



การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโดย แบบที่เรียด้วยกระบวนการบำบัด แบบแอนแอโรบิก/แอโรบิก

ณัฐพันธุ์ ศุภกา
กาญจนา จันทองจีน

ภาควิชาจุลชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน

แบบที่เรียที่ตัดแยกได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมมีความสามารถในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟชนิดที่มีโมโรโม่ฟอร์เป็นอะโซ คือ รีแอกทีฟสีส้ม ๑๖, รีแอกทีฟสีดำ ๕, รีแอกทีฟสีม่วง ๕ และชนิดที่มีโมโรโม่ฟอร์เป็นแอนทราควิโนน คือ รีแอกทีฟสีน้ำเงิน ๑๙ ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแอมโมเนียและกรดแอสติคเป็นแหล่งคาร์บอนด้วยกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิกตามด้วยแอโรบิก. จากผลการทดลองพบว่าสีส่วนใหญ่จะถูกกำจัดในระหว่างการบำบัดแบบแอนแอโรบิก ในขณะที่ค่าซีโอดีส่วนใหญ่จะลดลงในระหว่างการบำบัดแบบแอโรบิก. เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการกำจัดสี พบว่าที่อุณหภูมิสูงปานกลาง (๓๗-๕๐ องศาเซลเซียส) และค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางหรือต่างอ่อน ๆ (พีเอช ๗-๙) ทำให้ประสิทธิภาพของแบบที่เรียในการกำจัดสีสูงขึ้น. จากการวิเคราะห์สารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการกำจัดสีทั้ง ๒ ขั้นตอนด้วย HPLC พบว่าสีย้อมอะโซจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารมัธยันต์ที่ไม่มีสีในขั้นตอนการบำบัดแบบแอนแอโรบิก, และสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นจะถูกย่อยสลายต่อไปในการบำบัดแบบแอโรบิก ส่วนสีย้อมแอนทราควิโนนจะถูกกำจัดโดยกลไกการดูดซับระหว่างสีกับเซลล์ของแบบที่เรีย.

คำสำคัญ : การกำจัดสี, สีย้อมรีแอกทีฟ, แบบที่เรีย, กระบวนการแอนแอโรบิก/แอโรบิก

บทนำ

น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอจัดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน. โดยทั่วไปการกำจัดสีของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมจะใช้วิธีการ

ทางกายภาพและเคมี เช่น กระบวนการจับก้อน (โคแอกกูเลชัน) โดยสารเคมี, การดูดติดผิว, การออกซิเดชัน-รีดักชัน, การใช้ไฟฟ้าเคมี. อย่างไรก็ตาม วิธีการบำบัดดังกล่าวมีข้อเสียคือมีตะกอนขี้ไต้ (สลัดจ์เคมี) และ

สารมัธยันต์ที่มีความเป็นพิษเกิดขึ้นในปริมาณมาก รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูง. ดังนั้น การใช้วิธีบำบัดทางชีวภาพจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.

สีย้อมรีแอกทีฟโดยเฉพาะชนิดที่มีโครงสร้างเป็นอะโซ เป็นสีย้อมที่ไม่สามารถกำจัดได้โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบแอโรบิกทั่วไปได้เช่นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ เนื่องจากสีย้อมดังกล่าวมีสมบัติในการละลายน้ำได้ดี และมีโครงสร้างทางเคมีที่ทนทานต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์. ในขณะที่มีรายงานว่ากระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิกสามารถกำจัดสีชนิดนี้ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อเสียคือ สารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นเป็นสารแอโรแมติก แอมีนที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายต่อไปได้ในระบบแอนแอโรบิก. งานวิจัยหลายชิ้น^{๑-๔} ได้รายงานว่ากระบวนการบำบัดทางชีวภาพที่ใช้การบำบัดแบบแอนแอโรบิกร่วมกับการบำบัดแบบแอโรบิกสามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ, โดยที่จุลินทรีย์ในระบบ

แอนแอโรบิกจะทำการกำจัดสีย้อมเปลี่ยนโครงสร้างของสีย้อมชนิดอะโซไปเป็นสารแอรอแมติกแอมีนซึ่งง่ายต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบการบำบัดแบบแอโรบิกที่ตามมา. ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของวิธีการบำบัดแบบนี้คือสามารถลดปริมาณซีลล์ที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดได้เพราะไม่จำเป็นต้องเติมสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสีย้อม.

