ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250026

ข้าวคัดเลือกสายพันธุ์ดุลินทรีย์ และทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการคอร์ราดอาคารชั้นใหญ่เพื่อใช้ในการศึกษาทางสถาปัตย์ โดยระบบบำบัดแบบแอสบีอาร์

ภัคภูมิ ทุ่นชุ้ย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยา
กรกฎาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

b00254733

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250026

การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ และทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่เพื่อใช้ในการศึกษาทางการแพทย์ โดยระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์

ภัคภูมิ นุ่นจุ้ย

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาจุลชีววิทยา
กรกฎาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ และทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่เพื่อใช้ในการศึกษาทางการแพทย์ โดยระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์" ของ ภัคภูมิ นุ่นจุ้ย เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)

.....กรรมการ
(ดร.ศิริวรรณ วิชัย)

.....กรรมการ
(ดร.วิสาข์ สุพรรณไพบูลย์)

.....กรรมการ
(ดร.อภินันท์ ลิ้มมงคล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา ฉัตรดำรง)

อนุมัติ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คนึงนิจ ภู่พัฒน์วิบูลย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
16 กรกฎาคม 2555

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ดร.ศิริวรรณ วิชัย ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตสาห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ดร.วิสาข์ สุพรรณไพบูลย์ และดร.อภินันท์ ลิ้มมงคล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา ฉัตรดำรง กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลพุทธชินราช นายแพทย์ประเสริฐ ขันเงิน และนายบุญรักษ์ นวลศรี นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ โรงพยาบาลพุทธชินราช ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์มาใช้ในการศึกษา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกๆท่าน ที่คอยพร่ำสอนและถ่ายทอดความรู้ให้ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาอยู่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ตลอดจนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ชีวเคมี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเบิกยืมอุปกรณ์ที่ใช้ในระหว่างการทำงานวิจัย เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่มาใช้ศึกษา

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่และเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

ภัคภูมิ นุ่นจุ้ย

ชื่อเรื่อง	การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ และทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่เพื่อใช้ในการศึกษาทางการแพทย์ โดยระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์
ผู้วิจัย	ภัคภูมิ นุ่นจุ้ย
ประธานที่ปรึกษา	ดร.ศิริวรรณ วิชัย
กรรมการที่ปรึกษา	ดร.วิสาข์ สุพรรณไพบูลย์
	ดร.อภินันท์ ลิ้มมงคล
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาจุลชีววิทยา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2555
คำสำคัญ	น้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ ฟอร์มาลดีไฮด์ ระบบบำบัดเอสบีอาร์

บทคัดย่อ

250026

น้ำเสียจากการดองร่างอาจารย์ใหญ่ของคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์สูงถึง 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 1 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดและทนต่อฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสีย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ได้ จึงทำการคัดแยกจุลินทรีย์จากแหล่งต่างๆ ที่พบการปนเปื้อนด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้อาหาร 3 ชนิด คือ Formaldehyde enrichment medium I, II และ YM medium ด้วยวิธี spread plate technique ผลที่ได้สามารถคัดแยกสายพันธุ์จุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 16 ไอโซเลท โดยมี 4 ไอโซเลท คือ YMg1 YMg3 YMg4 และ YMw6 ที่สามารถทนและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ได้สูงกว่า 90% แต่มีเพียง YMw6 ที่มีความโดดเด่นในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ได้สูงกว่า 99% ในช่วงพีเอชเริ่มต้นของการทดสอบตั้งแต่ 4.0 ถึง 6.5 ภายในเวลา 24 ชั่วโมง จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ของจุลินทรีย์ YMw6 พบว่าจะมีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ได้เพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะที่ได้รับอากาศเพิ่มขึ้น และอยู่ในสภาวะที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่อยู่ในช่วงพีเอช 4.0-9.0 มีความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร อีกทั้งยังสามารถ

250026

ย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ได้โดยไม่ต้องเพิ่มแหล่งไนโตรเจนลงไปในระบบ แต่ต้องทำการควบคุมพีเอชในระบบโดยการเติมโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น 5 เท่า จึงจะทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญในน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ได้ และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้สภาวะดังกล่าวในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ พบว่าสามารถบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ได้เกินกว่า 99% อีกทั้งยังสามารถบำบัดความเข้มข้นของซีโอดีที่ปนเปื้อนในน้ำเสียและความเข้มข้นของสารหนูที่มีการปนเปื้อนในน้ำลงได้มากกว่า 50% ที่ระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสม 18 ชั่วโมง ขณะที่การนำจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่คัดเลือกได้ไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์จากโรงบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลพุทธชินราช พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดได้ดีขึ้น เป็น 99.99% และ 98.24% ในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์และซีโอดีในน้ำเสีย ที่เวลาในการบำบัด 18 ชั่วโมง ตามลำดับ

