

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	5
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	8
2.2.1 แอมโมเนีย.....	9
2.2.2 ไนโตรต์	9
2.2.3 ไนเตรต	9
2.2.4 ฟิเอช.....	10
2.2.5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ	10
2.2.6 อุณหภูมิ	11
2.3 ไนโตรเจนในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	11
2.3.1 วัฏจักรไนโตรเจนในน้ำ.....	11
2.3.2 การบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำ.....	14
2.3.2.1 ปฏิกริยาไนทริฟิเคชัน	14
2.3.2.2 ปฏิกริยาดีไนทริฟิเคชัน.....	17

2.4 ปลานิลและการเพาะเลี้ยงปลานิล	21
2.4.1 สรีรวิทยาและอนุกรมวิธานของปลานิล	21
2.4.2 การเพาะเลี้ยงปลานิล	22
2.5 ระบบบำบัดและหมุนเวียนน้ำแบบยัดเกาะกับตัวกรอง	24
2.6 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
2.5.1 การเติมสารอินทรีย์คาร์บอนในกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน	28
2.5.2 การใช้วัสดุตัวกลางเป็นตัวยัดเกาะของจุลินทรีย์และช่วยในการบำบัดในเทรต	32
บทที่ 3 แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย	38
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	43
3.1.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง	43
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	43
3.1.3 สารเคมี	44
3.2 การทดลอง	44
3.2.1 การเตรียมวัสดุดีไนทริฟิเคชัน	44
3.2.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	46
3.3.3 การเตรียมถังดีไนทริฟิเคชัน	46
การทดลองช่วงที่ 1 การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดในเทรตของดินธรรมชาติ	
เปรียบเทียบกับวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติในถังดีไนทริฟิเคชัน	47
การทดลองช่วงที่ 2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติ	
ในถังดีไนทริฟิเคชัน	49
การทดลองที่ 2.1 ชนิดของสารอินทรีย์คาร์บอนที่เหมาะสมต่ออัตราดีไนทริฟิเคชัน	49
การทดลองที่ 2.2 อัตราส่วนซีโอดีต่อในเทรตไนโตรเจนของสารอินทรีย์คาร์บอน	
ที่เหมาะสม	50
การทดลองที่ 2.3 ลักษณะการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนลงในถังปฏิกรณ์ดีไนทริฟิเคชัน ...	51
การทดลองช่วงที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติที่	
เหมาะสมในการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิด	
ขนาดเล็กเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	54
3.3 การเตรียมถังในทรีฟิเคชันที่บรรจุตัวกรองชีวภาพ	55
3.4 การเตรียมถังดีไนทริฟิเคชันที่บรรจุวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติ	57

3.5 การเตรียมถังเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	58
3.6 การติดตั้งถังดีไนทริฟิเคชันเข้ากับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	59
3.7 การประเมินประสิทธิภาพระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	60
3.7.1 การประเมินอัตราการเติบโตของสัตว์น้ำ	60
3.7.2 การตรวจวัดคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงปลานิล	61
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	63
4.1 การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดในเทรตของดินธรรมชาติเปรียบเทียบกับวัสดุเพื่อ ทดแทนดินธรรมชาติในถังดีไนทริฟิเคชัน.....	63
4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติในถังดีไนทริฟิเคชัน	73
4.2.1 ชนิดของสารอินทรีย์คาร์บอนที่เหมาะสมต่ออัตราดีไนทริฟิเคชัน.....	73
4.2.2 อัตราส่วนซีโอไลท์ต่อในเทรตไนโตรเจนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่เหมาะสม.....	81
4.2.3 ลักษณะการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนลงในถังปฏิริยาดีไนทริฟิเคชัน	88
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติที่เหมาะสมในการ บำบัดคุณภาพน้ำในระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดขนาดเล็กเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	92
4.3.1 การเตรียมถังไนทริฟิเคชันที่บรรจุตัวกรองชีวภาพและการประเมินประสิทธิภาพ ของตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชัน	92
4.3.2 การเตรียมถังดีไนทริฟิเคชันที่บรรจุวัสดุเพื่อทดแทนดินธรรมชาติและการ ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุดีไนทริฟิเคชัน	94
4.3.3 การติดตั้งถังดีไนทริฟิเคชันเข้ากับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	94
4.3.4 การประเมินประสิทธิภาพระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	101
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	103
5.1 สรุปผลการวิจัย	103
5.2 ข้อเสนอแนะ	104
รายการอ้างอิง.....	106
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก	117
ภาคผนวก ข	120
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	168