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตัดแยกแบคทีเรียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อม แล้วนำมาศึกษาการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟที่มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันโดยใช้กระบวนการบำบัดชีวภาพแบบแอนแอโรบิกตามด้วยกระบวนการแอโรบิก, โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ๓ ช่วง. ในช่วงแรกทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโดยใช้กระบวนการแอนแอโรบิกตามด้วย

แอโรบิก, ในช่วงที่ ๒ การศึกษาผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมของแบคทีเรีย, และในช่วงสุดท้ายทำการวิเคราะห์สารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นจากการกำจัดสีย้อมของแบคทีเรียทั้งในระบบแอนแอโรบิกและแอโรบิก เพื่อให้เข้าใจกลไกของแบคทีเรียในการกำจัดสีย้อมแต่ละชนิดในระบบ.

วิธีการทดลอง

สีย้อม

สีย้อมที่ใช้ในการทดลองมี ๔ ชนิด ดังแสดงในรูปที่ ๑.

การเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีย้อม

นำตัวอย่างดินหรือน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมมาเติมลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีแบคทีเรียและกรดแอสติติกเป็น

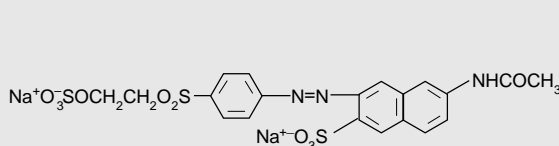
แหล่งคาร์บอนตามสูตรของ O'Neill และคณะ^๔ บ่มเชื้อในสภาวะแอนแอโรบิก ที่อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้องจนกระทั่งสีย้อมหายไป. จากนั้นถ่ายน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการลดสีย้อมไปยังน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่. ทำขั้นตอนนี้ทั้งหมด ๕ ครั้ง เพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถกำจัดสีย้อม.

การตัดแยกแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสีย้อม

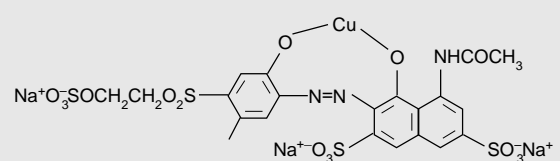
นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการลดสีย้อมหลังการถ่ายเชื้อครบ ๕ ครั้ง มาตัดแยกแบคทีเรียโดยเฉพาะแบคทีเรียที่กำจัดสีย้อมได้นานอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง, บ่มที่อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง สังเกตได้ว่าแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสีย้อมได้จะสร้างบริเวณใสรอบนิคมเชื้อบนผิวหน้าอาหารแข็ง. นำแบคทีเรียที่ตัดแยกได้ไปเพาะเลี้ยง

รูปที่ ๑

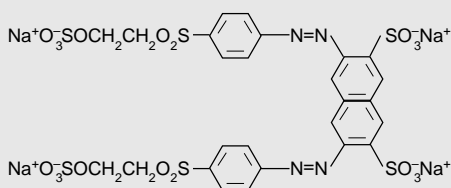
โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมรีแอกทีฟทั้ง ๔ ชนิดที่ใช้ในการทดลอง (บริษัท ไทสทาร์, ประเทศไทย)



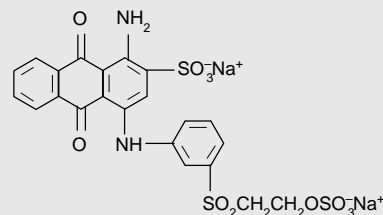
ก. รีแอกทีฟสีส้ม ๑๖ (ไซโรโมฟออร์เป็นมอโนอะโซ)



ข. รีแอกทีฟสีม่วง ๕ (ไซโรโมฟออร์เป็นมอโนอะโซ)



ค. รีแอกทีฟสีดำ ๕ (ไซโรโมฟออร์เป็นไดอะโซ)



ง. รีแอกทีฟสีฟ้า ๑๙ (ไซโรโมฟออร์เป็นแอนธราควิโนน)



ต่อในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อยืนยันความสามารถในการลดสี.

ทดสอบความสามารถของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ในกากจัดสีแยกที่ฟ

เตรียมหัวเชื้อโดยนำแบคทีเรียในรูปของเชื้อผสมที่แยกได้มาเลี้ยงในน้ำเสียสังเคราะห์บนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ ๒๕๐ รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้องเป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง. นำเซลล์แบคทีเรียที่มีน้ำหนักเปียก ๑ กรัม เดิมลงในขวดซีรัมขนาด ๒๐๐ มิลลิลิตร. จากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ทั้ง ๔ สีจนเต็มขวด. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง โดยไม่มีการเขย่า เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง. หลังจากนั้นถ่ายน้ำเสียสังเคราะห์ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด ๕๐๐ มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าความเร็ว ๒๕๐ รอบต่อนาที อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง เป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง. เก็บตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ไปหาปริมาณสี, ค่าซีไอดี และปริมาณสารมัยันต์ทุก ๓ ชั่วโมง.