Title	SELECTION AND EFFICIENCY TESTING OF MICROORGANISMS FOR FORMALDEHYDE DEGRADATION IN WASTEWATER FROM THE PRESERVATION OF CADAVERS USED IN MEDICAL EDUCATION USING SEQUENCING BATCH REACTOR (SBR) PROCESS
Author	Phakkaphum Nunchui
Advisor	Siriwan Wichai, Ph. D.
Co – Advisor	Wisa Supanpaiboon, Ph. D. Apinan Limmongkol, Ph. D.
Academic Paper	Thesis M. S. in Microbiology, Naresuan University, 2012
Keywords	preservation of cadavers, formaldehyde, Sequencing Batch Reactor (SBR) process

ABSTRACT

256026

Wastewater from the preservation of cadavers in Faculty of Medical Sciences Naresuan University contains formaldehyde concentration up to 2,500 mg/L that is higher than the national standard at 1 mg/L. To obtain the strains of microorganisms having efficiency for treatment, resistance to toxic of formaldehyde and can be used in waste water treatment by SBR process. The cultures were isolated from various sources contaminating formaldehyde using 3 types of culture media: Formaldehyde enrichment medium I, II and YM medium by spread plate technique. The 16 different isolates were obtained and found that 4 isolates YMg1, YMg3, YMg4 and YMw6 having the ability to formaldehyde degradation in wastewater up to 90% within 24 hours. The best isolate, YMw6 could degrade formaldehyde at pH range 4.0-6.5 was selected. The optimum conditions of YMw6 for the degradation of formaldehyde in wastewater were high air flow rate, pH 4.0 - 9.0 and the initial concentration of formaldehyde in wastewater was not more than 3,000 mg/L. This culture was also able to degrade formaldehyde in wastewater without adding nitrogen. But it needed to control the pH of the system and for the growth of such culture by the addition of potassium phosphate buffer at a

256026

concentration up to five folds when compared with the same medium. The SBR reactor were examined with the initial formaldehyde concentration at 2,500 mg/L in those conditions resulted that the efficiency of formaldehyde degradation increased up to more than 99% at the retention time for 18 hours. Moreover, this process could decrease COD concentration and arsenic contaminated in wastewater to more than 50%. The application of YMw6 combined with sludge from wastewater treatment plant of Buddha hospital to treatment formaldehyde in wastewater was investigated. The results found that this combination culture could having the efficiency of formaldehyde and COD degradation up to 99.99% and 98.24%, respectively at the time of treatment 18 hours.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	3
	ขอบเขตของงานวิจัย	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	สมมติฐานของการวิจัย	4
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	5
	ความเข้มข้นและปริมาตรน้ำเสียที่มีฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดจาก กระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่	6
	การบำบัดน้ำเสียที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ	9
	การบำบัดน้ำเสียที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบโดยใช้จุลินทรีย์	9
	จุลินทรีย์ที่สามารถใช้ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้	14
	กระบวนการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในเชื้อจุลินทรีย์	16
	สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์	26
	ระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR)	28
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	31
	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
	สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ	32
	ขั้นตอนและวิธีการวิจัย	33
4	**ผลการวิจัย**	42
	การคัดแยกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นแหล่งคาร์บอนจากธรรมชาติ	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด	49
	การคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่ดีที่สุด	50
	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่	54
	การศึกษาปริมาณสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญและการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือก	57
	การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์	63
	การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ที่คัดเลือกในการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช	70
5	**บทสรุป**	75
	สรุปผลการวิจัย	75
	อภิปรายผล	77
	บรรณานุกรม	90
	ภาคผนวก	98
	อภิธานศัพท์	112
	ประวัติผู้วิจัย	114

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 ปริมาตรของน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ในแต่ละถังดอง 8

2 แสดงส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Formaldehyde enrichment medium I และ YM medium ที่เติมฟอร์มาลดีไฮด์เป็นแหล่งคาร์บอน 27

3 จำนวนไอโซเลทที่แยกได้จากแหล่งธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ จำแนกตามแหล่งอาหารและแหล่งตัวอย่าง 42

4 เชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากแหล่งธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ 43

5 ลักษณะการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อและรูปร่างของเซลล์ของจุลินทรีย์ที่แยกได้จากธรรมชาติ 48

6 ผลการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด 50

7 ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ของจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในสภาวะความเป็นกรดที่พีเอชต่างๆ 53

8 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ YMw6..... 53

9 ผลการส่งตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูทั้งหมดที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด 66

