

การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ด้วยชีววิธี

The Increase on Production of *Moina* (*Moina macrocopa*) and Concentrated
Chlorella by Using Phytoplankton for Bioremediation from Aquaculture Wastewater

เถลิงเกียรติ สมณี¹, วัณฐวรรณ สมณี² สำเนาวิ เสาวกุล¹ และกฤติมา เสาวกุล¹

Talerngkiat Somnuek¹, Samnao Saowakoon¹ and Krittima Saowakoon¹

¹สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

²สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

¹Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Technology. Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Agricultural Industry. Surindra Rajabhat University

^{*}Corresponding author: um305@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ (น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกผสม และน้ำหมักมูลไก่แห้ง) ทดลองเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อผลิตไรแดงในถังพลาสติกความจุ 250 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน เก็บผลผลิตไรแดงด้วยสวิงผ้าโอลอนแก้ว ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของคลอเรลลาในบ่อเพาะด้วยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยความหนาแน่นของคลอเรลลาเฉลี่ย $138.77 \pm 11.82 \times 10^6$ และ $101.94 \pm 4.87 \times 10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ มีปริมาณมากกว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกผสมและน้ำหมักมูลไก่แห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลผลิตไรแดงของน้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกผสมมีค่าเฉลี่ย 0.62 ± 0.12 , 0.68 ± 0.14 และ 0.61 ± 0.06 กรัม/ลิตร สูงกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ปริมาณผลผลิตรวมพบว่าผลผลิตไรแดงจากน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีค่า 170.66 ± 13.54 กรัม สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดัชนีคุณภาพน้ำ พบปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ น้ำ และค่า pH ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรทในกลุ่มใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีค่าสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น การเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยการใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกผสม มีผลผลิตมากกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง สามารถลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้

คำค้น : ไรแดง คลอเรลลา การบำบัดด้วยชีววิธี น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Abstract

The aim of this research was to increase *Moina* (*Moina macrocopa*) and *Chorella* sp. production with four different waste water sources and three replicates (Department of Fisheries formula, hybrid frog wastewater, hybrid catfish wastewater, and dried chicken manure wastewater). *Chorella* sp. were fed in 250 L-plastic container for 7 days and the yield were collected by using Olon cloth sieve. The results revealed that the average number of *Chorella* sp. fed by frog wastewater and control group were comparable at $138.77 \pm 11.82 \times 10^6$ and $101.94 \pm 4.87 \times 10^6$ cells.ml⁻¹, respectively, higher than those of hybrid catfish and dried chicken manure wastewater ($p < 0.05$). *Moina macrocopa* yield fed with control waste, hybrid frog wastewater, hybrid giant catfish wastewater were 0.62 ± 0.12 , 0.68 ± 0.14 and 0.61 ± 0.06 gL⁻¹, which were significantly different from the group fed with dried chicken manure ($p < 0.05$). The total yield of *Moina macrocopa* obtained from frog wastewater were significantly different (170.66 ± 13.54 g) from other groups ($p < 0.05$). For water quality parameter, there were not significantly different found in DO, temperature and pH value ($p > 0.05$) with the exception of ammonia, nitrite and nitrate obtained from frog wastewater which showed significantly higher than other treatments ($p < 0.05$). Therefore, *Chorella* sp. and yield of *Moina macrocopa* feeding with frog wastewater and giant catfish wastewater were more pronounced than dried chicken manure wastewater which could decrease nitrogen from water before release to environmental reservoir.

Keywords : *Moina macrocopa*, *Chlorella*, Bioremediation, Aquaculture Wastewater

