



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ
ของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม
เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl
Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from
Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell,
Mussel Shell and Cockle Shell

โดย วิจารณ์ ชัยเพชร

กุมภาพันธ์ 2557

สัญญาเลขที่ RDG5520002

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ
ของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งป่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม
เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl
Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from
Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell,
Mussel Shell and Cockle Shell

วิภารัตน์ ชัยเพชร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ชุดโครงการความร่วมมือ สกว.-มรส. การพัฒนางานวิจัย
และการสนับสนุนงานวิจัยเชิงพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

รุ่นที่ 2 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นเมืองที่มีพื้นที่ตั้งจรดทะเล ประชาชนส่วนหนึ่งจึงประกอบอาชีพประมงเช่น การเลี้ยงปลากระชัง และหอยกระชัง อีกทั้งบางส่วนประกอบธุรกิจเลี้ยงกุ้ง จากสถานการณ์ของจังหวัดสุราษฎร์ธานีพบว่า เป็นเมืองหนึ่งที่มีชื่อเสียงด้านอาหารทะเล เช่น หอย ดังนั้นกิจกรรมส่วนใหญ่จำพวกร้านค้าร้านอาหารจึงสร้างสรรค์เมนูซึ่งปรุงด้วยหอย จนทำให้ธุรกิจประกอบการเหล่านี้เจริญเติบโตเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้า และกลุ่มผู้บริโภคทั้งภายในและนอกพื้นที่ แต่ในทางกลับกันธุรกิจเหล่านี้ก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกันคือ เศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากเปลือกหอยหลากหลายชนิด กองทับถมกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งในส่วนธุรกิจประกอบการบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งพบปัญหาที่มากับน้ำทิ้งคือปริมาณสารอาหารที่สูงเกินไป เช่น ไนโตรเจน (TKN) ของแข็งแขวนลอย (SS) และฟอสฟอรัส (P) หากมีการปล่อยทิ้งลงในแหล่งน้ำสาธารณะจะทำให้ปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน และเกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมา จากปัญหานี้ข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งพบว่าเปลือกหอยมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญ จึงนำมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งสกปรกที่เกิดการเน่าเสียของน้ำ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อธุรกิจประกอบการชายฝั่ง อีกทั้งเป็นการนำเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดแทนการปล่อยทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง เช่น ขนาด และเวลา โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด อีกทั้งเป็นการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในกลุ่มเกษตรกรท้องถิ่น

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยในเชิงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลเชิงสำรวจจากธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง และทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งของเปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการดูดซับ เพื่อคัดเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งใช้ปัจจัยในการควบคุมคือ ขนาดของเปลือกหอย โดยเปลือกหอยที่ใช้จะต้องเผาด้วยความร้อนอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และทำการบดละเอียด 2 ขนาด คือ 8 เมช และ 30 เมช ควบคุมอุณหภูมิของน้ำระหว่างการดูดซับคือ 30 องศาเซลเซียส และเติมอากาศตลอดเวลาเพื่อให้เกิดการตีวนสัมผัสอย่างทั่วถึงระหว่างตัวดูดซับและสารที่ต้องการดูดซับ และใช้เวลาในการดูดซับคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที โดยสิ่งสำคัญของการทดลองครั้งนี้คือ จะใช้วัสดุดูดซับใหม่ตลอดเวลา มีการเปลี่ยนหลังจากสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละครั้งของการทดลอง และสุดท้ายทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) อธิบายผลการทดลอง และประสิทธิภาพของเปลือกหอยในการดูดซับ TKN, P และ SS จากนั้นนำไปศึกษาความสามารถในการ

ดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรอนด์ลิช (Freundlich Adsorption Isotherm) และแบบแลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm) สรุปผลการทดลอง

จากการนำเปลือกหอยไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียส และบดละเอียดให้มีขนาด 8 และ 30 เมช พบว่า เปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และ หอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เห็นได้ว่าเปลือกหอยแครงมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากที่สุด และผลการตรวจวัดพื้นที่ผิว (surface area) ของเปลือกหอย พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่มีขนาด 0.4-0.8, 1-2, และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุน แสดงว่าเปลือกหอยนางรมมีพื้นที่ผิวดูดซับมากกว่า ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดของสารดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการดูดซับ เนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของพื้นที่ผิว และอัตราการดูดซับ จะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ ดังนั้นจึงพบว่าขนาดเปลือกหอยละเอียดที่ 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ได้ดีกว่าขนาด 8 เมช และสถานะคงที่ของเวลาดูดซับคือ 60 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ หากเวลาเพิ่มขึ้นคือมากกว่า 60 นาที ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลง และตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป และเมื่อควบคุมอุณหภูมิของการดูดซับก็พบว่า ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิของพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส จึงมีผลทำให้การดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย มีประสิทธิภาพดีเพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมในการดูดซับ และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีกวนผสมโดยใช้หัวฟุ้งเติมอากาศ ความปั่นกววนของของเหลวในระบบสูงเพราะต้องการให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง และทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็วจึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการดูดซับพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่า เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ตามลำดับ ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส 80.00%, 76.36% และ 78.79% ไนโตรเจน 53.88%, 26.41% และ 11.86% และของแข็งแขวนลอยได้คือ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังผ่านการดูดซับพบว่าค่าเหล่านี้อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนดไว้ จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยนางรม ที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อ 0.05 ลิตรน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ใช้เวลาในการดูดซับ 60 นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และฟรอนด์ลิช พบว่าค่า R^2 ของการดูดซับค่าฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 0.904, 0.882 และ 0.881 ตามลำดับ และมีค่าเท่ากับ 0.971, 0.901 และ 0.882 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าค่า R^2 ของไอโซเทอมแบบฟรอนด์ลิชมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าแบบแลงเมียร์ แสดงว่าการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรอนด์ลิช

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งจำนวน 20 ตัวอย่าง ชี้ให้เห็นว่ามีความเห็นด้วยมากกว่าเปลือกหอยสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ โดยเฉพาะเปลือกหอยนางรม และเห็นว่า

เป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการแก้ปัญหาสารอาหารที่เกิดจากสถานประกอบการ การเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัดก็ง่ายต่อการปฏิบัติ แต่อาจจะไม่สะดวกในด้านขั้นตอนการเผา ซึ่งหากไม่มีเตาเผาเป็นของตนเองจะส่งผลให้ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน อีกทั้งมองว่าประชาชนส่วนมากไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์ของเปลือกหอยเท่าที่ควร และเห็นด้วยมากหากสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง นอกจากนี้การใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมที่ดี และหากมีการนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักจัดได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมีประโยชน์ด้วย อีกทั้งส่งผลให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้คือ สามารถนำเปลือกหอยไปสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการนำไปผลิตเป็นตัวดูดซับสารอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้งหรืออาจประยุกต์ไปใช้กับตู้ปลาในระบบครีวเรื่อนก็ได้ ซึ่งเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ก่อให้เกิดประโยชน์มากกว่าการทิ้งเป็นขยะมูลฝอยแล้วทำให้เกิดปริมาณขยะที่ยากต่อการจัดการ อีกทั้งช่วยสร้างรายได้ให้กับกลุ่มผู้ประกอบการที่มีเปลือกหอยเหลือทิ้งปริมาณสูงเช่นเดียวกัน

หัวข้อวิจัย	โครงการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็ง แขนวลอยจากน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell, Mussel Shell and Cockle Shell
ผู้ดำเนินการวิจัย	วิภารัตน์ ชัยเพชร
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกุ้ง โดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ขนาดของเปลือกหอย ซึ่งมี 2 ขนาด คือ 8 และ 30 เมช โดยผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการดูดซับ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ด้วยอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ระหว่างเปลือกหอยเผาทั้งสามชนิด พร้อมศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบแลงเมียร์ และฟรุนดลิช

จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ ส่วนเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หลังผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ขนาดรูพรุนของเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนกว้างกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ คือ 1-2, 0.4-0.8 และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอยของเปลือกหอยนางรม เท่ากับ 80.00%, 76.36% และ 78.79% เปลือกหอยแครง เท่ากับ 53.88%, 26.41% และ 11.86% และเปลือกหอยแมลงภู่ เท่ากับ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ดีที่สุด ส่วนการศึกษาโดยใช้สมการ

ไอโซเทอมทำนายประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย ออกจากน้ำทิ้งบ่อกัก พบว่าค่า R^2 ของสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ของการดูดซับค่าฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 0.904, 0.882 และ 0.881 ตามลำดับ และค่า R^2 ของสมการไอโซเทอมแบบฟรุนดิชของการดูดซับค่าฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 0.971, 0.901 และ 0.882 ตามลำดับ ค่า R^2 ที่ได้จากการทดลองมีความสอดคล้องกับแบบสมการฟรุนดิชมากกว่าแบบสมการแลงเมียร์ จากสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง กล่าวว่า การเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัดง่ายต่อการปฏิบัติ เห็นด้วยกับการนำเปลือกหอยมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาในบ่อกัก อีกทั้งสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง ในราคา 1.30-2.00 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งถือว่าราคาไม่แพงและเหมาะสมอย่างยิ่ง นอกจากนั้นการใช้เปลือกหอยเพื่อบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักถือเป็นทางเลือกที่ดีซึ่งสามารถดูแลรักษาสภาพแวดล้อมได้

Research Title	The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell, Mussel Shell and Cockle Shell
Researcher	Wiparat Chaipetch
Organization	Science and Technology, Suratthani Rajabhat University
Academic Year	2014

Abstract

This research was studied of adsorption efficiency of nitrogen, phosphorus and suspended solid from shrimp farming effluent using oyster shell, mussel shell and cockle shell. In this study, used the shell's size of 8 and 30 mesh with burned at 700 °C, adsorption time of 5, 10, 20, 30, 60, 90 and 120 minutes with temperature of 30 °C. The comparative adsorption efficiency of nitrogen, phosphorus and suspended solid from three types of burned shells. Langmuir and Freundlich isotherm were used in this system.

The results indicated that the optimum for adsorption were oyster shell of 30 mesh for 60 minutes at 30 °C. After burning at 700 °C that results the pore size of oyster shell were bigger than, cockle shell and mussel shell of 1-2, 0.4-0.8 and 0.01 micrometer, respectively. Percentages comparison of adsorption efficiency for

phosphorus, nitrogen and suspended solid of oyster shell were 80.00%, 76.36% and 78.79% cockle shell were 53.88%, 26.41% and 11.86% and mussel shell were 89.67%, 72.35% and 63.15%, respectively. So the best of shells was oyster shell for treated shrimp farming effluent. For studying of adsorption isotherm, the R^2 values from Langmuir of adsorption for phosphorus, nitrogen and suspended solid were 0.904, 0.882 and 0.881, respectively and the R^2 values from Freundlich of adsorption for phosphorus, nitrogen and suspended solid were 0.971, 0.901 and 0.882, respectively. Therefore, the Freundlich isotherm is better in describing the adsorption process. Results of the survey 20 samples found the preparation of shells for treated was uncomplicated to practice. The survey group agreed to used shells an alternative to solve the problem in shrimp ponds. The price of shells was 1.30 to 2.00 baht per kilogram which was cheap and reasonable. In addition to the using shells for treated shrimp farming effluent was a good choice which it can maintenance of environment.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการความร่วมมือ สกว.-มรส. ในการพัฒนางานวิจัยและการสนับสนุนงานวิจัยเชิงพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งตำบลลิเล็ด อำเภอบ้านนา อำเภอกาญจนดิษฐ์ และ อำเภอท่าฉาง ในการให้ความอนุเคราะห์น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง และช่วยตอบคำถามจากการสำรวจผลงานวิจัย อีกทั้งอาจารย์ ดร.ชุตินา เสพย์ธรรม อาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์ อาจารย์อุไรรัตน์ รัตนวิจิตร และอาจารย์คันสนีย์ วงศ์ชนะ ในการแนะนำ ให้ข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ ที่สละเวลาในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

วิภารัตน์ ชัยเพชร

กุมภาพันธ์ 2557

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)	3
2.2 ประเภทของตัวดูดซับ (Adsorbent)	3
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ	4
2.4 ไอโซเทอมของการดูดซับ	5
2.5 น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง	7
2.6 แอมโมเนียในบ่อเลี้ยงกุ้ง	8
2.7 บทบาทของดินก้นบ่อกับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง	9
2.8 หอยนางรม	10
2.9 หอยแครง	10
2.10 หอยแมลงภู่	11
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย	14
3.1 วัสดุ อุปกรณ์	14
3.2 วิธีการศึกษาและการทดลอง	14

3.2.1	เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม	14
3.2.2	วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกัก	16
3.2.3	ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยหลังเผา	16
3.2.4	ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผา	16
3.2.5	วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics)	18
สารบัญ (ต่อ)		
		หน้า
3.2.6	ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	18
3.2.7	วิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง	19
4	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	21
4.1	ผลการศึกษาลักษณะของน้ำทิ้งบ่อกัก	21
4.2	ผลการศึกษาองค์ประกอบของเปลือกหอย	21
4.3	ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวและขนาดรูพรุนของเปลือก	22
4.4	ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย	23
4.4.1	ค่า pH เมื่อผ่านการดูดซับด้วยเปลือกหอยหลังเผา	23
4.4.2	ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส	25
4.4.3	ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย	28
4.4.4	ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน	31
4.5	ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	33
4.6	ตัวอย่างการสำรวจกลุ่มธุรกิจเปลือกหอย	38
4.7	การสำรวจกลุ่มธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง	38
4.8	การสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกัก	40
4.9	การสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้	42
4.10	แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มธุรกิจประกอบการ	43
5	สรุปผลการทดลอง	45
	บรรณานุกรม	47
	ภาคผนวก	49
	ก ผลการศึกษา pH และประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย	50
	ข ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับทางสถิติโดยใช้ One-Way ANOVA	62

ค ไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการแลงเมียร์และ สมการฟรุนดลิช	66
ง แบบสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง	73
จ คู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง	78
ฉ บทความสำหรับเผยแพร่	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแปลความหมายของผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการไอโซเทอม	6
2.2 ลักษณะน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง	7
2.3 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ	7
2.4 ค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง	8
3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง (น้ำเข้า)	16
3.2 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเปลือกหอยหลังเผา	16
4.1 ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง	21
4.2 องค์ประกอบของเปลือกหอยหลังเผา	21
4.3 ค่า pH ของน้ำตัวอย่างหลังเติมเปลือกหอยหลังเผาลงไปเป็นเวลา 60 นาที	25
4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 และ 30 เมช	26
4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ของเปลือกหอย หลังเผาขนาด 8 และ 30 เมช ในเวลา 60 นาที	28
4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 และ 30 เมช	29
4.7 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 และ 30 เมช	31
4.8 ค่าคงที่ไอโซเทอมการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบแลงเมียร์ และฟรุนดลิช	37
4.9 กลุ่มตัวอย่างของธุรกิจประกอบการด้านเปลือกหอย	38
4.10 จำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งที่ได้ทำการสำรวจ 20 ตัวอย่าง	39

4.11 ผลการสำรวจความคิดเห็นต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอย จากน้ำทิ้งของบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือก หอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง	41
4.12 ผลการสำรวจความคิดเห็นต่อการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปริมาณไนโตรเจนที่เติมเข้าไปและสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของบ่อเลี้ยงกุ้งระบบปิด	9
3.1 เปลือกหอยนางรมหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช	15
3.2 เปลือกหอยแครงหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช	15
3.3 เปลือกหอยแมลงภู่หลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช	15
3.4 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้ถังแบบแบตชีในการทดลอง ในห้องปฏิบัติการ ก่อนใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	17
3.5 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้ถังแบบแบตชีในการทดลอง ในห้องปฏิบัติการ ขณะใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ	17
4.1 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยแครงหลังเผาจากกล้อง SEM กำลังขยาย 10,000 เท่า	22
4.2 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยนางรมหลังเผาจากกล้อง SEM กำลังขยาย 10,000 เท่า	22
4.3 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยแมลงภู่หลังเผาจากกล้อง SEM กำลังขยาย 10,000 เท่า	23
4.4 ค่า pH หลังเติมเปลือกหอยหลังเผาในเวลาต่างๆ	24
4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสของเปลือกหอยหลังเผา	27
4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยของเปลือกหอยหลังเผา	30

4.7 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนของเปลือกหอยหลังเผา	32
4.8 แล่งเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับของแข็งแขวนลอย	34
4.9 แล่งเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับไนโตรเจน	35
4.10 แล่งเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับฟอสฟอรัส	35
4.11 ฟรอนดิชไอโซเทอมของการดูดซับของแข็งแขวนลอย	36
4.12 ฟรอนดิชไอโซเทอมของการดูดซับไนโตรเจน	36
4.13 ฟรอนดิชไอโซเทอมของการดูดซับฟอสฟอรัส	37
4.14 ลักษณะของวัสดุกักเก็บตัวดูดซับ และตำแหน่งการวางตัวดูดซับและใบพัดเติมอากาศ	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การดำรงชีวิตของประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งประกอบอาชีพประมง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทางทะเล ซึ่งกลุ่มธุรกิจประมงประกอบด้วยการเลี้ยงปลากระชัง และหอยเป็นสำคัญ อีกทั้งธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง จากสภาพปัจจุบันพบว่ากลุ่มธุรกิจต่างๆ เหล่านี้มีแนวโน้มในการพัฒนาสูงขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าและกลุ่มผู้บริโภค แต่ในทางกลับกันธุรกิจเหล่านี้ก็ส่งผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกันคือ เศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากเปลือกหอยหลากหลายชนิด กองทับถมกันเป็นระยะเวลานาน โดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และส่งผลเสียในด้านมลพิษทางอากาศตามมา และปัญหาน้ำทิ้งที่เกิดจากธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งมีการจัดการหรือการบำบัดไม่ถูกวิธี ปัญหาสำคัญของผลกระทบจากน้ำทิ้งคือการก่อเกิดความเสียหายของธุรกิจการเลี้ยงปลากระชัง และหอยกระชัง เป็นต้น อีกทั้งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารอาหารสูงเช่น ไนโตรเจน (N), แอมโมเนีย (NH_3) และฟอสฟอรัส (P) เมื่อมีการปล่อยทิ้งจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน (Tookwinas, 1992) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชายฝั่งจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ความเป็นพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตได้น้ำและเกิดการสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (Sirirattanachai and Thongra-a, 1993) และด้วยเหตุผลของประกาศจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งคือ น้ำทิ้งจะต้องผ่านมาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งก่อนเท่านั้นจึงจะทิ้งได้

ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งก่อกำเนิดการเน่าเสียของน้ำเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อธุรกิจกระชังปลาและหอย อีกทั้งเป็นการนำเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดแทนการปล่อยกองทิ้งอย่างไร้ประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง คือ ขนาด และเวลา

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง ในสภาวะที่เหมาะสม

1.2.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในการกำจัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยด้วยเปลือกหอย

1.2.4 เพื่อศึกษาทางเลือกในการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกักของเปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการดูดซับ เพื่อคัดเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งใช้ปัจจัยในการควบคุมคือ ขนาดของเปลือกหอย

- โดยเปลือกหอยที่ใช้จะต้องเผาด้วยความร้อนอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส
- ขนาดเปลือกหอยมี 2 ขนาด คือ 8 เมช และ 30 เมช
- อุณหภูมิของน้ำคือ 30 องศาเซลเซียส
- น้ำทิ้งจากบ่อกักมีการเติมอากาศเพื่อให้เกิดการกวนผสมตลอดเวลาระหว่างการดูดซับ
- เวลาที่ใช้ในการดูดซับคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที
- การทดลองครั้งนี้จะใช้วัสดุดูดซับใหม่ตลอดเวลา โดยจะทำการเปลี่ยนหลังจากสิ้นสุดช่วงเวลาที่กำหนดในแต่ละครั้งของการทดลอง

- การทดลองครั้งนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งบ่อกักหลังการดูดซับโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยทั้งสามชนิด ซึ่งทำการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

1.3.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm) และแบบแลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทราบช่วงค่าเวลา และขนาดที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย
- 1.4.2 ทราบชนิดของเปลือกหอยที่สามารถดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีที่สุด
- 1.4.3 สามารถนำเศษวัสดุธรรมชาติเหลือใช้และหาได้ง่ายมาก่อให้เกิดประโยชน์
- 1.4.4 ได้คู่มือแนวทางการประยุกต์เศษเปลือกหอยเหลือใช้มาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

บทที่ 2

ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)

กระบวนการดูดซับเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนิยามใช้กันมากในด้านการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถกำจัดสารปนเปื้อนขนาดเล็กจนถึงขนาดโมเลกุล ซึ่งไม่อาจกำจัดได้โดยวิธีการตกตะกอนหรือการกรองแบบธรรมดา โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของสารในการดึงดูดโมเลกุลของสารปนเปื้อนให้มาเกาะที่ผิวของสารดูดซับ โดยเรียกปรากฏการณ์ที่สารปนเปื้อนมาเกาะที่ผิวว่า กระบวนการดูดซับ (Adsorption) ตัวที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า ตัวดูดซับ (Adsorbent) ส่วนโมเลกุลที่มาเกาะติดที่ผิวตัวดูดซับเรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ปรากฏการณ์การดูดซับนี้เกิดขึ้นระหว่าง 2 พื้นผิว (surface) โดยที่ตัวถูกดูดซับจะไปเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งได้แก่ พื้นผิวระหว่างของเหลวกับของแข็ง พื้นผิวระหว่างของแข็งกับก๊าซ พื้นผิวระหว่างของแข็งกับของแข็งและพื้นผิวระหว่างของเหลวกับของเหลว

2.2 ประเภทของตัวดูดซับ (Adsorbent) แบ่งได้ 3 ประเภท

(1) สารอนินทรีย์

สารอนินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ แอคติเวตเต็ดซิลิกา (Activated silica) เป็นต้น สารธรรมชาติมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่ตัวดูดซับประเภท สารอนินทรีย์นี้สามารถจับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีข้อจำกัดมาก

(2) ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon)

ถ่านกัมมันต์อาจจัดเป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ แต่เป็นตัวดูดซับที่ดีกว่าสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ จึงเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากเป็นถ่านที่ผ่านการกระตุ้นเพื่อให้ความพรุนมากและมีพื้นที่ผิวภายในสูง โดยทั่วไปมีพื้นที่ผิวประมาณ 450-1,500 ตารางเมตรต่อกรัม (Weber, 1981) และมีขนาดรูพรุนตั้งแต่ 10-10,000 อังสตรอม (Hesster, 1963)

(3) สารอินทรีย์สังเคราะห์

สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีความต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ แต่เรซินมีข้อได้เปรียบมากกว่าคือ สามารถปรับสภาพนำมาใช้ใหม่ได้ง่าย และสารที่ใช้มีราคาถูก (มันสิน, 2538)

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

จรรยาพร (2545) กล่าวว่าประสิทธิภาพการดูดซับจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

(1) ขนาดพื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุนของสารดูดซับ

พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุนหากรูพรุนมีมากทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมากความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อยหากรูพรุนมีมากแต่ขนาดเล็กก็ไม่ได้ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดของสารดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการดูดซับ เนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของพื้นที่ผิว อัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ เมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุน

(2) สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ

2.1 ความสามารถในการละลาย

สารที่มีความสามารถในการละลายสูงจะถูกดูดซับได้น้อยเนื่องจากก่อนเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายพันธะของตัวถูกละลาย และตัวทำละลายก่อนที่จะเกิดการดูดซับ ซึ่งถ้าไม่มี

การทำลายพันธะก็จะไม่สามารถดูดซับได้ โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการละลายของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำจะลดลงเมื่อความยาวของพันธะลูกโซ่ยาวขึ้น

2.2 น้ำหนักและขนาดของโมเลกุล

ถ้าน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะลดลงและโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่ง (Branched chain) จะถูกดูดซับได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นโซ่ตรง (Straight chain)

(3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับเช่น หาก pH ลดลงส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่พื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดขึ้นได้มาก (Ford, 1981)

(4) อุณหภูมิ

การดูดซับเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับจะลดลง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยไม่มีผลกระทบมากนักต่อการดูดซับ

(5) ความดัน

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับการขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore diffusion) ในระบบที่ของเหลวมีความดันต่ำ ฟิล์มของของเหลวที่ล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ในทางกลับกันถ้าความดันของของเหลวในระบบสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว

(6) เวลาสัมผัส

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและอายุการใช้งานของคอลัมน์สารละลายควรมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 30 นาที

2.4 ไอโซเทอมของการดูดซับ

ไอโซเทอมของการดูดซับ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่สมดุล กับจำนวนของตัวถูกดูดซับที่มีการดูดซับ ที่อุณหภูมิคงที่ ไอโซเทอมของการดูดซับ เป็นสมการที่มีประโยชน์สำหรับ

วิเคราะห์การดูดซับไอโซเทอมที่นิยมใช้กันได้แก่ สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ (Langmuir) และ สมการการดูดซับแบบฟรุนดิช (Freundlich)

สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ มีสมมติฐานที่ว่าโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ จะเกิดการดูดซับบนผิวในตำแหน่งที่แน่นอนของตัวดูดซับ แต่ละโมเลกุลของตัวดูดซับเกิดการดูดซับบนผิวแบบชั้นเดียว แต่ละพื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะแบบเดียวกัน ตัวดูดซับมีพลังงานในการดูดซับเหมือนกันและโมเลกุลของตัวดูดซับไม่สามารถเกิดข้ามพื้นผิวหรือไม่สามารถเกิดขึ้นกับโมเลกุลที่อยู่ติดกันได้ (Fuast และ Aly, 1987)

ข้อดีของการใช้สมการแลงเมียร์ อธิบายไอโซเทอมของการดูดซับ ได้แก่ สมการแลงเมียร์เป็นสมการง่ายๆ แบบจำลองเป็นพื้นฐานทางฟิสิกส์ และสามารถนำมาใช้งานได้ในช่วงที่กว้าง ในขณะที่สมการของแลงเมียร์มีข้อจำกัดของการใช้งาน ได้แก่ พลังงานของการดูดซับเป็นอิสระจากระดับการควบคุม แรงที่ใช้ในการดึงดูดเป็นแรงอ่อนๆ ที่สามารถผันกลับได้และจะใช้ได้ในกรณีที่ผิวของตัวดูดซับเกิดขึ้นแบบชั้นเดียวเท่านั้นสมการการดูดซับแบบแลงเมียร์เขียนได้ดังสมการที่ 1

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

เมื่อ q_e หมายถึงจำนวนสารที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

Q_o หมายถึงการดูดซับสูงสุดที่เกิดขึ้นแบบชั้นเดียว (มิลลิกรัมต่อกรัม)

C_e หมายถึงความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของสารที่จะดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

และ K_L หมายถึงค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)

แบบจำลองไอโซเทอมจากสมการ (1) สามารถจัดรูปให้เป็นสมการเส้นตรงของการดูดซับแบบแลงเมียร์ โดยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2 หรือ 3 ตามลำดับ ดังนี้

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_o} + \frac{1}{K_L q_o} \quad (2)$$

$$\text{และ} \quad \frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_o} + \frac{1}{K_L q_o C_e} \quad (3)$$

เมื่อนำข้อมูลสมการที่ 3 มาเขียนกราฟระหว่าง $1/q_e$ และ $1/C_e$ จะได้กราฟเส้นตรง ที่มีค่าความชันเท่ากับ $1/K_L q_o$ และจุดตัดแกนในแนวตั้งเท่ากับ $1/q_o$

ในกรณีใช้สมการการดูดซับแบบแลงเมียร์ ควรคำนวณหาปัจจัยของการแยก หรือค่าตัวแปรที่สภาวะสมดุล (Separation factor or equilibrium parameter, R_L) ซึ่งจะเป็นตัวบอกรูปร่างของไอโซเทอมว่าสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับการดูดซับ ปัจจัยของการแยก คำนวณได้จากสมการ 4

