การผลิต และเก็บรักษาไรแดง (*MOINA* SP.) ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

PRODUCTION AND PRESERVATION OF WATER FLEA (*MOINA* SP.) CULTURE WITH NILE TILAPIA MANURE

นุชนารถ จงเจริญรุ่งเรือง

NUCHANARD CHONGCHAROENRUNGRUANG

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL- 2023-AG-M-081-390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCTION AND PRESERVATION OF WATER FLEA (*MOINA* SP.) CULTURE WITH NILE TILAPIA MANURE

NUCHANARD CHONGCHAROENRUNGRUANG

A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FISHERIES SCIENCE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2022

KMITL- 2023-AG-M-081-390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิต และเก็บรักษาไรแดง (*Moina* sp.) ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล
ชื่อนักศึกษา	นุชนารถ จงเจริญรุ่งเรือง
รหัสประจำตัว	61604059
ปริญญา	วิทยาศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลผลิต คุณค่าทางโภชนาการ และการเก็บรักษาไรแดง (*Moina macrocopa*) โดยใช้ประโยชน์จากมูลปลานิลแทนการใช้คลอเรลล่าเป็นอาหารเลี้ยงไรแดง ผลการทดลองพบว่าผลผลิตของไรแดงโดยทำการทดลองใช้มูลปลานิล 4 ระดับความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร สามารถผลิตจำนวนรุ่นไรแดงที่สามารถนำไปผลิตไรแดงในรุ่นต่อไปได้จำนวน 13.0±1.7, 13.0±1.6 และ 13.0±1.5 รุ่น ตามลำดับ แตกต่างมากกว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร และคลอเรลล่า ($P<0.05$) ที่ผลิตจำนวนรุ่นไรแดง 12.0±1.8 และ 9.0±0.6 รุ่น ตามลำดับ ส่วนผลผลิตจำนวนตัวของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร มีจำนวน 91.0±29.3, 81.0±33.9 และ 113.0±24.9 ตัว ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงด้วยคลอเรลล่า ($P >0.05$) ที่ให้ผลผลิตไรแดง 91.6±29.5 ตัว

คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร และคลอเรลล่า พบว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร มีปริมาณโปรตีน 77.8±1.4 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 11.8±0.5 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 2.1±0.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) กับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า ส่วนปริมาณไขมันของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีปริมาณ 13.0±1.2 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างมากกว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า ($P<0.05$)

การเก็บรักษาผลผลิตไรแดงที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นช่องแช่แข็งอุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส และช่องแช่ธรรมดาอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความสมบูรณ์ของลักษณะทางกายภาพของไรแดง โดยการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็นช่องแช่แข็งอุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ จะทำให้ลักษณะทางกายภาพชองไรแดงมีความสมบูรณ์มากที่สุด 96.7±5.8 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสามารถนำมูลปลานิลมาใช้เป็นอาหารแทนคลอเรลล่าในการผลิตไรแดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Production and preservation of water flea (*Moina* sp.) culture with Nile tilapia manure
Student Name	nuchanard chongcharoenrungruang
Student	61604059
Degree	Master of Science
Department	Fisheries Science
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Somchai Wangwibulkit

Abstract

Studies on productivity nutrition and preservation of water flea by using utilization of tilapia manure instead of using chlorella as a feed for water flea (*Moina macrocopa*) were showed that the yield of water flea by fed with tilapia manure at 4 concentrations 3, 6, 9 and 12 g dry weight per liter, it was found that water flea fed with tilapia manure at concentrations of 6, 9 and 12 g dry weight per liter. It was able to breed 13.0±1.7, 13.0±1.6 and 13.0±1.5 generation of water flea in the next generation, respectively, which was different from the culture of water flea with tilapia manure at a concentration of 3 g dry weight per liter and chlorella ($P<0.05$) which able to breed 12.0±1.8 and 9.0+0.6 generation, respectively. The number of water flea fed tilapia manure fed at concentrations of 6, 9 and 12 g dry weight per liter were 91.0±29.3, 81.0±33.9 and 113.0±24.9 water flea, respectively. They were not different from the culture of water flea with chlorella ($P>0.05$) as 91.6+29.5 water flea.

The nutrition of water flea fed with tilapia manure at a concentration of 12 g dry weight per liter and chlorella found that water flea fed with tilapia manure at a concentration of 12 g dry weight per liter, the nutritious contents of water flea were protein 77.8±1.4%, carbohydrates 11.8±0.5% and ash 2.1+0.1%. They were not different from water flea fed chlorella ($P>0.05$). The lipid content of water flea fed with tilapia manure was 13.0±1.2 percent, different from water flea fed with chlorella ($P<0.05$).

The preservation of water flea produce by keeping it in the refrigerator, freezer temperature -12 °C and normal compartment refrigerator, temperature 6 °C for 1, 2, 3 and 4 weeks. The results indicated that the physical characteristics of water flea was

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

influenced by temperature and duration of water flea storage. The preservation of water flea in the refrigerator, freezer at -12 °C for a period of not more than 1 week, will preserve water flea the most complete 96.7±5.8 %.

Based on the results, they were concluded that tilapia manure can be used as a food instead of chlorella in the production of water flea.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย หวังวิบูลย์กิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ มอบโอกาส ความช่วยเหลือ และคำสั่งสอนให้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรี เรืองเดช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนัญญา เจริญพรนิพัทธ และ ดร.มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ ที่ให้คำแนะนำ ตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีเนื้อหาที่ครบถ้วนและสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และคำแนะนำในการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องและราบรื่น

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

นางสาวนุชนารถ จงเจริญรุ่งเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ง

สารบัญ..... จ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 2

1.5 ขอบเขตการวิจัย..... 3

1.6 ขั้นตอนการศึกษา..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)..... 4

2.2 สิ่งขับถ่ายจากปลานิล..... 5

2.3 ไรแดง (*Moina macrocopa*)..... 7

สายพันธุ์ของไรแดง..... 8

2.4 ประโยชน์ของการใช้ไรแดงเป็นอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลา..... 12

2.5 การเก็บรักษาไรแดง..... 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 14

3.1 สัตว์ทดลอง..... 14

3.2 อุปกรณ์..... 14

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง..... 15

ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่นต่างกัน (ชุดควบคุม)..... 16

ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลปริมาณต่างกัน..... 17

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล..... 19

ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไรแดง..... 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่การทำงานวิจัย..... 20
3.5 ระยะเวลาในการทดลอง..... 20
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล..... 21
4.1 ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลปริมาณต่างกัน..... 22
ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าระดับความหนาแน่นต่างกัน..... 22
ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล..... 25
4.2 ศึกษาคุณค่าอาหารของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล..... 39
4.3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็น..... 39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 44
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 44
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 44
เอกสารอ้างอิง..... 45
ภาคผนวก ก..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารอาหารจากการหมักมูลปลานิลระยะเวลา 24 วัน.....	7
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของไรแดง ไรแดงสยาม ไรแดงเล็ก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง).	10
2.3	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในอัตราส่วน 1 ลิตร.....	11
2.4	ปริมาณผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.....	11
4.1	จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5±1.3x10^5$, $2.7x10^5±2.2x10^5$, $3.5x10^5±1.7x10^5$,$4.4x10^5±0.9x10^5$ และ $5.3x10^5±1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร.....	23
4.2	ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5±1.25\ x10^5$, $2.7x10^5±2.2x10^5$, $3.5x10^5±1.7x10^5$, $4.4±10^5±0.9x10^5$, $5.3x10^5±1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร.....	24
4.3	จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	26
4.4	จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	27
4.5	จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	28
4.6	จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	30
4.7	จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	31
4.8	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	32
4.9	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	34
4.10	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	35
4.11	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร..... 38
4.13 คุณค่าทางโภชนาการในไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร กับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าระดับความหนาแน่น $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร..... 39
4.14 จำนวนไรแดงที่มีลักษณะความสมบูรณ์ของไรแดง (เปอร์เซ็นต์) ที่แช่ตู้เย็นในช่องแช่แข็งและช่องธรรมดา เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในประเทศไทย พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ.2568	5
2.2	ขบวนการขับถ่ายของเสียจากสัตว์น้ำ	6
2.3	เปรียบเทียบขนาดลำตัวไรแดงเฉลี่ย (ไมโครเมตร) ของไรแดง ไรแดงเล็ก และไรแดงสยาม	8
2.4	วงจรชีวิตของไรแดง	9
2.5	น้ำหนักของปลาทรายแดงวัยอ่อนที่ให้อาหารแตกต่างกัน 3 ชนิด อาร์ทีเมีย ไรแดง และอาหารสำเร็จรูป	12
2.6	อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์) ของปลาทรายแดงวัยอ่อนที่ให้อาหารแตกต่างกัน 3 ชนิด อาร์ทีเมีย ไรแดง และอาหารสำเร็จรูป	13
3.1	แผนผังการศึกษาการใช้มูลปลานิลเป็นอาหารของไรแดง	14
4.1	ไรแดงสายพันธุ์ *Moina macrocopa*	21
4.2	ลักษณะสายพันธุ์ *Moina macrocopa* 1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth	21
4.3	ลักษณะไรแดงสายพันธุ์ *Moina macrocopa* ภายใต้กล้องอิเล็กทรอน 1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth	22
4.4	ลักษณะไรแดงสายพันธุ์ *Moina siamensis* ภายใต้กล้องอิเล็กทรอน 1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth	22
4.5	จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3 x10^5$ $2.7x10^5 \pm 2.2x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4 \pm 10^5 \pm 0.9x10^5$และ$5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร	23
4.6	ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3 x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4 \pm 10^5 \pm 0.9x10^5$และ$5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร	24
4.7	จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร	25
4.8	จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร..... 28
4.10 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร..... 29
4.11 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร..... 31
4.12 ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนัก แห้งต่อลิตร..... 32
4.13 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนัก แห้งต่อลิตร..... 33
4.14 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนัก แห้งต่อลิตร..... 34
4.15 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนัก แห้งต่อลิตร..... 36
4.16 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัม น้ำหนักแห้งต่อลิตร..... 37
4.17 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 สัปดาห์..... 41
4.18 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 2 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 2 สัปดาห์..... 41
4.19 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 3 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 3 สัปดาห์..... 42
4.20 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 4 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 4 สัปดาห์..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงกันมากในประเทศไทยเนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว เป็นแหล่งโปรตีนสำคัญที่นิยมบริโภค การเลี้ยงปลานิลเกษตรกรจะปล่อยปลานิลแบบหนาแน่นเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณสูงเป็นผลทำให้เกิดของเสียจากการขับถ่ายระหว่างการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น แต่ระบบการเพาะเลี้ยงปลานิลยังคงมองข้ามปัญหาด้านการปล่อยของเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ แอมโมเนีย และเชื้อแบคทีเรียที่เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคต่อสัตว์น้ำมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยและมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยตรง

การนำมูลปลานิลกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์จะช่วยลดการปล่อยปริมาณของเสียลงสู่แหล่งน้ำ โดยการรวบรวมมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงมาใช้เลี้ยงไรแดงซึ่งเป็นอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนที่มีความสำคัญ เนื่องจากไรแดงมีคุณค่าอาหารที่เหมาะสม การเพาะเลี้ยงไรแดงเกษตรกรนิยมใช้คลอเรลล่าเป็นอาหาร เนื่องจากมีโปรตีนและไขมันที่สูง ถึงแม้ว่าคลอเรลล่าจะเป็นที่นิยมแต่ก็ยังพบปัญหาระหว่างการเลี้ยงในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณคลอเรลล่าลดลงและควบคุมปริมาณผลผลิตได้ยาก เนื่องจากปริมาณแสงไม่เพียงพอต่อการขยายพันธุ์และการเจริญเติบโต มีผลต่อภาวะไรแดงขาดอาหารไม่สามารถเลี้ยงได้อย่างต่อเนื่อง

ปัจจุบันการเก็บรักษาไรแดงมีความจำเป็นซึ่งการแช่แข็งเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อให้มีปริมาณไรแดงไว้ใช้ในช่วงฤดูกาลที่ไรแดงขาดแคลน หรือสามารถเก็บรักษาไรแดงในช่วงที่มีปริมาณผลผลิตมากเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อการขาดแคลนอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนและปลาสวยงาม ดังนั้นการศึกษาการผลิตและเก็บรักษาไรแดงโดยการนำมูลปลานิลไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงไรแดงเพื่อเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนของการใช้ปุ๋ย นอกจากนี้การนำมูลปลากลับมาใช้ประโยชน์ยังเป็นการช่วยลดปริมาณของเสียที่ปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมและช่วยรักษาคุณภาพน้ำในธรรมชาติให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน และแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไรแดงในช่วงฤดูฝน สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตไรแดงได้อย่างต่อเนื่องและเพียงพอต่อการนำไปใช้ได้ตลอดปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1 เพื่อศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลปริมาณแตกต่างกัน

2 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

3 เพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็น

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1 สามารถนำมูลปลานิลมาใช้เลี้ยงไรแดงเพื่อเพิ่มผลผลิตแทนการใช้คลอเรลล่าในการเลี้ยงไรแดง

2 ไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่แตกต่างกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า

3 การเก็บรักษาไรแดงในช่องแช่แข็งทำให้ลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงช้ากว่าช่องธรรมดาในระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสม

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ปลานิลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่เลี้ยงจำนวนมากในประเทศไทย มีรูปแบบที่นิยมเลี้ยง 2 รูปแบบ คือ การเลี้ยงแบบกระชังและการเลี้ยงแบบบ่อดิน โดยการเลี้ยงปลานิลในลักษณะนี้ยังพบการปล่อยของเสียออกลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยไม่ผ่านการบำบัด ทำให้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำเพิ่มมากขึ้น คุณภาพน้ำที่ไม่ดี ทำให้ภาพรวมของสภาพแวดล้อมแย่ลง เพื่อลดการปล่อยของเสียจากการเลี้ยงปลานิลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยนำมาเป็นอาหารเลี้ยงไรแดงแทนการใช้คลอเรลล่าซึ่งเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาปริมาณผลผลิตคลอเรลล่าไม่เพียงพอในช่วงฤดูฝนที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่เพียงพอ และสามารถช่วยลดความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมได้ เนื่องจากมูลปลานิลมีโปรตีน 18-19 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.46 เปอร์เซ็นต์ EPA 0.13 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 0.20 เปอร์เซ็นต์ (Zuhro. 2020) ซึ่งไรแดงสามารถนำแหล่งสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้เกษตรกรมีปริมาณผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นและสามารถผลิตไรแดงได้ตลอดทั้งปี

การเลี้ยงไรแดงโดยใช้มูลปลานิลเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตจะช่วยลดต้นทุนการผลิตสำหรับฟาร์มอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และการเพาะไรแดงที่สามารถเพิ่มมากขึ้นทำให้การเก็บรักษาไรแดงมีความสำคัญเพื่อทำให้คุณค่าอาหารของไรแดงยังเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงนำมูลปลานิลมาใช้แทนคลอเรลล่าเพื่อเพิ่มผลผลิตไรแดง ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล และการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา และกลุ่มตัวอย่าง

ไรแดง เก็บรวบรวมจากแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณรังสิตคลอง 15 จังหวัดนครนายก

มูลปลานิล เก็บรวบรวมจากบ่อเลี้ยงปลานิล หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.5.2 ตัวแปรที่ใช้ได้แก่

1.5.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1. ปริมาณมูลปลานิลที่ใช้เป็นอาหารเลี้ยงไรแดง
2. ระยะเวลาในการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็น

1.5.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ผลผลิตและคุณค่าโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล
2. ลักษณะของไรแดงที่เก็บรักษาในตู้เย็นการเก็บรักษาไรแดง

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1 เตรียมอุปกรณ์ ระบบการเพาะเลี้ยงไรแดง และสถานที่