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมุ่งหมายผลผลิตและผลตอบแทนที่ดีเป็นหลัก จากกิจกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดของเสียจากการขับถ่าย ปริมาณอาหารที่เหลือ โดยอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในน้ำ อีกทั้งการถ่ายน้ำออกจากระบบการเลี้ยงสู่ภายนอกที่ไม่ได้รับการบำบัด จะหลงเหลือปริมาณสารอินทรีย์จำพวกสารประกอบไนโตรเจน โดยพบว่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ (ช่วงระหว่าง 11-36 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณสารอินทรีย์มากหรือน้อย ขึ้นกับกิจกรรมและรูปแบบรวมทั้งชนิดสัตว์น้ำที่เลี้ยง อัตราการปล่อยสัตว์น้ำ รูปแบบการให้อาหาร อัตราการให้อาหาร และการแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ ระหว่างสัตว์น้ำกับน้ำภายในบ่อ ปริมาณสารอินทรีย์จำพวกธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Arenprung, 2004) หากสามารถนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อเพิ่มเป็นน้ำหนัปลาในบ่อได้ (Hargreaves, 1998) ช่วยลดปัญหาพิษของไนโตรเจนต่อสัตว์น้ำ (Bergot, 2001) โดยการบำบัดน้ำมีหลายวิธี อาทิ การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต การใช้โอโซน ระบบกรองชีวภาพ เป็นต้น การบำบัดน้ำสารประกอบไนโตรเจนต้องพิจารณาถึง ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าอัลคาไลน์ตี ค่าอุณหภูมิของน้ำ (Yanong, 2015) การใช้แพลงค์ตอนบำบัดเป็นชีววิธีร่วมกับแบคทีเรียชนิดไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ช่วยลดสารประกอบแอมโมเนียให้เปลี่ยนสภาพเป็นไนโตรที่สูในเตรท (Qian *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามการบำบัดทางธรรมชาติต้องอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะรูปแบบการบำบัดสารประกอบ

ไนโตรเจนด้วยแพลงค์ตอนพืชซึ่งสามารถใช้สารอินทรีย์ในน้ำได้โดยตรงจากการดูดซึมผ่านเซลล์ (Li *et al.*, 2014) ได้ผลผลิตสำคัญต่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะคลอเรลลาซึ่งเป็นแพลงค์ตอนพืชอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียว เป็นอาหารที่เหมาะสมของไรแดงมากที่สุด เหมาะสมต่ออนุบาลสัตว์น้ำจัดวัยอ่อนให้เจริญเติบโตได้ดี โดยปริมาณคลอเรลลาจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไป ทำให้การเลี้ยงไรแดงไม่ต่อเนื่องอันเป็นสาเหตุให้ผลผลิตลดลง (Chanwong, 2002)

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดง โดยการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี โดยการเปรียบเทียบปริมาณคลอเรลลาและผลผลิตไรแดงจากการใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกลูกผสม น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง และน้ำหมักมูลไก่แห้ง เป็นแนวทางรักษาสภาพแวดล้อมโดยใช้การบำบัดทางชีวภาพ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำแนวทางนี้ไปใช้เพื่อการผลิตสัตว์น้ำจัดเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

เพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย ชุดที่ได้รับน้ำปุ๋ยเพื่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง

ชุดการทดลองที่ 2 น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสม

ชุดการทดลองที่ 3 น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุกลูกผสม

ชุดการทดลองที่ 4 น้ำหมักมูลไก่แห้ง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำแต่ละชุดทดลอง

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง (หมักทิ้งไว้ 3 วัน) ชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ใช้น้ำทิ้งจากการเปลี่ยนน้ำการเลี้ยงสัตว์น้ำคือ กบลูกผสม และ ปลาอุกลูกผสม โดยมีอัตราปล่อยสัตว์น้ำ 150 และ 70 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ โดยปรับสภาพสัตว์ทดลองเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (Nakphet, 2015) โดยให้อาหารชนิดเม็ดเล็กลอยน้ำในอัตรา 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จำนวน 2 มื้อ คือ เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน ชุดการทดลองที่ 4 ใช้น้ำปุ๋ยจากการหมักมูลไก่แห้งอัตรา 10 กรัม/ลิตร (หมักทิ้งไว้ 3 วัน) กรองน้ำทุกชุดทดลองด้วยถุงกรองก่อนเติมลงถังพลาสติกปริมาตร 250 ลิตร

ขั้นตอนที่ 2 การทำน้ำเขียว (คลอเรลลา)

เติมหัวเชื้อคลอเรลลา(ความหนาแน่นเซลล์ 1×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร) (Arenprung, 2004) อัตราส่วน 10 ลิตร/ลูกบาศก์เมตร โดยวัดความหนาแน่นแพลงค์ตอนก่อนและหลังการทดลองวันที่ 3, 5 และ 7

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อทดลอง

โดยเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรที่ ไนเตรท ด้วยวิธี Colorimetric method (APHA, 1998). ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ด้วย DO meter ของ YSI model 55B คุณหมุมิของน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter ของ WTW pH 320