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_o} \quad (4)$$

เมื่อ C_0 หมายถึงความเข้มข้นเริ่มต้นของสารที่จะดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ผลที่ได้จากการคำนวณสามารถแปลความหมายโดยใช้ตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การแปลความหมายของผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการไอโซเทอม

R_L	Type of isotherm
$R_L > 1$	Unfavorable
$R_L = 1$	Linear
$0 < R_L < 1$	Favorable
$R_L = 0$	Irrversible

สมการฟรุนดิช มีสมมติฐานของการดูดซับที่ว่า พื้นผิวของตัวดูดซับไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด (พื้นผิวของตัวดูดซับมีลักษณะขรุขระ) พื้นที่ผิวและพลังงานมีการกระจายตัวเป็นแบบเลขชี้กำลัง สมการฟรุนดิชเขียนได้ดังสมการที่ 5 ดังนี้

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (5)$$

เมื่อ K_F หมายถึงค่าคงที่ของฟรุนดิช แสดงถึงความสามารถในการดูดซับ (ลิตรต่อกรัม) และ

n หมายถึงค่าคงที่ของฟรุนดิชที่อธิบายถึงความเข้มข้นของการดูดซับ (ไม่มีหน่วย)

สมการที่ 5 สามารถจัดรูปให้อยู่ในลักษณะของสมการเส้นตรง โดยใส่ลอการิทึมทั้งสองข้าง จะได้ดังสมการที่ 6

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (6)$$

สมการที่ 6 เมื่อนำมาเขียนกราฟระหว่าง $\log q_e$ กับ $\log C_e$ จะได้กราฟเส้นตรง ที่มีความชันเท่ากับ $1/n$ และมีจุดตัดแกนในแนวตั้งเท่ากับ $\log K_F$

ค่า $1/n = 1$ หมายถึง ไอโซเทอมของการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง ค่า $1/n > 1$ อธิบายถึงบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากที่จะใช้ในการดูดซับ และ $1/n < 1$ อธิบายถึงปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ (นิพนธ์ และ คณิตา, 2550)

2.5 น้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้งมีลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องคือ คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งพบว่าลักษณะของน้ำในบ่อกุ้งจะมีปริมาณของสารอนินทรีย์แขวนลอย ของแข็ง

แขวนลอย ค่าบีโอดี ค่าดีไอ และไนโตรเจนที่เกินค่ามาตรฐาน (Sansanayuth *et al.*, 1996) สำหรับลักษณะของน้ำทิ้งบ่อเลี้ยงจะแสดงดังตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 และจำเป็นต้องมีการควบคุมค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกสู่สาธารณะให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
ซีโอดี	1201±36	mg/l
ของแข็งทั้งหมด	13.1±3.9	g/l
แอมโมเนีย	101.7±6.1	mg-N/l
ไนเตรท	33.3±1.4	mg-N/l
ไนไตรต์	260±22.7	mg-N/l
เกลือ	2.6±0.4	ppt
พีเอช	7.8±0.1	

ที่มา : Boopathy *et al.* (2007)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
พีเอช	8.3-8.5	-
ความกระด้าง	11.7-12.1	mg/l
ฟอสฟอรัส	0.85-2.21	mg-P/l
ไนโตรเจน	7.84-12.6	mg-N/l
บีโอดี	4.68-5.65	mg/l

ที่มา : โมธิณี (2551)

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

พารามิเตอร์	ค่าสูงสุด	หน่วย
pH	6.5-9.0	-
BOD	20	mg/l
SS	70	mg/l
NH ₃	1.1	mg-N/l
P	0.4	mg/l
H ₂ S	0.01	mg-P/l
TN	4.0	mg-N/l

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2544)

เพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ (2554) ได้กล่าวไว้ว่า จากการศึกษาวิจัยการสะสมของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งระบบปิด ดังแสดงในภาพที่ 2.1 พบว่าไนโตรเจนเกือบทั้งหมด (97%) ที่เข้าสู่บ่อเลี้ยงกุ้ง มาจากอาหารที่ให้กุ้งกินกุ้งสามารถเก็บไนโตรเจนไว้ในเนื้อกุ้งได้ ประมาณ 21.8% ไนโตรเจนอีกประมาณเกือบ 80% จะตกค้างอยู่ในบ่อในรูปของเศษอาหารและขี้กุ้งที่บริเวณก้นบ่อประมาณ 70% และในรูปของสิ่งขับถ่ายที่ละลายน้ำได้ เช่น อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทประมาณ 9% ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในบ่อจะมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปที่สามารถเป็นอาหารของแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (อินทรีย์ไนโตรเจน) ให้อยู่ในรูปของสารประกอบที่เป็นพิษกับกุ้ง (แอมโมเนีย และไนไตรท์) หมุนเวียนไปมาในระบบนิเวศของบ่อเลี้ยงกุ้ง บางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนและจะออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งไป ซึ่งหากมีปริมาณไนโตรเจนสูงจะส่งผลให้กุ้งโตช้า กินอาหารลดลง และอาจจะเครียดจนอ่อนแอ และติดเชื้อโรคได้ง่าย ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในอาหารกุ้ง พบว่าเมื่อมีอาหารเหลืออยู่ คุณสมบัติของน้ำก็จะเปลี่ยนไป ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ทำให้มีอาหารกุ้งเหลืออยู่ในตู้ทดลอง พบว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในอาหารจะสามารถละลายออกมาอยู่ในน้ำได้อย่างรวดเร็ว ภายในเวลา 3-4 วัน สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกแบคทีเรียกินและปล่อยแอมโมเนียออกมาอยู่ในน้ำ อาหารเหลือเพียงครั้งเดียวจะทำให้เกิดปัญหาแอมโมเนียได้ประมาณ 1 เดือน หลังจากแอมโมเนียเพิ่มปริมาณมากขึ้น ไนไตรท์จะเกิดขึ้นตามมา

2.6 แอมโมเนียพิษในบ่อเลี้ยงกุ้ง

เมื่อให้อาหารกับกุ้งในบ่อ กุ้งจะต้องได้รับออกซิเจนที่พอเพียง (ในน้ำควรมีออกซิเจนมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพื่อให้กุ้งสามารถสร้างพลังงานเพื่อการดำรงชีวิต และทำให้มีการเจริญเติบโต

ที่ดี ผลจากการเผาผลาญโปรตีนจะทำให้เกิดแอมโมเนีย (แอมโมนิฟิเคชัน: Ammonification) ซึ่งแอมโมเนียจะเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิต ดังนั้นกุ้งจึงต้องขับออกมานอกร่างกาย แบคทีเรียที่เรียกว่าไซนัสจะกินสารอินทรีย์ในเศษอาหารกุ้ง ซี้กุ้งและซากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพื่อการที่ดำรงชีวิตและปล่อยแอมโมเนียออกมาในน้ำ ผลจากการกินอาหารทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปที่สำคัญคือ สารอินทรีย์ในน้ำจะลดลง น้ำจะมีคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นทำให้พีเอชต่ำลงในขณะที่ออกซิเจนในน้ำจะถูกแบคทีเรียและกุ้งใช้ไปจนอาจจะทำให้เกิดออกซิเจนที่เหลือน้อยไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตที่ดีของกุ้ง และมีสิ่งขับถ่ายในรูปของแอมโมเนียมากขึ้น ซึ่งแอมโมเนียจะเป็นพิษ กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ยกเว้น แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่ใช้แอมโมเนียเป็นอาหาร



ภาพที่ 2.1 ปริมาณไนโตรเจนที่เติมเข้าไปและสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของบ่อเลี้ยงกุ้งระบบปิด

ที่มา : เพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ (2554)

2.7 บทบาทของดินก้นบ่อกับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ที่พื้นก้นบ่อเป็นบริเวณที่มีการสะสมของเศษอาหารและซี้กุ้ง โดยเฉพาะบริเวณกลางบ่อที่มีการตั้งเครื่องตีน้ำแบบ รวมเลน ที่บริเวณนี้จะมีแบคทีเรียและจุลินทรีย์เจริญเติบโตเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์จึงทำให้มีการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่สูงถึงเกือบ 50% ของการใช้ออกซิเจนในบ่อเลี้ยง ในสภาพที่มีออกซิเจน สารอินทรีย์ที่ถูกย่อย (โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน) จะทำให้เกิดแอมโมเนียและกระบวนการไนตริฟิเคชัน ทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ละลายอยู่ในน้ำที่แทรกอยู่ในระหว่างช่องว่างของเม็ดดินและค่อยๆ แพร่ออกมาอยู่ในน้ำที่บริเวณก้นบ่อ ในขณะที่จุลินทรีย์ทำหน้าที่ของมันจะมีการใช้ออกซิเจนจากน้ำที่บริเวณก้นบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำที่แทรก

ตัวอยู่ในระหว่างช่องว่างของเม็ดดินดินกันบ่อที่อยู่ลึกลงไปจะมีโอกาสขาดออกซิเจนได้สูงเนื่องจากน้ำไม่สามารถแทรกตัวลงไปสู่ในชั้นดินที่ลึกได้ ทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีของดินเปลี่ยนไป จากการใช้ ออกซิเจนในน้ำเป็นชีวเคมีที่ใช้ ออกซิเจนที่จับอยู่กับสารประกอบเช่น ไนโตรเจน ไนเตรต และซัลเฟต หรือ โลหะประจุบวก เช่น แมงกานีส หรือ เหล็ก เป็นต้น ในชั้นดินที่ขาดออกซิเจน ชีวเคมีของดินของ แบคทีเรียที่ใช้ไนเตรต ไนโตรเจน ช่วยในการดำรงชีวิต เรียกว่า ดีไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Denitrifying Bacteria) โดยผ่านกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ก๊าซไนโตรเจน ปลอยออกมาจากดิน ซึ่งเกษตรกรสามารถเห็นได้จากการที่มีฟองก๊าซลอยขึ้นมา ในบ่อที่มีสารอินทรีย์เน่าเสียที่พื้นกันบ่อเป็นปริมาณมาก ซึ่งแสดงถึงโอกาสที่ พื้นกันบ่อจะขาด ออกซิเจนจนเป็นอันตรายต่อกุ้งได้

2.8 หอยนางรม

หอยนางรม มีชื่อสามัญ คือ Oyster หอยนางรม (วงศ์ Ostreidae) มีหลายสายพันธุ์ แต่ที่นิยมเลี้ยงกันอยู่โดยทั่วไปนั้น แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ หอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Saccostrea commercialis* พันธุ์นี้มีเลี้ยงมากทางภาคตะวันออก ส่วนพันธุ์ที่เหลือเป็นหอยนางรมที่ค่อนข้างมีขนาดใหญ่เรียกว่า หอยตะเภา (Crassostrea belcheri) และหอยตะเภากรมดำ (*C. lugubris*) แม้ว่าจะมีการเลี้ยงกันบ้างในภาคตะวันออก แต่การเลี้ยงส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตจังหวัดในภาคใต้

(1) ลักษณะของหอยนางรม

หอยนางรมมีลักษณะเป็นหอยทะเลกาบสอง 2 ฝา มีกาบหนาแข็ง ซึ่งฝาทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน บางชนิดมีสีน้ำตาล หรือสีเทา กาบบนจะใหญ่และแบนกว่ากากลาง ส่วนกากลางที่มีลักษณะโค้งเว้านี้ จะเป็นส่วนที่มีตัวหอยติดอยู่ ด้านที่มีเนื้อฝังอยู่จะเว้าลึกลงไปคล้ายรูปถ้วย หรือจาน และยึดติดกับวัตถุแข็ง เช่น ก้อนหิน ไม้หลัก หรือเปลือกหอยที่จมอยู่ในทะเล ส่วนฝาปิดอีกด้านหนึ่งแบนบาง ขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เปลือกหอยนางรมประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 95 หอยนางรมจะแบ่งเป็น 2 พวก คือ พันธุ์เล็ก เรียกว่า "หอยเจาะ" หรือ "หอยปากจีบ" พันธุ์ใหญ่เรียกว่า "หอยตะเภา" รสชาติของหอยนางรมขึ้นอยู่กับแหล่งอาศัย หรือแหล่งเพาะเลี้ยงมากกว่าสายพันธุ์

(2) แหล่งที่พบหอยนางรมในประเทศ

พบโดยทั่วไปตามบริเวณน้ำตื้นชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำลำคลอง ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี แหล่งที่เลี้ยงหอยนางรมใหญ่ที่สุด คือบริเวณอ่าวที่ตำบลท่าทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ นอกจากนี้ก็มีการเลี้ยงที่บริเวณแหลมซุย อำเภอไชยา ปัจจุบันมีผู้เลี้ยงหอยนางรมในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีประมาณ 741 ราย เนื้อที่ประมาณ 4,866 ไร่ หอยนางรมที่พบในประเทศไทยจะวางไข่ตลอดปี มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด และแหล่งที่อยู่ เช่น หอยตะเภา ที่แม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี วางไข่มากที่สุดในเดือนตุลาคม-ธันวาคม หอยนางรมปากจีบขนาดเล็กที่ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีวางไข่เป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงแรกเดือนมีนาคม-เมษายน ช่วงที่ 2 เดือนมิถุนายน-กรกฎาคมและช่วงที่ 3 เดือนกันยายน-ตุลาคม ผลผลิตของหอยนางรมส่วนใหญ่จะเก็บได้จากธรรมชาติ

2.9 หอยแครง

หอยแครง (อังกฤษ: Blood Cockle, ชื่อวิทยาศาสตร์: *Anadara granosa*) เป็นหอยจำพวกกาบคู่ ความยาวประมาณ 6-7 เซนติเมตร ซึ่งจะอาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ท้องทะเลชายฝั่งตื้น ๆ ที่เป็นโคลนหรือโคลนเหลว ในน่านน้ำไทยพบมากที่จังหวัดชลบุรี เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี ปัตตานี และกลุ่มอาหารที่หอยแครงบริโภคก็คือ พวกไดอะตอม แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์บางชนิด

(1) ความสำคัญในทางเศรษฐกิจ

ความสำคัญทางเศรษฐกิจหอยแครงเป็นหอยสองฝาอีกชนิดหนึ่งที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจในประเทศไทย โดยเนื้อใช้รับประทานเป็นอาหารที่ให้โปรตีน นิยมนำไปปรุงด้วยการเผาหรือลวก ส่วนเปลือกใช้ทำเครื่องประดับของชำร่วย หรือ บดผสมลงในอาหารไก่ และสามารถทำเป็นปูนได้ กรมประมงจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจ นิยมเลี้ยงกันในพื้นที่แถบจังหวัดสมุทรสงคราม เพชรบุรี สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ภูเก็ต สตูล และปัตตานี

2.10 หอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่ (green mussel *perna viridis*) มีลักษณะทั่วไปเป็นหอยสองฝามีรูปร่างคล้ายเสียมที่อนทางด้านหัวเล็กน้อย หอยที่อาศัยอยู่ในบริเวณใต้น้ำตลอดเวลาจะมีเปลือกสีเขียวอมดำ ถ้าเป็นกลุ่มที่อยู่ในบริเวณน้ำขึ้นและลง และมีโอกาสถูกแสงแดดบ้าง ลักษณะของเปลือกหอยจะมีสีเหลือง เนื้อมีสีเหลืองนวลหรือสีส้มมีหนวดใช้สำหรับยึดเกาะหลัก วางไข่ตลอดปี อาศัยอยู่ในบริเวณปากโป๊ะหรือเกาะตามเสาไม้ใต้น้ำบริเวณปากแม่น้ำที่มีพื้นเป็นโคลน เช่น ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร ดำรงชีวิตโดยการบริโภคสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในน้ำ ขนาด 4-20 เซนติเมตร หอยแมลงภู่ถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งเพราะเป็นที่นิยมของนักบริโภคโดยทั่วไป

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โมธิณี (2551) ศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากฟาร์มกุ้ง โดยใช้เปลือกหอยแครงเผา ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ ขนาดของเปลือกหอยแครง ซึ่งมี 3 ขนาด อัตราการไหลของน้ำทิ้งที่ต่างกัน นอกจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของเปลือกหอยแครง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสระหว่าง เปลือกหอยแครงเผา เปลือกหอยแครงสด และถ่านกัมมันต์ จากผลการศึกษาพบว่า เปลือกหอยแครงเผา ขนาด 0.85 – 2.0 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่เหมาะสม โดยมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัส คือ 86.66 % และ 77.53 % ตามลำดับ ส่วนอัตราการไหลนั้น พบว่า ที่อัตราการไหลที่ต่ำสุดมีประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสได้ดี ซึ่งได้แก่ 300 มิลลิลิตรต่อ

ข้าวโม่ง และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง เปลือกหอยแครงเผา เปลือกหอยแครงสด และ ถ่านกัมมันต์ พบว่า เปลือกหอยแครงเผามีประสิทธิภาพการลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่ดีกว่าเปลือกหอยแครงสด แต่ไม่สามารถสรุปผลการศึกษาของถ่านกัมมันต์ได้เนื่องจากการทดลองล้มเหลว ในส่วนของแบบจำลองไอโซเทอม การลดปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยแครงเผามีความสัมพันธ์กับแบบจำลองของ Langmuir มากกว่าแบบจำลองของ Freundlich และจากการศึกษาเรื่องคุณลักษณะของเปลือกหอยแครงโดยวิธี Gas Sorption Analyzer by Bunauer, Emmett and Teller method (BET) พบว่า เปลือกหอยแครงเผามีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่าเฉลี่ยขนาดรูพรุน มากกว่าเปลือกหอยแครงสด

จรรยาพร (2545) ได้ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ โดยทำการทดสอบแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ และใช้สมการฟรอนดลิช ศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ และศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเปลือกหอยโดยการทดสอบแบบต่อเนื่อง โดยใช้คอลัมน์เปลือกหอยแครงซึ่งมีพื้นที่ผิวจำเพาะและรูพรุนรวมทั้งปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าเปลือกหอยแมลงภู่สามารถกำจัดตะกั่วได้ดีกว่าเปลือกหอยแมลงภู่ ผลการนำเปลือกหอยขนาดต่างๆ ไปอบที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเปลือกหอยแครงขนาด 20-60 เมช ซึ่งนำไปตากแดดสามารถกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุด โดยมีค่าคงที่การดูดซับของฟรอนดลิชเท่ากับ 9.46×10^5 (superscript5) มิลลิกรัมตะกั่วต่อกรัมเปลือกหอย การกำจัดตะกั่วเกิดได้ดีช่วงพีเอช 6.3-8.8 และประสิทธิภาพลดลงเมื่อพีเอชลดลง กลไกการกำจัดเกิดจากการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครงตามด้วยการตกผลึกของเซร่าไซด์ (เลดคาร์บอเนต) และถูกดูดซับบริเวณผิวหน้าของเปลือกหอย การทดสอบแบบต่อเนื่องในการทดสอบคอลัมน์โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของตะกั่ว 5.98 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.9 เซนติเมตร บรรจุเปลือกหอยแครงสูง 2.3 เซนติเมตร สามารถบำบัดน้ำปนเปื้อนตะกั่วได้ 6 ลิตร ก่อนที่น้ำผ่านคอลัมน์จะมีความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดไว้ และความสามารถในการดูดซับต่อเนื่องเท่ากับ 8.6 มิลลิกรัมต่อกรัมเปลือกหอยแครง

แทนทัศน์ (2542) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ นำกลับมาใช้ใหม่ในระบบกรองน้ำชีวภาพภายในตู้กระจก เพื่อนำข้อมูลไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับระบบกรองน้ำในตู้ปลาและระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน โดยทำการทดลองหาความเหมาะสมของการนำวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแครง กระถางดินเผา และอิฐมอญ มาเป็นวัสดุยึดเกาะของแบคทีเรียในระบบกรองน้ำชีวภาพแบบใช้อากาศ โดยเปรียบเทียบกับกรวดแม่น้ำแบบเดิม ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักรวมของวัสดุกรองจากการดูดซับน้ำ ปริมาตรในการกรอง และวัดประสิทธิภาพของวัสดุกรอง โดยการวัดค่าพีเอช ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ค่าความเป็นต่าง

(Alkalinity) ปริมาณซัลเฟต ปริมาณสารประกอบไนโตรเจน ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน การวางแผนการทดลองใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติทำการทดสอบหาความแปรปรวนของชนิดวัสดุกรองกับปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำโดยวิธี Multi-Way Analysis of Variance (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของชนิดและปริมาตรที่แตกต่างกันโดยใช้วิธี Duncans Multiple Range Test (DMRT) ในการเปรียบเทียบผลการทดลองพบว่า วัสดุเหลือใช้ที่แตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันของพื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งมีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ และปริมาตรในการกรองแตกต่างกันไป โดยอิฐมอญและเปลือกหอยนางรม ให้ค่าการดูดซึมน้ำ และปริมาตรในการกรองมากกว่ากระถางดินเผา เปลือกหอยแครงและกรวดแม่น้ำ (control) ตามลำดับ โดยวัสดุเหลือใช้ทุกชนิดมีประสิทธิภาพการกรองสูงกว่ากรวดแม่น้ำ โดยสามารถลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนให้มีความต่ำกว่ามาตรฐานได้ในระยะเวลา 4-6 สัปดาห์

สิริชิน (2543) ได้ศึกษาความสามารถในการดูดซับตะกั่วด้วยตัวดูดซับที่เตรียมจากกระดองปู และเปลือกหอยแครง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น โดยทำการทดสอบแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อประเมินความสามารถในการดูดซับตะกั่ว ตัวดูดซับที่เตรียมมีความแตกต่างกันทั้งชนิดของวัตถุดิบ ขนาด และสารที่ใช้กระตุ้น พบว่ากระดองปูขนาด 16-80 เมช กระตุ้นด้วยกรดเกลือมีความสามารถในการดูดซับตะกั่วได้ดีที่สุด ซึ่งคำนวณค่าคงที่จากสมการการดูดซับของ Freundlich มีค่าเท่ากับ 1,050 มิลลิกรัม ตะกั่วต่อกรัมกระดองปู และในการทดสอบแบบต่อเนื่องในคอลัมน์ของตัวดูดซับโดยใช้น้ำที่มีตะกั่วปนเปื้อนจากเหมืองตะกั่ว-ดิบบุกร้างที่ตำบลถ้ำทะลุ อำเภอบ้านนงสตา จังหวัดยะลา ซึ่งมีความเข้มข้น 0.042 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคอลัมน์สามารถใช้กับน้ำปนเปื้อนตะกั่วได้มากถึง 500 เท่าของปริมาตรบรรจุของคอลัมน์ ก่อนน้ำที่ผ่านคอลัมน์จะมีความเข้มข้นตะกั่วขึ้นสูงถึง 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ความสามารถเต็มที่ของคอลัมน์สามารถใช้กับน้ำปนเปื้อนได้สูงถึง 7,125 เท่าของปริมาตรบรรจุของคอลัมน์

อารยา และคณะ (2549) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีด้วยผงเปลือกหอยเชอร์และผงเปลือกหอยแครงขนาดหยาบ 1 ตารางเซนติเมตร และขนาดละเอียด 70-80 mesh ในการบำบัดสีย้อมผ้าชนิดละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์ 3 ชนิดคือ สีเอสดี สีไคเร็กซ์ และสีรีแอคทีฟ จากนั้นเลือกผงเปลือกหอยที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดและระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับไปใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียย้อมผ้า ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับสีด้วยผงเปลือกหอยชนิดและขนาดต่างกัน ในน้ำเสียสังเคราะห์สีเอสดี สีไคเร็กซ์ และสีรีแอคทีฟ ผงเปลือกหอยแครงขนาดละเอียด มีประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุด ระยะเวลาที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดคือ 180 นาที คิดเป็นร้อยละ 79.58, 57.10 และ 13.14 ตามลำดับ รูปแบบการดูดซับสีในน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งสามชนิดศึกษาโดยใช้สมการไอโซเทอมแบบ Freundlich พบว่า ค่าคงที่ของสมการการดูดซับสำหรับสีเอสดี

และสีไ้เร็กท์สูงกว่าสีรีแอกทีฟ โดยผลการทดลองที่สอดคล้องกับสมการนี้คือ ผงเปลือกหอยแครง ขนาดละเอียดสามารถกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์สีเอไซด์และสีไ้เร็กท์สูงกว่าสีรีแอกทีฟ สำหรับคุณภาพของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยผงเปลือกหอยแครงขนาดละเอียดมีค่าสารแขวนลอยและปริมาณสารละลายทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าซีโอดีมีค่าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน การบำบัดน้ำเสียด้วยผงเปลือกหอยสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบบำบัดอื่นๆ ต่อไปได้

Jibing *et al.*, (2011) ได้ทำการศึกษาการกำจัดฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่บดละเอียด จากการศึกษาพบว่าปัจจัยในด้านของเวลา อุณหภูมิ ความเข้มข้นของตัวดูดซับ และตัวถูกดูดซับเป็นสิ่งสำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัส ซึ่งการที่นำเปลือกหอยแมลงภู่ไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการดูดซับจาก 25% ไปเป็น 55% พีเอช 5.5 และเมื่อนำไปแกว่งในกรดซิตริก 1 ชั่วโมง พบว่าสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้มากกว่า 90% ซึ่งคำนวณค่าคงที่ของความสามารถในการดูดซับของ Freundlich มีค่าเท่ากับ 6.95 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกรัมของฟอสเฟต

Ting (2009) ได้ทำการศึกษาการทดลองการประเมินผลการดูดซับ Cu^{2+} และ Ni^{2+} จากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยนางรมบดละเอียดเป็นตัวดูดซับ พบว่าเปลือกหอยนางรมแบบผงสามารถดูดซับ Cu^{2+} และ Ni^{2+} ในน้ำเสียได้ และได้ทำแบบจำลองไอโซเทอมสำหรับการลดปริมาณ Cu^{2+} และ Ni^{2+} โดยใช้ความสัมพันธ์แบบจำลองของ Langmuir Freundlich และ Dubinin-Kaganer-Radushkevich isotherm ($R^2=0.949-0.984$, $0.912-0.988$ และ $0.900-0.990$ ตามลำดับ) เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเปลือกหอยนางรมบดละเอียด พบว่าสามารถดูดซับ Cu^{2+} และ Ni^{2+} ได้ 49.26-103.1 และ 48.75-94.3 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์

- 3.1.1 น้ำทิ้งจากบ่อกัก ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วง (grab sampling)
- 3.1.2 ท่อ PVC ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์รองรับตัวดูดซับ
- 3.1.3 วัสดุดิบที่ใช้ทำตัวดูดซับ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแมลงภู่
- 3.1.4 อุปกรณ์
 - เต้าเผาไฟฟ้า
 - เครื่องบดตัวอย่าง
 - เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
 - ตะแกรงคัดขนาดเบอร์ 8 และ 30 เมช
 - อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์อื่น ๆ
 - เครื่องเขย่า (stirrer)
 - หัวฟุ้งเติมอากาศ
 - เครื่องชั่งละเอียดชนิด 4 ตำแหน่ง
 - เครื่องแก้วต่างๆ
 - อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
 - เทอร์โมมิเตอร์

3.2 วิธีการศึกษาและการทดลอง

การศึกษาและการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 7 ขั้นตอนคือ

- 3.2.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม
- 3.2.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกัก
- 3.2.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอย
- 3.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย
- 3.2.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)
- 3.2.6 ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm) และไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm)
- 3.2.7 วิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม

นำเปลือกหอยมาทำความสะอาดโดยการล้างและแปรงด้วยน้ำสะอาด เพื่อกำจัดเศษสิ่งสกปรกออกจากเปลือกหอย หลังจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง ทำการเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ควบคุมบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing) แล้วทำการบดละเอียดเพื่อผ่านตะแกรงร่อนให้ได้ขนาดเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งขนาด 8 เมช และส่วนที่สองขนาด 30 เมช (ดังแสดงในภาพที่ 3.1, 3.2 และ 3.3)



ภาพที่ 3.1 เปลือกหอยนางรมหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช



ภาพที่ 3.2 เปลือกหอยแครงหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช



ภาพที่ 3.3 เปลือกหอยแมลงภู่หลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช

3.2.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกัก

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งบ่อกักจาก อ.ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกัก โดยทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

#

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกัก (น้ำเข้า)

