

การรักษาคุณภาพของน้ำในตู้เลี้ยงปลาด้วยเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ

นางสาวนันทาวดี กิติศรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-710-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019170 142470499

FISH AQUARIUM WATER TREATMENT BY VARIOUS TYPES OF FILTER



MISS. NANTAWADEE KITISRI

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering

Graduate School


Chulalongkorn University

1992

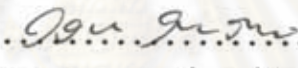
ISBN 974-581-710-4

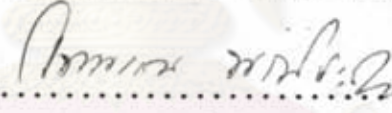
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การรักษาคุณภาพของน้ำในตู้เลี้ยงปลาด้วยเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ
โดย นางสาว นันทาวดี กิติศรี
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันทูลเวศม์

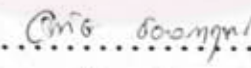
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

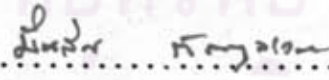

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..........ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

..........กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

..........กรรมการ
(อาจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..........กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันทูลเวศม์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นันทาวดี กิติศรี : การรักษาคุณภาพน้ำในตู้เลี้ยงปลาด้วยเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ (FISH AQUARIUM WATER TREATMENT BY VARIOUS TYPES OF FILTER)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มันสิน ตันกุลเวศม์, 176 หน้า, ISBN 974-581-710-4



การวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องกรองหินทั้ง 4 ประเภท สำหรับตู้ปลา คือ เครื่องหินภายใน เครื่องกรองหินภายนอก ซึ่งมีตัวกลางกรองต่างกันคือ หินกรวด, หินปะการัง และหินกรวดผสมกำมะถัน ในการลดค่าซีโอที ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ค่าไนไตรต์ไนโตรเจน และค่าไนเตรตไนโตรเจน ของน้ำตู้เลี้ยงปลา รวมถึงการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาทั้ง 4 ตู้ การวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพลดค่าซีโอที ของน้ำตู้เลี้ยงปลานั้น เครื่องกรองหินปะการังดีที่สุด รองลงมาคือ เครื่องกรองหินภายในตู้ปลา เครื่องกรองหินกรวดผสมกำมะถัน และเครื่องกรองหินกรวด โดยมีค่าเฉลี่ยซีโอทีตลอดการทดลอง เรียงตามลำดับดังนี้คือ 34.26 มก./ล. 39.11 มก./ล. 46.75 มก./ล. และ 51.39 มก./ล. ส่วนประสิทธิภาพการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจนนั้น เครื่องกรองหินปะการัง ลดได้มากที่สุด รองลงมาคือ เครื่องกรองหินภายในตู้ปลา เครื่องกรองหินกรวด และเครื่องกรองหินกรวดผสมกำมะถัน โดยมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียไนโตรเจนเรียงตามลำดับคือ 0.088 mg/l N, 0.093 mg/l N, 0.189 mg/l N และ 0.502 mg/l N. ส่วนค่าไนไตรต์ไนโตรเจนนั้น เครื่องกรองหินภายในตู้ปลาลดได้มากที่สุด รองลงมาคือ เครื่องกรองหินกรวดผสมกำมะถัน เครื่องกรองหินปะการัง และเครื่องกรองหินกรวด โดยมีค่าเฉลี่ยไนไตรต์ไนโตรเจนเรียงตามลำดับคือ 0.57 mg/l N, 0.61 mg/l N, 0.65 mg/l N และ 0.80 mg/l N. และค่าไนเตรตไนโตรเจนนั้น เครื่องกรองหินกรวดผสมกำมะถัน สามารถลดปริมาณการสะสมได้มากที่สุด รองลงมาคือเครื่องกรองหินกรวด เครื่องกรองหินปะการัง และเครื่องกรองหินภายในตู้ปลา โดยมีค่าเฉลี่ยไนเตรตไนโตรเจนเรียงตามลำดับคือ 0.408 mg/l N, 0.444 mg/l N, 0.584 mg/l N และ 0.943 mg/l N. ส่วนการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาในตู้ปลาที่เลี้ยงทั้ง 4 ตู้ นั้น ผลปรากฏว่าปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดคือ ปลาในตู้ที่มีเครื่องกรองภายนอกเป็นหินปะการัง รองลงมาคือ ปลาในตู้ที่มีเครื่องกรองภายนอกเป็น หินกรวด และปลาในตู้ที่มีเครื่องกรองภายในตู้ปลา โดยที่ตู้ปลาที่มีเครื่องกรองภายนอกเป็นหินกรวดกำมะถันนั้น มีอัตราการเจริญเติบโต น้อยที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อผู้พิมพ์ นันทาวดี กิติศรี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C 016719 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : FISH AQUARIUM/WATER TREATMENT/FILTER/FILTER MEDIA

