บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในสถานการณ์โลกปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี กำลังเป็นไปอย่างไม่หยุดยั้ง ในขณะที่จำนวนประชากรได้เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการผลิตและการดำรงชีวิต ผลที่ตามมาคือมีการปล่อยสารพิษต่าง ๆ สู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่ ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อันเกิดจากอุตสาหกรรมเกษตร ปิโตรเลียม อาหารและจากบ้านเรือน เป็นต้น จึงก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะปัญหามลพิษจากโลหะหนัก ซึ่งนับวันแนวโน้มของการสะสมปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมีปริมาณที่สูงขึ้น

โลหะหนักที่มีรายงานการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ ผิวดิน และสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สารหนู และสังกะสี เป็นต้น จากศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วในแม่น้ำของประเทศไทย จำนวน 35 สาย ระหว่างปี พ.ศ. 2521-2531 และเก็บตัวอย่างในแม่น้ำปัตตานี จำนวน 43 ตัวอย่าง พบว่า ร้อยละ 58.1 ของตัวอย่าง มีตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน (0.05 mg/l) และพบค่าสูงสุด 15.1 mg/l ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำดิบเพื่อการประปาขององค์การอนามัยโลก (ประนอม, 2532 อ้างโดย สิริชื่น, 2541) นอกจากนี้ จากรายงานของปรียาและคณะ (2541) พบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ในน้ำ ตะกอนดิน และพืชน้ำ (หญ้าทะเลและสาหร่าย) เป็นจำนวนมากบริเวณต่าง ๆ รอบอ่าวปัตตานี โดยพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในตะกอนดินมากที่สุด ปริมาณทองแดง สังกะสี แคดเมียม และตะกั่ว เท่ากับ 59.5, 178.3, 21.7 และ 22.3 mg/kg ตามลำดับ

การสะสมโลหะหนักเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อม เป็นผลให้มนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ต้องเสี่ยงต่อการได้รับพิษจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นซึ่งเกินกว่าสภาพตามธรรมชาติมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโลหะหนักมีความคงทน (persistent) ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางเคมี ฟิสิกส์ หรือจุลินทรีย์ จึงสามารถสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกระดับในห่วงโซ่อาหาร หากปริมาณการสะสม (bioaccumulation) นี้มีค่าสูงกว่าขีดจำกัด (threshold level) ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดแล้วจะก่อให้เกิดอาการเป็นพิษขึ้น ดังเช่น ในกรณีการเกิดโรคมินามาตะและโรคอิไตอิไต ในคนญี่ปุ่นที่บริโภคปลาที่มีการสะสมของปริมาณปรอทและแคดเมียมในระดับที่สูง เป็นต้น

ตะกั่วซึ่งมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหนักหลายรูปแบบ เช่น อุตสาหกรรมแบต-เตอรี อุตสาหกรรมต่อเรือ และอุตสาหกรรมปิโตรเลียมหลายชนิด รวมถึงพบปนเปื้อนในสารประกอบหลายชนิด (เช่น น้ำมัน และสี เป็นต้น) พบทั่วไปในรูปของโลหะซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ และพบในรูปตะกั่วอินทรีย์ (organo-lead compounds) ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นพิษสูงและมีอาการเฉียบพลัน มีผลโดยตรงต่อการทำงานของไต ระบบประสาท (central and peripheral nervous systems) และมีผลยับยั้งการ

สังเคราะห์ฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดง (Manahan, 1994) สำหรับแคดเมียม มีการใช้กันมากในอุตสาหกรรมหนักประเภท alloy preparation, metal plating และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พบว่ามีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่สำคัญในร่างกาย โดยสามารถทำให้เกิดโรคทางกระดูก (osteomalacia) และอาการไตพิการ นอกจากนี้ ถ้าสูดดมผงหรือควันของแคดเมียมออกไซด์ (cadmium oxide) อาจก่อให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อบุผนังปอด และโรคทางเดินหายใจที่เรียกว่า cadmium pneumonitis (Manahan, 1994)

ได้มีความสนใจและศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีการกำจัดโลหะหนัก ที่ปนเปื้อนในปริมาณสูงเหล่านี้จากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม วิธีการต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ การตกตะกอนด้วยสารเคมีบางชนิด (chemical precipitation) /กระบวนการออกซิเดชัน/รีดักชัน (chemical oxidation/reduction)/การระเหย (evaporation) /การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) /การแยกด้วยแผ่นเยื่อบาง (membrane separation), และ Electroplating เป็นต้น (Aderhold *et al.*, 1996) อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้มักไม่มีประสิทธิภาพและ/หรือมีราคาแพงมากเมื่อนำมาใช้กำจัดโลหะหนักที่มีอยู่ในปริมาณน้อย ๆ (< 100 mg/l) (Volesky, 1987) เมื่อเร็ว ๆ นี้ ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการกำจัดโลหะเป็นพิษที่มีปริมาณน้อย ๆ ออกจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม วิธีการหนึ่งก็คือ การดูดซับทางชีวภาพ (biosorption) โดยใช้วัสดุที่ได้จากธรรมชาติซึ่งเรียกว่า สารดูดซับชีวภาพ (biosorbent) ข้อดีของเทคนิคการดูดซับทางชีวภาพนี้คือ สามารถกำจัดไอออนของโลหะหนักที่ละลายน้ำในปริมาณน้อย ๆ ตัวดูดซับที่ใช้มีความสามารถในการดูดซับสูง มีความจำเพาะ ราคาไม่แพงและไม่มีอันตราย นอกจากนี้อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ก็ไม่ยุ่งยากซับซ้อน (Yu *et al.*, 1998)

