บทความวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการบำบัดสีย้อมผ้า

สุมาลี เหลืองสกุล* และ ธนวรรณ โสมดี

บทคัดย่อ

จากการนำน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าสุกรมาใช้ในการบำบัดสีย้อมผ้า 3 ชนิด ได้แก่ สีดำ สีแดง และสีน้ำเงิน พบว่าจุลินทรีย์ที่อาศัยในน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่ง สามารถลดความเข้มของสีทั้ง 3 ชนิดได้ตั้งแต่วันแรกของการทดลอง โดยจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสามารถบำบัดสีน้ำเงินและสีดำได้ดีที่สุด ส่วนสีแดงลดลงได้เล็กน้อย ส่วนจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าสุกรลดสีแดงได้ดีกว่า ผลจากการแยกเชื้อบริสุทธิ์พบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดในน้ำทิ้ง โดยพบว่าเชื้อที่สามารถบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด คือเชื้อรหัส A (*Streptomyces* sp.) รองลงมาคือเชื้อรหัส B4, F2 และ F3 (*Bacillus* spp.) สามารถบำบัดสีแดงกับสีดำได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ คือ *Bacillus* sp. Had 6 และ *Bacillus* sp. T5 พบว่าชนิดแรกสามารถเจริญและบำบัดสีแดงได้เล็กน้อย แต่ไม่สามารถบำบัดสีน้ำเงินกับสีดำได้ ส่วนชนิดหลังไม่สามารถบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์ผสมจากเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้สามารถบำบัดสีย้อมได้ดีกว่าการใช้เชื้อเพียงชนิดเดียว

คำสำคัญ: สีย้อม จุลินทรีย์ การบำบัดสี

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: sumalee@swu.ac.th

SWU Sci. J. Vol. 23 No. 1 (2007)

Study of Microorganism Efficiency in Textile Dyes Decolorization

Sumalee Leungsakul* and Tanawan Somdee

ABSTRACT

In this study, the potential of certain microorganisms to degrade textile dyes was investigated. It was observed that microorganisms in wastewater samples from a textile plant and a slaughterhouse could degrade black, red and blue dyes from the first day of experiment. In terms of dye decolorizing efficiency, the sample from the textile plant was better in removing the black and blue dyes while the sample from the slaughterhouse could remove the red dye more efficiently. Results from pure culture isolation revealed several isolates of microorganisms in the wastewater samples under study. Among these isolates, strain A (*Streptomyces* sp.) was the most effective in decolorizing all three dyes whereas strains B4, F2 and F3 (*Bacillus* spp.) could degrade only red and black dyes. Other pure-cultured strains of *Bacillus* sp. Had 6 and *Bacillus* sp. T5 were obtained in a previous study. The former was able to decolorize only a certain degree of red dye and the latter possessed no potential to degrade any of the three dyes. From this study, it was also found that for dye decolorization using a mixed culture derived from the pure-cultured strains was more efficient than using single strains alone.

Keywords: dye, microorganisms, decolorization

Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

*Corresponding author, e-mail: sumalee@swu.ac.th

บทนำ

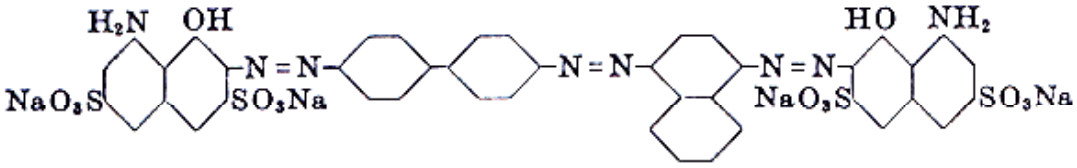
อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย ที่มีมูลค่าการผลิตและการส่งออกอยู่ในอันดับต้นของประเทศ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอแบ่งตามกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการผลิตขั้นต้น (upstream) ได้แก่ กลุ่มที่ทำการผลิตเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยประดิษฐ์และนำไปปั่นเป็นเส้นด้าย กลุ่มการผลิตขั้นกลาง (midstream) ได้แก่ กลุ่มที่ทำการถัก ทอผ้า ฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ และกลุ่มการผลิตขั้นปลาย (downstream) ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตเครื่องนุ่งห่มและเคหะสิ่งทอเป็นส่วนใหญ่ อุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอนั้นอยู่ในกลุ่มการผลิตขั้นกลาง ซึ่งต้องใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ในกระบวนการ เช่น สารช่วยย้อม กรดด่าง บัฟเฟอร์ เกลือ สารฟอกขาว สารกันรา และสีย้อม เป็นต้น [1]

