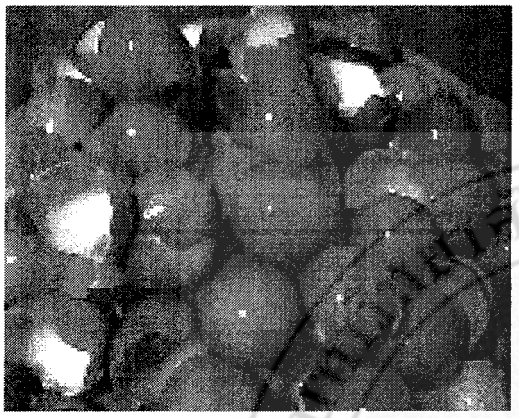
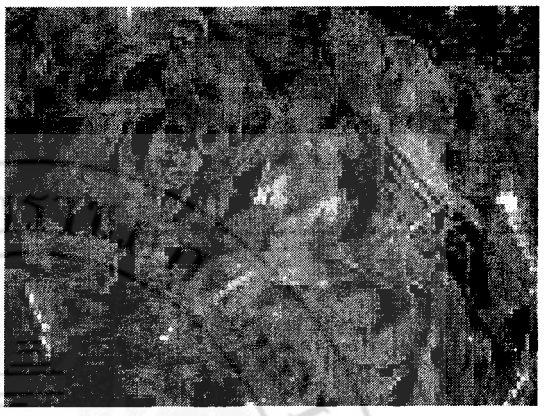
ภาคผนวก 1

ภาพประกอบการทำวิจัย

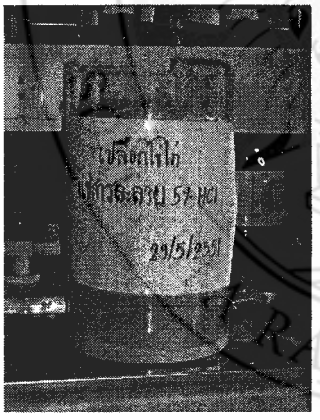


ภาพที่ 1.1 เปลือกไข่ไก่

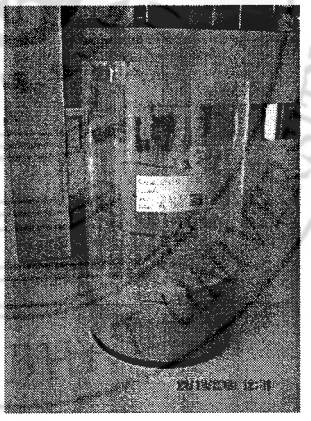


ภาพที่ 1.2 เปลือกกุ้ง

แช่สารละลาย 10% H_2O_2 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำความสะอาด กำจัดกลิ่นและสารอินทรีย์

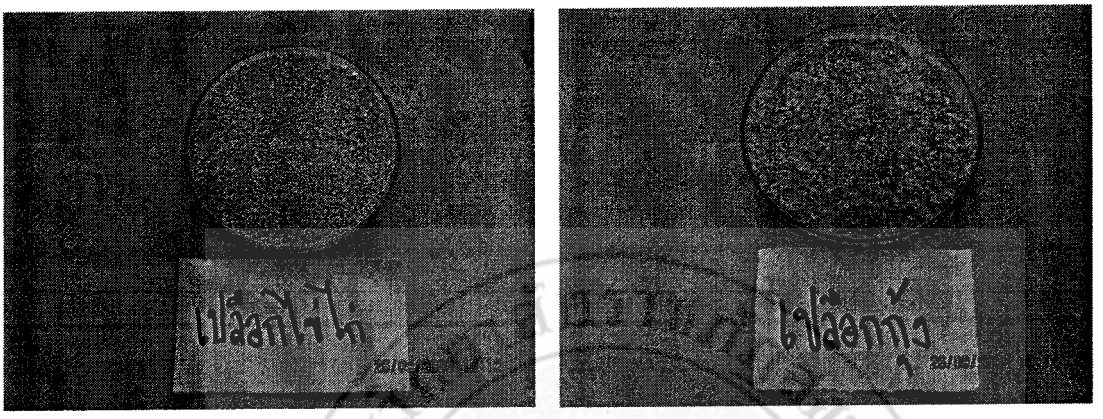


ภาพที่ 1.3 เปลือกไข่ไก่

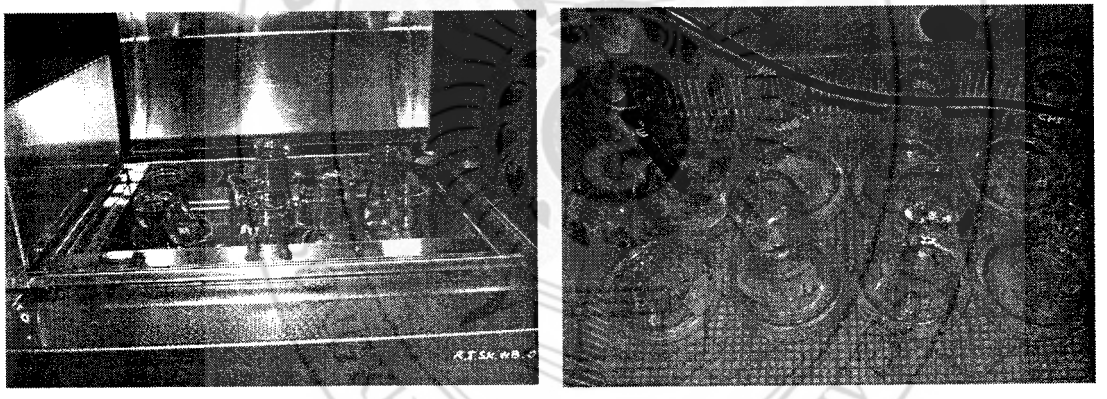


ภาพที่ 1.4 เปลือกกุ้ง

นำมาทำความสะอาดอีกครั้ง โดยแช่ด้วยกรดเกลือ 5 % (HCl) นาน 1 ชั่วโมง



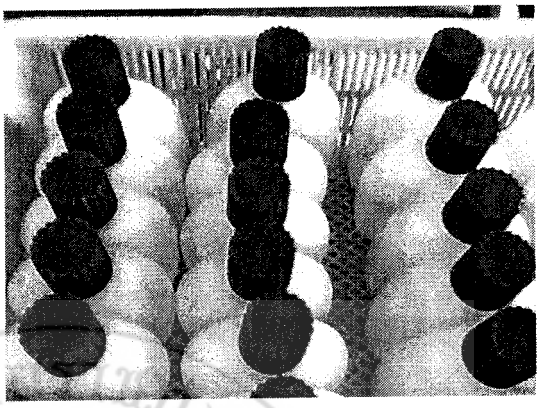
ภาพที่ 1.5 วัตถุดิบที่เตรียมได้เพื่อนำไปทำการทดลอง