ผลของอุณหภูมิและสภาพกรด-ด่างต่อความสามารถในการกำจัดสีของเชื้อแบคทีเรีย

ผลของอุณหภูมิ เดิมหัวเชื้อลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นเท่ากับ ๗, บ่มที่อุณหภูมิ ๒๐, ๓๐ หรืออุณหภูมิห้อง, ๓๗, ๔๕ และ ๕๐ องศาเซลเซียส โดยไม่มีการเขย่า.

ผลของความเป็นกรด-ด่าง เดิมหัวเชื้อลงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าเริ่มต้นความเป็นกรด-ด่างต่างกัน ดังนี้ ๔, ๕, ๖, ๗, ๘ และ ๙, บ่มเชื้อที่ ๓๐ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง โดยไม่มีการเขย่า.

วิธีการวิเคราะห์

นำตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้จากการทดลองไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว ๘,๐๐๐ รอบต่อนาที เป็นเวลา ๑๐ นาที, แล้วนำไปตรวจสอบหาปริมาณสี, ค่าซีไอดี และสารมัยันต์ที่เกิดจากการลดสี ดังนี้

การหาค่าซีไอดี ใช้วิธี closed reflux titration ตามวิธีมาตรฐานของ American Public Health Association (APHA).

การหาปริมาณสี โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงมากที่สุด (λ_{max}) ของแต่ละสี ดังนี้: สีแอกทีฟสีส้ม ๑๖ $\lambda_{max} = ๔๙๒$ นาโนเมตร, สีแอกทีฟสีม่วง ๕ $\lambda_{max} = ๕๕๗$ นาโนเมตร, สีแอกทีฟสีดำ ๕ $\lambda_{max} = ๕๙๕$ นาโนเมตร และสีแอกทีฟสีน้ำเงิน ๑๙ $\lambda_{max} = ๕๘๗$ นาโนเมตร. จากนั้นหาปริมาณสีโดยเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับกราฟมาตรฐาน.

การหาปริมาณสารมัยันต์ที่เกิดจากการกำจัดสี ทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC โดยนำตัวอย่างมา ๕ มิลลิลิตรสกัดด้วย เอธิลแอลกอฮอล์. จากนั้นนำชั้นเอธิลแอลกอฮอล์ไประเหยโดยเครื่องระเหยแห้งสุญญากาศ, ละลายของแข็งที่ได้โดยเมธานอล

แล้วนำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC รุ่น LC-3A (Shimadzu) โดยใช้คอลัมน์ Senshu Pak Pegasil ODS ขนาด ๔.๖ x ๑๕๐ มิลลิเมตร ตรวจสอบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๒๗๕ นาโนเมตร โดยใช้เมธานอล ๕๐ เปอร์เซ็นต์เป็นสารละลายตัวพา ด้วยอัตราการไหล ๐.๕ มิลลิลิตรต่อนาที.

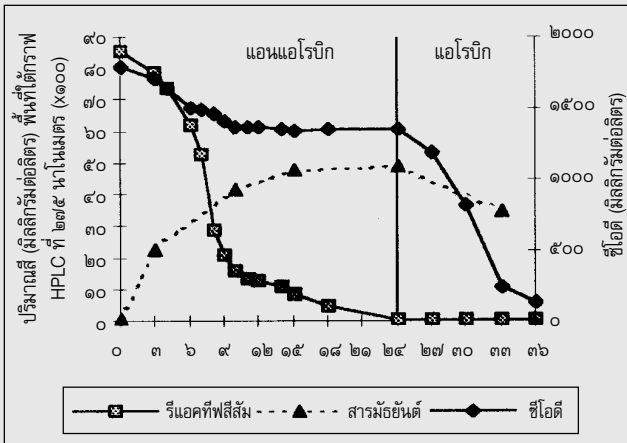
ผลการทดลอง

การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโดยใช้กระบวนการแอนแอโรบิกตามด้วยแอโรบิก