ในอุตสาหกรรมการฟอกย้อมโดยเฉพาะในกระบวนการชำระล้างของทุกขั้นตอน จะเกิดน้ำทิ้งที่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น เศษเส้นใยผ้า สารเคมี กรดด่าง ไขมัน สบู่ ตัวทำละลาย และสีย้อม ความเข้มข้นของสีย้อมที่เหลืออยู่ในสารละลายสีย้อมจากการดูดซึมของเส้นใยผ้าจะแตกต่างกันไปตั้งแต่ร้อยละ 5-50 ขึ้นอยู่กับประเภทของสีที่ใช้ ซึ่งแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ยังคงทำให้น้ำทิ้งมีการเจือปนของสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะถ้าเป็นสีสังเคราะห์ซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีที่สลับซับซ้อนแล้ว จะยากต่อการทำลายโครงสร้างของสีเหล่านี้ นอกจากนี้สีที่เจือปนในน้ำทิ้งอาจมีผลต่อปริมาณก๊าซที่ละลายในน้ำและส่งผลต่อระบบนิเวศในน้ำด้วย สีที่จัดว่าเป็นอันตรายที่สุด ได้แก่สีที่เป็นสารประกอบในกลุ่มอะโซ (Azo) หรือสารประกอบไนโตร (nitro-compounds) ซึ่งอาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปเอมีนที่เป็นพิษได้ (toxic amines) รวมทั้งสีบางตัวที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น พวกสารประกอบเชิงซ้อนอะโรมาติคที่ย่อยสลายได้ยาก ดังนั้นเมื่อมีการปล่อยน้ำทิ้งนี้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสีในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการพัฒนาวิธีการที่จะกำจัดสีย้อมที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งให้หมดไป หรือให้เหลืออยู่น้อยที่สุดจนไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งวิธีการทางเคมี ทางกายภาพ ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาจึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากโรงงาน [2] โดยมีการศึกษาจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจนในการบำบัดสีย้อม ซึ่งผลที่ได้จากการใช้จุลินทรีย์บำบัด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และน้ำ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดสีย้อมมีทั้งแบคทีเรีย [3-5] รา เช่น white rot fungi ซึ่งมีความสามารถในการบำบัดสี Phenol red, Methylene blue, Coomassie blue, Dextran blue, Poly R-478, Poly R-481, Poly Y-606, Poly B-411 [6, 7] หรือ *Trametes hirsuta* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสีย้อมได้ถึงร้อยละ 80 ภายในระยะเวลา 8 วัน โดยตรวจพบเอนไซม์แมงกานีสเปอร์ออกซิเดส (manganese peroxidases) และแลคเคส (laccases) [8] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้เทคนิคการตรึงเซลล์ในการบำบัดสีย้อมโดยใช้จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์แลคเคส ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (lignin peroxidases) และแมงกานีสเปอร์ออกซิเดส ซึ่งจะไปทำลายโครงสร้างอะโรมาติก [9] แต่ทั้งหมดนี้ยังเป็นกระบวนการบำบัดที่มีค่าใช้จ่ายสูงทั้งสิ้น ดังนั้นสิ่งที่ยังเป็นปัญหาอยู่ในขณะนี้ของประเทศไทย คือ น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนหรือหมู่บ้านที่ผลิตสินค้าสิ่งทอโดยการสนับสนุนของรัฐ ยังไม่มีการบำบัดน้ำทิ้ง เนื่องจากขาดความรู้และเงินทุนในการทำระบบบำบัด