2 เตรียมตัวอย่างไรแดง เพิ่มปริมาณคลอเรลล่า และมูลปลาสำหรับใช้ในการทดลอง

3 กำจัดปรสิตภายนอกของไรแดงด้วยโพวิโดนไอโอดีน

4 ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

5 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยคลอเรลล่า

6 ศึกษาลักษณะภายนอกและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

7 วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

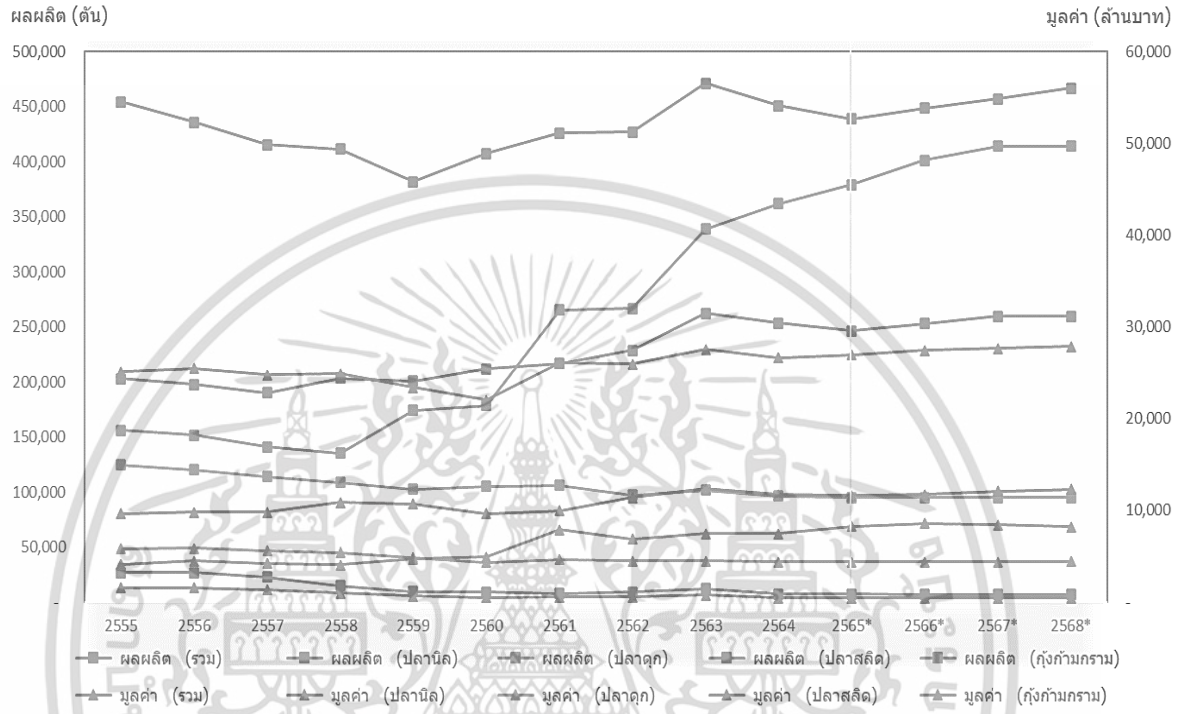
ตลอดระยะหลายปีที่ผ่านมา มีการจับสัตว์น้ำในปริมาณมากเกินไป (overfishing) จึงทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเพื่อชดเชยปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำที่ลดลง จากสถิติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของกรมประมง (กลุ่มสถิติการประมง. 2566) พบว่า ในช่วงระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564) มีจำนวนฟาร์มเลี้ยงเฉลี่ย 563,463 ฟาร์มต่อปี มีผลผลิตสัตว์น้ำเฉลี่ย 976,205 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 92,916 ล้านบาทต่อปี โดยผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด มีจำนวนฟาร์มเลี้ยงเฉลี่ย 522,855 ฟาร์มต่อปี (92.79 เปอร์เซ็นต์) มีผลผลิตเฉลี่ย 428,002 ตันต่อปี (43.85 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นมูลค่า 25,183 ล้านบาทต่อปี (27.10 เปอร์เซ็นต์) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีหลายรูปแบบ เช่น การเลี้ยงปลาชนิดเดียว (monoculture) การเลี้ยงหลายชนิดรวมกัน (polyculture) การเลี้ยงปลาน้ำจืดร่วมกับการทำการเกษตร (integreted) ส่งผลให้ปริมาณการผลิตสัตว์น้ำจืดมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณผลผลิตของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.88 เปอร์เซ็นต์ โดยสัตว์น้ำที่นิยมเพาะเลี้ยงและเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ประกอบด้วย ปลาดุก ปลาสลิด กุ้งก้ามกราม และปลานิลและพบว่า ในปี พ.ศ.2555 ถึง พ.ศ. 2568 มีแนวโน้มการเพาะเลี้ยงปลานิลเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.89 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

2.1 ปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

ปลานิลมีชื่อสามัญว่า Nile tilapia จัดเป็นปลาน้ำจืดวงศ์ Cichlidae สกุล Tilapia ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากทวีปแอฟริกามีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และสามารถกินอาหารได้หลากหลายจนเป็นสัตว์น้ำหลักที่ส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงและเพิ่มปริมาณผลผลิต เพื่อเพิ่มแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูกและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ปลานิลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากสามารถเลี้ยงได้ทุกสภาพแวดล้อม มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื้อปลามีรสชาติดี และมีผู้นิยมนำไปบริโภคกันอย่างกว้างขวาง จากกลุ่มสถิติการประมง (2566) รายงานว่า ในช่วง พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2564 มีจำนวนฟาร์มเลี้ยงเฉลี่ย 309,474 ฟาร์มต่อปี (59.19 เปอร์เซ็นต์) และมีผลผลิตเฉลี่ย 216,727 ตันต่อปี (50.63 เปอร์เซ็นต์) โดยผลผลิตปลานิลจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอัตราร้อยละ 0.61 ต่อปี ดังภาพที่ 2.1 การเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันนิยมเลี้ยงในบ่อดิน รูปแบบการเลี้ยงแบบนี้จะมีแหล่งน้ำอยู่ใกล้บ่อเลี้ยงเพื่อสะดวกต่อการสูบน้ำและถ่ายเทน้ำ ส่วนรูปแบบการเลี้ยงในกระชัง จะไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างเลี้ยง เกิดปัญหาจากสิ่งมีชีวิตก่อโรคที่มากับน้ำ รูปแบบการเลี้ยงทั้งสองวิธีนี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม หากไม่คำนึงถึงการปล่อยน้ำจากการเลี้ยงปลาลงสู่แหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดและการเลี้ยงปลาในแหล่งน้ำโดยตรงอาจส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงอย่างยั่งยืน



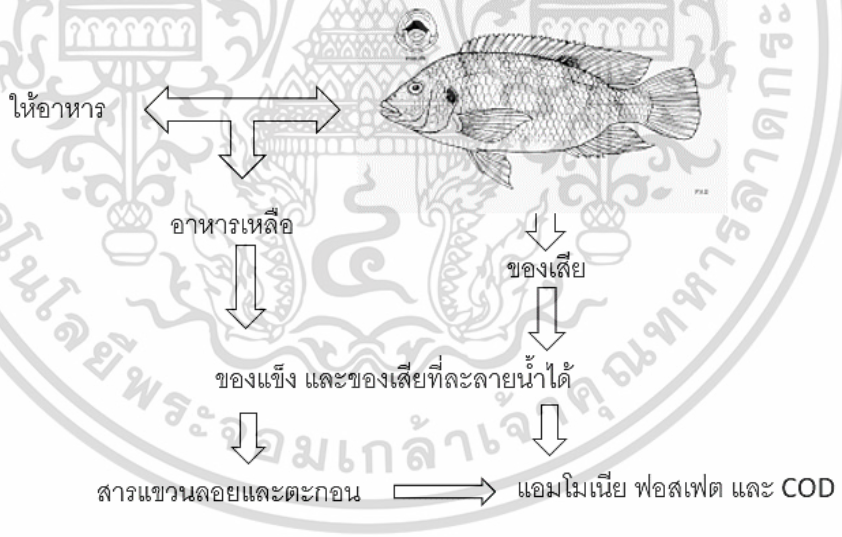
ภาพที่ 2.1 ผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในประเทศไทย พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ 2568
หมายเหตุ : *ค่าประมาณการ
ที่มา: กลุ่มสถิติการประมง (2566)

2.2 สิ่งขับถ่ายจากปลานิล

การเลี้ยงปลานิลนิยมเลี้ยงแบบพัฒนา (intensive farm) เป็นการเลี้ยงที่มีปริมาณความหนาแน่นของสัตว์น้ำสูง โดยให้อาหารสำเร็จรูปลอยน้ำเป็นหลักโดยมีคุณค่าทางโปรตีน 3-25 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ต่ำกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนอินทรีย์ 4.0-5.8 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าการเลี้ยงในรูปแบบนี้จะให้ปริมาณผลผลิตสูงมีผลทำให้มูลปลานิลเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการกินอาหารเปรียบเทียบเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลจะใช้ไนโตรเจนที่ได้จากอาหารเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ใช้สำหรับการเจริญเติบโต และอีก 75 เปอร์เซ็นต์จะถูกขับออกมาในรูปของมูล จากข้อมูลข้างต้นพบว่าถึงปลานิลสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารสำหรับการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียง 1 ใน 5 ส่วน เท่านั้น (Okomoda. 2011) หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลานิลกินอาหาร 1 กิโลกรัมจะมีมูลปลาประมาณ 0.2 ถึง 0.5 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อกิโลกรัมอาหารปลาที่กิน (Amirkolaie. 2005) เทียบเท่ากับปลานิลน้ำหนัก 100 - 500 กรัมจะมีปริมาณมูลปลานิล 0.5 ถึง 1.2 กรัมต่อวัน ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) 16.2 ถึง 18.2 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลา และมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม (total phosphase) 22.2 ถึง 25.8 กรัมต่อกิโลกรัมมูลปลา โดยปลาจะขับถ่ายของเสียออกมาอยู่ในรูปของของแข็ง และของเหลวประกอบด้วยตะกอนและสารแขวนลอย ส่วนรูปของเหลว เช่น แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส ปลาจะขับถ่ายผ่านทางเหงือกและช่องขับถ่าย นอกจากนี้มูลปลานิลยังประกอบด้วย โปรตีน 18 ถึง 19 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.5 เปอร์เซ็นต์ EPA 0.1 เปอร์เซ็นต์ DHA 0.2 เปอร์เซ็นต์ amino acid histidine 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ arginine 0.8 เปอร์เซ็นต์ (Zuhro et al. 2020) ในระยะเวลา 10 ปี มีปริมาณผลผลิตของปลานิล 216,727 ตันต่อปี จะมีมูลปลานิลโดยประมาณ 216,727 ตันต่อปี หากปล่อยของเสียอินทรีย์และของเสียอนินทรีย์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์และเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) ทำให้เกิดการลดลงของออกซิเจนมีผลต่อการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ การเพิ่มขึ้นของเชื้อก่อโรคในแหล่งน้ำ ซึ่งมีผลโดยตรงกับสัตว์น้ำ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ขบวนการขับถ่ายของเสียจากสัตว์น้ำ
ที่มา: Amirolaie (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สารอาหารจากการหมักมูลปลานิลระยะเวลา 24 วัน

น้ำหนักของมูลปลานิล (กรัมน้ำหนักแห้ง/ลิตร)	สารอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ไนโตรเจนรวม	ออร์โตฟอสเฟต	ฟอสฟอรัสรวม
0.5	0.00±0.00[a]	2.51±0.41 [a]	11.99±0.54 [a]	1.42±0.07 [a]	1.87±0.17 [a]
1.0	0.00±0.00 [a]	3.80±0.12 [b]	12.92±0.01 [b]	2.13±0.21 [b]	3.94±0.24 [b]
1.5	0.00±0.00 [a]	5.03±0.12 [c]	14.11±0.53 [c]	6.08±0.37 [c]	6.64±0.16 [c]
2.0	0.00±0.00 [a]	6.28±0.18 [d]	16.41±0.15 [d]	7.00±0.54 [d]	8.23±0.28 [d]

ที่มา: จิระพงศ์ ผดุงปราณ และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ (2560)

ปลานิลเป็นปลาที่มีการขับถ่ายของเสียออกมาในปริมาณมากและสะสมอยู่ภายในบ่อเลี้ยงเมื่อถ่ายน้ำทิ้งจึงทำให้ปริมาณของเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในที่ปริมาณมาก หากสามารถรวบรวมมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงกลับมาใช้ประโยชน์เนื่องจากมูลปลาอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไรแดง และสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และสามารถนำกลับมาเพาะเลี้ยงไรแดงลดต้นทุน

2.3 ไรแดง (*Moina macrocopa*)

ไรแดงเป็นเป็นสัตว์จำพวกกลุ่ม curstacea จัดอยู่ในไฟลัม arthropooda จัดอยู่ในอันดับสกุล moina อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำไม่ดี หรือแหล่งน้ำที่มีการสะสมของสารอินทรีย์ สารอินทรีย์วัตถุปริมาณมากและเป็นแหล่งน้ำที่มีแร่ธาตุสูง ลักษณะพิเศษของไรแดงคือลำตัวมีรูปไข่มีสีเหลืองอมส้มหรือสีแดงเรื่อๆ ลักษณะของเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ โดยมีขนาดเฉลี่ย 1.3 และ 0.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนหัวของไรแดงจะประกอบด้วยตาประกอบ (compound eyes) ขนาดใหญ่ 1 คู่ มีหนวด (antennule) 2 คู่ มีขาบริเวณส่วนอก 5 คู่ ที่มีหน้าที่ที่แตกต่างกัน ขาคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 มีหน้าที่ทำความสะอาดเปลือกหุ้มลำตัว ขาคู่ที่ 3 และขาคู่ที่ 4 ทำหน้าที่กรองอาหาร ขาคู่ที่ 5 เป็นส่วนที่มีขนาดเล็กทำหน้าที่นำน้ำออก ไรแดงที่สำรวจพบในประเทศไทยมี 155 ชนิดซึ่งพบมากที่สุด 3 ชนิดได้แก่ ไรแดง (*Moina macrocopa*) ไรแดงเล็ก (*Moina micrura* Kurz) และไรแดงสยาม (*Moina siamensis*)

ไรแดงเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กมีชื่อเรียกทั่วไปว่าไรน้ำอาหารของไรแดงเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่สำคัญคือสาหร่ายคลอเรลล่า (*Chlorella* sp.) แบคทีเรีย สารอินทรีย์ขนาดเล็ก ไรแดงจึงใช้เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน หรือใช้เป็นอาหารปลาสวยงามเพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้อาหารสำเร็จรูปและลดการสะสมของอาหารเหลือจนเกิดเป็นของเสียก้นบ่อ เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารไรแดงถือได้ว่าเป็นอาหารมีชีวิตที่มีโปรตีนสูงถึง 68.1-74.0 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

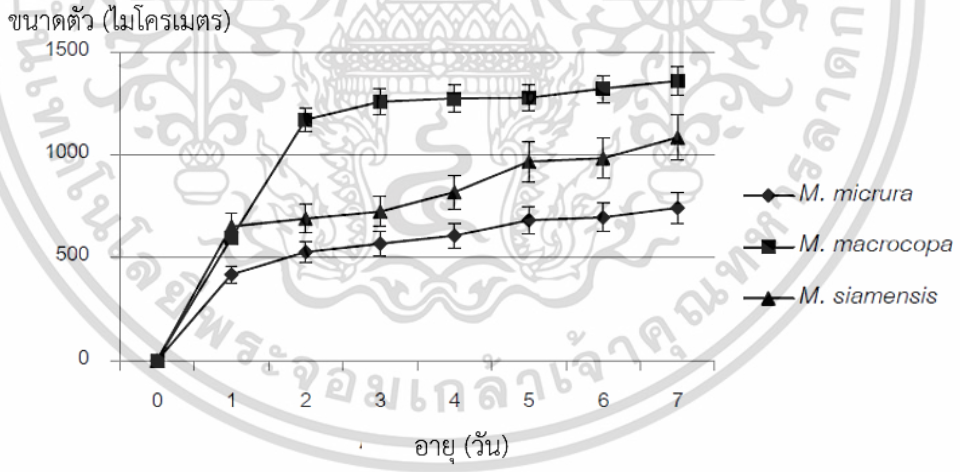
รวมถึงมีไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำ จึงนิยมนำไรแดงมาใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน

2.3.1 สายพันธุ์ของไรแดง

ไรแดง มีขนาด 400-1,800 ไมโครเมตร จำนวน 6,300 ตัวต่อกรัม ลักษณะเด่นของไรแดงสายพันธุ์นี้คือส่วนหัวไม่มีรอยเว้า (supraocular depression) มี setae เรียงต่อกัน 55-65 เส้น บริเวณด้านข้างของ postabdomen มี feather teeth 7-10 อัน ไข่ของไรแดงสายพันธุ์นี้มี 2 ฟอง มีลักษณะเป็นรูปสี่แหลี่ยมร่างแห

ไรแดงเล็ก มีขนาด 590-1,290 ไมโครเมตร จำนวน 20,000 ตัวต่อกรัม ลักษณะเด่นของไรแดงชนิดนี้คือมีหัวขนาดใหญ่ มีรอยเว้าเหนือตาที่ชัดเจน ส่วนหัวและลำตัวของไรแดงไม่มีขน feather teeth มี 3 ถึง 8 อัน ไข่มี 1 ฟองลักษณะคล้ายร่างแห

ไรแดงสยาม มีขนาด 500-950 ไมโครเมตร จำนวน 20,000 ตัวต่อกรัม มีลักษณะเด่นคือส่วนหัวมีรอยเว้า บริเวณขอบของเปลือกมี setae เรียงต่อกัน 18-25 เส้น มี feather teeth 6-12 อัน ไข่ของไรแดงเล็กมี 1 ฟอง ลักษณะคล้ายเทือกเขา ดังภาพที่ 2.3 (นุกูล แสงพันธุ์ และคณะ. 2559; เมธาวี รอดมงคลดี และคณะ. 2563)



ภาพที่ 2.3 เปรียบเทียบขนาดลำตัวไรแดงเฉลี่ย (ไมโครเมตร) ของไรแดง ไรแดงเล็ก และไรแดงสยาม
ที่มา: เมธาวี รอดมงคลดี และคณะ (2563)

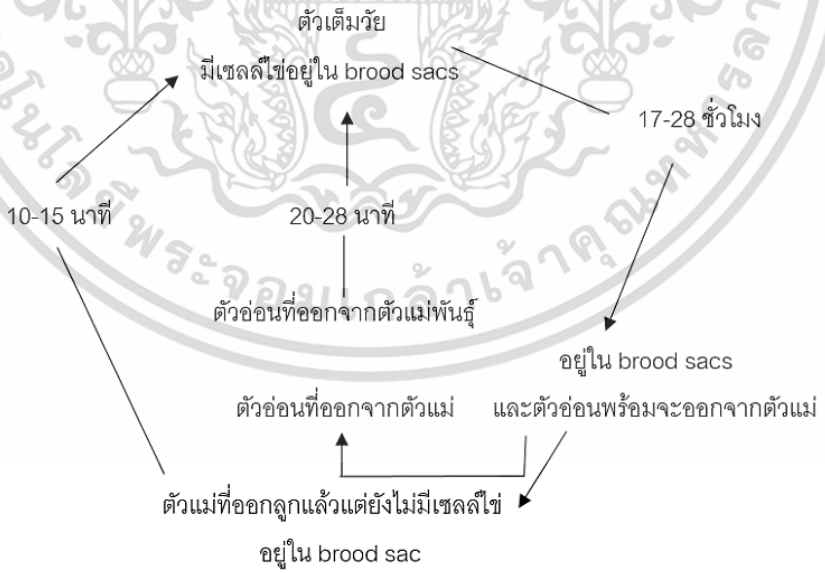
ไรแดงพบได้ตามแหล่งน้ำที่มีวัชพืช พรรณไม้น้ำ หรือแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง ไรแดงจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.2 ถึง 7.8 และไรแดงยังสามารถอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำ (0.01-0.12 มิลลิลิตรต่อลิตร) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไรแดง 25-28 องศาเซลเซียส (Jose et al. 2015; วิริตตา สีตะสิทธิ์. 2544) ระบบนิเวศและแหล่งที่อยู่อาศัยส่งผลต่อการเจริญเติบโตและระบบสืบพันธุ์ ไรแดงเป็นสิ่งมีชีวิต 2 เพศคือเพศผู้ และเพศเมีย ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์ โดยการสืบพันธุ์ของไรแดงจะเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproductive) การสืบพันธุ์ลักษณะนี้จะพบเมื่อสภาวะแวดล้อมและถิ่นที่อยู่อาศัยไม่เหมาะสม เช่น อาหารไม่เพียงพอ คุณภาพน้ำไม่เหมาะสม อุณหภูมิไม่เหมาะสม จึงทำให้ไรแดงจำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและเพื่อให้ขยายพันธุ์ต่อไปได้ โดยไรแดงเพศเมียจะผลิตไข่ที่เรียกว่า sexual egg ขึ้น ไข่ที่เกิดขึ้นจะสามารถพัฒนาเป็นไรแดงเพศผู้ หรือไรแดงเพศเมีย ไข่ลักษณะนี้จะทนต่อสภาะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากลักษณะของไข่จะมีเปลือกหุ้มที่สร้างขึ้นรอบไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมไข่พักนี้จะฟักเป็นตัวและเจริญเติบโตต่อไป (Antonia et al. 2013)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (parthenogenetic female) ไข่จะพัฒนาไปเป็นตัวอ่อนได้โดยไม่จำเป็นต้องได้รับการผสมพันธุ์จากไรแดงเพศผู้ แต่จะไม่สามารถให้ผลผลิตที่มีปริมาณคงที่ การสืบพันธุ์ลักษณะนี้จะสามารถให้ปริมาณผลผลิตประมาณ 2-30 ฟองเท่านั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตจะมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย ตัวอ่อนที่ได้จะมีลักษณะเหมือนแม่พันธุ์เริ่มต้น (Azuraidi et al. 2013) ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วงจรชีวิตของไรแดง

ที่มา: เมธาวี รอดมงคลดี และคณะ (2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไรแดงสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วและทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ทำให้เกษตรกรนิยมเพาะเลี้ยงและเพิ่มปริมาณผลผลิตเพื่อเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน การใช้ไรแดงเป็นอาหารมีผลต่อระบบการย่อยของสัตว์น้ำเนื่องจากไรแดงมีเอนไซม์ช่วยในการย่อยในกระเพาะอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนยังเจริญไม่เต็มที่ จึงช่วยเพิ่มอัตรารอดและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนให้สูงขึ้น ยกตัวอย่างการอนุบาลปลาน้ำจืด เช่น ปลาดุก ปลาสวาย และปลาบู่ เป็นต้น นอกจากนี้ไรแดงยังเป็นอาหารมีชีวิตที่มีโปรตีนสูง 74.1-78.7 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 3.2-24.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6.6-14.7 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 6.4-6.6 เปอร์เซ็นต์ (นุกูล แสงพันธุ์ และคณะ. 2559; ธิดา เพชรมณี. 2542; ปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม และคณะ. 2560) คุณค่าทางโภชนาการจะเพิ่มหรือลดขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสายพันธุ์ไรแดง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของไรแดง ไรแดงสยาม ไรแดงเล็ก (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง)

ชนิด	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)
ไรแดงสยาม (เลี้ยงด้วยคลอเรลลา)	61.04	7.96
ไรแดงสยามเลี้ยงด้วยน้ำมูลสุกร	59.43	7.81
ไรแดง (เลี้ยงด้วยคลอเรลลา)	68.10- 74.09	9.10- 10.19
ไรแดงเล็ก (เลี้ยงด้วยคลอเรลลา)	49.31-75.29	6.84-9.19
ไรแดง (เลี้ยง S. *cerevisiae* ร่วมกับ *X. dendrorhous)*	76.74	-

ที่มา: ธิดา เพชรมณี (2542); นุกูล แสงพันธุ์ และคณะ (2559); ปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม และคณะ (2560)

อาหารของไรแดง ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช โปรโตซัว สารอินทรีย์ขนาดเล็ก แพลงก์ตอนพืชที่เกษตรกรนิยมให้เป็นอาหารของไรแดงคือคลอเรลล่าซึ่งเป็นอาหารของไรแดงที่นิยมมากที่สุด คลอเรลล่า เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ถึง 10 ไมโครเมตร มีการแบ่งเซลล์แบบไม่อาศัยเพศทำให้เจริญเติบโตรวดเร็ว และมีโปรตีนสูง 40-60 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 11 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 20 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 0.02 เปอร์เซ็นต์ มีรายงานการใช้ปุ๋ยเคมีและวัตถุดิบที่ใช้นำมาเพาะเลี้ยงคลอเรลล่าดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในอัตราส่วน 1 ลิตร

ชนิดของปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ 1 ลิตร (กรัม)						
ปุ๋ยยูเรีย [$CO(NH_2)_2$]	0.25	0.30	0.30	0.10	0.20	0.30	0.15
ปุ๋ยนา (16-20-0)	1.20	-	-	0.15	-	0.15	0.30
รำละเอียด	-	-	0.50	-	0.10	0.50	0.50
ปูนขาว	0.30	0.18	0.09	-	0.10	0.09	0.09
ซุปเปอร์ฟอสเฟต	0.03	0.05	0.10	-	0.10		-
18-46-0							
อามิ-อามิ	-	-	-	0.10	0.10		-
โพแทสเซียมไนเตรท	-	-	-	0.20	0.10		-

ที่มา: เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน (2549); ดำรง โลหะลักษณาเดช และคณะ (2554); บุณยกร พ่วงดี และศรัณย์ เศวตมาลานนท์ (2561); ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม และยงยุทธ ประยูรชาญ (2551)

ถึงแม้คลอเรลล่าจะเป็นอาหารที่นิยมมากที่สุดแต่การเพาะเลี้ยงคลอเรลล่ายังประสบปัญหาเรื่องผลผลิตของคลอเรลล่าที่ไม่คงที่ เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อการนำคลอเรลล่าที่นำไปเลี้ยงไรแดง จึงได้มีการพัฒนาอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงไรแดงสำหรับเป็นทางเลือก เพื่อเพิ่มปริมาณ อัตราการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการ

เถลิงเกียรติ สมนึก และคณะ (2561) เลี้ยงไรแดงด้วยอาหารสูตรต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์ผลผลิตไรแดงในวันที่ 3, 5 และ 7 พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก การเลี้ยงกบลูกผสม และน้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ทรีตเมนต์	ผลผลิตน้ำหนักเปียก (ค่าเฉลี่ย±SD)	
	กรัมต่อลิตร	ผลผลิตทั้งหมด (กรัม/250มิลลิลิตร)
น้ำปุ๋ยสูตรมาตรฐานกรมประมง	0.62 ± 0.12^{a}	145.04 ± 10.54^{a}
น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยกบ	0.68 ± 0.14^{a}	170.66 ± 13.54^{a}
น้ำทิ้งจากฟาร์มปลาดุก	0.61 ± 0.06^{a}	152.35 ± 36.44^{a}
มูลไก่	0.31 ± 0.12^{b}	77.07 ± 21.06^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ที่มา: เถลิงเกียรติ สมนึก และคณะ (2561)

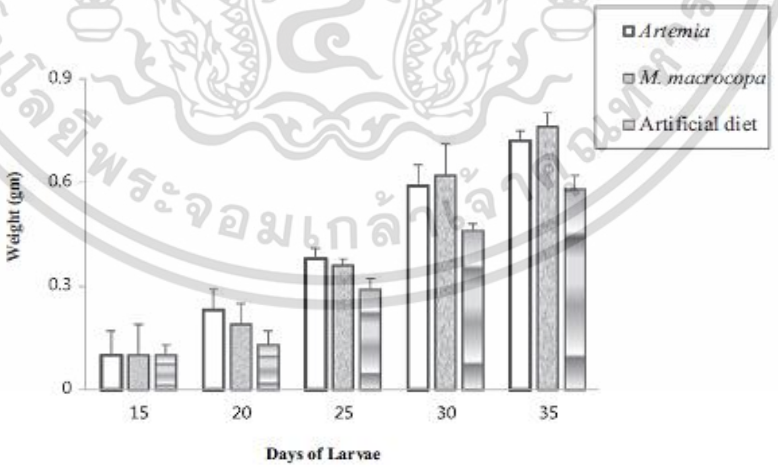
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตไรแดงที่เพิ่มขึ้นจากการใช้มูลปลานิลแสดงถึงไรแดงมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมจากการทดลองไรแดงออกลูกแบบไม่อาศัยเพศ parthenogenetic female ซึ่งไข่จะพัฒนาและเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยไรแดงเพศผู้ในการผสมพันธุ์ การสืบพันธุ์ในรูปแบบนี้จะไม่สามารถกำหนดปริมาณผลผลิตที่แน่นอนได้ ไรแดงเริ่มต้นจะสามารถมีปริมาณผลผลิตประมาณ 2-30 ตัว (Azuraidi et al. 2013)

การพัฒนาอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต อัตราการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การใช้ยีสต์ S. *cerevisiae* ความเข้มข้น $4x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.62±0.03 ตัวต่อวัน (ปิยวรรณ แม้นกลิ่มเนียม และคณะ. 2560) หรือการใช้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกบลูกผสมให้ผลผลิตไรแดง 0.68±0.14 กรัมต่อลิตร (เถลิงเกียรติ สมนึก และคณะ. 2561)

2.4 ประโยชน์ของการใช้ไรแดงเป็นอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลา

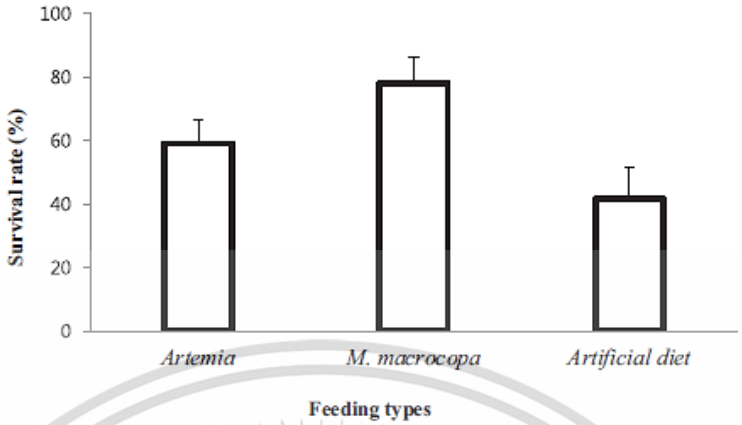
Kabery (2019) ศึกษาความยาวลำตัวของปลาทรายแดงที่ให้ไรแดงเป็นอาหาร 15-35 วัน พบว่าหลังจากการให้ไรแดงเป็นอาหารปลาทรายแดงมีความยาวสูงถึง 12.23±0.93 dph มากกว่าความยาวมาตรฐาน 9.53±0.79 dph ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปลาที่ใช้ไรแดงเป็นอาหารมีน้ำหนักที่มากกว่าปลาที่ใช้อาหารสำเร็จรูป ดังภาพที่ 2.5 และเพิ่มอัตรารอดให้กับสัตว์น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 2.6 ผลการศึกษาสรุปได้ว่าไรแดงมีคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาหารชนิดอื่น และสามารถใช้ไรแดงเพื่อทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระหว่างการเลี้ยง



ภาพที่ 2.5 น้ำหนักของปลาทรายแดงวัยอ่อนที่ให้อาหารแตกต่างกัน 3 ชนิด อาร์ทีเมีย ไรแดง และอาหารสำเร็จรูป

ที่มา: Kabery (2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์) ของปลาทรายแดงวัยอ่อนที่ให้อาหารแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ อาร์ทีเมีย ไรแดง และอาหารสำเร็จรูป

ที่มา: Kabery (2019)

ไรแดงเป็นอาหารธรรมชาติซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตรารอดและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิด เนื่องจากระเพาะของสัตว์วัยอ่อนยังมีระบบทางเดินอาหารที่ยังไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะในกลุ่มของผู้เลี้ยงปลาสวยงามที่ยังคงใช้อาหารธรรมชาติทำให้เกิดความต้องการไรแดงเพิ่มมากขึ้น ในบางฤดูกาลไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือขาดแคลนจนเกิดปัญหาต่อฟาร์มเลี้ยงและอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนและฟาร์มปลาสวยงาม ทำให้ปัจจุบันมีการเก็บรักษาไรแดง เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนและทำให้มีไรแดงใช้ได้ตลอดปี