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของสสารและแร่ธาตุของหินพัมมิสเขาพนมฉัตร จังหวัดลพบุรี.....	26
2.2 พื้นที่ผิวและขนาดของรูพรุนภายในหินพัมมิส.....	26
2.3 ส่วนประกอบของสสารและแร่ธาตุของทรายเทียม	27
2.4 อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาดีในทรีพีเคชั่น จากรายงานวิจัยต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าที่เหมาะสมจากทฤษฎีปริมาณสารสัมพันธ์....	31
2.5 ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้วัสดุตัวกลางในกระบวนการดีในทรีพีเคชั่น กับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	36
3.1 รายละเอียดการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 4 ชนิด	45
3.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองช่วงที่ 1	48
3.3 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 2.1	50
3.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 2.2	51
3.5 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 2.3	53
3.6 ตัวแปรที่ทำการศึกษาในการทดลองช่วงที่ 3	54
3.7 พารามิเตอร์ต่างๆ ทางคุณภาพน้ำที่ทำการเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์/ เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง.....	62
4.1 ลักษณะสมบัติเบื้องต้นของดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม.....	63
4.2 อัตราดีในทรีพีเคชั่นของดินและวัสดุเพื่อทดแทนดินในถังดีในทรีพีเคชั่น	65
4.3 พารามิเตอร์ทางคุณภาพน้ำหลังบำบัดในถังดิน (ชุดควบคุม) และชุดทดลองตลอด	
ระยะเวลาการทดลอง 67 วัน.....	71
4.4 เปรียบเทียบชนิดและความแตกต่างของอัตราการบำบัดในเทรตของวัสดุ แต่ละชนิดในระบบดีในทรีพีเคชั่น	73
4.5 ลักษณะสมบัติของเมทานอลและกากน้ำตาลที่ใช้เป็นแหล่งสารอินทรีย์คาร์บอนเพื่อ เติมลงในถังดีในทรีพีเคชั่นที่บรรจุหินพัมมิส	74
4.6 อัตราดีในทรีพีเคชั่นและคุณภาพน้ำหลังการบำบัดในเทรตของชุดที่เติมเมทานอลและ.. กากน้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน ในช่วงวันที่ 20-57 ของการทดลอง.....	79
4.7 เปรียบเทียบราคาของเมทานอลกับกากน้ำตาล.....	80
4.8 เปรียบเทียบอัตราดีในทรีพีเคชั่นเมื่อใช้สารอินทรีย์คาร์บอนชนิดต่างๆ	80

ตารางที่	หน้า
4.9 คุณภาพหลังบำบัดในเทรตของถังดีไนทริฟิเคชัน เมื่อเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในอัตราส่วนซีไอดีต่อไนเทรตไนโตรเจนเท่ากับ 3:1 4:1 5:1 และ 6:1 ตามลำดับ.....	87
4.10 เปรียบเทียบคุณภาพหลังการบำบัดในเทรตของถังดีไนทริฟิเคชัน เมื่อเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในชั้นน้ำและชั้นหินพื้มนิส.....	90
4.11 สภาวะที่เหมาะสมของถังดีไนทริฟิเคชัน จากการทดลองที่ 4.1 และ 4.2	92
4.12 ประสิทธิภาพการบำบัดในเทรตของถังดีไนทริฟิเคชันบรรจุหินพื้มนิส	97
4.13 เปรียบเทียบอัตราการบำบัดในเทรตกับระบบอื่น	100
4.14 อัตราการเติบโตและผลผลิตของปลานิล	102