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสามารถของจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติในการบำบัดสีย้อมผ้า โดยทดสอบกับสีย้อมสังเคราะห์ 3 ประเภท ได้แก่ สีดำ (Matanon Direct Black RB) เป็นสีไดเรคของ บริษัท Matangi Dyestuff Industries สีแดง (Sawacryl Red GTL 200%) เป็นสีเบสิค ของบริษัท A.C. Burapa และสีน้ำเงิน (Reactive Cold Dye Blue 4GD) เป็นสีรีแอคทีฟของบริษัท Imperial Chemical Inc. (ICI) โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการใช้จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในกระบวนการบำบัดสีย้อมในน้ำทิ้งทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและจากครัวเรือนหรือหมู่บ้านที่ผลิตสินค้าสิ่งทอโดยการสนับสนุนของรัฐได้โดยมีค่าใช้จ่ายไม่สูงและสามารถทำได้ง่าย

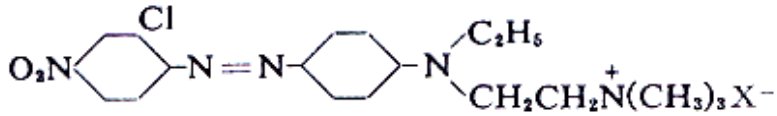
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สีดำ (C.I. Direct Black 83) มีชื่อทางการค้าว่า Matanon Direct Black RB มีโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในรูปที่ 1 จัดอยู่ในกลุ่ม trisazo เป็นพวกสีไดเรค มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิค ช่วยทำให้ตัวสีละลายน้ำได้ เมื่อละลายในน้ำแล้วโมเลกุลสีจะมีประจุลบ



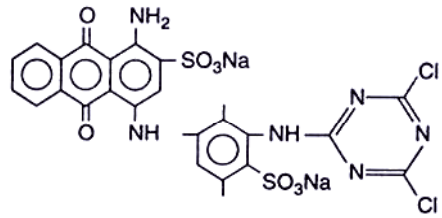
รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของสี Matanon Direct Black RB [10]

2. สีแดง (C.I. Basic Red 18; Dull red) มีชื่อทางการค้าว่า Sawacryl Red GTL 200% มีโครงสร้างทางเคมีดังแสดงในรูปที่ 2 จัดอยู่ในกลุ่ม Monoazo เป็นสีเบสิค (Cationic dyes) เนื่องจากเป็นสีที่ให้ประจุบวกเมื่อแตกตัวในน้ำ



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสี Sawacryl Red GTL 200% [10]

3. สีน้ำเงิน (C.I. Reactive Blue 168) มีชื่อทางการค้าว่า Reactive Cold Dyes Procion Blue MX-4GD จัดอยู่ในกลุ่ม Azo เป็นพวกสีรีแอคทีฟ ซึ่งมีประจุลบที่ละลายน้ำได้



รูปที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของสี Reactive Cold Dyes Procion Blue MX-4GD

วิธีการทดลอง

1. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของจุลินทรีย์ในขั้นต้น

ดูดน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมหรือโรงฆ่าสุกรมา 0.2 มิลลิลิตร เติมลงไปในน้ำกลั่น ผสมกับสีย้อมผ้าทั้ง 3 ชนิด ความเข้มข้น 40-60 ppm หลอดละ 5 มิลลิลิตร สีละ 4 หลอด โดยใช้น้ำสีที่ผ่านและไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และใช้หลอดที่ไม่เติมเชื้อเป็นหลอดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีในแต่ละหลอดเปรียบเทียบกับหลอดควบคุม

2. การแยกเชื้อบริสุทธิ์และการจัดจำแนกเชื้อ

ดูดน้ำทิ้งจากหลอดในข้อ 1 ที่มีการลดลงของสีมากที่สุด มา 0.1 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ จากนั้นเติมน้ำสีเข้มข้น 60 ppm ที่ผสมวุ้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ลงไป สีละ 4 จาน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน คัดเลือกโคโลนีที่มีโซนใสล้อมรอบมาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีซ้ำอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงนำจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสีย้อมได้ดีมาทำการจัดจำแนกตามวิธีมาตรฐาน [11, 12]