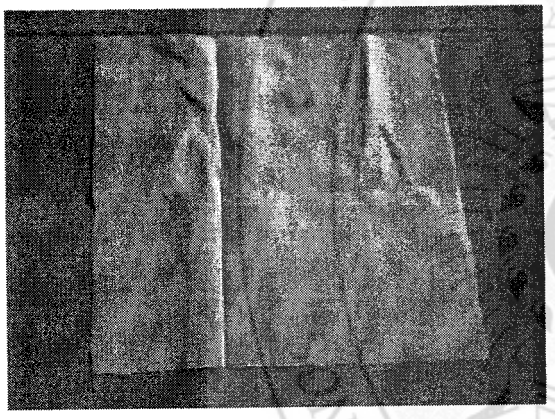
ภาพที่ 1.6 การเขย่าด้วยเครื่องเขย่าในเวลาที่ต่างกัน

ภาพที่ 1.7 การวัดความเป็นกรดด่าง ด้วยเครื่อง pH meter

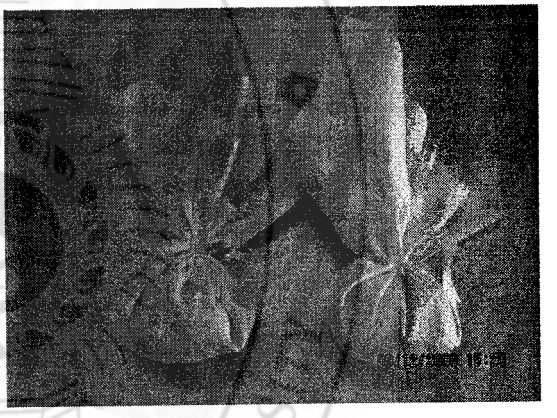
ภาพที่ 1.8 การใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง



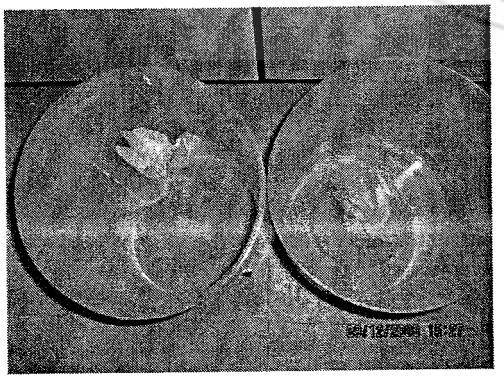
ภาพที่ 1.9 ขวดบรรจุตัวอย่างน้ำ

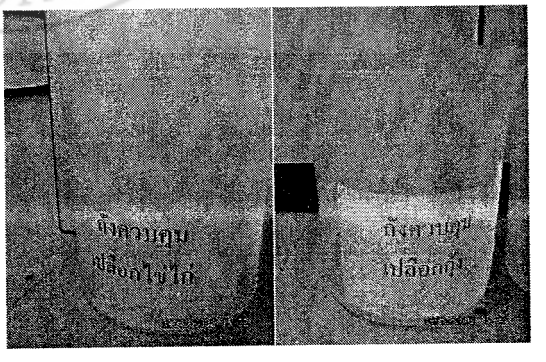


ภาพที่ 1.10 ผ้าโทเร สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 30cm ×30cm

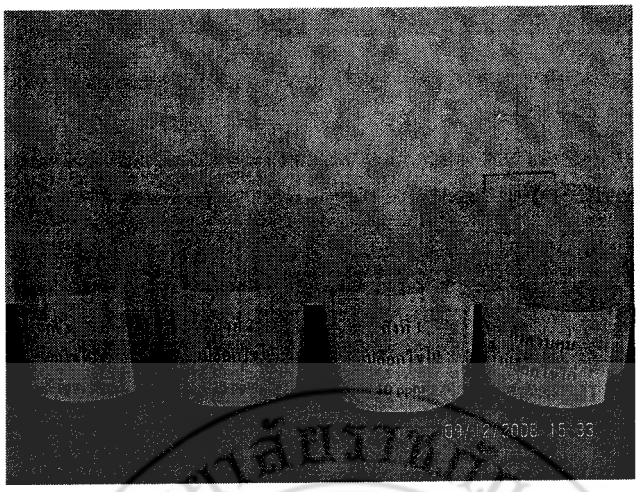


ภาพที่ 1.11 ห่อเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้ง





ภาพที่ 1.12 นำมาแช่ในน้ำแคดเมียมที่เตรียมไว้ทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน



ภาพที่ 1.13 ถังตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองการดูดซับแคดเมียม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก 2

วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐานของแคดเมียม

เตรียม Standard แคดเมียม จาก stock เข้มข้น 1,000 ppm

↓

ปิเปต Stock Standard อย่างละ 10 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

(Standard มีความเข้มข้น 100 ppm)

↓

ปิเปต Standard มีความเข้มข้น 100 ppm มาปรับปริมาตรความเข้มข้นที่ต้องการ

ใช้สูตร $\boxed{C_1V_1 = C_2V_2}$

C_1 = ความเข้มข้นของ Standard

C_2 = ความเข้มข้นที่ต้องการ

V_1 = ปริมาตรที่ต้องการ

V_2 = ปริมาตรที่ต้องการเตรียม

ตัวอย่างเช่น การเตรียม Standard แคดเมียมมีความเข้มข้น 0.2 ppm

Standard แคดเมียม จาก Stock มีความเข้มข้น1,000 ppm

↓

ปิเปต Stock Standard อย่างละ 10 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

(Standard มีความเข้มข้น 100 ppm)