2.5 การเก็บรักษาไรแดง

การเก็บรักษาไรแดงเป็นทางเลือกเพื่อให้ไรแดงมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และในปัจจุบันวิธีการเก็บรักษาไรแดงที่สะดวกสำหรับเกษตรกรคือวิธีการแช่แข็ง การเก็บรักษาโดยวิธีการแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถรักษากลิ่น รส สี และคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 10 องศาเซลเซียส โดยมีน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ไรแดงจะสามารถอยู่ได้ 4 วัน (กนกทิพย์ กาญนวัฒนา. 2549)

พิศมัย สมสืบ และนุชนรี ทองศรี (2549) พบว่าการแช่ไรแดงในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำน้อยกว่าการแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดจากระบบการควบคุมน้ำภายในตัวของไรแดง โดยการแช่น้ำเกลือ 0.5% อาจทำให้การดึงน้ำออกจากตัวของไรแดงช้ากว่าจึงทำให้การละลายของน้ำหรือเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำน้อยกว่าการการแช่ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ต่ำกว่า (0.2%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

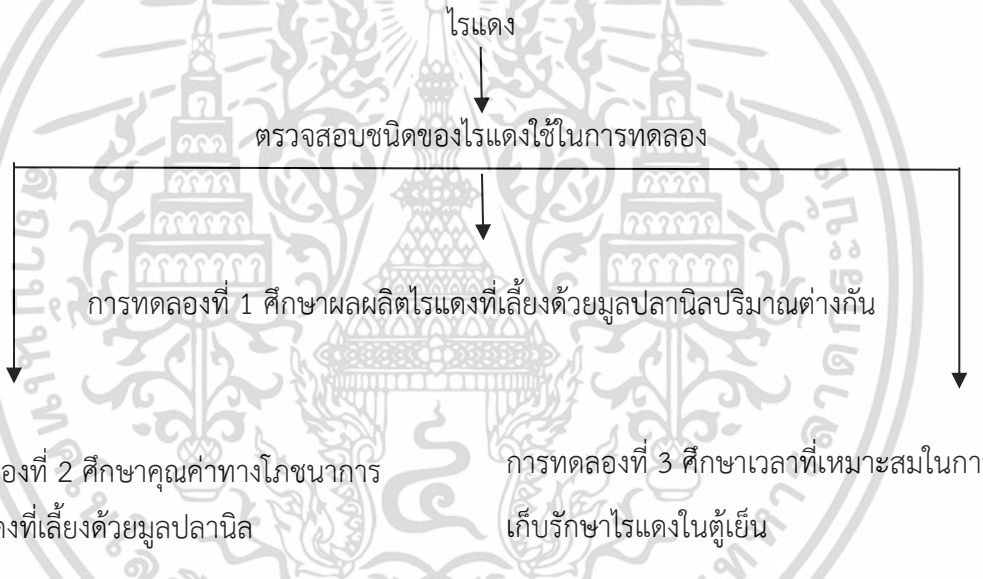
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง

3.1.1 ไรแดงสายพันธุ์ *Moina macrocopa*

3.1.2 ปลานิลอายุ 5 เดือน จำนวน 50 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 100 กรัม

3.1.3 การศึกษาการใช้มูลปลานิลเป็นอาหารของไรแดงทำการทดลองตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังการศึกษาการใช้มูลปลานิลเป็นอาหารของไรแดง

3.2 อุปกรณ์

1. กล่องพลาสติก ขนาด 40x60x30 เซนติเมตร
2. บีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร
3. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. สวิงตาถี่ ขนาด 450 ไมครอน
5. กล้องจุลทรรศน์ แบบ compound light microscope
6. ชุดให้อากาศ จำนวน 8 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขวดโหลแก้วขนาด 1 ลิตร

8. โถดูดความชื้น (desiccator)

9. เครื่องชั่ง (balance) แบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง

10. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ shel lab รุ่น 1350 fx

11. เครื่องสกัดไขมัน (falc รุ่น BE4250)

12. วิเคราะห์เยื่อใย (gerharde)

13. ไมโครปิเปต (micropipete)

14. ตู้เย็น

15. แม่พิมพ์เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซ็นติเมตร

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

เตรียมระบบการเลี้ยงไรแดง ทำการทดลองที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การเตรียมถังเลี้ยงไรแดง

ขนาดถังเลี้ยงไรแดงทดลองขนาด 40x60x30 เซนติเมตร จำนวน 5 ถัง ภายในกระบะทดลองประกอบด้วยชุดให้อากาศ เติมน้ำ 15 ลิตร น้ำในกระบะทดลองพักไว้ 3 คืน พร้อมทั้งให้อากาศตลอดเวลาก่อนนำไรแดงมาปล่อย

การเตรียมไรแดง

นำไรแดงมาอนุบาลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จนมีการขยายปริมาณผลผลิตในปริมาณมาก ทำการคัดไรแดงที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยใช้ผ้ากรองตาถี่ขนาด 450 ไมโครเมตร ทำการสุ่มไรแดงที่ไม่สามารถรอดผ่านผ้ากรองตาถี่ใส่ในแต่ละถังเพื่อใช้เป็นสัตว์ทดลอง

การเตรียมโพวิโดน ไอโอดีน เพื่อกำจัดปรสิตในไรแดงก่อนนำไปเพาะเลี้ยง

เตรียมโพวิโดน ไอโอดีน ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มิลลิลิตรต่อลิตร

โดยคำนวณจาก

$$C1V1=C2V2$$

โดย C1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น (มิลลิลิตรต่อลิตร)

V1 คือ ปริมาตรที่ต้องแบ่งมาจากสารละลายตั้งต้น (มิลลิลิตร)

C2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น (มิลลิลิตรต่อลิตร)

V2 คือ ปริมาตรที่ต้องการเตรียม (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบความเป็นพิษที่ส่งผลให้ไรแดงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 12, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยเติมสารละลายแต่ละระดับความเข้มข้นปริมาตร 40 มิลลิลิตร และใส่ไรแดงตัวอย่างจำนวน 20 ตัว ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เกณฑ์ในการวัดคือ ไรแดงบริเวณก้นภาชนะจะไม่ตอบสนองโดยใช้เข็มเขี่ย พบว่าโพวิโดนไอโอดีนที่ 2 มิลลิลิตรต่อลิตรเป็นความเข้มข้นที่ใช้แช่ไรแดงนาน 12 ชั่วโมงเพื่อกำจัดปรสิตภายนอกในไรแดงก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

การศึกษาชนิดของไรแดงที่นำมาทดลอง

นำไรแดงมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่มีขนาดกำลังขยาย 4, 10, 40 เท่า บันทึกภาพไรแดงส่วนหัว ขน และ feather teeth ศึกษาลักษณะของไรแดง นำลักษณะที่บันทึกมาวิเคราะห์แยกชนิด อ้างอิงจาก นุกูล และคณะ 2559; Lucia et al. 2019; Miguel et al. 2019

3.3.1 ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่นต่างกัน (ชุดควบคุม)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 5 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับความหนาแน่น $1.79x10^5 \pm 1.25 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับความหนาแน่น $2.69x10^5 \pm 2.21 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับความหนาแน่น $3.50x10^5 \pm 1.73 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 ระดับความหนาแน่น $4.40x10^5 \pm 0.89 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 5 ระดับความหนาแน่น $5.30x10^5 \pm 1.37 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

1. เตรียมปุ๋ยประกอบด้วย รำละเอียด 5 กรัม ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 3 กรัม ปุ๋ยนา (16-20-0) 1.5 กรัม และปูนขาว 0.9 กรัม

2. เตรียมถังขนาด 40x60x30 เซนติเมตร เพื่อเป็นภาชนะสำหรับเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก *Chlorella* sp. พร้อมชุดให้อากาศ นำคลอเรลล่ามาขยายในกระบะเพื่อให้เพียงพอต่อการเลี้ยงไรแดง

3. ทำการให้อาหารไรแดง 2 มื้อต่อวัน เวลา 08.00 และ 17.00 น. ทำการนับปริมาณความหนาแน่นของคลอเรลล่าโดยใช้ heamacytometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกจำนวนความหนาแน่นของคลอเรลลา ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นของคลอเรลลา (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) = $[(A+B+C+D)/4]x10^4$

A= จำนวนคลอเรลล่าที่นับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กริต (1x1 มิลลิเมตร)

B= จำนวนคลอเรลล่าที่นับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กริต (1x1 มิลลิเมตร)

C= จำนวนคลอเรลล่าที่นับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กริต (1x1 มิลลิเมตร)

D= จำนวนคลอเรลล่าที่นับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กริต (1x1 มิลลิเมตร)

4. การแยกไรแดงเพื่อเก็บข้อมูล โดยจะคัดแม่พันธุ์ไรแดงที่มีอยู่แต่เดิมออก เพื่อนับจำนวนไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่ กระบวนการนี้จะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำที่ใช้เลี้ยงและทำซ้ำจนกว่าแม่พันธุ์ไรแดงไม่สามารถสืบพันธุ์ได้

5. การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่ ปริมาณผลผลิตของไรแดงโดยใช้วิธีการนับจำนวนไรแดง จำนวนผลผลิต (รุ่น) ของไรแดง จนสิ้นสุดการทดลอง คำนวณจาก

ปริมาณการเพิ่มผลผลิตของไรแดงเริ่มต้น (ตัว) = จำนวนไรแดง (ครั้ง)/ไรแดงเริ่มต้น (ตัว)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวิเคราะห์ ผลผลิตของไรแดงระหว่างการเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองแต่ละชุดการทดลองใช้วิธี Duncan' new multiple range test และการวิเคราะห์ด้วย One-way Anova ด้วยโปรแกรม Statiscal Package or the Social Sciences (SPSS)

3.3.2 ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลปริมาณต่างกัน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดควบคุม ไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าที่ระดับความเข้มข้นที่ดีที่สุดจาก 3.3.1

ชุดการทดลองที่ 1 มูลปลานิล 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 2 มูลปลานิล 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 มูลปลานิล 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 มูลปลานิล 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 การรวบรวมมูลปลานิล

รวบรวมมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยง ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้ผ้ากรอง และเก็บรวบรวมมูลปลานิลลงถังหมักพร้อมให้อากาศตลอดเวลา

1. การเตรียมมูลปลานิลที่ใช้ในการทดลองโดยการหาน้ำหนักแห้ง

นำมูลปลานิลที่กรองจากบ่อเลี้ยงมาหาน้ำหนักแห้งโดยการนำมูลปลานิลที่รวบรวมได้ใส่ถ้วยดินเผา (crucible) 5 มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง

การคำนวณจากน้ำหนักแห้งของมูลปลานิล (มิลลิกรัม/ลิตร) =

$$\frac{[(\text{น้ำหนักมูลปลานิล} + \text{น้ำหนักcrucible}) (\text{มิลลิกรัม}) - \text{น้ำหนัก crucible เริ่มต้น (มิลลิกรัม)}] \times 1{,}000}{\text{ปริมาณตัวอย่างมูลปลานิล (มิลลิลิตร)}}$$

2. เตรียมบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เป็นภาชนะที่ใช้สำหรับเลี้ยงไรแดง 12 ชุด โดยเติมน้ำประปาที่พักไว้ 3 วัน ปริมาตร 40 มิลลิลิตร

3. นำมูลปลานิลผสมน้ำตามอัตราส่วนตามการทดลองคือ 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

3.3.2.2 การดำเนินการทดลอง

1. คัดเลือกไรแดงที่เตรียมไว้ข้างต้นกรองด้วยสวิงตาถี่จำนวน 10 ตัว มาวัดขนาดใต้กล้องจุลทรรศน์ซึ่งไรแดงที่นำมาใช้จะมีขนาดเฉลี่ย 600 ไมโครเมตร (550-650 ไมโครเมตร) และสุ่มไรแดงตัวอย่างอีก 10 ตัว นำใส่ภาชนะพร้อมให้มูลปลานิลเป็นอาหารที่ระดับความเข้มข้นข้างต้นเพื่อทำการทดลองแต่ละระดับความเข้มข้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยให้มูลปลานิลวันละ 2 มื้อต่อวัน เวลา 08.00 และ 17.00 น.

2. การแยกไรแดงเพื่อเก็บข้อมูล โดยจะคัดแม่พันธุ์ไรแดงที่มีอยู่แต่เดิมออก เพื่อนับจำนวนไรแดงที่เกิดขึ้นใหม่ กระบวนการนี้จะไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำที่ใช้เลี้ยงและทำซ้ำจนกว่าแม่พันธุ์ไรแดงไม่สามารถสืบพันธุ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลจำนวนครั้ง และจำนวนตัวของไรแดงแม่พันธุ์ที่มีผลผลิต จนสิ้นสุดการทดลอง (แม่พันธุ์ไรแดงไม่มีชีวิต หรือไรแดงไม่สามารถสืบพันธุ์ได้)

2. บันทึกข้อมูลปริมาณผลผลิตของไรแดงโดยใช้วิธีการนับจำนวนไรแดง (ตัว) จำนวนครั้ง (รุ่น) ของไรแดงที่ให้ผลผลิตจนสิ้นสุดการทดลอง คำนวณจาก

ปริมาณการเพิ่มผลผลิตของไรแดงเริ่มต้น (ตัว) = จำนวนไรแดง (ครั้ง)/ไรแดงเริ่มต้น (ตัว)

3.3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวิเคราะห์ ผลผลิตของไรแดงระหว่างการเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองแต่ละชุดการทดลองใช้วิธี Duncan' new multiple range test และการวิเคราะห์ด้วย One-way Anova ด้วยโปรแกรม Statiscal Package or the Social Sciences (SPSS)

3.3.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

วางแผนการทดลองแบบ T-test (independent t-test) โดยแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง การทดลองชุดละ 3 ซ้ำดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 คือ ไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

ชุดการทดลองที่ 2 คือ ไรแดงที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่า

3.3.3.1 การเตรียมไรแดง

เพาะเลี้ยงไรแดงโดยใช้ระดับความเข้มข้นมูลปลานิลทำให้มีปริมาณผลผลิตไรแดงจากการข้อ 3.3.2 เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อการนำมาวิเคราห์โภชนการ

3.3.3.2 การวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl method) ดังภาคผนวกที่ ก.1

3.3.3.3 การวิเคราะห์ความชื้น (Oven-Drying) ดังภาคผนวกที่ ก.2

3.3.3.4 การวิเคราะห์เถ้า (Muffle furnace combustion) ดังภาคผนวกที่ ก.3

3.3.3.5 การวิเคราะห์ไขมัน (Ether-extraction) ดังภาคผนวกที่ ก.4

3.3.3.6 การบันทึกข้อมูล

บันทึกค่าโภชนการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลเปรียบเทียบกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า

3.3.3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงโดยวิธี T-test (independent t-test) ด้วยโปรแกรม Statiscal Package or the Social Sciences (SPSS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไรแดง

วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial โดย มีปัจจัยอุณหภูมิ -12 และ 6 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ แต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -12 องศา ระยะเวลา 1 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 2 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -12 องศา ระยะเวลา 2 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 3 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -12 องศา ระยะเวลา 3 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 4 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ -12 องศา ระยะเวลา 4 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 5 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ 6 องศา ระยะเวลา 1 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 6 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ 6 องศา ระยะเวลา 2 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 7 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ 6 องศา ระยะเวลา 3 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 8 เก็บรักษาไรแดงที่อุณหภูมิ 6 องศา ระยะเวลา 4 สัปดาห์

3.3.4.1 การดำเนินการทดลอง

1. นำไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล จาก 3.3.3.1 ทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ซับน้ำด้วยผ้าจนแห้ง

2. ชั่งน้ำหนักไรแดง 0.16 กรัม ใส่ถาดซิลิโคนขนาด 1 เซนติเมตร แช่ช่องแช่แข็งตู้เย็น อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส และตู้เย็นช่องธรรมดา 6 องศาเซลเซียส เก็บรักษาไรแดงเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

3.3.4.2 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลลักษณะภายนอกและลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยนำไรแดงวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อไรแดงละลายแล้วสังเกตลักษณะภายนอก และสุ่มดูความสมบูรณ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสุ่มจำนวน 10 ตัว หลังจากนั้นนำเปอร์เซ็นต์ที่บันทึกได้มาทดสอบทางสถิติ