3. การทดสอบการบำบัดสีย้อมของเชื้อบริสุทธิ์

นำจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสีย้อมได้ดีจากข้อ 2 มาทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมเปรียบเทียบกับ *Bacillus* sp. Had 6 และ *Bacillus* sp. T5 ที่มีความสามารถในการย่อยไขมันได้ดี โดยใส่เชื้อบริสุทธิ์ 2 ลูป ลงในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm สีละ 5 หลอดๆ ละ 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน

4. การทดสอบการบำบัดสีย้อมของเชื้อผสม

นำเชื้อบริสุทธิ์ทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ที่แยกได้จากข้อ 2 มาเชื้อละ 1 ลูป ใส่ลงในน้ำสีเข้มข้น 60 ppm สีละ 5 หลอดๆ ละ 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 วัน

ผลการทดลอง

1. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมของจุลินทรีย์ในขั้นต้น

ผลการทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าสุกร ในการบำบัดสีย้อม 3 สี พบว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งของโรงงานทั้ง 2 แหล่ง มีการเจริญเป็นเส้นใยสีขาวที่ก้นหลอดทั้ง 3 สี และมีตะกอนสีอยู่ด้านบน โดยความเข้มของสีเริ่มลดลงตั้งแต่วันแรกของการบ่มเชื้อ โดยจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสามารถลดสีน้ำเงินและสีดำได้ดีกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่า

สุกร แต่จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าสุกรสามารถลดสีแดงได้ดีกว่าจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นจึงนำหลอดจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมที่ลดสีน้ำเงินกับสีดำได้ดีและหลอดจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าสุกรที่ลดสีแดงได้ดีไปแยกเชื้อบริสุทธิ์ในขั้นตอนต่อไป

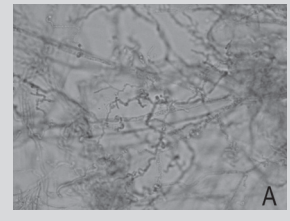
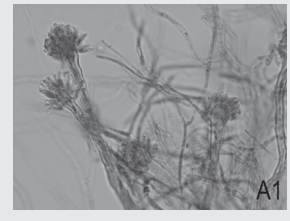
ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของสีย้อมหลังจากเติมน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าสุกร

แหล่งของจุลินทรีย์ / สีย้อม	โรงงานฟอกย้อม	โรงฆ่าสุกร
สีดำ	ใส	ค่อนข้างใส
สีแดง	สีลดลงเล็กน้อย	สีลดลงร้อยละ 50 ของหลอดควบคุม
สีน้ำเงิน	ใส	ฟ้าใส

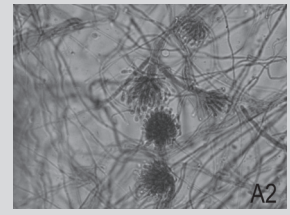
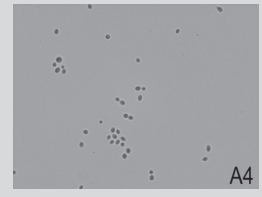
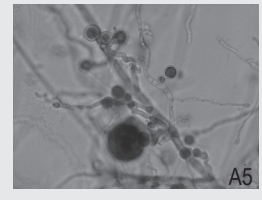
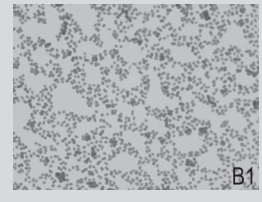
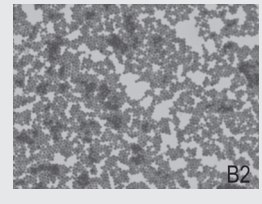
2. การแยกเชื้อบริสุทธิ์และการจัดจำแนกเชื้อ

จากการแยกเชื้อพบว่ามีจุลินทรีย์ทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 2

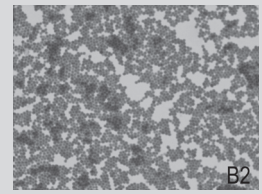
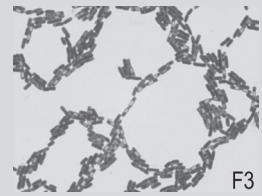
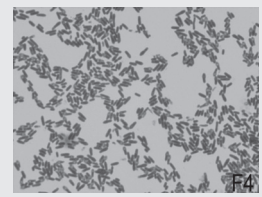
ตารางที่ 2 ลักษณะของเชื้อที่แยกได้และการจัดจำแนก

รหัสเชื้อ	ลักษณะบนจานเพาะเชื้อที่ใส่สีย้อม	ลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์	การจัดจำแนก
A	สีย้อมรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นใส ในวันที่ 2 ของการบ่ม	 A	*Streptomyces* sp.
A1	เกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อย ในวันที่ 4 ของการบ่ม	 A1	*Aspergillus* sp.

