วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ภาษาไทย) ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 ก.ค.-ธ.ค.42

การเปรียบเทียบการดูดซับตะกั่ว(+2) โดยใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลา

Comparative Studies on Adsorption of Lead (II) by Egg Shell and Fish Scale

ประสิทธิ์ แผ้วบาง* และ อรไท สุขเจริญ**

Prasit Pawebang* and Oratai Sukcharoen**

บทคัดย่อ

ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำตามสิ่งแวดล้อม (และแหล่งน้ำบริโภค) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแยกตะกั่ว (+2) ออกจากแหล่งน้ำโดยใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลาเป็นตัวดูดซับ และศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้น เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้นที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่ว ตลอดจนการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับตะกั่วไอออนเทียบกับการดูดซับโลหะไอออนชนิดอื่น จากผลของการศึกษาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เกล็ดปลาในการดูดซับตะกั่วได้ดีกว่าเปลือกไข่

Abstract

Lead is one of heavy metals which contaminates the aquatic environment (and souras of potable water). The removal of lead (II) from aqueous solution by adsorption on egg shell and fish scale was studied. The effects of initial pH, contact time and initial lead (II) concentratiion were also studied in comparison to the potential of adsorption of other metal ions. The results showed that the fish scale had more potential for lead (II) adsorption than the egg shell.

* ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง

** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพ 10240

* Dept. of Applied Biology, Fac. of Science, King Mongkut' s Institute of Technology, Ladkrabang, Bangkok 10520

** Dept. of Biotechnology, Fac. of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240

ประสิทธิ์ แผ้วบาง และ อรไท สุขเจริญ. "การเปรียบเทียบการดูดซับตะกั่ว (+2) โดยใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลา Comparative studies on absorption of lead (II) by egg shell and fish scale" *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์* 7, 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2542) 51-57

1. บทนำ

ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง ที่มีปริมาณการใช้มากในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมชุบโลหะ อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ เนื่องจากตะกั่วมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงง่ายต่อการนำมาใช้ ตะกั่วจะถูกปล่อยออกมาในรูป Pb^{2+} มากกว่า Pb^{4+} สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกาย โดยผ่านระบบต่างๆของร่างกาย ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าสารชนิดอื่นๆ เนาวรัตน์และคณะ [1] ได้ตรวจพบตะกั่วในเลือดของคนที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับตะกั่ว ซึ่งเมื่อร่างกายได้สะสมมากๆ จะก่อให้เกิดอาการเป็นพิษที่ชัดเจนปรากฏขึ้น เช่น ความเป็นพิษต่อโลหิตทำให้โลหิตจาง ความเป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรงและกล้ามเนื้อแขนขาไม่มีแรง อาจเป็นอัมพาตได้ [2] จากแนวโน้มของปริมาณการสะสมตะกั่วในสิ่งแวดล้อมที่นับวันจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ สำนักงานมาตรฐานสิ่งแวด-ล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรง-งานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12(2525) ประกาศว่าน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจะต้องมีตะกั่วไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการศึกษาวิธีการบำบัดเพื่อลดการปลดปล่อยตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม มีได้หลายวิธีการ เช่น ใช้วิธีทางกายภาพ วิธีทางชีวภาพ และวิธีทางเคมี ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเฉพาะวัสดุเหลือใช้จากสัตว์ซึ่งมีอยู่ทั่วไป เช่นเปลือกไข่ชั้นนอก ซึ่งเป็นของแข็งและมีรูพรุน [3] ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต 94% แมกนีเซียมคาร์บอเนต 1% แคลเซียมฟอสเฟต 1% และสารอินทรีย์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ 5% [4] และเกล็ดปลาช่อน (*Ophisephalus striatus*) ซึ่งเกล็ดปลาช่อนโดยทั่วไปมีลักษณะบางใสและหักงอได้ เนื่องจากมีสารเคลือบบางๆ ที่สร้างจาก Enamel organ มีเส้นใยพวกคอลลาเจนสานกันในทุกทิศทาง เกล็ดปลาไม่มีสี ส่วนประกอบทางเคมีประกอบด้วยคอลลาเจนประมาณ 24% และสารอิชไทเลพิดิน (Ichthylepidin) ประมาณ 76% สารอิชไทเลพิดินเป็นสารประกอบของ $Ca_3(PO_4)$ และ $Mg_3(PO_4)$ [5] จากคุณสมบัติของวัตถุดิบทั้งสอง จึงคาดว่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำมาศึกษาความสามารถในการดูดซับตะกั่ว และปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วไอออน ซึ่งได้แก่พีเอชเริ่มต้น ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วไอออน อัตราการดูดซับ ตลอดจนการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับตะกั่วไอออนเทียบกับการดูดซับโลหะไอออนชนิดอื่นๆ เช่น นิกเกิล ทองแดง และโครเมียม