↓

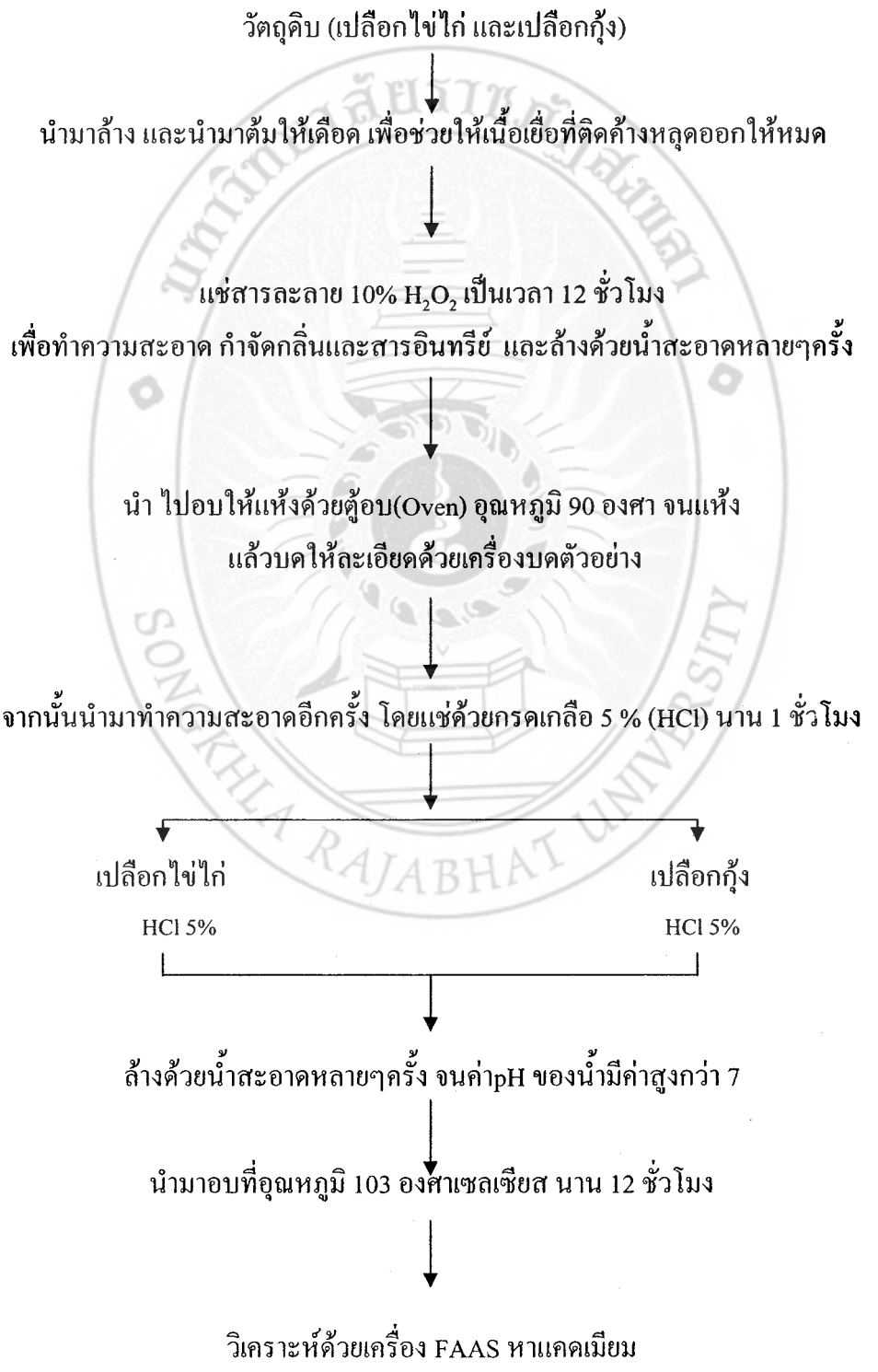
ปิเปต Standard มีความเข้มข้น 100 ppm มาปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml

(Standard มีความเข้มข้น 0.2 ppm)

ภาคผนวก 3

วิธีการทดลอง

แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ



การศึกษาความสามารถในการกำจัดแคดเมียม

ขั้นตอนการศึกษาเบื้องต้น

ชั่งวัสดุดูดซับ (เปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้ง) 2.0 กรัม

↓

เติมลงในน้ำแคดเมียมความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

↓

เขย่าด้วยเครื่องเขย่าในเวลาที่ต่างกัน
0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

↓

แยกน้ำแคดเมียมจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้ง โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง

↓

วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำ

ขั้นตอนการศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียม

ชั่งวัสดุดูดซับ (เปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้ง) 0.1,0.2,0.5,1.0 และ 2.0 กรัม ตามลำดับ

↓

เติมลงในน้ำแคดเมียมความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

↓

เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง

↓

แยกน้ำแคดเมียมจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้ง โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง

↓

วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำ

วิธีการทดลองนำเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำ

ขั้นตอนการทดลอง

ชุดที่1 การดูดซับของเปลือกไข่ไก่

นำเปลือกไข่ไก่ 30 กรัม ห่อด้วยผ้าโทเรขนาด 30×30 เซนติเมตร

↓

แช่ในน้ำแคดเมียมสังเคราะห์ 3 ถัง ความเข้มข้น 10,20,30 mg/l
และถังควบคุมซึ่งไม่เติมสารละลาย

↓

เก็บตัวอย่างน้ำในวันแรก เพื่อวิเคราะห์ ค่า pH, Temperature, Cd
ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน

↓

วิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำด้วยเครื่อง AAS

ชุดที่2 การดูดซับของเปลือกกุ้ง

นำเปลือกกุ้ง 30 กรัม ห่อด้วยผ้าโทเรขนาด30×30 เซนติเมตร

↓

แช่ในน้ำแคดเมียมสังเคราะห์ 3 ถัง ความเข้มข้น 10,20,30 mg/l
และถังควบคุมซึ่งไม่เติมสารละลาย

↓

เก็บตัวอย่างน้ำในวันแรก เพื่อวิเคราะห์ค่า pH, Temperature, Cd
ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน

↓

วิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำด้วยเครื่อง FAAS

ภาคผนวก 4

แบบเสนอโครงการวิจัย

ในการขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

1. ชื่อโครงการ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว ในการดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำ

(Comparision Efficiency of Egg Shell and Crustaceans Shell in Cadmium Adsorption)

2. ปีการศึกษาที่ขอรับทุน 2550

3. สาขาวิชาการที่ทำการวิจัย สาขาสังคมวิทยา (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

4. ประวัติของผู้ทำวิจัย

4.1 นางสาวสริญต้า แหน๊ะหมัด
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss. Sarinta Naemad
Bachelor Degree Level 3
Environmental Science Program,
Faculty of Science and Technology,
Songkhla Rajabhat University

ประสบการณ์ในงานวิจัย: เก็บตัวอย่างภายใต้โครงการวิจัยลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

4.2 นางสาวสุดา ไชยรักษ์
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss. Suda Chairak
Bachelor Degree Level 3
Environmental Science Program,
Faculty of Science and Technology,
Songkhla Rajabhat University.

