

การย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนโดยตะกอนเร่ง

รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

๒๘ ต.ค. ๒๕๔๖

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

170182

มิถุนายน ๒๕๔๖

ISBN 974-9604-57-1

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์
ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบัณฑิต นิมรัตน์)

.....กรรมการ

(ดร.สุदारัตน์ สวนจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.ศิริโฉม หุ่นแก้ว)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบัณฑิต นิมรัตน์)

.....กรรมการ

(ดร.สุदारัตน์ สวนจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.ศิริโฉม หุ่นแก้ว)

.....กรรมการ

(ดร.นิตยา ไชยเนตร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 10 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2546

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ
แนวทางในการศึกษา แก่ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบัณฑิต
นัมรัตน์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษา
ค้นคว้าหาความรู้และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.สุภารัตน์ สวนจิตรและดร.ศิริโฉม พุ่งแก้ว กรรมการควบคุม
วิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์
ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาวที่ให้กำลังใจ กำลังกาย และช่วยเหลือ
ค่าใช้จ่าย ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่าง ๆ อันเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์
ครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสาธิตี ผลมาตย์, คุณจันทรา นรินพรัตน์, คุณกิตติวดี ดวงแก้ว,
คุณอารยา รานอก และคุณอาทิตย์ คุณศรีสุข ที่เสียสละเวลา ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือ
ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่มีส่วนให้กำลังใจ และกำลังกายในการทำ
วิทยานิพนธ์ครั้งนี้มาโดยตลอด

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจากโครงการบัณฑิตศึกษา ฝึกอบรมและวิจัย
ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม ภายใต้การกำกับของโครงการ
พัฒนาระบบบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณ
มา ณ โอกาสนี้

รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์

43911008 : สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ : มาลาไคท์กรีน / การย่อยสลายทางชีวภาพ / ตะกอนเร่ง

รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์ : การย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนโดยตะกอนเร่ง

(BIODEGRADATION OF MALACHITE GREEN BY ACTIVATED SLUDGE) อ.ที่ปรึกษา :

สุบัณฑิต นิมรัตน์, Ph.D., สุภารัตน์ สวนจิตร, Ph.D., ศิริโฉม พุ่งแก้ว, Ph.D. 102 หน้า. ISBN

974-9604-57-1

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิก (aerobic), แอโรบิกดีไนตริฟิเคชัน (aerobic denitrification), ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) และเมทาโนจีนิก (methanogenic) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และศึกษาการย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนแบบต่อเนื่อง (sequencing steps) โดยทำการวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง HPLC, สเปกโตรโฟโตมิเตอร์และค่าซีโอดี

ในการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยจุลินทรีย์ผสมจากตะกอนเร่งภายใต้สภาวะต่าง ๆ 4 สภาวะ คือ สภาวะแอโรบิก, แอโรบิกดีไนตริฟิเคชัน, ดีไนตริฟิเคชันและเมทาโนจีนิก พบว่าในระยะเวลาการย่อยสลาย 7 วัน จุลินทรีย์ในสภาวะต่าง ๆ สามารถกำจัดสีได้ 19.05%, 55.07%, 35.42% และ 43.33% ตามลำดับ ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดที่สามารถย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนได้คือ สภาวะแอโรบิกดีไนตริฟิเคชัน หลังจากนั้นทำการศึกษาการย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนแบบต่อเนื่อง โดยขั้นแรกทำการย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกดีไนตริฟิเคชันเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำส่วนน้ำจากสภาวะดังกล่าวมาทำการย่อยสลายต่อในขั้นที่สองภายใต้ 3 สภาวะคือ สภาวะแอโรบิก, ดีไนตริฟิเคชันและเมทาโนจีนิก และตรวจสีมาลาไคท์กรีนที่หลงเหลือและสารเมตาโบไลต์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC, วัดค่าแอมซอพแบนซ์ที่ความยาวคลื่น 616.9 นาโนเมตรและค่าซีโอดี พบว่าในขั้นที่สองสภาวะแอโรบิกสามารถย่อยสลายสีมาลาไคท์กรีนได้ดีที่สุด คือ ลดปริมาณสีได้ 61.47% และลดค่าซีโอดีได้ 65.09%

43911008 : MAJOR : ENVIRONMENTAL SCIENCE ;

M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORD : MALACHITE GREEN / BIODEGRADATION / ACTIVATED SLUDGE

RUJIRAT KITLEARTPORNPAIROAT : BIODEGRADATION OF MALACHITE GREEN BY ACTIVATED SLUDGE. THESIS ADVISOR : SUBUNTITH NIMRAT, Ph.D., SUDARAT SUANGJID, Ph.D., SIRISHOME TUNGKAO, Ph.D. 102 P. ISBN 974-9604-57-1

This research was aimed to study the comparison of malachite green biodegradation under aerobic, aerobic denitrifying, denitrifying and methanogenic conditions. Additionally, the sequencing steps for biodegradation of malachite green was established and monitored the results using HPLC, spectrophotometer and COD values.