ตัวแปร	วิธีการวิเคราะห์
pH	-
SS	Suspended Solids (SS) dried at 103-105°C
Nitrogen-TKN	Macro kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
P	Acorbic acid method

ที่มา : Eaton *et al.*, (2005)

#

3.2.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอยหลังเผา

โดยวิเคราะห์ปริมาณ CaCO_3 และวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยหลังเผา (โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกหอยหลังเผา

ตัวแปร	เครื่องมือทดสอบ
CaCO_3	Atomic Absorption Spectrometer (AAS)
ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอย	Scanning Electron Microscope (SEM)

ที่มา : โฉมฉิน (2551)

3.2.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผา

- (1) เตรียมน้ำตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ชุด โดยใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร (ดังแสดงในภาพที่ 3.4)
- (2) เติมเปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช หรือขนาด 30 เมช ปริมาณ 10 กรัม ลงไปในหोरองรับตัวดูดซับ โดยแยกใส่ตามแต่ละขนาดของเปลือกหอย
- (3) นำน้ำตัวอย่าง 6 บีกเกอร์ (สำหรับใส่เปลือกหอยแครง 8 เมช และ 30 เมช และหอยนางรม 8 เมช และ 30 เมช และหอยแมลงภู่ 8 เมช และ 30 เมช รวมทั้งหมด 6 บีกเกอร์) ใส่ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พร้อมวัดอุณหภูมิอีกครั้งด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (เพื่อให้ได้อุณหภูมิคงที่ 30 องศาเซลเซียส)
- (4) นำหोरองรับตัวดูดซับทั้ง 6 ชนิดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ใส่ลงในบีกเกอร์ที่วางอยู่ในอ่างน้ำ พร้อมใส่หัวฟุ้งเติมอากาศลงในบีกเกอร์ทั้ง 6 ชนิด (เพื่อให้เกิดการกวนผสมระหว่างน้ำตัวอย่างและตัวดูดซับ) (ดังแสดงในภาพที่ 3.5)
- (5) ตั้งเวลาในการดูดซับ 5 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทำการตรวจวัด pH ทำซ้ำ 3 ครั้ง
- (6) นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หา SS, TKN และ P ด้วยวิธีการดังแสดงในตารางที่

3.1 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการดูดซับ

- (7) สำหรับเวลาในการดูดซับที่ 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที (ในช่วงอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส) ให้ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึงข้อ 6 ซึ่งทุกช่วงเวลาของการทดลองจะต้องทำแยกกัน และทำซ้ำ 3 ครั้ง





ภาพที่ 3.5 ลักษณะของระบบบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้ถังแบบแบตเตอรี่ในการทดลองในห้องปฏิบัติการขณะใส่น้ำอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

3.2.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics)

อธิบายผลการทดลองของคุณสมบัติของน้ำทิ้งบ่อกัก ผลของขนาดตัวดูดซับและเวลาในการดูดซับ TKN, P และ SS และประสิทธิภาพของเปลือกหอยหลังเผาในการดูดซับ TKN, P และ SS โดยนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ ตาราง และกราฟ สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการวิจัย

3.2.6 ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ของแข็งแขวนลอย คือ

(1) เลือกชนิดของเปลือกหอย (ตัวดูดซับ) ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ

(2) เลือกขนาดของเปลือกหอย (ตัวดูดซับ) ที่เหมาะสมที่สุด จากข้อ (1)

(3) นำเปลือกหอยที่ได้จากข้อ (2) มาทำการศึกษาไอโซเทอม โดยใช้ขั้นตอนเดียวกับการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับ แต่ทำการศึกษาโดยใช้ปริมาณน้ำหนักของเปลือกหอยหลังเผา (ตัวดูดซับ) ที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัม และเลือกใช้เวลาดูดซับที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับมีค่าคงที่ที่สุดเพียงเวลาเดียว ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับข้างต้นเช่นกัน ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

- เตรียมน้ำตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ชุด โดยใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- เติมเปลือกหอยหลังเผาที่ผ่านการคัดเลือก ลงไปในหอรองรับตัวดูดซับ (6 ตัว) เติมลงไปปริมาณ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัม โดยแยกใส่ในแต่ละตัวของหอรองรับตัวดูดซับ ให้แตกต่างกัน
- นำน้ำตัวอย่าง 6 บีกเกอร์ (สำหรับใส่เปลือกหอยชนิดและขนาดที่เหมาะสมที่สุด ที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพมาแล้ว) ใส่ลงไปในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พร้อมวัดอุณหภูมิอีกครั้งด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (เพื่อให้ได้อุณหภูมิคงที่ 30 องศาเซลเซียส)
- นำหอรองรับตัวดูดซับทั้ง 6 ชนิด (ปริมาณตัวดูดซับที่แตกต่างกัน) ที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2 ใส่ลงไปในบีกเกอร์ที่วางอยู่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ พร้อมใส่หัวฟู่เติมอากาศลงในบีกเกอร์ทั้ง 6 ชนิด (เพื่อให้เกิดการกวนผสมระหว่างน้ำตัวอย่างและตัวดูดซับ)
- ตั้งเวลาในการดูดซับ โดยใช้เวลาดูดซับที่คงที่ (จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ) หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทำการตรวจวัด pH ทำซ้ำ 3 ครั้ง
- นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หา SS, TKN และ P ด้วยวิธีการดังแสดงในตารางที่ 3.1 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการดูดซับ
- ขั้นตอนการทดลองดังกล่าวทั้งหมดจะทำซ้ำ 3 ครั้ง

และการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้คือ

ไอโซเทอมของการดูดซับแบบแลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ที่ถูกดูดซับ ต่อหน่วยน้ำหนักของเปลือกหอยหลังเผา กับความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ที่เหลืออยู่ ที่สภาวะสมดุล ณ อุณหภูมิที่คงที่ เพื่อหาไอโซเทอมที่เหมาะสม และใช้อธิบายลักษณะการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ของเปลือกหอยหลังเผา แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการที่ 1

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

แบบจำลองไอโซเทอมสมการเส้นตรงของการดูดซับแบบแลงเมียร์ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_o} + \frac{1}{K_L q_o C_e} \quad (2)$$

เมื่อ q_o หมายถึง ปริมาณตั้งต้นของของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ต่อน้ำหนักของเปลือกหอยหลังเผา (มิลลิกรัมต่อกรัม)

และ K_L หมายถึง ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)

เมื่อนำข้อมูลผลของปริมาณน้ำหนักลีอกหอยหลังเข้ามาเขียน ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/q_e$ กับ $1/C_e$ ควรได้กราฟเส้นตรง โดยค่า q_0 หาได้จากจุดตัดแกนตั้ง และความชันของเส้นตรงหาค่า K_L ได้

เมื่อพิจารณาแบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm) เขียนได้ดังสมการที่ 3

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (3)$$

แบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการที่ 4

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

เมื่อ K_F หมายถึง ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)

และ $1/n$ หมายถึง ปัจจัยที่แสดงความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

Alkan *et al.*, (2005) ได้อธิบายค่าคงที่ n ในสมการฟรุนดลิช สามารถบอกได้ 3 กรณี ได้แก่
เมื่อ $n = 1$ แสดงให้เห็นถึงมีสิ่งขวางกั้นระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ โดยไม่ขึ้นกับความเข้มข้น
เมื่อ $1/n$ น้อยกว่าหนึ่ง แสดงว่าการดูดซับเป็นไอโซเทอมแบบแลงเมียร์
และเมื่อ $1/n$ มากกว่าหนึ่ง แสดงว่าการดูดซับเกิดขึ้นร่วมกัน

3.2.7 วิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง

ในการสำรวจกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ได้ใช้แบบสำรวจซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ส่วนที่ 2 การบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักในสถานประกอบการ

ส่วนที่ 3 แบบสำรวจความคิดเห็นต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย จากน้ำทิ้งของบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งแบบสำรวจมีลักษณะดังนี้

1. เป็นแบบสำรวจมี 5 ข้อ

2. การตอบคำถามมีคำตอบให้เลือกตอบ 5 คำตอบ ค่าระดับคะแนน มีดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ซึ่งในการวิเคราะห์แบบสำรวจจะมีการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การวิเคราะห์ใช้เกณฑ์ของ (บุญชม, 2545) ดังนี้

คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็นมาก

คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็นปานกลาง

คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อย

คะแนน 1.00-1.50 หมายถึง ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

ส่วนที่ 4 การนำเศษเหลือหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

ซึ่งแบบสำรวจมีลักษณะดังนี้

1. เป็นแบบสำรวจมี 6 ข้อ
2. การตอบคำถามมีคำตอบให้เลือกตอบ 5 คำตอบ ดังแสดงในส่วนที่ 3
- ส่วนที่ 5 เป็นคำถามแบบปลายเปิด โดยเป็นข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการใช้เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรมที่ผ่านการเผา ประกอบด้วยการศึกษาถึงปริมาณ CaCO_3 และลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยทั้งสามชนิด และศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกัก

4.1 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำทิ้งบ่อกัก

จากการศึกษาน้ำทิ้งจากบ่อกัก ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวจาก อ. ท่าฉาง จ. สุราษฎร์ธานี พบว่า ตัวอย่างน้ำเป็นน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีอายุการเลี้ยงเป็นระยะเวลาประมาณ 97-103 วัน ลักษณะของน้ำมีลักษณะเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ไม่มีกลิ่น มีตะกอนสีเขียวแขวนลอยในน้ำเล็กน้อย และมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากบ่อกัก

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
pH	8.20-8.50	-
SS	70-280	mg/L
P	0.10-0.60	mg-P/L
TKN	3.00-10.00	mg-N/L

4.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบของเปลือกหอยหลังเผา

เปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS พบว่า ในเปลือกหอยแต่ละชนิดมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่แตกต่างกัน โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเปลือกหอยแครงมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากที่สุด ดังแสดงผลในตารางที่ 4.2

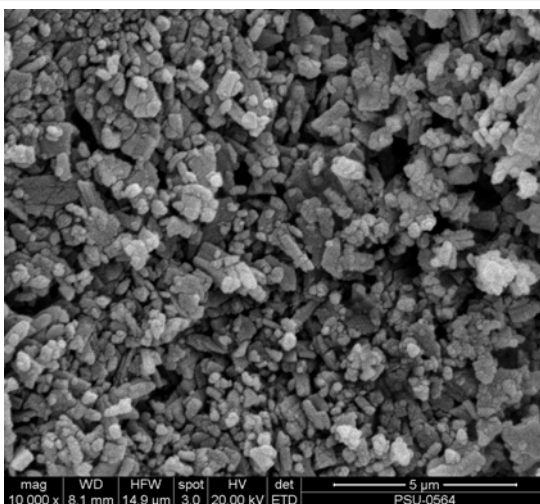
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของเปลือกหอยหลังเผา

ชนิดเปลือกหอย	แคลเซียม (Ca^{2+})	แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)	หน่วย	%RSD
---------------	-------------------------------	---------------------------------------	-------	------

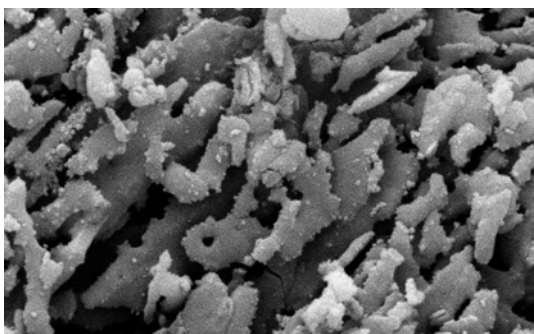
หอยแครง	398.26	995.65	g/kg	2.87
หอยนางรม	395.73	989.33	g/kg	2.14
หอยแมลงภู่	383.57	958.93	g/kg	3.01

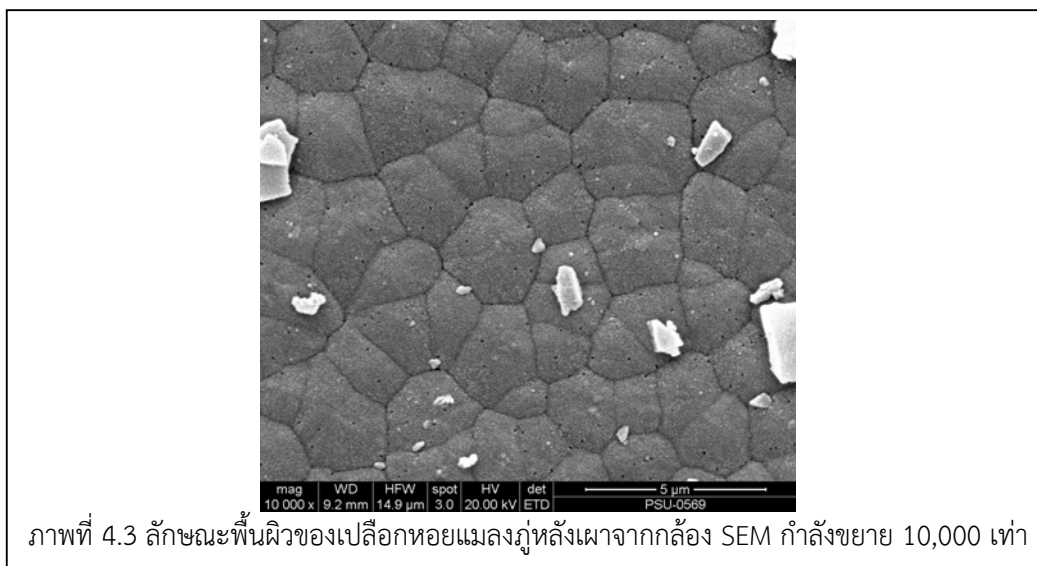
4.3 ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวและขนาดรูพรุนของเปลือกหอย

ผลการตรวจวัดพื้นผิว (surface area) ของเปลือกหอยขนาด 8 เมช ทั้งสามชนิด โดยเครื่องมือ Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครงมีลักษณะความละเอียดของรูพรุนประมาณ 0.4-0.8 ไมโครเมตร ส่วนเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่าประมาณ 1-2 ไมโครเมตร และเปลือกหอยแมลงภู่พบว่าแทบจะมองไม่เห็นรูพรุนซึ่งหลังจากการขยายลักษณะพื้นผิวแล้วพบว่ารูพรุนมีระยะห่างเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.01 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ และพบว่าเปลือกหอยชนิดนี้มีความพิเศษคือมีพื้นผิวเป็นคริสตอลหลังผ่านการเผา ในขณะที่ไม่เจอลักษณะเช่นนี้ในเปลือกหอยชนิดอื่นๆ



ภาพที่ 4.1 ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยแครงหลังเผาจากกล้อง SEM กำลังขยาย 10,000 เท่า





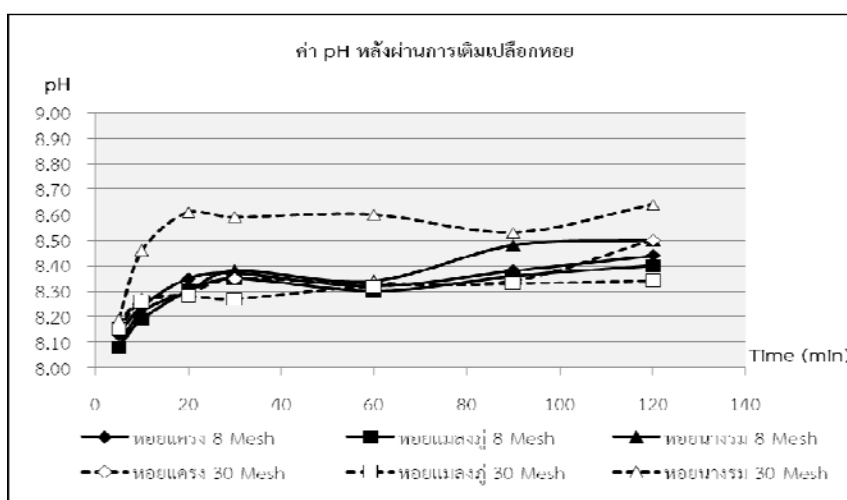
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผา

ซึ่งข้อมูลของผลการศึกษาและประสิทธิภาพของการดูดซับดังแสดงในภาคผนวก ก จากการทดลองครั้งนี้พบว่าน้ำตัวอย่างของทุกชุดการทดลอง คือน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ดังนี้คือ 7.56 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร 0.55 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร และ 266.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของทุกชุดการทดลองที่ควบคุมให้เท่ากัน การทดลองได้ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อ 1 ชุดการทดลอง และสิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการทดลองครั้งนี้คือ เวลาของการทดลองที่เหมือนกันทุกชุด

การทดลองคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที และอุณหภูมิที่ต้องควบคุมให้เหมือนกัน ตลอดเวลาการดูดซับคือ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งจะแสดงผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.4.1 ค่า pH เมื่อผ่านการดูดซับด้วยเปลือกหอยหลังเผา

จากการทดลองพบว่าค่า pH เริ่มต้นของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งคือ 8.20 แต่เมื่อเติมเปลือกหอยหรือตัวดูดซับลงไปปริมาณ 10 กรัม ต่อปริมาตรน้ำตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร แล้วทำการดูดซับ ด้วยเวลาต่างๆ คือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ดังแสดงในภาคผนวก ก และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ค่า pH หลังเติมเปลือกหอยหลังเผาในเวลาต่างๆ

จากการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ของแข็งแขวนลอย โดยการเติมตัวดูดซับคือ เปลือกหอยหลังเผาทั้ง 3 ชนิด ด้วยเวลาในการดูดซับคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำตัวอย่างในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเปลือกหอย ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญ จะทำให้น้ำตัวอย่างมีค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้น

ซึ่งค่า pH เริ่มต้นของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งคือ 8.20 เมื่อเติมตัวดูดซับที่แตกต่างกันคือ เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ ลงไปก็ทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเหมือนกัน จากกราฟสังเกตได้ว่าสภาวะคงที่อยู่ที่เวลา 60 นาที เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติจากสภาวะคงที่พบว่า เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเปลือกหอยนางรม ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบอีกประเด็นว่า เปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช จะส่งผลให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ในช่วง 8.56-8.63 อีกทั้งเป็นชนิดที่ดูดซับได้ดี แสดงว่ากลไกการดูดซับเกิดจากการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยตามด้วยการตกผลึกของเซรียไซต์ (เลดคาร์บอเนต) และถูกดูดซับบริเวณผิวหน้าของเปลือกหอย (จรรยาพร, 2545) เกิดขึ้นได้ดี แต่อย่างไรก็ตามหากมีการเติมเปลือกหอยในปริมาณที่มากเกินไป ก็สามารถก่อให้เกิดค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นแล้วมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับเช่นกัน ซึ่งการดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับเช่น หาก pH ลดลงส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่พื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดขึ้นได้มาก (Ford, 1981)

ตารางที่ 4.3 ค่า pH ของน้ำตัวอย่างหลังเติมเปลือกหอยหลังเฝ้าลงในเวลา 60 นาที

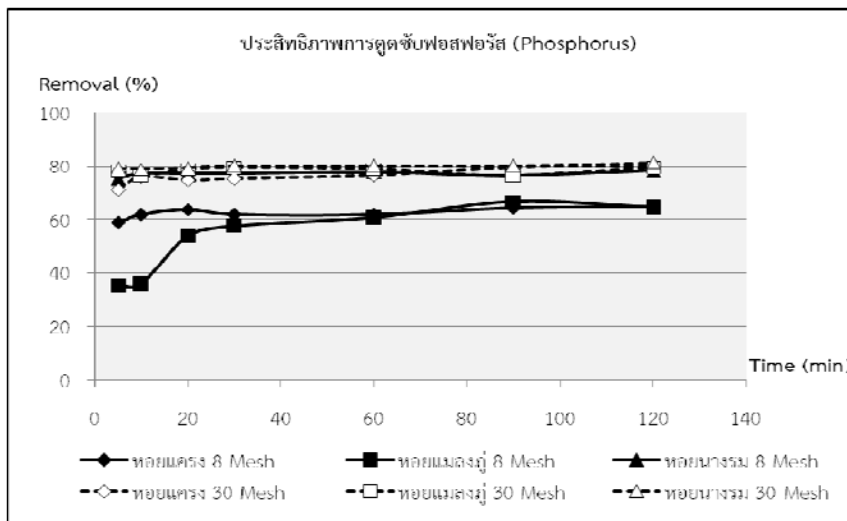
ชนิดของเปลือกหอยหลังเฝ้า	ขนาด (เมช)	pH
หอยนางรม	8	8.34 ^a
หอยแครง	8	8.32 ^a
หอยแมลงภู่	8	8.20 ^a
หอยนางรม	30	8.60 ^b
หอยแครง	30	8.33 ^a
หอยแมลงภู่	30	8.32 ^a

ค่าเฉลี่ยตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดย Duncan test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.2 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส

จากการทดลองพบประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาทั้งสามชนิด ด้วยขนาด 8 เมช และ 30 เมช ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถแสดงประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัส ดังแสดงในภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช



ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสของเปลือกหอยหลังเผา

จากการทดลองพบว่าเปลือกหอยหลังเผาขนาด 30 เมช มีประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าเปลือกหอยขนาด 8 เมช แสดงว่าเปลือกหอยที่มีขนาดละเอียดจะมีรูพรุนมากกว่า สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีกว่าเปลือกหอยขนาดหยาบที่มีรูพรุนน้อยกว่า ซึ่งเมื่อรูพรุนมีมากทำให้พื้นที่ผิวดูดซับมาก ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น จรรยาพร (2545) และพบว่าเวลาในการสัมผัส 60 นาที เหมาะสมที่สุดในการดูดซับ เนื่องจากเมื่อสังเกตจากผลการทดลองในภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพของการดูดซับเข้าสู่สภาวะคงที่มากที่สุด หากเพิ่มเวลามากขึ้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อีกทั้งพบว่าชนิดของเปลือกหอยที่ดูดซับฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดคือ เปลือกหอยนางรม รองลงมาคือ เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ประสิทธิภาพการดูดซับพบว่าสามารถดูดซับได้ 80.00%, 76.36% และ 78.79% ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 8 เมช สามารถดูดซับได้เพียง 77.58%, 61.82% และ 60.61% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับด้วยหอยนางรมขนาด 30 เมช พบว่า ค่าฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.10-0.12 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนดคือ 0.4 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าเปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแครง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเปลือกหอยแมลงภู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาคผนวก ข ดังนั้นจากการดูดซับฟอสฟอรัสจึงเห็นได้ว่า ขนาดของตัวดูดซับที่ต่างกันส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับต่างกัน จึงสรุปได้ว่าขนาดของเปลือกหอยแปรผกผันกับประสิทธิภาพการดูดซับ คือขนาดละเอียดจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ของเปลือกหอยหลังเผา หลังเผาขนาด 30 เมช ในเวลา 60 นาที

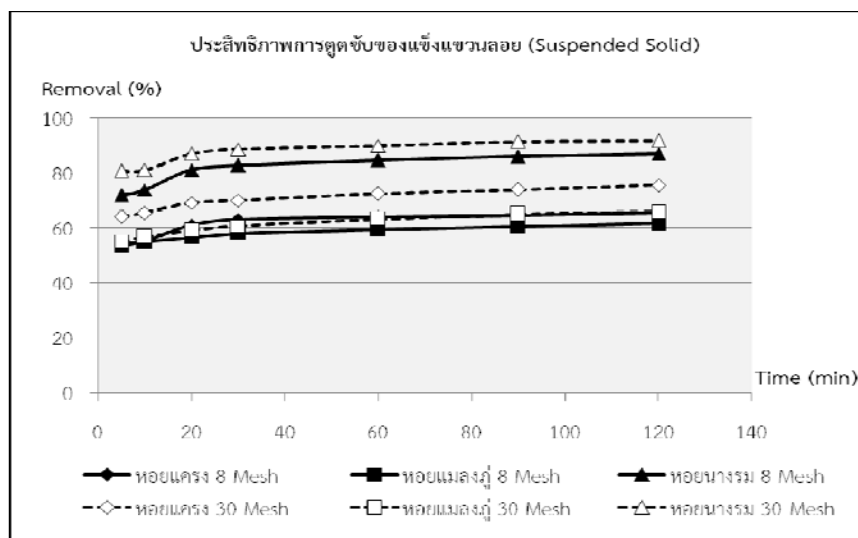
ชนิดของเปลือกหอยหลังเผา	ประสิทธิภาพการดูดซับ (%)		
	ไนโตรเจน (TKN)	ฟอสฟอรัส (P)	ของแข็งแขวนลอย (SS)
เปลือกหอยนางรม	53.88 ^a	80.00 ^a	89.67 ^a
เปลือกหอยแครง	26.41 ^b	78.79 ^a	72.35 ^b
เปลือกหอยแมลงภู่	13.69 ^c	76.36 ^b	63.14 ^c

ค่าเฉลี่ยตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดย Duncan test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.3 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย

จากการทดลองพบประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาทั้งสามชนิดด้วยขนาด 8 เมช และ 30 เมช ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถแสดงประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย ดังแสดงในภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช



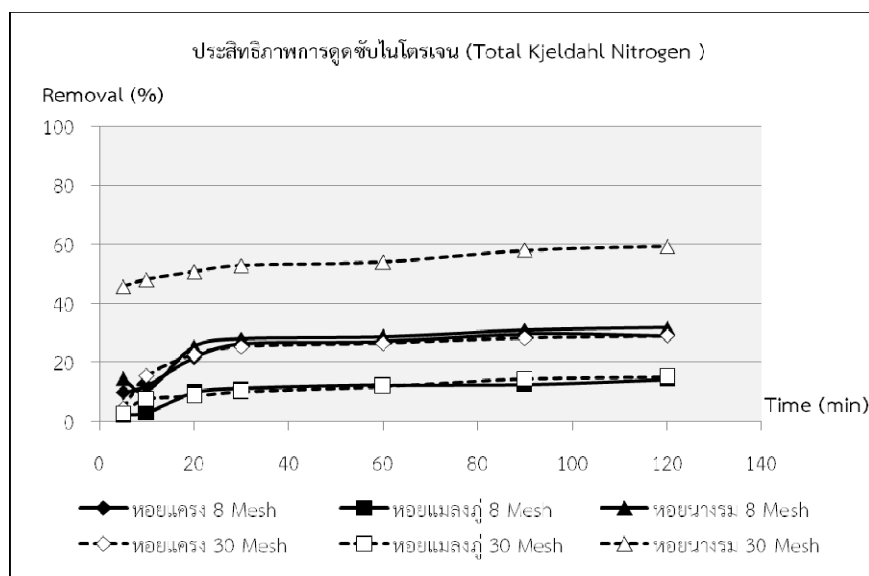
ภาพที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยของเปลือกหอยหลังเผา

จากการทดลองพบว่าเปลือกหอยหลังเผาขนาด 30 เมช ของทั้งสามชนิด มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่าเปลือกหอยขนาด 8 เมช ซึ่งแสดงว่าเปลือกหอยที่มีขนาดละเอียดจะมีรูพรุนมากกว่าสามารถดูดซับของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าเปลือกหอยขนาดหยาบที่มีรูพรุนน้อยกว่า ซึ่งเมื่อรูพรุนมีมากทำให้พื้นที่ผิวดูดซับมาก ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น (จรรยาพร, 2545) และพบว่าเวลาในการสัมผัส 60 นาที เหมาะสมที่สุดในการดูดซับ เนื่องจากเมื่อสังเกตจากผลการทดลองในภาพที่ 4.6 ประสิทธิภาพของการดูดซับเข้าสู่สภาวะคงที่มากที่สุด หากเพิ่มเวลามากขึ้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจากงานวิจัยของ อนิสา และคณะ (มปป.) ได้กล่าวว่า ประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการปั่นกววนมากขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่สมดุล และประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นอีกเมื่อมีระยะเวลาการสัมผัสมากขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่สภาวะสมดุล จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับระยะเวลาปั่นกววน ซึ่งจากงานวิจัยครั้งนี้จึงพบว่าสภาวะสมดุลคือ เวลาในการสัมผัส 60 นาที ส่วนชนิดของเปลือกหอยที่ดูดซับของแข็งแขวนลอยได้

