ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
236083

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554

การกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวดูดซับ

Bioremoval of dyes from wastewater by using algae as biosorbent

อ. ดุสิต เอื้ออำนวย

รศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ผศ.ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554

book 49139

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
236083

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554

การกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวดูดซับ

Bioremoval of dyes from wastewater by using algae as biosorbent

อ. ดุสิต เอื้ออำนวย

รศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์

ผศ.ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2554

การกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวดูดซับ

Bioremoval of dyes from wastewater by using algae as biosorbent

อ. ดุสิต เอื้ออำนวย
รศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์
ผศ.ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ การกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียโดยใช้สาหร่ายเป็นตัวดูดซับ

Bioremoval of dyes from wastewater by using algae as biosorbent

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงิน 240,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2553 ถึง 30 กันยายน 2554

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัย อ. ดุสิต เอื้ออำนวย
รศ. ดร. สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์
ผศ.ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทร. 02-326-4099

236083

บทคัดย่อ

การศึกษาการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด มาลาไคท์กรีน และเบเนฟีดเรดโดยสาหร่ายแห้ง 13 สกุล ได้แก่ ไซยาโนแบคทีเรีย *Arthrospira platensis*, *Phormidium angustissimum*, สาหร่ายสีเขียว *Ulva intestinalis*, *Ulva rigida* ,*Caulerpa lentillifera* ,*Caulerpa sertularioides* ,*Rhizoclonium* sp., *Chaetomorpha* sp., สาหร่ายสีน้ำตาล *Padina* sp. ,*Turbinaria* sp., *Sargassum* sp., *Dictyota* sp., สาหร่ายสีแดง *Gracilaria fisheri*, *Acanthophora* sp. และ *Solieria* sp. พบว่าสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดได้สูงคือ *G. fisheri* ซึ่งมีค่าการดูดซับสูงสุด (Q_{max}) เท่ากับ 483.46±9.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนได้สูงคือ *Padina* sp.ซึ่งมีค่าการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 288.80±9.30 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมเบเนฟีดเรดได้สูงคือ *G. fisheri* ซึ่งมีค่าการดูดซับสูงสุดเท่ากับ 293.19±8.76 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

จากการนำสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมได้สูงจากขั้นต้นมาศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด มาลาไคท์กรีน และเบเนฟีดเรด พบว่าสาหร่ายทุกชนิดมีค่าปัจจัยที่เหมาะสมคือ พีเอช 3, 6 และ 2 ระยะเวลาในการสัมผัสสีย้อมไม่เกิน 12, 6 และ 6 ชั่วโมง สำหรับสีย้อมทั้ง 3 ประเภท ตามลำดับ ปริมาณ ขนาดเซลล์สาหร่ายที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการดูดซับสีทุกประเภทต่อสาหร่าย 1 กรัม ลดลง สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดอยู่ระหว่าง 40-50 องศาเซลเซียส สีย้อมมาลาไคท์กรีนอยู่ระหว่าง 45-องศาเซลเซียส และสี 55 ย้อมเบเนฟีดเรดที่50 องศาเซลเซียส โดยพบว่าค่าเอนทัลปี (ΔH) ของการดูดซับสีย้อมทุกประเภทโดยสาหร่ายมีค่าเป็นบวก

ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด มาลาไคท์กรีน และเบเนฟีดเรดโดยสาหร่ายส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับไอโซเทอร์มการดูดซับของ Langmuir จลนพลศาสตร์การดูดซับของสีย้อมเบเนวอลเรดโดยสาหร่าย *C. lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. และ *G. fisheri* การดูดซับของสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดยสาหร่าย *Padina* sp., *Turbinaria* sp. และ *Sargassum* sp. การดูดซับของสีย้อมเบเนฟีดเรดโดยสาหร่าย *A. platensis*, *C. lentillifera* และ *G. fisheri* มีอันดับของปฏิกิริยาการดูดซับสีย้อมเป็นปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน และมีอัตราเร็วขั้นการแพร่ภายในอนุภาคของการดูดซับช่วงที่สองเป็นขั้นกำหนดอัตราเร็วในการดูดซับ ยกเว้น *C. lentillifera* มีอัตราเร็วของการดูดซับสีย้อมเบเนฟีดเรดขั้นการแพร่ภายในอนุภาคของการดูดซับช่วงแรกเป็นขั้นกำหนดอัตราเร็วในการดูดซับ