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กลไกการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงแต่ละระบบ	8
2.2 วัฏจักรไนโตรเจนในแหล่งน้ำ	12
2.3 ตัวอย่างหินพัมมิสจากเขาพนมฉัตร จังหวัดลพบุรี (กำลังขยาย 70x)	25
2.4 ลักษณะรูปร่างของทรายเทียม	27
3.1 สรุปแนวทางการทดลองในงานวิจัยนี้	38
3.2 แผนผังสรุปการดำเนินการทดลองช่วงที่ 1	40
3.3 แผนผังสรุปการดำเนินการทดลองช่วงที่ 2	41
3.4 แผนผังสรุปการดำเนินการทดลองช่วงที่ 3	42
3.5 ลักษณะของดินธรรมชาติและวัสดุทดแทนดินธรรมชาติ 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง	45
3.6 แผนภาพและรูปถ่ายแสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์สำหรับถังดีไนทริฟิเคชัน (แสดงรายละเอียดสำหรับ 1 ชุดการทดลอง)	46
3.7 ชุดการทดลองการบำบัดไนเตรตในถังดีไนทริฟิเคชันของดินธรรมชาติเปรียบเทียบกับวัสดุเพื่อทดแทนดิน 3 ชนิด ได้แก่ ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม	48
3.8 แผนภาพและรูปถ่ายแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับถังดีไนทริฟิเคชันในชุดทดลองที่ทำการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนในชั้นวัสดุ	52
3.9 (ก) ลักษณะของตัวกรองชีวภาพในทริฟิเคชัน (ข) ถังบ่มตัวกรองชีวภาพในทริฟิเคชัน และ (ค) ชุดการทดลองสำหรับประเมินประสิทธิภาพตัวกรองชีวภาพในทริฟิเคชัน	56
3.10 แผนภาพและรูปถ่ายของถังในทริฟิเคชันที่ใช้กับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก	57
3.11 แผนภาพและรูปถ่ายของถังดีไนทริฟิเคชันที่ใช้กับระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก	58
3.12 แผนผังแสดงระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ใช้ในการทดลอง	59
3.13 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อถังดีไนทริฟิเคชันเข้ากับระบบเลี้ยงสัตว์น้ำ	59
4.1 ลักษณะของชั้นวัสดุทั้ง 4 ชนิดในถังดีไนทริฟิเคชัน	64
4.2 ปริมาณไนเตรตของถังดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม	65
4.3 ปริมาณไนไตรต์ของดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม	66
4.4 ปริมาณแอมโมเนียของดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม	67
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าไออาร์พีในชั้นน้ำและชั้นวัสดุ ในช่วงวันที่ 50-67	68
4.6 (ก) ฟองอากาศบนผิวชั้นดิน และ (ข) ฟองอากาศและตะกอนแขวนลอยบนผิวน้ำ	69

