายออร์โธฟอสเฟตเจือจางเกิดเป็น heteropoly acid หรือ phosphomolybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย ascorbic acid ได้สี molybdenum blue วิธีนี้วัดได้ถึงความเข้มข้นต่ำสุด 10 ไมโครกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายกรดกำมะถัน 5 นอร์มัล : เติม conc.H₂SO₄ 70 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 500 มิลลิลิตร
2. สารละลายแอมโมเนียมโปแตสเซียมทาทเรต : ละลาย 1.3715 กรัม K(SbO)C₄H₄O₆.1/2H₂O ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวด
3. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต : ละลาย 20 กรัม (NH₄)₆Mo₇O₂₄ . 4H₂O ในน้ำกลั่น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติก 4 องศาเซลเซียส
4. แอสคอร์บิกแอซิด 0.1 โมลาร์ : ละลาย 1.76 กรัม แอสคอร์บิกแอซิดในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะอยู่ตัวประมาณ 1 อาทิตย์ ถ้าเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส
5. น้ำยารวม : ผสมน้ำยาข้างบนในสัดส่วนสำหรับ 100 มิลลิลิตร น้ำยารวม ดังนี้ 50 มิลลิลิตร 5 N H₂SO₄ 5 มิลลิลิตรสารละลายแอมโมเนียมโปแตสเซียมทาทเรต 15 มิลลิลิตรสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต และ 30 มิลลิลิตรกรดแอสคอร์บิก ตั้งน้ำยาเคมีเหล่านี้ทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงจะผสมกัน ถ้ามีความขุ่นเกิดขึ้นในน้ำยารวมหลังจากเติมแอมโมเนียมโปแตสเซียมทาทเรตหรือแอมโมเนียมโมลิบเดต ให้เขย่าน้ำยารวมนี้แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 – 3 นาที จนกระทั่งความขุ่นหายไป จึงจะเติมน้ำยาเคมีต่อไป น้ำยารวมนี้อยู่ตัวได้ประมาณ 4 ชั่วโมง
6. สารละลายสต็อกฟอสเฟต : ละลาย 219.5 มิลลิกรัม ของ KH₂PO₄ เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตรของสารละลายนี้ มี PO₄ – P อยู่ 50 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส)
7. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต : นำสารละลายสต็อกปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร (1 มิลลิลิตร = 2.5 ไมโครกรัมฟอสฟอรัส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์

1. การย่อยด้วยกรด

- 1.1 นำตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร เติม conc.H₂SO₄ 1 มิลลิลิตร และ conc.HNO₃ 5 มิลลิลิตร
- 1.2 ย่อยตัวอย่างน้ำจนเหลือปริมาตร 20 มิลลิลิตร จนได้สารละลายที่ไม่มีสี
- 1.3 ทำให้เย็นและหยดฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด ค่อยๆเติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน เติลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

2. การทำให้เกิดสี

- 2.1 ตวงตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร
 - 2.2 เติมฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด (ถ้ายังเป็นสีชมพู ให้หยด 5 N H₂SO₄ ทีละหยดจนกระทั่งสีหายไป)
 - 2.3 เติมน้ำยารวม 8 มิลลิลิตร
 - 2.4 เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 10 – 30 นาที
 - 2.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร
 - 2.6 นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน
- การคำนวณ
- ฟอสเฟต (มก.P/ล.) = ไมโครกรัมฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟ/ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(มล.)

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณเปลือกหอยแครงและระยะเวลาที่ใช้ในการลดปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Phosphorus

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19212.031 ^a	35	548.915	36.056	.000
Intercept	3202813.243	1	3202813.243	210382.547	.000
volume	2661.176	5	532.235	34.961	.000
times	8547.841	5	1709.568	112.296	.000
volume * times	8003.014	25	320.121	21.028	.000
Error	1096.111	72	15.224		
Total	3223121.385	108			
Corrected Total	20308.142	107			

a. R Squared = .946 (Adjusted R Squared = .920)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของปริมาณเปลือกหอยแครงและระยะเวลาที่แตกต่างกันต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.013 ^a	11	.001		
Intercept	1614.088	1	1614.088		
volume	.006	2	.003		
time	.005	3	.002		
volume * time	.003	6	.000		
Error	.000	12	.000		
Total	1614.101	24			
Corrected Total	.013	23			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้