การบำบัดน้ำเสียที่ผ่านขบวนการบำบัดขั้นต้นเช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าสาหร่าย *G. fisheri*, *Padina* sp. และ *A. platensis* มีความสามารถในการบำบัดสีย้อมเบเนวอลเรด มาลาไคท์กรีน และเบเนฟีดเรดได้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีค่าการดูดซับเท่ากับ 31.40±0.54, 3.27±0.01 และ 50.89±1.มิลลิกรั 16มต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ : สีย้อม การกำจัดสีย้อม สาหร่าย การดูดซับชีวภาพ การบำบัดน้ำเสีย

Abstract **236083**

Removal of benewol red, malachite green and benefix red by 13 genera of dried algae: cyanobacteria; *Arthrospira platensis* and *Phormidium angustissimum*, green algae; *Ulva intestinalis*, *Ulva rigida* ,*Caulerpa lentillifera* ,*Caulerpa sertularioides* ,*Rhizoclonium* sp. and *Chaetomorpha* sp., brown algae; *Padina* sp. ,*Turbinaria* sp., *Sargassum* sp. and *Dictyota* sp., and red algae; *Gracilaria fisheri*, *Acanthophora* sp. and *Solieria* sp. were studied. *G. fisheri* showed high benewol red removal ability (Q_{max}) of 483.46±9.53 mg/g dry wt. *Padina* sp. showed high malachite green removal ability of 288.80±9.30 mg/g dry wt. *G. fisheri* showed high benefix red removal ability of 293.19±8.76 mg/g dry wt.

The optimum conditions for dye removal by algae with high removal capacity were studied. The results showed that the optimum pH for benewol red, malachite green and benefix red removal were 3, 6 and 2, respectively. The adsorption of benewol red, malachite green and benefix red were reached equilibrium within 12, 6 and 6 h., respectively. Elevated biomass, cell size and debased dye concentration were decreased all dye uptake (mg/g dry wt.) by algae. The optimum temperature for removal of benewol red were 40-50 °C, malachite green were 45- 55°C and benefix red were 50 °C. The enthalpy (ΔH) of all dye removal by all algae were positive value.

The removal of benewol red, malachite green and benefix red by almost algae followed Langmuir adsorption isotherm. Adsorption kinetic of benewol red removal by *C. lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. and *G. fisheri* , malachite green removal by *Padina* sp., *Turbinaria* sp. and *Sargassum* sp. and benefix red removal by *A. platensis*, *C. lentillifera* and *G. fisheri*, followed the pseudo-second order rate reaction and intraparticle diffusion in the secondary step was likely the rate-limiting step except for benefix red removal by *C. lentillifera* which the followed intraparticle diffusion in the first step was likely the rate-limiting step.

The efficiency of algae as biosorbents to remove dye from tertiary treatment wastewater was studied. *G. fisheri*, *Padina* sp. and *A. platensis* showed the highest benewol red, malachite green and benefix red removal ability of 31.40±0.54, 3.27±0.01 and50 .89±1. 16mg/g dry wt., respectively.

Key words: dyes, dye removal, algae, biosorption, wastewater treatment

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	4
สารบัญ	6
สารบัญตาราง	7
สารบัญภาพ	10
บทนำ	11
ตรวจเอกสาร	14
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	32
สรุป	101
เอกสารอ้างอิง	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)โดยสาหร่ายที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร)	33
2 การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยสาหร่ายที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร)	38
3 การดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยสาหร่ายที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร)	40
4 ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดที่จุดสมดุลโดยสาหร่ายชนิดต่างๆ	44
5 ความสามารถในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนที่จุดสมดุลโดยสาหร่ายชนิดต่างๆ	45
6 ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดที่จุดสมดุลโดยสาหร่ายชนิดต่างๆ	46
7 ตัวอย่างเวลาที่เข้าสู่จุดสมดุลของตัวดูดซับชนิดอื่นๆ ในการดูดซับสีย้อม	48
8 ไอโซเทอร์มของ Langmuir และ Freundlich ของการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด	49
9 ไอโซเทอร์มของ Langmuir และ Freundlich ของการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีน	50
10 ไอโซเทอร์มของ Langmuir และ Freundlich ของการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรด	51
11 เปรียบเทียบค่าการดูดซับสูงสุด)Q_{max}) ของตัวดูดซับต่างๆ ในการดูดซับสีย้อม	54
12 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดยสาหร่าย *Caulerpa lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. และ *Gracilaria fisheri* ที่ปริมาณเซลล์แตกต่างกัน	58
13 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดยสาหร่าย*Padina* sp., *Turbinaria* sp. และ *Sargassum* sp. ที่ปริมาณเซลล์แตกต่างกัน	59
14 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดยสาหร่าย *Arthrospira platensis*, *Caulerpa lentillifera* และ *Gracilaria fisheri* ที่ปริมาณเซลล์แตกต่างกัน	60
15 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดยสาหร่าย *Caulerpa lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. และ *Gracilaria fisheri* ที่ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นแตกต่างกัน	64
16 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดยสาหร่าย *Padina* sp., *Turbinaria* sp. และ *Sargassum* sp. ที่ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นแตกต่างกัน	65
17 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดยสาหร่าย *Arthrospira platensis*, *Caulerpa lentillifera* และ *Gracilaria fisheri* ที่ความข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นแตกต่างกัน	66