ดีที่สุดคือ เปลือกหอยนางรม รองลงมาคือ เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยคือ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 8 เมช สามารถบำบัดได้เพียง 84.46%, 63.90% และ 59.31% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6 ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับด้วยหอยนางรมขนาด 30 เมช พบว่า ค่าฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.10-0.12 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนดคือ 0.4 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าเปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแครง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับเปลือกหอยแมลงภู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาคผนวก ข ค่าของแข็งแขวนลอยหลังการดูดซับคงเหลืออยู่ในช่วง 25-30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนดคือ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นขนาดของตัวดูดซับจึงส่งผลให้เกิดความต่างในการดูดซับอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าขนาดของเปลือกหอยส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับแปรผกผันกันคือขนาดยิ่งเล็กลงก็จะมีประสิทธิภาพการดูดซับที่ดี

4.4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน

จากการทดลองพบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาทั้งสามชนิดด้วยขนาด 8 เมช และ 30 เมช ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถแสดงประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนของเปลือกหอยหลังเผา

จากการทดลองพบว่าเปลือกหอยหลังเผาขนาด 30 เมช มีประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนได้ดีกว่าเปลือกหอยขนาด 8 เมช การดูดซับไนโตรเจนของเปลือกหอยเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลในเวลา

60 นาที ซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟในภาพที่ 4.7 เริ่มขนานกับแกน x และเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากกว่า พบว่าความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนของเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อีกทั้งพบว่า ชนิดของเปลือกหอยที่ดูดซับไนโตรเจนได้ดีที่สุดคือ เปลือกหอยนางรม รองลงมาคือ เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนคือ 53.88%, 26.41% และ 11.86% ตามลำดับ ในขณะที่ขนาด 8 เมช สามารถดูดซับได้เพียง 28.62, 26.98 และ 12.17 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.7 ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับด้วยเปลือกหอยนางรมพบค่าไนโตรเจนอยู่ในช่วง 3.20-3.80 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนดคือ 4 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าเปลือกหอยนางรม และเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาคผนวก ข

ดังนั้นจากผลการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยของเปลือกหอยหลังเผาทั้ง 3 ชนิดคือ หอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ โดยใช้ขนาดของตัวดูดซับ 2 ขนาดคือ 8 และ 30 เมช ด้วยเวลาของการดูดซับ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเปลือกหอยที่มีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีที่สุดคือ เปลือกหอยนางรม รองลงมาคือ หอยแครง และหอยแมลงภู่ ตามลำดับ ขนาดที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับคือ ขนาดละเอียด 30 เมช ประสิทธิภาพการดูดซับของเปลือกหอยเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลในเวลา 60 นาที ซึ่งสังเกตได้จากเส้นกราฟเริ่มขนานกับแกน x และเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากกว่า พบว่าความสามารถในการดูดซับของเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

ดังนั้นในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และบดละเอียดให้มีขนาด 8 และ 30 เมช พบว่าพื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุน ซึ่งเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่าเปลือกหอยแครง และหอยแมลงภู่ ขนาดประมาณ 1-2 ไมโครเมตร จึงทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมากกว่า ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดของสารดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการดูดซับ เนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของพื้นที่ผิว และอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ (จรรยาพร, 2545) ดังนั้นจึงพบว่า ขนาดเปลือกหอยละเอียดที่ 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าขนาด 8 เมช และในการทดลองได้ใช้ระดับช่วงเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและสารละลายควรจะมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 60 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับของเปลือกหอยจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุล และเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากกว่า พบว่าความสามารถในการดูดซับของเปลือกหอยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งจรรยาพร (2545)

กล่าวว่า หากใช้เวลาสัมผัสนานๆ ประสิทธิภาพการบำบัดหรือตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีความผสมโดยใช้หัวฟูเติมอากาศความปั่นกววนของของเหลวในระบบสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการดูดซับที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส 80.00%, 76.36% และ 78.79% ไนโตรเจน 53.88%, 26.41% และ 11.86% และของแข็งแขวนลอยคือ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับพบว่า ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนด จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภายต่อไป

4.5 ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm) และไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์ (Langmuir Adsorption Isotherm)

ไอโซเทอมของการดูดซับของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการเผา เมื่อใช้สมการแลงเมียร์จะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ และใช้สมการฟรุนดลิชจะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.11, 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ ซึ่งแสดงค่าคงที่ของแบบจำลองทั้งสองไอโซเทอม โดยความถูกต้องของไอโซเทอมพิจารณาจากสัมพัทธ์ (R^2) ของทั้งสองแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 4.8

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการที่ 1

$$\text{โดย} \quad q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

แบบจำลองไอโซเทอมสมการเส้นตรงของการดูดซับแบบแลงเมียร์ สามารถเขียนได้ดังสมการที่

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_o} + \frac{1}{K_L q_o C_e} \quad (2)$$

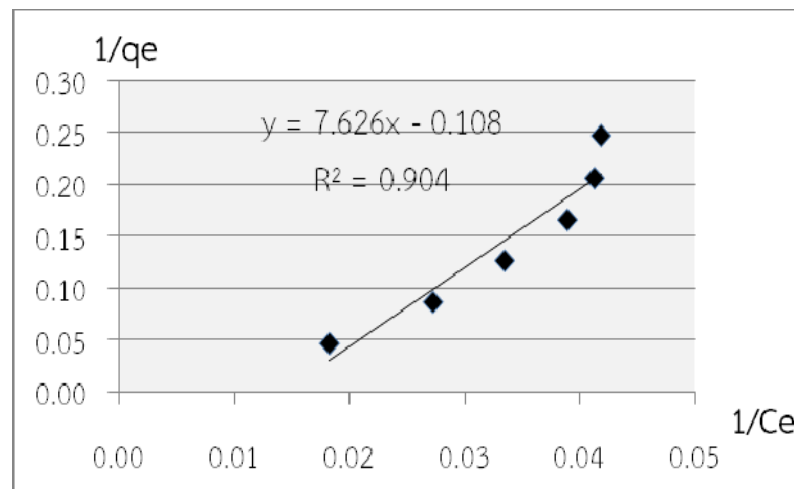
เมื่อ q_0 หมายถึง ปริมาณตั้งต้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยต่อน้ำหนักของ
เปลือกหอยหลังเผา (มิลลิกรัมต่อกรัม)

q_e หมายถึงจำนวนสารที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

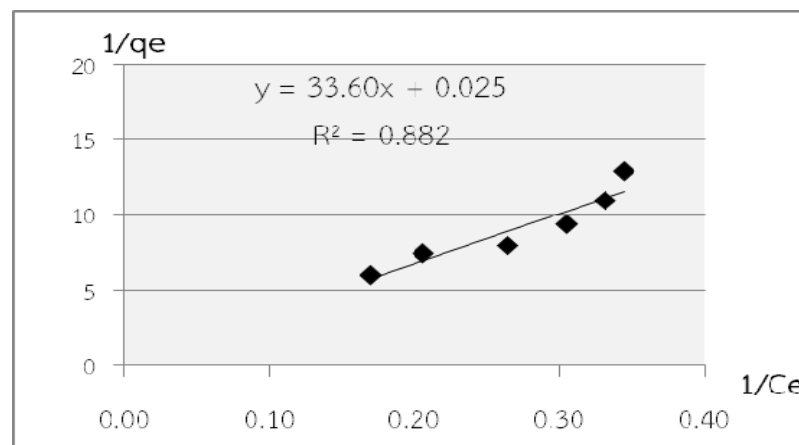
C_e หมายถึงความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของสารที่จะดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

และ K_L หมายถึง ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)

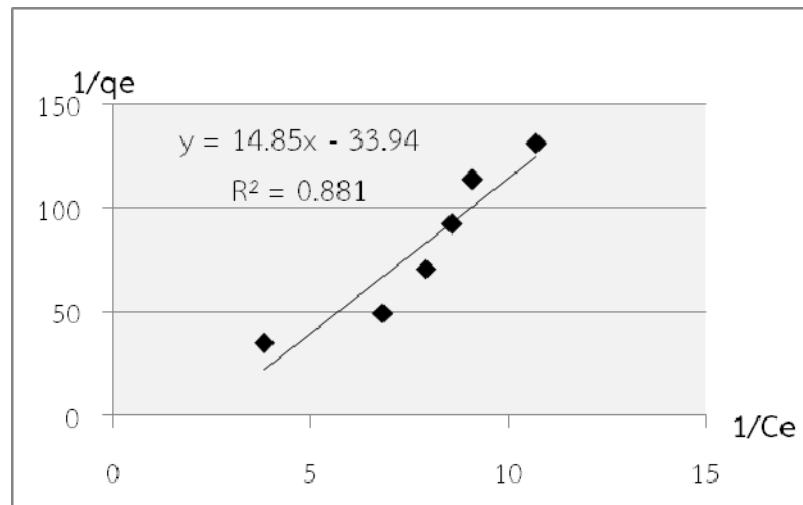
เมื่อนำข้อมูลผลของปริมาณน้ำหนักเปลือกหอยหลังเผามาเขียน ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/q_e$ กับ $1/C_e$ ควรได้กราฟเส้นตรง โดยค่า q_0 หาได้จากจุดตัดแกนตั้ง และความชันของเส้นตรงหาค่า K_L ได้



ภาพที่ 4.8 แลงเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับของแข็งแขวนลอย



ภาพที่ 4.9 แลงเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับไนโตรเจน



ภาพที่ 4.10 แลงเมียร์ไอโซเทอมของการดูดซับฟอสฟอรัส

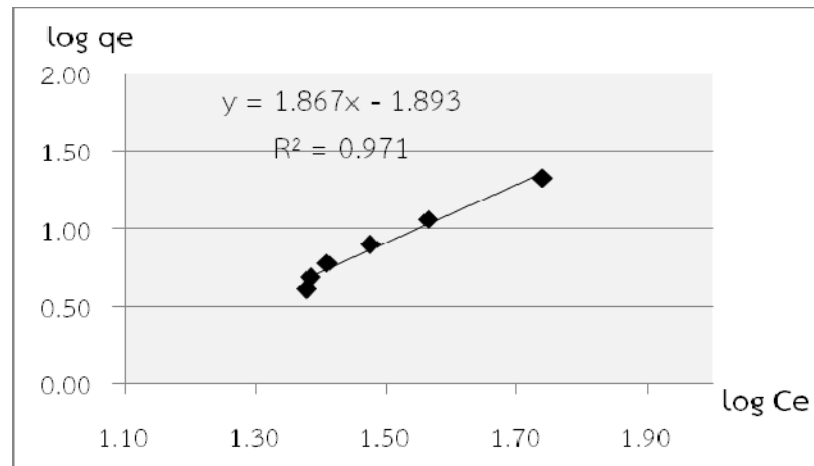
จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการที่ 3

$$\text{โดย} \quad q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (3)$$

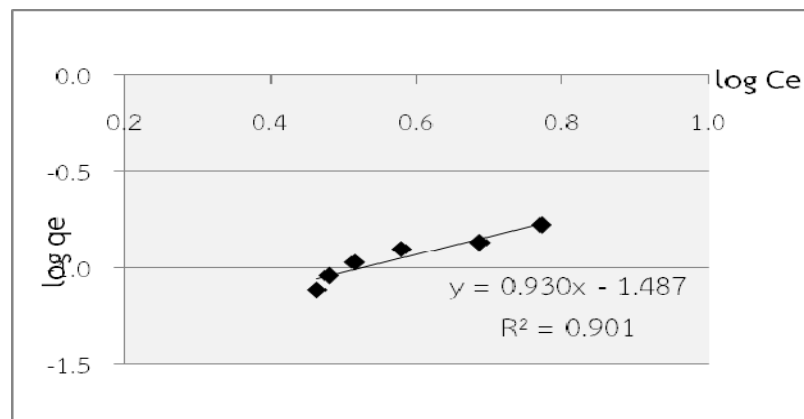
แบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการที่ 4

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (4)$$

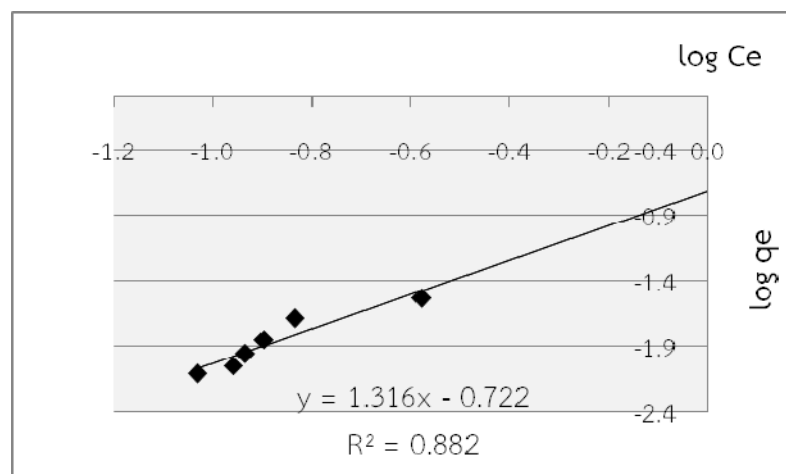
เมื่อ K_F และ n หมายถึง ค่าคงที่สมดุลของการดูดซับ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลา และปริมาณสารที่ใช้ดูดซับ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)



ภาพที่ 4.11 ฟรอนดิชไอโซเทอมของการดูดซับของแข็งแขวนลอย



ภาพที่ 4.12 ฟรอนดิชไอโซเทอมของการดูดซับไนโตรเจน



ภาพที่ 4.13 ฟรุนดิชไอโซเทอมของการดูดซับฟอสฟอรัส

จากภาพที่ 4.8-4.13 สามารถนำมาวิเคราะห์ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิช ในสภาวะคงที่ของการดูดซับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 โดยนำผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปสมการเส้นตรงที่ได้จากภาพที่ 4.8-4.13 มาใช้ในการคำนวณค่าคงที่ไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir) และ ฟรุนดิช (Freundlich) โดยใช้สูตรการคำนวณผลการทดลองคือ

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการ

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

และแบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดิช เขียนได้ดังสมการ

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

ตารางที่ 4.8 ค่าคงที่ไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir) และ ฟรุนดิช (Freundlich)

ไอโซเทอมของการดูดซับ		ของแข็งแขวนลอย	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส
แลงเมียร์ Langmuir	q_o (mg/g)	9.259	40	0.029
	K_L (L/mg)	0.014	0.001	2.286
	R^2	0.904	0.882	0.881
ฟรุนดิช Freundlich	$1/n$	1.867	0.93	1.316
	K_F (mg/g)(L/mg) $^{1/n}$	0.013	0.033	0.19
	R^2	0.971	0.901	0.882

เมื่อพิจารณาผลการทดลองโดยอธิบายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์คือ ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์และฟรุนดิช ของเปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช ในการดูดซับ ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อ 0.05 ลิตรน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ใช้เวลาในการดูดซับซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เป็ค่าที่อยู่ในสภาวะสมดุลจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับคือ 60 นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาคผนวก ค และผลการวิเคราะห์โดยใช้สมการแลงเมียร์ดังแสดงในภาพที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ และใช้สมการฟรุนดิชจะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.11, 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่า R^2 ของสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิช มีค่าเท่ากับ 0.904, 0.882 และ 0.881 และ 0.971, 0.901 และ 0.882 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่า R^2 ของไอโซเทอมแบบฟรุนดิชมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ แสดงว่าการศึกษาคั้งนี้ สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรุนดิช

4.6 ตัวอย่างการสำรวจกลุ่มธุรกิจเปลือกหอย

พบว่าในจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีธุรกิจประกอบการด้านเปลือกหอยหลายกิจการ ยกตัวอย่าง เช่นตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 กลุ่มตัวอย่างของธุรกิจประกอบการด้านเปลือกหอย

ชื่อบริษัท	ประกอบกิจการ	ที่ตั้ง	ราคาขาย บาท/กิโลกรัม
1. ฟุกเทียนสุราษฎร์ การเกษตร	ผลิตปูนขาวด้วยหินและ เปลือกหอย	62/2 หมู่ที่ 2 ต. กะแดะ อ. กาญจนดิษฐ์	1.30-2.00
2. รุ่งเจริญวรรณ	เผาเปลือกหอยทำปูนขาว และบดเปลือกหอยผสม อาหารสัตว์เช่น ไก่ เป็ด หมู นก	ม.2 ต. บางกุ้ง อ.เมือง	1.50-2.00
3. ทักษิณวัฒน์หอย ปูนอุตสาหกรรม	บดเปลือกหอยปูน	29 ม.5 สายบ้านล่าง-โพธิ์ หวาย ต.บางกุ้ง อ.เมือง	1.30-2.00

ดังนั้นหากกลุ่มธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้งจำเป็นต้องใช้เปลือกหอยที่ผ่านการเผาและบดละเอียดก็สามารถมีแหล่งผลิตที่สะดวกในการซื้อวัตถุดิบ เพื่อนำไปใช้ในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้ได้มาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนด ก่อนปล่อยออกสู่สาธารณะ

4.7 การสำรวจกลุ่มธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง

จากผลการสุ่มสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งจำนวน 20 ตัวอย่าง ซึ่งพบว่าเป็นกลุ่มธุรกิจขนาดครัวเรือนจำนวน 16 แห่ง และสหกรณ์จำนวน 4 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 จำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งที่ได้ทำการสำรวจ 20 ตัวอย่าง

ลำดับที่	ชื่อสถานประกอบการ	กิจการประเภท	ที่ตั้ง	ผู้ประกอบการ
1	-	ครัวเรือน	66/2 ม.5 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	นายประภัทร แก้วปาน
2	-	ครัวเรือน	83/2 ม.5 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณศิริพร พูลผล
3	-	ครัวเรือน	45/2 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณชุติมา หิตอนันต์
4	-	ครัวเรือน	82/1 ม.2 ต.ท่าเคย อ.ท่าฉาง	นายไพโรจน์ ทับทอง
5	-	ครัวเรือน	40 ม.4 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	นายวิโรจน์ ประดิษฐ์ศรี
6	-	ครัวเรือน	48 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณจิรภรณ์ เทื่องใหม่
7	-	ครัวเรือน	24 ม.7 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณประสานสุข แก้วพิชัย
8	-	ครัวเรือน	66 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณประไพ พุดเอียง
9	-	ครัวเรือน	58 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณประภาพร แก้วอนันต์
10	-	ครัวเรือน	38 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณธวัชชัย ทิพย์บรรพต
11	-	ครัวเรือน	10/1 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณบรรจบ อภิรัก
12	-	ครัวเรือน	3 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณวรรณดา ฉิมชูทอง
13	-	ครัวเรือน	22/1 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณศักดา ชมพูแดง
14	-	ครัวเรือน	1 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณอานวย ชุติธรรม
15	-	ครัวเรือน	36/1 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณสายไหม เทพพิพิธ
16	-	ครัวเรือน	71 ม.3 ต.ลีเล็ด อ.พุนพิน	คุณจ่านงค์ เล็กจริง
17	ชัยชนะฟาร์ม	กลุ่มสหกรณ์	ต. พลายวาส อ.กาญจนดิษฐ์	คุณธิตติกรณ์ โสมานุสรณ์
18	ฟาร์มเอราวัณ3	กลุ่มสหกรณ์	ต. พลายวาส อ.กาญจนดิษฐ์	นายธีรพงษ์ บุญสอน
19	เนษฏนนท์ฟาร์ม	กลุ่มสหกรณ์	ต. พลายวาส อ.กาญจนดิษฐ์	นายสันติ ตุ่มแก้ว
20	ฟาร์มธนากร	กลุ่มสหกรณ์	ต. พลายวาส อ.กาญจนดิษฐ์	นายวัชรระ พันภัย

จากการสำรวจพื้นที่กลุ่มประกอบการเลี้ยงกุ้งโดยใช้แบบสำรวจ ดังแสดงในภาคผนวก ก พบว่า ส่วนมากบริเวณ อ.กาญจนดิษฐ์ เป็นธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้งระดับสหกรณ์ ซึ่งมีขนาดใหญ่ และได้ทำการดูแลระบบจัดการน้ำทั้งด้วยข้อกำหนดของบริษัทคู่ค้าผู้ร่วมทีมประกอบการเช่น บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) หรือบริษัทซีพี ดังนั้นจึงมีลักษณะของการบำบัดน้ำทั้งโดยยึดหลักการปฏิบัติให้เป็นไปตามบริษัทซีพีกำหนด คือใช้หลักการซื้อผลิตภัณฑ์ของบริษัทมาช่วยในการจัดการเช่น จุลินทรีย์สำหรับกำจัดพาหะในบ่อกุ้ง หรือสำหรับลดปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ

ของแข็งแขวนลอย เพราะบริษัทต้องการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยตัวเองเช่น ความแข็งแรง และขนาดของกึ่ง ให้มีขนาดตามที่บริษัทต้องการ เพื่อจะได้คุณภาพที่เป็นมาตรฐานเดียวกันไปแข่งขันกับคู่แข่งทางการค้าได้ แต่ด่าบลีเล็ด อ.พนพิน จากการสำรวจพบว่า ส่วนใหญ่เป็นธุรกิจระดับครัวเรือน ดังนั้นจึงมีแนวทางในการปฏิบัติเพื่อจัดการกับปัญหาของน้ำทิ้งได้น้อย ทำให้เกิดปัญหาของธุรกิจประกอบการบ่อยครั้ง ไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งไม่ผ่านมาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และกึ่งมีความเสี่ยงที่จะตายเพราะคุณภาพน้ำที่มีปริมาณสารอาหารจำพวก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยมากเกินไป ซึ่งจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีความต้องการ 100% เพื่อที่จะปรับปรุงและพัฒนาระบบการบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกึ่งให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น หากมองในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกึ่งพบว่ากลุ่มผู้ประกอบการ 55.00% ไม่ทราบว่ามีการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกึ่งอีก 40.00% ทราบว่าสามารถใช้ได้แต่ไม่ได้นำมาใช้ในการกิจการ เพราะไม่แน่ใจด้านคุณภาพการใช้งานว่าจะสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ซึ่งตัวชี้วัดเหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัญหาของสถานประกอบการ แต่ก็ไม่เคยนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกึ่ง และกลุ่มตัวอย่างได้กล่าวต่อเนื่องเกี่ยวกับปัญหาของน้ำทิ้งบ่อกึ่งว่า ปัญหาส่วนใหญ่ของธุรกิจประกอบการทั้งหมดคือ ปริมาณของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง คือ 90.00%, 30.00%, และ 5.00% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในบางธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้งประสบปัญหาทั้งสามตัวชี้วัดในบ่อน้ำทิ้ง จากการสำรวจพบว่าปัญหาเหล่านี้มีการแก้ไขที่แตกต่างกันซึ่งนิยมมากที่สุดคือ การใช้จุลินทรีย์ เติบโตอากาศ และการใส่ปูนขาว คือ 85.00%, 45.00%, และ 20.00% ตามลำดับ เช่นกันบางธุรกิจประกอบการได้นำวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้มาใช้มากกว่า 1 วิธี จากการสำรวจพบว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดครัวเรือนแก้ปัญหาและบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกึ่งโดยการใช้จุลินทรีย์ ซึ่งค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 1,000 บาทต่อสัปดาห์ แต่กลุ่มผู้ประกอบการขนาดสหกรณ์จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า 10,000 บาทต่อสัปดาห์ ซึ่งจะใช้ปริมาณ 150-200 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับกลุ่มธุรกิจครัวเรือนส่วนใหญ่พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งที่ปล่อยสามารถกำจัดได้น้อยกว่า 50% เพราะไม่มีการควบคุมการบำบัดใดๆ ในขณะที่กลุ่มสหกรณ์มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำในบ่อกึ่งสูงกว่า 75% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลักการจัดการของกลุ่มครัวเรือนยังคงเป็นปัญหาสำหรับสิ่งแวดล้อม และจำเป็นจะต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

4.8 การสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกึ่ง

จากการสำรวจผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้ง ในด้านการนำเปลือกหอยมาใช้เพื่อบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกึ่ง พบผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการสำรวจความคิดเห็นต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอย จากน้ำทิ้งของบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

การบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. เปลือกหอยสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้	3.75	0.87	มาก
2. เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำบ่อกักได้ดีที่สุด	3.80	1.00	มาก
3. ขั้นตอนของการเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัดไม่ได้มีความยุ่งยาก ซับซ้อน และง่ายต่อการปฏิบัติ	3.30	0.85	ปานกลาง
4. การบำบัดโดยใช้เปลือกหอยสามารถแก้ปัญหาสภาพน้ำในบ่อกักที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้	3.85	0.80	มาก
5. การใช้เปลือกหอยถือได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการแก้ปัญหาไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยของสถานประกอบการของท่าน	3.90	0.17	มาก

เมื่อสำรวจกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างได้สอบถามกระบวนการวิเคราะห์ในแต่ละประสิทธิภาพของการดูดซับ ไม่ว่าจะเป็นด้านการดูดซับไนโตรเจน ของแข็งแขวนลอย และฟอสฟอรัส ในแต่ละขนาดของเปลือกหอยคือ 8 และ 30 เมช ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้สอบถามเกี่ยวกับลักษณะการดูดซับ ผลการดูดซับ ความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างหลังดูดซับ จากการชี้แจงผลการทดลองของการดูดซับที่ได้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปภาพที่บ่งบอกลักษณะรูพรุนของเปลือกหอย และชี้แจงตารางผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการดูดซับ ในลักษณะเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับ พร้อมอธิบายลักษณะการดูดซับว่า หากรูพรุนของตัวดูดซับที่ใช้มีขนาดมาก ประสิทธิภาพการดูดซับก็จะมากขึ้นกัน หลังร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลองแล้วกลุ่มตัวอย่างจึงเห็นด้วยมากกับประเด็นที่ว่า เปลือกหอยสามารถดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ อีกทั้งการบำบัดโดยใช้

เปลือกหอยสามารถแก้ปัญหา น้ำทิ้งบ่อกักที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ โดยเฉพาะเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกักได้ดีที่สุด และมีความคิดเห็นว่าการใช้เปลือกหอยถือได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการแก้ปัญหาไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ของสถานประกอบการกลุ่มดังกล่าว แต่สำหรับขั้นตอนของการเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัด กลุ่มตัวอย่างคิดเห็นปานกลางเนื่องจาก ขั้นตอนการเผาจะเกิดปัญหาหากไม่มีเตาเผาเป็นของตัวเอง ซึ่งจะส่งผลให้ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน

4.9 การสำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งต่อการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

จากการสำรวจผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้ง ในด้านการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ พบผลการสำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการสำรวจความคิดเห็นต่อการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