3.3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลความสมบูรณ์ของไรแดงที่เก็บรักษาในตู้เย็น (%) วิเคราะห์สถิติแบบ Factorial design ด้วยโปรแกรม Statiscal Package or the Social Sciences (SPSS)

3.4 สถานที่การทำงานวิจัย

ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนมีนาคม – 2564 เดือนสิงหาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

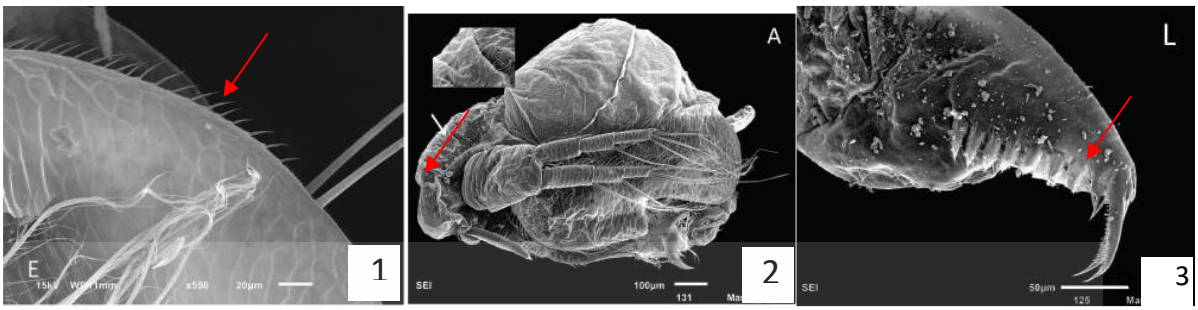
สายพันธุ์ไรแดงที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นไรแดงที่มี 1,200 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 4.1 ที่มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 400 ถึง 1,800 ไมโครเมตร และลักษณะส่วนหัวของไรแดงตัวอย่างมีขนาดใหญ่มีเปลือกหุ้มลำตัว มีตาประกอบขนาดใหญ่ มีรอยเว้าเล็กน้อยอยู่เหนือตา ส่วนหัวของไรแดงมีขนเรียงยาว ด้านท้องมี setae เรียงต่อกัน 55-65 เส้น และพบ feather teeth 7-10 เส้น มีลักษณะตรงกับไรแดงสายพันธุ์ *Moina macrocopa* ดังภาพที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.3 ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกับไรแดงสายพันธุ์อื่นๆเช่น สายพันธุ์ไรแดงสยามซึ่งเป็นสกุลเดียวกับ *Moina macrocopa* โดยทั่วไปจะมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 500-950 ไมโครเมตร ลักษณะส่วนหัวของไรแดงมีรอยเว้าอยู่เหนือตา ส่วนหัวของไรแดงมีขนที่ไม่หนาแน่น ด้านท้องมี setae เรียงต่อกัน 18-25 เส้น และพบ feather teeth 6-12 อัน ดังภาพที่ 4.4 (นุกูล แสงพันธุ์ และคณะ 2559; Lucia et al. 2019; Miguel et al. 2019)

ภาพที่ 4.1 ไรแดง *Moina macrocopa*

ภาพที่ 4.2 ลักษณะสายพันธุ์ *Moina macrocopa*

1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ลักษณะไรแดงสายพันธุ์ *Moina macrocopa* ส่องภายใต้กล้องอิเล็กทรอน
1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth
ที่มา: Lucia et al. 2019

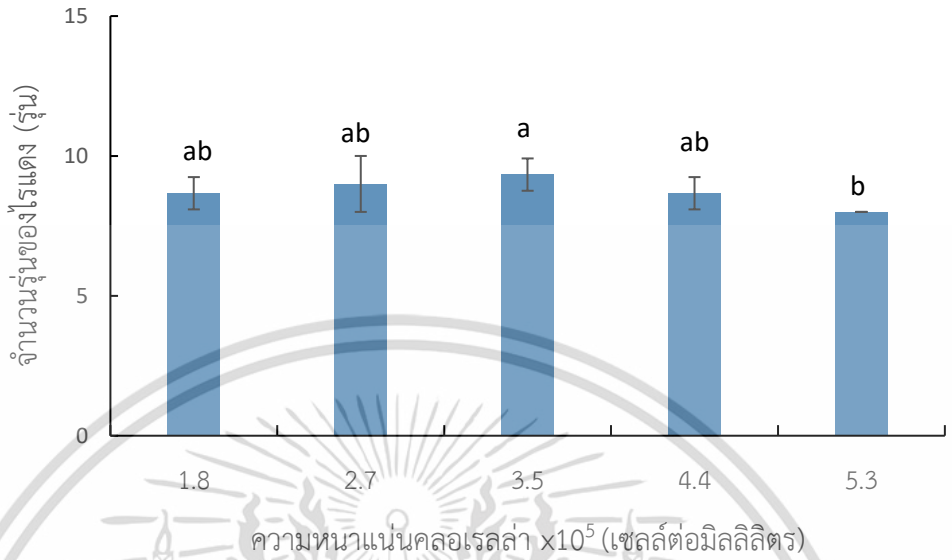
ภาพที่ 4.4 ลักษณะไรแดงสายพันธุ์ *Moina siamensis* ส่องภายใต้กล้องอิเล็กทรอน
1) setae 2) รอยเว้าบริเวณเหนือตา 3) feather teeth
ที่มา: Miguel et al. 2019

4.1 ศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลปริมาณต่างกัน

4.1.1 ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าระดับความหนาแน่นต่างกัน

การศึกษาผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าที่ระดับความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.6x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4x10^5 \pm 0.9\ x10^5$ และ $5.3x10^5 \pm 1.8x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ให้จำนวนรุ่นของไรแดง 9.0±0.6 รุ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.1 เมธาวี รอดมงคลดี และคณะ (2563) ได้ทดลองการเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลล่า (*Chlorella vulgaris*) ที่ความหนาแน่น $4x10^6\ x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าให้ผลผลิตจำนวนรุ่นของไรแดง 36.0±0.5 รุ่น และจำนวนไรแดง 62.1±2.4 ตัว ซึ่งได้ผลผลิตน้อยกว่าการทดลองครั้งนี้อาจจะมีผลมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่แตกต่างกันในระหว่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2 x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$ และ $5.3x10^5 \pm 1.4 x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

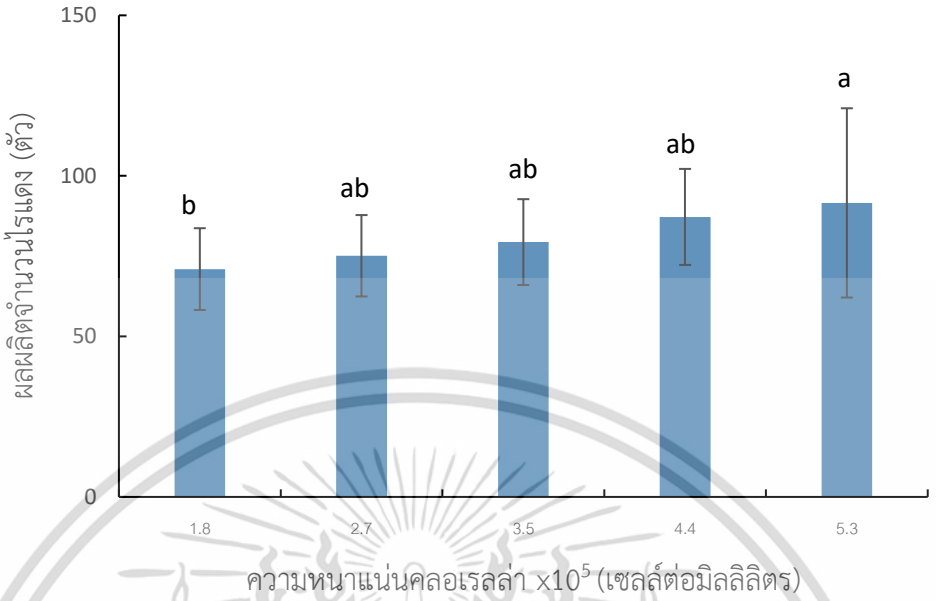
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตาราง 4.1 จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3 x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2 x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$ และ $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ไรแดง (รุ่น)
$1.8x10^5 \pm 1.3x10^5$	9.0 ± 0.5^{ab}
$2.7x10^5 \pm 2.2x10^5$	9.0 ± 1.0^{ab}
$3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$	9.0 ± 0.6^{a}
$4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$	9.0 ± 0.6^{ab}
$5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$	8.0 ± 0.0^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2 x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$ และ $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตาราง 4.2 ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าความหนาแน่น $1.8x10^5 \pm 1.3x10^5$, $2.7x10^5 \pm 2.2 x10^5$, $3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$, $4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$ และ $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ความหนาแน่นคลอเรลล่า (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว)
$1.8x10^5 \pm 1.6x10^5$	71.0 ± 12.7^b
$2.7x10^5 \pm 2.2x10^5$	75.0 ± 12.7^{ab}
$3.5x10^5 \pm 1.7x10^5$	79.0 ± 13.4^{ab}
$4.4x10^5 \pm 0.9x10^5$	87.0 ± 15.0^{ab}
$5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$	92.0 ± 29.5^a

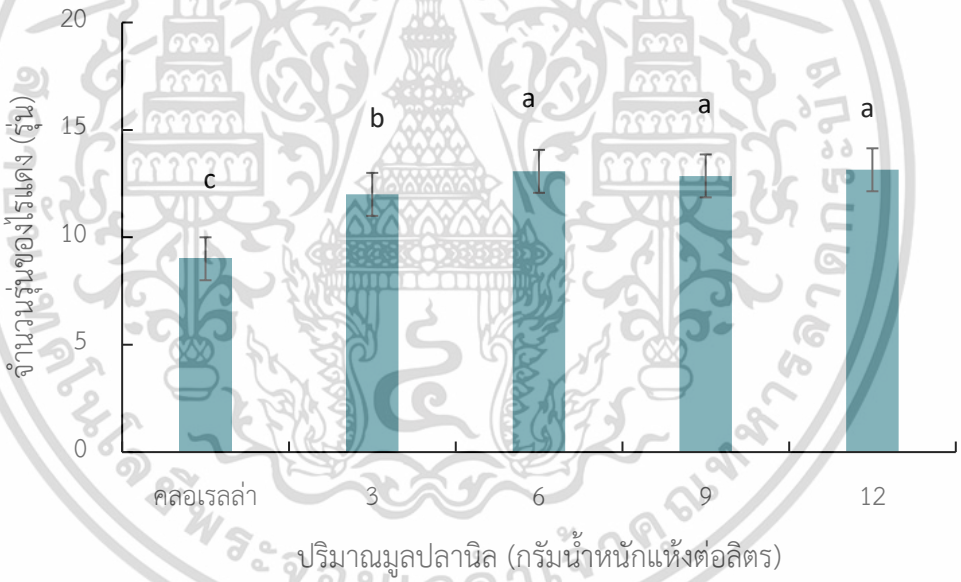
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

4.1.2.1 จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

ปัจจุบันเกษตรกรเลือกใช้คลอเรลล่าเป็นอาหารสำหรับการผลิตไรแดงแต่ยังพบว่าในช่วงฤดูฝนผลผลิตไรแดงมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ การทดลองนำมูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงมาใช้แทนคลอเรลล่าเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการเพาะเลี้ยงไรแดง นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปัญหาการปล่อยของเสียจากบ่อเลี้ยงออกสู่แหล่งน้ำ จากการทดลองนำมูลปลานิลมาใช้เลี้ยงไรแดงเปรียบเทียบจำนวนรุ่นของไรแดงและผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า พบว่าการใช้มูลปลานิล 3, 6, 9 และ12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ได้จำนวนรุ่นของไรแดง 13.0±1.6 รุ่น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับจำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าโดยมีจำนวนรุ่นไรแดงน้อยที่สุด 9.0±0.5 รุ่น ดังภาพที่ 4.7 และตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.7 จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

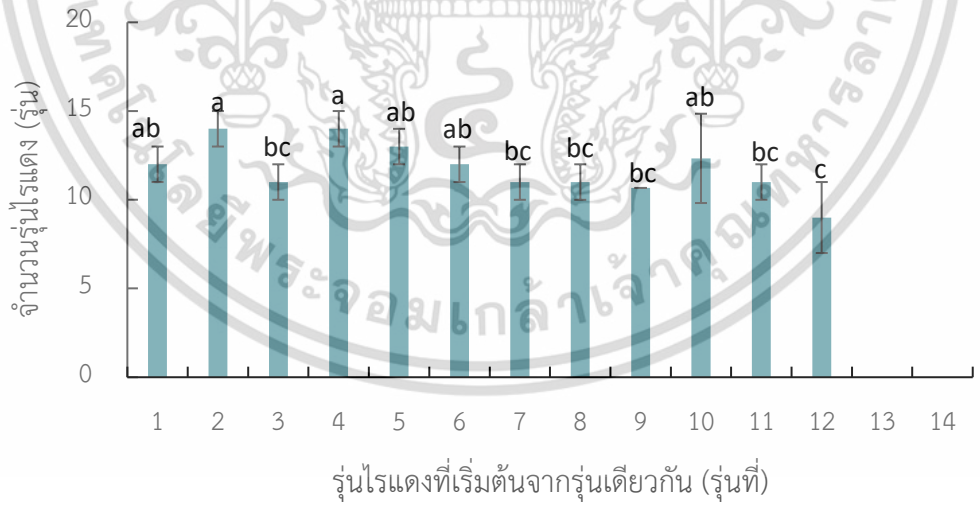
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ปริมาณมูลปลานิล (กรัมต่อน้ำหนักแห้ง)	จำนวนรุ่นของไรแดง (รุ่น)
คลอเรลล่า	9.0±0.6[c]
3	12.0±1.7[b]
6	13.0±1.7[a]
9	13.0±1.7[a]
12	13.0±1.5[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(P<0.05)*

ผลการทดลองนำไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันมาเลี้ยงต่อจะได้จำนวนรุ่นของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมต่อน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าไรแดงรุ่นที่ 1, 2, 4, 5, 6 และ 10 สามารถเพาะเลี้ยงจำนวนรุ่นของไรแดงได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยสามารถผลิตไรแดงได้ 12.0±1.21, 14.0±1.1, 14.0±1.8, 13.0±1.2, 12.0±1.5 และ 12.0±3.1 รุ่น ส่วนรุ่นที่ 12 จะให้จำนวนรุ่นน้อยที่สุด 9.0±2.0 รุ่น แตกต่างจากไรแดงรุ่นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังภาพที่ 4.8 และตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.8 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

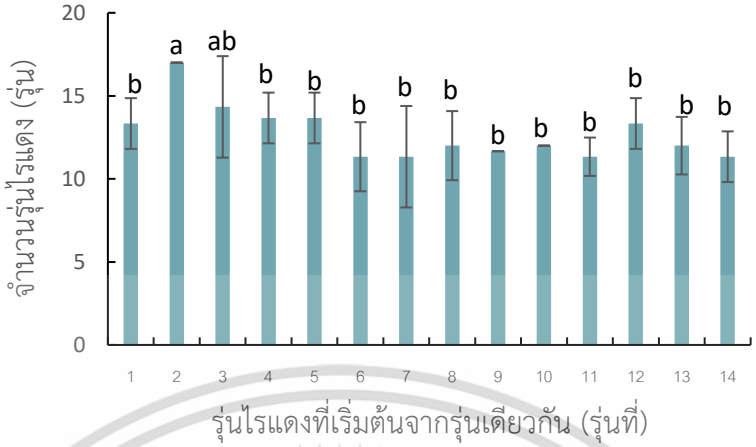
ตาราง 4.4 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