สารบัญตาราง (ต่อ) หน้า

ตารางที่

18 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดยสาหร่าย *Caulerpa lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. และ *Gracilaria fisheri* ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 70
19 ค่าเอนทัลปี เอนโทรปี และพลังงานอิสระกิบบ์ ของการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด 71
20 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดยสาหร่าย *Padina* sp., *Turbinaria* sp. และ *Sargassum* sp. ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 72
21 ค่าเอนทัลปี เอนโทรปีและพลังงานอิสระกิบบ์ของการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีน 73
22 ค่าการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคโดย *Arthrospia platensis*, *Caulerpa lentillifera* และ *Gracilaria fisheri* ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 73
23 ค่าเอนทัลปี เอนโทรปีและพลังงานอิสระกิบบ์ของการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรด 73
24 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดยสาหร่าย *Caulerpa lentillifera*, *Rhizoclonium* sp. และ *Gracilaria fisheri* ที่ขนาดเซลล์แตกต่างกัน 78
25 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดยสาหร่าย *Padina* sp., *Turbinaria* sp. และ *Sargassum* sp. ที่ขนาดเซลล์แตกต่างกัน 79
26 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดยสาหร่าย *Arthrospira platensis*, *Caulerpa lentillifera* และ *Gracilaria fisheri* ที่ขนาดเซลล์แตกต่างกัน 80
27 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดย *Caulerpa lentillifera* 82
28 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดย *Rhizoclonium* sp. 83
29 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดโดย *Gracilaria fisheri* 84
30 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนวอลเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Caulerpa lentillifera* 84
31 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนวอลเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Rhizoclonium* sp. 85
32 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนวอลเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Gracilaria fisheri* 85
33 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดย *Padina* sp. 86
34 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดย *Turbinaria* sp. 87
35 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนโดย *Sargassum* sp. 87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

36 ความเข้มข้นของสีย้อมมาลาไคท์กรีนเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Padina* sp. 88

37 ความเข้มข้นของสีย้อมมาลาไคท์กรีนเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Turbinaria* sp. 88

38 ความเข้มข้นของสีย้อมมาลาไคท์กรีนเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Sargassum* sp. 89

39 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดย *Arthrospira platensis* 90

40 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดย *Caulerpa lentillifera* 90

41 อันดับของปฏิกิริยาในการดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดโดย *Gracilaria fisheri* 91

42 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนฟิคเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Arthrospira platensis* 91

43 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนฟิคเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Caulerpa lentillifera* 92

44 ความเข้มข้นของสีย้อมเบเนฟิคเรดเริ่มต้นต่ออัตราเร็วของการดูดซับในขั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มและการแพร่ภายในอนุภาคของ *Gracilaria fisheri* 92

45 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรดในน้ำเสียที่ผ่านขบวนการบำบัดขั้นต้นเช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรม 97

46 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีนในน้ำเสียที่ผ่านขบวนการบำบัดขั้นต้นเช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรม 98

47 ปริมาณการดูดซับและเปอร์เซ็นต์การดูดซับสีย้อมเบเนฟิคเรดในน้ำเสียที่ผ่านขบวนการบำบัดขั้นต้นเช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรม 99

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การดูดซับสีย้อมเบเนวอลเรด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)โดยสาหร่ายที่ระดับพีเอชเหมาะสม (พีเอช 3) (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร)	34
2 การดูดซับสีย้อมมาลาไคท์กรีน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)โดยสาหร่าย ที่ระดับพีเอชเหมาะสม (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร)	35
3 การดูดซับสีย้อมเบเนฟีคเรด (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)โดยสาหร่าย ที่ระดับพีเอชเหมาะสม (พีเอช 2) (ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร)	41