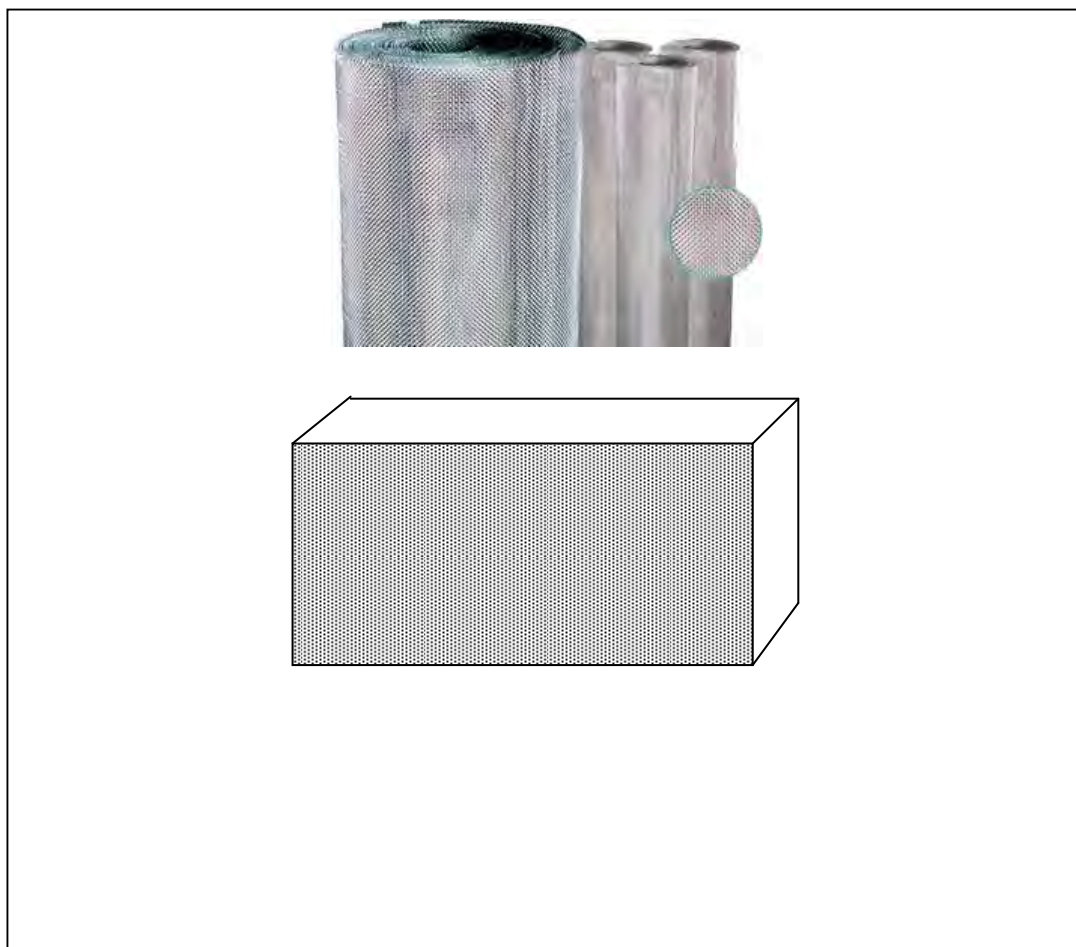
การบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีเศษเปลือกหอยนางรมในปริมาณมาก	4.90	3.25	ปานกลาง
2. ปัจจุบันประชาชนไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์จากเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งเท่าที่ควร	4.35	1.03	มาก
3. เศษเปลือกหอย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักได้ดี	3.80	1.00	มาก
4. ปัจจุบันสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง	3.30	0.78	มาก
5. การใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมที่ดี	4.35	1.02	มาก
6. การนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักจัดได้ว่าเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมีประโยชน์	4.50	1.30	มาก

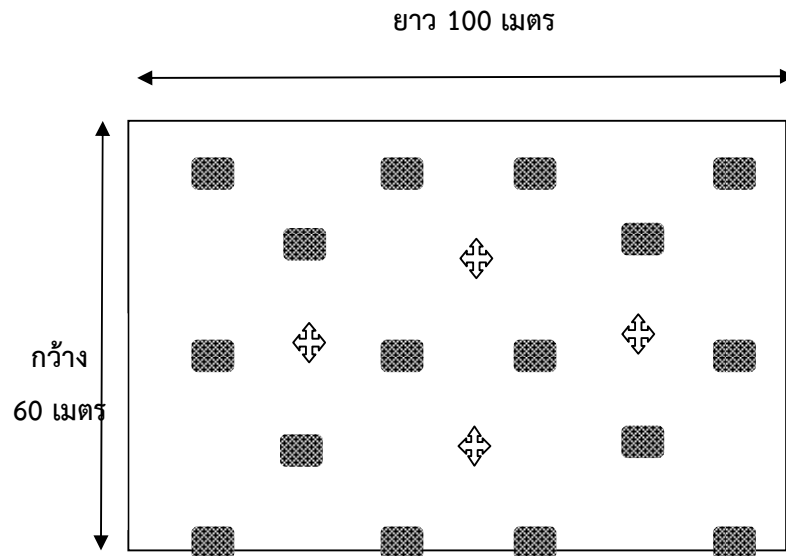
จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างพบว่า เศษเปลือกหอยนางรมในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีปริมาณมาก แต่ระบุต่ออีกว่าส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยกลุ่มธุรกิจเอกชน เพื่อการผลิตปูนขาว ซึ่งหมายความว่ายังคงมีส่วนที่เหลือ ที่ยังเป็นปัญหาการเหลือทิ้งอีก แต่เมื่อก้าวถึงประโยชน์จากเศษเปลือกหอยเหลือทิ้ง กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยมากกว่า ปัจจุบันประชาชนไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์ของเปลือกหอยเท่าที่ควร และเห็นด้วยมากเมื่อได้รับข้อมูลจากงานวิจัยชิ้นนี้ว่าเปลือกหอยสามารถบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ อีกทั้งหากมีความต้องการใช้เปลือกหอยกลุ่มตัวอย่างก็สามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง อีกทั้งการใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลสุขภาพสภาพแวดล้อมที่ดี และหากมีการนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งจัดได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

4.10 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้ในกลุ่มธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง

ในการนำไปใช้ในกลุ่มธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากหลักการออกแบบครั้งนี้เป็นการออกแบบระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการจริงจะต้องมีการปรับระดับที่เหมาะสมกับขนาดของบ่อกุ้ง ซึ่งในการออกแบบระบบของการเก็บกักตัวดูดซับจำเป็นจะต้องมีขนาดที่ใหญ่กว่าเดิม ในกรณีนำไปประยุกต์อาจใช้กล่องซึ่งทำจากไม้แล้วห่อตัวกล่องด้วยตะแกรง เช่น ตะแกรงมุ้งลวด ซึ่งราคามุ้งลวด 25 เมตร ประมาณ 1,500 บาท ขนาดความถี่ประมาณ 1 มิลลิเมตร ซึ่งในการวางจะต้องวางตำแหน่งที่เป็นตัวแทนที่ดีในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย หรืออาจจะวางกระจายทั่วทั้งบ่อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับให้ทั่วถึง แต่อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงค่าพีเอชที่จะเกิดขึ้นด้วย ตัวอย่างการวางตะแกรง ดังแสดงในภาพที่ 4.14 และจากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองปริมาตร 500 มิลลิลิตร จะใช้ปริมาณเปลือกหอยบดละเอียดประมาณ 10 กรัม ดังนั้นในการนำไปใช้ในสถานที่จริงเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่บ่อที่ใหญ่ขึ้นก็จำเป็นจะต้องมีการปรับปริมาณตามขนาดของพื้นที่บ่อ ซึ่งจากการสำรวจบ่เลี้ยงกุ้งพบว่า ส่วนใหญ่มีความกว้าง 60 เมตร ยาว 100 เมตร และลึก 1 เมตร ดังนั้นปริมาตรน้ำที่ใช้ในบ่อกุ้งจึงมีปริมาตรเท่ากับ 6,000 ลูกบาศก์เมตร (1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ 1,000 ลิตร) จึงทำให้ทราบได้ว่าปริมาณเปลือกหอยที่นำไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจริงๆ มีปริมาณ 12×10^7 กรัม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า ลักษณะน้ำทิ้งของบ่เลี้ยงกุ้งมีค่าระดับพีเอชเท่าไร ซึ่งในสภาพของเปลือกหอยมีลักษณะเป็นต่าง ดังนั้นการเติมในปริมาณที่มากเกินไปก็สามารถส่งผลให้ค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น แล้วมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ซึ่งการดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับ เช่น หาก pH ลดลง ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่พื้นผิวตัวดูดซับ

เพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซับไออนลบเกิดขึ้นได้มาก (Ford, 1981) อีกทั้งมีการวางใบพัดเติมอากาศ ประมาณ 4 จุด เพื่อให้ใบพัดเติมอากาศเพิ่มความสามารถในการปั่นกวของของเหลวในบ่อกึ่ง หากการปั่นกวทำให้น้ำสัมผัสผิวตัวดูดซับได้มาก ก็จะทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลงและทำให้ โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว (จรรยาพร, 2545) ส่วนเวลาในการตีกวด้วยใบพัด และดูดซับด้วยเปลือกหอย จะใช้เวลาที่ศึกษาซึ่งเป็นสภาวะที่คงที่อย่างเหมาะสมคือประมาณ 60 นาที แล้วจึงยกชุดระบบการดูดซับออก (ตะแกรงเก็บกากตัวดูดซับ) เพราะหากใช้เวลามากขึ้นคือมากกว่า 60 นาที จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรืออาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงๆ ของบ่อเลี้ยงกุ้งได้ ดังแสดงในภาคผนวก จ





บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำเปลือกหอยไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียส และบดละเอียดให้มีขนาด 8 และ 30 เมช พบว่าเปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเปลือกหอยแครงมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากที่สุด และผลการตรวจวัดพื้นที่ผิว (surface area) ของเปลือกหอย พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครงมีลักษณะละเอียดรูพรุนประมาณ 0.4-0.8 ไมโครเมตร ส่วนเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่า

ประมาณ 1-2 ไมโครเมตร และเปลือกหอยแมลงภู 0.01 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุน ซึ่งเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่าเปลือกหอยแครง และหอยแมลงภู จึงทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมากกว่า ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดของสารดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการดูดซับเนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของพื้นที่ผิว และอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ ดังนั้นจึงพบว่าขนาดเปลือกหอยละเอียดที่ 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าขนาด 8 เมช

ในการทดลองได้ใช้ระดับช่วงเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ และสารละลายควรจะมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 60 นาที จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีและเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งหากใช้เวลามากขึ้นคือมากกว่า 60 นาที จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรืออาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลง ด้วยสารที่ดูดซับเข้าไปเกาะจับ ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับการดูดซับ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิของพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีคือ อยู่ในช่วงประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส จึงจัดได้ว่าเป็นค่าที่เหมาะสมในการดูดซับ และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีกวนผสมโดยใช้หัวฟู่เติมอากาศช่วยเพิ่มการปั่นกววนของของเหลวในระบบ หากการสัมผัสระหว่างของเหลวกับตัวดูดซับสูง จะทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง และโมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว จึงส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการดูดซับที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่า เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส 80.00%, 76.36% และ 78.79% ไนโตรเจน 53.88%, 26.41% และ 11.86% และของแข็งแขวนลอยได้คือ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับพบว่า ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนด จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภายต่อไป การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับด้วยสมการทางคณิตศาสตร์คือ ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์และฟรุนดิช ของเปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช ในการดูดซับของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อ 0.05 ลิตรน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ใช้เวลาในการดูดซับซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เป้นค่าที่อยู่ในสภาวะสมดุลจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับคือ 60 นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์โดยใช้สมการแลงเมียร์และฟรุนดิช พบว่าค่า R^2 ของสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิช มีค่าเท่ากับ 0.904, 0.882 และ 0.881 และ 0.971, 0.901 และ

0.882 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่า R^2 ของไอโซเทอมแบบฟรุนดิหมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ แสดงว่าการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรุนดิ

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างชี้ให้เห็นว่ามีความเห็นด้วยมากกว่าเปลือกหอยสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ โดยเฉพาะเปลือกหอยนางรม และคิดเห็นว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการแก้ปัญหาไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ของธุรกิจประกอบการเลี้ยงกุ้ง แต่อาจจะไม่สะดวกในด้านขั้นตอนการเผา ซึ่งหากไม่มีเตาเผาเป็นของตัวเองจะส่งผลให้ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน อีกทั้งมองว่าประชาชนส่วนมากไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์ของเปลือกหอยเท่าที่ควร และเห็นด้วยมากหากเปลือกหอยสามารถบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ เพราะสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง นอกจากนี้การใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลสุขภาพสภาพแวดล้อมที่ดี และหากมีการนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งจัดได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมีประโยชน์ด้วย

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2544. การจัดการและแก้ปัญหาสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- จรรยาพร พุ่มงาม. 2545. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แทนทัศน์ เพียกขุนทด. 2542. การนำวัสดุเหลือใช้มาเป็นวัสดุในระบบกรองน้ำภายในตู้เลี้ยงปลา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร). มหาวิทยาลัยมหิดล.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2545. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- มันสิน ตันทุลเวศน์. 2538. วิศวกรรมการประปาเล่ม1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โมธิณี อวปรียา. 2551. การบำบัดไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงเผา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สิริชื่น ตะนุสะ. 2543. การดูดซับตะกั่วโดยการพัฒนาตัวกลางดูดซับที่ได้จากกระดองปูและเปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อนิสา ทรัพย์นิวัตต์, มณฑล ฐานุตตมวงศ์, อรรณพ หอมจันทร์. มปป. การบำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะหนักด้วยเปลือกหอยผสมธรรมชาติ (กระช้ำ). การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารยา ประดับวงศ์, วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2549. ประสิทธิภาพการดูดซับสีจากน้ำเสียย้อมผ้าด้วยเปลือกหอยเชอร์รี่และเปลือกหอยแครง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (บศ.) 6 (1): ม.ค.-มิ.ย.
- Alkan, M., Celikcapa, S., Demirbas, O., Dogan., M. 2005. "Removal of reactive blue 221 and acid blue 62 anionic dyes from aqueous solutions by sepiolite," Dyes and Pigments. 251-259.
- Boopathy, R., Bonvillain, C., Fontenot, Q., Kilgen, M. 2007. Biological treatment of low-salinity shrimp aquaculture wastewater using sequencing batch reactor. International Biodeterioration & Biodegradation 59, 16-19.

- Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W. and Greenberg, A.E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Faust, S.D. and Aly, O.M. 1987. Adsorption Processes for Water Treatment, Butterworths, Boston, USA.
- Ford, D.L. 1981. Wastewater Characteristic and Treatment. Activated Carbon Adsorption for wastewater treatment, 1-27. Perrich J.R. eds. Fla: CRC Press, Inc.
- Hesster, J.W. 1963. Activated Carbon. New York: Chemical Publishing Company, Inc.
- Jibing, X., Yong, Q., Ejazul, I., Min, Y., Wenfeng, W. 2011. Phosphate removal from solution using powered freshwater mussel shells. Desalination.
- Sirirattanachai, S. and Thongra-a W. 1993. Impact from red tide the coastal area of Chonburi. Institute of Marine Science. Burapha University.
- Sansanayuth, P., Phadungchep, A., Ngammontha, S., Ngdngam, S., Sukasem, P., Hoshino, H., Ttabucanon, M.S., 1996. Shrimp pond effluent: pollution problems and treatment by constructed wetlands. Water Science and Technology 11, 93-98.
- Ting, C.H. 2009. Experimental assessment of adsorption of Cu^{2+} and Ni^{2+} from aqueous solution by oyster shell powder. Hazardous Materials 171, 995-1000.
- Tookwinas, T. 1992. Study treatment for improving the water quality in an intensive marine shrimp pond. Bangkok; Coastal Aquaculture Division, Department of Fisheries.
- Weber, W.J.Jr. 1981. Application of Adsorption to wastewater treatment, Industrial Water Engineering 18, 5-28.

อ้างอิงเว็บไซต์

เพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ (2554) จัดการสารประกอบไนโตรเจนในฟาร์มเลี้ยงกุ้งระบบปิด
เข้าถึงได้ที่

http://www.bionanothai.com/index.php?option=com_content&view=article&id=257:2010-11-20-02-24-58&catid=34:random-posts&Itemid=29. 4 พฤษภาคม 2554.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ค่า pH เมื่อผ่านการดูดซับด้วยเปลือกหอยหลังเผาในเวลาต่างๆ

เวลา (นาท)	หอยนางรม		หอยแครง		หอยแมลงภู่		เวลา (นาท)	หอยนางรม		หอยแครง		หอยแมลงภู่	
	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)		8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)
	pH	pH	pH	pH	pH	pH		pH	pH	pH	pH	pH	pH
5	8.07	8.05	8.07	8.07	8.07	8.06	30	8.35	8.61	8.31	8.29	8.27	8.29
	8.03	8.21	8.12	8.23	8.04	8.25		8.41	8.7	8.38	8.41	8.34	8.26
	8.13	8.32	8.2	8.21	8.13	8.14		8.39	8.46	8.42	8.35	8.43	8.25
ค่าเฉลี่ย	8.08	8.19	8.13	8.17	8.08	8.15	ค่าเฉลี่ย	8.38	8.59	8.37	8.35	8.35	8.27
SD	0.05	0.14	0.07	0.09	0.05	0.10	SD	0.03	0.12	0.06	0.06	0.08	0.02
10	8.18	8.5	8.16	8.25	8.14	8.22	60	8.28	8.61	8.3	8.26	8.25	8.24
	8.2	8.34	8.34	8.32	8.21	8.3		8.37	8.63	8.32	8.32	8.28	8.36
	8.29	8.53	8.23	8.25	8.23	8.25		8.38	8.56	8.34	8.41	8.37	8.35
ค่าเฉลี่ย	8.22	8.46	8.24	8.27	8.19	8.26	ค่าเฉลี่ย	8.34	8.60	8.32	8.33	8.30	8.32
SD	0.06	0.10	0.09	0.04	0.05	0.06	SD	0.06	0.04	0.02	0.08	0.06	0.07
20	8.35	8.62	8.31	8.3	8.26	8.29	90	8.47	8.5	8.38	8.36	8.35	8.34
	8.3	8.56	8.43	8.32	8.31	8.29		8.5	8.46	8.35	8.35	8.36	8.3
	8.26	8.65	8.3	8.26	8.34	8.27		8.48	8.62	8.4	8.32	8.36	8.35
ค่าเฉลี่ย	8.30	8.61	8.35	8.29	8.30	8.28	ค่าเฉลี่ย	8.48	8.53	8.38	8.34	8.36	8.33
SD	0.05	0.05	0.07	0.03	0.04	0.01	SD	0.02	0.08	0.03	0.02	0.01	0.03

ตารางที่ 1 ค่า pH เมื่อผ่านการดูดซับด้วยเปลือกหอยหลังเผาในเวลาต่างๆ (ต่อ)

เวลา (นาทื)	หอยนางรม		หอยแครง		หอยแมลงภู๋		เวลา (นาทื)	หอยนางรม		หอยแครง		หอยแมลงภู๋	
	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)		8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)	8 (mesh)	30 (mesh)
	pH	pH	pH	pH	pH	pH		pH	pH	pH	pH	pH	pH
120	8.5	8.59	8.4	8.37	8.35	8.28							
	8.49	8.67	8.52	8.6	8.41	8.34							
	8.51	8.66	8.4	8.52	8.45	8.41							
ค่าเฉลี่ย	8.50	8.64	8.44	8.50	8.40	8.34							
SD	0.01	0.04	0.07	0.12	0.05	0.07							

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณไนโตรเจน 7.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร)

เวลา (นาที)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)
5	6.40	15.34	3.94	47.88	6.54	13.49	6.95	8.07	7.54	0.26	7.28	3.70
	7.32	3.17	4.02	46.83	6.89	8.86	7.53	0.40	7.21	4.63	7.45	1.46
	5.68	24.87	4.35	42.46	7.05	6.75	7.21	4.63	7.42	1.85	7.31	3.31
ค่าเฉลี่ย	6.47	14.46	4.10	45.72	6.83	9.70	7.23	4.37	7.39	2.25	7.35	2.82
SD	0.82	10.87	0.22	2.87	0.26	3.45	0.29	3.84	0.17	2.21	0.09	1.20
10	6.80	10.05	3.82	49.47	6.43	14.95	5.32	29.63	7.43	1.72	6.90	8.73
	6.78	10.32	3.86	48.94	6.56	13.23	6.87	9.13	7.21	4.63	6.89	8.86
	6.75	10.71	4.12	45.50	6.94	8.20	7.01	7.28	7.38	2.38	7.20	4.76
ค่าเฉลี่ย	6.78	10.36	3.93	47.97	6.64	12.13	6.40	15.34	7.34	2.91	7.00	7.45
SD	0.03	0.33	0.16	2.15	0.27	3.51	0.94	12.41	0.12	1.53	0.18	2.33
20	5.24	30.69	3.48	53.97	5.88	22.22	5.28	30.16	6.96	7.94	6.80	10.05
	6.02	20.37	3.71	50.93	5.91	21.83	5.65	25.26	6.53	13.62	6.73	10.98
	5.68	24.87	4.01	46.96	6.01	20.50	6.64	12.17	6.98	7.67	7.21	4.63
ค่าเฉลี่ย	5.65	25.31	3.73	50.62	5.93	21.52	5.86	22.53	6.82	9.74	6.91	8.55

SD	0.39	5.17	0.27	3.52	0.07	0.90	0.70	9.30	0.25	3.36	0.26	3.43
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณไนโตรเจน 7.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาทึ่)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)
30	5.20	31.22	3.38	55.29	5.35	29.23	5.18	31.48	6.89	8.86	6.56	13.23
	5.62	25.66	3.45	54.37	5.52	26.98	5.52	26.98	6.50	14.02	6.69	11.51
	5.52	26.98	3.87	48.81	5.87	22.35	6.24	17.46	6.78	10.32	7.16	5.29
ค่าเฉลี่ย	5.45	27.95	3.57	52.82	5.58	26.19	5.65	25.31	6.72	11.07	6.80	10.01
SD	0.22	2.90	0.27	3.51	0.27	3.51	0.54	7.16	0.20	2.66	0.32	4.18
60	5.19	31.35	3.26	56.88	5.30	29.89	5.14	32.01	6.72	11.11	6.41	15.21
	5.58	26.19	3.42	54.76	5.51	27.12	5.34	29.37	6.49	14.15	6.64	12.17
	5.42	28.31	3.78	50.00	5.75	23.94	6.21	17.86	6.71	11.24	6.94	8.20
ค่าเฉลี่ย	5.40	28.62	3.49	53.88	5.52	26.98	5.56	26.41	6.64	12.17	6.66	11.86
SD	0.20	2.59	0.27	3.52	0.23	2.98	0.57	7.52	0.13	1.72	0.27	3.52
90	5.26	30.42	2.98	60.58	5.29	30.03	5.05	33.20	6.69	11.51	6.05	19.97
	5.21	31.08	3.10	58.99	5.23	30.82	5.12	32.28	6.49	14.15	6.51	13.89
	5.22	30.95	3.45	54.37	5.45	27.91	6.12	19.05	6.68	11.64	6.89	8.86

ค่าเฉลี่ย	5.23	30.82	3.18	57.98	5.32	29.59	5.43	28.17	6.62	12.43	6.48	14.24
SD	0.03	0.35	0.24	3.23	0.11	1.50	0.60	7.92	0.11	1.49	0.42	5.56

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (นำตัวอย่างที่มีปริมาณไนโตรเจน 7.56 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาท)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-N/L)	Efficiency (%)
120	5.15	31.88	2.79	63.10	5.29	30.03	5.00	33.86	6.56	13.23	6.02	20.37
	5.18	31.48	3.12	58.73	5.32	29.63	5.12	32.28	6.40	15.34	6.34	16.14
	5.14	32.01	3.32	56.08	5.51	27.12	5.98	20.90	6.52	13.76	6.92	8.47
ค่าเฉลี่ย	5.16	31.79	3.08	59.30	5.37	28.92	5.37	29.01	6.49	14.11	6.43	14.99
SD	0.02	0.28	0.27	3.54	0.12	1.58	0.53	7.07	0.08	1.10	0.46	6.03

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.55 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร)

เวลา (นาท)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)
5	0.14	74.55	0.11	80.00	0.21	61.82	0.16	70.91	0.46	16.36	0.11	80.00
	0.13	76.36	0.11	80.00	0.23	58.18	0.15	72.73	0.33	40.00	0.13	76.36
	0.14	74.55	0.12	78.18	0.24	56.36	0.17	69.09	0.28	49.09	0.12	78.18
ค่าเฉลี่ย	0.14	75.15	0.11	79.39	0.23	58.79	0.16	70.91	0.36	35.15	0.12	78.18
SD	0.01	1.05	0.01	1.05	0.02	2.78	0.01	1.82	0.09	16.89	0.01	1.82
10	0.13	76.36	0.11	80.00	0.20	63.64	0.14	74.55	0.41	25.45	0.1	81.82
	0.13	76.36	0.12	78.18	0.22	60.00	0.12	78.18	0.31	43.64	0.14	74.55
	0.12	78.18	0.12	78.18	0.21	61.82	0.14	74.55	0.34	38.18	0.15	72.73
ค่าเฉลี่ย	0.13	76.97	0.12	78.79	0.21	61.82	0.13	75.76	0.35	35.76	0.13	76.36
SD	0.01	1.05	0.01	1.05	0.01	1.82	0.01	2.10	0.05	9.33	0.03	4.81
20	0.13	76.36	0.12	78.18	0.21	61.82	0.15	72.73	0.21	61.82	0.12	78.18

	0.12	78.18	0.11	80.00	0.19	65.45	0.15	72.73	0.27	50.91	0.12	78.18
	0.13	76.36	0.11	80.00	0.20	63.64	0.12	78.18	0.28	49.09	0.11	80.00
ค่าเฉลี่ย	0.13	76.97	0.11	79.39	0.20	63.64	0.14	74.55	0.25	53.94	0.12	78.79
SD	0.01	1.05	0.01	1.05	0.01	1.82	0.02	3.15	0.04	6.88	0.01	1.05

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.55 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาที)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)
30	0.14	74.55	0.11	80.00	0.22	60.00	0.14	74.55	0.22	60.00	0.12	78.18
	0.12	78.18	0.11	80.00	0.21	61.82	0.14	74.55	0.25	54.55	0.1	81.82
	0.12	78.18	0.11	80.00	0.20	63.64	0.13	76.36	0.23	58.18	0.12	78.18
ค่าเฉลี่ย	0.13	76.97	0.11	80.00	0.21	61.82	0.14	75.15	0.23	57.58	0.11	79.39
SD	0.01	2.10	0.00	0.00	0.01	1.82	0.01	1.05	0.02	2.78	0.01	2.10
60	0.14	74.55	0.11	80.00	0.21	61.82	0.13	76.36	0.22	60.00	0.11	80.00
	0.11	80.00	0.10	81.82	0.21	61.82	0.13	76.36	0.24	56.36	0.12	78.18
	0.12	78.18	0.12	78.18	0.21	61.82	0.13	76.36	0.19	65.45	0.12	78.18
ค่าเฉลี่ย	0.12	77.58	0.11	80.00	0.21	61.82	0.13	76.36	0.22	60.61	0.12	78.79
SD	0.02	2.78	0.01	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	4.58	0.01	1.05

90	0.13	76.36	0.10	81.82	0.20	63.64	0.11	80.00	0.18	67.27	0.14	74.55
	0.13	76.36	0.12	78.18	0.20	63.64	0.12	78.18	0.19	65.45	0.13	76.36
	0.13	76.36	0.11	80.00	0.19	65.45	0.11	80.00	0.18	67.27	0.12	78.18
ค่าเฉลี่ย	0.13	76.36	0.11	80.00	0.20	64.24	0.11	79.39	0.18	66.67	0.13	76.36
SD	0.00	0.00	0.01	1.82	0.01	1.05	0.01	1.05	0.01	1.05	0.01	1.82

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (นำตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัส 0.55 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาท)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg-P/L)	Efficiency (%)
120	0.13	76.36	0.09	83.64	0.20	63.64	0.11	80.00	0.15	72.73	0.13	76.36
	0.12	78.18	0.10	81.82	0.19	65.45	0.12	78.18	0.18	67.27	0.11	80.00
	0.11	80.00	0.12	78.18	0.19	65.45	0.10	81.82	0.19	65.45	0.1	81.82
ค่าเฉลี่ย	0.12	78.18	0.10	81.21	0.19	64.85	0.11	80.00	0.17	68.48	0.11	79.39
SD	0.01	1.82	0.02	2.78	0.01	1.05	0.01	1.82	0.02	3.78	0.02	2.78

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแขวนลอย 266.67 มิลลิกรัม/ลิตร)