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	ลักษณะบนจานเพาะเชื้อที่ใส่สีย้อม	ลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์	การจัดจำแนก
A2	เกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อย ในวันที่ 4 ของการบ่ม		*Aspergillus* sp.
A3	เกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อย ในวันที่ 4 ของการบ่ม		*Aspergillus* sp.
A4	เกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อย ในวันที่ 2 ของการบ่ม		budding yeast
A5	เกิดโซนใสรอบโคโลนีเล็กน้อย ในวันที่ 3 ของการบ่ม		*Nigrospora* sp.
B1	เกิดโซนใสรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการบ่ม		*Streptococcus* sp.
B2	เกิดโซนใสรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการบ่ม		*Staphylococcus* sp.

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รหัสเชื้อ	ลักษณะบนจานเพาะเชื้อที่ใส่สีย้อม	ลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์	การจัดจำแนก
B4	เกิดโซนใสรอบโคโลนีทั้ง 3 สี ในวันที่ 2 ของการบ่ม		*Bacillus* sp.
F1	เกิดโซนใสรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 3 ของการบ่ม ซึ่งในสีแดงจะเห็นชัดเจนมากกว่าในสีน้ำเงิน ส่วนสีดำไม่เกิดโซน		*Bacillus* sp.
F2	เกิดโซนใสรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 4 ของการบ่ม แต่เห็นไม่ชัดเจน ส่วนในสีดำไม่เกิดโซนใส		*Bacillus* sp.
F4	เกิดโซนใสรอบโคโลนีในสีแดงและสีน้ำเงินในวันที่ 4 ของการเจริญแต่เห็นไม่ชัดเจน ส่วนสีดำไม่เกิดโซนใส		*Bacillus* sp.

เชื้อราและยีสต์ที่แยกได้ลดสีได้ช้าและเป็นพวกที่เจริญที่ผิวของสีย้อม และแบคทีเรียบางชนิดมีการเจริญทั่วทั้งหลอด ไม่ตกตะกอน ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการบำบัด ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการตกตะกอนเท่านั้นมาทดสอบในขั้นต่อไป

3. การทดสอบการบำบัดสีย้อมของเชื้อบริสุทธิ์

ผลการทดสอบการบำบัดสีย้อมของเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้เปรียบเทียบกับ *Bacillus* sp. Had 6 และ *Bacillus* sp. T5 ในสีย้อมทั้ง 3 ชนิด พบว่าแบคทีเรียที่แยกได้สามารถบำบัดสีทั้ง 3 ชนิด ได้แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 เชื้อรหัส A (*Streptomyces* sp.) สามารถบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิด ได้ดีตั้งแต่วันแรกของการบ่ม และสามารถบำบัดสีแดง สีดำ และสีน้ำเงินได้หมดในวันที่ 2, 5 และ 8 ของการบ่ม รองลงมาคือเชื้อรหัส B4, F2 และ F3 (*Bacillus* spp.) ซึ่งสามารถบำบัดสีดำได้หมดในวันที่ 2 ของการบ่ม ส่วนสีแดงลดลงเกือบหมดในวันที่ 8 ของการบ่ม โดยเชื้อรหัส B4 ให้ผลดีกว่า F2 และ F3 ในขณะที่ *Bacillus* sp. Had 6 ไม่สามารถบำบัดสีน้ำเงินและสีดำได้ทั้งในน้ำสีที่ผ่านและ

ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ส่วนสีแดงสามารถบำบัดได้เล็กน้อย สำหรับ *Bacillus* sp. T5 ไม่สามารถบำบัดสีทั้ง 3 ชนิดได้