สารดูดซับที่ตรียมได้จากธรรมชาติและจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาตินั้นได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย ยีสต์ ผงถ่าน เรซินพวก diatomaceous earth ผักตบชวา และวัสดุเหลือใช้จากเกษตรกรรมต่าง ๆ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า สาหร่ายทะเลประเภทสาหร่ายสีน้ำตาลมีสมบัติดูดซับโลหะหนักจากน้ำเสียได้มากกว่าวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ชีวภาพอื่น ๆ และสารดูดซับที่เตรียมได้จากสาหร่ายทะเลเหล่านี้ มีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักที่ใกล้เคียงหรือมากกว่าเรซินสังเคราะห์ (synthetic ion-exchange resin) อีกด้วย (Yu *et al.*, 1998)

อ่าวปัตตานีเป็นพื้นที่หนึ่งที่พบสาหร่ายทะเลจำนวนมาก ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว (เช่น *Ulva reticulata*, *Enteromorpha intestinalis*) ซึ่งยังไม่มีการใช้ประโยชน์ และสาหร่ายสีแดง (เช่น *Gracilaria fisheri*, *G. tenuistipitata*) โดยเฉพาะสาหร่ายสีแดงชนิด *Gracilaria fisheri* ชาวประมงได้เก็บเกี่ยวเพื่อเป็นอาหาร และจำหน่ายสำหรับสกัดวุ้น (algenates) ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นหากสามารถนำวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นที่สามารถหาได้ง่ายมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาการดูดซับโลหะหนัก ก็นับว่าเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดโลหะหนักได้มาก

แม้ว่าสาหร่ายชนิดต่าง ๆ มีความสามารถสูงในการดูดซับโลหะหนัก แต่การใช้งานในสภาพที่เป็น crude native biomass นั้นมีข้อจำกัด จากการที่สาหร่ายเหล่านี้มีความนุ่มมาก หลังจากการใช้งาน จะมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และ/หรือต้องผ่านกระบวนการยุ่งยากซับซ้อนในการดึง

Prince of Songkla University Pattani Campus

เอาโลหะหนักออก ปรับและเตรียมสภาพให้มีสมบัติดูดซับได้อีกครั้ง ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับสารดูดซับชีวภาพโดยเฉพาะสาหร่ายเหล่านี้ในประเทศไทย ยังมีไม่มาก ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้ทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมและถูกต้อง สำหรับการออกแบบและการผลิตในระดับมหภาค (large scale production) เพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรม ในปัจจุบันจึงยังไม่มีการผลิตสารดูดซับชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับ และการนำกลับมาใช้ใหม่ในระดับมหภาค เพื่อใช้ใน continuous flow sorption column ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นจุดสนใจที่จะนำสาหร่ายทะเลที่พบมากในอ่าวปัตตานีมาศึกษาสมบัติการดูดซับ และศึกษาการผลิตสารดูดซับชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับโลหะหนัก และใช้ได้นาน เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนัก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถดูดซับโลหะหนักของสาหร่ายทะเลชนิดต่าง ๆ ที่เก็บจากอ่าวปัตตานี
2. เพื่อพัฒนาสารดูดซับชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับโลหะหนักจากน้ำเสีย
3. ทดสอบความสามารถในการลดปริมาณโลหะหนักของสารดูดซับชีวภาพที่เตรียมได้กับน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนักที่เก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาความสามารถดูดซับโลหะหนักบางชนิดซึ่งได้แก่ ตะกั่ว ทองแดง สารหนู ของสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ที่เก็บจากอ่าวปัตตานี คือ สาหร่ายผมนาง *(Gracilaria fisheri)* สาหร่ายผักกาด (*Ulva* sp.) และสาหร่ายไส้ไก่ (*Chaetomorpha* sp.) ที่สภาวะต่าง ๆ คือ ความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนัก และ pH ของสารละลายที่เหมาะสม ศึกษาความสามารถดูดซับโลหะหนักแบบ Batch equilibrium system เปรียบเทียบกับแบบ Continuous flow system รวมทั้งศึกษาจลนศาสตร์การดูดซับโลหะหนักของสาหร่าย ศึกษาวิธีการเตรียมสารดูดซับชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับโลหะหนัก โดยการปรับสภาพพื้นผิวด้วย 37% formaldehyde และการปรับสภาพด้วย 0.2 M $CaCl_2$ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการ และความสามารถดูดซับโลหะหนักของวัสดุที่ปรับสภาพแล้ว รวมถึงการทดสอบความสามารถลดปริมาณโลหะหนักกับน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ทางเคมี ด้านความสามารถดูดซับทางชีวภาพของสาหร่าย และการผลิตสารดูดซับชีวภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางวิชาการของมหาวิทยาลัย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
2. เป็นแนวทางในการผลิตสารดูดซับชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับโลหะหนัก และการนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม
3. สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตสารดูดซับชีวภาพจากวัสดุจากธรรมชาติชนิดอื่น ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมตลอดจนการอนุรักษ์ธรรมชาติอีกทางหนึ่งด้วย

Prince of Songkla University Pattani Campus