Ubon Rajathanee University

รายการวิจัย

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าโดยอาศัยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

Treatment of Wastewater from Textile Industries by Waste Product from Agriculture Sector

หัวหน้าโครงการ : ผศ.ดร.ไพรัตน์ แก้วสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
หมวดเงินอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2546

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

Abstract

Adsorption of textile dyes by using natural biomass may be used for wastewater treatment. This research compared six natural adsorbents derived from by – products of agricultural products such as pineapple skin , sugar cane , banana skin , straw , rice husk and cassava . The result showed that cassava had highest textile dyes uptake capacity among the adsorbents studied. Systematic study . including kinetics study, adsorption and desorption as well as fixed bed study has been conducted by using cassava as the biosorbent . The results showed that its uptake capacity has shown an interesting potential to be developed for practical use in the industrial sector. However, the study to understand how to maintain its process stability is needed . This is due to during the course of the research found that biomass weight reduction has been found .

บทคัดย่อ

การดูดซึมสีย้อมผ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชีวมวลที่ได้มาจากธรรมชาติอาจใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียของระบบได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวัสดุธรรมชาติจากภาคการเกษตรอาทิ เปลือกสับปะรด , กากอ้อย , เปลือกกล้วย , ฟางข้าว , แกลบ และมันสำปะหลัง ซึ่งพบว่า มันสำปะหลัง สามารถดูดซึมสีย้อมผ้าชนิด CIBACRON ORANGE C-3R ได้ดีกว่าวัสดุธรรมชาติอื่น ๆจึงได้ทำการศึกษาครบวงจรในเรื่องปฏิกิริยาการดูดซึม รวมทั้งผลของพารามิเตอร์ซึ่ง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซึมสีย้อมโดยใช้วัสดุธรรมชาติชนิดนี้ จากผลการทดลองพบว่ามีความเป็นไปได้ในการดูดซึมสีย้อม แต่อย่างไรก็ตามการเสื่อมสลายของวัสดุธรรมชาติเกิดขึ้นรวดเร็วมากและการใช้สารเคมีและกระบวนการเตรียมวัสดุให้เหมาะสมก็ไม่สามารถช่วยให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงได้ และเมื่อนำวัสดุธรรมชาตินี้มาดูดจับสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งจริงยิ่งพบว่าให้ค่าความสามารถในการดูดจับต่ำมาก (ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์) งานวิจัยนี้จึงเสนอแนะให้ทำการวิจัยเพิ่มในการการคงสภาพของชีวมวลต่อไป เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการใช้งานต่อไป.

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

Executive Summary

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้ชีวมวลจากธรรมชาติอาจถูกนำมาใช้งานทำให้การลดปริมาณสีย้อมที่ปนเปื้อนออกมาจากกระบวนการผลิตได้ งานนี้ได้ทำการศึกษาการดูดจับสีย้อมชนิด CIBACRON ORANGE C-3R ซึ่งมีการใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ชีวมวล 6 ชนิด ที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมและมีราคาต่ำ ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบเบื้องต้น พบว่ามันสำปะหลังให้ค่าความสามารถในการดูดจับสีย้อมชนิดนี้สูงกว่าชีวมวลอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษา งานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมให้ครบวงจรโดยใช้มันสำปะหลังเป็นสารดูดซึม พบว่าค่า pH ของสารละลายมีผลต่อการดูดจับสีย้อม และค่า pH ตั้งแต่ 4.5 – 9 ให้ค่าการดูดจับสีย้อมที่ค่อนข้างสูงแต่ค่า pH ที่ต่ำกว่า 4.5 การดูดจับจะมีประสิทธิภาพต่ำมาก ปฏิกิริยาของการดูดจับเกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็วคือประมาณ 90 % ของการดูดซึมเกิดขึ้นในช่วงประมาณ 35 นาที และปฏิกิริยาดูดจับสมบูรณ์จะเกิดขึ้นเมื่อใช้เวลาประมาณ 45 นาที ของการสัมผัสกันระหว่างมันสำปะหลังและสารละลายที่มีสีย้อมปนเปื้อนอยู่ และการศึกษายังพบอีกว่าหากมีสารเคมีกลุ่มอิออนอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่ในระบบจะทำการดูดจับของมันสำปะหลังต่อสีย้อมลดลงมากกว่าเดิม ส่วนอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบใดๆต่อประสิทธิภาพของบการดูดซึม อนึ่งการดูดซึมที่ศึกษาในคอลัมน์แบบ Fixed bed นั้น ชีวมวลสามารถทำงานได้แต่อัตราการทำให้สารละลายเจือจางลงนั้นได้ค่อนข้างต่ำคือ ประมาณ 0.1 ลิตร เท่านั้น

ส่วนในการศึกษาในเรื่องการละลายเอาสีย้อมออกจากชีวมวลนั้นก็ได้ทำการศึกษาเช่นกันเพราะนับเป็นส่วนสำคัญมากในกรณีที่ต้องการใช้ชีวมวลหลายๆ รอบของการใช้งานและพบว่ากรดเกลือและกรดซัลฟุริกมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการชะล้างชีวมวลหลังจากมีการใช้งานแล้ว

อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบว่าปัญหาใหญ่ของการพัฒนาชีวมวลเพื่อใช้งานนั้นก็คือการสูญเสียเนื้อของชีวมวลในระหว่างการทดลอง ซึ่งพบว่ากว่า 20 % ของเนื้อชีวมวลจะหายไปหลังจากการทดลอง ซึ่งปรากฏการณ์นี้ส่งผลให้เกิดความไม่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะเกิดผลสองประการใหญ่ๆ คือ (1) ประสิทธิภาพของการดูดจับสีย้อมจะลดลงมากหากมีการใช้งานหลายๆรอบ ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานในรูปแบบอุตสาหกรรมจริง และ (2) ทำให้ต้องเกิดภาระการบำบัดน้ำเสียในระบบอีก เพราะเนื้อชีวมวลที่สูญเสียไปจะต้องหลุดไปสู่ระบบในขั้นต่อไป ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดเพิ่มเติมมาอีก รวมทั้งการใช้พลังงานเพื่อการนี้ก็จะเพิ่มตามมาอย่างแน่นอน

กล่าวโดยสรุปแล้วโดยความสามารถของมันสำปะหลังสำหรับการดูดจับสีย้อมชนิด CIBACRON ORANGE C-3R นั้นมีค่อนข้างพอเหมาะแต่การพัฒนาเรื่องความคงทนต่อสภาวะของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกก่อนที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมจริงๆ และการทดลองใช้วัสดุธรรมชาติชนิดนี้กับน้ำทิ้งจริงจากโรงงานพบว่าให้ค่าความสามารถในการดูด

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

จับสารปนเปื้อนได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งน่าจะมาจากการที่ต้องดูดจับสารปนเปื้อนที่มีหลากหลายองค์ประกอบนั่นเอง และหากสามารถทำการวิจัยจนพบวิธีการรักษาเสถียรภาพไม่ให้เกิดความสูญเสียเนื้อชีวมวลได้ก็จะมีความเป็นไปได้สูงมากที่เดียวที่จะเป็นที่สนใจจากภาคอุตสาหกรรม

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สารบัญ

Abstraet

บทคัดย่อ

Executive Summary

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ผลการวิจัยที่ผ่านมา 3

2.1 บทนำ 3

2.2 สีย้อมและแหล่งกำเนิด 3

2.3 ปัญหาที่มีสีย้อมอยู่ในระบบสิ่งแวดล้อม 3

2.4 เทคโนโลยีการบำบัดสีย้อมจากน้ำทิ้ง 4

2.5 วัสดุธรรมชาติกับการดูดซึม 6

2.6 การใช้วัสดุธรรมชาติที่แห้ง 6

2.7 การดูดซึมโดยใช้ชีวมวลแห้ง 6

2.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ Biosorption 7

2.9 สารดูดซึมจากวัสดุธรรมชาติกับข้อพิจารณาทางวิศวกรรม 8

2.10 บทสรุปการตรวจเอกสาร 8

บทที่ 3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ 10

3.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ 10

3.2 ขอบเขตของโครงการ 11

3.3 ข้อจำกัดของโครงการ 12

บทที่ 4 วิธีทำการทดลอง 13

4.1 ภาพรวมของวิธีทำการทดลอง 13

4.2 วิธีทำการทดลอง 14

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 5 ผลการทดลองและบทวิจารณ์ 16
5.1 บทนำ 16
5.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมสีย้อมของวัสดุธรรมชาติ 16
5.3 การดูดซึมสีย้อมโดยใช้มันสำปะหลัง 18
5.4 การศึกษาการดูดซึมสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งจริง 36

บทที่ 6 สรุปและเสนอแนะ 41
6.1 สรุปผลการทดลอง 41
6.2 ข้อเสนอแนะ 41

บทที่ 7 เอกสารอ้างอิง 43

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 1
บทนำ

ในช่วงที่ผ่าน ๆ มามีการพัฒนาและทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัสดุธรรมชาติที่ใช้สำหรับกำจัดสีย้อมจากน้ำทิ้งมากมาย ซึ่งมีความต้องการที่จะนำเศษวัสดุธรรมชาติมาทดแทนการใช้สารเคมีหรือกรรมวิธีการกำจัดสีย้อมจากน้ำทิ้งและ การดูดซึมสีย้อมออกจากน้ำทิ้งเป็นปัญหาอย่างยิ่งเพราะหากปล่อยสีย้อมลงสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติก็จะเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาทำให้พืช สัตว์ และมนุษย์ที่บริโภคและอุปโภคน้ำในแหล่งนั้น ๆ ได้รับโรคภัยไข้เจ็บได้ (Meechan และ คณะ, 2000); Walker และ Weatherley, 2000; Figueiredo และ คณะ, 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอจะมีสี สารเคมีที่ซับซ้อน และบางครั้งก็ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยกระบวนการทางชีวภาพ (non-degradable by biological process) รวมทั้งหากแหล่งน้ำที่รองรับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นแหล่งน้ำดิบในการทำน้ำประปาด้วยแล้ว การบำบัดน้ำเสียขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะไม่เพียงพอในการบำบัดน้ำทิ้งต้องมีการนำเอาการบำบัดน้ำเสียขั้นตติยภูมิเข้ามาดูดซึมหรือบำบัดน้ำทิ้งที่มีสีย้อมในปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำ ๆ ทำให้ต้นทุนในการบำบัด น้ำทิ้งที่มีสีย้อมในปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำ ๆ ในการบำบัดน้ำทิ้งสูงขึ้นไปอีก (Malik และ Taneja, 1994) ซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้ โดยหลักการการเก็บค่าบำบัดน้ำทิ้งที่ว่า "ผู้ผลิตเป็นผู้จ่ายค่าบำบัด" จะเห็นว่าต้นทุนในการบำบัดน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมสิ่งทอต้องเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การบำบัดน้ำทิ้งที่มีสีย้อมอยู่ในน้ำเสียโดยใช้ต้นทุนต่ำ นับยังเป็นปัญหาอยู่มาก สำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ (Ramakrishna และ Viraraghavan, 1997; Hu, 1992) ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ อาทิ การดูดซึม (Adsorption), การรวมตะกอนหรือตกตะกอน (Co-aggulation-flocculation), การออกซิเดชั่น (Oxidation), การกรอง (Filtration) (Lin และ Peng, 1994, 1996; Calabro และ คณะ, 1991) สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อม แต่เทคโนโลยีเหล่านี้ก็ยังค่อนข้างจะแพงทั้งในแง่การควบคุมและปฏิบัติการเป็นต้นว่าวิธีการดูดซึมที่ใช้ Activated Carbon ที่ใช้การแพร่หลายแต่ราคาของผงถ่านก็มีราคาสูงมาก

ดังนั้นแนวคิดที่จะหาวัสดุทดแทนที่มีราคาต่ำกว่าและมีความสามารถในการดูดซึมสีย้อมได้ดีกว่าหรือเทียบเท่าก็ได้ผลักดันให้เกิดการวิจัยมากมายเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ผนวกกับเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่า Biosorption ก็ยิ่งทำให้เกิดความเป็นไปได้ยิ่งขึ้น โดยเทคโนโลยี Biosorption จะเป็นการใช้วัสดุธรรมชาติมาดูดซึมเอาสีย้อมจากน้ำทิ้งออกไป โดยมีงานวิจัยยืนยันถึงความสำเร็จ เช่น งานของ Modak และ คณะ (1995) หรือ White และ คณะ (1995) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการค้นคว้าวิจัยในการนำเอาวัสดุธรรมชาติที่มีในประเทศไทย มาใช้ในด้านการดูดสีย้อมดังกล่าว จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะทำการศึกษา เพื่อค้นคว้าหา

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

คุณลักษณะของวัสดุธรรมชาติที่เรามีอยู่เปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากต่างประเทศ หากวัสดุธรรมชาติของเรามีความสามารถใกล้เคียงหรือสูงกว่าก็ย่อมจะเป็นผลดีต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอได้ รวมทั้งยังเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาสารดูดซึมสีย้อมจากวัสดุธรรมชาติ ภายในประเทศอีกด้วย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยเป็นไปตามหลักวิชาในการศึกษาครั้งนี้จะรวมไปถึงการศึกษากลไกการดูดซึมสีย้อม ผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ pH และปัจจัยอื่น ๆ ศึกษาปฏิกิริยาการดูดซึมแบบ Batch รวมทั้งการศึกษาใน fixed bed อีกด้วย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 2
ผลการวิจัยที่ผ่านมา

2.1 บทนำ

ในเนื้อหาบทนี้จะเป็นการศึกษาและค้นคว้า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนว่ามีการศึกษามาก่อนหรือไม่สำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้วัสดุธรรมชาติซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยในโครงการนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนกับงานวิจัยอื่นๆ รวมทั้งได้ใช้ผลงานวิจัยอื่นๆ ที่มีผลสรุปชัดเจนแล้วมาเป็นฐานความรู้บางส่วนสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไป

2.2 สีย้อมและแหล่งกำเนิด

อุตสาหกรรมสิ่งทอได้ใช้สีย้อมในกระบวนการผลิตเพื่อทำให้เกิดลวดลายตามที่ผู้บริโภคต้องการมาโดยตลอด ซึ่งสีย้อมที่ใช้ก็จะมีองค์ประกอบและลักษณะทางเคมีและกายภาพแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อผ้าและลวดลาย รวมทั้งเทคโนโลยีในการพิมพ์ลวดลาย ดังนั้นลักษณะรูปแบบของสีย้อมที่หลุดออกมากับน้ำทิ้งอุตสาหกรรมก็จะมีหลากหลายรูปแบบอาทิ สีย้อมในลักษณะอินทรีย์ อนินทรีย์ หรือ สีย้อมที่ทำปฏิกิริยากับสีย้อมตัวอื่น ๆ หรือสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อสีย้อมเหล่านี้ถูกปล่อยเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยแหล่งน้ำนั้นบริโภคและเป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งในบางครั้งสภาวะแวดล้อมของระบบนิเวศน์เองก็ยังเป็นตัวปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยแหล่งน้ำนั้นบริโภค และเป็นที่อยู่ ซึ่งในบางครั้งสภาวะแวดล้อมของระบบนิเวศน์เองก็ยังเป็นตัวปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงมากขึ้นกว่าเดิมอีกเป็นต้น

2.3 ปัญหาที่มีสีย้อมอยู่ในระบบสิ่งแวดล้อม

ปัญหาที่สีย้อมได้แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เด่นชัดมากก็คือ การที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยหรือบริโภคน้ำ บางครั้งสีย้อมที่มีระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็จะสามารถแสดงความมีพิษได้รุนแรง ซึ่งระดับความรุนแรงก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อม รวมทั้งปริมาณที่ถูกปล่อยลงในน้ำทิ้ง เป็นต้น การได้รับการสะสมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อย ๆ แต่เป็นระยะนาน ๆ ก็ส่งผลต่อสุขภาพด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม การสำรวจผลงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องในบทนี้ ไม่ได้ลงในรายละเอียดเกี่ยวกับพิษภัยของสีย้อมที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้งมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์สัตว์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เพราะเกินขอบเขตของงานในการวิจัยในครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามผู้อ่านสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้หากสนใจพิษภัยที่จะเกิดขึ้นโดยผู้อ่านต้องทราบถึงองค์ประกอบหลักของสีย้อมและสภาพที่อยู่ในน้ำทิ้งว่ามีโครงสร้างและลักษณะเช่นไร และก็จะสามารถทราบปัญหาต่อสุขภาพได้ และ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

โดยทั่วไปและอาการเจ็บป่วยที่จะมีก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะการได้รับสารพิษนั้นๆ และการสะสมและภูมิต้านทานของผู้คนเป็นต้น

2.4 เทคโนโลยีการบำบัดสีย้อมจากน้ำทิ้ง

เนื่องจากกฎหมายควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง ได้มีการกำหนดมาตรฐานที่ชัดเจนว่าน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมต้องมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามกฎหมายควบคุมเสียก่อน จึงจะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณได้ ดังนั้นน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอจำต้องทำการบำบัดก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ระดับของการบำบัดอาจจะขึ้นอยู่กับว่าโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านั้นอยู่ภายใต้กฎหมายควบคุมมากน้อยเพียงไร ซึ่งจำต้องบำบัดจนมีความเข้มข้นที่ต่ำมาก ๆ ก็อาจจะต้องใช้หลาย ๆ เทคโนโลยีหรือ วิธีในการบำบัด โดยเทคโนโลยีที่มีการใช้อยู่ก็คือ

2.4.1 การตกตะกอน (Chemical Precipitation)

การทำให้ตกตะกอนของสีย้อมหรือสิ่งตกค้างแขวนลอยมากับน้ำทิ้งนั้นจะอาศัยการเติมสารเคมีบางชนิด เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารแขวนลอยนั้น ๆ ทำให้เกิดการตกตะกอน (Kalin, 1997) สารเคมีที่ใช้โดยทั่วไป อาทิ โซดาไฟ ปูนขาว โซเดียมซัลไฟด์ เป็นต้น การทำให้สารแขวนลอยมักจะต้องใช้กระบวนการ Sedimentation เข้าร่วมในการบำบัดน้ำเสียเสมอ โดยจะมีถังตกตะกอนขนาดใหญ่ โดยการตกตะกอนก็จะอาศัยแรงดึงดูดของโลกเข้าช่วยตะกอนที่อัดแน่นก็จะตกลงสู่ด้านล่างของถังตกตะกอน ส่วนน้ำทิ้งก็จะมีความบริสุทธิ์ขึ้น

กระบวนการตกตะกอนโดยสารเคมีแล้วตามด้วยการตกตะกอนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงนี้จะเหมาะกับกระบวนการที่มีความเข้มข้นของสารแขวนลอยสูงในน้ำทิ้ง แต่หากมีความเข้มข้นต่ำ ๆ แล้วอาจจะต้องใช้เวลาค่อนข้างนานในการตกตะกอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการแขวนลอยที่ซับซ้อนหรือมากกว่าหนึ่งชนิดแล้ว ก็อาจจะต้องหาสภาวะที่เหมาะสมใหม่ เพราะสารแขวนลอยแต่ละชนิดอาจจะมีสภาวะที่ถูกทำให้ตกตะกอนได้ดีในสภาวะที่แตกต่างกัน