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการดูดซับ

นำเปลือกไข่และเกล็ดปลามาล้างทำความสะอาด และนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. ก่อนนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด จากนั้นจึงนำมาร่อนด้วยตะแกรง แล้วคัดเลือกขนาดของเปลือกไข่และเกล็ดปลาให้ได้ขนาดอยู่ในช่วง 40-60 เมช เก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิด

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1การศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้นที่มีต่อการดูดซับตะกั่ว

นำเปลือกไข่หรือเกล็ดปลาที่เตรียมไว้สำหรับการศึกษาการดูดซับตะกั่ว โดยใช้เปลือกไข่หรือเกล็ดปลาปริมาณ 2.5 กรัมต่อสารละลายตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของ $PbNO_2$ ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังนี้ 3.0, 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ตามลำดับ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตต ขนาด 0.45 ไมครอน นำสารละลายใสไปวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอพชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของ Shimadzu รุ่น AA-680 ที่มีความยาวคลื่น 217 นาโนเมตรในช่วงความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วตั้งแต่ 0-200 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2.2 การศึกษาเวลาและอัตราการดูดซับตะกั่ว

นำเปลือกไข่หรือเกล็ดปลาที่เตรียมไว้สำหรับการศึกษาการดูดซับตะกั่ว โดยใช้เปลือกไข่หรือเกล็ดปลา ปริมาณ 2.5 กรัมต่อสารละลายตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีพีเอชเหมาะ-สม ในการดูดซับในปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตต ขนาด 0.45 ไมครอน ที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 10, 20, 30, 40, 50 80 และ 120 นาทีตามลำดับ นำสารละลายใสไปวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว

ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอบชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ของ Shimadzu รุ่น AA-680 ที่มีความยาวคลื่น 217 นาโนเมตร

2.2.3 การศึกษาอัตราความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วต่อการดูดซับ

นำเปลือกไข่หรือเกล็ดปลาที่เตรียมไว้สำหรับการศึกษาการดูดซับตะกั่ว โดยใช้เปลือกไข่หรือเกล็ดปลาประมาณ 2.5 กรัมต่อสารละลายตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่มีอัตราความเข้มข้นต่างๆ คือ 62.5, 125 , 187.5, 250, 375, 500 และ 750 มิลลิกรัมลิตร ปรับพีเอชที่เหมาะสม ในการดูดซับในปริมาณ 50 มิลลิลิตรใน ฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตตขนาด 0.45 ไมครอน นำสารละลายใสไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอพชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของ Shimadzu รุ่น AA-680 ที่มีความยาวคลื่น 217 นาโนเมตร

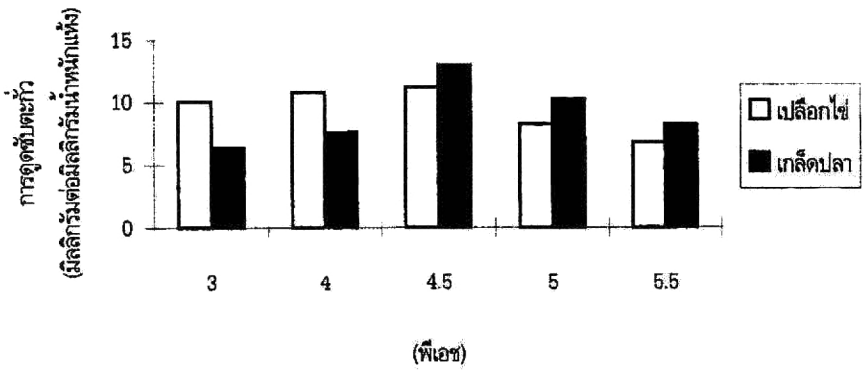
2.2.4 การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการดูดซับตะกั่วกับนิกเกิล คอปเปอร์ และ โครเมียม