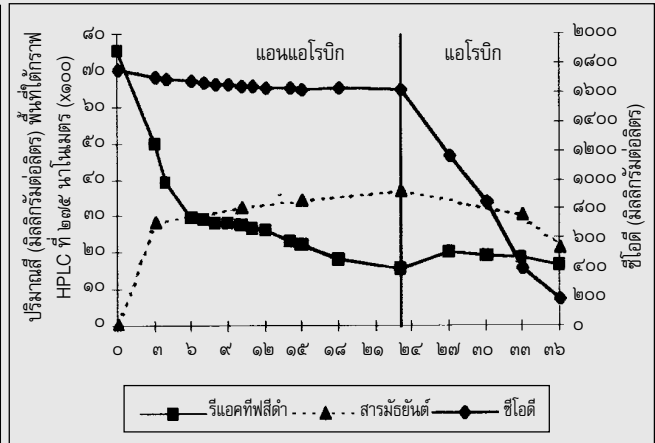
การทดลองโดยใช้กระบวนการแอนแอโรบิกโดยใส่น้ำเสียสังเคราะห์และแบคทีเรียลงในขวดซีรัมขนาด ๒๐๐ มิลลิลิตร เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง ต่อด้วยกระบวนการแอโรบิกในขวดรูปชมพู่ขนาด ๕๐๐ มิลลิลิตร เป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

ค่าสี พิจารณาผลการทดลองจากรูปที่ ๒ พบว่าสีรีแอกทีฟที่มีโครงสร้างแบบอะโซสามารถถูกกำจัดได้เร็วกว่าสีแอนทราควิโนนในสภาวะแอนแอโรบิก. การลดของสีอะโซจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วใน ๖ ชั่วโมงแรกของกระบวนการแอนแอโรบิก. ส่วนสีแอนทราควิโนนมีการลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งในระบบแอนแอโรบิกและแอโรบิก. สำหรับสีรีแอกทีฟสีดำ ๕ พบว่าสีถูกกำจัดลงได้ในระบบแอนแอโรบิก แต่เมื่อเริ่มกระบวนการแอโรบิกพบว่ามีสีดำกลับมาเล็กน้อย.

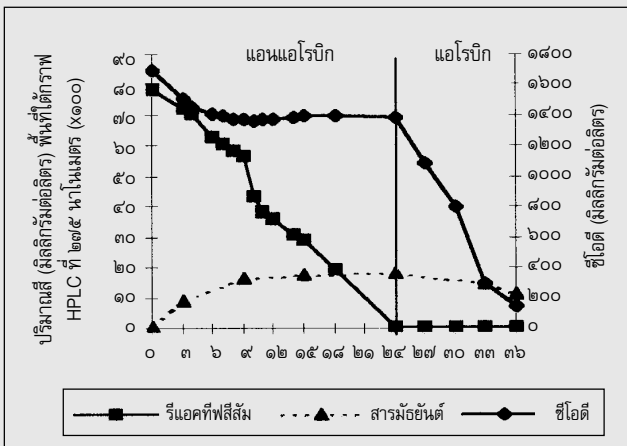
เมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่าน้ำเสียสังเคราะห์



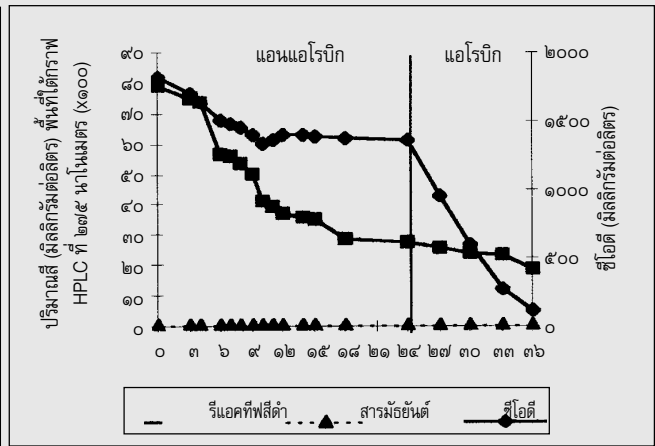
ก. สิริแอกทีฟฟอสเฟต ๑๖



ข. สิริแอกทีฟฟอสเฟต ๕



ค. สิริแอกทีฟฟอสเฟต ๕



ง. สิริแอกทีฟฟอสเฟต น้ำเงิน ๑๙

รูปที่ ๒

การกำจัดสิริแอกทีฟ ๔ ชนิด, ค่าซีโอติ และปริมาณสารมัธยันต์ที่เกิดจากการลดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิก/แอโรบิก

ที่ผ่านกระบวนการบำบัดทั้ง ๒ ระบบแล้วจะไม่มีสีปรากฏให้เห็น ดังแสดงในรูปที่ ๓.