รุ่นไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	จำนวนรุ่นไรแดง (รุ่น)
1	12.0 ± 1.2^{ab}
2	14.0 ± 1.1^{a}
3	11.0 ± 1.2^{bc}
4	14.0 ± 1.8^{a}
5	13.0 ± 1.2^{ab}
6	12.0 ± 1.5^{ab}
7	11.0 ± 1.2^{bc}
8	11.0 ± 1.2^{bc}
9	11.0 ± 0.0^{bc}
10	12.0 ± 3.1^{ab}
11	11.0 ± 1.2^{bc}
12	9.0 ± 2.0^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จำนวนรุ่นไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมต่อน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 2 และ 3 สามารถผลิตไรแดงได้ 17.0±0.0 และ 14.0±3.1 รุ่น ไม่แตกต่างกัน แต่ที่รุ่นที่ 2 จะให้ผลผลิตจำนวนรุ่นไรแดงมากกว่าไรแดงรุ่นอื่นๆ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ภาพที่ 4.9 และตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

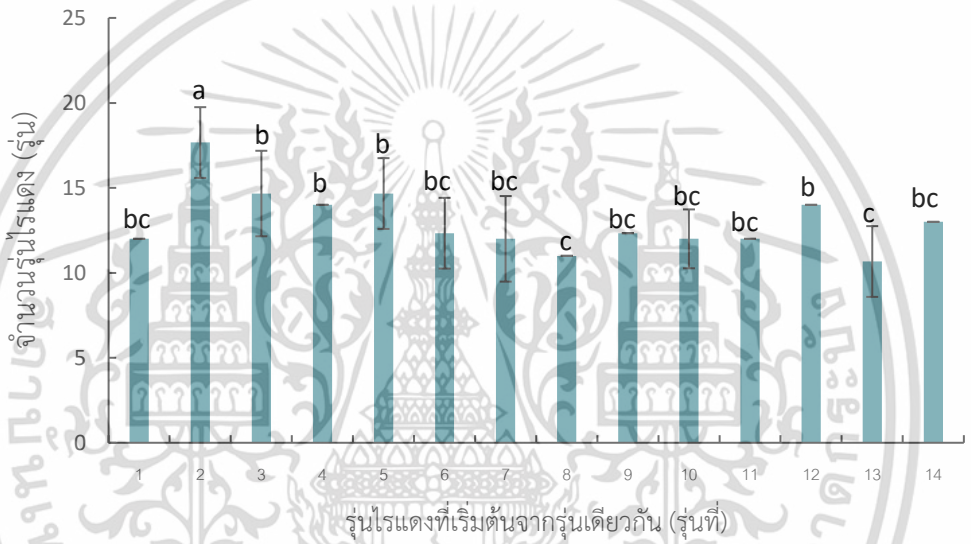
ตาราง 4.5 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

รุ่นไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	จำนวนรุ่นไรแดง (รุ่น)
1	13.0 ± 1.5^{b}
2	17.0 ± 0.0^{a}
3	14.0 ± 3.1^{ab}
4	14.0 ± 1.5^{b}
5	14.0 ± 1.5^{b}
6	11.0 ± 2.1^{b}
7	11.0 ± 3.1^{b}
8	12.0 ± 2.1^{b}
9	12.0 ± 0.0^{b}
10	12.0 ± 0.0^{b}
11	11.0 ± 1.2^{b}
12	13.0 ± 1.5^{b}
13	12.0 ± 1.7^{b}
14	11.0 ± 1.5^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนรุ่นของไรแดงที่เพาะเลี้ยงเริ่มต้นจากไรแดงรุ่นเดียวกันเลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมต่อน้ำหนักแห้งพบว่าไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ ให้ 2จำนวนรุ่นของไรแดงมากที่สุดคือ 18.0±2.1 รุ่น แตกต่างกับไรแดงรุ่นอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 4.10 และตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 9 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง พบว่าไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 2 สามารถเพิ่มผลผลิตไรแดงมากที่สุด 17.0±2.3 รุ่น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับไรแดงรุ่นอื่น ดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ 4.7



ภาพที่ 4.10 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ความเข้มข้นกรัม 9 น้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

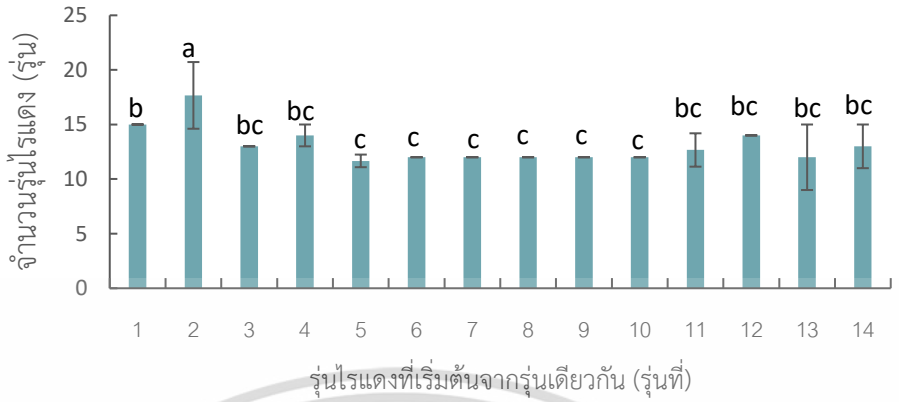
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

รุ่นไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	จำนวนรุ่นไรแดง (รุ่น)
1	12.0 ± 0.0^{bc}
2	18.0 ± 2.1^{a}
3	15.0 ± 2.5^{b}
4	14.0 ± 0.0^{b}
5	15.0 ± 2.1^{b}
6	12.0 ± 2.1^{ab}
7	12.0 ± 2.5^{ab}
8	11.0 ± 0.0^{c}
9	12.0 ± 0.0^{bc}
10	12.0 ± 1.7^{bc}
11	12.0 ± 0.0^{bc}
12	14.0 ± 0.0^{b}
13	11.0 ± 2.1^{c}
14	13.0 ± 0.0^{bc}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตาราง 4.7 จำนวนรุ่นของไรแดงที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

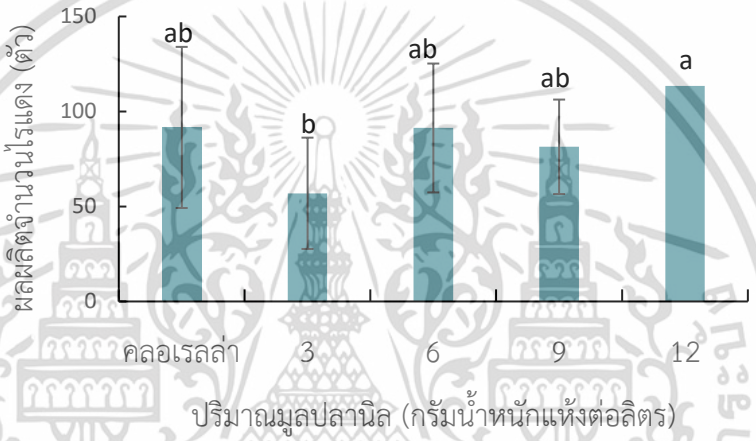
รุ่นไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	จำนวนรุ่นไรแดง (รุ่น)
1	15.0 ± 0.0^{b}
2	18.3 ± 3.1^{a}
3	13.0 ± 0.0^{bc}
4	14.0 ± 1.0^{bc}
5	12.0 ± 0.6^{c}
6	12.0 ± 0.0^{c}
7	12.0 ± 0.0^{c}
8	12.0 ± 0.0^{c}
9	12.0 ± 0.0^{c}
10	12.0 ± 0.0^{c}
11	13.0 ± 1.5^{bc}
12	14.0 ± 0.0^{bc}
13	12.0 ± 3.0^{c}
14	13.0 ± 2.0^{bc}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

การเลี้ยงไรแดงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตรเปรียบเทียบกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า พบว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลล่า เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ผลผลิตไรแดงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสามารถให้ผลผลิต 91.0±29.0, 81.0±34.0 และ 113.0±25.0 ตัว ตามลำดับ ส่วนไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ให้ผลผลิตไรแดงน้อยที่สุด 51.0±42.0 ตัว มีความแตกต่างกันกับไรแดงชุดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

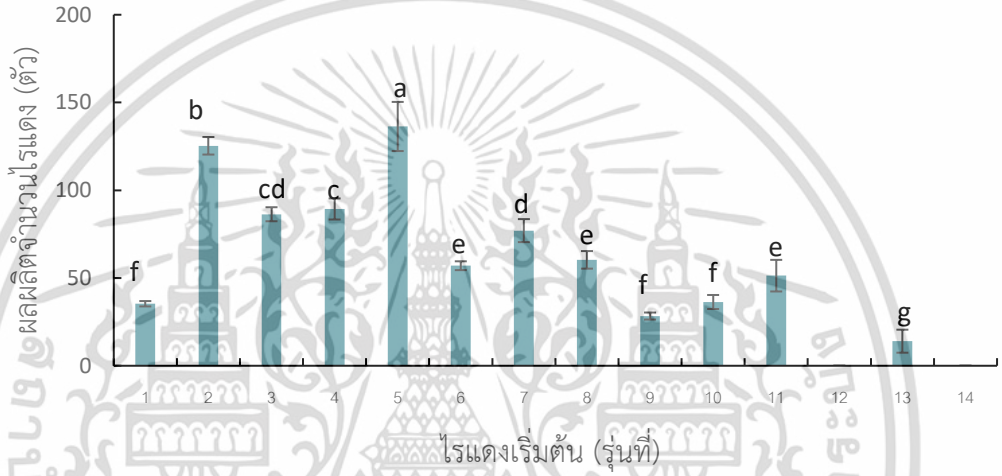
ตารางที่ 4.8 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ปริมาณมูลปลานิล (กรัมต่อน้ำหนักแห้ง)	ผลผลิตจำนวนของไรแดง (ตัว)
คลอเรลล่า	91.6±29.5^{ab}
3	57.0±42.4^{b}
6	91.0±29.3 ^{ab}
9	81.0±33.9 ^{ab}
12	113.0±25.4 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าไรแดงรุ่นที่ 5 มีผลผลิตไรแดงสูงสุดเท่ากับ 136.0±14.0 ตัว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) กับไรแดงเริ่มต้นรุ่นอื่น และไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 12 และ 14 ไม่พบผลผลิตไรแดง ดังภาพที่ 4.13 และตารางที่ 4.9 ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 6 กรัม น้ำหนักแห้งต่อลิตพบว่าไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 4 มีผลผลิตไรแดงสูงที่สุดเท่ากับ 155.0±55.0 ตัว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในชุดการทดลอง ดังภาพที่ 4.14 และตารางที่ 4.10



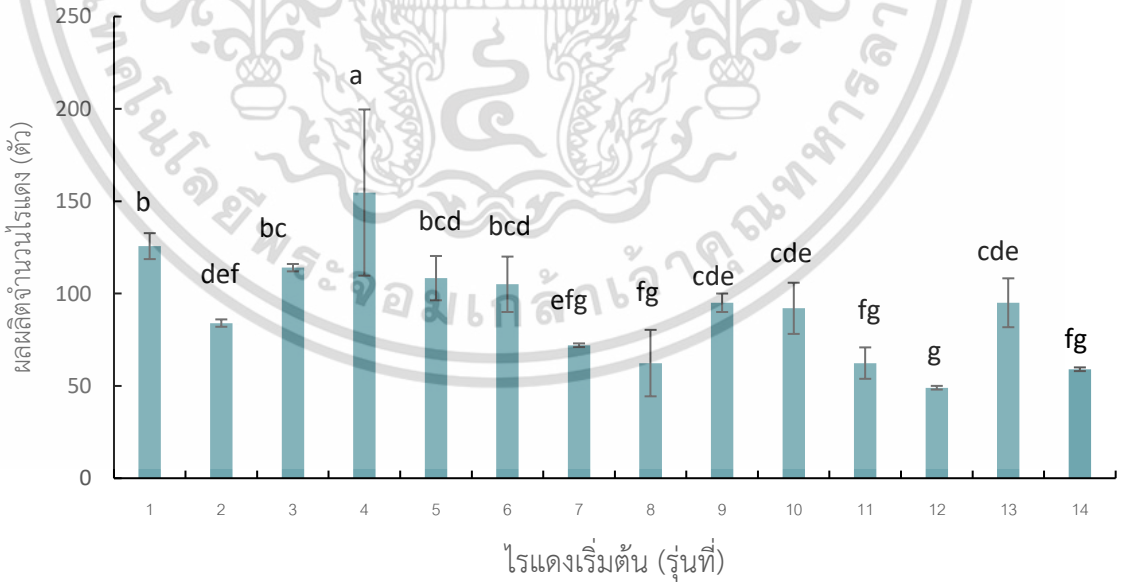
ภาพที่ 4.13 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัม น้ำหนักแห้งต่อลิตร
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 3 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ผลผลิตไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว)
1	35.0 ± 1.5^{f}
2	125.0 ± 5.0^{b}
3	86.0 ± 4.0^{cd}
4	89.0 ± 6.0^{c}
5	136.0 ± 14.0^{a}
6	57.0 ± 2.5^{e}
7	77.0 ± 5.0^{d}
8	60.0 ± 2.0^{e}
9	28.0 ± 4.0^{f}
10	36.0 ± 9.0^{f}
11	51.0 ± 0.0^{e}
12	0.0 ± 6.6^{h}
13	14.0 ± 0.0^{g}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.14 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

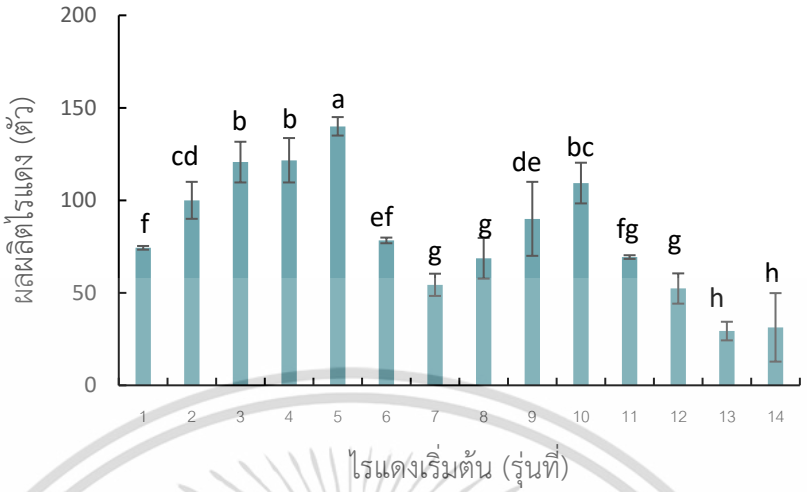
ตารางที่ 4.10 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ความเข้มข้น 6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ผลผลิตไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว)
1	126.0 ± 7.0^{b}
2	84.0 ± 2.0^{def}
3	114.0 ± 2.0^{bc}
4	155.0 ± 45.0^{a}
5	108.0 ± 12.0^{bcd}
6	105.0 ± 15.0^{efg}
7	72.0 ± 1.0^{fg}
8	62.0 ± 18.0^{cde}
9	95.0 ± 5.0^{cde}
10	92.0 ± 13.9^{cde}
11	62.0 ± 8.5^{fg}
12	49.0 ± 1.0^{g}
13	95.0 ± 13.2^{cde}
14	59.0 ± 1.0^{fg}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลผลิตไรแดงที่ได้จากการเลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 5 พบผลผลิตไรแดงสูงที่สุดเท่ากับ 140.0±5.0 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับกลุ่มการมดลอง โดยผลผลิตไรแดงมีแนวโน้มลดลงในช่วงไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 6 และกลับมามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 8 ดังภาพที่ 4.15 และตารางที่ 4.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 ผลผลิตไรแดง (ตัว) ในรุ่นต่างๆที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