10 ค่า SVI และประสิทธิภาพการตกตะกอน 111

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 แผนผังถังดองร่างอาจารย์ใหญ่ในอาคารดองร่างอาจารย์ใหญ่ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 7

2 ลักษณะน้ำยาดองร่างอาจารย์ใหญ่ในถังเก็บก่อนนำเข้าสู่การบำบัด 8

3 การบำบัดแบบ Anaerobic fluidized bed reactor 11

4 ภาพรวมของวิธีเมทาบอลิซึมสาร C1 compounds ใน methylotrophic bacteria 17

5 วิถีเมตาบอลิซึมแบบ Glutathione (GSH)-dependent NAD-linked formaldehyde dehydrogenase (GSH-FDH) 18

6 วิถีเมตาบอลิซึมแบบ Mycothiol (MSH)-dependent NAD-linked formaldehyde dehydrogenase (GSH-FDH) 18

7 วิถีเมตาบอลิซึมแบบ Glutathione (GSH)-independent NAD-linked formaldehyde dehydrogenase (PFDH) 19

8 วิถีเมตาบอลิซึมแบบ Tetrahydromethanopterin (H4MPT)-dependent pathway และ Methanofuran (MFR)-dependent pathway ในเชื้อMethylobacterium extorquens AM1 ที่เจริญบนเมทานอล 20

9 Methylotrophic metabolism ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา oxidation และ assimilation ของเชื้อ M. extorquens AM1 21

10 กระบวนการ oxidation ของฟอร์มาลดีไฮด์ ผ่านวิถีเมตาบอลิซึมแบบ Ribulose-monophosphate cycle ในเชื้อ Methylophilus methylotrophus 22

11 กระบวนการ assimilation ของฟอร์มาลดีไฮด์ ผ่านวิถีเมตาบอลิซึม serine pathway 23

12 กระบวนการ assimilation ของฟอร์มาลดีไฮด์ ผ่านวิถีเมตาบอลิซึม ribulose monophosphate (RuMP) pathway 24

13 กระบวนการ assimilation ของฟอร์มาลดีไฮด์ ผ่านวิถีเมตาบอลิซึม xylulose monophosphate (XuMP) pathway 25

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

14 วิถีเมตาบอลิซึมใน Aerobic methanotrophic bacterium สายพันธุ์ *Methylococcus capsulatus* บนอาหารที่มี C1 เป็นแหล่งคาร์บอน 26

15 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์..... 30

16 ลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการติดสีแกรมของจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ 44

17 ลักษณะการเจริญและไม่เจริญของจุลินทรีย์บนอาหารทดสอบในการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่สูงที่สุด 49

18 ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร 51

19 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระบบทดสอบในการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร..... 52

20 ผลการทดสอบค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร 54

21 ผลการศึกษาอัตราเร็วในการเขย่าที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร 55

22 ผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 57

23 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

24 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 58

25 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาแหล่งเกลือ MgSO4 ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 59

26 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณแหล่งเกลือ MgSO4 ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 60

27 การย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ของจุลินทรีย์สายพันธุ์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 61

28 การเจริญของจุลินทรีย์ YMw6 ในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 62

29 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในระบบในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญและย่อยสลายฟอร์มาลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร 62

30 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว 64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

31 ปริมาณความความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว 65
32 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบครั้งคราว 65
33 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง 68
34 ความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง 68
35 การเจริญของจุลินทรีย์ในระบบที่เปลี่ยนแปลงในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ในระบบบำบัดเอสบีอาร์แบบต่อเนื่อง 69
36 ลักษณะน้ำเสียก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดโดยจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์และประสิทธิภาพการตกตะกอนของจุลินทรีย์..... 69
37 ลักษณะการเลี้ยงเพื่อปรับสภาพตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลพุทธชินราช..... 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

38 ประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ของจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดเอสแบบบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช 71

39 ความเข้มข้นซีโอดีที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการดองร่างอาจารย์ใหญ่ ความเข้มข้นเริ่มต้น 2,500 มิลลิกรัม/ลิตร ของจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช 72

40 ประสิทธิภาพการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัด; a1 control sludge ก่อนบำบัด, a2 control sludge หลังบำบัด, b1 sludge+YMw6 ก่อนบำบัด, b2 sludge+YMw6 หลังบำบัด 73

41 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียก่อนและหลังเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัดโดยจุลินทรีย์ YMw6 ในระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ร่วมกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลพุทธชินราช; a1 control sludge ก่อนบำบัด, a2 control sludge หลังบำบัด, b1 sludge+YMw6 ก่อนบำบัด, b2 sludge+YMw6 หลังบำบัด..... 74

42 ชุดอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์ซีโอดี 110