NANTAWADEE KITISRI : FISH AQUARIUM TREATMENT BY VARIOUS

TYPES OF FILTER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MUNSIN

TUNTOOLAVEST, Ph.D. 176 PP. ISBN 974-581-710-4



This study was performed to find out the efficiency in removal of COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ from the fish aquarium. By comparing between the inner filter and the outer filter that each filled with coral, gravel and gravel-sulphur acted as three types of filter. Not only that parameters comparing, but also comparison of the fish growth rate in each aquarium. From COD removal in each aquarium, the coral filter gave the best efficiency, 34.26 mg/l, the inner filter, 39.11 mg/l, the gravel-sulphur filter, 46.75 mg/l and the gravel filter, 51.39 mg/l. The other parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ that found in each aquarium the coral filter also gave the best efficiency, that was 0.088 mg/l and as the inner filter gave the efficiency of 0.093 mg/l, but for the gravel filter, the $\text{NH}_3\text{-N}$ removal was better than gravel-sulphur filter, 0.189 mg/l and 0.502 mg/l, respectively. When considering the $\text{NO}_2\text{-N}$ left in each aquarium, the inner filter gave the best efficiency, 0.57 mg/l following by gravel-sulphur, coral and gravel filter, that was 0.61 mg/l, and 0.80 mg/l, in consequenced. Gravel-sulphur, gravel, coral filter and the inner filter had shown the $\text{NO}_3\text{-N}$ reduction efficiency from the left of each aquarium 0.408 mg/l, 0.444 mg/l, 0.584 mg/l, and 0.943 mg/l, respectively. By comparison of the fish growth rate in each aquarium found that the aquarium having the coral filter had the highest growth rate, the gravel filter gave the higher growth rate than the inner filter, meanwhile, the aquarium having gravel-sulphur filter had the lowest fish growth rate.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา.....วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต..... นันทวดี คิทธิศรี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาต่าง ๆ และได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงแต่ บิดา-มารดา และขอขอบคุณน้องชายอันเป็นที่รัก ในการสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาในการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่ช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา และขอบคุณมาก ๆ สำหรับ คุณหลักชัย พัฒนาเจริญ ในความกรุณาของเพื่อนและบริษัท พี.ดี.ไอ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการเขียนงานวิจัย

คุณงามความดีหรือประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ขอมอบแต่บิดา-มารดา ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุด และอุทิศให้แก่ปลาทองทุกตัวที่นำมาวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 คำนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร.....	7
2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำในตู้เลี้ยงปลา.....	7
2.2 สมบัติของน้ำทางกายภาพ.....	7
2.2.1 อุณหภูมิ (Temperature).....	8
2.2.2 ความขุ่น (Turbidity).....	8
2.2.3 การเคลื่อนไหวของน้ำ (Movement).....	8
2.3 สมบัติของน้ำทางเคมี.....	8
2.3.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen).....	9
2.3.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH).....	10
2.3.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.....	13
2.3.4 แอมโมเนีย (Ammonia).....	15
2.3.5 ไนไตรต์ (Nitrite).....	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.6 ไนเตรต (Nitrate).....	18
2.3.7 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide).....	19
2.4 สมบัติของน้ำทางชีววิทยา.....	19
2.4.1 พีชน้ำ.....	21
2.4.2 แพลงก์ตอน.....	21
2.4.3 สัตว์น้ำต่าง ๆ (Zoo-biota).....	22
2.4.4 เชื้อโรค.....	22
2.5 พืชของโลหะหนัก.....	22
2.6 การระบาดของโรคและการป้องกัน.....	25
2.6.1 โรคระบาดของปลา.....	25
2.7 หลักการรักษาคคุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา.....	29
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	43
3.1 แผนงานวิจัย.....	43
3.1.1 ตัวแปรในการทดลอง.....	43
3.1.2 ลำดับการวิจัย.....	44
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย.....	48
3.2.1 ตู้เลี้ยงปลา.....	48
3.2.2 หินกรวดกรอง.....	48
3.2.3 เครื่องกรองหินภายในตู้เลี้ยงปลา.....	48
3.2.4 เครื่องกรองหินภายนอกตู้เลี้ยงปลา.....	49
3.2.5 ตัวกลางกรองในเครื่องกรองชนิดต่าง ๆ	50
3.2.6 วัสดุและอุปกรณ์วิจัยอื่น ๆ ในการวิจัย.....	50
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	51
4.1 ค่าอุณหภูมิ (Temperature).....	51
4.2 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen).....	53
4.3 ค่าพีเอช (pH).....	55
4.4 ค่าโออาร์พี (ORP).....	58

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5 ค่าความขุ่น (Turbidity).....	60
4.6 สี (Color).....	64
4.7 ค่าความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity).....	68
4.8 ค่าความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness).....	71
4.9 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen).....	74
4.10 ค่าไนไตรต์ไนโตรเจน (Nitrite Nitrogen).....	79
4.11 ค่าไนเตรตไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen).....	83
4.12 ค่าซีโอดี (COD).....	87
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองหินภายในตู้, เครื่องกรองหินกรวด, เครื่องกรองหินปะการัง และเครื่องกรองหินกรวดผสมก้ามะถัน ในการลดค่าซีโอดี.....	91
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองหินภายในตู้, เครื่องกรองหินกรวด, เครื่องกรองหินปะการัง และเครื่องกรองหินกรวดผสมก้ามะถัน ในการลดค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ไนไตรต์ไนโตรเจนและไนเตรตไนโตรเจน ของน้ำในตู้เลี้ยงปลา	94
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด หรือลดค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน	94
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด หรือลดค่าไนไตรต์- ไนโตรเจน	96
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดหรือลดค่าไนเตรต- ไนโตรเจน	97
การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลาในตู้เลี้ยงปลาทั้ง 4 ตู้.....	97
การเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักของปลาทอง.....	97
การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลาทองด้านความยาวของร่างกายปลา	100
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	102
บทที่ 6 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาเพิ่มเติม.....	104
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก ก ข้อมูลต่างๆ จากการวิจัย.....	109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข	รายการคำนวณประสิทธิภาพและเปรียบเทียบข้อมูลต่าง ๆ ในการวิจัย.....	129
ภาคผนวก ค	ข้อมูลปลาทองตลอดการวิจัย	165
	ประวัติผู้ทำการวิจัย.....	177