ตารางที่ 3 แบคทีเรียที่สามารถบำบัดสีย้อมชนิดต่าง ๆ ได้

สีย้อม	แบคทีเรียที่บำบัดสีย้อมได้
สีดำ	A, B4, F2 , F3
สีแดง	A, B1, B2, B4, F2, F3, F4
สีน้ำเงิน	A, B3

4. การทดสอบการบำบัดสีย้อมของเชื้อผสม

ผลการนำเชื้อบริสุทธิ์ทุกชนิดมาใช้ร่วมกันในการบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิด พบว่าสามารถลดสีทั้ง 3 ชนิดได้ดีตั้งแต่วันแรกของการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จุลินทรีย์จากน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งสามารถเจริญและบำบัดสีทั้ง 3 ชนิดได้ดี โดยความเข้มของสีลดลงตั้งแต่วันแรกของการทดลอง เนื่องจากทำให้สีย้อมตกตะกอน ง่ายต่อการบำบัด จึงน่าสนใจที่จะนำไปทดลองในขั้นต่อไป โดยจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสามารถลดสีน้ำเงินและสีดำได้ดีที่สุด ส่วนสีแดงลดลงได้เล็กน้อย ส่วนจุลินทรีย์จากน้ำทิ้งโรงฆ่าสุกรลดสีแดงได้ดีกว่า

ผลจากการแยกเชื้อบริสุทธิ์ พบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดในน้ำทิ้ง ได้แก่ *Aspergillus* spp. 3 ไอโซเลท budding yeast 1 ไอโซเลท *Streptomyces* sp. 1 ไอโซเลท *Bacillus* spp. 5 ไอโซเลท *Streptococcus* sp. 1 ไอโซเลท และ *Staphylococcus* sp. 1 ไอโซเลท ซึ่งผลสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่รายงานว่าพบเชื้อรา *Aspergillus oryzae* M-2-3 [13], *Aspergillus foetidus* [14], *Trametes hirsuta* [15], *Paecilomyces variotii* [16] และเชื้อในกลุ่มแอคติโนมัยสีท เช่น *Streptomyces* spp. [17], *Streptomyces chromofuscus* A11 [4] และแบคทีเรีย *Xanthobacter flavus* 14p1 [5] และ *Bacillus* sp. strain SF [3] สามารถบำบัดสีได้

ผลการนำเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์ไปทดสอบการบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิด พบว่าเชื้อที่สามารถบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด คือเชื้อรหัส A (*Streptomyces* sp.) และเชื้อรหัส B4, F2 และ F3 (*Bacillus* spp.) สามารถบำบัดสีแดงกับสีดำได้ ในขณะที่ *Bacillus* sp. Had 6 ไม่สามารถบำบัดสีน้ำเงินกับสีดำได้ ในขณะที่เจริญและลดสีแดงได้เล็กน้อย ส่วนเชื้อ *Bacillus* sp. T5 ไม่สามารถบำบัดสีย้อมทั้ง 3 ชนิดได้ จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบส่วนใหญ่สามารถบำบัดสีแดงได้ เพราะสีแดงมีโครงสร้างทางเคมีในกลุ่มโมโนอะโซ (monoazo) ซึ่งมีความซับซ้อนน้อยที่สุด ในขณะที่สีดำมีโครงสร้างเป็นกลุ่มทริสอะโซ (trisazo) และสีน้ำเงินเป็นกลุ่มสีอะโซที่มีคลอรีนและหมู่ไตรอะซินิล (triazinyl) ที่เรียกว่า ไซยานูริกคลอไรด์ (cyanuric chloride) อยู่ในโมเลกุล ทำให้มี

ความซับซ้อนกว่าจึงย่อยสลายได้ยากกว่า

การทดลองในน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อกับน้ำสีที่ผ่านการฆ่าเชื้อให้ผลไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการเตรียมน้ำสีที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อนั้นต้องใช้ความร้อนสูงเพื่อทำให้สีละลายดีขึ้น จึงทำให้ผลการบำบัดสีย้อมทั้ง 2 แบบไม่มีความแตกต่างกัน