นำเปลือกไข่หรือเกล็ดปลาที่เตรียมไว้สำหรับการศึกษาการดูดซับตะกั่ว โดยใช้เปลือกไข่หรือเกล็ดปลาปริมาณ 2.5 กรัมต่อสารละลายชนิดต่างๆ คือ นิกเกิล ทองแดง และโครเมียม ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของ $Ni(NO_3)_2$ $Cu(NO_3)_2$ และ $Cr(NO_3)_3$ ตามลำดับ และปรับให้มีพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ ในปริมาณ 50 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที นำตัวอย่างไปกรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตตขนาด 0.45 ไมครอน นำสารละลายใสไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอพชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของ Shimadzu รุ่น AA-680 ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ปริมาณนิกเกิล ทองแดง และโครเมียมที่มีความยาวคลื่น 232,324.8 และ 357.9 นาโนเมตร ตามลำดับ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วโดยเปลือกไข่และเกล็ดปลา ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากสัตว์ สามารถแสดงผลในการดูดซับได้ดังนี้

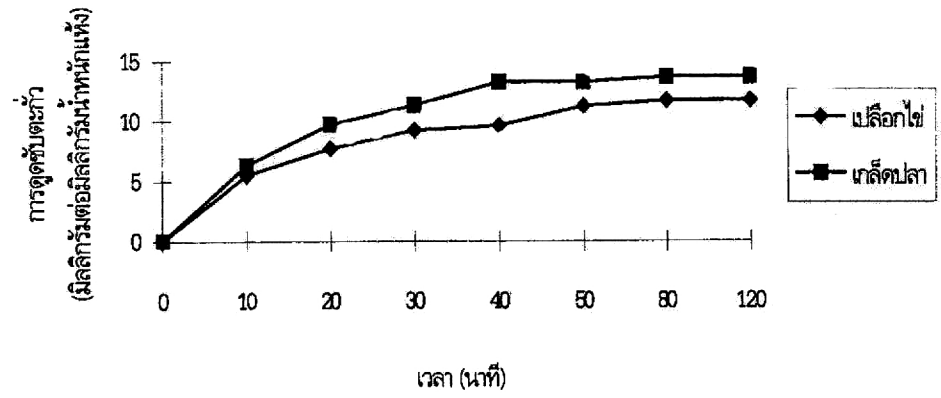
จากการศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้นที่มีต่อการดูดซับตะกั่วเมื่อใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลาจากรูปที่ 1 พบว่าในช่วงพีเอชเริ่มต้นที่ศึกษาคือ 3.0-5.5 นั้น สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ช่วง ในช่วงพีเอช 3-4 นั้น เปลือกไข่สามารถดูดซับตะกั่วได้สูงกว่าการใช้เกล็ดปลา ในขณะที่ช่วงพีเอชเป็น 4.5-5.5 นั้น เกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงกว่าการใช้เปลือกไข่ ในกรณีของเปลือกไข่นั้นจะให้ผลการดูดซับตะกั่วในช่วง 3.0-4.5 ได้ไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าพีเอชเริ่มต้นสูงกว่านี้จะทำให้การดูดซับตะกั่วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซับได้เท่ากับ 11.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกไข่ ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 ส่วนการใช้เกล็ดปลา จะพบว่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่ว คือที่พีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5 โดยปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซับได้เป็น 13.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของเกล็ดปลา และถ้าพีเอชเริ่มต้นต่ำหรือสูงกว่านี้จะทำให้การดูดซับตะกั่วลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 1 แสดงผลการศึกษาพีเอชเริ่มต้นต่อการดูดซับ