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ความดัน 760 มม.ปรอทที่อุณหภูมิ และปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์ละลายน้ำค่าต่าง ๆ กัน	11
ตารางที่ 2.2	แสดงค่าขีดจำกัดของออกซิเจนที่มีผลต่อปลา.....	12
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าขีดจำกัดของคาร์บอน ไดออกไซด์ที่มีผลต่อปลา	14
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าขีดจำกัดของแอมโมเนียที่มีผลต่อปลา	16
ตารางที่ 2.5	แสดงค่าขีดจำกัดของไนไตรต์ที่มีผลต่อปลา	17
ตารางที่ 2.6	แสดงค่าขีดจำกัดของไนเตรตที่มีผลต่อปลา	18
ตารางที่ 2.7	แสดงผลรวมของค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อปลา	20
ตารางที่ 2.8	แสดงค่า LC_{50} ของโลหะหนักและสารอินทรีย์เคมีบางชนิด	23
ตารางที่ 2.9	แสดงค่า CONCENTRATION FACTOR ของสารพิษต่าง ๆ	24
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงอาหารปลาตลอดการวิจัย	43
ตารางที่ 3.2	ตารางตัวแปรเปลี่ยนตามที่ต้องการวิเคราะห์ความถี่ในการวิเคราะห์ และวิธีที่ใช้วิเคราะห์	45
ตารางที่ 3.3	แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก และความยาวของร่างกายปลาทอง แรกเริ่มทดลอง	47
ตารางที่ 4.1	แสดงคุณสมบัติน้ำประปา เมื่อแรกทดลอง และน้ำประปา ที่ใช้เติมทดแทน	52
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำตลอดการทดลอง ของตู้ปลาทุกตู้	55
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าเฉลี่ยพีเอชตลอดการทดลองของตู้ปลาทุกตู้.....	57
ตารางที่ 4.4	แสดงค่าเฉลี่ยโออาร์พีตลอดการทดลองของตู้ปลาทุกตู้	58
ตารางที่ 4.5	แสดงค่าเฉลี่ยความขุ่นตลอดการทดลองของตู้ปลาทุกตู้	62
ตารางที่ 4.6	แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดความขุ่นของ เครื่องกรองภายนอกชนิดต่าง ๆ.....	63
ตารางที่ 4.7	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของเครื่องกรองภายนอกชนิดต่าง ๆ	66
ตารางที่ 4.8	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของเครื่องกรอง (เมื่อตัดค่าเฉลี่ยเดือนแรกออก)	67
ตารางที่ 4.9	แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นต่างตลอดการทดลอง	69
ตารางที่ 4.10	แสดงค่าเฉลี่ยของความกระด้างตลอดการทดลอง	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