เวลา (นาท)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)
5	75.78	71.58	49.80	81.32	121.60	54.40	98.33	63.13	126.67	52.50	120.67	54.75
	74.15	72.19	52.04	80.49	121.34	54.50	93.32	65.01	121.98	54.26	121.01	54.62
	76.12	71.46	52.82	80.19	121.29	54.52	96.44	63.84	125.92	52.78	120.90	54.66
ค่าเฉลี่ย	75.35	71.74	51.55	80.67	121.41	54.47	96.03	63.99	124.86	53.18	120.86	54.68
SD	1.05	0.39	1.57	0.59	0.17	0.06	2.53	0.95	2.52	0.94	0.18	0.07
10	72.15	72.94	48.80	81.70	119.69	55.12	93.33	65.00	121.97	54.26	114.00	57.25
	71.40	73.23	51.45	80.71	118.89	55.42	90.12	66.21	119.53	55.18	115.53	56.68
	67.06	74.85	52.28	80.40	120.01	55.00	92.89	65.17	120.31	54.88	117.21	56.05
ค่าเฉลี่ย	70.20	73.67	50.84	80.93	119.53	55.18	92.11	65.46	120.60	54.77	115.58	56.66

SD	2.75	1.03	1.82	0.68	0.58	0.22	1.74	0.65	1.25	0.47	1.61	0.60
20	47.93	82.03	37.36	85.99	104.00	61.00	84.67	68.25	116.75	56.22	107.33	59.75
	50.16	81.19	34.68	87.00	103.33	61.25	80.35	69.87	115.65	56.63	110.67	58.50
	52.90	80.16	33.65	87.38	105.21	60.55	83.54	68.67	117.32	56.01	109.54	58.92
ค่าเฉลี่ย	50.33	81.13	35.23	86.79	104.18	60.93	82.85	68.93	116.57	56.29	109.18	59.06
SD	2.49	0.93	1.92	0.72	0.95	0.36	2.24	0.84	0.85	0.32	1.70	0.64

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแขวนลอย 266.67 มิลลิกรัม/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาทีก)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)
30	43.46	83.70	30.80	88.45	96.00	64.00	80.87	69.67	111.65	58.13	103.55	61.17
	46.46	82.58	28.84	89.19	98.66	63.00	78.56	70.54	110.36	58.62	106.98	59.88
	48.48	81.82	32.33	87.88	101.31	62.01	81.44	69.46	114.89	56.92	104.35	60.87
ค่าเฉลี่ย	46.13	82.70	30.66	88.50	98.66	63.00	80.29	69.89	112.30	57.89	104.96	60.64
SD	2.53	0.95	1.75	0.66	2.66	1.00	1.53	0.57	2.33	0.88	1.79	0.67
60	39.24	85.29	28.34	89.37	94.67	64.50	73.33	72.50	108.89	59.17	95.89	64.04
	41.94	84.27	25.29	90.52	96.21	63.92	72.56	72.79	105.98	60.26	101.41	61.97
	43.16	83.82	29.05	89.11	97.90	63.29	75.31	71.76	110.67	58.50	97.54	63.42

ค่าเฉลี่ย	41.45	84.46	27.56	89.67	96.26	63.90	73.73	72.35	108.51	59.31	98.28	63.15
SD	2.01	0.75	2.00	0.75	1.62	0.61	1.42	0.53	2.37	0.89	2.83	1.06
90	34.87	86.92	24.30	90.89	92.33	65.38	69.56	73.92	106.33	60.13	91.33	65.75
	39.22	85.29	21.40	91.98	94.32	64.63	68.89	74.17	103.68	61.12	95.76	64.09
	39.67	85.12	24.15	90.94	95.67	64.12	71.45	73.21	106.56	60.04	93.21	65.05
ค่าเฉลี่ย	37.92	85.78	23.28	91.27	94.11	64.71	69.97	73.76	105.52	60.43	93.43	64.96
SD	2.65	0.99	1.63	0.61	1.68	0.63	1.33	0.50	1.60	0.60	2.22	0.83

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผา (น้ำตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแขวนลอย 266.67 มิลลิกรัม/ลิตร) (ต่อ)

เวลา (นาที)	หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
	8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)		8 (mesh)		30 (mesh)	
	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)	Concentration (mg/L)	Efficiency (%)
120	33.24	87.54	23.40	91.22	90.67	66.00	65.67	75.38	104.33	60.88	90.83	65.94
	37.46	85.95	20.45	92.33	92.56	65.29	64.17	75.94	100.36	62.37	92.56	65.29
	35.25	86.78	23.28	91.27	93.97	64.76	66.32	75.13	103.45	61.21	91.68	65.62
ค่าเฉลี่ย	35.32	86.76	22.38	91.61	92.40	65.35	65.39	75.48	102.71	61.48	91.69	65.62
SD	2.11	0.79	1.67	0.63	1.66	0.62	1.10	0.41	2.09	0.78	0.86	0.32

ตารางที่ 1 ศึกษาการดูดซับของแข็งแขวนลอยด้วยไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir) และ ฟรุนดิช (Freundlich)

	ของแข็งแขวนลอย (SS)					C _o	C _e	V	W	q _e	แลงเมียร์ (Langmuir)		ฟรุนดิช (Freundlich)	
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	SD						1/q _e	1/C _e	log q _e	log C _e
N5g	58.14	50.24	56.32	54.90	4.14	266.67	54.90	0.50	5	21.18	0.047	0.018	1.326	1.740
N10g	31.25	40.34	38.54	36.71	4.81	266.67	36.71	0.50	10	11.50	0.087	0.027	1.061	1.565
N15g	27.86	30.32	31.43	29.87	1.83	266.67	29.87	0.50	15	7.89	0.127	0.033	0.897	1.475
N20g	26.01	24.35	26.68	25.68	1.20	266.67	25.68	0.50	20	6.02	0.166	0.039	0.780	1.410
N25g	25.32	23.43	23.89	24.21	0.99	266.67	24.21	0.50	25	4.85	0.206	0.041	0.686	1.384
N30g	24.89	23.29	23.46	23.88	0.88	266.67	23.88	0.50	30	4.05	0.247	0.042	0.607	1.378

จากการศึกษาการดูดซับจากสมการ $q_e = (C_o - C_e)(v/w)$

เมื่อ C_o = ความเข้มข้นเริ่มต้นของ SS ที่จะดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

C_e = ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของ SS หลังผ่านการดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

V = ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการดูดซับ (ลิตร)

W = น้ำหนักของตัวดูดซับ (เปลือกหอยนางรมหลังเผาขนาด 30 เมช) (กรัม)

q_e = ปริมาณ SS ที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

หมายเหตุ : ในกรณี N5g หมายถึง N คือเปลือกหอยนางรม 5g คือ ปริมาณ 5 กรัม

พบว่าค่าที่เกิดจากสมการดังกล่าวจำเป็นต้องนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบแลงเมียร์ และฟรุนดลิช

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการ

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

และแบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการ

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

ซึ่งจากนั้นจะได้กราฟสมการเส้นตรง แล้วนำไปคำนวณหาค่าคงที่ของการดูดซับแบบแลงเมียร์ จะได้ค่า q_o และ K_L และค่าคงที่ของการดูดซับแบบฟรุนดลิชจะได้ค่า $1/n$ และ K_F

ตารางที่ 2 ศึกษาการดูดซับไนโตรเจนด้วยไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir) และ ฟรุนดลิช (Freundlich)

	ไนโตรเจน (TKN)					C_o	C_e	V	W	q_e	แลงเมียร์ (Langmuir)		ฟรุนดลิช (Freundlich)	
	1	2	3	X	SD						$1/q_e$	$1/C_e$	$\log q_e$	$\log C_e$
N5g	5.88	6.01	5.79	5.89	0.11	7.56	5.89	0.50	5	0.17	6.000	0.170	-0.778	0.770
N10g	4.2	5.41	4.98	4.86	0.61	7.56	4.86	0.50	10	0.13	7.417	0.206	-0.870	0.687

N15g	3.36	4.01	4	3.79	0.37	7.56	3.79	0.50	15	0.13	7.958	0.264	-0.901	0.579
N20g	3.08	3.54	3.21	3.28	0.24	7.56	3.28	0.50	20	0.11	9.339	0.305	-0.970	0.515
N25g	3.02	3.14	2.89	3.02	0.13	7.56	3.02	0.50	25	0.09	11.005	0.331	-1.042	0.480
N30g	2.92	3.01	2.78	2.90	0.12	7.56	2.90	0.50	30	0.08	12.885	0.344	-1.110	0.463

จากการศึกษาการดูดซับจากสมการ $q_e = (C_o - C_e)(v/w)$

เมื่อ C_o = ความเข้มข้นเริ่มต้นของ TKN หลังผ่านการดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

C_e = ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของ TKN ที่จะดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

V = ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการดูดซับ (ลิตร)

W = น้ำหนักของตัวดูดซับ (เปลือกหอยนางรมหลังเผาขนาด 30 เมช) (กรัม)

q_e = ปริมาณ TKN ที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

หมายเหตุ : ในกรณี N5g หมายถึง N คือเปลือกหอยนางรม 5g คือ ปริมาณ 5 กรัม

พบว่าค่าที่เกิดจากสมการดังกล่าวจำเป็นต้องนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบแลงเมียร์ และฟรุนดิช

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการ

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

และแบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการ

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

ซึ่งจากนั้นจะได้กราฟสมการเส้นตรง แล้วนำไปคำนวณหาค่าคงที่ของการดูดซับแบบแลงเมียร์ จะได้ค่า q_o และ K_L และค่าคงที่ของการดูดซับแบบฟรุนดลิชจะได้ค่า $1/n$ และ K_F

ตารางที่ 3 ศึกษาการดูดซับฟอสฟอรัสด้วยไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแลงเมียร์ (Langmuir) และ ฟรุนดิช (Freundlich)

	ฟอสฟอรัส (P)	C_o	C_e	V	W	q_e	แลงเมียร์ (Langmuir)	ฟรุนดิช (Freundlich)
--	--------------	-------	-------	---	---	-------	----------------------	----------------------

	1	2	3	X	SD						1/q _e	1/C _e	log q _e	log C _e
N5g	0.22	0.32	0.25	0.26	0.05	0.55	0.26	0.50	5	0.03	34.884	3.797	-1.543	-0.579
N10g	0.13	0.15	0.16	0.15	0.02	0.55	0.15	0.50	10	0.02	49.587	6.818	-1.695	-0.834
N15g	0.11	0.13	0.14	0.13	0.02	0.55	0.13	0.50	15	0.01	70.866	7.895	-1.850	-0.897
N20g	0.12	0.11	0.12	0.12	0.01	0.55	0.12	0.50	20	0.01	92.308	8.571	-1.965	-0.933
N25g	0.12	0.12	0.09	0.11	0.02	0.55	0.11	0.50	25	0.01	113.636	9.091	-2.056	-0.959
N30g	0.09	0.12	0.07	0.09	0.03	0.55	0.09	0.50	30	0.01	131.387	10.714	-2.119	-1.030

จากการศึกษาการดูดซับจากสมการ $q_e = (C_0 - C_e)(v/w)$

เมื่อ C_0 = ความเข้มข้นเริ่มต้นของ P ที่จะดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

C_e = ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุลของ P หลังผ่านการดูดซับ (มิลลิกรัม/ลิตร)

V = ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการดูดซับ (ลิตร)

W = น้ำหนักของตัวดูดซับ (เปลือกหอยนางรมหลังเผาขนาด 30 เมช) (กรัม)

q_e = ปริมาณ P ที่ดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)

หมายเหตุ : ในกรณี N5g หมายถึง N คือเปลือกหอยนางรม 5g คือ ปริมาณ 5 กรัม

พบว่าค่าที่เกิดจากสมการดังกล่าวจำเป็นต้องนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบแลงเมียร์ และฟรุนดลิช

แบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ เขียนได้ดังสมการ

$$q_e = \frac{q_o K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

และแบบจำลองของไอโซเทอมสมการเส้นตรงแบบฟรุนดลิช เขียนได้ดังสมการ

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

ซึ่งจากนั้นจะได้กราฟสมการเส้นตรง แล้วนำไปคำนวณหาค่าคงที่ของการดูดซับแบบแลงเมียร์ จะได้ค่า q_o และ K_L และค่าคงที่ของการดูดซับแบบฟรุนดลิชจะได้ค่า $1/n$ และ K_F

แบบสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง

งานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งบ่อกุ้ง โดยใช้เปลือกหอยนางรมเปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งแบบดั้งเดิมและ การสอบถามความคิดเห็นต่อทางเลือกใหม่ในการบำบัดโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและธุรกิจการค้าคือ เปลือกหอยแครง นางรม และหอยแมลงภู่ ดังนั้นข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้รับจากท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งให้เป็นที่พึงพอใจสูงสุดแก่สถานประกอบการ

สามารถติดต่อสอบถามหรือขอทราบข้อมูลได้ที่

สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 272 ถ. สุราษฎร์-นาสาร ต.ขุนทะเล อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84100

โทรศัพท์ : 077-355633 ต่อ 364

website: <http://envi.sru.ac.th/>

e-mail : naamtaan_001@hotmail.com

วัตถุประสงค์ของการสำรวจ

1. เพื่อให้ทราบความต้องการใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งแบบประยุกต์ใช้เปลือกหอย
2. เพื่อเสนอแนะทางเลือกหนึ่งให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในการกำจัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย โดยการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

กรุณารอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ท่านต้องการเลือก

1.1 ชื่อสถานประกอบการ.....

ที่อยู่เลขที่.....แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....

จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

ผู้กรอกข้อมูล ชื่อ (นาย, นาง, นางสาว)นามสกุล.....

ตำแหน่งแผนก.....โทรศัพท์

โทรสารE-mailwebsite.....

1.2 สถานประกอบการที่ท่านทำงานอยู่เป็นกิจการประเภท

☐ ครั้วเรือน ☐ กลุ่มสหกรณ์.....

☐ กลุ่มOTOP ☐ อื่นๆ โปรดระบุ

1.3 สถานประกอบการของท่านส่งออกผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายยังต่างประเทศหรือไม่

☐ ส่งออก ☐ ไม่ได้ส่งออก

1.4 ท่านมีความต้องการที่จะพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกักให้มีคุณภาพดีขึ้นหรือไม่?

☐ ต้องการ ☐ ไม่ต้องการ

1.5 ท่านเคยทราบมาก่อนหรือไม่ว่า มีการนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักได้

☐ ทราบ ☐ ไม่ทราบ (ข้ามไปทำข้อ 1.7)

1.6 ถ้าท่านทราบมาก่อนแล้วท่านเคยใช้เปลือกหอยในการบำบัดหรือไม่

☐ เคย ☐ ไม่เคย

1.7 ท่านคิดว่าการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักด้วยเปลือกหอยจะมีประโยชน์ต่อท่านมากน้อยเพียงใด

☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย

ส่วนที่2 การบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักในสถานประกอบการ

คำชี้แจง : โปรดระบุเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับท่านมากที่สุด

2.1 ปัญหาหลักของน้ำทิ้งในบ่อกักคืออะไร (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ไนโตรเจน ☐ ฟอสฟอรัส

☐ ตะกอนแขวนลอย ☐ pH

- ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.2 วิธีการใดที่ใช้บำบัดน้ำจากบ่อกัก (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ☐ เต็มอากาศ ☐ ปูนขาว
- ☐ เปลือกหอย ☐ จุลินทรีย์ (ข้ามไปทำข้อ 2.7)
- ☐ อื่นๆ ระบุ..... (ข้ามไปทำข้อ 2.8)
- 2.3 ชนิดเปลือกหอยที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกัก (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ☐ หอยแครง ☐ หอยนางรม
- ☐ หอยแมลงภู่ ☐ อื่นๆ.....
- 2.4 เปลือกหอยที่ใช้ ได้มาจากแหล่งผลิตใด
- ☐ ผู้ประกอบการเตรียมเอง ☐ โรงงานชื่อ.....ที่ตั้ง.....
- ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.5 เปลือกหอยที่นำมาใช้ผ่านกระบวนการใด (เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
- ☐ สดและผ่านการบด ☐ เผาและผ่านการบด ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.6 ค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดด้วยเปลือกหอย
- ☐ ต่ำกว่า 1000 บาท ปริมาณ
- ☐ สูงกว่า 10,000 บาท ☐กิโลกรัม/วัน
- ☐ สูงกว่า 15,000 บาท ☐ลิตร/วัน
- ☐ อื่นๆ ระบุ..... ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.7 ค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดด้วยจุลินทรีย์
- ☐ ต่ำกว่า 1000 บาท ปริมาณ
- ☐ สูงกว่า 10,000 บาท ☐กิโลกรัม/วัน
- ☐ สูงกว่า 15,000 บาท ☐ลิตร/วัน
- ☐ อื่นๆ ระบุ..... ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.8 ค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดด้วย.....
- ☐ ต่ำกว่า 1000 บาท ปริมาณ
- ☐ สูงกว่า 10,000 บาท ☐กิโลกรัม/วัน
- ☐ สูงกว่า 15,000 บาท ☐ลิตร/วัน
- ☐ อื่นๆ ระบุ..... ☐ อื่นๆ ระบุ.....
- 2.9 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกักปัจจุบัน
- ☐ ต่ำกว่า 50% ☐ สูงกว่า 75% ☐ สูงกว่า 80%
- ☐ สูงกว่า 85% ☐ สูงกว่า 90%
- ☐ อื่นๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 แสดงความคิดเห็นต่อกระบวนการนำเปลือกหอยมาใช้ในการบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอย จากน้ำทิ้งของบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

คำชี้แจง : โปรดระบุเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

การบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
1. เปลือกหอยสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้					
2. เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำบ่อกักได้ดีที่สุด					
3. ขั้นตอนของการเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัดไม่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน และง่ายต่อการปฏิบัติ					
การบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)
4. การบำบัดโดยใช้เปลือกหอยสามารถแก้ปัญหาสภาพน้ำในบ่อกักที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้					
5. การใช้เปลือกหอยถือได้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีในการแก้ปัญหาไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอยของสถานประกอบการของท่าน					

ส่วนที่ 4 การนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์

คำชี้แจง : โปรดระบุเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

การนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด (5)	เห็นด้วยมาก (4)	เห็นด้วยปานกลาง (3)	เห็นด้วยน้อย (2)	ไม่เห็นด้วย (1)

1. ในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีเศษเปลือกหอยนางรมในปริมาณมาก					
2. ปัจจุบันประชาชนไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์จากเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งเท่าที่ควร					
3. เศษเปลือกหอย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ดี					
4. ปัจจุบันสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียง					
5. การใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลสุขภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี					
6. การนำเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งจัดได้ว่าเพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมีประสิทธิภาพ					

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

ท่านมีข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งด้วยเปลือกหอยอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

\\- ขอขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการทำแบบสอบถามค่ะ -//

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็งแขวนลอยจากน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรมเปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง

The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell, Mussel Shell and Cockle Shell

ผู้วิจัย: นางสาววิภารัตน์ ชัยเพชร

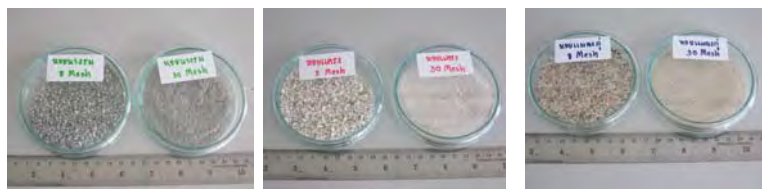
อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

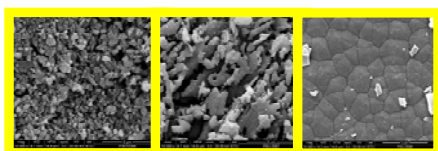
- ☐ เปลือกหอยนางรม
- ☐ เปลือกหอยแครง
- ☐ เปลือกหอยแมลงภู่
- ☐ น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง
- ☐ บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร
- ☐ ท่อPVCขนาด 1.5 นิ้ว
- ☐ Centrifuge
- ☐ ตะแกรง 8 และ 30 mesh



1. เตรียมเปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม
 - 1.1 นำเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดมาเผา 700 องศาเซลเซียส (1.5 ชั่วโมง 20 นาที 45 นาที ตามลำดับ)
 - 1.2 บดเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดและร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 8 และ 30 mesh



ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยแครงจากกล้อง
SEM กำลังขยาย 10,000 เท่า



หอยแครง หอยนางรม หอยแมลงภู่

ผลการทดลองพบว่า

- ✓ ขนาดที่เหมาะสมที่สุดคือขนาดละเอียด 30 เมช แสดงว่ายิ่งละเอียด ประสิทธิภาพในการดูดซับยิ่งดี
 - ✓ อุณหภูมิ ณ 30 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม แสดงว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง
 - ✓ เวลาดูดซับที่ 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสม แสดงว่าช่วงเวลาเริ่มต้นเปลือกหอยมีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีและจะค่อยๆ ลดลง
 - ☐ ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่คือ 90%, 83% และ 83% ตามลำดับ
 - ☐ ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่คือ 85%, 75% และ 50% ตามลำดับ
 - ☐ ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่คือ 94%, 97% และ 93% ตามลำดับ
- ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าเปลือกหอยที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส และนำไปบดละเอียดขนาด 30 เมช มีประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งไนโตรเจนได้ดี โดยเฉพาะเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย

คู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอย

ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง



จัดทำ

คู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอย

ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

โดย

นางสาววิภารัตน์ ชัยเพชร

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คำนำ

จากสภาพการณ์ในสังคมปัจจุบันพบว่า มนุษย์มีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้นดังนั้นความต้องการใช้ทรัพยากรจึงเพิ่มจำนวนสูงขึ้นอย่างไม่มีจุดจบ จึงก่อให้เกิดปัญหาที่ตามมาหลากหลายประการ ซึ่งสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือ การใช้ทรัพยากรแล้วก่อนนำมาซึ่งปริมาณขยะหรือเศษเหลือทิ้งที่มากมายอย่างยากต่อการนำไปกำจัด จึงก่อให้เกิดปัญหารบกรวน ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ในการเก็บขนไม่เพียงพอ ปัญหาความสกปรก ทัศนอุจาด หรืออื่นๆ จังหวัดสุราษฎร์ธานีก็เป็นเมืองเศรษฐกิจเมืองหนึ่งที่มีประชากรจำนวนมาก ดังนั้นเสี่ยงไม่ได้กับปัญหาการใช้ทรัพยากรแล้วก่อให้เกิดปริมาณขยะ อีกทั้งสิ่งที่เรียกว่าดึงดูดใจนักท่องเที่ยวคือ อาหารจำพวกหอย การรับประทานก็ก่อให้เกิดปริมาณเปลือกหอยเหลือทิ้งที่ยากต่อการจัดการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีในการนำเปลือกหอยมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือเพิ่มมูลค่าให้เกิดขึ้นในทางเศรษฐกิจ และเนื่องด้วยในสภาพพื้นที่ประชากรกลุ่มหนึ่งมีการทำเกษตรกรรม ด้านการเพาะเลี้ยงกุ้ง จึงแน่นอนว่าก่อให้เกิดปัญหาน้ำทิ้งที่เต็มไปด้วยสารอาหารกลุ่มไนโตรเจน ฟอสฟอรัสหรือตะกอนแขวนลอย

ผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่า เปลือกหอยสามารถกำจัดปัญหาเหล่านี้ได้ จึงได้ประยุกต์ใช้เปลือกหอยเพื่อนำมาดูดซับสาเหตุของปัญหาน้ำทิ้งที่ก่อเกิดขึ้น ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำและสาธารณะ อีกทั้งช่วยให้กลุ่มผู้ประกอบการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอีกด้วย

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
คำนำ	1
สารบัญ	2
1. บทนำ	3
2. ลักษณะน้ำทิ้งบ่อกุ้ง	5
3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้	7
4. วิธีการเตรียมชุดบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกุ้ง	7
5. วิธีการประยุกต์ใช้ในพื้นที่บ่อกุ้ง	9
6. เอกสารอ้างอิง	10

1. บทนำ

การดำรงชีวิตของประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งประกอบอาชีพประมง เนื่องด้วยสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทางทะเล ซึ่งกลุ่มธุรกิจประมงประกอบด้วยการเลี้ยงกระชังปลา และหอยเป็นสำคัญ อีกทั้งธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง จากสภาพปัจจุบันพบว่ากลุ่มธุรกิจต่างๆ เหล่านี้มีแนวโน้มในการพัฒนาสูงขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้า และกลุ่มผู้บริโภค แต่ในทางกลับกันธุรกิจเหล่านี้ก็ส่งผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกันคือ เศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากเปลือกหอยหลากหลายชนิด กองทับถมกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และส่งผลเสียในด้านมลพิษทางอากาศตามมา และปัญหาน้ำทิ้งที่เกิดจากธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งมีการ

จัดการหรือการบำบัดไม่ถูกวิธี ปัญหาสำคัญของผลกระทบจากน้ำทิ้งคือ การก่อเกิดความเสียหายของธุรกิจการเลี้ยงปลากระชัง และกระชังหอย เป็นต้น อีกทั้งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารอาหารสูงเช่น ไนโตรเจน(N), แอมโมเนีย (NH_3) และฟอสฟอรัส (P) เมื่อมีการปล่อยทิ้งจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหาร และก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน (Tookwinas, 1992) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชายฝั่งจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ความเป็นพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตได้น้ำและเกิดการสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (Sirirattanachai and Thongra-a, 1993) และด้วยเหตุผลของประกาศจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งคือ น้ำทิ้งจะต้องผ่านมาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งก่อนเท่านั้นจึงจะทิ้งได้

ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย

เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อธุรกิจกระชังปลาและหอย อีกทั้งเป็นการนำเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดแทนการปล่อยกองทิ้งอย่างไร้ประโยชน์



2. ลักษณะน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้งมีลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องคือ คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งพบว่าลักษณะของน้ำในบ่อกุ้งจะมีปริมาณของสารอนินทรีย์แขวนลอย ของแข็งแขวนลอย ค่าบีโอดี ค่าดีไอ และไนโตรเจนที่เกินค่ามาตรฐาน (Sansanayuth *et al.*, 1996) สำหรับลักษณะของน้ำทิ้งบ่อกุ้งจะ

แสดงดังตารางที่1 และตารางที่2 แสดงค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ตารางที่ 1 ลักษณะน้ำเสียจากบ่อกุ้ง

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
ซีโอดี	1201±36	mg/l
ของแข็งทั้งหมด	13.1±3.9	g/l
แอมโมเนีย	101.7±6.1	mg-N/l
ไนเตรท	33.3±1.4	mg-N/l
ไนไตรต์	260±22.7	mg-N/l
เกลือ	2.6±0.4	ppt
พีเอช	7.8±0.1	

ที่มา: Boopathy *et al.* (2007)

ตารางที่ 2 ค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

พารามิเตอร์	ค่าสูงสุด	หน่วย
-------------	-----------	-------

pH	6.5-9.0	-
BOD	20	mg/l
SS	70	mg/l
NH ₃	1.1	mg-N/l
P	0.4	mg/l
H ₂ S	0.01	mg-P/l
TN	4.0	mg-N/l

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2544)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะของน้ำทิ้งจากบ่อกักมีค่าเกินมาตรฐาน จำเป็นจะต้องมีวิธีการจัดการเพื่อลดปัญหาที่จะก่อเกิดยังสิ่งแวดล้อมหรือลดปัญหามลพิษทางน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่สามารถกระทำได้อย่างไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อนก็คือ การนำสิ่งที่มีมากในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ให้เกิดมูลค่าสูงสุด อย่างที่กล่าวมาข้างต้นว่า สิ่งเหลือใช้ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งคือ เปลือกหอย ดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะเอาเปลือกหอยมาบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก นอกจากนี้ถือได้ว่าได้นำมาใช้ประโยชน์ให้เกิดมูลค่าในทางท้องถิ่นอีกด้วย

3. วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้

3.1 ตัวดูดซับซึ่งใช้เป็นเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการเผาและบดละเอียด

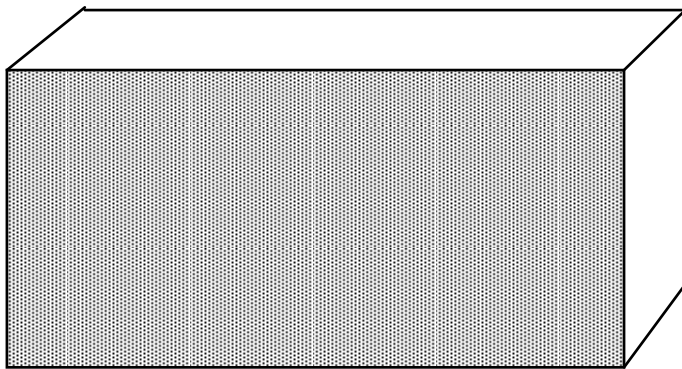
3.2 กร่องไม้สี่เหลี่ยม เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์รองรับตัวดูดซับ

3.3 มุ้งลวดสำหรับห่อหุ้มกร่องไม้ ป้องกันการหกรั่วไหลลงในก้นบ่อ และช่วยให้น้ำไหลผ่านและสัมผัสเปลือกหอยได้ง่าย

3.3 ใบพัดเติมอากาศ

4. วิธีการเตรียมชุดบำบัดน้ำทิ้งในบ่อกัก

4.1 นำกร่องไม้สี่เหลี่ยมมาห่อด้วยมุ้งลวดให้แน่น ป้องกันช่องว่าง เพื่อลดการรั่วไหล หกหล่นลงไปในก้นบ่อกัก



4.2 เติมเปลือกหอยที่เฝ้าและผ่านการบดละเอียดลงไปในกลุ่มสี่เหลี่ยมดังกล่าว ในปริมาณที่เหมาะสมโดย หากน้ำในบ่อปริมาตร 1 ลิตร ให้ใช้เปลือกหอยบด ปริมาณ 100 กรัม หากมากกว่าก็คิดเทียบบรรทัดเดียวกัน บ่อกุ้งขนาด กว้าง 60 เมตร ยาว 100 เมตร และลึก 1 เมตร เมื่อคิดปริมาตรของน้ำในบ่อพบว่ามี ปริมาตร 6,000 ลูกบาศก์เมตร

แสดงว่า จากน้ำ 1 ลิตร ใช้เปลือกหอยปริมาณ 100 กรัม

หากน้ำ 6,000 ลูกบาศก์เมตรจะใช้เปลือกหอย 6×10^8 กรัม

(น้ำ 6,000 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 6×10^6 ลิตร)

ดังนั้นจะต้องใช้เปลือกหอยจำนวน 6×10^8 กรัม/บ่อ



แต่ยังคงต้องคำนึงด้วยว่า ลักษณะของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้งมีลักษณะค่าพีเอช เป็นอย่างไร เนื่องจากการเติมในปริมาณที่มากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดค่าพีเอชเพิ่ม สูงขึ้นแล้วมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็น ขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับเช่น หาก pH ลดลงส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่พื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดขึ้นได้มาก (Ford, 1981)

5. วิธีการประยุกต์ใช้ในพื้นที่บ่อกุ้ง

5.1 นำกล่องไม้ดังกล่าวไปวางกระจาย ณ จุดต่างๆ ในบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยกระจาย จากปริมาณเปลือกหอยทั้งหมดที่แบ่งใส่ในกล่องไม้ ดังเช่น

ยาว 100 เมตร

กว้าง

60 เมตร



5.2 วางใบพัดเติมอากาศประมาณ 4 จุด เพื่อให้หัวฟู่เติมอากาศเพิ่มความปั่นป่วนของของเหลวในระบบ หากสูงก็จะทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลงและทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว (จรรยาพร, 2545)

5.3 ใช้เวลาในการตีกวนด้วยใบพัด และดูดซับด้วยเปลือกหอยประมาณ 30 นาที แล้วจึงยกชุดตัวดูดซับออก เพราะหากใช้เวลานานกว่าประสิทธิภาพการบำบัดหรือตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป

จากผลการวิจัยพบว่าการใช้เปลือกหอยในการดูดซับน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง โดยนำเปลือกหอยไปเผาแล้วบดให้มีความละเอียดจะสามารถดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ อีกทั้ง ลดปัญหาการเลื้อยทิ้งในสิ่งแวดล้อม และเป็นมลพิษต่อแหล่งน้ำในธรรมชาติได้อีกด้วย

6. อ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. การจัดการและแก้ปัญหาสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2544.