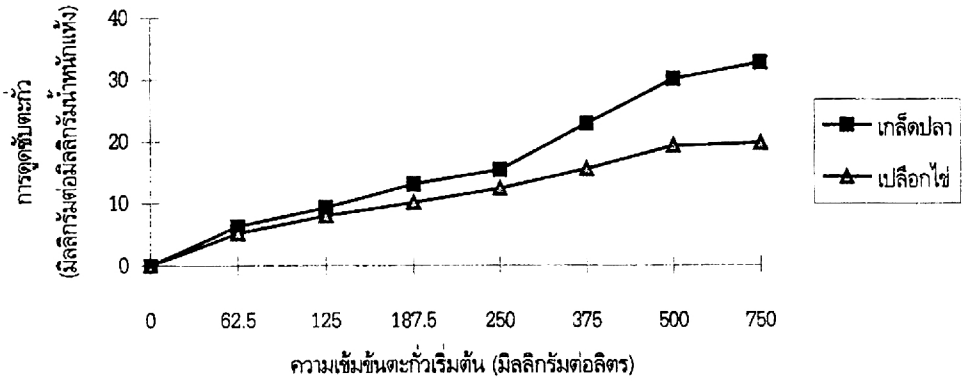
ในขณะที่ Kim และคณะ [6] พบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วโดยพอลิแซคคาไรด์ที่ผลิตจาก *Methylobacterium organophilum* คือพีเอชที่ 7 เนื่องจากประจุลบที่เกิดบนพอลีแซคคาไรด์ [6] Auns (1999) พบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วโดยไคโตแซนคือพีเอช 8.07 [7] ส่วน Fourest และ Roux (1992) พบว่าพีเอช 5 เป็นพีเอชที่เหมาะสมต่อการดูดซับตะกั่วเมื่อใช้ *Rhizopus arrhizus* ในการดูดซับ [8] และพีเอช 4.5 เมื่อใช้ *Penicillium chrysogenum* ในการดูดซับ [9]

จากการศึกษาผลของเวลาต่อการดูดซับตะกั่วที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลาโดยปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5 จากรูปที่ 2 พบว่าเปลือกไข่สามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุดที่เวลา 80 นาที โดยเปลือกไข่สามารถดูดซับตะกั่วได้ 11.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกไข่ ส่วนเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุดที่เวลา 80 นาที โดยเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่วได้ 13.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของเกล็ดปลา เมื่อพิจารณาอัตราเร็วในการดูดซับตะกั่วที่เกิดขึ้น พบว่าการใช้เกล็ดปลาเป็นวัตถุดิบในการดูดซับ จะให้อัตราเร็วในการดูดซับตะกั่วเป็น 4.68 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งต่อนาที ในขณะที่ใช้เปลือกไข่ จะให้อัตราเร็วในการดูดซับตะกั่วเป็น 4.40 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งต่อนาที



รูปที่ 2 แสดงผลของการดูดซับตะกั่วโดยเปลือกไข่และเกล็ดปลาที่เวลาต่างๆ

จากการศึกษาผลอัตราความเข้มข้นเริ่มต้นต่อการดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) โดยความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่ใช้ในการศึกษา คือ 62.5, 125, 187.5, 250, 375, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปรับพี-เอชเริ่มต้นเป็น 4.5 จากรูปที่ 3 พบว่าความสามารถในการดูดซับตะกั่วโดยเปลือกไข่และเกล็ดปลานั้น จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้น จนถึง 750 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการดูดซับ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4 จะพบว่าประสิทธิภาพของเปลือกไข่ในการดูดซับตะกั่วได้สูงสุดที่ความเข้มข้นของตะกั่วเป็น 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตรเหมือนกันกับการใช้เกล็ดปลาเป็นตัวดูดซับ แต่มีปริมาณการดูดซับเท่ากับ 5.20 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้งของเปลือกไข่ ส่วนประสิทธิภาพของเกล็ดปลาในการดูดซับตะกั่วได้สูงสุดที่ความเข้มข้น 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณการดูดซับตะกั่วเป็น 6.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง โดยประสิทธิภาพของการดูดซับ คำนวณได้จากปริมาณตะกั่วที่ถูกดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับ

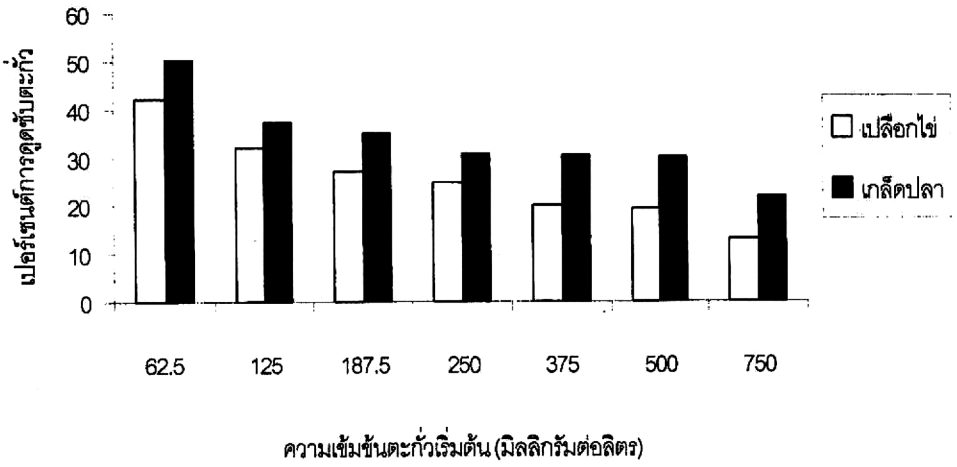


รูปที่ 3 แสดงผลความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วต่อการดูด

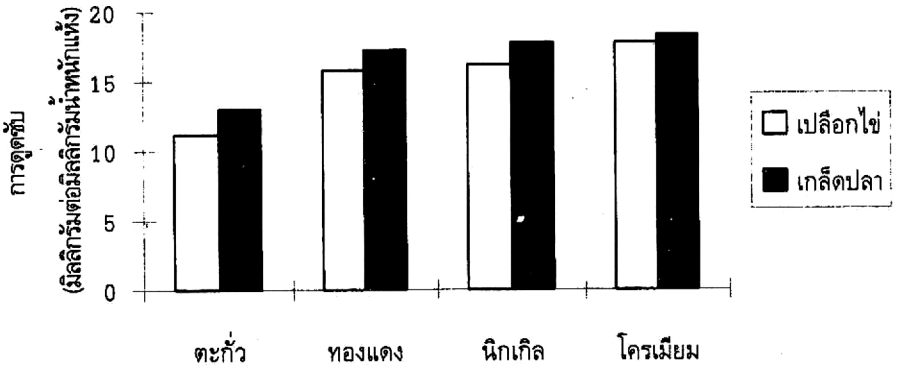
เมื่อเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซนต์การดูดซับ จากรูปที่ 4 พบว่าเปลือกไข่สามารถดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่ความเข้มข้น 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 42 เปอร์เซนต์ ส่วนเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่ความเข้มข้น 62.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 50 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่วที่มีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ระบบเข้าสู่สภาพสมดุลของการดูดซับ [6]

จากการศึกษาการดูดซับของนิกเกิลทองแดง โครเมียม เปรียบเทียบกับตะกั่วที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อใช้เปลือกไข่และเกล็ดปลาเป็นตัวดูดซับจากรูปที่ 5 พบว่าเปลือกไข่และเกล็ดปลาสามารถดูดซับโครเมียมได้ในปริมาณที่สูงกว่าทองแดง นิกเกิล และตะกั่ว ตามลำดับ เป็นเพราะว่าขนาดไอออนของโลหะหนักโครเมียมมีขนาดเล็กกว่าทองแดง นิกเกิล และตะกั่วตามลำดับ

จากการทดลองของ Kim และคณะ [6] พบว่า พอลีแซคคาร์ไรด์ที่ผลิตได้จาก *Methylobacterium organophilum* สามารถดูดซับทองแดงได้ร้อยละ 21 และดูดซับตะกั่วได้ร้อยละ 18 เมื่อใช้เวลาในการดูดซับ 30 นาที ที่พีเอช 7 Omar และคณะ [10] พบว่า การดูดซับทองแดง จะดีกว่าการดูดซับนิเกิล เมื่อใช้เปลือกถั่ว (bambara nut) เป็นตัวดูดซับเช่นเดียวกับการใช้แกนกล้วยเป็นตัวดูดซับ ซึ่งศึกษาโดย Low และคณะ [11]