ค่าซีโอติ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ ๒ จะเห็นว่าโครงสร้างสีไม่มีผลต่อการกำจัดซีโอติ โดยที่ค่าซีโอติลดลงเล็กน้อยในช่วงแอนแอโรบิก และลดลงในช่วงแอโรบิกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ ๙๐-๙๕. การที่ค่าซีโอติลดลงอย่างมากในขั้น

ตอนแอโรบิกนั้นเนื่องจากสารอาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียในระบบสามารถนำไปใช้ได้ง่ายและรวดเร็วในสภาวะที่มีออกซิเจน.

ผลของปัจจัยทางกายภาพที่มีต่อการกำจัดสิริแอกทีฟของแบคทีเรียที่คัดแยกได้

ผลของอุณหภูมิ รูปที่ ๔ แสดงผลการทดลองที่ได้ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในช่วง ๒๐-๕๐ องศาเซลเซียส ว่าเมื่อ

อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการลดสีสูงขึ้นตามไปด้วย, เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นสามารถส่งผลให้กิจกรรมต่างๆของแบคทีเรียไม่ว่าจะเป็น การหายใจ การเจริญ และการใช้สารอาหารเกิดขึ้นในอัตราที่สูงตามไปด้วย. กิจกรรมต่างๆเหล่านี้มีส่วนช่วยให้การลดสีโดยแบคทีเรียเกิดได้รวดเร็วขึ้น. นอกจากนี้ การที่อุณหภูมิสูงอาจส่งผลให้โครงสร้างของสีมีสมบัติในการเกาะติดกับเซลล์แบคทีเรียได้ดี



ก. สีรีแอกทีฟสีส้ม ๑๖

ข. สีรีแอกทีฟสีม่วง ๕

ค. สีรีแอกทีฟสีดำ ๕

ง. สีรีแอกทีฟสีน้ำเงิน ๑๙

รูปที่ ๓

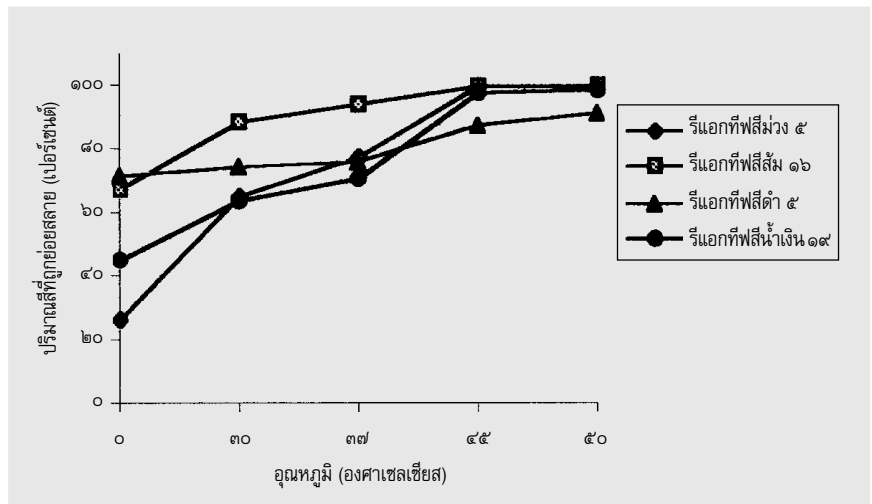
ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีรีแอกทีฟแต่ละชนิด ก่อนและหลังการกำจัดสีด้วยกระบวนการแอนไอโรบิกและเอโรบิก

ขึ้น ทำให้แบคทีเรียสามารถกำจัดได้ง่ายขึ้น.

ผลของความเป็นกรด-ด่าง รูปที่ ๕ แสดงการกำจัดสีที่เกิดขึ้นได้ดีในช่วงความเป็นกรด-ด่างมีค่าเป็นกลางและด่างอ่อนๆ. ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาวะที่มีความเป็นกรด-ด่างดังกล่าวเหมาะต่อการเจริญ และการทำงานของแบคทีเรียในระบบ. นอกจากนี้ ในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนๆ จะช่วยรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบให้คงอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง ตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดสี เนื่องจากในขั้นตอนการกำจัดสีโดยแบคทีเรียนั้นจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์และสร้างกรดออกมา ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบลดลง.