ประสบการณ์ในงานวิจัย: เก็บตัวอย่างภายใต้โครงการวิจัยลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

5.รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยที่เสนอขอรับทุนอุดหนุนการวิจัย

5.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมล้อมรอบตัวเราได้เสื่อมคุณภาพลงมาก โดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์รวมถึงการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำความรู้ใหม่ๆมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมโดยไม่คำนึงถึงทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งในการเพิ่มผลผลิตย่อมจะก่อให้เกิดของเสียขึ้น และของเสียบางส่วนก็ได้ระบายลงสู่แหล่งน้ำ การกระทำดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเน่าเสียของแหล่งน้ำ การตกค้างของโลหะหนักที่เกินมาตรฐานกำหนด (ศิริพรต ผลสินธ์, 2545: 201 อ้างถึง จิราพร เพ็งจำรัส และ พนอม แก้วนพรัตน์, 2548) และจากแนวโน้มการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมของประเทศไทยทำให้เกิดการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำได้ แคดเมียมเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่สามารถเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่างๆใน ชุมชน การทำเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทำแบตเตอรี่ โรงงานเคลือบผิวหรือชุบโลหะ โรงงานอุตสาหกรรมทำเม็ดสี โรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก เป็นต้น (ไมตรี สุทธิ์จิตต์, 2531) เมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำแล้วอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งในทางตรงและทางอ้อม อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมอาจจะไม่มีการส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนั้นๆแบบเฉียบพลัน แต่ก็อาจจะสะสมหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่างๆในร่างกายสิ่งมีชีวิตจนทำให้เกิดเป็นพิษเรื้อรัง

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้แคดเมียมในกระบวนการผลิตมีหลายแนวทางในการกำจัดแคดเมียมจากน้ำทิ้งเพื่อลดการปนเปื้อนแคดเมียมในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น การใช้สารเคมี หรือการช่วยตกตะกอน (Chemical Precipitation) การแลกเปลี่ยนอิออน (Ion-Exchange) กระบวนการใช้แผ่นเยื่อกรอง (Membrane Processes) และการดูดซับ (Adsorption) โดยแต่ละวิธีมีข้อจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการใหม่ที่สะดวกและมีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมในน้ำ กระบวนการบำบัดที่มีพื้นฐานจากสิ่งมีชีวิตก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ปลอดภัย ง่ายต่อการใช้งาน หลีกเลี่ยงจากสารเคมี ประหยัดค่าใช้จ่าย รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ดัดแปลงใช้ในครัวเรือน เพื่อความปลอดภัยในการอุปโภค บริโภคของประชาชน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเลือกศึกษาความสามารถในการกำจัดแคดเมียมโดยกระบวนการดูดซับซึ่งใช้วัสดุเหลือใช้และหาได้ง่ายในท้องถิ่นโดยผู้วิจัยเลือกใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้ง ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) สามารถใช้เป็นสาร

ตกตะกอนในการบำบัดโลหะหนักได้ เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถจับโลหะหนักในรูปโลหะหนัก-คาร์บอเนตได้อย่างแข็งแรง และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน องค์ประกอบหลักในเปลือกกุ้งนอกจากจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วยังมีไคตินเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย ซึ่งไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ และเป็นตัวดูดซับทางชีวภาพ (Biosorbent) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดโลหะหนักได้ (สิริชื่น ตะนุสะ, 2543)

5.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวในการดูดซึมแคดเมียมที่ละลายในน้ำ

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซึมแคดเมียมที่ละลายในน้ำของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวมาใช้ประโยชน์ได้

2. ทราบความสามารถและประสิทธิภาพในการใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวในการดูดซึมแคดเมียมที่ละลายน้ำ

3. เพื่อเป็นแนวทางในการนำเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวมาใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ต่อไป

5.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.4.1 แคดเมียม

แคดเมียมเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่เกิดจากการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ โดยเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ซึ่งโลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงตั้งแต่ 5 ขึ้นไปโดยไม่รวมโลหะหนักที่เป็นแอลคาไลน์ (Alkali) และโลหะหนักแอลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline earth) ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นธาตุในตารางธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ในช่วง 23-92 และอยู่ในช่วง 4-7 ของตารางธาตุ โลหะหนักจึงมีทั้งหมด 68 ธาตุ จากจำนวนธาตุที่เป็นโลหะหนักทั้งหมด 83 ธาตุ โดยทั่วไปโลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ การนำไฟฟ้าและการนำความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถจะรวมตัวกับสารอื่นๆเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปแบบที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ โดยเฉพาะเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ (รัชดา บุญแก้ว และ วรรณฤดี หวั่นเซ้น, 2545)

แคดเมียม เป็นโลหะอ่อน มีสีเงิน มีจุดหลอมตัว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส และมีความหนาแน่น 8.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ 20 องศาเซลเซียส) ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เนื่องจากแคดเมียมมีโครงสร้างอะตอมและคุณสมบัติทางเคมีคล้ายสังกะสี จึงมักพบแคดเมียมในแหล่งแร่สังกะสีและแร่โลหะอื่นๆ แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ ซึ่งมักจะพบแคดเมียมอยู่ในรูปซัลไฟล์ (Cds) โดยปกติพบบนผิวโลกประมาณ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Alloway,1990 อ้างถึง ไชยยุทธ ชีวยะ, 2542) ในน้ำจืดอยู่ประมาณ 0.001-0.1 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำทะเลมีประมาณ 0.0001 มิลลิกรัม/ลิตร (Mc.Neely et. al,1979 อ้างถึง เปี่ยมศักดิ์, 2539) นอกจากนี้แคดเมียมยังถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินเหนียวให้ตกตะกอน ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมในดินจะเปลี่ยนไปตามลักษณะและกำเนิดของดินด้วยเช่นกัน โดยดินที่เกิดจากหินชั้นจะมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าดินที่เกิดจากหินอัคนีหรือหินแปร (Alloway,1990 อ้างถึง ไชยยุทธ ชีวยะ, 2542)

นำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มปริมาณสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากข้อมูลการใช้ทั่วโลกในปี 1960 มีปริมาณ 11,000 ตัน เพิ่มเป็น 19,000 ตัน ในปี 1985 (Alloway, 1990 อ้างถึง ไชยยุทธ ชีวยะ, 2542) โดยมีการนำมาใช้ในหลายๆด้าน คือ ใช้ร่วมกับนิกเกิลเพื่อทำแบตเตอรี่ ใช้ทำโลหะผสม ใช้ผสมสีบางชนิด ยางและพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวหรือชุบโลหะ และใช้ผสมในสารฆ่าเชื้อราและปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสเฟตจะมีแคดเมียมเจือปนมากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น

แคดเมียมเป็นโลหะที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยังก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางอาหารและการหายใจ การดูดซึม การสะสมและการกำจัดแคดเมียมออกจากร่างกายจะขึ้นอยู่กับทางที่ได้รับแคดเมียมเข้าไป คุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพของแคดเมียม ทั้งนี้พบว่าการดูดซึมที่บริเวณทางเดินอาหารจะต่ำมากประมาณร้อยละ 2-8 ซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบของอาหารอันได้แก่ โปรตีน วิตามิน แคลเซียม ส่วนการได้รับแคดเมียมทางลมหายใจจะขึ้นอยู่กับขนาด และการละลายของแคดเมียม โดยร่างกายจะดูดซึมร้อยละ 10.5 ของปริมาณที่หายใจเข้าไป (Elinder. 1982 อ้างถึง ไชยยุทธ ชีวยะ, 2542) สำหรับคนที่สูบบุหรี่นั้น จะได้รับแคดเมียมประมาณ 30-35 ไมโครกรัม/วัน