ขั้นตอนที่ 4 การเพาะเลี้ยงไรแดง

นำพ่อแม่พันธุ์ไรแดงใส่ในถังพลาสติกแต่ละชุดการทดลองตามขั้นตอนที่ 3 ในอัตราน้ำหนัก 30 กรัม/ลูกบาศก์เมตร (Tewaratmaneekul *et al.*, 2006.) เก็บผลผลิตไรแดงในวันที่ 3, 5 และ 7 ด้วยสวิงผ้าโอล่อนแก้ว นำไรแดงที่ได้มาชั่งน้ำด้วยผ้าแห้งสะอาดให้มากที่สุด และบันทึกน้ำหนัก

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลผลิตไรแดง ปริมาณคลอเรลลา และคุณภาพน้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

ปริมาณคลอเรลลาจากแหล่งที่มาของสารประกอบไนโตรเจน

ปริมาณแพลงค์ตอนเริ่มต้น (start) ในการทดลองทุกชุดการทดลองมีปริมาณ 1×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ซึ่งสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนในน้ำเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลอง ทำให้ปริมาณคลอเรลลาจากการเพาะเลี้ยง ในวันที่ 5 และ 7 ของแต่ละช่วงการทดลองในชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกผสม มีปริมาณคลอเรลลาเฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง กลุ่มใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลา ดูกผสมและกลุ่มใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาผลผลิตคลอเรลลาเฉลี่ยตลอดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมงสามารถเพิ่มคลอเรลลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาดูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง มีปริมาณคลอเรลลาแตกต่างกัน ดัง Table 1

Table 1 The comparison results about density of total *Chlorella* sp. in tanks with different nitrogen sources over 7 days (mean \pm SD)

Treatment	Density of total <i>Chlorella</i> sp. (10^6 cell.ml ⁻¹)				
	start Day 0	Day 3	Day 5	Day 7	average
Dep.Fisheries	1 \pm 0.23 ^a	12.08 \pm 0.99 ^b	158.28 \pm 7.61 ^b	236.41 \pm 7.63 ^b	101.94 \pm 4.87 ^a
Frog culture	1 \pm 0.21 ^a	4.90 \pm 1.37 ^c	242.23 \pm 26.40 ^a	274.94 \pm 2.97 ^a	138.77 \pm 11.82 ^a
Catfish culture	1 \pm 0.09 ^a	26.33 \pm 0.89 ^a	117.40 \pm 10.58 ^c	9.53 \pm 0.05 ^c	38.57 \pm 2.32 ^b
Chicken manure	1 \pm 0.22 ^a	4.94 \pm 0.52 ^c	25.49 \pm 1.65 ^d	7.34 \pm 0.49 ^c	9.69 \pm 1.04 ^c

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

ปริมาณผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ย ในชุดการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ยมากกว่า ชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลา ลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำจากปุ๋ยมูลไก่แห้ง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณผลผลิตไรแดงเฉลี่ยของชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง และชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลา ลูกผสมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดัง Table 2

Table 2 The wet weight of *Moina* from aquaculture wastewater for 1 week

Treatment	wet weight of yield (mean \pm SD)	
	g/L	Total yield (g/250L ⁻¹)
Dep.Fisheries	0.62 \pm 0.12 ^a	145.04 \pm 10.54 ^a
Frog culture	0.68 \pm 0.14 ^a	170.66 \pm 13.54 ^a
Catfish culture	0.61 \pm 0.06 ^a	152.35 \pm 36.44 ^a
Chicken manure	0.31 \pm 0.12 ^b	77.07 \pm 21.06 ^b

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$)

คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลอง

ก่อนการทดลองสุ่มตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตรแต่ละซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำ ค่าคุณภาพน้ำของชุดการทดลองที่ใช้น้ำจากการเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ กบลูกผสมและปลา ลูกผสมมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและไนเตรทสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ และ ความเป็นกรดเป็นด่าง pH ในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) หลังการทดลองในวันที่ 7 ค่าคุณภาพน้ำหลังการบำบัดทางชีวภาพจากการเพาะเลี้ยงไรแดงมีแนวโน้มที่ดีขึ้นและมีความแตกต่างกันในของค่าแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท โดยเฉพาะกลุ่มน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมลูกผสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียลดลงแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ($p < 0.05$) ดัง