รูปที่ 4 แสดงผลเปอร์เซนต์อัตราการดูดซับของตะกั่ว (Pb^{2+})



รูปที่ 5 แสดงผลเปรียบเทียบการดูดซับนิกเกิล ทองแดง โครเมียม กับตะกั่ว

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับตะกั่วโดยเปลือกไข่และเกล็ดปลา ซึ่งเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากสัตว์ โดยศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้น ระยะเวลา อัตราการดูดซับ ความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้นและการเปรียบเทียบการดูดซับของนิกเกิล ทองแดง โครเมียมพบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับของเปลือกไข่และเกล็ดปลาที่ใช้ในการดูดซับตะกั่วคือ พีเอช 4.5 ส่วนเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วที่ 80 นาที โดยเปลือกไข่สามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุด 11.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่วได้สูงสุด 13.67 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของตะกั่วเริ่มต้นที่ระดับต่างๆกันนั้น พบว่าเปลือกไข่สามารถดูดซับ

ตะกั่วที่มีความเข้มข้นถึง 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 19.80 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นร้อยละ 13.20 ของการดูดซับ ส่วนเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) ที่มีความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ 32.84 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นร้อยละ 21.90 ของการดูดซับ และความเข้มข้นเริ่มต้นของตะกั่ว 62.5 มิลลิ-กรัมต่อลิตร เปลือกไข่และเกล็ดปลาสามารถดูดซับตะกั่ว (Pb^{2+}) ได้ 5.20 และ 6.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 42 และ 50 ของการดูดซับ เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับโลหะไอออนชนิดอื่นๆ เช่น นิเกิล ทองแดง โครเมียม กับตะกั่วแล้ว จะพบว่าทั้งเปลือกไข่และเกล็ดปลาสามารถดูดซับโครเมียมได้ดีที่สุด รองลงมาคือนิเกิลและทองแดง ส่วนตะกั่วสามารถดูดซับได้น้อยที่สุด ดังนั้นทั้งเปลือกไข่ และเกล็ดปลามีความเหมาะสมดูดซับโลหะหนักที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าโลหะหนักที่มีขนาดใหญ่

5. เอกสารอ้างอิง

[1] เนาวรัตน์ สุวรรณบุณย์ และคณะ. 2533. ปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานในโรงงาน 10 แห่งเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1: 21-27.

[2] จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2537. ภัยมืดจากสารพิษ. บริษัทเชษฐสุดดิโอแอนด์กราฟิคดีไซน์จำกัด.

[3] ปฐม เลาหะเกษตร. 2540. การเลี้ยงสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] Willan,J. Stadelman, Oncen Jand. CoHerill. 1994. Egg Science and Technology. Food Products Press, Amimprint of the Haworth Press, Inc. New York.

[5] บัญญัติ มณเฑียรอาสน์. 2533. มีนวิทยา. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่.

[6] Kim, S. Y.,Kim,J.H,Kim,C.J., and Oh,D.K. 1996. Metal adsorption of the polysaccharide produced from *Methylobacterium organophilum* Biotech. Lett. 18 :1161-1164.

[7] Anus, N. N. 1999. Adsorption/Desorption of heavy metals using chitosan. J. Environ Res. 20: 10-27

[8] Fourest, E. and Roux, J. 1992. Heavy metal biosorption by fungal mycelial by-products: mechanisms and influence of pH. Appl Microbio Biotechnol. 37: 399-403.

[9] Niu, H., Xu, X.S., Wang, J. H. and Volesky, S. 1993. Removal of lead from aqueous solutions by *Penicillium biomass*. Biot. Bioeng, 42:785-787.

[10] Omar, B. S., Shalmor, M. B., and Egila, J. N. 1993. A note on the binding of Nickel and Copper ions by cellolusic meterials. Bioresource Tech. 43: 63-65.

[11] Low ,S. K., Lee, C. K., and Leo, A., C. 1995. Removal of metal from electroplating technology waste using banana pith. Bioresource Tech. 51: 227-231.