ความเป็นพิษของแคดเมียมนั้น จากรายงานของ Berman (1980) อ้างถึง ศุภะชัย ชัยกิจวัฒนะ, 2547 กล่าวว่าถ้าร่างกายได้รับแคดเมียมจากอาหารในปริมาณสูงหรือได้รับ 10-15 มิลลิกรัมจากเครื่องดื่มจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปวดหัว เป็นตะกริว ปวดท้อง ท้องร่วงอย่างรุนแรงและอาจช็อคตายได้ ส่วนการหายใจเอาอากาศที่มีแคดเมียมออกไซด์ เข้มข้น 15 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์

เมตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือมีความเข้มข้นสูงกว่าในระยะเวลานั้นจะเกิดอาการคอแห้ง ระคายคอ แน่นหน้าอก หายใจไม่ออก ปวดหัว เป็นตะกริว ในที่สุดจะเป็นโรคปอดบวม ปอดอักเสบ และตายได้ใน 4-7 วันในวันที่ได้รับ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดไตอักเสบและการทำงานของตับเสื่อมลง (Elinder, 1982 อ้างถึง ไชยยุทธ ชีวยะ, 2542) ในกรณีที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเป็นเวลานานจะทำให้กระดูดผุกร่อนเสียรูปแบบทำให้เจ็บปวดมากที่เรียกว่าอิไต- อิไต แคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายแล้วประมาณร้อยละ 10 เท่านั้นที่ถูกขับออกจากร่างกาย ส่วนที่เหลือสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ โดยสะสมอยู่ที่ตับและไตมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 50-70

5.4.2 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)

กระบวนการดูดซับเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในด้านการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากสามารถกำจัดสารปนเปื้อนขนาดเล็กจนถึงขั้นโมเลกุล ซึ่งไม่อาจจัดได้โดยวิธีการตกตะกอนหรือการกรองธรรมดา โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของสารในการดึงโมเลกุลของสารปนเปื้อนให้มาเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ เรียกปรากฏการณ์ที่สารปนเปื้อนมาเกาะที่ผิวว่า กระบวนการดูดซับ (Adsorption) ตัวที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียก ตัวดูดซับ (Adsorbent) ส่วนโมเลกุลที่มาเกาะติดที่ผิวตัวดูดซับเรียก ตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ปรากฏการณ์การดูดซับนี้เกิดขึ้นระหว่าง 2 พื้นผิว (Surface) โดยที่ตัวถูกดูดซับจะไปเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งได้แก่ พื้นผิวระหว่างของเหลวกับของแข็ง พื้นผิวระหว่างของแข็งกับก๊าซ พื้นผิวระหว่างของแข็งกับของแข็ง และพื้นผิวระหว่างของเหลวกับของเหลว กระบวนการดูดซับเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่นสารอินทรีย์และโลหะถูกดูดซับในดินหรือตะกอนดินในทะเล มหาสมุทร และแม่น้ำ กระบวนการดูดซับที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ เช่น การใช้สารกัมมันต์ในการดูดซับเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากอากาศและน้ำ กระบวนการดูดซับนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมหลายด้านด้วยกัน เช่น การใช้ดินเหนียวดูดซับยาฆ่าแมลงในดินหรือดูดซับโลหะหนักจาก Landfill เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษที่จะลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน

5.4.2.1 ประเภทของตัวดูดซับ (Adsorbent)

ตัวดูดซับแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. สารอนินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ แมกนีเซียมออกไซด์ แอคติเวตเต็ดซิลิกา (Activated Silica) เป็นต้น สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่ตัวดูดซับประเภทสารอนินทรีย์นี้สามารถจับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิดทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทอนินทรีย์มีข้อจำกัดมาก

2. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) อาจจัดเป็นสารอนินทรีย์สังเคราะห์แต่เป็นตัวดูดซับที่ดีกว่าสารอนินทรีย์ชนิดอื่น ๆ จึงเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากเป็นถ่านที่ผ่านการกระตุ้นเพื่อให้มี

ความพรุนมากและมีพื้นที่ผิวภายในสูงโดยทั่วไปมีพื้นที่ผิวประมาณ 450-1500 ตารางเมตรต่อกรัม (Weber, 1981) และมีขนาดรูพรุนตั้งแต่ 10-10000 อังสตรอม (Hessler,1963) ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชิ้นส่วนของพืชและสัตว์ จะมีแร่ธาตุที่เป็นอันตรายน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน

3. ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Resin) สังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งถือว่ามีค่าต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวจำเพาะของถ่านกัมมันต์ แต่เรซินมีข้อได้เปรียบมากว่าคือ สามารถปรับสภาพนำมาใช้ใหม่ได้ง่ายและสารที่ใช้มีราคาถูก เช่น เกลือแกง

5.4.2.2 รูปแบบของการดูดซับ

การดูดซับมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physisorption) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับ (Adsorbate) ยึดติดกับผิวตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยแรงแวนเดอร์วาล์ลที่อ่อน (Weak Van Der Waal's force) เรียกกระบวนการดูดติดผิวตัวดูดซับนี้ว่า การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งเป็นกระบวนการแบบผันกลับได้ (Reversible Process) ส่วนขบวนการที่ตัวดูดซับหลุดออกจากผิวตัวดูดซับ เรียกว่า Desorption โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับในลักษณะซ้อนกันเป็นหลายชั้นเรียกว่า Multilayer

2. การดูดซับทางเคมี (Chemisorption) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับยึดติดอยู่กับผิวของตัวดูดซับโดยพันธะเคมีที่แข็งแรง ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าแรงแวนเดอร์วาล์ลและยากต่อการเกิด Desorption การดูดซับทางเคมีนี้โมเลกุลตัวถูกดูดซับเกาะอยู่บนผิวตัวดูดซับในลักษณะที่เป็นชั้นเดียว เรียกว่า Monolayer

5.4.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

(1) สมบัติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวและโครงสร้างของรูพรุน พื้นที่ผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับรูพรุนหากรูพรุนมีมากทำให้มีพื้นที่ผิวดูดซับมาก ดังนั้นความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น การดูดซับจะเกิดได้เมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อย หากรูพรุนมีมากแต่มีขนาดเล็กหรือรูพรุนขนาดใหญ่แต่ปากรูพรุนขนาดเล็ก ก็ไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น