Table 3

วิจารณ์ผล

1. ปริมาณคลอโรลลาและผลผลิตไรแดง พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมมีปริมาณปริมาณคลอโรลลา และผลผลิตไรแดง เฉลี่ยมากกว่าชุดการทดลองใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง ชุดการทดลองใช้น้ำทิ้งการเลี้ยงปลา ลูกผสมและชุดการทดลองใช้น้ำหมักมูลไก่แห้ง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในน้ำทิ้งการเลี้ยงกบลูกผสมมีความเข้มข้นมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทำให้ไรแดงใช้อุณหภูมิขนาดเล็กในมวลน้ำเป็นอาหารในการเจริญเติบโตได้ เนื่องจากไรแดงสามารถกินอาหารด้วยการกรอง (filter feeder) ในการทดลองนี้ปริมาณคลอโรลลาซึ่งสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนเพื่อเพิ่มจำนวนและเป็นอาหารแก่ไรแดงได้ โดยนำสารอินทรีย์จากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ รวมทั้งสารอินทรีย์จากการใช้ทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและ

น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาถูกกลุ่ผสม เพิ่มจำนวนเซลล์ได้ค่าเฉลี่ย 138.77×10^6 , 38.57×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณคลอโรลลาขึ้นกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดย Tangam *et al.* (2005) ได้ทดลองเพิ่มผลผลิตไรแดงจากคลอโรลลาที่ระดับความหนาแน่นต่างกันโดยศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงไรแดงซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5- 8.5 ซึ่งทำการทดลองที่สภาพน้ำแตกต่างกันในตู้กระจกความจุ 45 ลิตร และความกระด้างที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไรแดงในบ่อซีเมนต์ที่มีน้ำ 300 ลิตร มีค่าระหว่าง 110-180 มก./ลิตร ปริมาณไนโตรเจน 12.5 มก./ลิตร และปริมาณฟอสฟอรัส 2.5 มก./ลิตร ตามลำดับ เมื่อทดลองเลี้ยงไรแดงในน้ำที่มีปริมาณความหนาแน่นของคลอโรลลาแตกต่างกัน พบว่าความหนาแน่นคลอโรลลา 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้ผลผลิตมากกว่า ความหนาแน่นของคลอโรลลาที่ความหนาแน่น 1×10^5 , 2.5×10^5 และ 5×10^5 เซลล์/ มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ และ pH ในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าแอมโมเนีย ค่าไนโตรเจน และค่าไนเตรทในกลุ่มใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลากลุ่ผสมมีค่าสูงกว่าค่าคุณภาพน้ำจากกลุ่อื่น ซึ่ง Travieso *et al.*, (1996) นำสาหร่ายสีเขียวชนิด *Chlorella vulgaris* และสาหร่ายสีเขียวชนิด *Scenedesmus quadricauda* ตรึงกับสารประกอบ Na-alginate บำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดยบำบัดแอมโมเนียได้สูงสุด 81.7 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟต 71.9 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การบำบัดน้ำเสียปศุสัตว์ด้วยแพลงค์ตอนชนิด *Chlorella* sp. และชนิด *Polyurethane* sp. จะสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ 66.9 เปอร์เซ็นต์ และฟอสเฟต 64.1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อปริมาณไรแดงหากมีอัตราส่วนปริมาณสาหร่ายคลอโรลลา มาก Kongcerm (2003) กล่าวว่า ปริมาณแสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช หากความเข้มแสงมากเกินไปอาจเกิดการยับยั้งการสังเคราะห์แสง อัตราการเจริญจำเพาะสูงขึ้นเมื่อความเข้มแสงที่ใช้เลี้ยงสูงขึ้น

การพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องพิจารณาผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย น้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่มาจากกาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสู่สิ่งแวดล้อมโดยจะประกอบด้วยสารอาหาร สารอินทรีย์ อาทิ แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และตะกอนรวมทั้งสารอินทรีย์ ในกระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสารประกอบจำพวกไนโตรเจนประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยประกอบไปด้วยแอมโมเนียทั้งสองรูปแบบคือ ionized แอมโมเนีย (NH_4^+) และ unionized แอมโมเนีย (NH_3) (Hargreaves, 1998) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ค่าความเค็มของน้ำ (Stumm and Morgan, 1995) ค่าแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนรูปด้วยการออกซิไดซ์ของออกซิเจนโดยแบคทีเรียได้สารประกอบไนโตรเจนและไนเตรทตามลำดับ แต่ต้องอยู่ในสภาวะที่มีอากาศ ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นแก๊สคีนได้ด้วยการบวนการดีไนตริฟิเคชันสภาพไม่มีออกซิเจน (Rassamee *et al.*, 2011) ซึ่งค่ามาตรฐานในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องมีค่าแอมโมเนีย (NH_3) ไม่เกินกว่า 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นพิษจะส่งผลต่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดไม่เท่ากันขึ้นกับสายพันธุ์ ขนาด และการสัมผัสในระบบการเลี้ยง (Nerori *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2006) การใช้ระบบการหมุนเวียนน้ำเป็นการบำบัดน้ำก่อนปล่อยน้ำออกนอกระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลต่อสิ่งแวดล้อม (Qian *et al.*, 2014) ระบบหมุนเวียนน้ำนอกจากใช้แพลงค์ตอนพืชในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อเพิ่มอัตราการรอดตาย อัตราเจริญเติบโตรวมทั้งการจัดการของเสียออกจากน้ำได้ (Martins *et al.*, 2010; Lam *et al.*, 2014) นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงคุณภาพ

น้ำด้วยระบบกรองชีวภาพ การกำจัดคราบโปรตีน การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต การใช้โอโซน ซึ่งกระบวนการแต่ละขั้นตอนมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แผงค้ตอนในการบำบัดแต่อย่างไรก็ดีการเติมอากาศให้แก่ระบบยังจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น

3. การเลี้ยงกบลูกผสมและปลาตุ๊กผสม เมื่อพิจารณาค่าดัชนีคุณภาพน้ำ พบปริมาณสารอินทรีย์ระดับสูง การเพิ่มปริมาณคลอเรลลาโดยอาศัยน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำในการเพาะไรแดง เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาของเสียจากการทำประมงและใช้ประโยชน์จากแผงค้ตอนพีชบำบัดน้ำเสียได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามปริมาณความหนาแน่นของสัตว์น้ำที่เลี้ยงยังคงต้องศึกษาวิจัยอัตราปล่อยที่เหมาะสมต่อไป

Table 3 The comparison results of water quality removal of *chlorella* sp. in different aquaculture wastewater (mean±SD)

Treatment/ Water quality	Begin (day 0)						Final (day 7)					
	DO	pH	TEMP	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	DO	pH	TEMP	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
Dep. Fisheries	6.50±0.11 ^a	7.52±0.32 ^a	29.39±0.52 ^a	0.039±0.02 ^b	0.022±0.002 ^b	0.001±0.0004 ^b	6.21±0.10 ^a	6.49±0.01 ^a	29.06±0.63 ^a	0.032±0.02 ^c	0.003±0.002 ^b	0.001±0.0001 ^b
Frog culture	6.67±0.12 ^a	7.34±0.24 ^a	29.58±0.42 ^a	3.705±0.10 ^a	0.032±0.003 ^a	0.354±0.012 ^a	6.18±0.14 ^a	5.50±0.02 ^b	29.19±0.52 ^a	1.072±0.03 ^a	0.013±0.002 ^a	0.002±0.0001 ^a
Catfish culture	6.12±0.10 ^a	7.51±0.20 ^a	29.96±0.50 ^a	0.550±0.03 ^b	0.015±0.003 ^b	0.006±0.020 ^b	6.30±0.02 ^a	5.54±0.01 ^b	29.18±0.43 ^a	0.240±0.01 ^b	0.006±0.003 ^b	0.001±0.0002 ^b
Chicken manure	6.62±0.11 ^a	7.15±0.43 ^a	29.83±0.50 ^a	0.033±0.01 ^b	0.011±0.001 ^b	0.002±0.0001 ^b	6.22±0.11 ^a	5.40±0.03 ^b	29.23±0.73 ^a	0.012±0.02 ^c	0.003±0.001 ^b	0.001±0.0001 ^b

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05)