2.4.2 การกำจัดโดยอาศัยศักย์ไฟฟ้าเคมี

วิธีนี้จะสามารถกำจัดสีย้อมหรือส่วนผสมที่ติดมากับน้ำทิ้งได้ หากสีย้อมและส่วนผสมนั้นมีองค์ประกอบของสีย้อมเป็นโลหะ วิธีการก็คือจะมีขั้วบวกและขั้วลบที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่วงจรโลหะที่เป็นส่วนผสมของสีย้อมก็จะวิ่งไปจับ ณ ที่ขั้วทำให้สามารถลดปริมาณสีย้อมจากน้ำทิ้งได้ รวมทั้งหากสีย้อมมีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ ก็จะไม่คุ้มในทางเศรษฐศาสตร์

2.4.3 การแยกโดยใช้เยื่อบาง (Membrane Separation)

กระบวนการแยกสารแขวนลอยโดยใช้เยื่อบางมีอาทิ Microfiltation, ultra filtration และ Osmosis แบบย้อนกลับ (Solt และ Shirley, 1991) แต่การแยกโดยใช้เยื่อบางส่วนใหญ่จะไม่สามารถ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

นำมาใช้กับการบำบัดสีย้อมจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากมีความต้องการกระบวนการเตรียมการก่อนการบำบัดมากมายอาทิ กระบวนการลดกรดหรือไขมันที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งออกเสียก่อน เป็นต้น

2.4.4 ผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ผงถ่านกัมมันต์ได้ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถกำจัดหรือแยกสารอินทรีย์ออกมาน้ำทิ้งได้ แม้จะมีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ ก็ตาม (Montgomery, 1985) ผงถ่านจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบเป็นฝุ่นผงแบบเป็นเม็ด แต่ลักษณะที่เป็นเม็ดจะได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากสะดวกและเหมาะสมกับการใช้ในอุปกรณ์ต่าง ๆ แต่พารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยที่ควบคุมความสามารถในการดูดซึม คือ pH, อุณหภูมิ, การปนเปื้อนของกรดและด่างชนิดอื่นความเข้มข้นของสีย้อม เป็นต้น การดูดซึมที่เกิดขึ้นของผงถ่านกัมมันต์ก็โดยอาศัยแรงดึงดูดที่ผิวของผงถ่านมีต่อสารแขวนลอยที่จะดูดซึม แต่ข้อเสียที่มีอยู่ของผงถ่านกัมมันต์ก็คือราคายังคงมีราคาแพงอยู่

2.4.5 Ion exchange

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ใช้ผงดูดซึมที่มีประจุลบหรือบวก เพื่อดูดซึมเอาสารแขวนลอยที่มีประจุตรงกันข้าม ซึ่งสามารถดูดซึมได้ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์โดยทั่วไป กระบวนการนี้ยังสามารถทำให้ย้อนกลับได้หากเราสามารถบังคับประจุไฟฟ้าของผงดูดซึมใหม่ได้ ซึ่งเป็นผลดีอย่างยิ่งต่อการใช้ผงดูดซึมหลาย ๆ ครั้ง แต่จะมีข้อเสียคือมีราคาของผงดูดซึมชนิดนี้ซึ่งมีราคาสูงมาก (Blanclanrd, 1984)

2.4.6 การทำให้ระเหยเป็นไอ (Evaporation)

เทคโนโลยีนี้เป็นวิธีที่ง่าย กล่าวคือทำให้น้ำทิ้งกลายเป็นไอไป แต่ค่าใช้จ่ายในเรื่องพลังงานสูงมาก รวมทั้งสีย้อมที่กลายเป็นไอ อาจก่อให้เกิดมลพิษอย่างอื่น ๆ ตามมาดังนั้นจึงไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้

2.4.7 Biosorption

นับเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับการพัฒนามาเป็นระยะหนึ่ง โดยอาศัยหลักการที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ ทั้งที่ในรูปที่มีชีวิตและถูกทำให้แห้งตายมาใช้ในการดูดซึมสารแขวนลอยต่าง ๆ เพราะโดยปกติและเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีความสามารถในการดูดซึมหรือสะสมของเสียอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่เป็นการแปลกเลยที่จะนำเอาวัสดุธรรมชาติมาเป็นตัวดูดซึมสีย้อมจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยสิ่งทอจากธรรมชาติ เช่นผ้าฝ้าย ผ้าไหม ก็ได้แสดงความสามารถในการดูดซึม สีย้อมบนเนื้อผ้าให้เห็นอยู่เป็นปกติ Phillips (1997) และ Sakaguchi และ Nakgjima (1991) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตสามารถดูดซึมสารแขวนลอยจากสิ่งแวดล้อมได้ โดยปริมาณที่สามารถดูดซึมได้ก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบ และกลไกการดูดซึมเป็นต้น หลักการของ Biosorption ได้นิยามว่า เป็นการดูดซึมเอาอนุภาค สารประกอบ สารแขวนลอย โดยวัสดุธรรมชาติ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีและกายภาพ (Kratochvil และ Volesky, 1998; Veglio และ Bellchini, 1997). ซึ่งโครงการวิจัยนี้จะใช้เทคโนโลยีนี้เป็นหลักในการพัฒนาตัวดูดซึมสำหรับสีย้อม ซึ่งข้อดีและรายละเอียดต่าง ๆ จะอธิบายเพิ่มเติมต่อไป

2.5 วัสดุธรรมชาติกับการดูดซึม

โดยปกติแล้วเซลล์ของพืชและสัตว์จะทำการดูดซึมองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าสู่ภายในเซลล์โดยผ่านทางผนังของเซลล์ (Birnbaum และ คณะ, 1982) งานทางด้านการบำบัดน้ำเสียได้มีการทดลองนำเอาวัสดุธรรมชาติหลากหลายชนิดเพื่อทำการดูดซึมองค์ประกอบต่าง ๆ ออกจากน้ำทิ้งเพื่อให้ได้ระดับมาตรฐานตามที่กฎหมายแต่ละประเทศกำหนดไว้ ตัวอย่างของวัสดุธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย (Doyle และคณะ, 1980) ฟังไจ (Huang และ คณะ, 1996) ยีสต์ (Niu และคณะ, 1993) สาหร่ายทะเล (Aderhold และคณะ, 1996) และวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ ที่มีราคาสูงมากและเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต เช่น เห็ด (Muraleedharun และคณะ, 1995) มอส (Thierry และคณะ, 1986) ผักตบชวา (Prakash และคณะ. 1987) แต่อย่างไรก็ตาม วัสดุธรรมชาตินั้นมีมากมายหลายชนิด ดังนั้นการศึกษาเพื่อค้นหาวัสดุธรรมชาติที่สามารถดูดซึมสีย้อมได้นั้น ก็น่าจะได้รับความสนใจพัฒนาต่อไปยิ่งขึ้น

2.6 การใช้วัสดุธรรมชาติที่แห้ง

โครงการวิจัยนี้ถึงแม้จะเป็นการใช้วัสดุธรรมชาติ เพื่อพัฒนาเป็นสารดูดซึมสีย้อมแต่เป้าหมายหลักจะใช้วัสดุในรูปแบบที่ตายแล้วไม่ใช้ในลักษณะของการเลี้ยงให้เจริญเติบโตและทำการดูดซึมสีย้อม เพราะการที่ได้วางเป้าเช่นนี้ก็เนื่องมาจากข้อดีของวัสดุธรรมชาติแห้งดังนี้

2.6.1 ไม่จำเป็นต้องให้ปุ๋ยหรือสารอาหารเพื่อเลี้ยงพืชที่นำมาใช้

2.6.2 ไม่จำเป็นต้องรักษาสภาวะที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีไว้

2.6.3 สามารถใช้สารเคมีดูดซึมอีกทีจากสารดูดซึมที่พัฒนาหรือแม้แต่นำมาเผาให้เกิดเป็นพลังงาน

2.6.4 ผลของสารพิษอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนมาไม่ทำให้สารดูดซึมต้องตายหรืออื่น ๆ

2.6.5 สามารถพัฒนารูปทรงทางกายภาพของสารดูดซึมได้ เพื่อให้กับการปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรมได้

2.7 ดูดซึมโดยใช้ชีวมวลแห้ง

2.7.1 การสะสมของสารปนเปื้อนโดยชีวมวลที่ยังมีชีวิตอยู่

กลไกการลดปริมาณโลหะหนักหรือสารปนเปื้อนโดยชีวมวลที่มีชีวิตอยู่นั้น ได้มีการทดลองและศึกษามากมายโดยเฉพาะในเรื่องของการนำมาใช้กับการบำบัดน้ำเสีย (Birnbaum และคณะ ,1982) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาของสารพิษต่าง ๆ ทำให้ชีวมวลเหล่านั้นตายไปได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในการปฏิบัติงานในลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลาและอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้การใช้ชีวมวลที่ยังมีชีวิตอยู่นั้นมาใช้ก็คือ โลหะหนักหรือสารปนเปื้อนบางชนิดมีพิษและ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ผลกระทบโดยตรงต่อชีวมวล (Gadd, 1990) แต่ข้อดีของระบบนี้ก็คือหากมีการจัดการได้อย่างเหมาะสมแล้วการใช้งานจะมีลักษณะต่อเนื่องและไม่ต้องอาศัยสารเคมีใด ๆ ในการทำให้ชีวมวลกลับมาใช้ใหม่เลย และตัวอย่างของชีวมวลที่มีการนำมาใช้เพื่อการนี้ อาทิ แบคทีเรีย ยีสต์ ฟังไจ สาหร่ายทะเล ผักตบชวาและอื่น ๆ

2.7.2 การสะสมของสารปนเปื้อนโดยชีวมวลที่ตายแล้ว

ข้อได้เปรียบที่เด่นชัดที่พบจากการทำการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ถึงแม้ชีวมวลที่อยู่ในสภาพที่ตายแล้วก็ยังสามารถที่จะดูดซึมโลหะหนักหรือสารปนเปื้อนได้ทั้งทางกายภาพและเคมี บางครั้งชีวมวลที่ยังมีชีวิตอยู่จะมีความสามารถในการดูดซึมโลหะหนักหรือสารปนเปื้อนได้สูง เพราะมีระดับพลังงานในการขับเคลื่อนสูงกว่าแต่ความยากลำบากหรือข้อด้อยในเรื่องการรักษาสภาพแวดล้อมเพื่อให้ชีวมวลนั้นคงสภาพอยู่และสามารถเจริญเติบโตได้นั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการนำมาใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเช่นนี้ ซึ่งจะของสรุปถึงข้อดีของการใช้ชีวมวลที่ตายแล้ว ดังนี้ (1) ในน้ำเสียไม่จำเป็นต้องปรับสภาพเพื่อให้ชีวมวลเติบโตและมีชีวิตอยู่ได้ (2) สามารถปรับสภาวะไป ณ จุดที่ต้องการได้ หากทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมโดยไม่คำนึงในการรักษาชีวมวลให้มีชีวิตตลอดไป (3) โลหะหนักหรือสารปนเปื้อนสามารถลดได้และสามารถนำเอาสารดูดซึมกลับมาใช้ได้ โดยสารเคมี (4) สามารถเร่งการบำบัดน้ำเสียได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องคำนึงถึงการอยู่รอดของชีวมวล (5) ผลกระทบในด้านพิษภัยต่อชีวมวลไม่มีสำหรับการดูดสารปนเปื้อน

2.8 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการ Biosorption

การดูดซึมสีย้อมจากน้ำทิ้งโดยสารดูดซึมโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบมีดังนี้

2.8.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทิ้ง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างนับเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อภาวะสมดุลย์ของการดูดซึม เนื่องจากค่า pH จะทำให้คุณสมบัติทางเคมีของสารดูดซึมและสารแขวนลอยมีสภาวะเปลี่ยนไปได้

2.8.2 คุณลักษณะทางเคมีของสีย้อม

สีย้อมมีมากมายหลายชนิดและมีคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นการเกาะยึดหรือดูดซึมกับสารดูดซึมก็ย่อมจะแตกต่างกันออกไป ในบางครั้งสีย้อมก็มีการเกิดเป็นฟอร์มทางเคมีรูปแบบที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เมื่อมีสารเคมีหรือสีย้อมชนิดอื่น ๆ ปนมาด้วย การดูดซึมก็จะมีผลที่ได้แตกต่างกันออกไปด้วย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

2.8.3 ผลของอุณหภูมิ

เมื่อสภาวะอุณหภูมิแตกต่างกันก็ย่อมทำให้สภาวะการดูดซึมมีการส่งผลกระทบแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามในสภาวะน้ำทิ้งจริง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นอุณหภูมิมักจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงน้อย กล่าวคือ จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ดังนั้นในการศึกษาโดยทั่วไปจะศึกษาเฉพาะช่วงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับสภาพที่น้ำทิ้งถูกปล่อยออกมาเท่านั้น คือประมาณ 18-45 C°

2.8.4 ผลของสารปนเปื้อนอื่น ๆ

น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่ปนเปื้อนสารต่าง ๆ มากกว่าหนึ่งชนิด เพราะน้ำทิ้งได้ถูกผลิตมาจากหลากหลายกระบวนการในกระบวนการผลิต ทั้งการชะล้าง การใช้สารเคมี การพิมพ์สีย้อมหลาย ๆ สีเป็นต้น ดังนั้นเมื่อมีสารปนเปื้อนหลายชนิด สารปนเปื้อนเหล่านี้ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซึมได้ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะทำให้ความสามารถในการดูดซึมลดลง

2.9 สารดูดซึมจากวัสดุธรรมชาติกับข้อพิจารณาทางวิศวกรรม

เมื่อทำการพัฒนาสารดูดซึมจากวัสดุธรรมชาติ ข้อจำกัดหรือความต้องการทางวิศวกรรมที่ต้องการควรเป็นดังนี้

2.9.1 กระบวนการที่จะใช้สารดูดซึมจากวัสดุธรรมชาติควรมีความเหมาะสมที่จะใช้ดูดซึมสารเคมีหรือสีย้อมที่ต้องการได้

2.9.2 กระบวนการมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.9.3 กระบวนการควรมีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเพื่อใช้กับอุตสาหกรรมจริง

2.9.4 กระบวนการควรมีความยืดหยุ่นสามารถดูดซึมสีย้อมได้หลายชนิด

2.9.5 กระบวนการควรมีความสามารถในการใช้กับสภาวะที่เปลี่ยนไปได้ เช่น ความเข้มข้น pH อุณหภูมิ ความเค็ม

2.9.6 กระบวนการควรจะเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุม บำรุงรักษา

2.10 บทสรุปการตรวจเอกสาร

น้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสีย้อมจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นสิ่งอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมสมควรอย่างยิ่งที่จะได้รับความสนใจในการศึกษา เพื่อการบำบัดให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น หากไม่ทำการบำบัดสีย้อมและสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งเหล่านี้ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตทั้งโดยตรงและโดยอ้อม วิธีการกำจัดและบำบัดน้ำทิ้งที่มีสีย้อมหรือสารเคมีปนเปื้อนมีมากมายแต่วิธีการต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันมักจะสามารถใช้ได้ เมื่อสีย้อมหรือสารเคมีความเข้มข้นสูงมาก ๆ แต่ถ้ามีความเข้มข้นต่ำ ๆ แล้วมักจะไม่คุ้มค่าในทาง เศรษฐศาสตร์สำหรับการบำบัด ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยี Biosorption ซึ่งอาศัยวัสดุจากธรรมชาติ เพื่อมาเป็นสารดูดซึมสีย้อมหรือสารเคมีจากน้ำทิ้งได้รับการศึกษาค้นคว้าและพัฒนามาเป็นลำดับ ประเทศไทยเราก็มีวัสดุธรรมชาติมากมายพืช

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

หลาย ๆ ชนิดถือว่าเป็นขุมทรัพย์ทางเทคโนโลยีชีวภาพในการที่จะนำมาพัฒนา เพื่อใช้ ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาค้นคว้าอย่างจำกัดในการพัฒนาดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการวิจัยนี้ ก็มีเป้าหมายที่จะค้นหาวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ และสร้างงานรวมทั้งรายได้ให้แก่ชุมชนต่อไป

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 3
วัตถุประสงค์และขอบเขตโครงการ

จากสองบทที่ผ่านมาโครงการวิจัยนี้ ได้แสดงผลของการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตข้อจำกัดต่าง ๆ ของโครงการ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านได้ทราบถึงเป้าหมาย รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ

3.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เมื่อค้นหาวัสดุธรรมชาติที่มีราคาต่ำที่สามารถนำมาใช้ในการดูดซึมสีย้อมจากอุตสาหกรรมสิ่งทอได้โดยเบื้องต้นได้ทดลองใช้วัสดุธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่นและเป็นของเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมทั้งสิ้น 3 ชนิด คือ กากอ้อย ฟางข้าว แกลบ และเนื่องจากสีย้อมจากอุตสาหกรรมสิ่งทอมีมากมาย ซึ่งการใช้สีย้อมขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตในแต่ละโรงงาน ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้และจากการปรึกษาเพื่อเลือกศึกษาสีย้อมกับห้างหุ้นส่วนจำกัด ธนไพศาล พบว่าสีย้อม ชนิด CIBACRON Orange C-3R มีการใช้มากที่สุดในโรงงานจึงได้เริ่มศึกษาโดยใช้สีย้อมดังกล่าวเป็นสีย้อมหลักสำหรับการศึกษาเบื้องต้นในการพิจารณาคัดแยกว่าชีวมวลชนิดใดมีความสามารถในการดูดซึมสีย้อมได้มากกว่ากัน ซึ่งเมื่อทำการศึกษาโดยใช้วัสดุธรรมชาติทั้ง 3 ชนิดดูดซึม สีย้อมแล้ว ก็จะเปรียบเทียบดูว่า วัสดุธรรมชาติชนิดใดได้ความสามารถในการดูดซึมสีย้อม CIBACRON Orange C-3R ได้มากที่สุดแล้วก็จะทำการศึกษาครบวงจรเพื่อพัฒนาให้เป็นสารดูดซึมที่ดีต่อไป

อย่างไรก็ตามในการดูดซึมสีย้อมนั้นยังไม่ใช่การดูดซึมน้ำทิ้งจริงจากโรงงาน เพราะสีย้อมนั้นก่อนที่จะกลายเป็นน้ำทิ้งออกจากโรงงาน นั้นต้องผ่านกระบวนการต่างๆมากมาย อาทิ การเกิด Hydrolysation การปนเปื้อนต่าง ๆ รวมทั้งการสะสมและสัมผัสกับน้ำทิ้งที่มาจากขบวนการผลิตทั้งหมดที่ทิ้งรวมกันในบ่อพักที่จะนำมาบำบัด ดังนั้นเพื่อให้การศึกษาเป็นไปในลักษณะที่ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการของโครงการ คือ การบำบัดน้ำทิ้งจริงจากอุตสาหกรรมจึงได้นำเอาน้ำทิ้งจากโรงงานมาประกอบการศึกษาด้วยและยังคงใช้ชีวมวลชนิดเดิมเหมือนกับการดูดซึมสีย้อมแบบ CIBACRON Orange C–3R อยู่เช่นเดิม

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

3.2 ขอบเขตของโครงการ

เนื่องจากสีย้อมที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอมีมากมายและค้นคว้าวัสดุธรรมชาติต่าง ๆ ก็น่าจะมีความสามารถในการดูดซึมสีย้อมได้แตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความชัดเจน โครงการวิจัยนี้จึงตั้งเป้าหมายไว้สำหรับการศึกษาการดูดซึมสีย้อม CIBACRON Orange C-3R โดยใช้วัสดุธรรมชาติใน 3 ชนิด ที่กล่าวถึงมาแล้วในหัวข้อ 3.1 โดยคาดว่าองค์ความรู้พื้นฐานที่ได้จากการศึกษาภายใต้ขอบเขตของโครงการวิจัยนี้ น่าจะมีความสำคัญและให้เกิดภาพที่ชัดเจนได้สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานหากมีการใช้สีย้อมชนิดอื่น ๆ รวมทั้งการใช้บำบัดน้ำเสียจริงที่มีการใช้สีย้อมมากกว่าหนึ่งชนิด

อนึ่งในข้อเสนอโครงการในเบื้องต้นได้วางเป้าหมายไว้สำหรับการพัฒนาไปจนถึงระดับการใช้งานได้จริงในทางอุตสาหกรรมสิ่งทอสำหรับการบำบัดน้ำเสีย นั่นก็คือหากเป็นไปได้จะทำการศึกษาในระบบที่มีสีย้อมปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งมากกว่า 1 ชนิด ซึ่งจะเป็นการเลียนแบบระบบจริงที่จะเกิดขึ้นในอุตสาหกรรมสิ่งทอ รวมทั้งการใช้น้ำทิ้งจริง ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมจริง ๆ ก็จะมีสิ่งปนเปื้อนมากมาย ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาควบคู่ไปด้วยเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจน การศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะมีการใช้ชีวมวลหลาย ๆ ครั้ง ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เป็นสิ่งดึงดูดต่อภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น การศึกษาในระบบสมดุลแบบ Batch, ปฏิกิริยาในแบบ Batch และศึกษาผลที่เกิดขึ้นในคอลัมน์แบบ Fixed bed จึงจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งรายละเอียดของการทำการทดลองอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ก ปฏิบัติการการดูดซึมที่สภาวะสมดุลแบบ Batch

1. พิจารณาคุณสมบัติของชีวมวลในการดูดจับสีย้อมและเปอร์เซ็นต์ในการดูดจับสีย้อม
2. เปรียบเทียบความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลทั้งหมด
3. ศึกษาสภาพที่สมดุลของปฏิกิริยาการดูดซึมเพื่อสร้าง Isotherm ของการดูดซึมสำหรับชีวมวลที่มีความสามารถในการดูดซึมที่ดี ภายใต้สภาวะที่ pH อุณหภูมิ, ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น รอบของการกวน และขนาดอนุภาคที่ใช้ในการดูดซึมต่างๆ
4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อให้เกิดการอธิบายในรูปที่ง่ายโดยอาศัยสมการคณิตศาสตร์

ข ปฏิบัติการปฏิกิริยาการดูดซึมแบบ Batch

5. เขียนกราฟการเปลี่ยนแปลงของไอออน ณ เวลาต่าง ๆ กัน เพื่อดูปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสำหรับชีวมวล
6. ศึกษาปฏิกิริยาการดูดจับสีย้อม รวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาการดูดซึม อาทิ ความเข้มข้นเริ่มต้น, pH, อุณหภูมิ และขนาดของอนุภาคของชีวมวล

ค ปฏิบัติการในคอลัมน์แบบ Fixed – bed

7. พิจารณาความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลในคอลัมน์ ซึ่งจะเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีแบบ Batch ในปฏิบัติการที่อธิบายมาก่อนหน้านี้ได้

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

8. พิจารณาผลกระทบของอิออนชนิดอื่นๆ ที่ปะปนในระบบ
9. พิจารณาในประเด็นของการนำกลับเอาชีวมวลมาใช้ใหม่ (Regeneration) และการคายสีย้อม โดยใช้สารละลายชะล้างต่าง ๆ

ง ปฏิบัติการแบบสององค์ประกอบหรือมากกว่า

3.3 ข้อจำกัดของโครงการ

ในเบื้องต้นโครงการวิจัยนี้ได้ตั้งเป้าทำการศึกษาการดูดซึมสีย้อมจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ อนึ่ง เมื่อผลการทดลองในระบบองค์ประกอบเดียว คือใช้สีย้อมแบบ CIBACRON ORANGE C-3R พบว่าการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นค่อนข้างไม่เป็นไปตามทฤษฎี ของการดูดซึมสำหรับของ Biosorption รวมทั้งเมื่อทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจริงจากโรงงาน ซึ่งน้ำทิ้งจริงนี้ได้เก็บมาจากบ่อพักซึ่งมีการสะสมมาจากกระบวนการผลิตที่สะสมกันมาหลายๆ ครั้งของการผลิตก็ยิ่งมีลักษณะที่มีองค์ประกอบที่ซับซ้อนซึ่งยิ่งทำให้การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆค่อนข้างยากมากกว่าเดิมรวมทั้งบ่อพักที่เก็บสะสมน้ำทิ้งก็เป็นลักษณะสะสมเพิ่มเติมขึ้นไปเรื่อย ๆ โดยไม่มีกำหนดเวลา กล่าวคือ เมื่อขบวนการผลักหรือการย้อมขบวนการแรกดำเนินการไปน้ำเสียก็จะถูกปลดปล่อยออกมาไว้ที่บ่อพักนี้ และเมื่อมีการผลักหรือเปลี่ยนแปลงขบวนการย้อมเพื่อให้ได้ตามความต้องการของคุณภาพและลักษณะการย้อมซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องมีลักษณะที่เหมือนกันกับขบวนการย้อมในครั้งแรก น้ำเสียก็จะถูกปลดปล่อยออกมาอีก น้ำเสียครั้งที่ 2 กับน้ำเสียครั้งแรกก็จะรวมกันและก็จะเป็นลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนมีน้ำเสียจากหลาย ๆ ขบวนการผลิตรวมกัน ซึ่งก็จะก่อให้เกิดองค์ประกอบและความเปลี่ยนแปลงเคมีของน้ำเสียตลอดเวลา รวมทั้งก็จะมีการบำบัดน้ำทิ้งเกิดขึ้นตลอดเวลาเช่นเดียวกัน ซึ่งการบำบัดน้ำเสียนี้ก็จะเป็นปัจจัยอีกอันหนึ่งที่ทำให้ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามการอธิบายและทำการทดลองเพื่อแสดงถึงศักยภาพของชีวมวลที่ทำมาใช้ในการทดลองนั้นมีความสามารถ ในการดูดซึมมากน้อยเพียงไรก็ได้ แสดงในบทที่กล่าวถึงผลการทดลองแล้วแต่การอธิบายถึงการจับเกาะของพันธะที่เกิดขึ้น โดยชีวมวลและสารปนเปื้อนโดยละเอียดนั้นยังไม่ครอบคลุมในการทดลองวิจัยของโครงการนี้ และการทดลองในแบบมากกว่า 1 องค์ประกอบ จึงไม่ได้ดำเนินการทดลองตามที่วางไว้อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลที่เกิดขึ้นนั้นจะอธิบายละเอียดในบทที่ 5 ถึงสาเหตุที่ไม่เป็นไปตามกฎของ Biosorption ต่อไป

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 4

วิธีทำการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในบทนี้จะอธิบายถึงวิธีทำการทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้รวมถึงวิธีการเตรียมวัสดุธรรมชาติ

4.1 ภาพรวมของวิธีทำการทดลอง

1. ทำการศึกษาและค้นหาวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทยที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมสีย้อม โดยอาศัยหลักการทฤษฎีและอาศัยองค์ประกอบต่างๆ จากงานวิจัยที่ได้มีผู้ทำมาก่อนเป็นเกณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้จักทำให้สามารถระบุกลุ่มของวัสดุธรรมชาติที่ควรจะทำการเลือกมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2. เปรียบเทียบคุณสมบัติ และความสามารถในการดูดซึมของวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดกับผลการทดสอบที่มีผู้ตีพิมพ์ผลงานแล้ว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติที่จะใช้เปรียบเทียบก็คือ Maximum Adsorption Capacity ในหน่วย น้ำหนักของสีย้อมที่ถูกดูดซึมต่อน้ำหนักของวัสดุธรรมชาติ mg(dye) /g (biomass) โดยจะต้องมีการตรวจสอบพารามิเตอร์อื่นๆ ด้วยเช่น pH, อุณหภูมิ และอัตราการดูดซึม เป็นต้น

3. เลือกวัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติจากข้อ 2 ที่เหมาะสมและดีที่สุด เพื่อทำการศึกษาครบวงจร (Equilibrium Study, Kinetics Study, Fixed-bed, Pre-treatment, Regeneration และ Cost Estimation Study) โดยจะเริ่มทำการศึกษาในระบบ Single Component ก่อนระบบ Regeneration และทำลายสารดูดซึมที่ได้ใช้ดูดซึมสีย้อมแล้วก็จะทำการศึกษาหาวิธีกำจัดที่เหมาะสมต่อไป เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด

4. ทดสอบวัสดุดูดซึมที่ได้จากการศึกษาครบวงจรจากข้อ 3 กับตัวอย่างน้ำทิ้งจากแหล่งผลิตทางด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ แต่เนื่องจากสีย้อมและเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอมีหลากหลายประเภทและหลากหลายคุณสมบัติ รวมทั้งน้ำทิ้งส่วนใหญ่จะเป็นระบบ Multi-component ดังนั้นนักวิจัยจะทำการสำเร็จเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงสีย้อม และเคมีภัณฑ์ที่ใช้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสีย้อมสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครบวงจร ในห้องปฏิบัติการหรือไม่ก่อน เพราะวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดอาจจะมีตามความสามารถในการดูดซึมสีย้อมแตกต่างกัน นั่นก็คือหากสีย้อมเป็นชนิดอื่นอาจต้องมีการศึกษาทบทวนในลักษณะเดียวกันโดยเริ่มจาก ข้อ 1 ในหัวข้อนี้ซ้ำก็จะได้วัสดุธรรมชาติที่สามารถดูดซึมสีย้อมอื่นๆ ได้ต่อไป

5 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการปัจจุบันที่โรงงานใช้อยู่กับวัสดุตัวใหม่จากงานวิจัย ในแง่เศรษฐศาสตร์ก็จะถูกรวมอยู่ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 วัสดุธรรมชาติ สารเคมี

ในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุธรรมชาติทั้งสิ้น 4 ชนิด คือ กากอ้อย มันสำปะหลัง ฟางข้าว และแกลบ โดยวัสดุธรรมชาติที่ได้ส่วนใหญ่เก็บจากแหล่งเกษตรกรรมโดยทั่วไป เมื่อได้วัสดุธรรมชาติ เหล่านี้มาแล้วก็จะทำการตากแดด ทำความสะอาด และนำมาอบให้แห้ง จึงทำการบดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ตามขนาดที่ต้องการ

สารเคมีที่ใช้ทั้งหมดจะเป็นชนิดเกรดสำหรับการวิเคราะห์ สารละลายเจือจางและสีย้อม ที่ใช้สำหรับเครื่องมือวิเคราะห์การดูดกลืนแสง จะทำการเตรียมเป็นการเฉพาะและใช้แล้วเตรียมใหม่ทุกครั้ง

4.2.2 ชีวมวลที่ใช้สำหรับการศึกษา

ชีวมวลที่ใช้สำหรับการทดลองครั้งมีทั้งสิ้น 4 ชนิด คือ กากอ้อย มันสำปะหลัง ฟางข้าว แกลบ โดยชีวมวลทั้งหมดได้มาจากการเก็บจากแหล่งเกษตรกรรม ซึ่งชีวมวลทั้งหมดจะถูกล้างแล้วตากแดดให้แห้งแล้วจึงนำมาบดให้มีขนาดตามที่ต้องการ แล้วจึงนำมาอบในเตาอบอีกทีที่ 60 องศาเซลเซียส ในห้องปฏิบัติการ

4.2.3 ขั้นตอนการเตรียมชีวมวลโดยสารเคมี

เนื่องจากชีวมวลที่แห้งแล้ว เมื่อนำมาใช้ในการทดลองจะมีการเปื่อย ซึ่งนักวิจัยพบจากการทดลองที่ผ่าน ๆ มา (Kaewsarn และ Yu, 2000; Matheickal, 1998) และได้พบว่าการแช่ในสารเคมีและอบความร้อนคู่กันจะทำให้ชีวมวลมีสภาพที่คงทนกว่าเดิม ดังนั้นขั้นตอนที่ทำก็คือ นำชีวมวลแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ประมาณ 24 ชั่วโมง โดยมีการกวนอยู่ตลอดเวลา ค่า pH จะถูกปรับให้มีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ pH 5 โดยใช้กรดไนตริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ หยดลงเพื่อปรับ pH หากค่า pH เปลี่ยนไปแล้วจึงใช้น้ำกลั่นสองครั้งปราศจากอิออน ล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดแคลเซียมส่วนเกินออกไปจากชีวมวล แล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสในเตาอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.2.4 การดูดซึมสีย้อมแบบ Batch

สำหรับการทดลองการดูดซึมสีย้อมที่ทราบความเข้มข้น และชีวมวลที่ทราบค่าน้ำหนักแล้วใส่ในบีกเกอร์ทำการกวนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลทางเคมี และ pH ก็จะมีการควบคุมให้คงที่ ณ ค่าใดค่าหนึ่ง แล้วทำการกรองเอาชีวมวลออกจากสารละลาย ส่วนสารละลายใสก็นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซึมโดยชีวมวลได้ต่อไป โดยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง

4.2.5 ปฏิกิริยาในการดูดซึม

การศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาได้ศึกษาโดยใช้การกวนแบบต่อเนื่องในบีกเกอร์ ซึ่งมีสารละลายปริมาณ 500 มิลลิลิตร และใช้ชีวมวลขนาดน้ำหนัก 1 กรัม ลงในบีกเกอร์นั้น และจะทำ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

การดูดเอาสารละลายทีละ 1 มิลลิลิตร เพื่อตรวจสอบดูปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมที่มีอยู่ในบีกเกอร์ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ค่า pH ของสารละลายได้มีการตรวจวัดอยู่ตลอดเวลาและพยายามรักษาสภาวะค่า pH ให้คงที่ไว้เสมอ ซึ่งหากค่า pH เปลี่ยนไปก็จะทำการเติมกรดไนตริกหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปเพื่อปรับค่า pH ให้ได้ความต้องการ และปฏิบัติการที่ศึกษาตัวผลของความแตกต่างของอุณหภูมินั้นจะวางบีกเกอร์ในอ่างที่ควบคุมอุณหภูมิได้

4.2.6 การศึกษาในหอดูดซึมแบบ Fixed – bed

การทดลองในหอดูดซึมแบบ Fixed – bed นั้นจะทดลองในสภาวะอุณหภูมิห้องโดยใช้คอลัมน์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร โดยการอัดชีวมวลลงในคอลัมน์ดังกล่าว ซึ่งชีวมวลจะถูกอัดลงในคอลัมน์ด้วยความสูงต่าง ๆ ตามที่การทดลองต้องการในภาพที่เปียกน้ำแล้วปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง สารละลายของสีย้อมจะถูกปั๊มผ่านท่อสายยางที่สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ แล้วสารละลายขาออกก็จะถูกเก็บลงในหลอดทดลองแล้วน้ำในวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสีย้อมต่อไปโดยอาศัยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง

4.2.7 การทดลองขององค์ประกอบที่มีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ

เนื่องจากการทดลองในระบบสององค์ประกอบหรือมากกว่าเป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายสำหรับโครงการนี้ ดังนั้นในบางการทดลองก็จะมีการศึกษาเช่นกัน โดยวิธีการศึกษาในหัวข้อ 4.2.2 - 4.2.4 ได้ ถูกนำมาใช้เช่นเดิมแต่สารละลายของสีย้อมเริ่มต้นนั้นแทนที่จะเป็นองค์ประกอบเดี่ยว เช่นเดิมแต่จะมีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ และส่วนใหญ่ก็จะกำหนดแต่ละองค์ประกอบให้มีค่าความเข้มข้นเท่ากันเสมอ ส่วนวิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสีย้อมนั้นก็ยังใช้วิเคราะห์โดยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง เช่นเดิม แต่จะต้องวิเคราะห์ทีละองค์ประกอบจนครบสำหรับทุกองค์ประกอบที่สนใจ อย่างไรก็ตามการทดลองในโครงการวิจัยนี้ในระบบที่ใช้สีย้อมมากกว่า 2 สี พร้อมกันยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการทดลองแบบมากกว่า 2 องค์ประกอบ จึงมีการทดลองเพียงเล็กน้อย

4.2.8 การควบคุมการทดลอง

การทดลองแต่ละการทดลองนั้นจะมีการทำซ้ำสองครั้งเสมอ ซึ่งจะมีการตรวจสอบค่าที่ได้หากมีค่าแตกต่างกันมากก็จะทำการทดลองซ้ำในครั้งที่สาม เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าค่าที่ถูกต้องควรจะเป็นค่าใด แต่ถ้าหากค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันก็จะรายงานผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสองการทดลอง การทดลองเพื่อตรวจสอบผลของการดูดซึมของภาชนะ เครื่องแก้วต่าง ๆ ได้ทดสอบก่อนเสมอเพื่อตัดค่าผลจากการใช้ภาชนะ ซึ่งการทดสอบพบว่าภาชนะที่ใช้สำหรับการทดลองทั้งหมดไม่มีการดูดซึมใด ๆ เกิดขึ้น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 5

ผลการทดลองและบทวิจารณ์

5.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการทดลองพร้อมบทวิจารณ์ที่เกี่ยวข้องในแต่ละการทดลอง โดยจะเริ่มเปรียบเทียบและแสดงผลการดูดซึมสีย้อมสีส้มโดยใช้วัสดุธรรมชาติ เป็นสารดูดซึม แล้วทำการแสดงผลการทดลองที่ละเอียดในวัสดุธรรมชาติที่ให้ผลการดูดซึมสีย้อมได้ดีที่สุด รวมทั้งในตอนท้ายบทจะอธิบายถึงการดูดซึมสีย้อมโดยใช้น้ำทิ้งจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมในโครงการนี้ และการอธิบายถึงปัญหาของแต่ละการทดลอง จะถูกวิจารณ์และนำมาประกอบการอธิบายไปพร้อม ๆ กัน

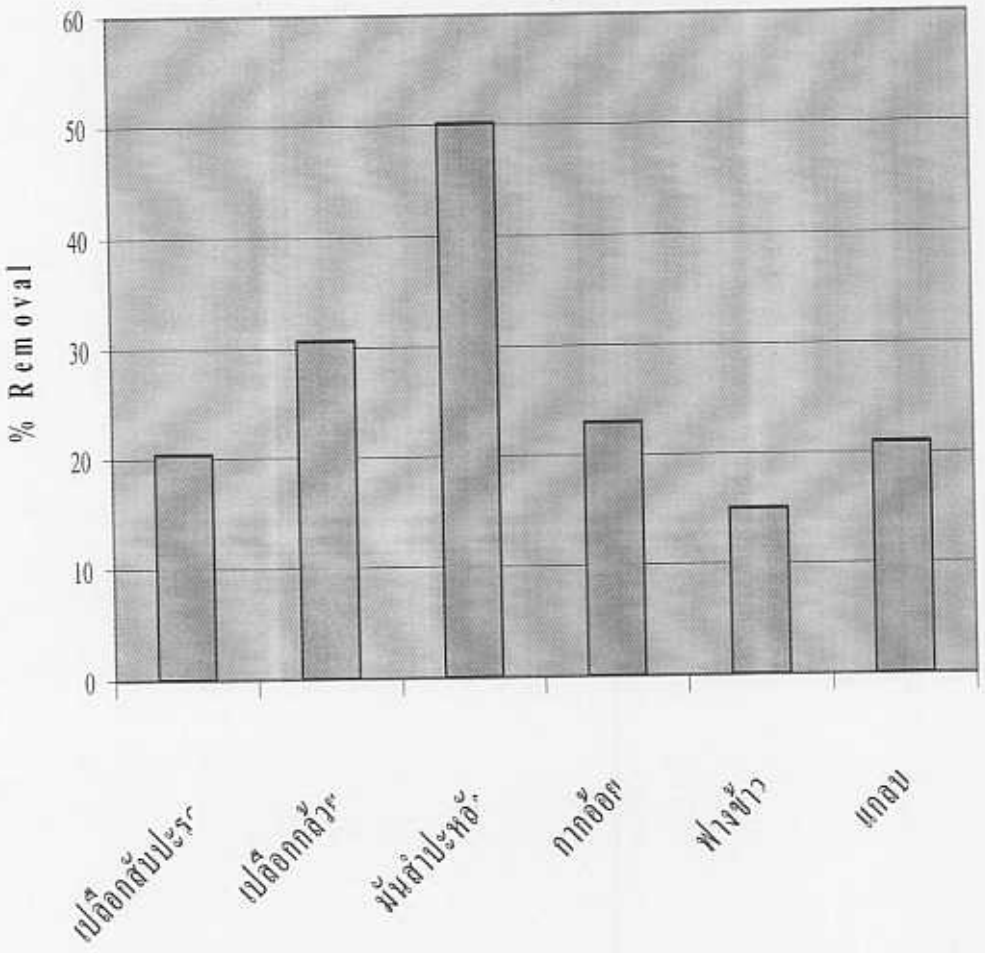
5.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดสีย้อมของวัสดุธรรมชาติ

จากเป้าหมายหลักของการศึกษาก็เพื่อหาวัสดุธรรมชาติที่มีราคาต่ำ สำหรับการดูดสีย้อมออกจากน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ดังนั้นโครงการวิจัยจึงได้รวบรวมและจัดเตรียมหาวัสดุธรรมชาติหลายชนิดซึ่งมีราคาต่ำซึ่งบางครั้งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีลักษณะที่เหลือใช้จากภาคเกษตรกรรม รวมทั้งวัสดุธรรมชาติบางชนิดที่นำมาใช้นั้นก็จะเป็นสิ่งที่มนุษย์ต้องการกำจัดทิ้งออกจากระบบนิเวศ สาเหตุที่ต้องใช้วัสดุธรรมชาติเหล่านี้ก็เพื่อเอาจากความต้องการที่จะพยายามลดต้นทุนของภาคอุตสาหกรรมในการบำบัดน้ำเสีย อนึ่งวัสดุธรรมชาติเหล่านั้นจะต้องเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถหาได้ง่ายด้วยและวัสดุธรรมชาติที่ใช้คือ มันสำปะหลัง กากอ้อย ฟางข้าว และแกลบ และผลการทดลองและการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมสีย้อมซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้สีย้อมชนิด CIBACRON ORANGE C-3R เป็นสีตัวอย่างสำหรับการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ อนึ่งต้องทำความเข้าใจกับผู้อ่านก่อนว่าหากใช้สีย้อมแตกต่างกันอาจจะได้ผลการทดลองที่แตกต่างกันได้สาเหตุก็เนื่องมาจากองค์ประกอบและส่วนผสมทางเคมีของสีย้อมแต่ละสีอาจไม่เหมือนกัน การเปรียบเทียบดังกล่าว แสดงในรูปที่ 5.1 และจากรูปดังกล่าวพบว่าวัสดุธรรมชาติที่ใช้สำหรับการทดลองในครั้งนี้มีความสามารถดูดซึมสีย้อมชนิดสีส้มแบบ CIBACRON ORANGE C-3R ได้ในระดับที่แตกต่างกันซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าโครงสร้างและองค์ประกอบรวมทั้งกลุ่มอนุพันธ์ในแต่ละวัสดุธรรมชาติอาจมีความแตกต่างกันในความสามารถในการยึดจับสีย้อมชนิดนี้ และพบว่ากากอ้อยสามารถดูดซึมเอาสีย้อมจากน้ำเสียที่สังเคราะห์ได้ประมาณ 20 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้แกลบเผา โดยกากอ้อยและแกลบมีความสามารถในการดูดซึมเป็น 23 และ 21.5 % ตามลำดับ ในขณะที่ฟางข้าวให้ค่าการดูดซึมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือมีค่าความสามารถในการดูดซึมเพียง 16 % และชีวมวลที่ให้ผลการดูดซึมสูงสุด คือ มันสำปะหลัง ซึ่งมีค่าความสามารถในการดูดซึมประมาณ 50.1 % อย่างไรก็ตามค่าความสามารถใน

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

การดูดซึมของมันสำปะหลัง ยังพบว่ามีค่าต่ำเมื่อเทียบกับสารดูดซึมอื่น ๆ อยู่มาก อนึ่งผลการทดลองและการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมสีย้อมซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้สีย้อมชนิด CIBACRON ORANGE C-3R เป็นสีตัวอย่างสำหรับการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ ต้องทำความเข้าใจกับผู้อ่านก่อนว่าหากใช้สีย้อมแตกต่างกันอาจจะได้ผลการทดลองที่แตกต่างกันได้สาเหตุก็เนื่องมาจากองค์ประกอบและส่วนผสมทางเคมีของสีย้อมแต่ละสีอาจไม่เหมือนกัน การเปรียบเทียบดังกล่าว แสดงในรูปที่ 5.1 และจากรูปดังกล่าวพบว่าวัสดุธรรมชาติที่ใช้สำหรับการทดลองในครั้งนี้มีความสามารถดูดซึมสีย้อมชนิดสีส้มแบบ CIBACRON ORANGE C-3R ได้ในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าโครงสร้างและองค์ประกอบรวมทั้งกลุ่มอนุพันธ์ในแต่ละวัสดุธรรมชาติอาจมีความแตกต่างกันในความสามารถในการยึดจับสีย้อมชนิดนี้



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมสีย้อมสีส้มชนิด CIBACRON ORANGE C-3R ของวัสดุธรรมชาติ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

และจากผลการทดลองในหัวข้อนี้ นักวิจัยจะเลือกเอา มันสำปะหลัง เป็นวัสดุธรรมชาติที่จะใช้สำหรับการศึกษาอย่างละเอียดสำหรับการทดลองอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อ 5.3 เป็นต้นไป

5.3 การดูดซึมสีย้อมสีส้มโดยใช้มันสำปะหลัง

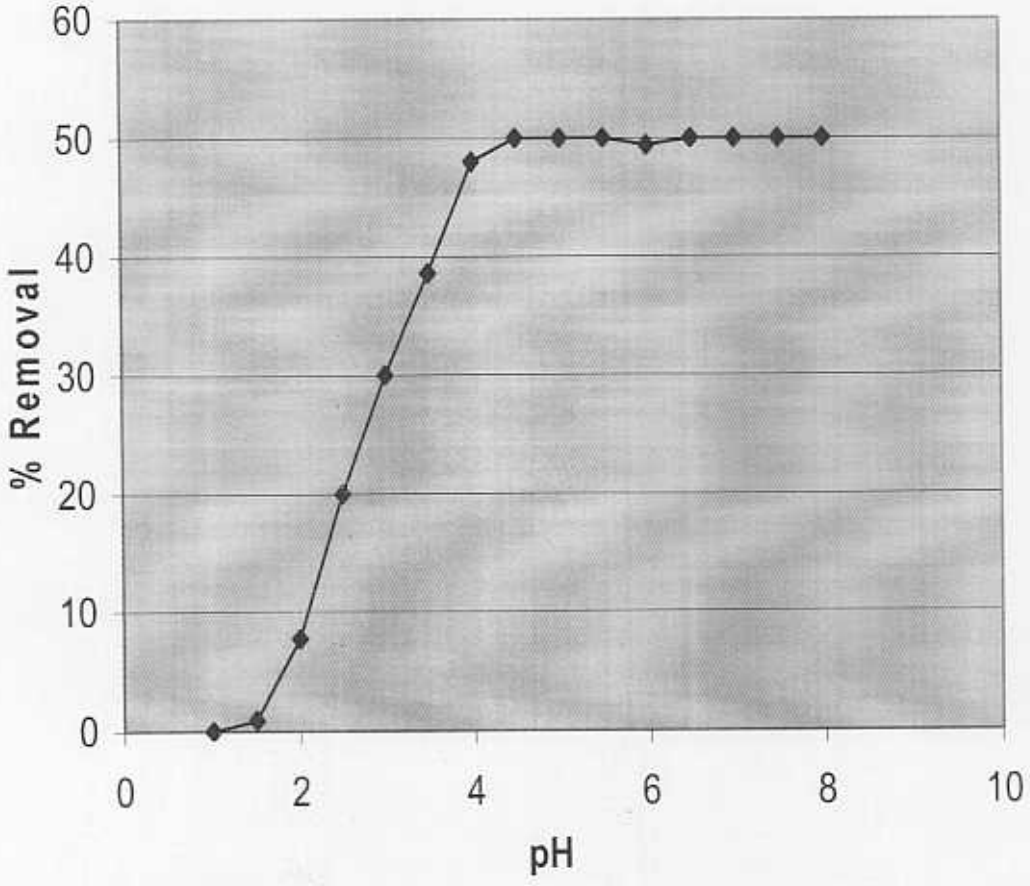
จากการทดลองที่เปรียบเทียบและแสดงผล รวมทั้งคำวิจารณ์ที่ผ่านมาในหัวข้อที่ 5.2 พบว่า มันสำปะหลัง ใช้ดูดจับสีย้อมสีส้มชนิด CIBACRON ORANGE C-3R ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุธรรมชาติชนิดอื่น ๆ ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาโดยละเอียดซึ่งจะครอบคลุมไปถึงศึกษาถึงผลของ pH ต่อความสามารถในการดูดจับสีย้อม การศึกษาในเรื่องปฏิกิริยาการดูดซึมสีย้อมโดยมันสำปะหลัง การศึกษาโดยใช้มันสำปะหลัง เป็นสารดูดซึมในหอดูดซึมแบบ Fixed - bed การศึกษาถึงการละลายสีย้อมออกจากวัสดุธรรมชาติที่ใช้งานแล้ว และรวมไปถึงการทดลองใช้กับน้ำทิ้งจริงจากภาคอุตสาหกรรมด้วย ซึ่งจะได้เสนอผลการศึกษาพร้อมบทวิจารณ์และเหตุผลในข้อต่อ ๆ ไป

5.3.1 ผลกระทบของค่า pH ของสารละลาย

น้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอส่วนใหญ่ค่า pH จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอในช่วงๆหนึ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นการเข้าใจถึงพฤติกรรมการดูดซึมสีย้อมจากภาคอุตสาหกรรมจึงสมควรที่จะหาสภาวะ pH ที่เหมาะสมที่ทำให้วัสดุธรรมชาติสามารถดูดจับสีย้อมได้ดีที่สุด และยังจะเป็นการอธิบายพฤติกรรมการดูดจับสีย้อมได้ด้วยเมื่อค่า pH ของน้ำทิ้งมีการเปลี่ยนแปลง สำหรับผลการทดลองในค่า pH ของน้ำทิ้งมีการเปลี่ยนแปลง สำหรับผลการทดลองในหัวข้อ 5.3.1 นี้ ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ซึ่งจะพบว่าที่ค่า pH ต่ำๆ หรือในน้ำทิ้งที่มีลักษณะเป็นกรดมาก (pH 1 – 2) ชีวมวลมีค่าความสามารถในการดูดจับสีย้อมค่อนข้างต่ำมาก และมีค่าสูงขึ้นในช่วงของค่า pH ประมาณ 2 – 4.5 และค่าความสามารถในการดูดซึมมีค่าสูงประมาณ 50.1 % ที่ค่า pH ตั้งแต่ 4.5 จนกระทั่งค่า pH มากกว่า 8 อนึ่งค่า pH มากกว่า 8 ยังไม่ได้ทำการทดลองดังกล่าวน่าจะสามารถสรุปได้ว่าค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างยิ่งต่อการดูดจับสีย้อมของวัสดุธรรมชาติ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.2 แสดงปริมาณของสีย้อมชนิดสีส้ม CIBACRON ORANGE C-3R ที่ถูกดูดซึมโดยมันสำปะหลัง

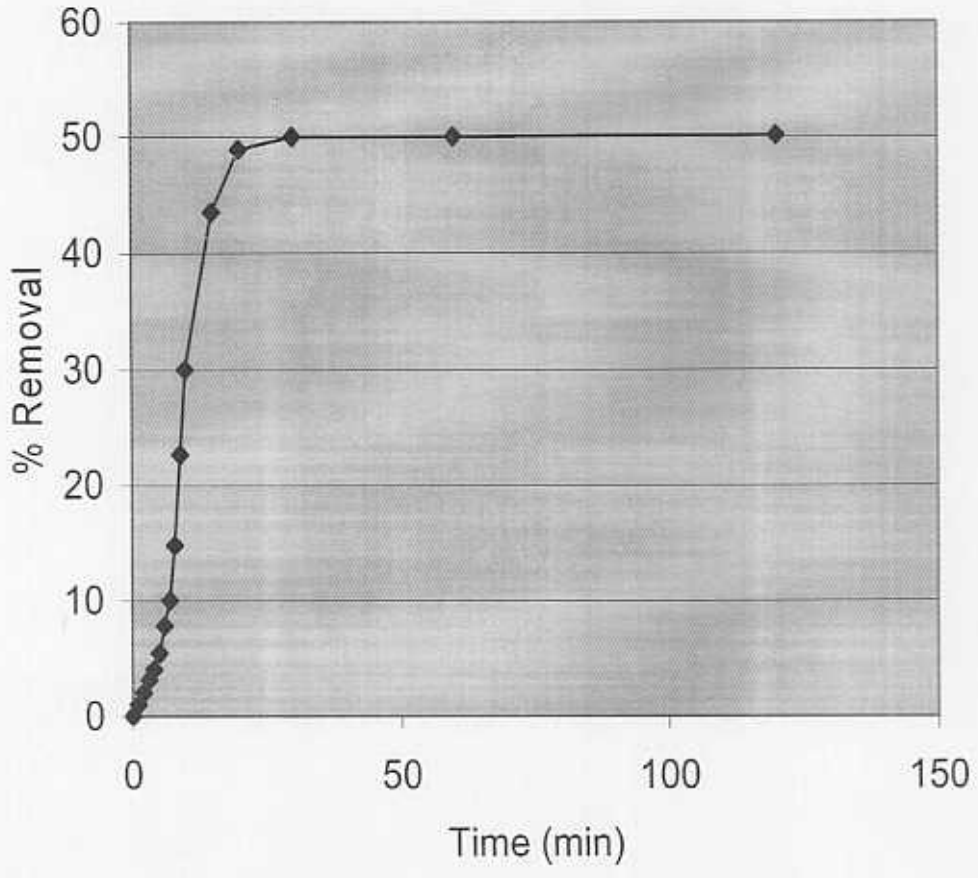
5.3.2 ปฏิกิริยาของการดูดซึม

การศึกษาถึงปฏิกิริยาของการดูดซึมสีย้อมโดยวัสดุธรรมชาติจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นอย่างมาก เพราะการศึกษาเรื่องปฏิกิริยาจะทำให้ทราบระยะเวลาที่ต้องใช้สำหรับการดูดซึมว่าจะเร็วหรือช้าอย่างไร ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบเครื่องอุปกรณ์สำหรับใช้ในทางอุตสาหกรรมต่อไป และในกราฟรูปที่ 5.3 ได้ แสดงผลการทดลองที่ได้ศึกษาในเรื่องของปฏิกิริยาการดูดซึมสีย้อมสีส้มชนิด CIBACRON ORANGE C-3R โดยใช้วัสดุธรรมชาติชนิดมันสำปะหลัง ซึ่งพบว่าในการศึกษาปฏิกิริยาการดูดซึมสีย้อมในช่วงแรกของการสัมผัสมีการดูดซึมอย่างรวดเร็ว ซึ่งประมาณ 90 % ของการดูดซึมเกิดขึ้นภายในช่วงเวลา 20 – 25 นาที ของการสัมผัสกันระหว่างชีวมวลกับน้ำเสีย และเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงประมาณ 35 - 40 นาที ชีวมวล

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

หรือมันสำปะหลังจะเกิดการอิ่มตัวและไม่สามารถดูดซึมได้อีกต่อไปจึงจะสังเกตได้จากเส้นกราฟในช่วงเวลาที่มากกว่า 40 นาที เป็นต้นไป มีลักษณะคงที่ถึงแม้ว่าจะให้เกิดการสัมผัสนานต่อเนื่องไปจนถึงเวลาประมาณเกือบ 3 ชั่วโมง (150 นาที) ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว จะเห็นว่าอัตราเร็วสำหรับการดูดซึมค่อนข้างเร็ว ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการใช้งานจริงในอุตสาหกรรม เพราะการใช้เวลาสั้นจะส่งผลให้เกิดการประหยัดในทางเศรษฐศาสตร์เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการที่ชีวมวลเกิดการอิ่มตัวรวดเร็วก็จะส่งผลทำให้ต้องมีการวางแผนในการชะล้างเอาสีย้อมที่ยึดเกาะไว้กับชีวมวลออกเช่นกัน รวมทั้งการจัดการสำหรับชีวมวลที่อิ่มตัวอาทิ รอบของการใช้งานและเมื่อไหร่ควรจะทิ้งหรือนำกลับมาใช้ใหม่เป็นต้น



รูปที่ 5.3 ปฏิกิริยาการดูดซึมสีย้อมโดยวัสดุธรรมชาติ (มันสำปะหลัง)

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

5.3.3. ผลของสารละลายอื่น ๆ ต่อการดูดซึม

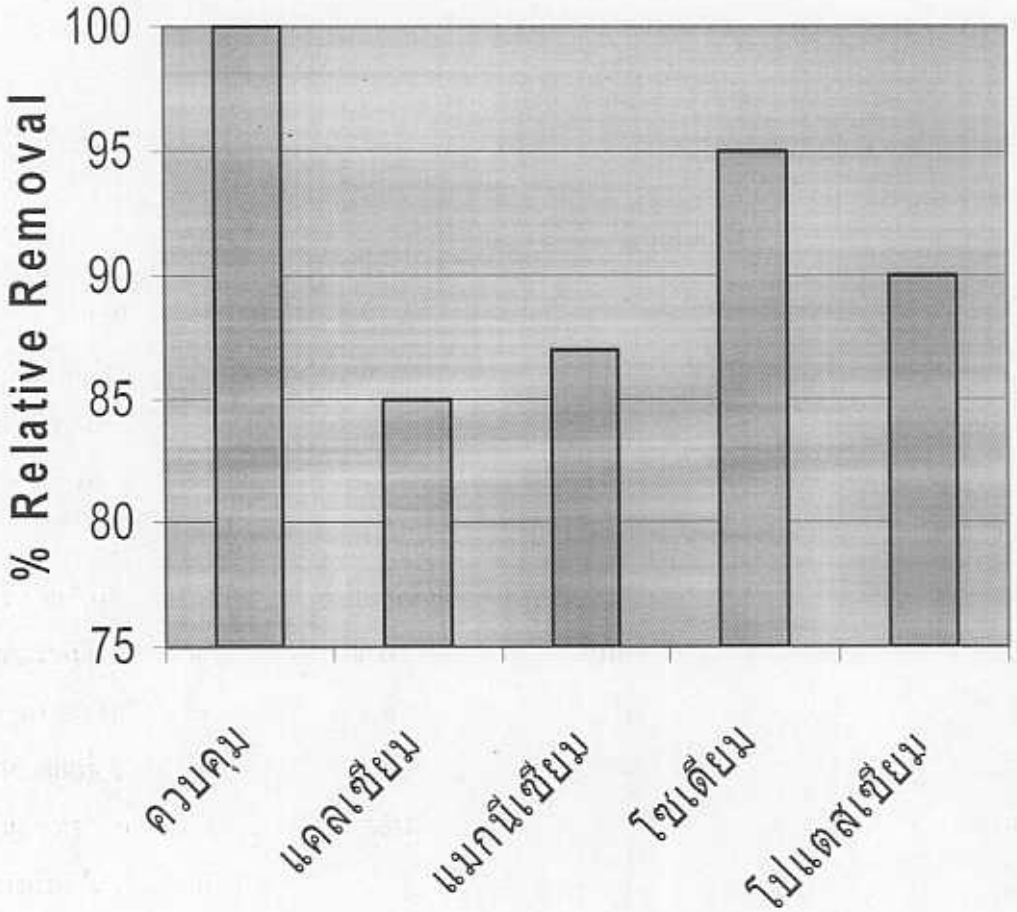
โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอจะเป็นลักษณะที่มีสารปนเปื้อนมากมายปนอยู่ เนื่องจากในกระบวนการย้อมผ้านั้นมีการใช้สารเคมีและสีย้อมเป็นจำนวนมาก รวมทั้งสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ อาจจะเกิดจากการชะล้างโดยใช้น้ำจากแหล่งต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อศึกษาสภาวะการดูดซึมโดยใช้สารดูดซึมที่สนใจนี้ เมื่อมีสารปนเปื้อนต่าง ๆ ปนอยู่เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจึงน่าจะเกิดประโยชน์ ในโครงการวิจัยนี้ได้ ทดลองโดยสังเคราะห์น้ำทิ้งที่มีสารปนเปื้อนอยู่ 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ เพื่อศึกษาผลกระทบคือ เมื่อน้ำทิ้งมีการปนเปื้อนโดยอนุพันธ์ของโลหะ และเมื่อมีการปนเปื้อนโดยสารจำพวกที่มีฤทธิ์เป็นกรดสูง ๆ ซึ่งจะแสดงผลการทดลองในหัวข้อย่อยต่อไปนี้คือ

ก) ผลของอิออนของโลหะ

แม้อุตสาหกรรมสิ่งทอจะไม่ได้ใช้โลหะเป็นหลักในกระบวนการผลิตแต่อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะเบาส่วนหนึ่งที่มากับน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั้งจากน้ำประปาและน้ำจากแหล่งธรรมชาติ ก็จะมีอิออนของโลหะเบาจำพวกแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และ โปแตสเซียมอยู่ด้วยเสมอ ในการทดลองนี้ได้ทดสอบดูว่าหากมีอิออนเหล่านี้ปนอยู่จะมีผลต่อการดูดจับสีย้อมสีส้มมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.4 ซึ่งจะพบว่าอิออนของโลหะเบาที่ศึกษามีผลทำให้ความสามารถในการดูดจับสีย้อมต่ำลง แต่ระดับของการลดความสามารถมีแตกต่างกัน โดยที่อิออน
ของโซเดียมทำให้ค่าความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลลดลง 5 % ส่วนอิออนชนิดโปรแตสเซียม , แมกนีเซียม และแคลเซียมก็จะมีการลดลงเป็น 10 , 13 และ 15 % ตามลำดับ ซึ่งนับว่าผลกระทบโปรแตสเซียม , แมกนีเซียม และแคลเซียม มีไม่มากนักสำหรับการใช้บำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งต้องคำนึงด้วยหากส่วนประกอบของน้ำทิ้งมีปริมาณของอิออนจำพวกนี้ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่ค่าความเข้มข้นสูง ๆ ซึ่งอาจจะต้องทำการกำจัดก่อนจึงให้เข้าสู่ระบบการบำบัดโดยใช้เฉพาะชีวมวลชนิดนี้

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.4 แสดงผลของอิออนของโลหะเบาที่รบกวนการดูดจับสีย้อมโดยใช้ชีวมวล

ข)ผลของกลุ่มอิออนอื่นๆ

ในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ยังมีการใช้สารเคมีจำนวนหนึ่งเพื่อทำการชะล้างเตรียมสิ่งทอ รวมทั้งการล้างต่าง ๆ ดังนั้นสารเคมีต่าง ๆ ก็มีส่วนที่ปะปนออกมากับน้ำทิ้งเสมอในปริมาณที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแต่ละกระบวนการผลิต ในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของกลุ่มอิออนที่มีผลต่อการดูดซึมสีย้อมของชีวมวล โดยกลุ่มของอิออนที่นำมาศึกษาถึงผลกระทบที่มีก่อนการดูดจับสีย้อม คือ กลุ่มของซัลเฟต กลุ่มของฟอสเฟต และกลุ่มของคาร์บอเนต ซึ่งผลของการทดลองได้แสดงในตารางที่ 5.1 (พร้อมทั้งแสดงในรูปที่5.5) และพบว่ามีผลกระทบต่อการดูดจับสีย้อมของชีวมวลที่แตกต่างกันและมีผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดจับลดลงทั้งสามกลุ่มอิออนที่ทำการศึกษา โดยกลุ่มอิออนของซัลเฟตมีผลกระทบต่อการดูดจับสีย้อมสูงที่สุด คือจะทำให้ความสามารถในการดูดจับสีย้อมลดลงถึง 12.3 % ส่วนกลุ่มอิออนของฟอสเฟต ทำให้ความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลลดลง 8.4 % ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มอิออนของ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

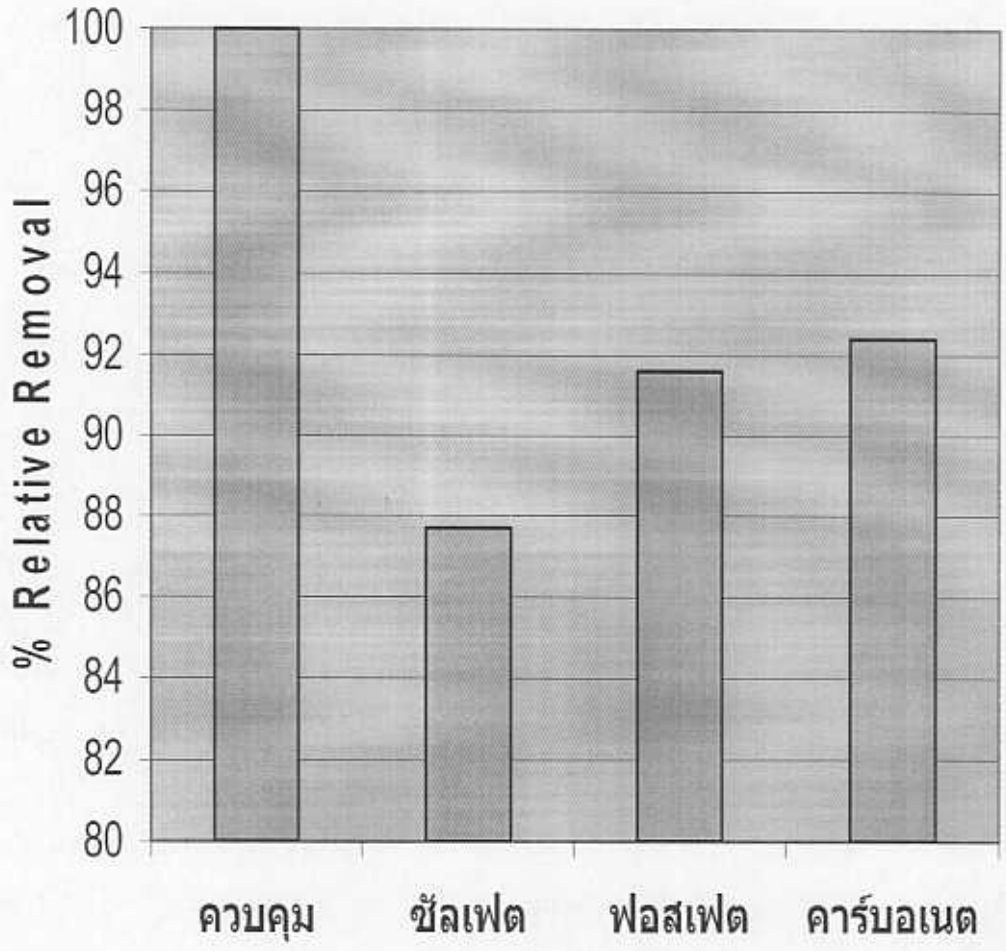
คาร์บอเนต ที่ทำให้ความสามารถในการดูดจับสีย้อมโดยชีวมวลลดลงประมาณ 7.6 % สำหรับสาเหตุที่กลุ่มอิออนเหล่านี้ทำให้ความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลลดลงน่าจะเกิดมาจากกลุ่มอิออนทำการวิ่งเข้าไปทำพันธะหรือจับตัวกับชีวมวลเองบางส่วน ซึ่งชีวมวลมีจุดที่เกิดพันธะจำกัดเมื่อกลุ่มอิออนเข้าไปทำการเชื่อมพันธะก่อนแล้วจึงไม่สามารถจับเกาะกับสีย้อมได้เท่าเดิมซึ่งจะมีพฤติกรรมคล้ายคลึงกับการรบกวนของอิออนของโลหะ ที่ได้อธิบายมาก่อนในหัวข้อที่ผ่านมา

ตารางที่ 5.1 ผลของการรบกวนโดยกลุ่มอิออน

กลุ่มอิออน	% การดูดซึมสัมพัทธ์ในพันธะ
ไม่มีกลุ่มอิออน	100
ซัลเฟต	87.7
ฟอสเฟต	91.6
คาร์บอเนต	92.4

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.5 แสดงผลของกลุ่มอิออนบางชนิดที่รบกวนการดูดซึมสีย้อมของชีวมวล

5.3.4 ผลของอุณหภูมิ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการดูดจับสีย้อมของชีวมวลได้ทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิประมาณ 18 – 35 ° C เพราะอุณหภูมิน้ำทิ้งที่ออกมาจากภาคอุตสาหกรรมจะอยู่ประมาณช่วงนี้ ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 5.2 และพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจาก 18 °C จนถึง 35 °C ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลมากมายนัก เช่น ณ ที่อุณหภูมิ 18 °C ประสิทธิภาพในการดูดจับสีย้อมอยู่ที่ 50.6 % แบบที่อุณหภูมิสูงกว่านี้คือ 35 °C ก็ยังคงมีความสามารถหรือประสิทธิภาพในการดูดจับ รูปที่ 50.3 % เช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงน่าจะสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลกระทบเด่นชัด ต่อกระบวนการดูดจับสีย้อมของชีวมวล ซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ว่ากลไกการดูดจับเป็นแบบการแลกเปลี่ยนอิออนแล้วอุณหภูมิจะไม่มีผลกระทบ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพในการดูดจับสีย้อมที่อุณหภูมิต่าง ๆ

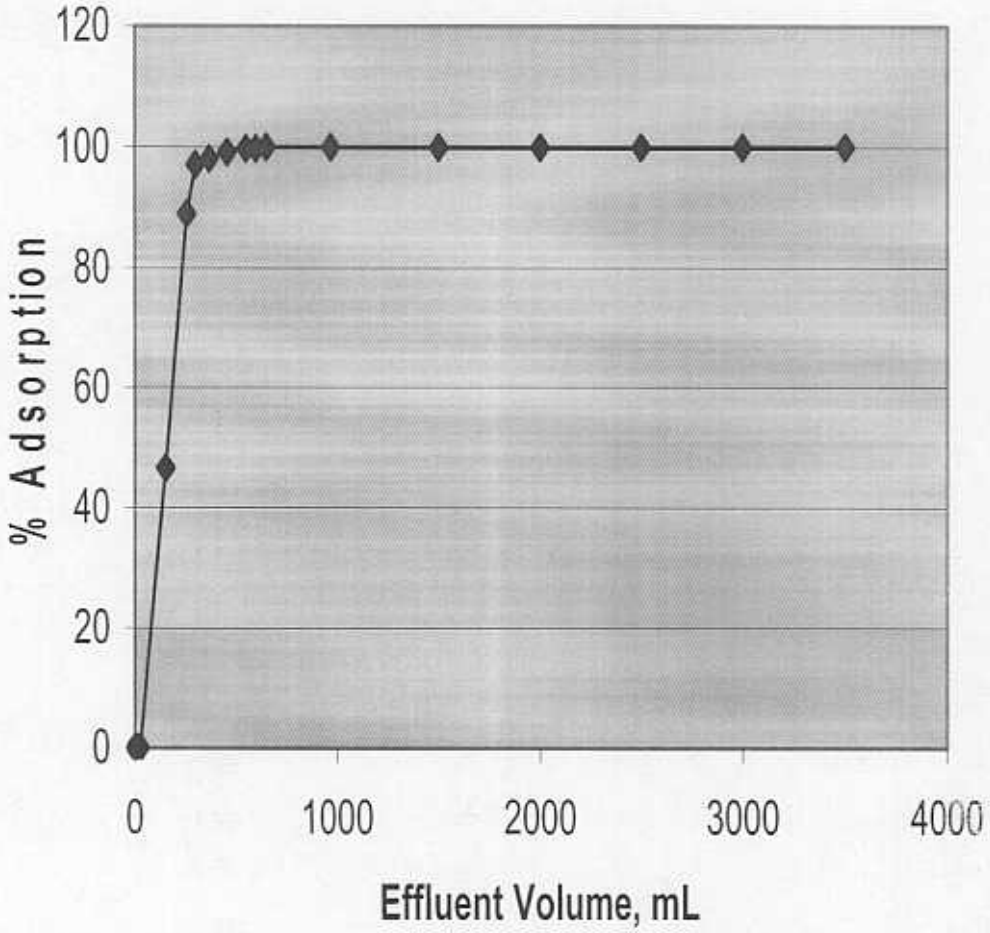
อุณหภูมิ (°C)	ประสิทธิภาพของการดูดซึม (%)
18	50.6
25	50.4
30	50.2
35	50.3

5.3.5 การดูดจับสีย้อมในคอลัมน์แบบ Fixed bed

เนื่องจากเป้าหมายของการทำวิจัยในโครงการนี้เพื่อพัฒนาสารดูดซึมไปใช้ในอุตสาหกรรมจริง เพื่อเป็นการเลียนแบบระบบในอุตสาหกรรมที่มีอยู่แล้วจึงได้ลองใช้ชีวมวลในคอลัมน์แบบ Fixed bed เพื่อดูดจับสีย้อมดูว่าจะเกิดผลเช่นไร โดยการอธิบายในพฤติกรรมการดูดจับสีย้อมของชีวมวลจะอธิบายโดยอาศัย รูปที่ 5.6 ในจะเป็นการทดลองที่สามารถบอกผลและตรวจดูความเหมาะสมว่าชีวมวลจะมีความน่าจะเป็นสำหรับใช้ในระบบอุตสาหกรรมหรือไม่ และจากรูปดังกล่าวพบว่าเส้นโค้งของการดูดซึมในช่วงต้นของการดูดจับจะค่อนข้างรวดเร็วและตอนท้ายเมื่อชีวมวลอิ่มตัวหรือถูกใช้งานจนหมดแล้วก็จะมีความคงที่ในเส้นกราฟให้เห็นในช่วงปลาย ซึ่งยังพบต่ออีกไปว่าชีวมวลที่ใช้ประมาณ 1 กรัม (ชั่งขณะแห้ง) สามารถนำมาทำให้น้ำทิ้งสะอาดขึ้นได้ดีกว่าเดิมประมาณ 0.1 ลิตร ก็จะเกิดการอิ่มตัวไม่สามารถดูดซึมได้อีกต่อไป ซึ่งจะสังเกตได้จากกราฟจะมีความคงที่ ในช่วงที่ป้อนสารละลายอย่างต่อเนื่องเข้าไป จะทำให้ได้ความเข้มข้นขาเข้าและขาออกจะเท่ากันเมื่อป้อนมากกว่า 0.1 ลิตร ของน้ำเสีย

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.6 แสดงผลของการดูดซึมในคอลัมน์แบบ Fixed bed

5.3.6 สารละลายสีย้อมออกจากชีวมวล

สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยชีวมวลนั้นเมื่อชีวมวลดูดจับสีย้อมจนอิ่มตัวและไม่สามารถดูดจับสีย้อมได้ต่อไปแล้วจะต้องมีวิธีนำเอาชีวมวลมาใช้อีกหลาย ๆ รอบหรือวิธีกำจัดชีวมวลที่อิ่มตัวด้วยสีย้อมในโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะส่วนที่จะนำเอาชีวมวลมาใช้งานหลาย ๆ รอบ แต่สำหรับการทำลายชีวมวลที่อิ่มตัวจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะไม่รวมอยู่ในวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ซึ่งกระบวนการสุดท้ายของการกำจัดชีวมวลในขั้นสุดท้ายจะเป็นการเผาในเตาเผา (Incineretion) หรือทำการกักเก็บในภาชนะปิดที่แน่นหนาหรือการทำ Solidifiation ของชีวมวล อนึ่งรายละเอียดการศึกษาในจุดนี้ควรจะทำการศึกษาให้ครบวงจรหากต้องการใช้ชีวมวลสำหรับบำบัดน้ำทิ้ง ดังได้กล่าวไว้ในข้างต้นแล้วการทำ incineration และ Solidifiation เป็นองค์ความรู้อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งนักวิจัยในโครงการนี้ไม่ได้รวมไว้ เพราะมุ่งเน้นเฉพาะเรื่อง Biosorption ตามความถนัดของนักวิจัยเท่านั้น

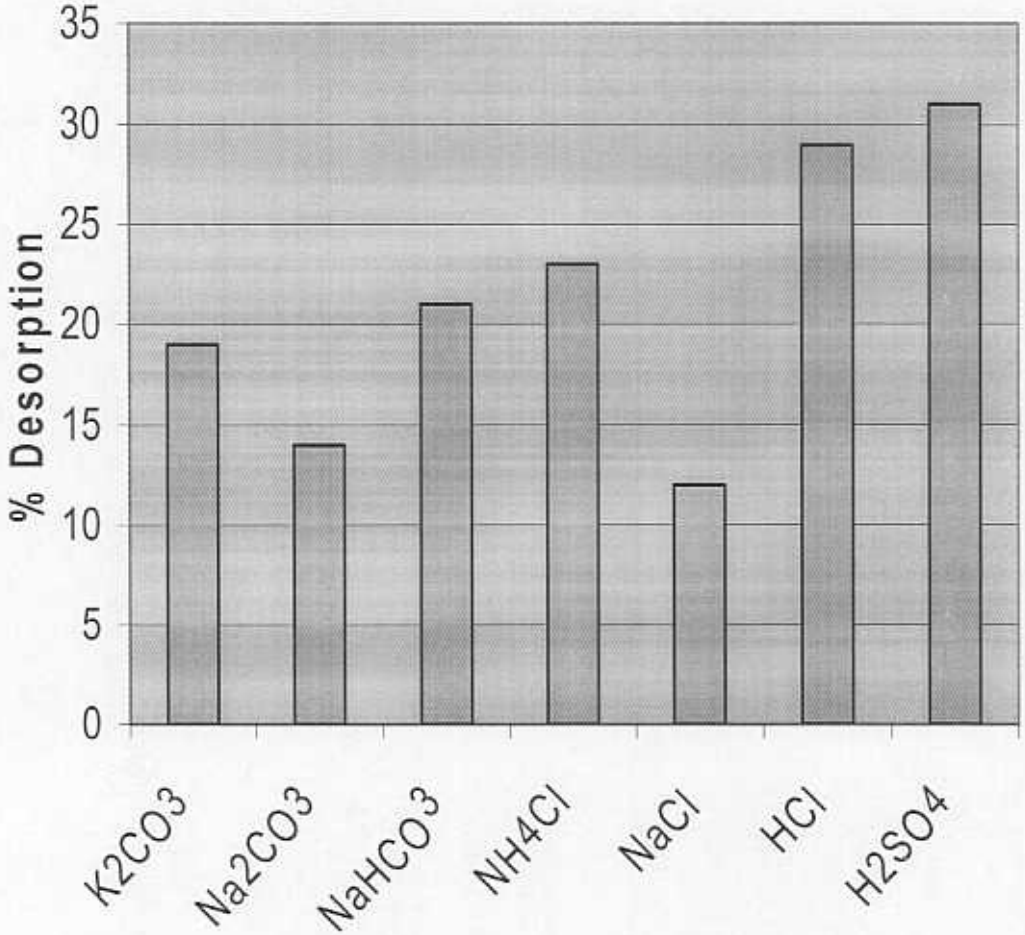
Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

เพื่อเป็นการศึกษาเบื้องต้นว่าสารเคมีใดที่สามารถละลายเอาสีย้อมออกจากชีวมวลได้จึงได้ทำการศึกษาโดยนำเอาชีวมวลที่ใช้ดูดจับสีย้อมแล้วมาใช้การทดลองโดยมีผลการทดลองแสดงในรูปที่ 5.7 พบว่า K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, NH_4Cl และ NaCl ให้ผลของการละลายสีย้อมออกมาได้เพียงเล็กน้อยคือประมาณไม่เกิน 25 % ส่วน HCl , H_2SO_4 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดก็ให้การละลายของสีย้อมออกจากชีวมวลได้ประมาณ 30 % ซึ่งมากกว่ากลุ่มแรก ซึ่งจากการทดลองใช้สารเคมีทั้งหมด 7 ชนิด นี้พบว่าอัตราการละลายออกค่อนข้างต่ำซึ่งจะทำให้การนำเอาชีวมวลมาใช้ในรอบที่ 2 หรือรอบต่าง ๆ มาเป็นไปได้ค่อนข้างน้อยเพราะกรด HCl และ H_2SO_4 ซึ่งน่าจะละลายสีย้อมได้มากกลับทำได้เพียงแค่ 30 % นั่นก็แสดงว่าการใช้ชีวมวล ในรอบที่สองของการนำกลับมาใช้งานจะมีค่า 30 % ของเนื้อชีวมวลในรอบแรกซึ่งไม่น่าสนใจมากในแง่ที่จะนำมาใช้งานสำหรับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งหากมองไปในแง่อุตสาหกรรมแสดงชีวมวลที่ใช้ สามารถใช้ได้เพียงรอบเดียวแล้วต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อเปลี่ยนชีวมวลออกจากระบบซึ่งหากเป็นเช่นนี้จะสูญเสียด้านทุนในการเปลี่ยนชีวมวลสูงมาก ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาสารเคมีสำหรับการนำ Regeneration ของชีวมวลยังคงต้องการเพิ่มเติมหากต้องการพัฒนาชีวมวลชนิดนี้ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทออย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พอจะสรุปได้ว่า การใช้กรดเกลือ (HCl) และกรดซัลฟูริก H_2SO_4 ให้ผลดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารเคมีอื่น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพของสารละลายต่าง ๆ ในการดูดสีย้อมออกจากชีวมวล

5.3.7 การสูญเสียชีวมวลในระหว่างการศึกษา

จากการสังเกตและทดลองในหัวข้อ 5.3.5 และ 5.3.6 ที่ผ่านมาได้พบว่าน้ำหนักของชีวมวลเมื่อเริ่มก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่เท่ากันอย่างเด่นชัด ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุและเปอร์เซ็นต์ที่สูญหายไปนั้นมีมากน้อยเท่าไร จึงได้ทำการทดลองและควบคุมการทดลองโดยให้ตัวแปรต่าง ๆ คงที่ และทำการชั่งน้ำหนักชีวมวลก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 พบว่าน้ำหนักที่หายไปในการทดลองที่ 5.3.5 ซึ่งเป็นการเลียนแบบระบบปฏิบัติการของอุตสาหกรรมโดยอาศัยคอลัมน์แบบ Fixed bed นั้น มีมากกว่า 25 % ของน้ำหนักเริ่มต้น ซึ่งนับว่าเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูง เพราะการที่ชีวมวลได้หลุดไป ในกระแสของน้ำทิ้งจะส่งผลกระทบใหญ่ ๆ หลายประการคือ (1) อาจเกิดการอุดตันในคอลัมน์ได้ (2) อาจส่งผลให้เกิดมลพิษเพิ่มเติมในช่วงที่รับน้ำทิ้งและ (3) ประสิทธิภาพของการดูดจับสีย้อมลดลง ซึ่ง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ไม่ก่อผลที่ดีต่อการบำบัดโดยรวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากต้องมีการกำจัดมลพิษในช่วงท้ายก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมาอีก ยิ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะนำเอาวิธีการนี้มาใช้มีความด้อยกว่าวิธีเดิมในแง่เศรษฐศาสตร์อีกด้วย

ตารางที่ 5.3 เปอร์เซ็นของชีวมวลก่อนและหลังทดลอง

การทดลอง	มวลชีวมวล (มิลลิกรัม)	% สูญเสีย
ก่อนการทดลอง	**200**	**26.81**
หลังการทดลอง	**146.37**	

อนึ่งจากผลการทดลองเช่นนี้ก็ได้สร้างปัญหาในการพัฒนาชีวมวลเป็นอย่างมากนั่นแสดงว่าการเตรียมชีวมวลเพื่อให้คงรูปยังไม่เหมาะสม จึงควรที่จะทดลองใช้กระบวนการต่าง ๆ อาทิ กระบวนการทางเคมี กระบวนการทางความร้อนหรือกระบวนการอื่น ๆ สำหรับการเตรียมชีวมวลก่อนที่จะนำมาใช้ดูดจับสีย้อมออกจากน้ำทิ้ง

5.3.8 การทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจริงจากภาคอุตสาหกรรม

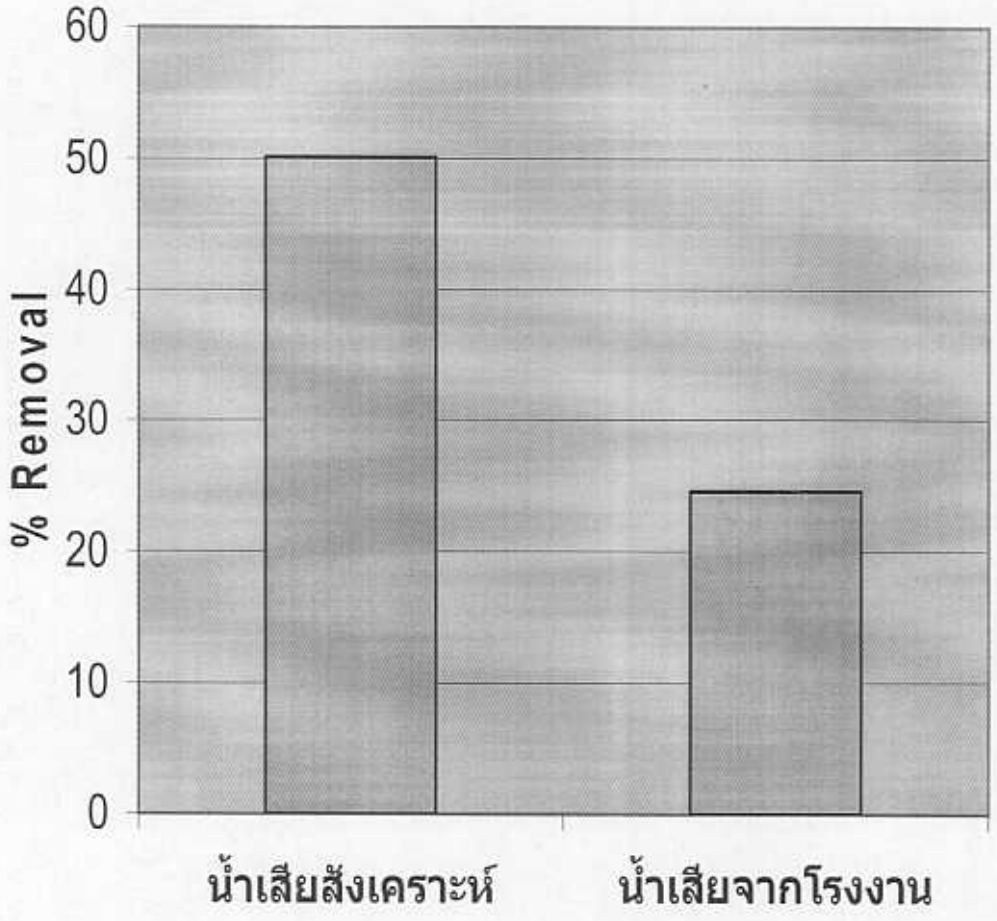
โครงการวิจัยนี้ได้ใช้น้ำทิ้งจริงจากภาคอุตสาหกรรมเพื่อทดสอบความสามารถในการดูดจับสีย้อมของชีวมวลด้วย โดยน้ำทิ้งที่ใช้จะได้รับการอนุเคราะห์จากห้างหุ้นส่วนธนไพศาล (รายละเอียดและระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทที่ได้อธิบายละเอียดในภาคผนวก ก) และน้ำทิ้งจะทำการเก็บจากอันที่มีการผลิตโดยใช้สีส้มเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น 5 วัน และนำเอาน้ำทิ้งทั้งหมดมาผสมกันและนำมาใช้สำหรับทำการทดลอง อย่างไรก็ตามขบวนการผลิตโดยปกติจะต้องทำการผสมสีมากกว่าหนึ่งสีเสมอจะไม่ใช้เพียงสีเดียว ดังนั้นการทดลองครั้งนี้เปรียบเสมือนการทำการทดลองในระบบหลายองค์ประกอบนั้น แต่การทดลองจะสามารถควบคุมได้เฉพาะสีส้มที่ทำการทดลองเท่านั้น ซึ่งจะทำการอธิบายและรายงานผลในหัวข้อถัดไปในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการทำในระบบองค์ประกอบเดียว

เมื่อนำผลการทดลองมาเกี่ยวกับการทดลองที่ผ่านมาในหัวข้อ 5.2 พบว่า ความสามารถของการดูดจับสีย้อมจากน้ำทิ้งจริงของชีวมวลมีค่าเสถียรต่ำลงมาก ดังแสดงการเปรียบเทียบในรูปที่ 5.8 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการลดลงมีมากกว่า 50 % นั่นก็แสดงว่าความสามารถในการดูดจับโดยรวมต่ำมากในน้ำทิ้งจริง ผลที่เกิดเช่นนี้น่าจะมาจากสาเหตุของการแย่งกันเข้าจับสีย้อมของชีวมวลถูกแย่งชิงโดยสีย้อมอื่นหรือสารเคมีอื่นๆ ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจริงและผลก็รุนแรงกว่าผลกระทบที่มีกลุ่มอิออนปนอยู่เพียงกลุ่มเดียว นั่นก็น่าจะสรุปได้ว่าน้ำทิ้งจริงซึ่งมีองค์ประกอบหลายองค์ประกอบปนอยู่ในน้ำทิ้งส่งผลกระทบให้จุดที่จะเกิดพันธะระหว่างชีวมวลและสีย้อมนั่นลดลงโดยสีย้อมอื่นและสารเคมีอื่นเข้าไปใช้สำหรับการเกิดพันธะก่อน ดังนั้นหากจะพัฒนานำเอาระบบการดูดจับสี

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ย้อมโดยใช้ชีวมวลในลักษณะนี้จะต้องทำการแยกสีย้อมให้เป็นลักษณะองค์ประกอบเดี่ยวก่อนเสมอ หากทำได้ มิฉะนั้นผลกระทบก็จะรุนแรงส่งผลให้ค่าความสามารถในการดูดซึมลดต่ำลงอย่างมาก อนึ่งการศึกษาโดยละเอียดถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำทิ้งจริงจากโรงงานจะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 5.4 เป็นต้นไป



รูปที่ 5.8 ความสามารถของการดูดจับสีย้อมของชีวมวล

และจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.3.8 นี้ทำให้มองคร่าว ๆ ได้ว่ามีความเป็นไปได้ค่อนข้างน้อย หากจะทำการพัฒนาชีวมวลชนิดสำหรับใช้บำบัดน้ำทิ้งจริงจากภาคอุตสาหกรรม เพราะประสิทธิภาพต่ำมากๆ ถึงแม้จะเป็นชีวมวลที่ให้ค่าสูงที่สุดแล้วในกลุ่มที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งปัญหาก็น่าจะมาจากสองเหตุผลที่พบคือ ชีวมวลมีการสูญเสียเนื้อชีวมวลในระหว่างการใช้งานและการรบกวนของอิออนหรือสีย้อมอื่น ๆ ต่อความสามารถในการดูดจับสีย้อมที่สนใจ ดังนั้นการทดลองในแบบ Biosorption ซึ่งส่วนใหญ่ทำการศึกษาแบบองค์ประกอบเดี่ยวแล้วจึงเริ่มทำการศึกษาแบบสององค์ประกอบและเข้าสู่ระบบหลายองค์ประกอบนั้น ไม่น่าจะเหมาะสมที่จะดำเนินการต่อ สิ่งที่ควรจะแก้ปัญหาให้ได้ก่อนน่าจะเป็นการพยายามหาหนทางในการลดการ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

สูญเสียเนื้อของชีวมวลก่อนแล้ว จึงศึกษาในระบบสององค์ประกอบของหลายองค์ประกอบต่อไป ดังนั้นนักวิจัยจึงได้เสนอผลการทดลองตามแนวที่ได้อธิบายมานี้ต่อไป

5.3.9 การศึกษาเพื่อลดการสูญเสียเนื้อชีวมวล

การเตรียมชีวมวลโดยใช้สารเคมีและหรือวิธีการอบแห้งได้ถูกนำมาใช้กับชีวมวล โดยมีการทดลองใช้สารเคมีต่าง ๆ กันแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดจับสีย้อมรวมทั้งมีการวัดน้ำหนักที่สูญหายไปในระหว่างการทดลอง และเพื่อให้ง่ายสำหรับการเปรียบเทียบ นักวิจัยจึงได้ทำการทดลองในแบบสภาวะสมดุลย์แบบองค์ประกอบเดียวเท่านั้น เพราะจะเป็นเพียงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละวิธี อนึ่งการชั่งน้ำหนักของชีวมวลที่หายไปนั้นได้อาศัยเฉพาะการชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งเท่านั้น ซึ่งการทดลองที่ใช้เฉพาะเครื่องชั่งอาจมีข้อคลาดเคลื่อนไปบ้าง ซึ่งการทดลองที่ละเอียดนั้นควรจะศึกษาการละลายขององค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ที่หลุดออกจากชีวมวล โดยการวัดในเครื่อง TOC Analysor น่าจะให้ผลที่แม่นยำกว่า แต่อย่างไรก็ตามการวัดในเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ก็จะให้ค่าดัชนีของการสูญเสียเนื้อของชีวมวลที่น่าเชื่อถือได้พอสมควรในระดับมหภาค หากต้องการผลที่ละเอียดในระดับจุลภาคจึงน่าจะนำ TOC Analysor มาใช้แต่การทดลองนี้ไม่ได้นำมาใช้

ในการทดลองครั้งนี้ได้รายงานผลการทดลองในตารางที่ 5.4 และพบว่าการใช้กระบวนการทางเคมีในการปรับปรุงชีวมวลร่วมกับความร้อนนั่นให้ค่าความสามารถในการดูดจับสีย้อมมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง รวมทั้งไม่ส่งผลใด ๆ ต่อคุณสมบัติของชีวมวล แต่อัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงนั้นมีค่าใกล้เคียงกับความสามารถของชีวมวลที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใด ๆ เลยเช่นกัน นั่นก็แสดงว่ากระบวนการทางเคมีและความร้อนที่ถูกเลือกมาใช้นั้นไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดจับได้ ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าความร้อนและสารเคมีที่ใช้นี้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงให้กลุ่มที่จะก่อพันธะ (functional groups) ของชีวมวลได้ ส่วนในประเด็นที่มีการสูญเสียเนื้อของชีวมวลนั้น ผลการทดลองในตารางนี้ก็แสดงเช่นเดียวกันคือมีการสูญเสียเนื้อชีวมวลที่ใกล้เคียงกับการทดลองให้หัวข้อ 5.3.8 ที่ได้อธิบายผ่านมาแล้ว จากการศึกษาในหัวข้อนี้บ่งให้ทราบว่าการปรับปรุงคุณสมบัติของชีวมวลที่เหมาะสม น่าจะไม่ใช่วิธีการแช่ในสารเคมีหรือเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการอบแห้งในช่วงที่ทำการทดลอง ซึ่งวิธีการที่เหมาะสมหากจะนำชีวมวลชนิดมาใช้ดูดจับสีย้อมจึงสมควรค้นหาต่อไป อาทิการบดละเอียดแล้วทำการยึดเกาะบนแผ่นเซรามิกส์หรืออื่น ๆ เป็นต้น

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ตารางที่ 5.4 แสดงวิธีการปรับปรุงชีวมวลกับผลของการดูดซึม

ลำดับ	เทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพชีวมวล	% การดูดซึม	% การสูญเสียเนื้อชีวมวล
1	ล้างด้วยน้ำกลั่น	50.1	26.3
2	0.2 M แคลเซี่ยมคลอไรด์ + อบที่ 60 °C	49.3	23.5
3	0.2 M แคลเซี่ยมคลอไรด์ + อบที่ 100 °C	51.4	26.0
4	0.2 M แคลเซี่ยมคลอไรด์ + อบที่ 150 °C	46.7	24.9
5	5% ฟอมาลดีไฮด์ + 2 % กรดเกลือ + 0.2 M แคลเซี่ยมคลอไรด์ + อบที่ 100 °C	42.3	25.3
6	7 % กรดไนตริก	46.2	26.3
7	7 % กรดเกลือ + อบที่ 60 °C	43.0	25.7

5.3.10 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการนำเอาชีวมวลมาใช้เป็นสารดูดจับสีย้อมออกจากน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำการศึกษาเปรียบเทียบถึงเรื่องค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำเสียระหว่างระบบเดิมที่ใช้อยู่กับระบบใหม่ที่จะนำมาใช้ทดแทนกันซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะใช้รวมเอาค่าใช้จ่ายทุกอย่างที่เกี่ยวข้องมาประกอบการพิจารณายกเว้นค่าใช้จ่ายสำหรับการออกแบบอุปกรณ์หากมีการต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใหม่เข้ามาใช้ในระบบใหม่ โดยจะเปรียบเทียบให้เห็นเฉพาะค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าปฏิบัติการ (Operating cost) ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร โดยฐานของการเปรียบเทียบจะใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานห้างหุ้นส่วนธนไพศาล (รายละเอียดดูเพิ่มเติมในภาคผนวก ก) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำเสียเป็น 10.05 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย ดังนั้นการคิดคำนวณ พิจารณาและเปรียบเทียบจึงต้องใช้ฐานเดียวกัน ซึ่งค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดโดยใช้ชีวมวลจะสามารถคิดคำนวณคร่าว ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.7 อย่างไรก็ตามยังมีค่าใช้จ่ายบางส่วนที่ไม่สามารถคำนวณออกมาเป็นตัวเลขได้โดยตรง ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งสิ้น 11.28 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำทิ้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายปัจจุบันที่ทางโรงงานใช้อยู่พบว่า ใกล้เคียงกันนั่นก็แสดงว่าระบบที่นำมาทดแทนนั้น มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์แต่อย่างไรก็ตามวิธีการบำบัดน้ำทิ้งที่จะนำเอาชีวมวลมาใช้นั้นยังไม่เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดเพราะจากการทดลองที่ผ่านมาการสูญเสียเนื้อของวัสดุมีค่อนข้างสูง คือกว่า

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ประมาณ 25 % ซึ่งยังต้องการที่จะหาวิธีการจัดเตรียมชีวมวลที่เหมาะสมกว่าเดิม ซึ่งก็จะทำให้กระทบต่อราคาและค่าใช้จ่ายซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิมก็เป็นได้ รวมทั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการเตรียม วิธีการกำจัดรวมทั้งพลังงานที่ใช้ทั้งหมดก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ครั้งนี้ก็ยังพอจะให้ภาพของการใช้ชีวมวล โดยเปรียบเทียบในทางเศรษฐศาสตร์ได้บ้างว่า มีความใกล้เคียงกับวิธีปัจจุบัน

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าใช้จ่ายสำหรับการบำบัดน้ำทิ้ง

ค่าใช้จ่าย	ราคา (บาท) / ลูกบาศก์เมตร ของน้ำทิ้ง	หมายเหตุ
ค่าจัดซื้อชีวมวล	2.60	- ราคามีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพตลาด
ค่าจัดเตรียมชีวมวล	8.35	- ทำการตากแห้ง ล้าง ชโลมด้วยสารเคมี ยังไม่รวมค่าแรง
ค่ากำจัดและทำลายชีวมวลหลังการใช้งาน	4.05	- ชะล้างสีย้อมออก หรือเผาเป็นเชื้อเพลิง
ค่าพลังงาน	1.28	- สำหรับการเตรียมกำจัด ใช้งานและทำลายชีวมวล
รวม	16.28	

5.3.11 การศึกษาในรายละเอียดสำหรับการพัฒนาคุณภาพของชีวมวล

จากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่า การใช้สารดูดซึมที่เตรียมมาจากชีวมวลตากแห้งหรือชีวมวลที่มีการเตรียมโดยกระบวนการทางเคมีและความร้อนก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และปรากฏการณ์สูญเสียเนื้อของชีวมวลก็ยังคงเกิดขึ้นอยู่เช่นเดิมในอัตราก็ใกล้เคียงกัน ดังนั้นเมื่อไม่สามารถลดการสูญเสียเนื้อของชีวมวลลงได้ การศึกษาที่จะปรับปรุงหรือพัฒนาก็ย่อมต้องการเวลาที่มากสำหรับการศึกษาต่อไป และการศึกษาถึงปัจจัยที่เป็นสิ่งที่ทำให้อัตราการสูญเสียเนื้อของชีวมวลลดลงหรือเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลกระทบจริงก็น่าจะเป็นอีกทางหนึ่งที่จะทำให้สามารถใช้งานชีวมวลได้ตามความสามารถที่มีอยู่ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคงสภาพของชีวมวลก็จะอธิบายต่อไป

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

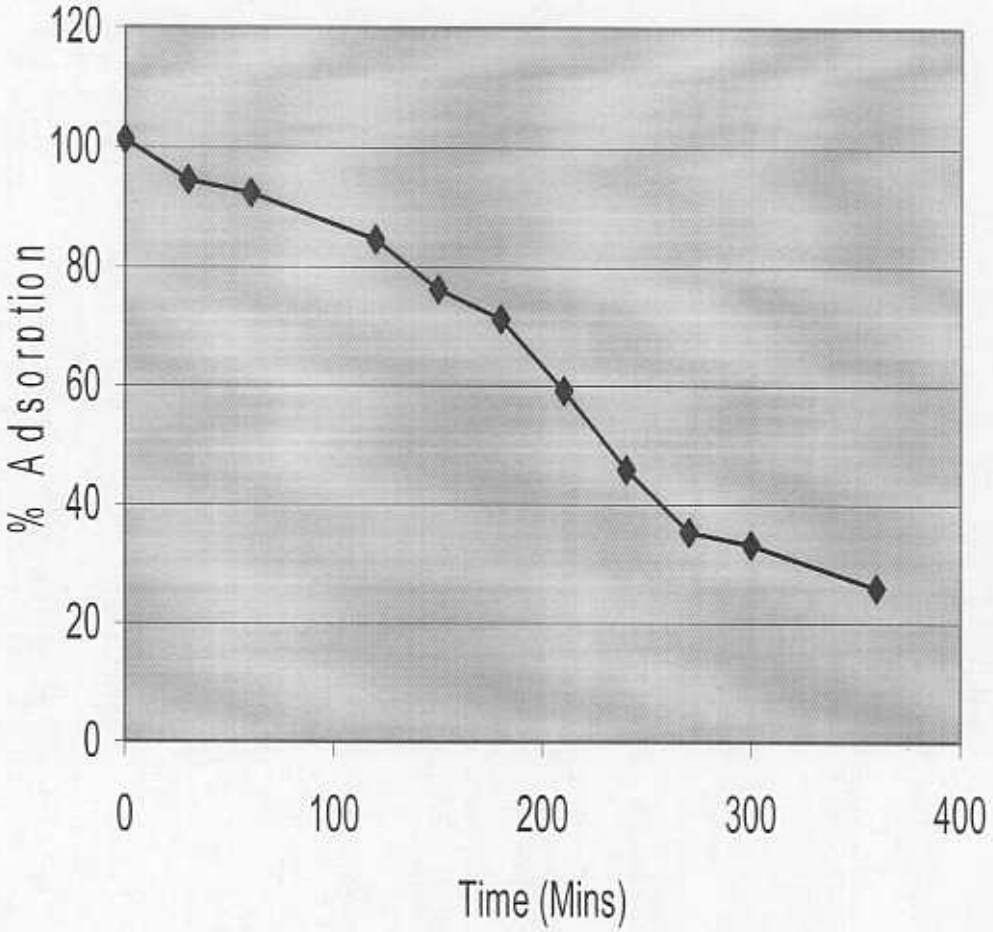
ก) การคงสภาพต่อสารเคมี

เนื่องจากน้ำทิ้งมีสารเคมีปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งเสมอ ซึ่งสารเคมีอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็เป็นได้ และก็จะทำการเร่งให้เกิดการสูญเสียเนื้อของชีวมวลได้โดยวิธีการทำให้การยึดเกาะสาหร่ายอะตอมภายในหลุดไปได้ ดังนั้นการเข้าใจถึงปรากฏการณ์และชนิดของสารเคมีที่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพในการดูดจับสีย้อมจึงมีความสำคัญที่น่าจะทำความเข้าใจ โดยได้ทดลองกับสารเคมีสองชนิดคือ ชนิดที่ออกฤทธิ์เป็นกรดและชนิดที่สามารถออกซิไดซ์ได้ดี

การคงทนต่อสารเคมีชนิดกรดมีความสำคัญมากเพราะ ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเมื่อนำสารดูดซึมมาใช้งาน จะต้องเกิดการอิ่มตัวและเมื่ออิ่มตัวจะต้องทำการชะล้างเอาสีย้อมออกจากสารดูดซึม ซึ่งส่วนใหญ่น่าจะใช้กรดเป็นตัวชะล้างออก ดังนั้นการทดลองจึงได้ใช้กรดเกลือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน สัมผัสกับชีวมวลในช่วงเวลาต่าง ๆ แล้วสังเกตผลที่ได้ว่าเป็นเช่นไร ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในรูปที่ 5.9 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าในการที่ชีวมวลสัมผัสกับกรดเกลือนั้นจะมีการสูญเสียเนื้อชีวมวลเกิดขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของกรดเกลือสูงอัตราการสูญเสียเนื้อของชีวมวลก็สูงตามไปด้วย และเมื่อเวลาที่มากกว่า 50 นาที ของการสัมผัสอัตราการสูญเสียเนื้อชีวมวลก็ลดลง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.9 แสดงการดูดซึมที่ลดลงเมื่อใช้กรดเกลือทดสอบ

ข) การคงสภาพต่อความร้อน

เนื่องจากน้ำทิ้งจะมีอุณหภูมิแปรเปลี่ยนและอยู่ในช่วงประมาณ 25 – 45 °C ดังนั้น ชีวมวลที่ใช้จะต้องถูกใช้ในสภาพของอุณหภูมินี้จึงได้มีการทดสอบดูว่า จะมีผลต่อการเร่งให้เกิดการสูญเสียเนื้อของชีวมวลหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการดูดจับสีย้อมและปริมาณการสูญเสียเนื้อของชีวมวล ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 5.8

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ตารางที่ 5.8 ประสิทธิภาพการดูดจับสีย้อมและอัตราการสูญเสียเนื้อชีวมวล

อุณหภูมิ (°C)	% ดูดจับ	% สูญเสียเนื้อชีวมวล
20	51.0	25.3
30	49.8	23.1
40	46.3	25.6

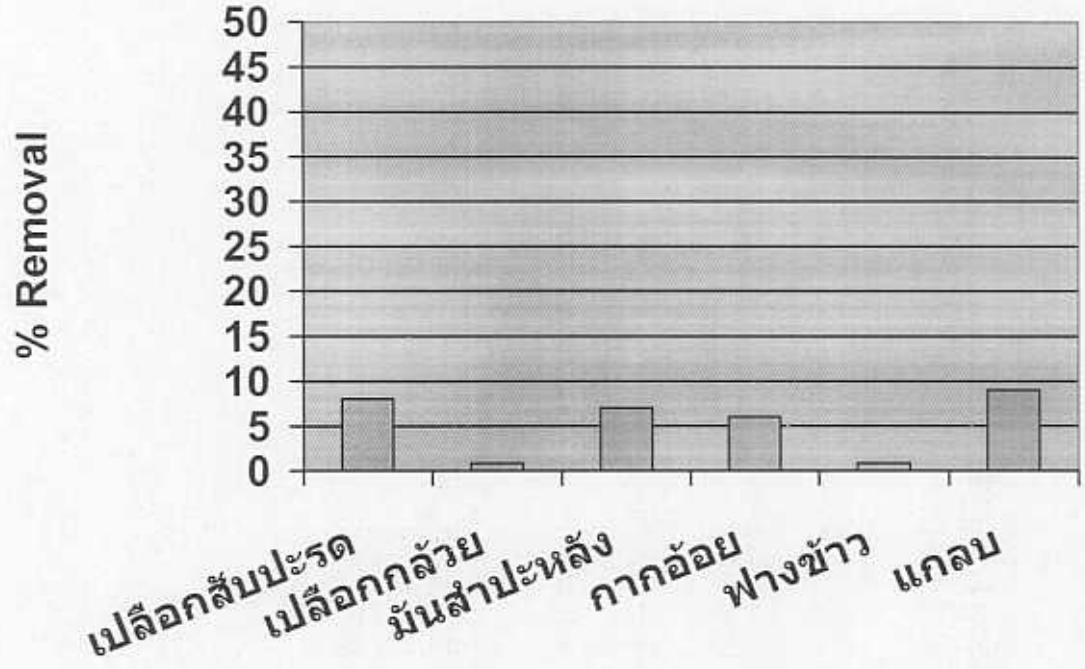
5.4 การศึกษาการดูดซึมสารปนเปื้อนจากน้ำทิ้งจริง

ในหัวข้อที่ผ่านมาในบทที่ 5 ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของชีวมวลในการดูดซึมสีย้อมเป็นหลัก เพื่อเป็นความเข้าใจเบื้องต้นเท่านั้น ตั้งแต่หัวข้อ 5.4 เป็นต้นไปจะเป็นการแสดงถึงผลการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจริงจากอุตสาหกรรมมาใช้สำหรับการทดลอง ซึ่งน้ำทิ้งจริงกับสีย้อมที่เตรียมจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันมากเนื่องจากสีย้อมจะเป็นการเตรียมจากสีละลายกับน้ำตามสัดส่วนความเข้มข้นที่ต้องการ ส่วนน้ำทิ้งจริงจะเป็นสีย้อมที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตมากมาย มีการทำปฏิกิริยา ณ. จุดต่าง ๆ แล้วจึงนำมาเก็บรวบรวมไว้ในบ่อพักเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียต่อไป อนึ่งเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ได้จัดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจริงจากบ่อพักสุดท้ายของกระบวนการ ดังนั้นน้ำทิ้งจริงจึงเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากหลากหลายกระบวนการผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับว่าโรงงานจะมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น สัดส่วนของสีย้อมเริ่มต้นหรือไม่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าความต้องการของลูกค้าในการต้องการย้อมสีอย่างไรบ้าง ดังนั้นน้ำทิ้งจริงครั้งนี้จึงเป็นลักษณะที่มีองค์ประกอบหรือส่วนผสมของสีย้อมและสิ่งเจือปนอยู่ในแบบหลากหลายองค์ประกอบ (Multi – component) นั่นเอง และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา รวมทั้งการบำบัดน้ำเสียก็มีการดำเนินการตลอดเวลาเช่นกัน

ความสามารถในการดูดซึมของชีวมวลเดิมทั้ง 4 ชนิด สำหรับการดูดซึมในน้ำทิ้งจริง คือ มันสำปะหลัง กากอ้อย ฟางข้าว และแกลบ ซึ่งได้ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 5.10 อนึ่งในการทดลองนี้ยังไม่ได้ควบคุมค่าพารามิเตอร์ใด ๆ ทั้งในเรื่องของ pH และอุณหภูมิ ซึ่งพบว่าชีวมวลต่าง ๆ มีความสามารถในการดูดซึมในน้ำแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับการดูดซึมของสีย้อม ที่ได้อธิบายผ่านมาแล้วในหัวข้อ 5.2 และเมื่อเทียบความสามารถในสารดูดซึมของชีวมวลปรากฏว่าให้ค่าค่อนข้างต่ำมาก และชีวมวลทุกชนิดให้เปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมต่ำกว่า 10 % ทั้งหมด โดยเฉพาะเปลือกกล้วยและฟางข้าว มีการดูดซึมที่ต่ำมาก ๆ (ต่ำกว่า 1 %) โดยในรายละเอียดของการดูดซึมพบว่า มันสำปะหลังและกากอ้อยดูดซึมได้ประมาณ 6 % ส่วนแกลบมีความสามารถในการดูดซึมสูงที่สุดประมาณ 9 %

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



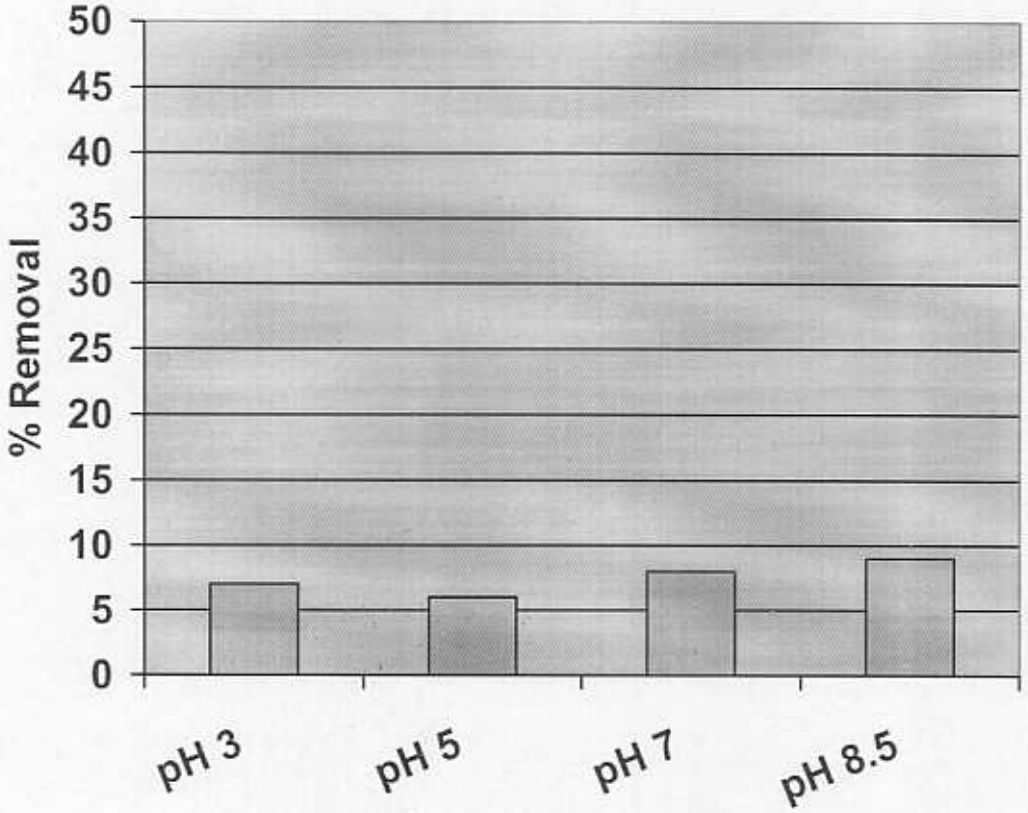
5.10 เปรียบเทียบความสามารถของชีวมวลในการดูดซึมในน้ำทิ้งจริง

5.4.1 ผลของ pH ต่อการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริง

น้ำทิ้งจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ใช้สำหรับการทดลองมีค่า pH ค่อนข้างสูง คือมีความเป็นเบส (มากกว่า 7) โดยมีค่า pH อยู่ประมาณ 8 – 10 ในการทดลองครั้งนี้ใช้ค่า pH ที่ควบคุมอยู่ 3 pH คือค่า pH ที่เป็นกลาง (pH = 7) และ pH ที่มีค่าเป็นกรด (pH = 3,5) สำหรับการเปรียบเทียบถึงผลของ pH ต่อการดูดซึมซึ่งแสดงผลทดลองในรูปที่ 5.11 และพบว่าค่า pH ต่ำ (pH = 3) ให้ค่าการดูดซึมต่ำส่วนค่า pH อื่น ๆ คือ pH 5,7 และ pH น้ำทิ้งจริง ≈ 8.5 มีค่าใกล้เคียงกันโดยค่า pH 3 ให้ค่าความสามารถในการดูดซึมสารปนเปื้อนได้โดยประมาณ 6 % และค่า pH 5 ให้ค่าความสามารถในการดูดซึมสารปนเปื้อนได้ประมาณ 5 % ส่วนค่า pH 7 ที่มีค่า pH เป็นกลางให้ค่าความสามารถในการดูดซึมที่สูงขึ้นมาเพียงเล็กน้อย คือ ชีวมวลที่ใช้ให้ค่าความสามารถในการดูดซึมสารปนเปื้อนได้ประมาณ 7 % ในขณะที่ค่า pH 8.5 ที่เป็นค่า pH ของเบสนั้นให้ค่าดูดซึมที่สูงที่สุดสำหรับการทดลองครั้งนี้ คือประมาณ 9 % แต่อย่างไรก็ตามค่าที่แตกต่างกันนี้ถือว่าน้อยมากผลการทดลองจึงขอสรุปว่า ทุกค่า pH ที่ทดลองให้ผลการดูดซึมที่ใกล้เคียงกัน ค่า pH ที่มีค่าเป็นเบสจะไม่มีผลต่อความสามารถในการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้ง ส่วนเมื่อค่า pH เป็นเบส ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ดีเพราะหากมีการนำเอาชีวมวลมาดูดซึมน้ำทิ้งจริงก็ไม่จำเป็นต้องมีการปรับ pH ก่อนการบำบัด

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University



รูปที่ 5.11 ความสามารถของชีวมวลในการดูดซึมในน้ำทิ้งจริงที่ค่า pH ต่าง ๆ

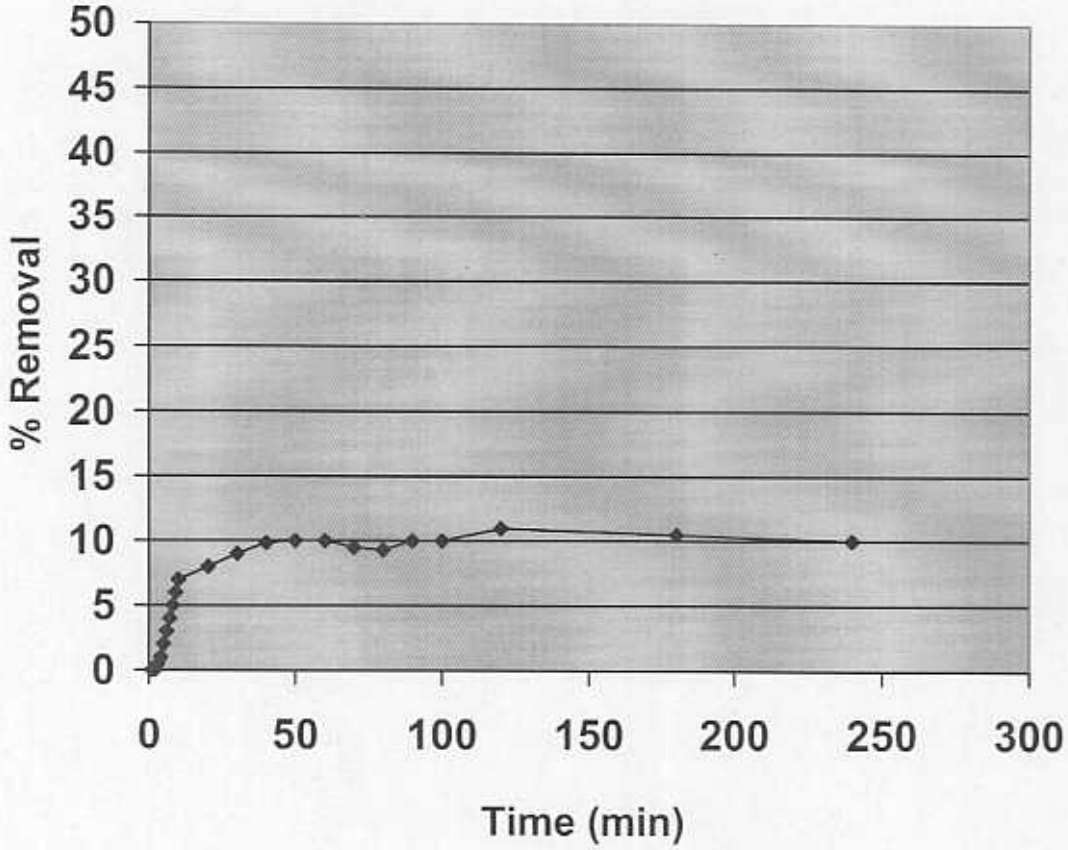
5.4.2 ปฏิกิริยาการดูดซึมโดยชีวมวลในน้ำทิ้งจริง

ในกราฟรูปที่ 5.12 แสดงผลการทดลองที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาการดูดซึมของชีวมวลเมื่อใช้น้ำทิ้งจริง พบว่าการดูดซึมในช่วงแรก (0 – 30 นาที) เกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว โดยเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมสารปนเปื้อนเพิ่มจากศูนย์เปอร์เซ็นต์เมื่อเริ่มการทดลองเป็นประมาณ 8 % ภายในเวลาต่ำกว่า 10 นาที ในอัตราที่รวดเร็วมากซึ่งสามารถสังเกตได้จากความชันในกราฟที่ 5.12 นี้ได้อย่างชัดเจน และเวลาผ่านไปจนถึง 30 นาที (ช่วงเวลา 10 นาที – 30 นาที) ความสามารถของการดูดซึมก็ยังคงเพิ่มขึ้นต่อไป แต่อัตราเร็วจะลดลงโดยค่าความสามารถในการดูดซึมสูงสุดขึ้นถึง 10 % เมื่อเวลา 30 นาที และหลังจากเวลา 30 นาที แล้วพบว่าอัตราการดูดซึมมีการอิ่มตัวและไม่สามารถดูดซึมได้ต่อไป ซึ่งในกราฟจะเป็นเส้นกราฟที่คงที่ และได้ทำการทดลองต่อไปอีกจนครบ 3 ชั่วโมงก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ และเมื่อนำเอาผลการทดลองนี้ไปเปรียบเทียบกับการดูดซึมสีย้อมในหัวข้อ 5.3.2 พบว่าลักษณะของการดูดซึมมีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ช่วงต้นชีวมวลดูดซึมได้จนกระทั่งเกิดการอิ่มตัวก็ไม่สามารถดูดซึมได้ แต่ในการดูด

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

ซึมในน้ำทิ้งจริงนี้ พบว่าอัตราเร็วในการดูดซึมในช่วงต้นช้ากว่าการดูดซึมสีย้อมในหัวข้อ 5.3.2 ที่เป็นเช่นนี้น่าจะมีผลขององค์ประกอบที่มีมากกว่า 1 องค์ประกอบในน้ำทิ้งจริงซึ่งอาจจะมีผลต่อด้านการดูดซึมของชีวมวลทำให้จุดที่เกิดพันธะของชีวมวลเกิดการแย่งชิงกันดูดจับโดยองค์ประกอบที่มีมากมายทำให้ลดความสามารถของการดูดจับลงไปได้ นั่นก็แสดงว่าผลองค์ประกอบจะมีผลต่อการดูดซึมของชีวมวล



รูปที่ 5.12 ปฏิกิริยาดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริง

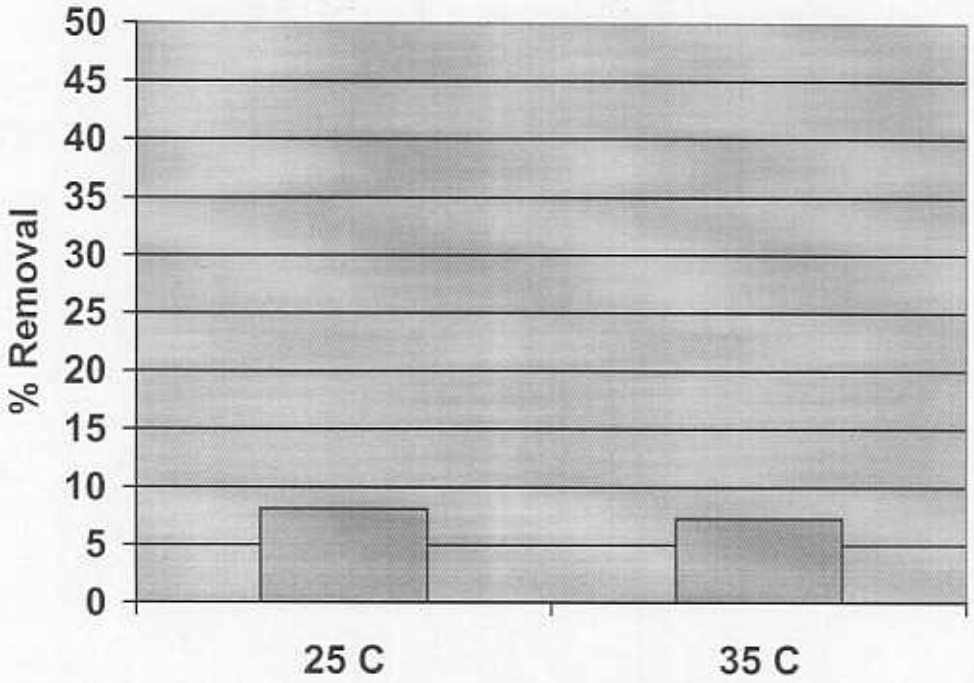
5.4.3 ผลของอุณหภูมิต่อการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริง

ในการทดลองครั้งนี้ได้เปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกับ 2 อุณหภูมิ คือที่อุณหภูมิบรรยากาศปกติ ($\approx 20-21$ °C) และที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่งที่ได้ทดลองที่สองอุณหภูมินี้เท่านั้นก็เนื่องจากเพื่อต้องการทราบค่าความสามารถในการดูดซึมในสภาวะอุณหภูมิปกติของบ่อพักน้ำเสียซึ่งส่วนใหญ่ไม่มีการปรับอุณหภูมิ ซึ่งอุณหภูมิก็จะเป็นอุณหภูมิห้องซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิอากาศนั่นเอง ส่วนที่อุณหภูมิสูงคือที่ 35 °C นั่นจะเป็นตัวแทนของน้ำเสียจริงของโรงงานที่พึ่งออกจากกระบวนการผลิตที่มีอุณหภูมิยังสูงอยู่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ออกจากขบวนการผลิตจริงอาจ

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

มีอุณหภูมิแตกต่างจากนี้มากแต่การทดลองที่อุณหภูมิสูงค่านี้จะไม่ทำการทดลองเพราะการบำบัดที่มุ่งเน้นแก้ปัญหาจะเป็นการบำบัดน้ำเสียในช่วงที่ทำในบ่อพักมากกว่า ซึ่งหากทดสอบว่าสามารถนำเอาชีวมวลมาใช้บำบัดน้ำเสียจริงแล้วควรจะจัดให้บำบัด ณ. ที่จุดใดของโรงงานได้หากเมื่อศึกษาแล้วพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการดูดซึมแต่อย่างไรก็ตามเมื่อผลการทดลองแสดงออกมาแล้ว สำหรับผลการทดลองได้แสดงในกราฟรูปที่ 5.13 และพบว่าอุณหภูมิทั้งสองอุณหภูมินั้น ให้ค่าความสามารถในการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริงนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก โดยเมื่ออุณหภูมิห้องได้ประมาณ 8.1 % ในขณะที่อุณหภูมิสูงได้ 7.25 % ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริงเลย ซึ่งจะส่งผลต่อการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยว่าสามารถบำบัดน้ำเสีย ณ จุดใดก็ได้หากมีการนำเอาชีวมวลมาใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสีย แต่การบำบัด ณ จุดอุณหภูมิต่ำกว่าน่าจะทำได้ง่ายกว่าหากพิจารณาปัจจัยอื่น ๆประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 5.13 ผลของการดูดซึมของชีวมวลในน้ำทิ้งจริงเมื่ออุณหภูมิต่างกัน

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 6
สรุปและเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองในโครงการวิจัยนี้ซึ่งเป็นการศึกษาโดยใช้วัสดุธรรมชาติทั้งสิ้น 4 ชนิด มาทำการดูดจับสีย้อมออกจากน้ำทิ้งได้ผลปรากฏว่า มันสำปะหลัง เป็นชีวมวลที่มีค่าความสามารถดีที่สุด เมื่อเทียบกับชีวมวลอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ และได้นำมาศึกษาต่อแบบครบวงจร พบว่าปฏิกิริยาในการดูดจับสีย้อมได้ แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียเนื้อชีวมวลมีสูงมาก คือประมาณกว่า 50 % รวมทั้งนำมาทิ้งจริงจากอุตสาหกรรมมาทดลองใช้กับชีวมวล ปรากฏว่าให้ผลต่ำมาก ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการเข้าแย่งกันนำพันธะขององค์ประกอบอื่น ๆ ต่อชีวมวลและชีวมวลก็มีพื้นที่ทำพันธะจำกัด ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพในการดูดจับสีย้อมที่สนใจจึงให้ค่าต่ำมาก

การศึกษาได้พุ่งเป้าไปที่การพัฒนาชีวมวลให้มีความสามารถดีขึ้นโดยการใช้สารเคมีและความร้อนเข้าช่วยพบว่า ไม่สามารถกระทำได้ในการทำตามสภาวะที่ทำการทดลองตามโครงการวิจัยนี้จึงน่าจะหาหนทางอื่น ๆ อาทิ การบดละเอียดและให้จับเกาะบนแผ่นเป็นต้น

อนึ่งในการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้ทำการศึกษาไว้ในโครงการนี้ก็ได้ศึกษาแต่ได้ทำบนพื้นฐานของชีวมวลที่ยังไม่ได้พัฒนาจนเหมาะสมต่อการใช้งานจริง แต่ก็ได้ให้ค่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายเดิม พบว่ามีค่าสูงกว่าระบบที่ปัจจุบันใช้อยู่อย่างไรก็ตามค่าทางเศรษฐศาสตร์อาจจะเปลี่ยนไปเมื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของชีวมวลได้ใหม่ ซึ่งการคำนวณต้องทำใหม่เช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาในโครงการวิจัยนี้พบว่าการค้นหาชีวมวลต่าง ๆ นั้นมีอุปสรรค เพราะโครงสร้างของชีวมวลมีมากมายและแตกต่างกันมาก บางครั้งชีวมวลที่มีอยู่มากมายอาจจะไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือบางครั้งชีวมวลที่เหมาะสมอยู่บ้างก็จะมีอุปสรรคในเรื่องสภาพการคงตัวของชีวมวล เพราะการใช้ชีวมวลจากธรรมชาติ จะเกิดการเน่าเปื่อยตามธรรมชาติอยู่แล้ว วิธีการปรับปรุงให้ชีวมวลใช้งานได้ก็นับว่าสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ยังรวมไปถึงว่าจะทำให้ชีวมวลได้ใช้งานไปนาน ๆ หลาย ๆ รอบการใช้งานก็สำคัญเช่นกัน ซึ่งการวิจัยยังเปิดกว้างอยู่ในเรื่องของเหล่านี้ จึงน่าจะสนับสนุนให้เกิดการค้นคว้าและวิจัยในวงกว้างต่อไป

2. การศึกษาเพื่อนำชีวมวลมาดูดจับสีย้อมนับว่ามีปัญหาอย่างยิ่ง ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณของการดูดจับ เพราะสีย้อมเป็นสารเคมีที่มีองค์ประกอบแบบหลายองค์ประกอบและโดยเฉพาะการใช้งานก็มีการนำเอาสีย้อมมาผสมกันอีก ก็ยิ่งส่งผลต่อการตรวจวัดมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถสังเคราะห์น้ำทิ้งที่มีสีย้อมปนอยู่ได้ถูกต้อง และการตรวจวัดก็ทำได้ยากมากด้วย ซึ่ง

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

แตกต่างจากการศึกษาการดูดจับโลหะหนักของชีวมวล เพราะการวัดปริมาณโลหะหนักเราสามารถทราบค่าที่แน่นอนได้ง่ายกว่า โดยมีช่วงที่ความถี่ของแสงที่ชัดเจน

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

บทที่ 7

เอกสารอ้างอิง

1. Aderhold, D., Williams, C. J. and Edyvean, R. G. J. (1996). The Removal of Heavy Metal Ions by Seaweeds and their Derivatives. *Biores. Technol*, **58**, 1-6.
2. Birnbaum, S., Pendleton, R., Larson, P. O. and Mosbach, K. (1982). Covalent Stabilisation of Alginate Gel for the Entrapment of Living Whole Cells. *Biotechnol Letts*, **3**, 393-402.
3. Blanchard, G. (1984). Removal of Heavy Metals from Water by Means of Natural Zeolites. *Wat. Res*, **18**, 1501-1507.
4. Calabro, V., Drioli, E. and Matera, F. (1991), Membrane Distillation in the Textile Wastewater Treatment, *Desalination, **83***, 209-224.
5. Doyle, R. J., Matthews, T. H. and Streips, U. N. (1980). Chemical Basis for Selectivity of Metal Ions by the *Bacillus Subtitis* Cell Wall. *J. of Bacteriology*, 471-480.
6. Figueiredo, S.A., Boaventura, R.A. and Loureiro, J.M. (2000), Color Removal with Natural Adsorbents: Modeling, Sumulation and Experimental, *Separation and Purification Technology*, **20**, 129-141.
7. Hu,T.L. (1992), Sorption of Reactive Dye by Aeromonas Biomass, *Waste Management*, **26**,357-366.
8. Kalin, M. (1997). *The Role of Applied Biotechnology in Decommisioning Mining Operation*. Chapman and Hall, New York, USA.pp103-120.
9. Kratochvil, D and Volesky, B. (1998). Advances in the Biosorption of Heavy Metals. *TIBTECH*, **6**, 291-300.
10. Lin, S, H. and Peny , F.C. (1994) Treatment of Textile Wastewater by Eleetrochemical Mathods, *Water Research*, **2**, 277-282.
11. Lin, S.H. and Peng, F.C. (1996), Continuous Treatment of Textile Wastewater by Combined Coagulation, Electrochemical Oxidation and Activated Sludge, *Water Research*, **30**, 587-592.
12. Malik, A. and Taneja, U. (1994), Utilizing flyash for Color Removal of Dye Effluents, Am.
13. Meehan, C., Banat, I.M., MeMullan, G., Nigan, P., Smyth, F. and Marchant, R. (2000) Decolorization of Remazol Black-B. using a Thermotolerant Yeast, Kluyveromyces marxianus IMB 3, *Environmental International*, **26**,75-79.

Ubon Rajathanee University

Ubon Rajathanee University

14. Modak, J.M. and Natrajan, K.A. (1995), Biotechnology and Industry: Present and Future, Biotechnology *Advance*, **12**, 647-652.

15. Montgomery, J. M. (1985). *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley & Son, Inc., New York, USA.

16. Muraleedharan, T. R., Leela, I and Venkobachar, C. (1995). Screening of Tropical Wood-Rotting Mushrooms for copper Biosorption. *Appl. Environ. Microbio,* **17**, 3507-3508.

17. Niu, H., Lu, X. S., Wang, J. H. and Volesky, B. (1993). Removal of Lead from Aqueous Solutions by *Penicillium* Biomass. *Biotechnol. Bioeng,* **42**, 785-787.

18. Phillips, D. J. H. (1977). The Use of Biological Indicator Organisms to Monitor Trace Metal Pollution in Marine and Estuarine Environments: A Review. *Environ. Poll,* **13**, 281-317.

19. Prakash, O., Mehrotra, I. and Kumar, P. (1987). Removal of Cadmium from Water by Water Hyacinth. *J. of Environ. Eng*, 113, 352-365.

20. Ramakrishna, K.P.and Viraraghavan, T. (1997), Use of Slag for Dye Removal, *Water Science and Technology*, **17**,483-488.

21. Sakaguchi, T. and Nakajima, A. (1991). Accumulation of Heavy Metals such as Uranium and Thorium by Microorganisms. In: R. W. Smith and M. Misra (Eds), *Mineral Bioprocessing*, The Minerals, Metals and Materials Society.

22. Solt, G. S. and Shirley, C. B. (1991). *An Engineer's Guide to Water Treatment*. Avebury Technical, Sydney, Australia.

23. Thierry, G., Jean-Luc, T. and Thevenot, D. R. (1986). Batch Metal Removal by Peat: Kinetics and Thermodynamics. *Wat. Res*, **20**, 21-26.

24. Veglio, F. and Beolchin, F. (1997). Removal of Metals by Biosorption: a Review. *Hydrometallurgy,* **44**, 301-316.

25. Walker, G.M. and Weatherley, L.R. (2000), Biodegradation and Biosorption of Acid Anthraquinoue Dye, Environmental Pollution, **108**,219-223.

Ubon Rajathanee University