การวิเคราะห์สารมัธยันต์ที่เกิดจากการกำจัดสีของแบคทีเรียในระบบบำบัดแบบแอนไอโรบิกตามด้วยเอโรบิก

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลง

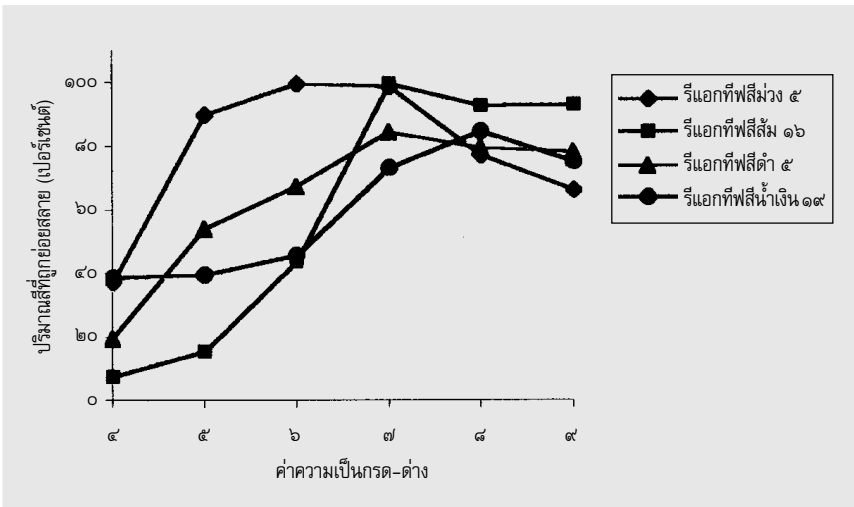


รูปที่ ๔

ผลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ ๕ ชนิด หลังการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์แบบแอนไอโรบิกเป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง

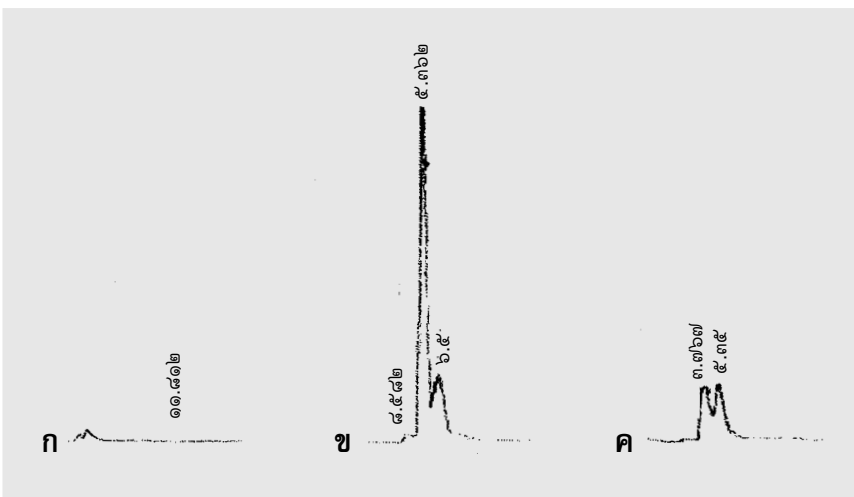
ของสีย้อมอะโซทั้ง ๓ ที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้ด้วยเทคนิคทาง HPLC พบว่า โครมาโทแกรมของน้ำเสียสังเคราะห์ในส่วนที่สกัดด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ก่อนผ่านกระบวนการบำบัดไม่พบพีกของสารมัธยันต์ เนื่องจากในระหว่างการ

สกัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยเอธิลแอลกอฮอล์เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารมัธยันต์ พบว่าสีย้อมอะโซทุกชนิดจะละลายอยู่ในชั้นน้ำ ทำให้ไม่สามารถตรวจพบพีกของสีย้อมแต่ละชนิดในโครมาโทแกรมของสารที่สกัดโดยใช้เอธิลแอลกอฮอล์ และจากการวิเคราะห์



รูปที่ ๔

ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีรีแอกทีฟ ๔ ชนิดหลังการนำบัตน้ำเสียสังเคราะห์แบบแอนไอโรบิกเป็นเวลา ๑๒ ชั่วโมง.



รูปที่ ๖

HPLC โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณสารมัธยันต์ที่เกิดจากการกำจัดสีรีแอกทีฟ ๑๖

- ก) ก่อนการนำบัต
- ข) หลังการนำบัตแบบแอนไอโรบิก
- ค) หลังการนำบัตแบบแอนไอโรบิก

สารละลายสีมาตรฐานพบว่าสียอมทั้ง ๓ ชนิดมีพีค หลักอยู่ระหว่างเวลา ๑๑ ถึง ๑๕ นาที แต่เมื่อนำตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการแอนไอโรบิกแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วย HPLC

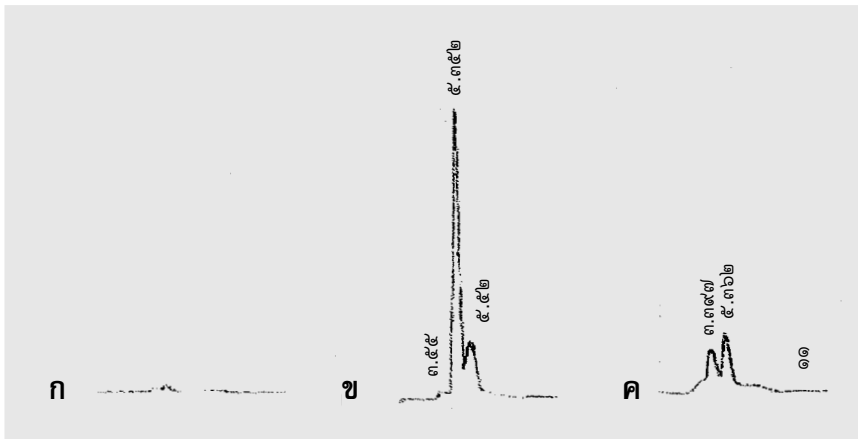
พบว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีรีแอกทีฟสีส้ม ๑๖ กับสีรีแอกทีฟสีดำ ๕ และมีพีคของสารมัธยันต์เกิดขึ้นที่เวลา ๕.๓๖ และ ๖.๖ นาที เหมือนกันทั้ง ๒ สี ดังแสดงในรูปที่ ๖ และ ๗ ตามลำดับ.

แต่น้ำเสียที่มีสีรีแอกทีฟสีม่วง ๕ จะมีพีค หลักอยู่ที่เวลา ๔.๕๗ และ ๖.๖ นาที ดังแสดงในรูปที่ ๘. เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแบบแอนไอโรบิกพบว่าพีคของสารมัธยันต์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการแอนไอโรบิกมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียในระบบแอนไอโรบิกสามารถย่อยสลายสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นและสะสมอยู่ในกระบวนการแอนไอโรบิกโดยการใช้กระบวนการย่อยสลายที่ต้องการออกซิเจน.

สำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสีรีแอกทีฟสีน้ำเงิน ๑๙ ที่มีโครงสร้างเป็น แอนธราควิโนน. จากรูปที่ ๙ พบว่าโครมาโทแกรมของน้ำเสียสังเคราะห์ในส่วนที่สกัดได้ด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ ก่อนผ่านกระบวนการบำบัดแบบแอนไอโรบิก, หลังผ่านกระบวนการแอนไอโรบิก และหลังผ่านกระบวนการแอนไอโรบิกไม่พบพีคของสารมัธยันต์ใดๆ แสดงให้เห็นว่า การกำจัดสีแอนธราควิโนนของแบคทีเรียอาจเกิดจากการดูดซับสี กับมวลเซลล์ของแบคทีเรียมากกว่าที่เกิดจากการย่อยสลายโครงสร้างโมเลกุลของสี, ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับลักษณะกายภาพของเซลล์แบคทีเรียหลังผ่านกระบวนการบำบัดซึ่งมีสีน้ำเงินเข้มตกตะกอนอยู่บริเวณก้นขวดซีรัมที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ ๓ง.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

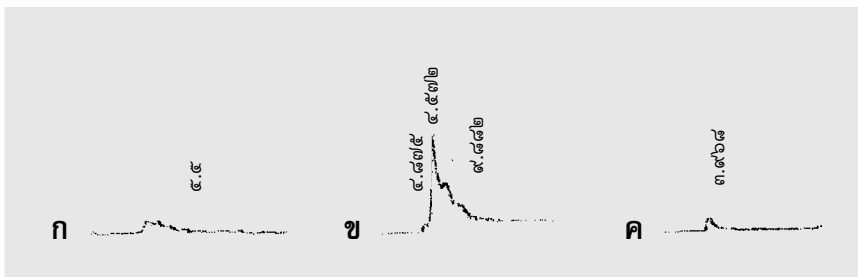
จากผลการทดลองสรุปได้ว่า



รูปที่ ๑๓

HPLC โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณสารมีขั้วชนิดที่เกิดจากการกำจัดสีรีแอกทีฟสีดำ ๑๐