จุลินทรีย์ผสมจากเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้สามารถบำบัดสีย้อมได้ดีกว่าการใช้เชื้อเพียงชนิดเดียว อย่างไรก็ตามลักษณะการบำบัดสีและเกิดการตกตะกอนของสีจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของสีย้อมและชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร.สนอง ทองปาน ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างน้ำทิ้งทั้ง 2 แหล่งมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2544. คู่มือสมบัติและกรรมวิธีการวิเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. โรงงานคุรุสภาลาดพร้าว.
2. กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. 2540. มลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์. 230 หน้า.
3. Maier, J., Kandelbauer, A., Erlacher, A., Cavaco-Paulo, A. and Gübitz, G. M. 2003. A New Alkali-Thermostable Azoreductase from *Bacillus* sp. Strain SF. *Applied and Environmental Microbiology* 70(2): 837-844.
4. Pasti-Grigsby, M. B., Burke, N. S., Goszczynski, S. and Crawford, D. L. 1996. Transformation of Azo Dye Isomers by *Streptomyces chromofuscus* A11. *Applied and Environmental Microbiology* 62(5): 1814-1817.
5. Spiess, E., Sommer, C. and Görisch, H. 1995. Degradation of 1,4-Dichlorobenzene by *Xanthobacter flavus* 14p1. *Applied and Environmental Microbiology* 61(11): 3884-3888.
6. Swamy, J. and Ramsay, J. A. 1999. The Evaluation of White Rot Fungi in the Decoloration of Textile Dyes. *Enzyme and Microbial Technology* 24: 130-137.
7. Glenn, J. K. G. and Gold, M. H. 1983. Decolorization of Several Polymeric Dyes by the Lignin-Degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology* 45(6): 1741-1747.
8. Kusunoki, K. 2002. Biodegradation of Color Compounds and Persistent Organic Pollutants in Landfill Leachates by White-Rot Fungi. Available from URL: http://5hosto2.env.eng.osaka-u.2cjp/www/kusenoki/research (leachate).htm. 5 September 2004.

9. Mohorcic, M., Friedrich, J. and Pavko, A. 2004. Decoloration of the Diazo Dye Reactive Black 5 by Immobilised *Bjerkandera adusta* in a Stirred Tank Bioreactor. *Acta Chimica Slovenica* 51: 619-628.

10. American Association of Textile Chemists and Colorists. 1971. Colour Index. 3rd Edition. Bradford. Yorkshire. Society of Dyers and Colourists.

11. Bergey, D. H. and Holt, J. G. 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Baltimore. Williams & Wilkins. 2648 p.

12. Hawksworth, D. L. 1974. Mycologist's Handbook: An Introduction to the Principles of Taxonomy and Nomenclature in the Fungi and Lichens. Kew, Eng. Commonwealth Mycological Institute. 231 p.

13. Sugano, Y., Nakano, R., Sasaki, K. and Shoda, M. 1999. Efficient Heterologous Expression in *Aspergillus oryzae* of a Unique Dye-Decolorizing Peroxidase, DyP of *Geotrichum candidum* Dec 1. *Applied and Environmental Microbiology* 66(4): 1754-1758.

14. Sumathi, S. and Manju, B. S. 2001. Fungal Mediated Decolorization of Media Containing Procion Dyes. *Water Science and Technology* 43(2): 285-290.

15. Abadulla, E., Tzanov, T., Costa, S., Robra, K.-H., Cavaco-Paulo, A. and Gübitz1, G. M. 2000. Decolorization and Detoxification of Textile Dyes with a Laccase from *Trametes hirsuta. Applied and Environmental Microbiology* 66(8): 3357-3362.

16. Rajamohan, K. and Karthikeyan, C. 2004. Fungal Biodegradation of Dyehouse Effluent and kinetic Modeling. Available from URL: http://www.eco-web.com/cgi-locol/sfc?a=/editoria/index.htm. 9 May 2005.

17. Pasti-Grigsby, M. B., Paszczynski, A., Goszczynski, S., Crawford, D. L. and Crawford, R. L. 1992. Influence of Aromatic Substitution Patterns on Azo Dye Degradability by *Streptomyces* spp. and *Phanerochaete chrysosporium. Applied and Environmental Microbiology* 58(11): 3605-3613.

ได้รับบทความวันที่ 26 ตุลาคม 2549
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 22 มกราคม 2550