จรรยาพร พุ่มงาม. 2545. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Boopathy, R., Bonvillain, C., Fontenot, Q., Kilgen, M., 2007. Biological treatment of low-salinity shrimp aquaculture wastewater using sequencing batch reactor. International Biodeterioration & Biodegradation 59,16-19.

Ford, D.L. 1981. Wastewater Characteristic and Treatment. Activated Carbon Adsorption for wastewater treatment, 1-27. Perrich J.R. eds.Fla: CRC Press, Inc.

Sansanayuth, P., Phadungchep, A., Ngammontha, S., Ngdngam, S., Sukasem, P., Hoshino, H., Ttabucanon, M.S., 1996. Shrimp pond effluent: pollution problems and treatment by constructed wetlands. Water Science and Technology 11, 93-98.

Sirirattanachai, S. and Thongra-a W., 1993. Impact from red tide the coastal area of Chonburi. Institute of Marine Science, Burapha University.

Tookwinas, T. 1992. Study treatment for improving the water quality in an intensive marine shrimp pond. Bangkok, Coastal Aquaculture Division, Department of Fisheries.

ผลของการเตรียมเปลือกหอยสำหรับการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

Effect of Shells pretreatment for Adsorption Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent

วิภารัตน์ ชัยเพชร

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

โทร 0-7735-5633 โทรสาร 0-7735-5636 อีเมลล์ naamtaan_001@hotmail.com

Program in Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University,

Suratthani, 84100, Thailand

Tel: 0-7735-5633, Fax: 0-7735-5636, E-mail: naamtaan_001@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมเปลือกหอยเพื่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยการเตรียมเปลือกหอยด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการบดละเอียดขนาด 8 เมช และ 30 เมช ใช้เวลาในการดูดซับ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าหลังการเผาทำให้เปลือกหอยมีรูพรุนเพิ่มขึ้นซึ่งเปลือกหอยนางรม กว้างกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ คือ 1-2 , 0.4-0.8 และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อรูพรุนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้พื้นที่ผิวดูดซับมากขึ้น และเปลือกหอยที่มีขนาดเล็กสามารถดูดซับได้ดี ดังนั้นขนาดที่ดีที่สุดคือ 30 เมช โดยใช้เวลา 60 นาที จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอยเป็นดังนี้ 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ

คำสำคัญ : ดูดซับ น้ำทิ้งบ่อกุ้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย

Abstract

The objective of this research was studied of shells pretreatment for adsorption total kjeldahl nitrogen phosphorus and suspended solid from shrimp farming effluent. Shells were burned at 700 °C in 1 hour and grinded shell's size was 8 and 30 mesh, adsorption time was 5, 10, 20, 30, 60, 90 and 120 minutes at 30 °C. It was found after burning the shells were porous increased which oyster shell was bigger than cockle shell and mussel shell were 1-2, 0.4-0.8 and 0.01 micrometer respectively. When the shells were porous increased resulting surface of adsorption was increased also and smaller shells can absorb it better. So the best of size was 30 mesh and took 60 minutes. The result adsorption efficiency of phosphorus, total kjeldahl nitrogen and suspended solid found of 80.00%, 76.36% and 78.79% 53.88%, 26.41% and 11.86% 89.67%, 72.35% and 63.15% respectively.

Keywords: Adsorption, Shrimp Farming Effluent, Total Kjeldahl Nitrogen, Phosphorus, Suspended Solid

1. บทนำ

ประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งประกอบอาชีพประมง เช่น เลี้ยงปลากระชัง และหอยกระชังและธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง ปัจจุบันพบว่ามีแนวโน้มความต้องการของกลุ่มลูกค้าและผู้บริโภคสูงขึ้น แต่สิ่งสำคัญหลังจากการบริโภคก็คือ เกิดเป็นเศษวัสดุเหลือใช้อย่างเช่น เปลือกหอยหลากหลายชนิดกองทับถมกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ส่วนธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้งก็เช่นกันเกิดปัญหาบ่อยครั้งที่มาจากการปล่อยน้ำทิ้งไม่ได้มาตรฐานอัน

เนื่องมาจากการจัดการหรือการบำบัดไม่ถูกวิธี ซึ่งก่อปัญหาสำคัญที่เกิดจากน้ำทิ้งคือ การก่อเกิดความเสียหายของธุรกิจการเลี้ยงปลากระชัง หอยกระชัง และแหล่งน้ำสาธารณะ เป็นต้น อีกทั้งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารอาหารสูงเช่น ไนโตรเจน (N), แอมโมเนีย (NH_3) และฟอสฟอรัส (P) เมื่อมีการปล่อยทิ้งจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชายฝั่งจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ความเป็นพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตได้น้ำและเกิดการสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งก่อกำเนิดการเน่าเสียของน้ำเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำสาธารณะ ทั้งเป็นการนำเศษเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์แทนการปล่อยทิ้ง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลจากการเตรียมเปลือกหอยต่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง

3. วิธีการวิจัย

การทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนคือ

3.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม

3.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอย

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

3.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม

ทำการเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการบดละเอียดเพื่อผ่านตะแกรงร่อนให้ได้ขนาดเป็น 2 ส่วนคือ ขนาด 8 เมช และ 30 เมช

3.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งบ่อกุ้งจาก อ.ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง โดยทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง (น้ำเข้า)

ตัวแปร	วิธีการวิเคราะห์
pH	-
SS	Suspended Solids (SS) dried at 103-105°C

Nitrogen-TKN	Macro kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
P	Acorbic acid method

ที่มา: Eaton *et al.*, (2005)

3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอย

โดยวิเคราะห์ปริมาณ CaCO_3 และวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเปลือกหอย (โมธิณี, 2551)

ตัวแปร	เครื่องมือทดสอบ
CaCO_3	Atomic Absorption Spectrometer (AAS)
ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอย	Scanning Electron Microscope (SEM)

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย

3.4.1 เตรียมน้ำตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ชุด ใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.4.2 เติมเปลือกหอยขนาด 8 เมช ปริมาณ 10 กรัม ลงไปในหอรองรับตัวดูดซับ และขนาด 30 เมช ก็ทำเช่นกัน โดยแยกใส่บีกเกอร์ของแต่ละชนิด

3.4.3 นำน้ำตัวอย่าง 6 บีกเกอร์ (สำหรับใส่เปลือกหอยแครง 8 เมช และ 30 เมช และหอยนางรม 8 เมช และ 30 เมช และหอยแมลงภู่ 8 เมช และ 30 เมช รวมทั้งหมด 6 บีกเกอร์) ใส่ลงไปในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พร้อมวัดอุณหภูมิอีกครั้งด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (เพื่อให้ได้อุณหภูมิคงที่ 30 องศาเซลเซียส)

3.4.4 นำหอรองรับตัวดูดซับทั้ง 6 ชนิดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ใส่ลงไปในบีกเกอร์ที่วางอยู่ในอ่างน้ำ พร้อมใส่หัวฟู่เติมอากาศลงในบีกเกอร์ทั้ง 6 ชนิด (เพื่อให้เกิดการกวนผสมระหว่างน้ำตัวอย่างและตัวดูดซับ)

3.4.5 ตั้งเวลาในการดูดซับ 5 นาที

3.4.6 นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หา SS, TKN และ P ด้วยวิธีการดังแสดงในตารางที่ 1.1 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการดูดซับ

3.4.7 สำหรับเวลาในการดูดซับที่ 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 ถึงข้อ 3.4.7 ซึ่งทุกช่วงเวลาของการทดลองได้ทำซ้ำ 3 ครั้ง

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

อธิบายผลการทดลองของคุณสมบัติของน้ำทิ้งบ่อพัก ผลของขนาดตัวดูดซับและเวลาในการดูดซับ TKN, P และ SS และประสิทธิภาพของเปลือกหอยในการดูดซับ TKN, P และ SS โดยนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ ตาราง และกราฟ สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการวิจัย

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

4.1 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำทิ้งบ่อกึ่ง

จากการศึกษาน้ำทิ้งบ่อกึ่ง ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาว จาก อ.ท่าฉาง จ. สุราษฎร์ธานี พบว่าตัวอย่างน้ำเป็นน้ำเลี้ยงกุ้งที่มีอายุการเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลาประมาณ 97-103 วัน ลักษณะของน้ำมีลักษณะเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ไม่มีกลิ่น มีตะกอนสีเขียวแขวนลอยในน้ำเล็กน้อย และมีคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงลักษณะคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกึ่ง

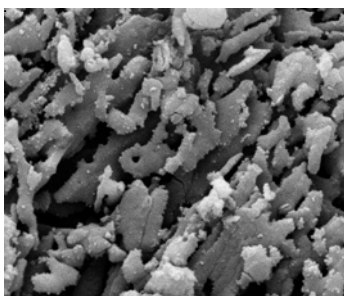
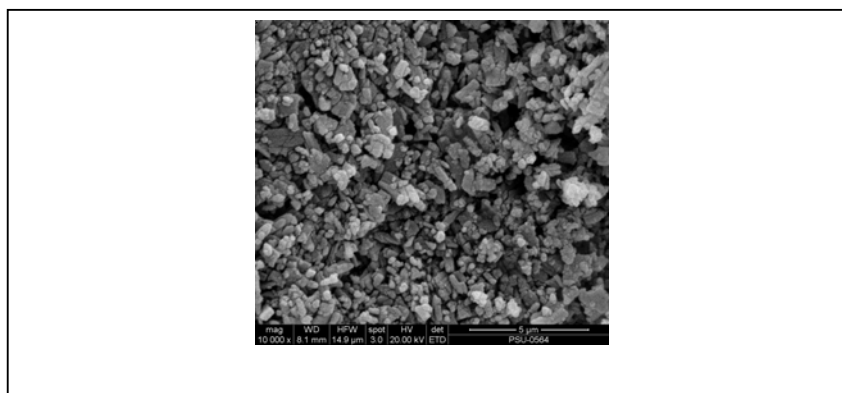
พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
pH	8.20-8.50	-
SS	70-285	mg/L
P	0.10-0.60	mg-P/L
TKN	3.00-10.00	mg-N/L

4.2 ผลการศึกษารูปร่างประกอบของเปลือกหอย

เปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS พบว่าในเปลือกหอยแต่ละชนิดมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่แตกต่างกัน โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวและขนาดรูพรุนของเปลือกหอย

ผลการตรวจวัดพื้นผิว (surface area) ของเปลือกหอยขนาด 8 เมช ทั้งสามชนิด โดยเครื่องมือ Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครงมีลักษณะละเอียด ช่องว่างระหว่างรูพรุนประมาณ 0.4-0.8 ไมโครเมตร เปลือกหอยนางรม 1-2 ไมโครเมตร และเปลือกหอยแมลงภู่พบว่าแทบจะมองไม่เห็นรูพรุนประมาณ 0.01 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ



4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผา ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

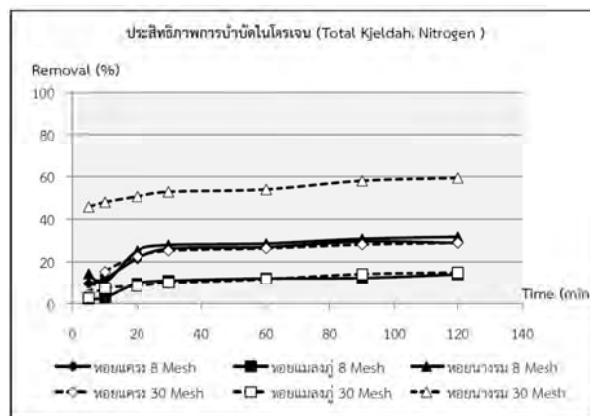
จากการนำเปลือกหอยหลังเผาไปดูดซับ TKN, P และ SS ด้วยเวลา 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงที่ของประสิทธิภาพการดูดซับคือ 60 นาที และขนาดที่ดีคือขนาด 30 เมช เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผาขนาด 30 เมช เวลา 60 นาที

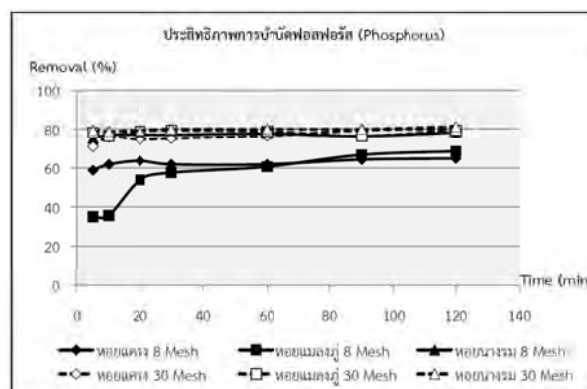
ชนิดของเปลือกหอยหลังเผา	ประสิทธิภาพการดูดซับ (%)		
	ไนโตรเจน (TKN)	ฟอสฟอรัส (P)	ของแข็งแขวนลอย (SS)
เปลือกหอยนางรม	53.88 ^a	80.00 ^a	89.67 ^a
เปลือกหอยแครง	26.41 ^b	78.79 ^a	72.35 ^b
เปลือกหอยแมลงภู่	13.69 ^c	76.36 ^b	63.14 ^c

ค่าเฉลี่ยตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดย Duncan test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

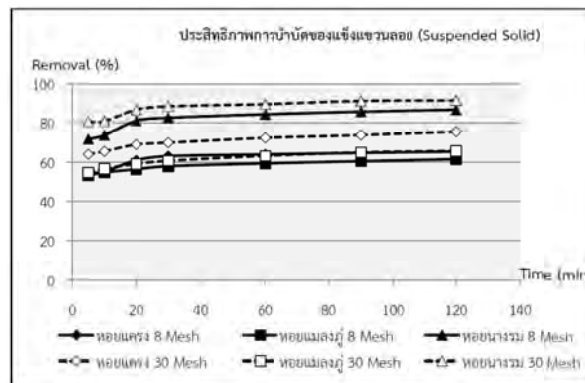
จากผลการศึกษาพบว่า เปลือกหอยขนาดละเอียด 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าขนาด 8 เมช และในการทดลองได้ใช้ระดับช่วงเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและสารละลายควรจะมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 60 นาที จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี หากนานกว่าประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีความผสมโดยใช้หัวฟุ้งเติมอากาศความปั่นป่วนของของเหลวในระบบสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว (จรรยาพร, 2545) จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการดูดซับที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่า เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย ได้คือ 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับพบว่า ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ดังแสดงในรูปภาพที่ 1.4, 1.5 และ 1.6 ตามลำดับ



รูปภาพที่ 1.4 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน



รูปภาพที่1.5 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส



รูปภาพที่1.6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ ส่วนเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หลังผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ขนาดรูพรุนของเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนกว้างกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ คือ 1-2 , 0.4-0.8 และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย พบว่า 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ดีที่สุด

6. การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถประยุกต์อุปกรณ์เพื่อออกแบบเป็นชุดตะแกรง ซึ่งประกอบด้วยวัสดุดังนี้คือ ชันไม้เพื่อสร้างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมลูกเต๋า แล้วเย็บด้วยมุ้งลวดขนาดความถี่ประมาณ 1 มิลลิเมตร รอบด้าน จากนั้นบรรจุเปลือกหอยที่ผ่านการเผาและบดละเอียดลงไป ซึ่งบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่มีความกว้าง 60 เมตร ยาว 100 เมตร และลึก 1 เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในบ่อเลี้ยงจึงมีปริมาณเท่ากับ 6,000 ลูกบาศก์เมตร (1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ 1000 ลิตร) จึงทำให้ทราบได้ว่าปริมาณเปลือกหอยที่นำไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจริงๆ มีปริมาณ 12×10^7 กรัม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าลักษณะน้ำทิ้งของบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าระดับพีเอชเป็นอย่างไร ซึ่งในสภาพของเปลือกหอยมีลักษณะเป็นด่าง ดังนั้นการเติมในปริมาณที่มากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นแล้วมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ดังนั้นการดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขี้ของพื้นผิวตัวดูดซับเช่นกัน (Ford, 1981) และในการดูดซับใช้เวลาเพียง 60 นาที และจากผลการวิจัยพบว่าระหว่าง 3 ชนิดของเปลือกหอย เปลือกหอยนางรมเหมาะสมที่สุด ดังนั้นหากเกษตรกรสนใจสามารถสร้างเตาเผาได้เองเช่น สร้างโดยใช้อิฐมอด แล้วควบคุมอุณหภูมิของเตาโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ทนต่อความร้อนได้ พร้อมทั้งหาเลือกซื้อเปลือกหอยเองเพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการผลิตครั้งนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการความร่วมมือ สกว.-มรส. ในการพัฒนางานวิจัยและการสนับสนุนงานวิจัยเชิงพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งตำบลลิเล็ด อ.พุนพิน อ. ท่าฉาง และบริษัท ทวีฟาร์ม อ. กาญจนดิษฐ์ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

จรรยาพร พุ่มงาม. 2545. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โมธิณี อวปรียา. 2551. การบำบัดไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงเผา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W. and Greenberg, A.E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.

Ford, D.L. 1981. Wastewater Characteristic and Treatment. Activated Carbon Adsorption for wastewater treatment, 1-27. Perrich J.R. eds. Fla: CRC Press, Inc.

ผลของการเตรียมเปลือกหอยสำหรับการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

Effect of Shells pretreatment for Adsorption Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent

วิภารัตน์ ชัยเพชร

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84100

โทร 0-7735-5633 โทรสาร 0-7735-5636 อีเมลล์ naamtaan_001@hotmail.com

Program in Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University,

Suratthani, 84100, Thailand

Tel: 0-7735-5633, Fax: 0-7735-5636, E-mail: naamtaan_001@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมเปลือกหอยเพื่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยการเตรียมเปลือกหอยด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการบดละเอียดขนาด 8 เมช และ 30 เมช ใช้เวลาในการดูดซับ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าหลังการเผาทำให้เปลือกหอยมีรูพรุนเพิ่มขึ้นซึ่งเปลือกหอยนางรม กว้างกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ คือ 1-2 , 0.4-0.8 และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อรูพรุนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้พื้นที่ผิวดูดซับมากขึ้น และเปลือกหอยที่มีขนาดเล็กสามารถดูดซับได้ดี ดังนั้นขนาดที่ดีที่สุดคือ 30 เมช โดยใช้เวลา 60 นาที จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอยเป็นดังนี้ 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ

คำสำคัญ : ดูดซับ น้ำทิ้งบ่อกุ้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย

Abstract

The objective of this research was studied of shells pretreatment for adsorption total kjeldahl nitrogen phosphorus and suspended solid from shrimp farming effluent. Shells were burned at 700 °C in 1 hour and grinded shell's size was 8 and 30 mesh, adsorption time was 5, 10, 20, 30, 60, 90 and 120 minutes at 30 °C. It was found after burning the shells were porous increased which oyster shell was bigger than cockle shell and mussel shell were 1-2, 0.4-0.8 and 0.01 micrometer respectively. When the shells were porous increased resulting surface of adsorption was increased also and smaller shells can absorb it better. So the best of size was 30 mesh and took 60 minutes. The result adsorption efficiency of phosphorus, total kjeldahl nitrogen and suspended solid found of 80.00%, 76.36% and 78.79% 53.88%, 26.41% and 11.86% 89.67%, 72.35% and 63.15% respectively.

Keywords: Adsorption, Shrimp Farming Effluent, Total Kjeldahl Nitrogen, Phosphorus, Suspended Solid

1. บทนำ

ประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งประกอบอาชีพประมง เช่น เลี้ยงปลากระชัง และหอยกระชังและธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง ปัจจุบันพบว่ามีแนวโน้มความต้องการของกลุ่มลูกค้าและกลุ่มผู้บริโภคสูงขึ้น แต่สิ่งสำคัญหลังจากการบริโภคก็คือ เกิดเป็นเศษวัสดุเหลือใช้อย่างเช่น เปลือกหอยหลากหลายชนิดกองทับถมกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ส่วนธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้งก็เช่นกันเกิดปัญหาบ่อยครั้งที่มาจากการปล่อยน้ำทิ้งไม่ได้มาตรฐานอัน

เนื่องมาจากการจัดการหรือการบำบัดไม่ถูกวิธี ซึ่งก่อปัญหาสำคัญที่เกิดจากน้ำทิ้งคือ การก่อเกิดความเสียหายของธุรกิจการเลี้ยงปลากระชัง หอยกระชัง และแหล่งน้ำสาธารณะ เป็นต้น อีกทั้งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารอาหารสูงเช่น ไนโตรเจน (N), แอมโมเนีย (NH_3) และฟอสฟอรัส (P) เมื่อมีการปล่อยทิ้งจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชายฝั่งจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ความเป็นพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตได้น้ำและเกิดการสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบสำคัญมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งก่อกำเนิดการเน่าเสียของน้ำเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำสาธารณะ ทั้งเป็นการนำเศษเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์แทนการปล่อยทิ้ง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลจากการเตรียมเปลือกหอยต่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง

3. วิธีการวิจัย

การทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนคือ

3.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม

3.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอย

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

3.1 เตรียมเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิดคือ เปลือกหอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม

ทำการเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการบดละเอียดเพื่อผ่านตะแกรงร่อนให้ได้ขนาดเป็น 2 ส่วนคือ ขนาด 8 เมช และ 30 เมช

3.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำทิ้งบ่อกุ้ง

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งบ่อกุ้งจาก อ.ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง โดยทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง (น้ำเข้า)

ตัวแปร	วิธีการวิเคราะห์
pH	-
SS	Suspended Solids (SS) dried at 103-105°C

Nitrogen-TKN	Macro kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)
P	Acorbic acid method

ที่มา: Eaton *et al.*, (2005)

3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกหอย

โดยวิเคราะห์ปริมาณ CaCO_3 และวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอยดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเปลือกหอย (โมธิณี, 2551)

ตัวแปร	เครื่องมือทดสอบ
CaCO_3	Atomic Absorption Spectrometer (AAS)
ลักษณะพื้นผิวของเปลือกหอย	Scanning Electron Microscope (SEM)

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอย

3.4.1 เตรียมตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร จำนวน 6 ชุด ใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

3.4.2 เติมเปลือกหอยขนาด 8 เมช ปริมาณ 10 กรัม ลงไปในหอรองรับตัวดูดซับ และขนาด 30 เมช ก็ทำเช่นกัน โดยแยกใส่บีกเกอร์ของแต่ละชนิด

3.4.3 นำตัวอย่าง 6 บีกเกอร์ (สำหรับใส่เปลือกหอยแครง 8 เมช และ 30 เมช และหอยนางรม 8 เมช และ 30 เมช และหอยแมลงภู่ 8 เมช และ 30 เมช รวมทั้งหมด 6 บีกเกอร์) ใส่ลงไปในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พร้อมวัดอุณหภูมิอีกครั้งด้วยเทอร์โมมิเตอร์ (เพื่อให้ได้อุณหภูมิคงที่ 30 องศาเซลเซียส)

3.4.4 นำหอรองรับตัวดูดซับทั้ง 6 ชนิดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ใส่ลงไปในบีกเกอร์ที่วางอยู่ในอ่างน้ำ พร้อมใส่หัวฟู่เติมอากาศลงในบีกเกอร์ทั้ง 6 ชนิด (เพื่อให้เกิดการกวนผสมระหว่างน้ำตัวอย่างและตัวดูดซับ)

3.4.5 ตั้งเวลาในการดูดซับ 5 นาที

3.4.6 นำตัวอย่างที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หา SS, TKN และ P ด้วยวิธีการดังแสดงในตารางที่ 1.1 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการดูดซับ

3.4.7 สำหรับเวลาในการดูดซับที่ 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 ถึงข้อ 3.4.7 ซึ่งทุกช่วงเวลาของการทดลองได้ทำซ้ำ 3 ครั้ง

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

อธิบายผลการทดลองของคุณสมบัติของน้ำทั้งบ่อทิ้ง ผลของขนาดตัวดูดซับและเวลาในการดูดซับ TKN, P และ SS และประสิทธิภาพของเปลือกหอยในการดูดซับ TKN, P และ SS โดยนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ร้อยละ ตาราง และกราฟ สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการวิจัย

4. ผลการวิจัยและอภิปราย

4.1 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำทิ้งบ่อกึ่ง

จากการศึกษาน้ำทิ้งบ่อกึ่ง ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งขาว จาก อ.ท่าฉาง จ. สุราษฎร์ธานี พบว่าตัวอย่างน้ำเป็นน้ำเลี้ยงกุ้งที่มีอายุการเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลาประมาณ 97-103 วัน ลักษณะของน้ำมีลักษณะเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ไม่มีกลิ่น มีตะกอนสีเขียวแขวนลอยในน้ำเล็กน้อย และมีคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงลักษณะคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อกึ่ง

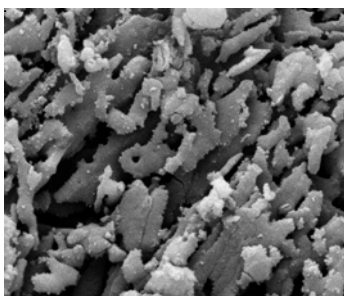
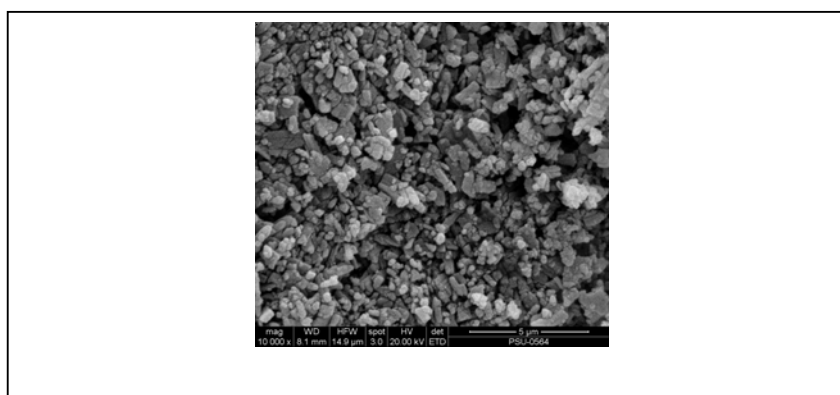
พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	หน่วย
pH	8.20-8.50	-
SS	70-285	mg/L
P	0.10-0.60	mg-P/L
TKN	3.00-10.00	mg-N/L

4.2 ผลการศึกษารูปร่างประกอบของเปลือกหอย

เปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS พบว่าในเปลือกหอยแต่ละชนิดมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่แตกต่างกัน โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4.3 ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวและขนาดรูพรุนของเปลือกหอย

ผลการตรวจวัดพื้นผิว (surface area) ของเปลือกหอยขนาด 8 เมช ทั้งสามชนิด โดยเครื่องมือ Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครงมีลักษณะละเอียด ช่องว่างระหว่างรูพรุนประมาณ 0.4-0.8 ไมโครเมตร เปลือกหอยนางรม 1-2 ไมโครเมตร และเปลือกหอยแมลงภู่พบว่าแทบจะมองไม่เห็นรูพรุนประมาณ 0.01 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1.1, 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ



4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผา ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

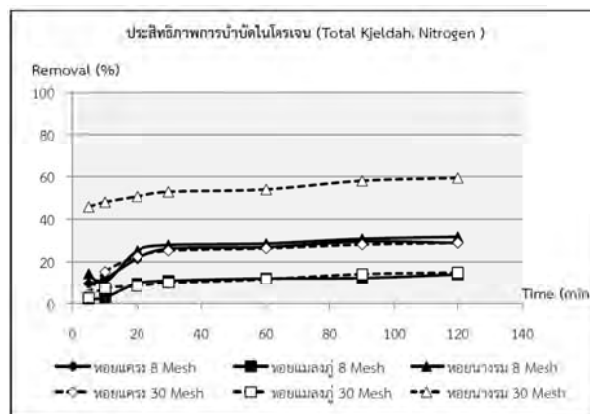
จากการนำเปลือกหอยหลังเผาไปดูดซับ TKN, P และ SS ด้วยเวลา 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาที่เข้าสู่สภาวะคงที่ของประสิทธิภาพการดูดซับคือ 60 นาที และขนาดที่ดีคือขนาด 30 เมช เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ประสิทธิภาพการดูดซับ TKN, P และ SS ของเปลือกหอยหลังเผาขนาด 30 เมช เวลา 60 นาที

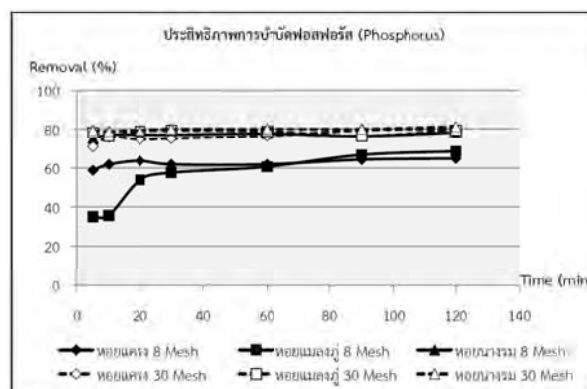
ชนิดของเปลือกหอยหลังเผา	ประสิทธิภาพการดูดซับ (%)		
	ไนโตรเจน (TKN)	ฟอสฟอรัส (P)	ของแข็งแขวนลอย (SS)
เปลือกหอยนางรม	53.88 ^a	80.00 ^a	89.67 ^a
เปลือกหอยแครง	26.41 ^b	78.79 ^a	72.35 ^b
เปลือกหอยแมลงภู่	13.69 ^c	76.36 ^b	63.14 ^c

ค่าเฉลี่ยตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบโดย Duncan test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

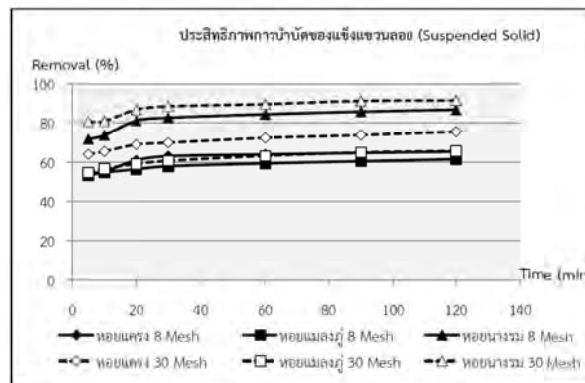
จากผลการศึกษาพบว่า เปลือกหอยขนาดละเอียด 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าขนาด 8 เมช และในการทดลองได้ใช้ระดับช่วงเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและสารละลายควรจะมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 60 นาที จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี หากนานกว่าประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีความผสมโดยใช้หัวฟุ้งเติมอากาศความปั่นป่วนของของเหลวในระบบสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว (จรรยาพร, 2545) จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการดูดซับที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่า เปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย ได้คือ 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับพบว่า ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ดังแสดงในรูปภาพที่ 1.4, 1.5 และ 1.6 ตามลำดับ



รูปภาพที่ 1.4 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน



รูปภาพที่1.5 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส



รูปภาพที่1.6 แสดงประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกหอยนางรมขนาด 30 เมช เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับ ส่วนเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หลังผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ขนาดรูพรุนของเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนกว้างกว่าเปลือกหอยแครง และเปลือกหอยแมลงภู่ คือ 1-2 , 0.4-0.8 และ 0.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอย พบว่า 80.00%, 76.36% และ 78.79% 53.88%, 26.41% และ 11.86% 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่าเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งบ่อกุ้งได้ดีที่สุด

6. การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถประยุกต์อุปกรณ์เพื่อออกแบบเป็นชุดตะแกรง ซึ่งประกอบด้วยวัสดุดังนี้คือ ชันไม้เพื่อสร้างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมลูกเต๋า แล้วเย็บด้วยมุ้งลวดขนาดความถี่ประมาณ 1 มิลลิเมตร รอบด้าน จากนั้นบรรจุเปลือกหอยที่ผ่านการเผาและบดละเอียดลงไป ซึ่งบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่มีความกว้าง 60 เมตร ยาว 100 เมตร และลึก 1 เมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในบ่อเลี้ยงจึงมีปริมาณเท่ากับ 6,000 ลูกบาศก์เมตร (1 ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ 1000 ลิตร) จึงทำให้ทราบได้ว่าปริมาณเปลือกหอยที่นำไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจริงๆ มีปริมาณ 12×10^7 กรัม แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าลักษณะน้ำทิ้งของบ่อเลี้ยงกุ้งมีค่าระดับพีเอชเป็นอย่างไร ซึ่งในสภาพของเปลือกหอยมีลักษณะเป็นด่าง ดังนั้นการเติมในปริมาณที่มากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นแล้วมีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ดังนั้นการดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขี้ของพื้นผิวตัวดูดซับเช่นกัน (Ford, 1981) และในการดูดซับใช้เวลาเพียง 60 นาที และจากผลการวิจัยพบว่าระหว่าง 3 ชนิดของเปลือกหอย เปลือกหอยนางรมเหมาะสมที่สุด ดังนั้นหากเกษตรกรสนใจสามารถสร้างเตาเผาได้เองเช่น สร้างโดยใช้อิฐมอด แล้วควบคุมอุณหภูมิของเตาโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่ทนต่อความร้อนได้ พร้อมทั้งหาเลือกซื้อเปลือกหอยเองเพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการผลิตครั้งนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการความร่วมมือ สกว.-มรส. ในการพัฒนางานวิจัยและการสนับสนุนงานวิจัยเชิงพื้นที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งตำบลลิเล็ด อ.พุนพิน อ. ท่าฉาง และบริษัท ทวีฟาร์ม อ. กาญจนดิษฐ์ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

จรรยาพร พุ่มงาม. 2545. การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียโดยใช้เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โมธิณี อวปรียา. 2551. การบำบัดไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้เปลือกหอยแครงเผา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหิดล.

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W. and Greenberg, A.E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.

Ford, D.L. 1981. Wastewater Characteristic and Treatment. Activated Carbon Adsorption for wastewater treatment, 1-27. Perrich J.R. eds. Fla: CRC Press, Inc.

ตารางเปรียบเทียบ output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และที่ได้จริง

Output		ในกรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่ถึง 100%) ให้ท่านระบุสาเหตุและการแก้ไขที่ท่านดำเนินการ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/ หรือจากการปรับแผน	ผลสำเร็จ (%)	
1. ศึกษาองค์ประกอบของน้ำทิ้งจากบ่อกักและและองค์ประกอบของเปลือกหอย	100%	
2. ศึกษาข้อมูลและออกแบบถังที่เหมาะสมต่อการดูดซับ TKN, P และSS	100%	
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ TKN, P และSS โดยเปลือกหอย	100%	
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเปลือกหอยในการดูดซับ TKN, P และSS ในสภาวะที่เหมาะสม	100%	
5. ศึกษาความสามารถในการดูดซับโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช (Freundlich Adsorption Isotherm)	100%	
6. วิเคราะห์/สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการวิจัย	100%	
7. จัดทำคู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอยเหลือใช้มาบำบัดน้ำทิ้งบ่อกัก	100%	

ลงนาม..........(หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)

(นางสาววิภารัตน์ ชัยเพชร)

19 กุมภาพันธ์ 2557

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการศึกษา pH และประสิทธิภาพการดูดซับ
ไนโตรเจน (TKN) ฟอสฟอรัส (P) และของแข็งแขวนลอย (SS)

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับทางสถิติ

โดยใช้ One-Way ANOVA

ภาคผนวก ค

ไอโซเทอมของการดูดซับด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ
สมการแลงเมียร์ (Langmuir) และสมการฟรุนดิช (Freundlich)

ภาคผนวก ง

แบบสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกุ้ง

ภาคผนวก จ

คู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอย

ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

ภาคผนวก ฉ

บทความสำหรับการเผยแพร่

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้
และกิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

ตารางเปรียบเทียบ output ที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และที่ได้จริง

แบบสรุปโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่	สัญญาเลขที่ RDG5520002
ชื่อโครงการ	โครงการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย จากน้ำทิ้งบ่อกุ้งโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง
	The Comparative Adsorption Efficiency of Total Kjeldahl Nitrogen Phosphorus and Suspended Solid from Shrimp Farming Effluent Using Oyster Shell, Mussel Shell and Cockle Shell
หัวหน้าโครงการวิจัย	นางสาววิภากรัตน์ ชัยเพชร
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โทรศัพท์/โทรสาร	08-6061-7694 อีเมลล์ naamtaan_001@hotmail.com
ความสำคัญ / ความเป็นมา	
การดำรงชีวิตของประชาชนจังหวัดสุราษฎร์ธานีส่วนหนึ่งประกอบอาชีพประมง เนื่องด้วยสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทางทะเล ซึ่งกลุ่มธุรกิจประมงประกอบด้วยการเลี้ยงกระชังปลา และหอยเป็นสำคัญ อีกทั้งธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง จากสภาพปัจจุบันพบว่ากลุ่มธุรกิจต่างๆ เหล่านี้มีแนวโน้มในการพัฒนาสูงขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มลูกค้าและกลุ่มผู้บริโภค แต่ในทางกลับกันธุรกิจเหล่านี้ก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกันคือ เศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากเปลือกหอยหลากหลายชนิด กองทับถมกันเป็นระยะเวลานานโดยไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และส่งผลเสียในด้านมลพิษทางอากาศตามมา และปัญหาน้ำทิ้งที่เกิดจากธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งมีการจัดการหรือการบำบัดไม่ถูกวิธี ปัญหาสำคัญของผลกระทบจากน้ำทิ้งคือ การก่อเกิดความเสียหายของธุรกิจการเลี้ยงปลากระชัง และหอยกระชัง เป็นต้น อีกทั้งน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสารอาหารสูงเช่น ไนโตรเจน(N), แอมโมเนีย (NH₃) และฟอสฟอรัส (P) เมื่อมีการปล่อยทิ้งจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและก่อให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาหร่ายเติบโตอย่างรวดเร็วส่งผลให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน (Tookwinas, 1992) ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ชายฝั่งจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ความเป็นพิษที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตใต้น้ำและเกิดการสะสมพิษในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (Sirirattanachai <i>et al.</i>, 1993) และด้วยเหตุผลของประกาศจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งคือ น้ำทิ้งจะต้องผ่านมาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งประเภทการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งก่อนเท่านั้นจึงจะทิ้งได้	
ดังนั้นจากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำทิ้งเบื้องต้นของกลุ่มธุรกิจบ่อเลี้ยงกุ้ง โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นคือ เศษเปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู่ และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) เป็นองค์ประกอบสำคัญมาใช้เป็นตัวดูดซับสิ่งที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย เพื่อลดการเกิดผลกระทบต่อธุรกิจกระชังปลาและหอย อีกทั้งเป็นการนำเปลือกหอยเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดแทนการปล่อยกองทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการ	

ดูดซับไนโตรเจนรวมฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ในน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง เช่น ขนาด เวลา และอุณหภูมิ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเปลือกหอย 3 ชนิดคือ เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง อีกทั้งเป็นการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในกลุ่มเกษตรกรท้องถิ่น

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย ในน้ำทิ้งบ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง เช่น ขนาด และเวลา
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย โดยใช้เปลือกหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครง ในสภาวะที่เหมาะสม
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในการกำจัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยด้วยเปลือกหอย
4. เพื่อศึกษาทางเลือกในการนำเศษเปลือกหอยเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกร

ผลการวิจัย

จากการทดลองนำเปลือกหอยไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียส และบดละเอียดให้มีขนาด 8 และ 30 เมช พบว่าเปลือกหอยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญคือ แคลเซียมคาร์บอเนต โดยเปลือกหอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตคือ 995.65, 989.33 และ 958.93 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเปลือกหอยแครงมีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมากที่สุด และผลการตรวจวัดพื้นผิว (surface area) ของเปลือกหอย พบว่าขนาดรูพรุนของเปลือกหอยแครงมีลักษณะละเอียดของช่องว่างระหว่างรูพรุนประมาณ 0.4-0.8 ไมโครเมตร ส่วนเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่าประมาณ 1-2 ไมโครเมตร และเปลือกหอยแมลงภู่ 0.01-0.01 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุน ซึ่งเปลือกหอยนางรมมีรูพรุนที่กว้างกว่าเปลือกหอยแครง และหอยแมลงภู่ จึงทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมากกว่าความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดของสารดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการดูดซับเนื่องจากปฏิกิริยาที่พื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของพื้นที่ผิว และอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ ดังนั้นจึงพบว่าขนาดเปลือกหอยละเอียดที่ 30 เมช จะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าขนาด 8 เมช

และในการทดลองได้ใช้ระดับช่วงเวลาในการดูดซับที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 20, 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่าเวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับและสารละลายควรจะมีเวลาเก็บกักในชั้นของสารดูดซับนานประมาณ 60 นาที จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี หากนานกว่าประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเพียงแค่น้อยเท่านั้น และตัวดูดซับก็จะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับได้น้อยลง เพราะขนาดรูพรุนค่อยๆ เล็กลงด้วยสารที่ดูดซับเข้าไป และเมื่อควบคุมอุณหภูมิของการดูดซับก็พบว่า ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงอุณหภูมิของพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส จึงมีผลทำให้การดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย มีประสิทธิภาพดีขึ้นเพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมในการดูดซับ และในกรณีของการดูดซับได้ใช้ระบบตีกววนผสมโดยใช้หัวฟุ้งเติมอากาศความปั่นป่วนของของเหลวในระบบสูง ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว จึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดี จากประสิทธิภาพการ

ดูดซับที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่า เปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพการดูดซับได้ดีกว่า เปลือกหอยแครง และ เปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งสามารถดูดซับฟอสฟอรัส 80.00%, 76.36% และ 78.79% ไนโตรเจน 53.88%, 26.41% และ 11.86% และของแข็งแขวนลอยทั้งหมดได้คือ 89.67%, 72.35% และ 63.15% ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างน้ำหลังการดูดซับพบว่า ค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานของน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งกำหนด จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใน ภายต่อไป การศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ปริมาณเปลือกหอยนางรม ที่แตกต่างกันคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อ 0.05 ลิตรน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ใช้เวลาในการดูดซับ 60 นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์โดยใช้สมการแลงเมียร์และฟรุนดลิช พบว่าค่า R^2 ของ สมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดลิช มีค่าเท่ากับ 0.904, 0.882 และ 0.881 และ 0.971, 0.901 และ 0.882 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าค่า R^2 ของไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่า ไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ แสดงว่าการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช

และเมื่อสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้เลี้ยงกุ้งพบว่า มีความรู้พื้นฐานและส่วนใหญ่รู้ว่าเปลือกหอยสามารถ บำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยได้ แต่ไม่เคยรู้ว่าเปลือกหอยนางรมมีประสิทธิภาพใน การดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอยในน้ำบ่อกุ้งได้ดีที่สุด และยังคงกล่าวอีกว่าขั้นตอนของ การเตรียมเปลือกหอยเพื่อนำมาบำบัดไม่ได้มีความยุ่งยาก ซับซ้อน อีกทั้งง่ายต่อการปฏิบัติด้วย จึงเห็นด้วย มากกับการนำเปลือกหอยมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและของแข็ง แขวนลอยของสถานประกอบการในพื้นที่ อีกทั้งจังหวัดสุราษฎร์ธานีมีเศษเปลือกหอยนางรมในปริมาณมาก และประชาชนโดยส่วนใหญ่ไม่ทราบคุณค่าและประโยชน์จากเศษเปลือกหอยจึงเกิดการปล่อยให้เหลือทิ้ง อย่างใช้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าเท่าที่ควร เป็นการดีที่จะได้นำเปลือกหอยเหลือทิ้งเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ให้ คุ้มค่า อีกทั้งปัจจุบันสามารถหาหรือรับซื้อเปลือกหอยได้ในพื้นที่ใกล้เคียงในราคา 1.30-2.00 บาทต่อ กิโลกรัม ซึ่งถือว่าราคาไม่แพงและเหมาะสมอย่างยิ่ง นอกจากนั้นในการใช้เปลือกหอยเพื่อบำบัดน้ำทิ้งบ่อ กุ้งสามารถเป็นส่วนหนึ่งในการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมที่ดี และได้เพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยอย่างมี ประโยชน์มากขึ้นด้วย

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งสามารถประยุกต์อุปกรณ์เพื่อออกแบบเป็นชุดตะแกรงเพื่อใช้ในการดูดซับในบ่อ ซึ่ง ประกอบด้วยวัสดุดังนี้คือ ไข่ไม้สร้างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมลูกเต๋า แล้วเย็บด้วยมุ้งลวดรอบด้าน จากนั้นบรรจุ เปลือกหอยบดลงไป เพื่อดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และของแข็งแขวนลอย โดยใช้เวลาดูดซับประมาณ 60 นาที ซึ่งจะมีรายละเอียดชี้แจงการนำไปใช้ประโยชน์ดังแสดงในคู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอย ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

การประชาสัมพันธ์

คู่มือแนวทางการประยุกต์ใช้เปลือกหอยในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง

Keyword : เปลือกหอย ดูดซับ น้ำทิ้งบ่อกุ้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช

หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)
N8-5	75.15	N30-5	79.39	K8-5	58.79	K30-5	70.91	M8-5	35.15	M30-5	78.18
N8-10	76.97	N30-10	78.79	K8-10	61.82	K30-10	75.76	M8-10	35.76	M30-10	76.36
N8-20	76.97	N30-20	79.39	K8-20	63.64	K30-20	74.55	M8-20	53.94	M30-20	78.79
N8-30	76.97	N30-30	80.00	K8-30	61.82	K30-30	75.15	M8-30	57.58	M30-30	79.39
N8-60	77.58	N30-60	80.00	K8-60	61.82	K30-60	76.36	M8-60	60.61	M30-60	78.79
N8-90	76.36	N30-90	80.00	K8-90	64.24	K30-90	79.39	M8-90	66.67	M30-90	76.36
N8-120	78.18	N30-120	81.21	K8-120	64.85	K30-120	80.00	M8-120	64.48	M30-120	79.39

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ N, K และ M หมายถึง เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่ผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส และตัวเลขด้านหลังสัญลักษณ์จะสื่อถึงขนาด (เมช) และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที) เช่น N8-5 หมายถึง เปลือกหอยนางรมหลังเผา ขนาด 8 เมช ดูดซับที่เวลา 5 นาที

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอยโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช

หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)
N8-5	71.74	N30-5	80.67	K8-5	54.47	K30-5	63.99	M8-5	53.18	M30-5	54.68
N8-10	73.67	N30-10	80.93	K8-10	55.18	K30-10	65.46	M8-10	54.77	M30-10	56.66
N8-20	81.13	N30-20	86.79	K8-20	60.93	K30-20	68.93	M8-20	56.29	M30-20	59.06
N8-30	82.7	N30-30	88.5	K8-30	63	K30-30	69.89	M8-30	57.89	M30-30	60.64
N8-60	84.46	N30-60	89.67	K8-60	63.9	K30-60	72.35	M8-60	59.31	M30-60	63.15
N8-90	85.78	N30-90	91.27	K8-90	64.71	K30-90	73.76	M8-90	60.43	M30-90	64.96
N8-120	86.76	N30-120	91.61	K8-120	65.35	K30-120	75.48	M8-120	61.48	M30-120	65.62

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ N, K และ M หมายถึง เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่ผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส และตัวเลขด้านหลังสัญลักษณ์จะสื่อถึงขนาด (เมช) และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที) เช่น N8-5 หมายถึง เปลือกหอยนางรมหลังเผา ขนาด 8 เมช ดูดซับที่เวลา 5 นาที

กำหนดคือ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นขนาดของตัวดูดซับจึงส่งผลให้เกิดความต่างในการดูดซับอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าขนาดของเปลือกหอยส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับแปรผกผันกันคือขนาดยิ่งเล็กลงก็จะมีประสิทธิภาพการดูดซับที่ดี

4.4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน

จากการทดลองพบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาทั้งสามชนิดด้วยขนาด 8 เมช และ 30 เมช ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถแสดงประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ดังแสดงในภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนโดยใช้เปลือกหอยหลังเผาขนาด 8 เมช และ 30 เมช

หอยนางรม				หอยแครง				หอยแมลงภู่			
ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)	ขนาด/เวลา	Efficiency (%)
N8-5	14.46	N30-5	45.72	K8-5	9.7	K30-5	4.37	M8-5	2.25	M30-5	2.82
N8-10	10.36	N30-10	47.97	K8-10	12.13	K30-10	15.34	M8-10	2.91	M30-10	7.45
N8-20	25.31	N30-20	50.62	K8-20	21.52	K30-20	22.53	M8-20	9.74	M30-20	8.55
N8-30	27.95	N30-30	52.82	K8-30	26.19	K30-30	25.31	M8-30	11.07	M30-30	10.01
N8-60	28.62	N30-60	53.88	K8-60	26.98	K30-60	26.41	M8-60	12.17	M30-60	11.86
N8-90	30.82	N30-90	57.98	K8-90	29.59	K30-90	28.17	M8-90	12.43	M30-90	14.24

N8-120	31.79	N30-120	59.3	K8-120	28.92	K30-120	29.01	M8-120	14.11	M30-120	14.99
--------	-------	---------	------	--------	-------	---------	-------	--------	-------	---------	-------

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ N, K และ M หมายถึง เปลือกหอยนางรม หอยแครง และหอยแมลงภู่ ที่ผ่านการเผา 700 องศาเซลเซียส และตัวเลขด้านหลังสัญลักษณ์จะสื่อถึงขนาด (เมช) และเวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาทื) เช่น N8-5 หมายถึง เปลือกหอยนางรมหลังเผา ขนาด 8 เมช ดูดซับที่เวลา 5 นาทื

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการดูดซับทางสถิติโดยใช้ One-Way ANOVA
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	53.8800	3.52341	2.03424	45.1274	62.6326	50.00	56.88
2	3	26.4133	7.52410	4.34404	7.7224	45.1042	17.86	32.01
3	2*	13.6900	2.14960	1.52000	-5.6234	33.0034	12.17	15.21
Total	8	33.5325	18.22178	6.44237	18.2987	48.7663	12.17	56.88

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2181.559	2	1090.780	38.226	.001
Within Groups	142.674	5	28.535		
Total	2324.233	7			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	2*	13.6900		
2	3		26.4133	
1	3			53.8800
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

หมายเหตุ : 1. * หมายถึง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพียงแค่ 2 ขั้วของการทดลอง เนื่องจากอีก 1 ค่าของการทดลองไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ เพราะช่วงค่าแตกต่างกันมากเกินไป

2. Treatment 1 คือ เปลือกหอยนางรม

Treatment 2 คือ เปลือกหอยแครง

Treatment 3 คือ เปลือกหอยแมลงภู

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการดูดซับทางสถิติโดยใช้ One-Way ANOVA

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของแข็งแขวนลอย

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	89.6667	.75036	.43322	87.8027	91.5307	89.11	90.52
2	3	72.3500	.53113	.30665	71.0306	73.6694	71.76	72.79
3	3	63.1433	1.06237	.61336	60.5043	65.7824	61.97	64.04
Total	9	75.0533	11.68367	3.89456	66.0725	84.0342	61.97	90.52

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1088.117	2	544.058	826.934	.000
Within Groups	3.948	6	.658		
Total	1092.064	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	3	63.1433		
2	3		72.3500	
1	3			89.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

หมายเหตุ : Treatment 1 คือ เปลือกหอยนางรม

Treatment 2 คือ เปลือกหอยแครง

Treatment 3 คือ เปลือกหอยแมลงภู

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการดูดซับทางสถิติโดยใช้ One-Way ANOVA

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัส

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	80.0000	1.82000	1.05078	75.4789	84.5211	78.18	81.82
2	3	76.3600	.00000	.00000	76.3600	76.3600	76.36	76.36
3	3	78.7867	1.05078	.60667	76.1764	81.3969	78.18	80.00
Total	9	78.3822	1.91845	.63948	76.9076	79.8569	76.36	81.82

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.610	2	10.305	7.000	.027
Within Groups	8.833	6	1.472		
Total	29.444	8			

Duncan

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	3	76.3600	
3	3		78.7867
1	3		80.0000
Sig.		1.000	.267

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

หมายเหตุ : Treatment 1 คือ เปลือกหอยนางรม

Treatment 2 คือ เปลือกหอยแครง

Treatment 3 คือ เปลือกหอยแมลงภู