๒

หน้า

ตารางที่ 4.11	แสดงค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียไนโตรเจนตลอดการทดลอง	74
ตารางที่ 4.12	แสดงรายการคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจน ของเครื่องกรองภายนอกชนิดต่าง ๆ	91
ตารางที่ 4.13	แสดงค่าเฉลี่ยของไนไตรต์ไนโตรเจนตลอดการทดลอง	79
ตารางที่ 4.14	แสดงรายการคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดไนไตรต์ไนโตรเจน ของเครื่องกรองภายนอกชนิดต่าง ๆ	82
ตารางที่ 4.15	แสดงค่าเฉลี่ยไนเตรตไนโตรเจนตลอดการทดลอง	83
ตารางที่ 4.16	แสดงประสิทธิภาพการเพิ่มและลดไนเตรตไนโตรเจนของเครื่องกรอง ชนิดต่าง ๆ	86
ตารางที่ 4.17	แสดงค่าเฉลี่ยซีโอไซด์ตลอดการทดลอง	87
ตารางที่ 4.18	แสดงรายการคำนวณประสิทธิภาพการลดค่าซีโอไซด์ของเครื่องกรอง ต่าง ๆ ตลอดการทดลอง	90
ตารางที่ 5.1	แสดงการสรุปและการทดลอง	103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงรูปร่างและส่วนประกอบร่างกายของปลาทอง.....	3
รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของพีเอชกับปลาที่เลี้ยง.....	10
รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วน (%) CO_2 , HCO_3^- และ CO_3^{2-} และพีเอช (pH).....	13
รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ในเวลากลางวัน และกลางคืน.....	14
รูปที่ 2.4 แสดงการกระจายตัวของสารประกอบซัลเฟอไรต์ต่างชนิดที่ระดับ พีเอชต่าง ๆ	19
รูปที่ 2.5 แสดงวัฏจักรไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในบ่อปลา.....	32
รูปที่ 2.6 แสดงรายละเอียดของแผ่นกรอง (Filter plate) และ หินกรองกรวด (Filter gravel).....	34
รูปที่ 2.7 แสดงรายละเอียดของระบบการกรองชีวภาพ ท่อส่งน้ำ, ท่ออากาศ และแผ่นกรอง.....	34
รูปที่ 2.8 แสดงการทำงานของระบบกรองชีวภาพ.....	35
รูปที่ 2.9 เครื่องกรองทางกายภาพใช้กับตู้เลี้ยงปลาขนาดเล็ก.....	37
รูปที่ 2.10 แสดงรูปเครื่องกรองทรายเร็วแบบธรรมดา (ด้านบน), เครื่องกรองทรายเร็วภายใต้ความดัน (ด้านล่าง).....	38
รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องกรองแบบใช้ DIATOMACEOUS EARTH เป็นสารกรอง.....	39
รูปที่ 2.12 แสดงภาพตัดของการทำงานของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ในการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำ.....	40
รูปที่ 2.13 แสดงการใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ในการทำความสะอาดน้ำเลี้ยงปลาในแบบต่าง ๆ	41
รูปที่ 2.14 แสดงอุปกรณ์การใช้แสงอุตราไวโอเล็ต ในการฆ่าเชื้อโรค.....	42
รูปที่ 2.15 แสดงอุปกรณ์ การใช้ OZONE ในการฆ่าเชื้อโรค.....	42
รูปที่ 3.1 แสดงตู้ปลาที่มีเครื่องกรองภายใน	49
รูปที่ 3.2 แสดงตู้ปลาที่มีระบบเครื่องกรองภายนอก.....	49

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและค่าออกซิเจน ละลายน้ำตลอดการทดลอง.....	54
รูปที่ 4.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชตลอดการทดลอง.....	56
รูปที่ 4.3	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าโออาร์พีตลอดการทดลอง.....	59
รูปที่ 4.4	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นตลอดการทดลอง.....	61
รูปที่ 4.5	แสดงประสิทธิภาพของการกำจัดความขุ่นของ เครื่องกรองชนิดต่าง ๆ	62
รูปที่ 4.6	แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีตลอดการทดลอง.....	65
รูปที่ 4.7	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีของ เครื่องกรองชนิดต่าง ๆ	66
รูปที่ 4.8	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นต่างตลอดการทดลอง	70
รูปที่ 4.9	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความกระด้างตลอดการทดลอง.....	72
รูปที่ 4.10	แสดงการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียไนโตรเจนตลอดการทดลอง.....	75
รูปที่ 4.11	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนของ เครื่องกรองภายนอกต่าง ๆ	78
รูปที่ 4.12	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนไตรต์ไนโตรเจนตลอดการทดลอง.....	80
รูปที่ 4.13	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรตไนโตรเจนของ เครื่องกรอง ภายนอกชนิดต่าง ๆ.....	82
รูปที่ 4.14	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรตไนโตรเจนตลอดการทดลอง.....	84
รูปที่ 4.15	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดไนเตรตไนโตรเจนของ เครื่องกรองภายนอก ชนิดต่าง ๆ	86
รูปที่ 4.16	แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอไซด์ตลอดการทดลอง.....	88
รูปที่ 4.17	แสดงประสิทธิภาพการลดค่าซีโอไซด์ของ เครื่องกรองภายนอกต่าง ๆ ตลอดการทดลอง.....	90
รูปที่ 4.18	แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของปลาทอง ในตู้เลี้ยงปลาทั้ง 4 ตู้	98
รูปที่ 4.19	แสดงถึงความยาวเฉลี่ยของปลาทั้งสี่ตู้	99