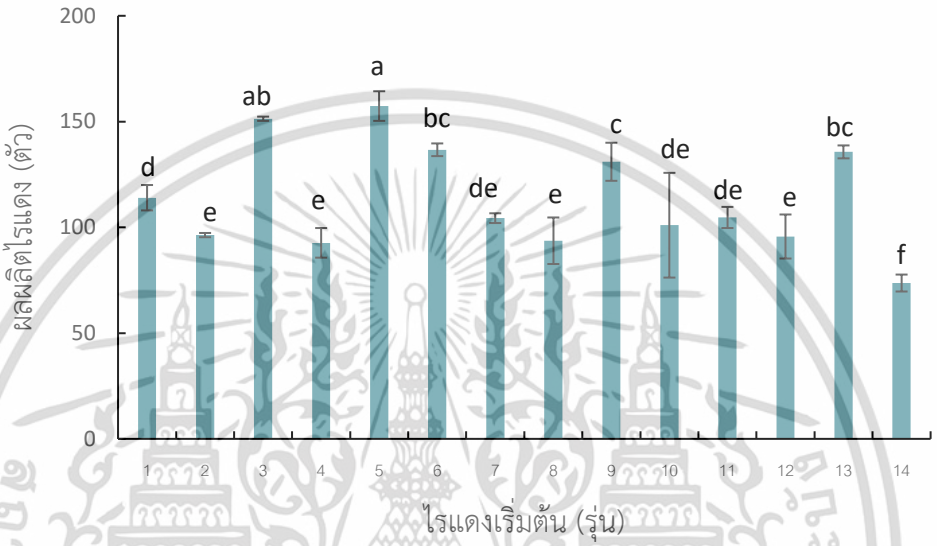
ตารางที่ 4.11 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 9 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ผลผลิตไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว)
1	74.0 ± 1.0^{f}
2	100.0 ± 10.0^{cd}
3	121.0 ± 11.0^{b}
4	$122.\pm12.0^{b}$
5	140.0 ± 5.0^{a}
6	78.0 ± 1.5^{ef}
7	54.0 ± 6.0^{g}
8	69.0 ± 11.0^{g}
9	90.0 ± 20.0^{de}
10	109.0 ± 11.0^{bc}
11	69.0 ± 1.0^{fg}
12	52.0 ± 8.2^{g}
13	29.0 ± 5.0^{h}
14	31.0 ± 18.5^{h}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร จากผลการทดลองไรแดงเริ่มต้นรุ่นที่ 3 และ 5 มีผลผลิตไรแดง 151.0±1.0 ตัว 157.0±7.0 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และในรุ่นที่ 14 ให้ผลผลิตไรแดงน้อยที่สุด 74.0±4.0 ตัว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มการทดลอง ($P<0.05$) ดังภาพที่ 4.16 และตารางที่ 4.12



ภาพที่ 4.16 ผลผลิตไรแดงเฉลี่ย (ตัว) ในรุ่นต่างๆ ที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความหนาแน่น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว) ที่ผลิตได้จากไรแดงเริ่มต้นรุ่นเดียวกันที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร

ผลผลิตไรแดงที่เริ่มต้นจากรุ่นเดียวกัน (รุ่นที่)	ผลผลิตจำนวนไรแดง (ตัว)
1	114.0±6.0^{d}
2	96.0±1.0^{e}
3	151.0±1.0^{ab}
4	93.0±7.0^{e}
5	157.0±7.0^{a}
6	137.0±3.0^{bc}
7	104.0±2.3^{de}
8	94.0±11.0^{e}
9	131.0±9.0^{c}
10	101.0±24.8^{de}
11	105.0±5.0^{de}
12	96.0±10.4^{e}
13	136.0±3.1^{bc}
14	74.0±4.0^{f}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการทดลองใช้มูลปลานิลความเข้มข้น 3, 6, 9 และ 12 กรัมหนักแห้งต่อลิตร พบว่าผลผลิตไรแดงในแต่ละรุ่นของไรแดงมีความไม่แน่นอนดังภาพที่ 4.13, 4.14, 4.15 และ 4.16 และตารางที่ 4.9, 4.10, 4.11 และ 4.12 และจะพบว่าผลผลิตไรแดงจะลดลงเมื่อนำไรแดงหลังจากรุ่นที่ 6 มาเพาะเลี้ยงทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะคุณภาพไรแดง

การนำมูลปลานิลมาใช้เพื่อผลผลิตไรแดงเป็นวิธีการสามารถทำให้เกษตรกรนำไปใช้ผลิตไรแดงได้ต่อเนื่อง มูลปลามีสารอาหารจำพวกโปรตีน 18.0-19.0 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.45 เปอร์เซ็นต์ EPA 0.13 เปอร์เซ็นต์ DHA 0.20 เปอร์เซ็นต์ amino acid histidine 0.26 เปอร์เซ็นต์ และ arginine 0.78 เปอร์เซ็นต์ (Zuhro et al. 2020) มูลปลานิลเป็นของเสียที่มีสารอาหารที่จำเป็นสำหรับไรแดง โดยมีแบคทีเรียช่วยย่อยสารอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารของไรแดงทำให้สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาคุณค่าอาหารของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล

ผลการเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลล่าที่ระดับความหนาแน่น $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และมูลปลานิลระดับความเข้มข้น 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร พบว่าคุณค่าโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีโปรตีน 77.8±1.4 เปอร์เซ็นต์ และไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่ามีปริมาณโปรตีน 74.1±1.2 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณไขมันพบว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีปริมาณไขมัน 13.0 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าชุดการทดลองอื่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีนจากการทดลองมีปริมาณสูงกว่าการทดลองของ ปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม และคณะ (2560) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการไรแดงที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลล่ามีปริมาณโปรตีนในไรแดง 76.7 เปอร์เซ็นต์กรัมต่อน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ ธิดา เพชรมณี (2542) การทดลองเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลล่ามีปริมาณโปรตีน 68.1 เปอร์เซ็นต์ คุณค่าโภชนาการของไรแดงแตกต่างกันนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร

ตารางที่ 4.13 คุณค่าทางโภชนาการในไรแดงที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นมูลปลานิล 12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร กับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่าระดับความหนาแน่น $5.3x10^5 \pm 1.4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

คุณค่าทางโภชนาการ (%)	ไรแดงเลี้ยงด้วยคลอเรลล่า	ไรแดงเลี้ยงด้วยมูลปลานิล
เถ้า	3.4 ± 0.2^a	2.1 ± 0.1^a
ไขมัน	10.2 ± 0.9^b	13.0 ± 1.2^a
โปรตีน	74.1 ± 1.2^a	77.8 ± 1.4^a
คาร์โบไฮเดรต	12.5 ± 1.0^a	11.8 ± 0.5^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไรแดงในตู้เย็น

ไรแดงเป็นอาหารมีชีวิตที่มีความสำคัญในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยเฉพาะการอนุบาลสัตว์น้ำจืดที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง การเก็บรักษาไรแดงเพื่อให้ไรแดงเพียงพอต่อความต้องการ การเก็บรักษาไรแดง หลังการผลิตวิธีการแช่ในตู้เย็น ช่องแช่แข็งและช่องธรรมดา เป็นวิธีการเก็บรักษาที่เกษตรกรทำได้ง่าย นอกจากนี้ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่ผลิตได้ ผลจากการทดลองการเก็บไรแดงที่อุณหภูมิช่องแช่แข็ง (-12 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส) และช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) และระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่ออัตราความสมบูรณ์ของไรแดง โดยการแช่แข็งไรแดงในช่องแช่แข็งมีความสมบูรณ์ของไรแดงมากกว่าการแช่ไรแดงในช่องธรรมดาของตู้เย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และระยะเวลาที่เหมาะสม การเก็บรักษาไรแดง 1-2 สัปดาห์ เนื่องจากมีความสมบูรณ์ของไรแดง 96.7±5.8 และ 86.7±5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 จำนวนไรแดงที่มีลักษณะความสมบูรณ์ของไรแดง (เปอร์เซ็นต์) ที่แช่ตู้เย็นในช่องแช่แข็งและช่องธรรมดา เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความสมบูรณ์ของไรแดง (เปอร์เซ็นต์)	
	ตู้เย็นช่องแช่แข็ง (-12 องศาเซลเซียส)	ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส)
1	$96.7\pm5.8^{A,a}$	$63.3\pm5.7^{B,a}$
2	$86.7\pm5.7^{A,b}$	$36.7\pm5.7^{B,b}$
3	$53.3\pm5.8^{A,c}$	$26.7\pm5.7^{B,c}$
4	$30.0\pm10.0^{A,d}$	$6.7\pm5.7^{B,d}$

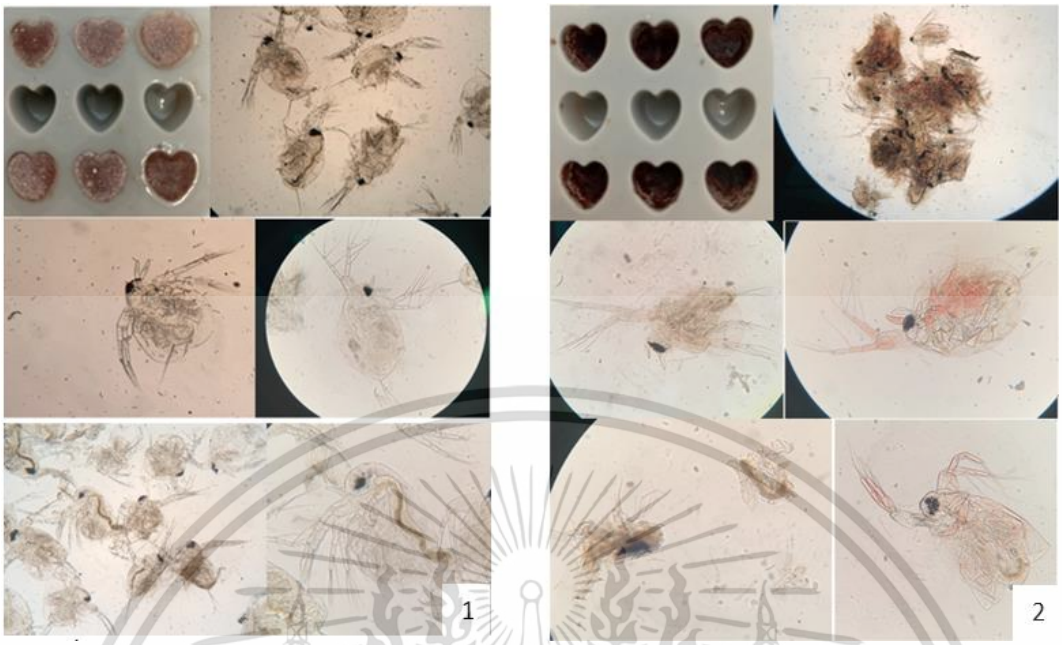
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

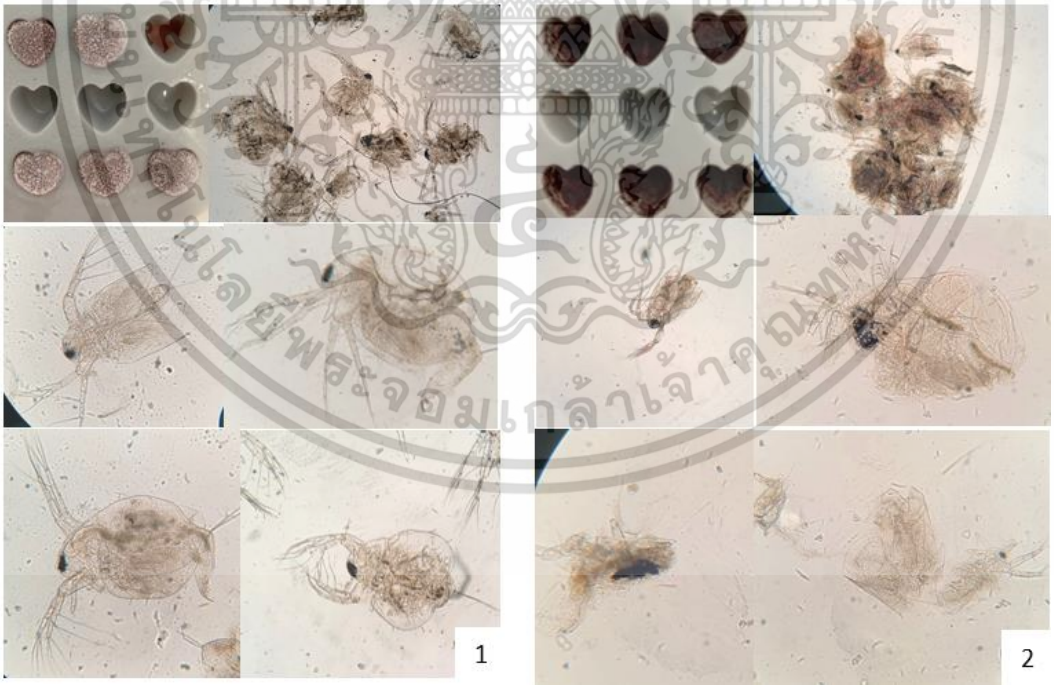
ลักษณะของไรแดงที่เก็บรักษาไรแดงในตู้เย็นช่องแช่แข็งอุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่าลักษณะภายนอกไรแดงจับเป็นก้อนน้ำแข็ง หลังจากตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องน้ำแข็งจะละลาย ซึ่งแตกต่างกับไรแดงที่แช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส พบว่าลักษณะภายนอกของไรแดงจับเป็นแผ่น เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่าในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ไรแดงที่แช่แข็งอุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส ไรแดงจะคงรูปร่าง มีรยางค์บางส่วนขาดบ้างเล็กน้อยดังภาพที่ 4.17 และภาพที่ 4.18

การเก็บไรแดงในช่องแช่แข็งที่อุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 3 สัปดาห์จะพบการเปื่อยของไรแดงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และพบไรแดงฉีกขาดอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อเก็บรักษาไรแดงที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4.19 และภาพที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

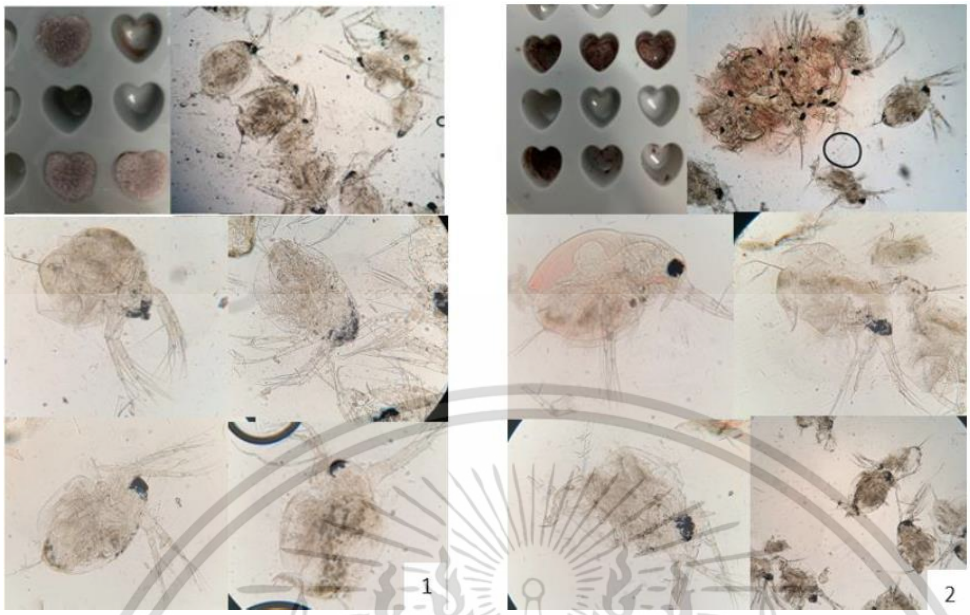


ภาพที่ 4.17 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 สัปดาห์

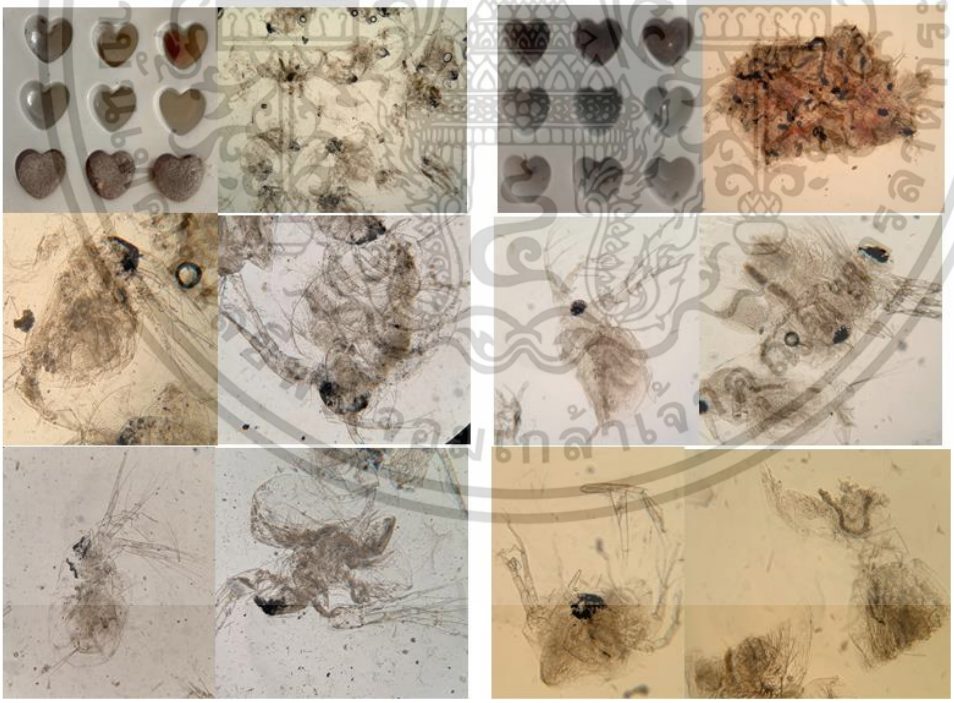


ภาพที่ 4.18 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 2 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 3 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 3 สัปดาห์