สรุปผล

การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้การบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งการเลี้ยงกบลูกผสม น้ำทิ้งการเลี้ยงปลาตุ๊กตาผสม และน้ำหมักมูลไก่แห้ง ทุกกลุ่มการทดลองสามารถใช้คลอเรลลาและไรแดงปรับปรุงค่าคุณภาพน้ำอีกทั้งลดสารประกอบไนโตรเจน (>90 เปอร์เซ็นต์) ในระยะเวลา 7 วัน โดยในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมสามารถเพิ่มปริมาณคลอเรลลาได้มากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำจะเห็นได้ว่าเป็นน้ำที่สามารถใช้คลอเรลลาบำบัดสารประกอบไนโตรเจนหลังการเพิ่มปริมาณคลอเรลลา ซึ่งการบำบัดดังกล่าวทำให้ค่าไนโตรเจนรูปต่าง ๆ ลดลงได้อย่างมาก อีกทั้งส่งผลต่อค่าคุณภาพน้ำหลังการใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลผลิตไรแดงเฉลี่ยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่า โดยการใช้น้ำปุ๋ยสูตรกรมประมง น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมและน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาตุ๊กตาผสม ให้ผลผลิตไรแดงมากกว่าน้ำหมักมูลไก่แห้ง โดยคลอเรลลาสามารถลดปริมาณแอมโมเนียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปไนไตรท์และไนเตรทในน้ำ โดยการเลี้ยงไรแดงเป็นอีกเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ยังคงต้องศึกษาอัตราปล่อยสัตว์น้ำที่เหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา(สกอ.) ที่กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- APHA (American Public Health Association). 1998. In: Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD (eds) Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edn. United Book Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Arenprung, P. 2004. The optimum ratio of mineral fertilizers-organic sludge from pig farms in cultured algae *Chlorella* and red mites. Thesis of major Environment, Faculty Environmental technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. [in Thai]
- Bergot, T.G. 2001. Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Springer-Praxis Series in Food Science.
- Chanwong, A. 2002. Culture of water flea using fermented bran reduced ratio of dietary MSG. Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat Institute, Phetchaburi. [in Thai]

- Chen, S., Ling, J., and Blancheton, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* 34: 179–197.
- Hargreaves, J. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166: 181–212.
- Kongcerm, K. 2003. The treatment of Ammonia in wastewater in shrimp ponds using single-cell algae. Master of Chemical Engineering, Faculty Engineering, King Mongkut 's University of Technology Thonburi, Bangkok. [in Thai]
- Lam, S.S., Ma, N.L., Jusoh, A., and Ambak, M.A. 2014. A study on the optimal tank design and feed type to the growth of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker) and reduction of waste in a recirculating aquaponic system. *Desalin Water Treat* 52: 1044–1053.
- Li, L., Mei, X.Q., Tam, N.F., Wang, Y.W., and Yang, Y. 2014. Roles of root porosity, radial oxygen loss, Fe plaque formation on nutrient removal and tolerance of wetland plants to domestic wastewater. *Water Research* 50: 147–159.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., D'Orbcastel, E.R., and Verreth, J.A.J. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering* 43: 83–93.
- Nakphet, S. 2015. Aquatic plant species and optimal conditions for nitrogenous waste removal in Red Catfish recirculating aquaculture system. Master of Science Thesis in Biotechnology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Province, Thailand. [in Thai]
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shpigel, M., and Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231(1–4): 361–391.
- Qian, J., Wang, C., Wang, P., and Zheng, S. 2014. Effects of vegetation on the removal of contaminants in aquatic environments: a review. *Journal of Hydrodynamics* 26: 497–511.
- Rassamee, V., Sattayatewa, C., Pagilla, K., and Chandran, K. 2011. Effect of oxic and anoxic conditions on nitrous oxide emissions from nitrification and denitrification processes. *Biotechnology and Bioengineering* 108(9): 2036–2045.
- Stumm, W., and Morgan, J.J. 1995. *Aquatic chemistry, chemical equilibria and rates in natural waters*, 3rd edn. Wiley, New York. 1040 p.

- Tangam, W. Ritluk, A. and Chaiyawong, B. 2005. Using Chlorella concentrations increase productivity *Moina macrocopa*. Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi. [in Thai]
- Tewaratmaneekul, P., Setkit, S., Watcharakornyothin, T. 2006. Moina Culture., Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. [in Thai]
- Travieso, L., Benitez, F., Weiland, P., Sanchez, E., Dupeyron, R. and Dominguez, A.R. 1996. Experience on Immobilization of Microalgae for Nutrient in Wastewater Treatments. *Bioresource Technology* 55: 181-186.
- Yanong, R.P. 2015. Fish health management considerations in recirculating aquaculture systems- part 3: general recommendations and problem-solving approaches 1. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville. USA. 122 p.