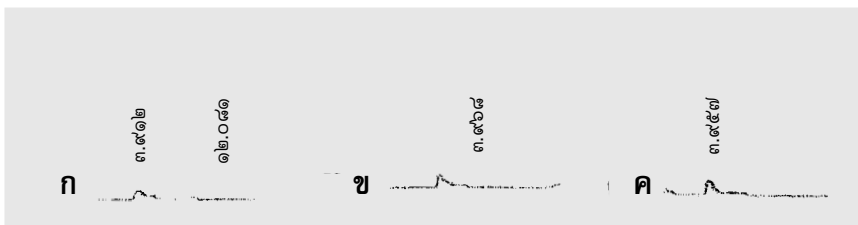
- ก) ก่อนการบำบัด
- ข) หลังการบำบัดแบบแอนแอโรบิก
- ค) หลังการบำบัดแบบแอโรบิก



รูปที่ ๑๔

HPLC โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณสารมีขั้วชนิดที่เกิดจากการกำจัดสีรีแอกทีฟสีม่วง ๑๐

- ก) ก่อนการบำบัด
- ข) หลังการบำบัดแบบแอนแอโรบิก
- ค) หลังการบำบัดแบบแอโรบิก



รูปที่ ๑๕

HPLC โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ปริมาณสารมีขั้วชนิดที่เกิดจากการกำจัดสีรีแอกทีฟสีน้ำเงิน ๑๐

- ก) ก่อนการบำบัด
- ข) หลังการบำบัดแบบแอนแอโรบิก
- ค) หลังการบำบัดแบบแอโรบิก

กระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบแอนแอโรบิกตามด้วยกระบวนการบำบัดแบบแอโรบิกสามารถนำไปใช้ในการกำจัดสีรีแอกทีฟที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากในกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิกสีย้อมส่วนใหญ่ที่มีโครงสร้างเป็นอะโซจะถูกรีดิวซ์อย่างไม่เฉพาะเจาะจงไปเป็นสารแอมโรมาติกแอมีน ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะสามารถกำจัดสีรีแอกทีฟได้หลายชนิดในเวลาเดียวกัน จึงนับเป็นข้อดีต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมซึ่งปรกติมีสีย้อมหลายชนิดปนเปื้อนอยู่ด้วยกัน. ส่วนสารแอมโรมาติกแอมีนซึ่งเกิดขึ้นในขั้นตอนแอนแอโรบิกจะถูกย่อยสลายต่อไปอย่างรวดเร็วในกระบวนการบำบัดแบบแอโรบิกที่ตามมา. ดังนั้นกระบวนการบำบัดนี้จึงสามารถกำจัดสีรีแอกทีฟได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่าที่อุณหภูมิสูงและมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางหรือด่างอ่อนๆ อันเป็นลักษณะปรกติของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมที่ใช้สีรีแอกทีฟ สามารถช่วยส่งเสริมการกำจัดสีของแบคทีเรียในกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิกได้ดีขึ้น.

เอกสารอ้างอิง

๑. Zaoyan Y, Ke S, Guangliang S, Fan Y, Jinshan D, Huanian M. Anaerobic-aerobic treatment of dye wastewater by combination of RBC with activated sludge. Wat Sci Tech 1992; 26(11): 2093-6.



๒. Seshadri S, Bishop PL. Anaerobic/aerobic treatment of selected azo dyes in wastewater. *Waste Management* 1994; 14(2): 127-37.
๓. Field JA, Stems AJM, Kato M, Schraa G. Enhanced biodegradation of aromatic pollutants in co-cultures of anaerobic and aerobic bacterial consortia. *Antonie van Leeuwenhoek* 1995; 67: 47-77.
๔. O'Neill C, Lopez A, Esteves S, Hawkes FR, Hawkes DL, Wilcox S. Azo-dye degradation in an anaerobic-aerobic treatment system operating on simulated textile effluent. *Appl Microbiol Biotechnol* 2000; 53: 249-54.

Abstract **Bacterial Decolorization of Reactive Dye in an Anaerobic-Aerobic Treatment System**
Nattapun Supaka¹, Kanchana Junthongjin¹, Somsak Damronglerd²

¹Department of Microbiology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

²Fellow, the Academy of Science, the Royal Institute, Thailand

Bacteria were isolated from the wastewater treatment systems of a textile industry. It was possible to break the chromophoric azo bonds in reactive-orange 16, reactive-black 5, reactive-violet 5 and absorbed chromophoric anthraquinone in reactive-blue 19 in synthetic wastewater which contained starch and acetic acid. Analysis of the effluent of each experiment by HPLC showed that azo dyes were decomposed to colorless intermediate substances in the anaerobic stage; all intermediate substances and COD were diminished in the aerobic stage, whereas anthraquinone dye was absorbed in bacterial cells. The most efficient conditions for this process were temperatures in the range of 37°C to 50°C and pH 7 to 9.

Key words : bacterial decolorization, anaerobic-aerobic treatment system