ภาพที่ 4.20 1) ลักษณะของไรแดงแช่แข็งในตู้เย็น (-12 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 4 สัปดาห์
2) ลักษณะของไรแดงแช่ตู้เย็นช่องธรรมดา (6 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 4 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาไรแดงเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาวะของน้ำในอาหารที่เป็นของเหลวให้เป็นน้ำแข็ง ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือลดจำนวนของจุลินทรีย์เพื่อชะลอการเน่าเสีย ทำให้วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถรักษาคุณภาพของอาหารและเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย สุทธวัฒน์ เบญจกุล (2548) ศึกษาการเยือกแข็งแบบช้า (slow freezing) ซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียสโดยแช่แข็งเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมง ถึง 3 วัน ไรแดงแช่แข็งจะมีผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่เกิดขึ้นในอาหาร

วราห์ เทพาหุดี (2559) มีการศึกษาใช้ทรีฮาโลส (trehalose) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บไรแดงแช่แข็งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์โดยการแช่แข็งไรแดงในตู้เย็นโดยนำไรแดงแช่ในสารละลายทรีฮาโลสนาน 30 นาที หลังจากนั้นไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส แล้วพบว่าไรแดงแช่แข็งที่มีความเข้มข้นทรีฮาโลส 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาไรแดงได้ 28 วัน โดยรูปร่างเสียสภาพน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลผลิตและเก็บรักษาไรแดงโดยใช้ประโยชน์จากมูลปลานิลแทนการใช้คลอเรลลาเป็นอาหารเลี้ยงไรแดง (*Moina macrocopa*) ผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6-12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร สามารถให้จำนวนรุ่นไรแดงที่สามารถนำไปผลิตไรแดงในรุ่นต่อไปได้จำนวน 13.0±1.6 รุ่น มากกว่าการเลี้ยงไรแดงด้วยคลอเรลล่าที่ให้จำนวน 9.0±0.6 รุ่น ส่วนผลผลิตไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลความเข้มข้น 6-12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงด้วยคลอเรลล่าโดยให้ผลผลิตไรแดง 91.6±29.5 ถึง 113.0±24.9 ตัว

คุณค่าทางโภชนาการของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีปริมาณโปรตีน 77.8±1.4 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 11.8±0.5 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 2.1±0.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า ส่วนปริมาณไขมันของไรแดงที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลมีปริมาณ 13.0±1.2 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าไรแดงที่เลี้ยงด้วยคลอเรลล่า

การรักษาผลผลิตไรแดงควรเก็บไว้ในตู้เย็นช่องแช่แข็งอุณหภูมิ -12 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ จะทำให้ลักษณะไรแดงยังคงมีความสมบูรณ์มากที่สุด 96.7±5.8 เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรนำผลจากการเลี้ยงไรแดงด้วยมูลปลานิลไปศึกษาทดลองผลิตไรแดงในบ่อเลี้ยงที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้น และคุณค่าทางโภชนการของไรแดงที่เก็บรักษาแช่แข็งในตู้เย็นเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตในเชิงธุรกิจ และลดผลกระทบของเสียที่เกิดจากมูลปลานิลต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกทิพย์ กาญจนวัฒนา. 2549. **วิธีการเก็บรักษาไรแดงด้วยอุณหภูมิต่ำ.** วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กลุ่มสถิติการประมง. 2566. **ประมาณการผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย พ.ศ. 2565-2568.** [Online]. Available: https://www4.fisheries.go.th›fkey› ref107358.

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2560. **การเพาะคลอเรลลา (น้ำเขียว) และไรแดง.** [Online]. Available: http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/fa301/Chapter3.htm.

เกวลิน หนูฤทธิ์. 2565. **สินค้าปลานิล & ผลิตภัณฑ์.** [Online]. Available: https://www.fisheries.go.th›6. ปลานิล มค.65.doc.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม และยงยุทธ ประยูรชาญ. 2551. **การศึกษาผลของระยะเวลาการเจริญของสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ต่อการเพิ่มผลผลิตไรแดง (*Moina macrocopa*).** [Online]. Available: http://www.fishtech.mju.ac.th›main› download.

จิระพงศ์ ผดุงปราณ และสมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2560. การใช้ไข่น้ำ (*Wolffia globosa*) แหนแดง (*Azolla* sp.) และแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*) ดูดซับธาตุอาหารในน้ำหมักมูลปลานิล (*Oreochromis niloticus*). **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 35(1):83-92.

ดำรง โลหะลักษณาเดช, ทัศนีย์ ชวนประชุม และเอกพงศ์ แก้วสุทธิ์. 2554. การเปรียบเทียบสูตรอาหารในการเพาะเลี้ยง *Chlorella ellipsoidea*. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 5(2):48-54.

เถลิงเกียรติ สมนึก, ณัฏฐวรรณ สมนึก, สำเนาว์ เสาวกูล และกฤติมา เสาวกูล. 2561. การเพิ่มผลผลิตไรแดงและปริมาณคลอเรลลาโดยใช้น้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยชีววิธี. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง.** 12(1):71-81.

ธัชพล การะเกตุ, ดรินทร์ธร อ่าอิ่ม, ชลธิชา ระพีพัฒน์ชาญชัย และ ปิยวัฒน์ ปองผดุง. 2562. การใช้คลอเรลล่าอบแห้งเป็นอาหารสาหรับการเพาะเลี้ยงไรแดงแบบมหมวล. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 27(4):684-694.

ธิดา เพชรมณี. 2542. **คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน.** [Online]. Available: https://elibonline.fisheries.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?lang=1&cat=aut&pat=&db=Main&op=dsp&skin=s&scid=zzz&opt=crd&bid=5139&kid=0&lpp=20&catop=.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นุกูล แสงพันธุ์, เอื้ออารี สุขสมนิตย์ และพิสมัย เฉลยศักดิ์. 2559. **การเพาะเลี้ยงไรแดงยุคใหม่: การเลี้ยงเพื่อผลิตไข่ไรแดง 4 ชนิด**. เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช).

บุณยกร พ่วงดี และศรัณย์ เศวตมาลานนท์. 2561. **การใช้น้ำทิ้งจากการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์เพาะเลี้ยงคลอเรลลาและไรแดง.** วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์(เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ปิยพรรณ แม้นกลิ่นเนียม, สุปิยนิตย์ ไม้แพ และสุเปญญา จิตตพันธ์. 2560. การศึกษาเบื้องต้นขององค์ประกอบทางโภชนาการและการเจริญเติบโตของไรแดง (*Moina macrocopa* (Straus, 1820) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายและยีสต์. หน้า 3700-3708. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิศมัย สมสืบ, นุชนรี ทองศรี, ศิริพร บุญเต็ม และสหัสษา อุตสาหะ. 2549. ผลของการเก็บรักษาไรแดง 3 วิธีที่มีต่อการยอมรับอาหารของปลาทองและปลากัด. หน้า 1-11. ใน **เอกสารวิชาการฉบับที่ 34.** กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง.

เมธาวี รอดมงคลดี, วราห์ เทพานุดี และนุกูล แสงพันธุ์. 2563. การศึกษาชีวประวัติของไรแดงสามชนิด (Cladocera:Moinidae) ในประเทศไทยในห้องปฏิบัติการ. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 25:129-140.

วราห์ เทพาหุดี. 2559. **การใช้ทีฮาโลสในการเก็บรักษาอาหารธรรมชาติแช่แข็งเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** [Online]. Available: https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=25078.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2554. **เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Amirkolaie, A.K. 2005. **Dietary carbohydrate and faecal waste in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*)** Ph.D. thesis of Wageningen University, The Netherlands.

Antonia, E., Shumon, C., Nadine, S., Michal, B., Ralph, M. and Chistian, E.W.S. 2013 Inteaction of temperature and an environmentalstressor: *Moina macrocopa* responds with increased body size, increased lifespan, and increased offspring numbers slightly above its temperature optimum. **Chemosphere.** 90:2136-2141.

Azuraidi, O.M., Yosoff, F.M., Shamsudin, M.N., Raha, R.A., Alekseev, V.R. and Matias-Peralta, H.M. 2013. Effect of food density on male appearance and ephippia production in a tropical cladoceran, *Moina micrura* Kurz. **Aquaculture**. 412-413:131-135.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kabery, K., Anisuzzaman, M.d., Jeong, U.C. and Seok J.K. 2019. Mass culure of *Moina macrocoa* using organic waste and its feeding effects on the performance of *Pagrus major* larvae **Egyptian journal of Aquatic Research**. 45:75-80.

Lucia, M.E., Manuel E.G. and Marcelo, S.B. 2019. *Moina macrocopa* (Straus, 1820): a species complex of a common Cladocera, highlighted by morphology and DNA barcodes. **Limnetica.** 38(1):253-277.

José, L.G.F., María E.H.S., Sarma, S.S.S., Nandini, S., Ricardo, Z.M. and Ramesh D.G. **2015** Temperature and age aggect the life history characteristics and fatty acid profiles of *Moina macrocopa* (Cladocera). **Journal of Thermal Biology**. 53:135-142.

Miguel, A., Neretina, A.N., Sanoamuang, L.O., Saengphan, N. and Kotov, A.A. 2019. A new species of Moina Baird, 1850 (Cladocera: Moinidae) from Thailand. **Zootaxa.** 4554(1):199-218.

Okomoda, V.T. 2011. Aquaculture and the environment, effects and best practices. **department of fisheries and aquaculture**, college of forestry and fisheries, university of agriculture markurdi benue state, Nigeria.

Zuhro, A.F., Mubarak, A.S. and Masithah, E.D. 2020. Concentration of fermented tilapia feces suspension by decomposer bacteria as a feed to induce Moina macrocopa sexual reproduction. **Earth and environmental science**. 441:1-6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
อุปกรณ์และสารเคมีวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าในไรแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 อุปกรณ์และสารเคมีวิเคราะห์โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method

1 ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์โปรตีน

2 catalyst mixture (copper sulfate และ potassium sulfate)

3 4% boric acid

4 mix indicator (bromocresol green และ methyl red)

5 0.1 N H_2SO_4

6 conc. H_2SO_4

วิธีการเก็บข้อมูล

1 ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติม catalyst 3 กรัม กับ H_2SO_4 Cone. 10 มิลลิลิตร นำไปย่อยใน digestion block unit 550 องศาเซลเซียส 45 นาที จนตัวอย่างเป็นสีเขียว และพักให้เย็น

2 นำหลอดย่อยตัวอย่างเข้าเครื่องกลั่น (เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร และ NaOH 40% 65 มิลลิลิตร

3 ใช้ H_3BO_3 4 เปอร์เซ็นต์ 60 มิลลิลิตร (สีชมพู) จนสารละลายที่ได้เปลี่ยนเป็นสีเขียว

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน

$$\% \text{ nitrogen} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times F \times 1.4007}{W}$$

$$\% \text{ crude protein} = \%N \times 6.25$$

ก.2 อุปกรณ์และสารเคมีวิเคราะห์ความชื้นและวัตถุแห้ง

1 ขวดชั่ง (crucible) จานกระเบื้องเคลือบ (porcelain dish) จานโลหะ

2 ตู้อบ (drying oven)

3 โถดูดความชื้น (desiccator)

4 เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (0.0000 กรัม)

5 คีมจับของร้อน

วิธีการเก็บข้อมูล

1 เตรียม crucible ไปชั่งและบันทึกน้ำหนักคงที่ (A)

2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2-5 กรัม (W) ใส่ใน crucible

3 นำไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

4 ทำให้เย็นด้วยโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปชั่งและบันทึกน้ำหนัก และนำตัวอย่างไปอบซ้ำที่ข้อที่ 3 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็น ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ (B)

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{W-(B-A)}{W} \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนัก crucible (กรัม)

B = น้ำหนัก crucible และตัวอย่างอาหารหลังอบ (กรัม)

% วัตถุแห้ง (dry matter) = 100-% moisture

ก.3 อุปกรณ์และขั้นตอนการวิเคราะห์เถ้า

1 ถ้วยกระเบื้อง (silica or procetin rucible)

2 เตาเผา (muffle furnace)

3 โถดูดความชื้น (desicator)

4 ตู้ดูดควัน (fume hood)

5 เครื่องชั่งโดยละเอียดทศนิยมไม่ต่ำกว่า 4 ตำแหน่ง (balance)

6 แผ่นให้ความร้อน (hot plate)

วิธีการเก็บข้อมูล

1 เตรียม crucible เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง ทำซ้ำ 1-2 ครั้ง ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ (A)

2 ชั่งน้ำหนัก 2-5 กรัม ใส่ crucible บันทึกน้ำหนักตัวอย่าง (W)

3 นำตัวอย่างไปเผาไล่ควันจนหมดบน hotplate ในตู้ดูดควัน

4 นำ crucible พร้อมตัวอย่างไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว

5 เมื่อครบ 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเตาเผา จนอุณหภูมิลดต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส จากนั้นปล่อยให้เย็นใน desiccator ปล่อยให้เย็นนาน 30 นาที แล้วชั่งและบันทึกน้ำหนัก (B)

6 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า จากสูตร

$$\%\text{เถ้า} = \frac{(B-A)}{W} \times 100$$

เมื่อ A= น้ำหนัก crucible

B= น้ำหนัก crucible และตัวอย่างหลังอบ

W= น้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 อุปกรณ์และขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน

1 เครื่องสกัดไขมัน

2 analytical balance

3 extraction beaker

4 หลอดใส่ตัวอย่าง cellulose thimble

5 กระดาษกรองเบอร์ 1

6 desiccator

7 ตู้อบความร้อน hot air oven

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1 อบ extraction beaker ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นด้วยโถดูดความชื้น

2 ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ จนได้น้ำหนักที่คงที่ (A)

3 ชั่งตัวอย่าง 1.00 กรัม (W) ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ตัวอย่างใน cellulose thimbles แล้วเติม petroleum ether ลงใน extraction beaker 125 มิลลิลิตร

4 นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นด้วยโถดูดความชื้น ชั่งบีกเกอร์ที่มีไขมันบันทึกน้ำหนัก (B)

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{(B-A)\times 100}{W}$$

โดยที่ W=น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

A= น้ำหนัก extraction beaker

B= น้ำหนัก extraction beaker และไขมันที่สกัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนุชนารถ จงเจริญรุ่งเรือง

วัน เดือน ปีเกิด 03 กันยายน 2534

ที่อยู่ปัจจุบัน 550/34 ซอยโพธิ์ปั้น ถนนอโศกดินแดง เขตดินแดง แขวงดินแดง กรุงเทพฯ 10400

ประวัติการศึกษา 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2566 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

1. นักวิชาการสัตว์น้ำ บริษัทโกรเบสท์คอร์โพเรชั่น จำกัด
2. นักวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผลงานวิจัยตีพิมพ์เรื่อง ผลผลิตของไรแดงที่เลี้ยงด้วยระดับความหนาแน่นของคลอเรลล่า *Chlorella* sp. ที่แตกต่างกัน
4. การใช้มูลปลานิลจากบ่อเลี้ยงเป็นอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไรแดงเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิต และทดแทนการใช้คลอเรลล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้