รูปที่	หน้า
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม.....	69
4.8 ค่าสภาพต่างในช่วงวันที่ 29-67 ของดิน (ชุดควบคุม) ทราย หินพัมมิส และทรายเทียม	70
4.9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำหลังจากเติมเมทานอลในถังดิน ในช่วงการทดลองวันที่ 18-23	71
4.10 ลักษณะของ (ก) เมทานอลและ (ข) กากน้ำตาลที่ใช้ในงานวิจัย.....	74
4.11 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลองที่ เติมเมทานอล (ชุดควบคุม) และกากน้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน.....	76
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าไออาร์พีในชั้นหินพัมมิสและชั้นน้ำของชุดที่เติมเมทานอล (ชุดควบคุม) และกากน้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนและกากน้ำตาลเป็น สารอินทรีย์คาร์บอน	77
4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและสภาพต่างในถังบำบัดน้ำในทวีพีเคชั่นของ ชุดที่เติม เมทานอล (ชุดควบคุม) และกากน้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน.....	78
4.14 ลักษณะและสีของน้ำหลังการบำบัดในเทรตจากชุดที่เติมเมทานอล (ชุดควบคุม) และกากน้ำตาลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน	79
4.15 การเปลี่ยนแปลงของไนเตรตในชุดการทดลองที่แปรค่าอัตราส่วนซีโอดีต่อไนเตรต ไนโตรเจนเท่ากับ 3:1-6:1.....	83
4.16 อัตราดีไนโตรจีเคชั่นจากการเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอน โดยแปรผัน อัตราส่วนซีโอดีต่อไนเตรตไนโตรเจนที่ต่างกัน จากการทดลอง 3 ซ้ำ.....	83
4.17 การเปลี่ยนแปลงของไนไตรต์ในชุดการทดลองที่แปรค่าอัตราส่วนอัตราส่วนซีโอดีต่อ ไนเตรตไนโตรเจนเท่ากับ 3:1-6:1	84
4.18 การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียในชุดการทดลองที่แปรค่าอัตราส่วนอัตราส่วน ซีโอดีต่อไนเตรตไนโตรเจนเท่ากับ 3:1-6:1	85
4.19 ไออาร์พีในชั้นหินพัมมิส และในชั้นน้ำ เมื่อเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์ คาร์บอนในอัตราส่วนซีโอดีต่อไนเตรตไนโตรเจนเท่ากับ 3:1-6:1	86
4.20 พีเอชและค่าสภาพต่าง เมื่อเติมเมทานอลเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในอัตราส่วน ซีโอดีต่อไนเตรตไนโตรเจนเท่ากับ 3:1-6:1	86
4.21 สารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนเปรียบเทียบระหว่างการเติมเมทานอลในชั้นน้ำ และชั้นหินพัมมิส	89
4.22 เปรียบเทียบปริมาณซีโอดีระหว่างชุดเติมเมทานอลในชั้นน้ำและชั้นหินพัมมิส ช่วงการทดลองวันที่ 54-75	91

รูปที่	หน้า
4.23 การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ของตัวกรองชีวภาพ ไนทริฟิเคชันในถังบ่มเชื้อ ระยะเวลาการทดลอง 50 วัน.....	93
4.24 การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ระหว่างการทดสอบ ประสิทธิภาพของตัวกรองชีวภาพไนทริฟิเคชัน (ทดลองซ้ำ 2 รอบของการบำบัด)	93
4.25 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรต ไนไตรต์ และแอมโมเนีย เปรียบเทียบ ระหว่างถังเลี้ยงปลานิลกับถังดีไนทริฟิเคชัน ถังดีไนทริฟิเคชันแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะบ่มเชื้อ (3 เดือน) และระยะบำบัดไนเตรตจากระบบเพาะเลี้ยงปลานิล.....	96
4.26 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชและค่าสภาพต่าง เปรียบเทียบระหว่างระบบเพาะเลี้ยง ปลานิลและถังดีไนทริฟิเคชัน.....	98
4.27 ค่าไออาร์พีในถังดีไนทริฟิเคชันในระยะบ่มเชื้อและการบำบัดไนเตรตใน น้ำเสียจากระบบเพาะเลี้ยงปลานิล.....	99
4.28 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในถังเพาะเลี้ยงปลานิล	99
4.29 อัตราดีไนทริฟิเคชันของหินพัมมิสในถังดีไนทริฟิเคชันในระยะบ่มเชื้อและการบำบัด ไนเตรตจากระบบเพาะเลี้ยงปลานิล.....	100
4.30 ปริมาณอาหารที่ให้และปริมาณอาหารที่สะสมภายในถังเลี้ยงปลานิล.....	102