บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพกากตะกอนจากอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติในบ่อพักน้ำ ซึ่งรองรับน้ำที่ปล่อยออกจากกระบวนการผลิตโดยตรง ในบริเวณที่ 1 ซึ่งเป็นกากตะกอนที่ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน และมีการสะสมจนเป็นชั้นหนา พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.7^{o}C ค่า pH 7.15 ค่าความชื้นร้อยละ 81.90 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีมีค่าเท่ากับ 1.97×10^{3}, 1.81×10^{2}, 15.03 และ 1.12×10^{5} mg/kg และบริเวณที่ 2 ซึ่งเป็นกากตะกอนที่เพิ่งปล่อยออกจากกระบวนการผลิต พบว่าอุณหภูมิ (29.3^{o}C) และ ค่า pH (7.68) ใกล้เคียงกับบริเวณที่ 1 ค่าความชื้นต่ำกว่ากรณีบริเวณที่ 1 (ร้อยละ 48.85) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีมีค่าต่ำกว่าบริเวณที่ 1 (9.05×10^{2},1.08×10^{2}, 4.04 และ 4.49×10^{4} mg/kg ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณสังกะสีมีค่าเกินค่ามาตรฐานของสังกะสีในกากตะกอน (7,500 mg/kg)

จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) เบื้องต้นของสังกะสีในรูป ZnO ต่อหนอนแดง (*Chironomus calipterus* (Kieffer)) ในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำกรอง ได้ค่าความเข้มข้นของสังกะสีที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% (LC_{50}) ที่ 96 hr เท่ากับ 5.90 mg/L และค่าเวลาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย 50% (LT_{50}) มีค่าลดลงจาก 103.01 hr เป็น 62.31 hr เมื่อความเข้มข้นของสังกะสีเพิ่มขึ้นจาก 4.79 mg/L ไปเป็น 14.76 mg/L

ทำการคัดแยกจุลินทรีย์จากกากตะกอนบริเวณที่ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน และมีการสะสมจนเป็นชั้นหนา (บริเวณที่ 1) สามารถคัดแยกจุลินทรีย์ได้ 5 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมบวกจำนวน 2 ไอโซเลต คือ ไอโซเลต A มีรูปร่างแบบแท่ง (Bacillus) และไอโซเลต B มีรูปร่างกลม (Coccus) ที่มีความสามารถในการลดปริมาณสังกะสีได้ใกล้เคียงกัน (49-54%) เมื่อใช้ความเข้มข้นของสังกะสีเริ่มต้น เท่ากับ 10 และ 20 mg/L (แบคทีเรียไอโซเลต A ลดได้ 54.14% และ 48.81% ไอโซเลต B ลดได้ 52.89% และ 49.48% ตามลำดับ) อีก 3 ไอโซเลตเป็นแบคทีเรียแกรมลบ คือ ไอโซเลต C มีรูปร่างแบบแท่ง (Bacillus) ท่อนสั้น ไอโซเลต D มีรูปร่างแบบแท่ง (Bacillus) ท่อนยาว และไอโซเลต E มีรูปร่างกลม (Coccus) โดยความสามารถในการลดสังกะสีของไอโซเลต C ที่ได้ใกล้เคียงกับไอโซเลต A และ B ที่ความเข้มข้นของสังกะสีเริ่มต้น 10 และ 20 mg/L (51-54%) ไอโซเลต D มีประสิทธิภาพในการลดต่ำที่สุด (26-33%) และสำหรับไอโซเลต E มีร้อยละการลดสังกะสีค่อนข้างสูงที่ความเข้มข้นของสังกะสีเริ่มต้น 10 mg/L (61.18%) แต่ที่ความเข้มข้นของ

สังกะสีเริ่มต้น 20 mg/L มีร้อยละการลดต่ำกว่ามาก (42.56%) แบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลตจะมีประสิทธิภาพในการลดสังกะสีได้ดีในช่วง 24-72 hr โดยจุลินทรีย์ไอโซเลต C สามารถลดสังกะสีในสารละลายได้ดีที่สุด