(2) สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ

ก) ความสามารถในการละลายสารที่มีความสามารถในการละลายสูง จะถูกดูดซับได้น้อย เนื่องจากก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับขึ้นจะต้องมีการทำลายพันธะของตัวถูกละลายและตัวทำละลายก่อนที่จะเกิดการดูดซับ ซึ่งถ้าไม่มีการทำลายพันธะก็จะไม่สามารถ เกิดการดูดซับได้

ข) น้ำหนักและขนาดของโมเลกุล ถ้าน้ำหนักโมเลกุลและขนาดโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น และโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นกิ่ง (Branched Chain) จะถูกดูดซับได้ดีกว่าโมเลกุลที่เป็นโซ่ตรง (Straight Chain)

ค) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) การดูดซับเกิดขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นผิวตัวดูดซับ เช่น หาก pH ลดลงส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) ที่พื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้การดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น

ง) อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้น แต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นผิวของตัวดูดซับอ่อนลง

5.4.3 การประยุกต์ใช้วัสดุในการดูดซับโลหะหนัก

5.4.3.1 การใช้เปลือกไข่ (Egg Shell) ในการดูดซับ

โดยเปลือกไข่หนาประมาณ 300 ไมโครมิลลิเมตร หนักประมาณ 5 กรัม(สุวรรณี สิมะกรพินธ์,2542) ไข่ที่ออกมาใหม่ๆ เปลือกไข่ค่อนข้างโปร่งแสง ต่อมาจะค่อยๆขุ่นทึบแสงลง ถ้าใช้เครื่องส่งดูจะเห็นลักษณะตามที่แสงผ่านเป็นจุดเล็กๆในบริเวณใต้เปลือก ทั้งนี้เนื่องจากการรวมตัวโปรตีนจนเป็นชั้นเป็นแผ่นๆ ซึ่งทำหน้าที่ช่วยเก็บรักษาความชื้นและยังเป็นส่วนที่แสงผ่านได้สะดวกกว่าส่วนอื่นๆ (สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529)

เปลือกไข่ประกอบด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ ที่ผิวของเปลือกไข่มีรูเล็กๆ อยู่มากกว่า 17,000 รู ช่วยระบายความชื้นและรับอากาศเข้าไป ซึ่งสำคัญมากต่อการพัฒนาของลูกไก่ และมีสารเคลือบที่สามารถป้องกันเชื้อแบคทีเรียไม่ให้เข้าไปในไข่ได้ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ขึ้นกับอายุและการกินอาหารของแม่ไก่ ส่วนใหญ่แม่ไก่ที่ตัวใหญ่จะให้ไข่ไก่ขนาดใหญ่และมีเปลือกบาง

ส่วนต่างๆของไข่	สัดส่วน%	น้ำ%	โปรตีน%	ไขมัน%	เถ้า%
เนื้อไข่ทั้งฟอง	100	65.5	11.8	11.0	11.7
ไข่ขาว	58	88.0	11.0	0.2	0.8
ไข่แดง	31	48.0	17.5	32.5	2.0
เปลือกไข่	11	94.0	1.0	1.0	4.0

ที่มา: สุวรรณ เกษตรสุวรรณ, 2529.

จากการศึกษาช่วงของ pH ที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียม คือ 0.300-0.850 มม.และอัตราการกรองที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียมสำหรับเปลือกไข่ทั้งสองชนิดคือ 1.5 ลบ.ม./ตร.ม.ต่อชั่วโมง ชนิดของเปลือกไข่ที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการกำจัดแคดเมียม คือ เปลือกไข่เป็ด โดยเปลือกไข่ไก่และเปลือกไข่เป็ดมีประสิทธิภาพเฉลี่ย เท่ากับ 89.58% และ 73.62% ตามลำดับ (ฉัตรสินี สุรเสน, 2545)

ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ พีเอชของน้ำเสีย ซึ่งค่าที่เหมาะสมของการใช้เปลือกไข่เป็นสารดูดติดผิวในการกำจัดแคดเมียมอยู่ที่ pH 5-6 เปลือกไข่ไก่ดูดซับแคดเมียมสูงถึงร้อยละ 99.75% เมื่อใช้เปลือกไข่ 3.2 กิโลกรัม (อัจฉรา ดวงเดือน, 2545)

5.4.3.2 การใช้เปลือกกุ้ง (Crustaceans Shell) ในการดูดซับ

ไคติน (chitin) เป็นสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งให้ความแข็งแก่เปลือกสัตว์จำพวก กุ้ง หอย ปู แมลง และพบในผนังเซล์ของเชื้อราและสาหร่ายบางชนิด ไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลสของผนังเซล์ของพืชเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีการสกัดสารไคตินจากสิ่งมีชีวิตมาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย จากการสกัดไคตินจากเปลือกกุ้งและเปลือกปูพบว่า เปลือกกุ้งมีไคติน 14-27% ส่วนเปลือกปูมีไคตินประมาณ 13-15% เทียบน้ำหนักแห้ง (วิสิฐ และวันทนีย์,2535)

ไคติน-ไคโตซาน เป็นวัส ดุชีวภาพเกิดในธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสมที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีไนโตรเจนติดอยู่ด้วยทำให้มีคุณสมบัติที่เด่นและหลากหลายมีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพ และยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ดังนั้นจึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม สารไคติน-ไคโตซานนี้มีลักษณะพิเศษในการนำมาใช้ดูดซับและจับตะกอนต่างๆในสารละลายแล้วนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นการหมุนเวียนตามธรรมชาติ

โครงสร้างทางเคมีของไคติน คล้ายคลึงกับเซล์ลูโลส คือเป็นเส้นใยที่ยาว ไคตินที่เกิดในธรรมชาติมีโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรงมีการจัดตัวของรูปแบบของผลึกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟ่าไคติน บีต้าไคติน และแกมม่าไคติน ไคตินที่เกิดในเปลือกกุ้งและปู ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอลฟ่าไคติน ส่วนไคตินที่อยู่ในปลาหมึกพบว่าส่วนใหญ่เป็นบีต้าไคตินในการจัดเรียงตัวของโครงสร้างตามธรรมชาติพบว่าแอลฟ่าไคตินมีคุณลักษณะของเสถียรภาพทางเคมีสูงกว่าบีต้าไคติน ดังนั้นจึงมีโอกาสที่บีต้าไคตินสามารถจะเปลี่ยนแปลงรูปแบบไปเป็นแอลฟ่าไคตินได้ในสารละลายของกรดแก่ เช่น กรดเกลือ เป็นต้น ส่วนแกมมาไคตินเป็นโครงสร้างผสมระหว่างแอลฟ่าและบีต้าไคติน

โดยธรรมชาติแล้วไคโตซานจะไม่ละลายน้ำเช่นเดียวกับเปลือกกุ้ง กระดองปู หรือเปลือกไม้ทั่วไป แต่ไคโตซานจะละลายได้ดีเมื่อใช้กรดอินทรีย์เป็นตัวทำละลาย สารละลายไคโตซานจะมีความเข้มข้นเหนียวแต่ใสคล้ายวุ้น หรือพลาสติกใส ยืดหยุ่นได้เล็กน้อยจึงมีคุณสมบัติที่พร้อมจะทำให้เป็นรูปแบบต่างๆได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าต้องการทำเป็นแผ่นหรือเยื่อบางๆ เป็นเจล หรือรูปร่างเป็นเม็ด เกล็ด เส้นใย สารเคลือบและคอลลอยด์ เป็นต้น นอกจากนี้ไคโตซานยังย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเมื่อกินเข้าไปและมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเติมลงไปในน้ำหรือในดินเพื่อการเกษตร

จากการศึกษาการดูดซับทองแดงด้วยไคโตซานที่เตรียมจากเปลือกกุ้ง ค่า% DD ด้วยเทคนิคอินฟาเรดสเปกโทรสโกฟ และเทคนิคการไทเทรต จะได้ค่า 83.07% และ82.20% ตามลำดับ ดังนั้นความสามารถในการดูดซับทองแดง (Cu^{2+}) ของไคโตซานมาตรฐาน ไคโตซานจากเปลือกกุ้งจะได้ค่า KL เท่ากับ 24.62 mg/g ตามลำดับ (ดร.สุดาพร ตังควนิช และคณะ, 2535)

จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับโครเมียม (III) ด้วยไคโตแซนที่เตรียมจากเปลือกกุ้งกุลาดำ ปรากฏว่าประสิทธิภาพในการดูดซับไคโตแซน ที่ค่า pH 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ไคโตแซนมีความสามารถในการดูดซับโครเมียมเท่ากับ 0.45, 1.24, 2.01, 10.92, 12.36 และ 21.50 มิลลิกรัมโครเมียมต่อกรัมไคโตแซน ตามลำดับ (เบญจภรณ์ ประเทืองมาศ,2544)

5.5 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการ

5.5.1 ตัวแปร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ตัวแปรอิสระ: ปริมาณแคดเมียมที่ละลายน้ำ

2. ตัวแปรตาม: การดูดซับแคดเมียมโดยเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้ง

3. ตัวแปรควบคุม: อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ระดับน้ำ ระยะเวลา

5.5.2 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ความสามารถในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ความสามารถของเปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้งในการดูดซึมแคดเมียม

2. เปลือกไข่ (Egg Shell) หมายถึง ส่วนที่เป็นของแข็งที่หุ้มส่วนที่เป็นของเหลวของไข่

3. เปลือกกุ้งขาว (Crustaceans Shell) หมายถึง เปลือกที่หุ้มตัวกุ้ง

4. แคดเมียมที่ละลายในน้ำ หมายถึง การละลายสารละลายแคดเมียมที่เตรียมขึ้นจากห้องปฏิบัติการมีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.6 **สมมติฐาน**

เปลือกไข่ไก่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมได้ดีกว่าเปลือกกุ้ง

5.7 **ระเบียบวิธีการวิจัย**

5.7.1 กลุ่มตัวอย่าง

5.7.1.1 เปลือกไข่ไก่

5.7.1.2 เปลือกกุ้งขาว

5.7.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

5.7.2.1 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชั่นสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบเฟลม (Flame Atomic Absorption Spectrophotometer: FAAS)

5.7.2.2 ตู้อบ (Oven)

5.7.2.3 เครื่องบด/ผสม (Homogenizer / Mixer)

5.7.2.4 เครื่องวัดความเป็นกรด ด่าง (pH meter)

5.7.2.5 เครื่องเหวี่ยงสารละลาย (Centrifuge : small)

5.7.2.6 เครื่องชั่งละเอียด (Analytical Balance)

5.7.2.7 เครื่องแก้ว

5.7.2.8 ขวดบรรจุตัวอย่างน้ำ

5.7.2.9 โถดูดความชื้น (Disecator)

5.7.3 การดำเนินการวิจัย

5.7.3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

ทำการวิเคราะห์ตัวดูดซับโดยการนำเปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้ง โดยศึกษา Adsorption Isotherm และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียม

1. ขั้นตอนการเตรียมตัวดูดซับ จากวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้ในท้องถิ่น

(1) เปลือกไข่ไก่

(2) เปลือกกุ้งขาว

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมตัวดูดซับทั้ง 2 ชนิด และใช้กรด HCl ในการกระตุ้นมีดังนี้

1.1 นำเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว มาล้างและนำมาต้มให้เดือด เพื่อช่วยให้เนื้อเยื่อที่ติดค้างหลุดออกให้หมดและแช่ในสารละลาย 10% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นเวลา 12 ชั่งโมง เพื่อทำความสะอาด กำจัดกลิ่นและสารอินทรีย์ ล้างน้ำสะอาดหลายๆครั้ง

1.2 นำเปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้งขาว ไปอบให้แห้งด้วยตู้อบ (Oven) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง จากนั้นนำมาทำความสะอาดอีกครั้ง โดยแช่ด้วยกรดเกลือ 5% (HCl) นาน 1 ชั่วโมง เพื่อทำความสะอาดผิวของวัตถุดิบ ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง จนค่า pH ของน้ำมีค่าสูงกว่า 7 นำมาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง (สิริชื่นตะนุสะ, 2543)

แสดงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบ (เปลือกไข่ไก่ และเปลือกกุ้งขาว)

↓

นำมาล้าง และนำมาต้มให้เดือดเพื่อช่วยให้เนื้อเยื่อที่ติดค้างหลุดออกให้หมด

↓

แช่สารละลาย 10% H_2O_2 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
เพื่อทำความสะอาด กำจัดกลิ่นและสารอินทรีย์ และล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง

↓

นำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบ (Oven) อุณหภูมิ 90 องศา จนแห้ง
แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง

↓

จากนั้นนำมาทำความสะอาดอีกครั้ง โดยแช่ด้วยกรดเกลือ 5% (HCl) นาน 1 ชั่วโมง

↓

เปลือกไข่ไก่ HCl 5% | เปลือกกุ้งขาว HCl 5%

↓

ล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง จนค่า pH ของน้ำมีค่าสูงกว่า 7

↓

นำอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง

2. การศึกษาความสามารถในการกำจัดแคดเมียม

2.1 เตรียมน้ำที่ปนเปื้อนแคดเมียม

2.1.1 เตรียมน้ำแคดเมียมที่ความเข้มข้น 1000 mg/L จาก Cadmium nitrate Cd $(NO_3)_2$ โดยชั่ง Cd $(NO_3)_2$ 1.59 กรัม ละลายน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 ลิตร นำมาเจือจางจนมีความเข้มข้นตามที่ต้องการ

2.2 การศึกษาเบื้องต้น

2.2.1 นำเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว ที่เตรียมได้ปริมาณ 0.2 กรัม เติมลงในน้ำที่มีแคดเมียมปนเปื้อนความเข้มข้น 1 mg/L ปริมาตร 100 ml ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml

2.2.2 เขย่าด้วยเครื่องเขย่าด้วยเวลาที่ต่างกัน: 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง, 5 ชั่วโมง ตามลำดับ

2.2.3 แยกน้ำใสออกโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำ (C) กับเวลาที่ใช้

2.3 ศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียม

2.3.1 ชั่งเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งที่เตรียมได้ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 และ 2.0 กรัม ตามลำดับ เติมลงในน้ำซึ่งมีน้ำปนเปื้อนแคดเมียมความเข้มข้น 1 mg/L ปริมาตร 100 ml ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml

2.3.2 เขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 1.0 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำแคดเมียมออกจากเปลือกไข่ และเปลือกกุ้ง โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำหาไอโซเทอร์มการดูดซับโดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นแคดเมียมที่เหลือ (C) กับปริมาณแคดเมียมที่ดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ

5.7.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม ด้วยการใช้เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS) เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมที่ละลายอยู่ในน้ำ หาได้จากสูตรดังนี้ (พรพิมล ห่อสุวรรณชัย, 2542)

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซึม(ร้อยละ)} = \frac{(\text{ปริมาณแคดเมียมก่อนการดูดซึม} - \text{ปริมาณแคดเมียมหลังการดูดซึม})}{\text{ปริมาณแคดเมียมก่อนการดูดซึม}} \times 100$$

5.8 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

ตั้งแต่ เดือน พฤศจิกายน 2550 – เดือนมีนาคม 2551

5.9 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี/เดือน					
	2550			2551		
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ศึกษาเอกสารและเก็บข้อมูล	←	→				
แผนการดำเนินงาน	←	→				
เสนอแบบโครงการ	←	→				
ตรวจเอกสาร	←	→	→			
การดำเนินการวิจัย	←	→	→	→		
การวิเคราะห์ผลการทดลอง	←	→	→	→		
สรุปผลและอภิปราย				←	→	
จัดทำรูปเล่มรายงาน					←	→

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

5.10 สถานที่ทำการวิจัย ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

5.10.1. สถานที่เก็บตัวอย่างเปลือกกุ้ง

: สมาคมพันธุ์ไม้ประดับสงขลา (ถนน ชัยมงคล ซอย 19) ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา

:บริษัทไทยยูเนียนซีฟู้ด จำกัด ที่อยู่ 77 ม.5 ถ.สงขลาระโนด ต.วัดขนุน อ.สิงหนคร จ.สงขลา

5.10.2. สถานที่เก็บตัวอย่างเปลือกไข่ไก่

: สมาคมพันธุ์ไม้ประดับสงขลา (ถนน ชัยมงคล ซอย 19) ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา

5.10.3. สถานที่ทำการทดลองและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

: ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5.11 งบประมาณในการวิจัย

1. ค่าตอบแทน

- ค่ายานพาหนะ	1000	บาท

2. ค่าใช้จ่าย

- ค่าถ่ายเอกสารการศึกษาค้นคว้า	500	บาท
- ค่าถ่ายเอกสารสี	300	บาท
- ค่าอัดฟิล์ม	200	บาท
- ค่าถ่ายเอกสารเข้าปกเย็บเล่ม	700	บาท
3. ค่าวัสดุสำหรับการทำวิจัย	7,300	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	10,000	บาท

6. บรรณานุกรม

จิราพร เพ็งจำรัส และ พนอม แก้วนพรัตน์. 2548. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพผักบุ้งไทยและผักกระเฉดในการดูดซับตะกั่วที่ละลายในน้ำ.** สงขลา: รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ฉัตรสินี สุรเสน. 2545. **การกำจัดแคดเมียมในน้ำสังเคราะห์โดยการกรองด้วยเปลือกไข่.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.

เชี่ยวชาญ อุตรภิชาติ. 2535. **เคมีเชิงฟิสิกส์**. สงขลา: ภาควิชาเคมี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.**สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, **พิมพ์ครั้งที่** 7

เบญจมาภรณ์ ประเทืองมาศ. 2544. **การกำจัดโครเมียมโดยใช้ไคโตแซนจากเปลือกกุ้งกุลาดำ.** สงขลา: วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรพิมล ห่อสุวรรณชัย. 2542. **การบำบัดโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสียชุมชนโดยวิธีหญ้ากรอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวสม์. 2538. **คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. 2539. **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ**.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ชานพิมพ์.

ไชยยุทธ ชีวยะ(ผศ.), 2542. **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** กศ.บ. (คณิตศาสตร์), ศษ.ม. (สิ่งแวดล้อมศึกษา) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. **สารพิษรอบตัวเรา.** ภาควิชาเคมี. คณะแพทย์ศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัชดา บุญแก้ว และ วรรณฤดี หวั่นแซ่ง. 2546. **ประสิทธิภาพของจอกในการดูดซึมตะกั่วที่ละลายในอยู่ในน้ำ.** สงขลา: รายงานวิจัยสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

วิสิฐ จะตะสิต และ วันทนี วรวงค์ทัต. 2535. **คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ของไคโตแซนซึ่งผลจากกากเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปกุ้งและปูในประเทศไทย.** วารสารการประมง. 45. (กันยายน-ตุลาคม), 1099-1110.

ศุภะชัย ชัยกิจวัฒนะ. 2547. **การบำบัดน้ำเสียโลหะแคดเมียมโดยใช้เมล็ดแมงลัก.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุดาพร ตังควนิช (ดร.) และคณะ. 2544. **ไอโซเทอมของการดูดซับทองแดงด้วยไคโตซานที่เตรียมจากเปลือกกุ้งและกระดองปู.** อุบลราชธานี: โปรแกรมวิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. **ไข่และไก่เนื้อ**. กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณี สิมะกรพิมพ์. 2542. **การเลี้ยงไก่ไข่.** โครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระเจริญพระพรรษา 6 รอบ. กรุงเทพ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.

สิริชื่น ตะนุสะ. 2543. **การดูดซับตะกั่วโดยการพัฒนาตัวกลางดูดซับที่ได้จากกระดองปูและเปลือกหอยแครง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัจฉรา ดวงเดือน. 2545. **การกำจัดตะกั่วและแคดเมียมในน้ำโดยใช้เปลือกไข่และแกลบดำ**: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hassler, J.W. 1963. **Activated Carbon**. New York: Chemical Pubishing Conpumy, Inc.

Weber, W.J.Jr. 1981. "**Concept and Principle of Carbon Application in Wastewater Treatment**", In Application of Wastewater Treatment. pp.5-28. Eckenfelder, W.J.Jr., eds. T.N.: Environ Press, Inc.