Comparison of 1 mM malachite green biodegradation using mixed culture of activated sludge under aerobic, aerobic denitrification, denitrification and methanogenic conditions was established. The color removal by aerobic, aerobic denitrifying, denitrifying and methanogenic activated sludge was 19.05%, 55.07%, 35.42% and 43.33%, respectively. Therefore, aerobic denitrifying activated sludge was shown to be the best performance to degrade malachite green. In the next step, the sequencing technique for malachite green removal was conducted. Aerobic denitrifying activated sludge was set up to degrade malachite green within 7 days. Then the supernatant from the first step was transferred to activated sludge under aerobic, denitrifying and methanogenic conditions for 7 days. The color of malachite green and its metabolites were detected through HPLC, decreasing of absorbance at 616.9 nm and the reduction of COD. Obtained results showed that aerobic activated sludge represented the best technique for reducing the green color for 61.47% and the COD level for 65.09%.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ณ

บทที่

1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
ขอบเขตของการทำวิจัย	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	6
ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	28
อุปกรณ์	28
สารเคมี	29
วิธีการดำเนินการทดลอง	30
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	69
สรุปผลการวิจัย	69
อภิปรายผลการทดลอง	70
ข้อเสนอแนะ	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	89
ภาคผนวก ก	90
ภาคผนวก ข	93
ภาคผนวก ค	97
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมประเภทต่าง ๆ	15
2	ค่า LD ₅₀ ของสีย้อมสิ่งทอ	17
3	ตัวอย่างค่าความเป็นพิษของสีย้อมต่อปลา (Fish toxicity)	19
4	ค่า pH ของตะกอนเร่งก่อนและหลัง Acclimated ในสถานะต่าง ๆ	36
5	ค่า SVI และลักษณะน้ำและสีของตะกอนจุลินทรีย์ในสถานะต่าง ๆ	37
6	แสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐานในไตรท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากสารละลายสต็อกในไตรท์ 200 มิลลิโมลาร์ และค่า %T ที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร	98
7	แสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐานในไตรท์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากสารละลายสต็อกในไตรท์ 50 มิลลิโมลาร์ และค่า %T ที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร	100

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงกระบวนการพื้นฐานในการผลิตสีย้อม	7
2 ขั้นตอนการผลิตสีย้อมเบสิก	8
3 โครงสร้างของสีย้อมไครเรค เรด 14 (Direct Red 14)	11
4 โครงสร้างสีย้อมเบสิก บราว 1 (Basic Brown 1)	11
5 โครงสร้างของสีย้อมซัลเฟอร์	11
6 โครงสร้างของสีย้อมแว็ค ออเรนจ์ 5 (Vat Orange 5)	12
7 โครงสร้างของสีย้อมรีแอคทีฟ บลู 4 (Reactive Blue 4)	12
8 โครงสร้างของสีย้อมแอซิด บลู 92 (Acid Blue 92).....	13
9 โครงสร้างสีย้อมมอร์แดนต์ แบลค 1(Mordant Black 1)	13
10 โครงสร้างของสีย้อมดีสเพิร์ส บลู 14 (Disperse Blue 14)	14
11 โครงสร้างของสีย้อมออกซิเดชัน เบส 3 (Oxidation Base 3).....	14
12 การย่อยสลาย <i>p</i> -aminoazobenzene ภายใต้สภาวะดีไนตริฟิเคชัน	25
13 การย่อยสลายสีย้อมที่สมบูรณ์โดยกระบวนการชีวภาพของ ADS ภายใต้สภาวะไร้อากาศ...	26
14 เปรียบเทียบการลดลงของสีย้อม (ความเข้มข้นของสีย้อม) มาลาไคน์กรีนในสภาวะแอโรบิก วันที่ 0, 7 และ 75 ของการทดลอง	38
15 เปรียบเทียบการลดลงของสีย้อม (ความเข้มข้นของสีย้อม) มาลาไคน์กรีนในสภาวะแอโรบิก ดีไนตริฟิเคชัน วันที่ 0, 7, 7 (เดิมสีย้อม) และ 75 ของการทดลอง.....	40
16 ความเข้มข้นของไนเตรทและไนไตรท์ของชุดไร้เชื้อและชุดทดลองของ สีย้อมมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกดีไนตริฟิเคชัน ตั้งแต่วันที่ 0-19 ของ การทดลอง	42
17 เปรียบเทียบการลดลงของสีย้อม (ความเข้มข้นของสีย้อม) มาลาไคน์กรีนในสภาวะ ดีไนตริฟิเคชัน วันที่ 0, 7 และ 75 ของการทดลอง	43
18 ความเข้มข้นของไนเตรท, ไนไตรท์และแก๊สของชุดไร้เชื้อและชุดทดลองของ สีย้อมมาลาไคน์กรีนในสภาวะดีไนตริฟิเคชัน ตั้งแต่วันที่ 0-19 ของการทดลอง.....	45

19	เปรียบเทียบการลดลงของสี (ความเข้มของสี) มาลาไคน์กรีนในสภาวะเมทาโนจีนิกวันที่ 0, 7 และ 75 ของการทดลอง.....	46
20	แสดงการเปรียบเทียบค่าแอมซอพแบนซ์ของซูดไร้เชื้อและซูดทดลองตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการทดลองและวันที่เจ็ดของการทดลองภายใต้สภาวะต่าง ๆ กัน 4 สภาวะ ..	48
21	แสดงการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซนต์สีที่ลดลงที่วัดได้จากค่าแอมซอพแบนซ์ของซูดทดลองในสภาวะต่าง ๆ กันทั้ง 4 สภาวะ ..	49
22	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกดีในตรีฟิเคชั่นระหว่างซูดไร้เชื้อและซูดทดลองในช่วงเวลา 7 วัน..	50
23	ซูดไร้เชื้อของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกดีในตรีฟิเคชั่นวัดผลโดย HPLC ..	52
24	ซูดทดลองของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกดีในตรีฟิเคชั่นวัดผลโดย HPLC ..	53
25	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีน (ขั้นที่ 2) ภายใต้ทั้ง 3 สภาวะของซูดไร้เชื้อ ..	55
26	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีน (ขั้นที่ 2) ภายใต้ทั้ง 3 สภาวะของซูดทดลอง ..	56
27	แสดงปริมาณไนเตรท, ไนไตรท์และแก๊ส ที่เกิดขึ้นในสภาวะดีในตรีฟิเคชั่นในระยะเวลา 7 วัน หลังจากการศึกษาการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนในขั้นที่ 2 ..	57
28	ซูดไร้เชื้อของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะดีในตรีฟิเคชั่นในขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC ..	58
29	ซูดทดลองของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะดีในตรีฟิเคชั่นในขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC ..	59
30	ซูดไร้เชื้อของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกในขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC ..	62
31	ซูดทดลองของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะแอโรบิกในขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC ..	63
32	ซูดไร้เชื้อของการย่อยสลายสีมาลาไคน์กรีนภายใต้สภาวะเมทาโนจีนิกในขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC ..	65

33	ชุดทดลองของการย่อยสลายสีมาลาโคไนท์กรีนภายใต้สภาวะเมทาโนจีนิกใน ขั้นที่ 2 วัดผลโดย HPLC	66
34	เปรียบเทียบความแตกต่างของผล HPLC ที่เกิดจากการย่อยสลายสีมาลาโคไนท์กรีน ขั้นที่ 2 ในสภาวะต่าง ๆ	67
35	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสีคงเหลือ (%) ของชุดทดลอง ภายใต้สภาวะ แอโรบิก, คีโนไตรฟิเคชั่นและเมทาโนจีนิกในช่วงเวลา 7 วันของการทดลอง.....	68
36	กราฟมาตรฐานไนเตรทในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.1-10.0 มิลลิโมลาร์.....	99
37	กราฟมาตรฐานไนเตรทในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 10.0-20.0 มิลลิโมลาร์	99
38	กราฟมาตรฐานไนไตรท์ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.1-1.0 มิลลิโมลาร์	101
39	กราฟมาตรฐานไนไตรท์ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 1.0-10.0 มิลลิโมลาร์	101