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของสังกะสีรวมจากกากตะกอนต่อหนอนแดงก่อนลดด้วยจุลินทรีย์สามารถคำนวณค่า LC_{50} ที่ 96 hr เท่ากับ 9.50 mg/L สำหรับหลังการลดปริมาณสังกะสีโดยจุลินทรีย์ไอโซเลต C คำนวณค่า 96-h LC_{50} ได้เท่ากับ 10.64 mg/L ความเป็นพิษของสังกะสีจากกากตะกอน ทั้งก่อน และหลังลดด้วยจุลินทรีย์ไอโซเลต C มีค่าน้อยกว่าสังกะสีในรูป ZnO ที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนรูปของสังกะสี และสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำที่แตกต่างกัน จุลินทรีย์นอกจากมีส่วนช่วยในการลดปริมาณสังกะสีที่ละลายในน้ำแล้ว ยังมีผลทำให้หนอนแดงตอบสนองต่อสังกะสีได้ลดลง ดังนั้นกากตะกอนหรือน้ำเสียที่ออกจากโรงงานหากมีการกำจัดปริมาณของสังกะสีที่ปนเปื้อนอยู่ ด้วยจุลินทรีย์ก่อนในเบื้องต้นจะมีส่วนช่วยในการลดความเป็นพิษของสารละลายสังกะสีต่อสิ่งมีชีวิตตามแหล่งน้ำในสิ่งแวดล้อมได้

จากผลการทดลองนี้สามารถนำกากตะกอนที่เป็นของเสียไปประยุกต์ใช้ในด้านเกษตรกรรม คือใช้ในการเพาะปลูก โดยนำกากตะกอนมาเจือจางให้มีปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ก่อนนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปนเปื้อนของปริมาณสังกะสีที่เกินค่ามาตรฐาน และเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากตะกอนที่เป็นของเสียไม่ใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการศึกษานี้ไปใช้เป็นแนวทางในการบำบัดโลหะสังกะสีโดยวิธีการทางชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนของสังกะสีในกากตะกอนในปริมาณสูง รวมถึงการประเมินความเสี่ยงของสังกะสีต่อสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำซึ่งปนเปื้อนสังกะสีในปริมาณสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น เกี่ยวกับความเป็นพิษของสังกะสีต่อหนอนแดง และการกำจัดสังกะสีรวมจากกากตะกอนภายในห้องปฏิบัติการ หากนำไปประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณสังกะสีในกากตะกอน และศึกษาความเป็นพิษจากพื้นที่จริง ควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จำแนกชนิดของจุลินทรีย์ในระดับสปีชีส์ และศึกษาเชื้อเหล่านี้ทั้งแบบจุลินทรีย์เดี่ยวและ จุลินทรีย์ผสม ศึกษาระยะเวลา และปริมาณสังกะสีเริ่มต้น รวมถึงช่วงการเจือจางที่เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางในการนำจุลินทรีย์ในลักษณะเดี่ยวและแบบผสมซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการลดสังกะสีไปใช้บำบัดสังกะสีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมต่อไป
2. ความเป็นพิษแบบกึ่งเรื้อรัง (Subchronic toxicity) จากการได้รับโลหะสังกะสีปริมาณน้อยเป็นระยะเวลานานของสิ่งมีชีวิตในน้ำในด้านการเจริญเติบโต วงจรชีวิต การวางไข่ และความผิดปกติของตัวอ่อน
3. ความเป็นพิษของสังกะสีต่อสัตว์น้ำชนิดอื่น ที่มีความไวของการตอบสนองต่อสังกะสีได้ดีที่สุดเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการประเมินถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ
4. ความเป็นพิษของสังกะสีร่วมกับโลหะหนักชนิดอื่นที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ รวมถึงผลของปัจจัยอื่นๆ เช่นอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณธาตุอาหาร ตลอดจนลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ เพื่อให้สามารถประเมินความเป็นพิษของสังกะสีในแหล่งน้ำได้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด