รูปแบบของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเติบโตและผลของการจำศีลชั่วคราวต่อคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล (*Pomacea* sp.)

EFFECTS OF FEED TYPES AND AESTIVATION ON GROWTH AND NUTRITION COMPOSITION OF APPLE SNAIL (*POMACEA* SP.)

สุรีวัลย์ ศรีจาด

SUREEWAN SRIJAD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AG-M-081-419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF FEED TYPES AND AESTIVATION ON GROWTH AND NUTRITION COMPOSITION OF APPLE SNAIL (*POMACEA* SP.)

SUREEWAN SRIJAD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL 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

2024

KMITL-2024-AG-M-081-419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	รูปแบบของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเติบโตและผลของการจำศีลชั่วคราวต่อคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล (*Pomacea* sp.)
ชื่อนักศึกษา	ว่าที่ร.ต.หญิงสุรีวัลย์ ศรีจาด
รหัสประจำตัว	63604024
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การประมง
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งตะวัน ยมหล้า

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ และผลของการจำศีลต่อคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล *Pomacea* sp. แบ่งออกทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ ในหอยแอปเปิล และการทดลองที่ 2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอัตราการรอดตายหลังการจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน การลองที่ 1 แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 กลุ่มให้อาหารสำเร็จรูป (Commercial feed: CF) กลุ่มที่ 2 กลุ่มให้ใบหม่อนสด (Mulberry leaves: ML) และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มอาหารผสมระหว่างใบหม่อนสดกับอาหารสำเร็จรูป (Commercial feed and mulberry leaves: MF) แต่ละชุดเลี้ยงด้วยจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน หอยแอปเปิลเริ่มทดลองอายุประมาณ 4.5 สัปดาห์มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 0.09±0.04 กรัมต่อตัว สุ่มเข้าบ่อเลี้ยงแต่ละบ่อ โดยระบบการเลี้ยงเป็นระบบปิด (Closed System) ที่มีการเปิดปิดระบบน้ำวันละ 2 ครั้งๆ ละ 1 ชั่วโมง (เช้า-เย็น) ให้อาหารวันละครั้ง เลี้ยงนาน 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของหอยแอปเปิลระหว่างชุดทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยหอยแอปเปิลกลุ่ม MF มีน้ำหนักเฉลี่ย (4.32±0.40 กรัม) แตกต่างกับกลุ่ม CF (2.52±0.14 กรัม) และ ML (1.82±0.15 กรัม) และพบว่ากลุ่ม CF มีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกับกลุ่ม ML ในขณะที่ความยาวเฉลี่ยระหว่างของกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วย MF มีความยาวเฉลี่ยสูงสุด (28.12±1.59 มิลลิเมตร) แตกต่างกับกลุ่ม CF (24.07±1.14 มิลลิเมตร) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ML (23.38±1.13 มิลลิเมตร) โดยทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวมีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันค่าอัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion ratio: FCR) กลุ่ม CF, ML และ MF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม CF มีค่า FCR ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.16 ในขณะที่กลุ่ม ML(1.34) และ MF (1.34) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยหอยกลุ่ม CF, ML และ MF มีเปอร์เซ็นต์อัตราการรอดตายเท่ากับ 91.6±5, 99.4±0.8, และ 94.5±6.1 ตามลำดับ พบคุณค่าทางโภชนาการของน้ำหนักแห้ง (โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, เถ้า, แป้งและน้ำตาล(NFE), แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ในกลุ่มของ ML และ CF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$). ค่าเฉลี่ยโปรตีนสูงสุดและไขมันต่ำสุดพบในกลุ่ม ML มีค่าเท่ากับ 54.3±0.06% และ 3.45±0.18% ตามลำดับ

หอยแอปเปิลรุ่นเดียวกันจากบ้านสวนรุ่งตะวันและจากทดลองแรก นำมาเลี้ยงต่อจนมีอายุ 5 เดือน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 19.29±1.17 กรัมต่อตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มชุดควบคุม (T1:ไม่มีการจำศีล), กลุ่มจำศีล 2 สัปดาห์ (T2) , กลุ่มจำศีล 4 สัปดาห์ (T3) และกลุ่มจำศีล 8 สัปดาห์ (T4) พบคุณค่าทางโภชนาการของเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่ม T1 ค่าเท่ากับ 47.53±0.44, T2 มีค่าเท่ากับ 51.17±0.53, T3 มีค่าเท่ากับ 52.88±0.18 และค่าเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่ม T4 มีค่าเท่ากับ 53.95±0.24 เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการจำศีล เปอร์เซ็นต์ไขมันและเยื่อใยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์เถ้าและแป้งและน้ำตาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าสูงในกลุ่มจำศีลนาน 4 และ 8 สัปดาห์ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาลพบมีปริมาณสูงในกลุ่มควบคุมและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการจำศีล พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์แคลเซียม ($P<0.05$) ระหว่างกลุ่มจำศีลสูงกว่ากลุ่มควบคุม ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มการทดลองพบเปอร์เซ็นต์การฟื้นตัวเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

แนวโน้มของการเลี้ยงหอยแอปเปิลสามารถใช้ทั้งอาหารเม็ด ใบหม่อน และการให้อาหารผสมระหว่างอาหารเม็ดและใบหม่อนได้ตามความเหมาะสม นอกจากนี้การจำศีลหอยแอปเปิลในขนาดที่เหมาะสมสามารถประหยัดอาหารการเลี้ยงและมีประโยชน์ในการขนส่ง รวมทั้งการเก็บรักษาเพื่อเป็นอาหารสดได้นานถึง 8 สัปดาห์

คำสำคัญ: หอยแอปเปิล, *Pomacea* sp., ใบหม่อน, อาหารสำเร็จรูป, ประสิทธิภาพการเติบโต, การจำศีล, คุณค่าทางโภชนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	EFFECTS OF FEED TYPES AND AESTIVATION ON GROWTH AND NUTRITION COMPOSITION OF APPLE SNAIL (*POMACEA* SP.)
Student Name	ACTING SUB LT. SUREEWAN SRIJAD
Student ID	63604024
Degree	Master of Science
Department	Fisheries Science
Year	2024
Thesis Advisor	Associate Professor Rungtawan Yomla (Ph.D.)

Abstract

Study on the effectiveness of different feed types on growth, nutritional values, and the effect of aestivation on the nutritional values of the apple snail *Pomacea* sp. The experiment is divided into 2 trials. In the first trial, the study examines the effectiveness of different feed types on the growth and nutritional values of apple snails. In the second trial, the study focuses on the nutritional values and survival rates after aestivation on periods at different time intervals for apple snails. Experiment 1 divided the trial into 3 groups: group 1 was provided with commercial feed (CF), group 2 was given fresh mulberry leaves (ML), and group 3 received a combination of fresh mulberry leaves and commercial feed (MF). Each set was fed with unequal replications. The apple snails began the experiment at an age of approximately 4.5 weeks with an average weight of about 0.09±0.04 grams per individual. They were randomly placed into each cement pond, and the rearing system was used as a closed system with water exchanges occurring twice a day, once every hour (morning and evening). The snails were fed once a day for 6 weeks. It was found that the average weight of apple snails among the experimental groups differed significantly ($P<0.05$). The apple snails in the MF group had an average

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

weight (4.32±0.40 grams) that differed from the CF group (2.52±0.14 grams) and the ML group (1.82±0.15 grams). Additionally, the CF group showed a significant difference in average weight compared to the ML group. While the average lengths among the groups differed significantly ($P<0.05$), the MF group had the highest average length (28.12±1.59 millimeters), differing from the CF group (24.07±1.14 millimeters) and the ML group (23.38±1.13 millimeters). However, the average lengths between the CF and ML groups did not differ significantly. The Feed Conversion Ratio (FCR) values among the CF, ML, and MF groups differed significantly ($P<0.05$). The CF group had the lowest FCR value, equal to 1.16, while the ML (1.34) and MF (1.34) groups did not show a statistically significant difference in FCR values ($P>0.05$). The survival rates did not show a statistically significant difference ($P>0.05$) among the CF, ML, and MF groups, with survival percentages of 91.6±5, 99.4±0.8, and 94.5±6.1, respectively. Nutritional values of dry weight (protein, fat, fiber, ash, nitrogen-free extract (NFE), calcium, and phosphorus) in the ML and CF groups differed significantly ($P<0.05$). The highest average values for protein (54.3±0.06%) and the lowest for fat (3.45±0.18%) were found in the ML group.

Apple snails from the same place and the first experiment were continued to be raised until reaching 5 months of age. The average body weight was 19.29±1.17 grams per individual, divided into 4 experimental groups: a control group (T1: no fasting), a 2-week fasting group (T2), a 4-week fasting group (T3), and an 8-week fasting group (T4). The protein percentage values showed a statistically significant difference ($P<0.05$) among the groups. T1 had a value of 47.53±0.44, T2 had a value of 51.17±0.53, T3 had a value of 52.88±0.18, and the highest average value was observed in T4 with 53.95±0.24. The protein percentage showed an increasing trend over the fasting duration, while the fat and fiber percentages did not differ significantly ($P>0.05$). The percentages of ash, starch, and sugar differed significantly ($P<0.05$), with higher ash percentages in the 4 and 8-week fasting groups. Meanwhile,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

starch and sugar percentages were higher in the control group and showed a decreasing trend over the fasting period. Calcium percentages differed significantly ($P<0.05$) between the fasting groups, with higher values in the fasting groups compared to the control group. Phosphorus percentages did not show a significant difference ($P>0.05$) among all experimental groups, and a 100% recovery percentage was observed in all experimental groups.

The trend of raising apple snails can be achieved using both pellet feed, mulberry leaves, and a combination of pellet feed and mulberry leaves as appropriate. Additionally, fasting apple snails at an appropriate size can save on feeding costs and be advantageous for transportation, as well as for storage as fresh food for up to 8 weeks.

Keywords: Apple snails, *Pomacea* sp., Mulberry leaves, Commercial feed, Growth performance, aestivation, nutrient contents

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการ สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ จาก รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งตะวัน ยมหล้า อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาในครั้งนี้ และดร.สรวิศ เผ่าทองศุข ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงรองศาสตราจารย์ ดร.สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์ลดา กลางนุรักษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาให้เกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อไป

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบ้านสวนรุ่งตะวัน ได้ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง สถานที่สำหรับการเลี้ยง เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร ผู้ดูแลนักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยดูแลเรื่องเอกสาร ตลอดเวลาที่กำลังศึกษาอยู่

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้ศึกษางานวิจัยนี้ ซึ่งหากวิทยานิพนธ์นี้ มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้

ว่าที่ร.ต.หญิงสุรีวัลย์ ศรีจาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....3

1.4 ขอบเขตการวิจัย.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 ชีววิทยาของหอยแอปเปิล.....5

2.2 การแพร่กระจายของหอยแอปเปิล.....5

2.3 ลักษณะทั่วไปของหอยแอปเปิล.....6

2.4 อวัยวะภายนอกของหอยแอปเปิล.....8

2.5 อวัยวะภายในของหอยแอปเปิล.....9

2.6 การสืบพันธุ์.....10

2.7 การเจริญเติบโตของหอยแอปเปิล.....13

2.8 การกินอาหาร.....13

2.9 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล.....13

2.10 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล.....16

2.11 การนำหอยแอปเปิลมาใช้ประโยชน์.....18

2.12 ประโยชน์ของใบหม่อน.....19

2.13 ภาวะการจำศีล.....20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 อุปกรณ์.....24
3.1.1 อุปกรณ์และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง.....24
3.1.2 อุปกรณ์ในการเก็บบันทึกข้อมูล.....24
3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการจำศีล.....24
3.1.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ.....24
3.2 วิธีการทดลองสามารแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้.....25
3.2.1 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน.....25
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ.....27
3.2.3 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ.....28
3.2.4 การวัดคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล.....31
3.3 การจำศีลหอยแอปเปิล.....31
3.3.1 การจำศีลหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน.....31
3.3.2 การเลี้ยงหอยแอปเปิล.....31
3.3.3 การทดลองจำศีล.....32
3.3.4 วิธีการฟื้นตัว.....33
3.3.5 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ.....33
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....34
4.1 รูปแบบของอาหารที่แตกต่างกันกับการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ.....34
4.1.1 คุณค่าทางโภชนาการใบหม่อน.....34
4.1.2 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน.....35
4.1.3 คุณค่าทางโภชนาการการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน.....38
4.1.4 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล.....41
4.2 การจำศีลของหอยแอปเปิล.....42
4.2.1 การจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน.....42
4.2.2 คุณค่าทางโภชนาการจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน.....43
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา.....45
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....53
ภาคผนวก.....65
ประวัติผู้เขียน.....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยแอปเปิล *Pomacea sp.*....15

2.2 อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล *Pomacea sp.*....16

2.3 ค่าโภชนาการโปรตีนและไขมันในหอยชนิดต่างๆ....17

2.4 การใช้หอยแอปเปิลเสริมและทดแทนโปรตีนในอาหารสัตว์....19

2.5 ปริมาณการใช้ใบหม่อนเสริมในอาหารสัตว์ต่างๆ ที่ทำให้สัตว์เติบโตได้ดี....20

2.6 อุณหภูมิที่มีการศึกษาในการจำศีลหอยชนิดต่างๆ....23

4.1 การเจริญเติบโตเฉลี่ยของหอยทากแอปเปิลที่อายุ 42 วันได้รับอาหารที่แตกต่างกัน....36

4.2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน (% ในน้ำหนักแห้ง) โดยที่ CF คือ ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ML คือ ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และMF คืออาหารผสม(อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด) 39

4.3 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน (% ในน้ำหนักสด) โดยที่ CF=อาหารสำเร็จรูป ML=ใบหม่อนสด และ MF=อาหารผสม (อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด) 41

4.4 ค่าคุณภาพน้ำในบ่อพักระบบปิด โดยใช้เครื่องวัดอัตโนมัติ Aqualitic system....41

4.5 แสดงน้ำหนักก่อนและหลังจำศีล น้ำหนักที่หายไป อัตราการรอดตาย และการสูญเสียน้ำในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน (T1 คือไม่มีการจำศีล, T2 คือจำศีล 2 สัปดาห์, T3 คือจำศีล 4 สัปดาห์ และT4 คือจำศีล 6 สัปดาห์) 42

4.6 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล (% ในน้ำหนักแห้ง) ที่ทำการจำศีลชั่วคราวในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน T1 = ชุดควบคุม (ไม่มีการจำศีล) T2 = ชุดจำศีล 2 สัปดาห์ T3 = ชุดจำศีล 4 สัปดาห์ และ T4 = ชุดจำศีล 8 สัปดาห์....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การแพร่กระจายของหอยแอปเปิล 8 สายพันธุ์ในอเมริกาใต้ แอฟฟาริกา และเอเชีย.....6

2.2 สัณฐานวิทยาของเปลือกของ *P. maculata* (A) lectotype ของ *P. insularum* และneotype ของ*P. gigas* (B, C) paralectotypes ของ *P. insularum* (D) syntype ของ *P. amazonica* (E) *A. canaliculata* ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็น *A. gigas* (F) Syntype ที่มีความเป็นไปได้ของ *P. haustrum* (G–J) *P. maculata* (Scale bar: 5 ซม.) 7

2.3 ลักษณะทางกายวิภาคของหอยทาก ภาพตัดขวางประกอบไปด้วย 1: เปลือก 2: ตับ 3: ปอด 4: ช่องขับถ่าย 5: ท่อทางเดินหายใจ 6: ตา. 7: หนวด 8: ปมประสาท 9: ช่องปล่อยเมือก 10: ปาก. 11: กระเพาะ 12: ต่อมสร้างเมือก 13: รูเปิดระบบสืบพันธุ์ 14: Penis(ท่อนำอสุจิ) 15: อวัยวะสืบพันธุ์ 16: ต่อมเมือก 17: ท่อนำไข่ 18: dart sac (สืบพันธุ์) 19: เท้า 20: กระเพาะ 21: ไต 22: เยื่อเปลือก 23: หัวใจ 24: ท่อนำอสุจิ.....9

2.4 หอยแอปเปิลกำลังวางไข่ในบ่อเลี้ยง.....12

2.5 แสดงวงจรชีวิตของหอยแอปเปิล.....12

3.1 แผนผังของระบบหมุนเวียนแบบปิด (A) บ่อน้ำพร้อมปั๊มน้ำ (B) ถังเก็บน้ำเพื่อจ่ายน้ำ (C1) การบำบัดน้ำก่อนไหลลงบ่อปูน (D1-20) บ่อปูน และ (C2) การบำบัดน้ำก่อนไหลลงบ่อ...26

3.2 บ่อเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน A ชุดการทดลองเลี้ยงอาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว B ชุดการทดลองเลี้ยงด้วยใบหม่อนสดอย่างเดียว และ C ชุดการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสม (อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อน).....27

3.3 การวัดขนาดและชั่งน้ำหนักรวมหอยแอปเปิล *Pomacea* sp.....27

3.4 ส่วนเนื้อหอยแอปเปิลที่นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ.....28

3.5 เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติติดตั้งไว้ในบ่อพักน้ำในระบบการเลี้ยงหอยแอปเปิลแบบปิด.....31

3.6 นำหอยแอปเปิลจำศีลที่ปิดคลุมด้วยฟาง.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนน้ำหนักแห้งที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแอปเปิล.....34

4.2 คุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนน้ำหนักสดที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแอปเปิล.....35

4.3 อัตราการอยู่รอด (%) ทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยที่ CF คือ ให้อาหารสำเร็จรูป อย่างเดียว ML คือ ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และ MF คืออาหารผสม.....37

4.4 แสดงอัตราการเติบโตเฉลี่ย (ADG) กรัมต่อวัน ทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยที่ CF = ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ML = ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และ MF = อาหารผสม ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์.....38

4.5 ทดสอบการฟื้นตัวของหอยแอปเปิลภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หอยแอปเปิล *Pomacea* sp. เป็นหอยน้ำจืดที่พบว่ามีขนาดความยาวระหว่าง 35 มิลลิเมตร จนถึงมากกว่า 165 มิลลิเมตร (Hayes *et al.*, 2012) หอยแอปเปิลในสกุล *Pomacea* มีลักษณะที่สำคัญคือมีอัตราการเติบโตที่รวดเร็วมากกว่าหอยสกุลอื่น ๆ ที่พบในธรรมชาติ (Burky, 1974; Lum-kong and Kenny, 1989) จัดเป็นสัตว์ต่างถิ่นที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ นำเข้ามาเพื่อเป็นอาหาร และเลี้ยงประดับในตู้ปลาเพื่อให้กินตะไคร่น้ำและเศษอาหาร แต่ไม่เป็นที่นิยมของตลาด จึงถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้มีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว พบได้ทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ นาข้าว บ่อน้ำ และหนองน้ำ (Chankao, 2004, Broto *et al.*, 2020) ในอดีตหอยแอปเปิลก่อให้เกิดความเสียหายพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากหอยแอปเปิลสามารถกินพืชที่มีลักษณะอ่อนนุ่มได้เกือบทุกชนิด เช่น สาหร่าย ผักบุ้ง กระเฉด บัว แหน ต้นข้าวกล้า ซากพืชน้ำ (Burlakova *et al*., 2009) มีการกำจัดโดยนำมาเป็นอาหารทั้งสัตว์บกและสัตว์น้ำเนื่องจากมีโปรตีนสูง สามารถนำมาทดแทนโปรตีนในอาหาสัตว์ ที่มีราคาสูง (สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน และคณะ, 2544) การแปรรูปน้ำปลาจากเนื้อหอย และนำเปลือกมาใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินได้

หอยแอปเปิลถูกนำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย สามารถนำมาทำอาหารได้หลากหลาย เช่น แกงคั่วหอย นึ่งหรือลวกกินกับน้ำจิ้มซีฟู้ด ใส่ในส้มตำ เป็นต้น ชนิดที่นิยมบริโภคกันมากที่สุด เช่น หอยแอปเปิลหรือหอยโข่งอเมริกาใต้ (*P. canaliculate*), หอยขม (*Filopaludina martensi*), หอยโข่ง (*Pila ampullaceal*, *P. polita*) แต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างของชนิดที่แพร่กระจายกันออกไป (Thaewnon-ngiw *et al.*, 2003) พฤติกรรมการบริโภคที่มีหลากหลาย ต้องการอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถตรวจสอบย้อนกลับจากแหล่งที่มาของอาหารที่นำมาบริโภค มีประโยชน์ หาซื้อได้ง่าย และมีความปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งแหล่งของโปรตีนเพื่อการบริโภคมีหลากหลาย เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ไข่ ถั่ว เป็นต้น โปรตีนจากหอยแอปเปิลส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับอาหารที่บริโภคเข้าไป หอยแอปเปิลจึงเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกอีกทางหนึ่งที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 54-65% ของน้ำหนักแห้ง (อรพินท์ จินตสถาพร และคณะ , 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันหอยแอปเปิลในแหล่งน้ำธรรมชาติกำลังมีปริมาณลดน้อยลง เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ เนื่องจากการเกิดมลพิษในน้ำ จากการกระทำของมนุษย์ ทั้งการใช้สารเคมีทางการเกษตร และการถูกบุกรุกสูญเสียถิ่นอาศัย รวมทั้งน้ำเสียที่ถูกปล่อยจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ยังอาจได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำสะสมในดินโคลนหรือตะกอนในแหล่งน้ำที่อาศัยอยู่ (Thanomsit *et al.*, 2017) การแก่งแย่งอาหารและที่อยู่อาศัยกับชนิดอื่น รวมถึงการตกเป็นเหยื่อของสัตว์ชนิดอื่นๆ ด้วยเช่นกัน (อรภา นาคจินดา และคณะ, 2548) ทำให้หอยแอปเปิลมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นแนวทางการเพาะเลี้ยงโดย ในระบบปิดหมุนเวียนน้ำ จะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมได้ตลอดการเลี้ยง มีระบบกรองที่ช่วยให้น้ำสะอาด ทำให้หอยแอปเปิลสามารถเจริญเติบโตขยายพันธุ์ได้ดี ปลอดภัยจากโรคต่างๆ และสร้างเป็นอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ (Mejía-Ramírez, 2020)

การจำศีล คือการที่หอยลดกระบวนการสร้างและทำลายภายในร่างกายลงเพื่อความอยู่รอด หรืออาจเรียกว่า “การจำศีลชั่วคราว” (aestivation) การจำศีลชั่วคราวในธรรมชาติเมื่อเจอสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เช่น ฤดูกาล ความชื้น น้ำ อุณหภูมิ และพืชพรรณ เป็นต้นเหตุของการเกิดการจำศีลในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำหลายชนิด (Basavaraju and Krupanidhi, 2013) อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการปรับตัวและการอยู่รอด (Yoshida *et al.*, 2009) ความสามารถในการปรับตัวแต่ละชนิดแตกต่างกันไป หอยแอปเปิลสายพันธุ์ในอินเดียสามารถมีชีวิตอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถทนต่ออุณภูมิที่ 20 และ 40 องศาเซลเซียส (Meenakshi 1964) หอยจะพยายามปรับตัวโดยจะฝังตัวอยู่ใต้ดิน โคลน ใต้กองใบไม้ หญ้า ก้อนหิน หรือซ่อนตามโพรงไม้บริเวณที่แห้งแล้งได้ จะปิดปากเปลือกให้แน่นด้วยฝาปิดเปลือกเพื่อให้มีชีวิตรอด สามารถจำศีลได้ทุกช่วงอายุ เมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมหอยแอปเปิลจะฟื้นตัวและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในธรรมชาติต่อไปได้ ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อทดสอบคุณค่าทางโภชนาการหลังจากการจำศีลตามระยะเวลาในการจำศีลต่าง ๆ กัน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการผลผลิตเพื่อการจำหน่าย ประโยชน์ในการขนส่ง รวมทั้งลดต้นทุนค่าอาหารเมื่อหอยแอปเปิลโตเต็มวัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการเติบโตของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ใบหม่อนและอาหารผสม (ใบหม่อนร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป)

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการหลังการจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน รวมถึงร้อยละการฟื้นตัว

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการศึกษารูปแบบของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ และครั้งที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการจำศีลชั่วคราวต่อคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล (*Pomacea* sp.)

โดยมีสมมุติฐานของการศึกษาครั้งแรกคือ หอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน จะมีการเติบโต คุณค่าทางโภชนาการที่ต่างกัน และสมมุติฐานของการทดลองครั้งที่ 2 คือ ระยะเวลาจำศีลที่แตกต่างกันน่าจะส่งผลต่อต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการในหอยแอปเปิล

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ การเติบโต การจำศีล และร้อยละการฟื้นตัว ในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล ณ บ้านสวนรุ่งตะวัน เขตหนองจอก กรุงเทพมหานครและห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4.1 เพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลองชุดที่ 1 ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ชุดที่ 2 ให้ใบหม่อนสดอย่างเดียว และชุดที่ 3 ให้อาหารผสม (ใบหม่อนร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป)

1.4.2 จำศีลหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกันแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดที่ 1 ไม่มีการจำศีล ชุดที่ 2 จำศีล 2 สัปดาห์ ชุดที่ 3 จำศีล 4 สัปดาห์ และชุดที่ 4 จำศีล 8 สัปดาห์ และดูเปอร์เซ็นต์การฟื้นตัวในแต่ละชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการทั้งในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ตามวิธีดัดแปลงการวิเคราะห์ของ AOAC, (1995) โดยวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้ วัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แป้งและน้ำตาล แคลเซียม และฟอสฟอรัส

1.4.4 วิเคราะห์ค่าต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Systat Version 13 เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของหอยแอปเปิล

หอยแอปเปิล (Apple snails) หอยโข่งอเมริกาใต้ หรือหอยเป๋าฮื้อน้ำจืด เป็นหอยทากน้ำจืด (freshwater snail) ที่ใหญ่ที่สุดและมีความสำคัญทางระบบนิเวศอยู่ในวงศ์ Ampullarioidae (Alfredo *et al*., 2015) พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืดทั่วโลก มีรูปร่างกลมรีคล้ายผลของแอปเปิล มีเปลือกแข็งหุ้มตัว เป็นสัตว์กินพืช กินเศษอาหาร สาหร่าย และตะไคร่น้ำ แบ่งตามหลักอนุกรมวิธานดังนี้

Classification

Phylum: Mollusca

Class: Gastropoda

Subclass: Caenogastropoda

Superfamily: Ampullarioidea

Family: Ampullariidae

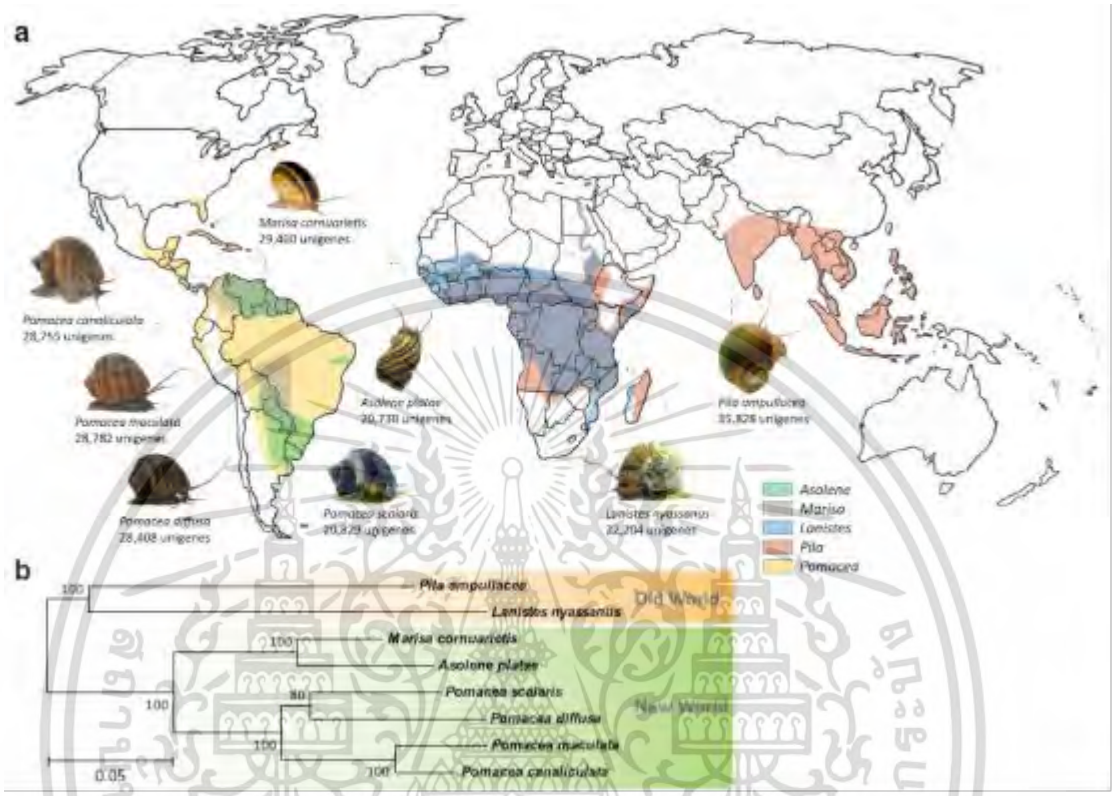
(Cowie, 2002)

2.2 การแพร่กระจายของหอยแอปเปิล

หอยใน Class Gastropoda มีอยู่มากกว่า 80,000 สายพันธุ์ (Ip *et al*., 2018) จำพวกหอยแอปเปิล (วงศ์ Ampullariidae) แพร่กระจายอยู่ทั่วโลกในระบบนิเวศน้ำจืดเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน มีหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจ หอยในวงศ์นี้สามารถปรับตัวได้ดี ตามสัณฐานวิทยาและสรีวิทยาให้เข้ากับแหล่งที่อยู่อาศัย ตัวอย่างในวงศ์ Ampullariidae (ทั้งสายพันธุ์เดิม และสายพันธุ์ใหม่) จำนวน 8 สายพันธุ์ *ได้แก่ Lanistes nyassanus, Pila ampullaceal, Asolene platae, Marisa cornuarietis, Pomacea Diffusa, P. Scalaris, P. maculate* แ ล ะ *P. canaliculata.* การแพร่กระจายในบริเวณทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา และทวีปเอเชีย (ภาพที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอดีตมีหลายสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางการเกษตรโดยเฉพาะแถบเอเชียและฮาวาย เช่น *P. Canaliculata* และ *P. maculate* (Cowie, 2002)



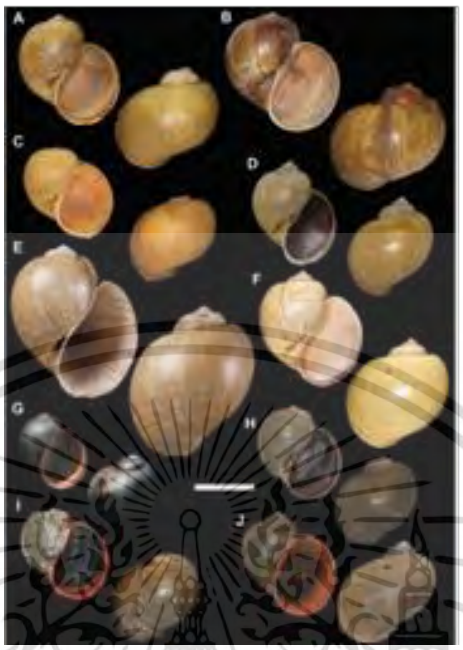
ภาพที่ 2.1 การแพร่กระจายของหอยแอปเปิล 8 สายพันธุ์ในอเมริกาใต้ แอฟริกา และเอเชีย

ที่มา: Ip *et al*. (2018)

2.3 ลักษณะทั่วไปของหอยแอปเปิล

หอยแอปเปิลสายพันธุ์ *Pomacea* พบได้อย่างแพร่หลายในเอเชีย (Joshi *et al.*, 2017) และยังพบสายพันธุ์ต่างๆ เช่น *P. canaliculate*, *P. maculata,* P. *insularum, P. gigas, P. amazonica, P. haustrum*, *P. scalaris, Ampullaris canaliculate* และ *A. gigas* เป็นต้น (Cowie *et al.,* 2006, Hayes *et al.*, 2008, Wu *et al.,* 2011, Hayes *et al.,* 2012) (ภาพที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 สัณฐานวิทยาของเปลือกของ *P. maculata* (A) lectotype ของ *P. insularum* และ neotype ของ *P. gigas* (B, C) paralectotypes ของ *P. insularum* (D) syntype ของ *P. amazonica* (E) *A. canaliculata* ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็น *A. gigas* (F) Syntype ที่มีความเป็นไปได้ของ *P. haustrum* (G–J) *P. maculata* (Scale bar: 5 ซม.)

ที่มา: Hayes *et al.* (2012)

หอยแอปเปิลตามธรรมชาติ เป็นพาหะตัวกลาง (intermediate host) ของพยาธิใบไม้ *Echinostoma ilocanum* เช่นเดียวกับหอยโข่งในประเทศไทย (Keawjam, 1986) และยัง เป็นพาหะตัวกลางของพยาธิตัวกลม *Angiostrngylus cantanensis* (ปัทมา แซ่กิม, 2543) ซึ่งจะเข้าสู่ร่างกายของคนที่บริโภคเนื้อหอยดิบๆ หากพยาธิมีการเคลื่อนตัวมาที่สมองจะเกิดมีอาการเยื่อหุ้มสมองบวมอักเสบ มีอาการปวดศีรษะ ปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน คอแข็ง หรือถ้าพยาธิไชเขาลูกตาทำให้ตาบอดได้ (ชมพนุช จรรยาเพศ และคณะ, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

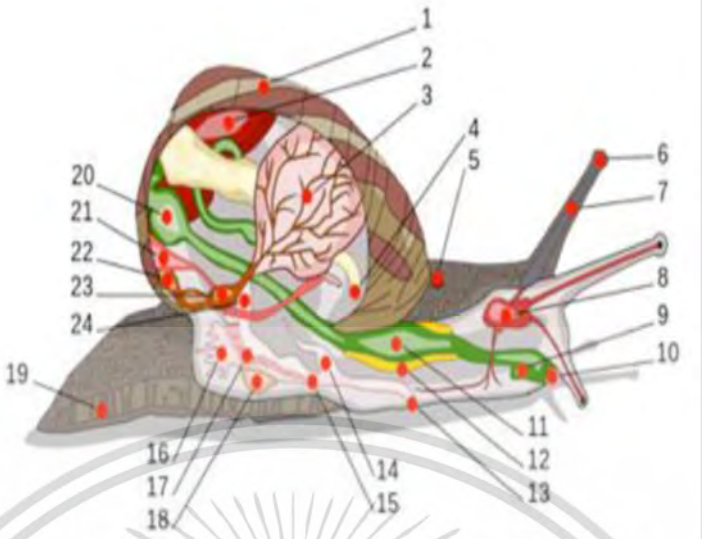
หอยแอปเปิลสามารถขยายพันธุ์และเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ลูกหอยอายุเพียง 2-3 เดือน จะจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดเวลา หลังจากจับคู่ผสมพันธุ์ 1-2 วันตัวเมียจะวางไข่ในเวลากลางคืน โดยคลานไปวางไข่ตามที่แห้งเหนือน้ำ เช่น ตามกิ่งไม้ โคนต้นไม้ ต้นหญ้าริมน้ำ หรือตามต้นข้าวในนา ปกติแล้วจะวางไข่ สูงจากผิวน้ำประมาณ 50 เซนติเมตร ไข่มีสีชมพูเกาะติดกันเป็นกลุ่มยาว 2-3 นิ้ว แต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่ฟองเล็กๆ เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ให้ผลผลิตต่อฝักสูงถึง 1,000 ฟองไข่ เฉลี่ย 200-300 ฟองไข่ทุก 2-3 สัปดาห์ จะฟักออกเป็นตัวหอยภายใน 7-12 วันหลังวางไข่ สามารถกินพืชน้ำทุกชนิดเป็นอาหาร หอยแอปเปิลยังสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี

2.4 อวัยวะภายนอกของหอยแอปเปิล

ส่วนหัว อยู่ปลายสุดทางด้านหน้าของลำตัว ประกอบด้วยช่องปากอยู่ตรงกลางค่อนมาทางด้านท้อง มีริมฝีปากที่มีลักษณะเป็นแผ่นยื่นออกมาทางด้านข้างทั้ง 2 ข้าง ภายในปากมีกราม ขนาดใหญ่ 1 คู่ ใช้กัดกินอาหาร ถัดจากกรามเข้าไปข้างในเป็น radula ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นบางคล้ายโซ่ที่เต็มไปด้วยฟันซี่เล็กแหลมคม สีแดง จำนวนหลายพันซี่ เรียงเป็นแถวขวาง 5 แถว ทำหน้าที่ในการบดอาหาร โดยจะขยับไปมาขูดบนอาหาร มีหัวขนาดสั้นประกอบด้วยหนวด 2 คู่ คู่ที่ 2 อยู่ติดกับตาและยาวกว่าคู่แรก หนวดมีรูปร่างเพรียว ส่วนปลายเรียวเล็กลง ทำหน้าที่ในการรับความรู้สึก หนวดสามารถหดสั้นและแบนลงได้ (สมณรัตน์ จันทร์ขาว, 2547)

ส่วนเท้า มีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อหนารูปสามเหลี่ยม ปลายแหลมชี้ไปข้างหลัง ผิวหยาบสามารถยืดยาวและกว้างแบนได้ทำหน้าที่ในการคืบคลานเพื่อเคลื่อนที่ มีช่องเปิดของต่อมเหงือก (pedal gland) ที่ทำหน้าที่ผลิตเมือกเพื่อช่วยหล่อลื่นขณะที่หอยเคลื่อนที่ นอกจากนี้ส่วนเท้ายังประกอบด้วยระบบทางเดินอาหารส่วนต้น ระบบสืบพันธุ์ และระบบประสาท (ภาพที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะทางกายวิภาคของหอยทาก ภาพตัดขวาง ประกอบไปด้วย 1: เปลือก 2: ตับ 3: ปอด 4: ช่องขับถ่าย 5: ท่อทางเดินหายใจ 6: ตา. 7: หนวด 8: ปมประสาท 9: ช่องปล่อยเมือก 10: ปาก. 11: กระเพาะพักอาหาร 12: ต่อมสร้างเมือก 13: รูเปิดระบบสืบพันธุ์ 14: Penis(ท่อนำอสุจิ) 15: อวัยวะสืบพันธุ์ 16: ต่อมเมือก 17: ท่อนำไข่ 18: dart sac (สืบพันธุ์) 19: เท้า 20: กระเพาะ 21: ไต 22: เยื่อเปลือก 23: หัวใจ 24: ท่อนำอสุจิ

ที่มา: Baroudi *et al*. (2020)

2.5 อวัยวะภายในของหอยแอปเปิล

ระบบย่อยอาหาร ประกอบด้วย ท่อทางเดินอาหาร ต่อมน้ำลาย และต่อมสร้างน้ำย่อย

ระบบการหมุนเวียนโลหิต ประกอบด้วย หัวใจ เส้นเลือดแดง โพรงเลือด และเส้นเลือดดำ

ระบบหายใจ ประกอบด้วย เหงือก (actinia) ปอด (lung) และท่อหายใจ (respiratory siphon) มีลักษณะคล้ายหลอด สามารโค้งพับและยืดหดได้ สามารถยืดยาวได้ถึง 6-7 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นท่อยืดขึ้นไปเหนือผิวน้ำเพื่อเอาออกซิเจนจากอากาศมาใช้ในการหายใจ ระบบหายใจ มี 2 ระบบ คือ การหายใจโดยใช้เหงือก และการหายใจโดยใช้ปอด ซึ่งทำให้สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำและบนบก เมื่อหอยอยู่ในน้ำ การหายใจจะเกิดขึ้นโดยน้ำจะเข้าทางท่อหายใจด้านซ้ายและไหลผ่านไปยังเหงือก จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นที่เหงือก จากนั้นน้ำจะไหลผ่านออกไปทางท่อหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านขวา เมื่อหอยลอยตัวขึ้นมาอยู่ผิวน้ำ การหายใจจะเกิดขึ้น โดยท่อหายใจด้านซ้ายจะยื่นยาวออกมาเหนือผิวน้ำ แล้วอากาศจะผ่านเข้าในท่อไปที่ปอด จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอด ดังนั้นจึงอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่ไม่มีออกซิเจนละลายอยู่เลย และถ้าหอยขึ้นมาอยู่บนบก มันจะรับอากาศโดยตรงเข้าไปที่ปอดทางช่องแมนเทิล โดยไม่ใช้ท่อหายใจ การเคลื่อนตัวเข้าออกของหัวและเท้าจะเป็นการช่วยนำอากาศผ่านเข้าไปในปอด การหายใจโดยใช้ปอดนี้จะเกี่ยวข้องกับการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อบริเวณผนังปอด เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวผิวของปอดจะโค้งขึ้นทำให้ช่องว่างภายในปอดมีพื้นที่เพิ่มขึ้นอากาศจะผ่านเข้าไปภายในปอด เลือดในเส้นเลือดฝอยในปอดจะดึงเอาออกซิเจนจากอากาศพร้อมทั้งปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กลับออกมา และเมื่อกล้ามเนื้อคลายตัวช่องว่างถายในปอดจะลดลง และอากาศภายในจะถูกดันออกมา การหายใจโดยใช้ปอดนั้น ส่วนมากจะเกิดขึ้นในระหว่างที่หอยพักตัวในช่วงฤดูแล้ง

ระบบขับถ่าย ประกอบด้วยไต ทำหน้าที่ในการกรองของเสียพวกไนโตรเจนออกจากเลือด โดยในขณะที่หอยอยู่ในน้ำ จะขับของเสียออกมาในรูปของสารประกอบแอมโมเนียและยูเรีย แต่ในช่วงที่หอยอยู่บนบก จะขับของเสียออกมาในรูปกรดยูริก

ระบบช่องท้อง แบ่งเป็น 2 ส่วน (พูลสุข หฤทัยธนาสันติ์, 2542) ช่องทางขวา เป็นส่วนของเหงือก ทำหน้าที่ในการดึงออกซิเจนจากน้ำมาใช้ในการหายใจ ในขณะที่อยู่ในน้ำ ช่องทางซ้าย เป็นส่วนของปอด (lung) ทำหน้าที่ในการหายใจโดยใช้ออกซิเจนจากอากาศ ซึ่งทำให้สามารถอาศัยอยู่บนบกได้บางเวลา

2.6 การสืบพันธุ์

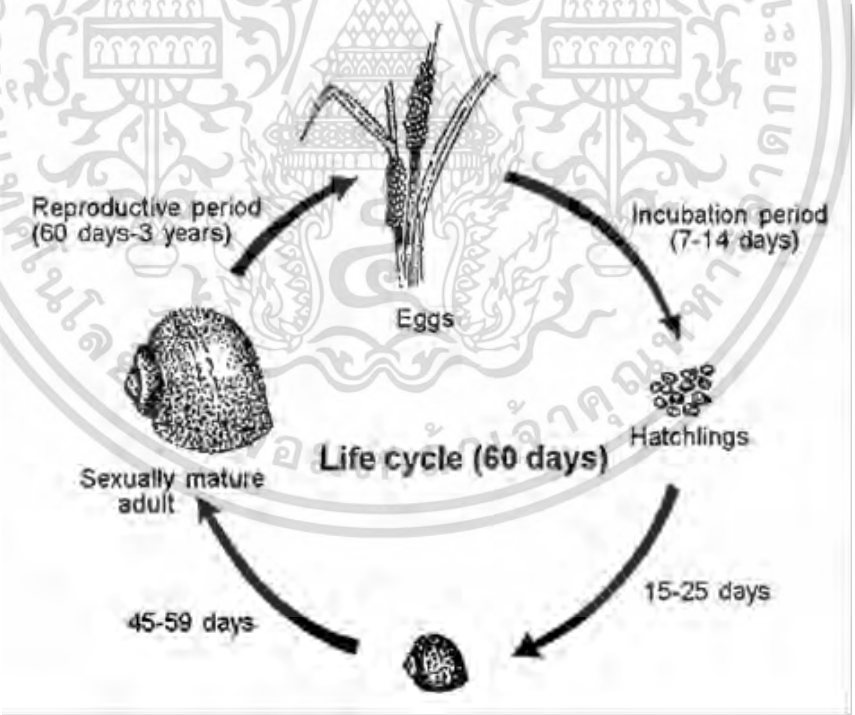
หอยแอปเปิลมีเพศแยกกัน (dioecious) การแยกเพศของสามารถดูได้จากความนูนของแผ่นฝาปิด โดยเพศผู้จะมีความนูนของแผ่นฝาปิดมาก และมีขนาดตัวเล็กกว่าเพศเมีย อวัยวะช่วยในการผสมพันธุ์ (copulatory organ) ของเพศผู้จะมีการพัฒนาดี แต่ในเพศเมียนั้นจะไม่มีการพัฒนา มีการสืบพันธุ์และสัณฐานรวมอวัยวะภายในต่างๆ เหมือนกับหอยโข่งของไทย ซึ่งการสืบพันธุ์ในหอยโข่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงก่อนฤดูการผสมพันธุ์ ช่วงฤดูการผสมพันธุ์ และช่วงหลังการผสมพันธุ์ ขององค์ประกอบเซลล์ของอะบูมินแกลนต์ (albumen gland) และแคปซูลแกลนต์ (capsule gland) จะสามารถเห็นได้ชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงของ parenchymal mass และการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไข่ ซึ่งในเพศเมียพบอวัยวะสืบพันธุ์ดังกล่าว เรียกว่า พาเรียลโอวิดัก (pallial oviduct)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย receptaculum seminis, bursa copulatrix และ albumen gland-capsule gland complex (Catalán and Moreno, 1984, Catalán *et al.,* 2000) ซึ่งรวมกันเป็นโครงสร้างรูปลูกแพร์สีแดงอมชมพูขนาดใหญ่ (Catalán *et al.,* 2001) โดยสองในสามของโครงสร้างอวัยวะนี้ฝังอยู่ในมวลอวัยวะภายใน ในขณะที่ส่วนหน้าส่วนที่สามยื่นออกมาในผนังด้านหลังของช่องท้อง (mantle cavity) ส่วนปลายของท่อแคปซูลแกลนต์ (capsule gland) โผล่ออกมาจากส่วนขวาของพาเรียลโอวิดัก (pallial oviduct) ซึ่งเป็นท่อโค้งที่ต่อเนื่องไปตาม mantle skirt และเปิดออกด้านหน้าใกล้กับทวารหนัก และส่วนนอกของส่วนปลายของ pallial oviduct คือ vagina (Hylton, 1957) โดยเซลล์ไข่เริ่มต้นสร้างขึ้นและพัฒนาในรังไข่จนถึงระยะที่สมบูรณ์เพศ จะเดินทางผ่านท่อนำไข่เข้าสู่ pallial oviduct เมื่อมีการผสมพันธุ์ในส่วนของเซลล์สืบพันธ์เพศผู้ถูกสร้างขึ้นและพัฒนาขึ้นที่ส่วนท้ายของ spine ที่เป็นตำแหน่งของอัณฑะ (testis) การผสมพันธุ์หอยเพศผู้จะทำการจับคู่ โดยเพศผู้จะเคลื่อนที่เข้าหาเพศเมียโดยใช้ส่วนของเท้า (foot) ยึดขอบเปลือกด้านนอกของหอยเพศเมีย (outer lip) แล้วค่อยๆ ยื่นอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (penis) เข้าไปในช่อง mantle cavity ของเพศเมีย ผ่านเข้าสู่ vagina และปล่อยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (spermatozoa) เข้าสู่อวัยวะ receptaculum seminis ขณะเดียวกันหลังจากการสืบพันธุ์ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการวางไข่เซลล์ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะสะสมสารอาหารและสะสมแคลเซียมที่หุ้มเปลือกไข่ ก่อนจะถูกวางออกมาภายนอกผ่าน female opening (สมศักดิ์ ปัญหา, 2528, Olaguer and Bagarinao, 2001, Hayes *et al.,* 2012) ซึ่งหอยแอปเปิลเพศเมียจะวางไข่เวลากลางคืน ไข่ที่ออกมาใหม่ๆจะมีสีชมพูสดใสเป็นกระจุกที่ติดกับพื้นผิวแข็ง (หิน ผนัง ท่อนซุง พืชพรรณที่โผล่ออกมา) ปกติแล้วจะอยู่สูงจากผิวน้ำประมาณ 50 เซนติเมตร (ภาพที่ 2.4) และจะมีสีจางลงเป็นสีชมพูอ่อน เมื่อใกล้ฟักเป็นตัว ซึ่งจะฟักเป็นตัวอ่อนภายใน 7-14 วัน วงจรชีวิตของหอยแอปเปิล (ภาพที่ 2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 หอยแอปเปิลกำลังวางไข่ในบ่อเลี้ยง



ภาพที่ 2.5 วงจรชีวิตของหอยแอปเปิล

ที่มา: สมณรัตน์ จันทร์ขาว (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การเจริญเติบโตของหอยแอปเปิล

ลูกที่ฟักออกมาจากไข่จะมีรูปร่างเหมือนกับตัวแม่ทุกประการ ต่างกันเพียงลูกหอยจะมีขนาดเล็กมาก การเจริญเติบโตของนั้นไม่มีทั้งระยะ metamorphosis และการลอกคราบ มีเพียงการเพิ่มขึ้นของขนาดตัวโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่อย่างใด การเพิ่มขนาดของตัวทำโดย การสร้างเปลือกต่อจากเดิมทางด้านตรงข้ามกับยอดแหลม การสร้างเปลือกเกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อ mantle ซึ่งอยู่ติดกับเปลือกรอบ ๆ mantle cavity

2.8 การกินอาหาร

กินพืชน้ำได้เกือบทุกชนิดที่มีลักษณะใบอ่อนนิ่ม เช่น แหน จอก สาหร่าย ต้นข้าว ต้นหญ้าริมน้ำ รวมทั้งซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในน้ำ สามารถกินได้อย่างรวดเร็วและสามารถกินได้ตลอดเวลา ในเวลากลางวันที่มีแดดจัดจะหลบอยู่ใต้เงาร่มของพืชน้ำ แล้วกินอาหารตลอดเวลา วิธีการกินอาหาร จะใช้ส่วนขากรรไกรกัดชิ้นส่วนของพืชให้ขาดจากกันแล้วส่งเข้าในช่องปาก ภายในปากมีกรามขนาดใหญ่ 1 คู่ใช้กัดกินอาหาร ถัดจากกรามเข้าไปภายในเป็นส่วนของ radular ซึ่งแข็งแรงเป็นเส้นบางคล้ายโซ่เต็มไปด้วยฟันแหลมขยับไปมาขูดไปบนอาหาร ต่อมาจะถูกส่งผ่านไปถึงหลอดอาหาร (esophagus) และไปสู่กระเพาะ ซึ่งจะเริ่มมีการย่อยอาหาร ส่วนที่ไม่ย่อยจะผ่านออกไปทางทวารหนัก ซึ่งอยู่ใกล้ส่วนหัว

2.9 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล

หอยแอปเปิลมีจะมีทั้งเหงือกและปอด สามารถใช้หายใจได้ทั้งสองทาง ทำให้ทนได้ในสภาพน้ำที่มีออกซิเจนละลายในน้ำต่ำได้ ความหนาแน่นในการเพาะเลี้ยงมีผลต่อการเติบโต จากการศึกษาของ Garr *et al.* (2011) รายงานว่าการเลี้ยงหอยแอปเปิล *P. paludosa* ในฟลอลิดา ทดลองเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำ (ขนาด 2.4 เมตร x 0.6 เมตร x 0.3 เมตร) ที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันที่ 100, 175 และ 250 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าความหนาแน่นที่ 250 ตัวต่อตารางเมตร ที่เหมาะสมต่อการเติบโตในเดือนแรก เมื่อเทียบกับความหนาแน่นอื่นๆ ในเรื่องอัตราการอยู่รอดความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับการศึกษาของ Pires *et al*. (2019) รายงานว่าความหนาแน่นของหอยแอปเปิล *P. dolioides* 3 ความหนาแน่น (2.5 ตัวต่อลิตร, 5 ตัวต่อลิตร และ 10 ตัวต่อลิตร) ให้อาหารสำเร็จรูปโปรตีน 34% พบว่า ความหนาแน่นที่ 2.5 ตัวต่อลิตรเติบโตดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด และอัตราการอยู่รอด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แตกต่างจากการศึกษาของ Júnior *et al*. (2013) รายงานว่าความหนาแน่นของหอยแอปเปิล 2 ชนิดระหว่างหอยพื้นเมืองและหอยชนิดอื่น คือ *P. bridgesii* และ *P. lineata* ที่แตกต่างกัน 3 ความหนาแน่น (0.5, 1 และ 1.5 ตัวต่อลิตร) พบว่าทั้ง 3 ความหนาแน่นและอัตราการอยู่รอดของหอยแอปเปิลทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความหนาแน่นส่งผลต่อการสืบพันธุ์ของหอยแอปเปิลชนิด *P. paludosa* ที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกันคือ 50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นที่ 50 ตัวต่อตารางเมตร มีการผลิตไข่สูงกว่าความหนาแน่นอื่นๆ (Posch *et al*., 2012) เรื่องของต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ก็มีความสำคัญในการเพาะเลี้ยง การนำวัสดุที่เหลือทิ้ง และวัสดุในท้องถิ่น มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพื่อลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งผู้บริโภคหอยหอยแอปเปิลที่ได้จากการเลี้ยงจะมีความปลอดภัยและปราศจากสารพิษหรือโลหะหนักที่มาจากธรรมชาติ และสามารสร้างเป็นอาชีพเสริมเพื่อเพิ่มรายได้ ในช่วงฤดูแล้งราคาจำหน่ายหอยแอปเปิลจะสูงมาก

ในการศึกษา กฤติมา เสาวกูล และ สำเนาว์ เสาวกูล (2561) รายงานว่าความหนาแน่นต่ออัตราการเติบโตในการเลี้ยงหอยแอปเปิล *P. canaliculata* ด้วยหญ้ามาเลเซียในระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด พบว่าแต่ละความหนาแน่น 4 ชุดการทดลอง ระดับความหนาแน่น 30, 60, 90 และ 120 ตัวต่อตารางเมตร พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการตาย แต่ในการคิดต้นทุนและกำไรจากการคำนวณผลตอบแทนการลงทุนเลี้ยงหอยเชอรี่ที่ระดับความหนาแน่น ในการศึกษานี้ พบว่าการเลี้ยงหอยเชอรี่โดยให้หญ้ามาเลเซียเป็นอาหารที่ระดับความหนาแน่น 120 ตัวต่อตารางเมตร ได้รับผลตอบแทนสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ นอกจากการให้อาหารเม็ดอย่างเดียวการเสริมให้พืชสด (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยแอปเปิล *Pomacea sp.*

ชนิด	ความหนาแน่นที่เหมาะสม	อ้างอิง
P. paludosa	250 ตัวต่อตารางเมตร	Garr *et al*. (2011)
P. paludosa	50 ตัวต่อตารางเมตร	Posch *et al*. (2012)
P. canaliculata	120 ตัวต่อตารางเมตร	กฤติมา เสาวกูล และ สำเนาว์ เสาวกูล (2561)
P. dolioides	2.5 ตัวต่อลิตร	Pires *et al*. (2019)
P. bridgesii *P. lineata*	0.5 ตัวต่อลิตร	Júnior *et al*. (2013)

ความหนาแน่นที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลที่เหมาะสมทำให้เติบโตดีและประหยัดต้นทุนได้ การศึกษาของ Garr *et al*. (2011) รายงานว่าการเลี้ยงหอยแอปเปิล *P. paludosa* ที่ความหนาแน่น 250 ตัวต่อตารางเมตรด้วย Ulva เติบโตได้ดีกว่าเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุก จากการศึกษานี้แนะนำให้เลี้ยงหอยแอปเปิล โดยให้สาหร่าย Ulva ผสมกับการให้อาหารสำเร็จรูปปลาดุก ในการให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนแตกต่างกันมีผลต่อการเติบโตและต้นทุนของการเลี้ยงหอยแอปเปิล สอดคล้องกับการศึกษาของ Qui *et al*. (2011) รายงานว่าการใช้พืชสดและพืชเน่าเปื่อย 3 ชนิด คือ ผักตบชวา สาหร่ายแก้วและผักน้ำ เพื่อศึกษาในหอยแอปเปิล *P. canaliculata* พบว่าหอยแอปเปิลสามารถกินอาหารทั้งใบสดและใบเน่าเปื่อย จากการศึกษาของ Binh and Thao (2018) รายงานว่าการเติบโตและอัตราการอยู่รอดของหอยโข่ง (*Pila polita*) โดยการให้ระดับโปรตีนในอาหารสำเร็จรูปที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (15%, 20%, 25%, 30% และ 35%) พบว่าการให้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 20% มีการเติบโตที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับระดับโปรตีนอื่น และอัตราการอยู่รอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แตกต่างจากการศึกษาของ Ramnarine (2004) รายงานว่าระดับโปรตีน 30% ในอาหารสัตว์ทำให้การเจริญเติบโตของหอยแอปเปิล *P. urceus* ดีที่สุด แต่ระดับโปรตีน 20% มีประสิทธิภาพในอัตราการแลกเนื้อ (1.77) มากกว่าอาหารโปรตีน 30% (1.90) (ตารางที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 อาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล *Pomacea sp.*

ชนิด	อาหารที่เหมาะสม	อ้างอิง
P. paludosa	Ulva ผสมอาหารสำเร็จรูปปลาดุก	Garr *et al*. (2011)
P. urceus	อาหารที่มีโปรตีน 30%	Ramnarine (2004)
P. canaliculata	ผักตบชวา, สาหร่ายแก้ว และผักไผ่น้ำ	Qui *et al*. (2011)

2.10 คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล

ประโยชน์ของหอยแอปเปิลมีมากมายนอกจากการนำมาบริโภคซึ่งให้โปรตีนสูง และยังมีแร่ธาตุสูง สามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีขนาดใหญ่ ให้ผลผลิตสูง (Qiu *et al.,* 2011) และยังนำมาทำยารักษาโรคหลอดเลือด เช่นหัวใจวาย หัวใจหยุดเต้นและโรคหลอดเลือดสมอง (Babalola and Akinsoyinu, 2009, Thaewnon-ngiw *et al.,* 2003) ในการศึกษาของ Marsyha *et al.* (2018) รายงานว่าการใช้หอยแอปเปิลสีทอง *P. canaliculate* เสริมอาหารเด็กอ่อน ที่อุดมไปด้วย สังกะสี เหล็ก โอเมกา-3 โอเมกา-6 และกรดไขมัน ทำการเสริมหอยแอปเปิลสีทองในขณะที่ลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตลง ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันที่ 0, 5, 10 และ 15% ทำการทดสอบระดับการยอมรับในเรื่องของ สี เนื้อสัมผัส และรสชาติ ด้วยประสาทสัมผัส ขณะที่ไม่มีผลต่อการประเมินเรื่องของกลิ่น ในการเสริมที่ 5% เป็นที่ยอมรับอย่างสมเหตุสมผล 80-100% ตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขชาวอินโดนีเซีย ซึ่งมีความสำคัญในเรื่องบรรเทาการขาดแคลนโปรตีนในประเทศยากจนนอกจากเพื่อการบริโภคของมนุษย์ และยังสามารถเสริมในอาหารสัตว์ปีกและอาหารปลาได้ คุณค่าทางโภชนาการ (น้ำหนักสด) ของโปรตีนและไขมัน (ตารางที่ 2.3) การศึกษาของ Baby *et al.* (2010) รายงานว่าโภชนาการในหอย 6 สายพันธุ์ *Pila globosa*, *Bellamya bengalensis*, *Melania tuberculata*, *Lamellidens marginalis*, *Anisus convexiusculus* และ *Helix* sp. ที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ของประเทศบังคลาเทศพบว่า *A. convexiusculus* มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดอยู่ที่ 12.927±0.57 ตามด้วย *M. tuberculate* 12.357±0.34 ผลการศึกษานี้อาจช่วยในการเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดสูตรอาหารสัตว์ การรวบรวมหอยทากที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำของบังคลาเทศ โดยการนำความรู้คุณค่าทางโภชนาการมาประยุกต์ใช้สามารถเลือกชนิดพันธุ์ที่ต้องการเก็บเกี่ยวได้ ช่วยอนุรักษ์ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งเป็นความจำเป็นเร่งด่วนในปัจจุบัน ความนิยมของหอยเป็นอาหารของมนุษย์ยังสามารถเสริมความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการโปรตีนของผู้อยู่อาศัยที่ยากจนในท้องที่นั้นได้อีกด้วย หอยแต่ละชนิดจะมีปริมาณคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันออกไป Babalola and Akinsoyinu (2009) รายงานว่าองค์ประกอบและแร่ธาตุของหอยทากบก 4 สายพันธุ์ *Archachatina Marginata, Achatina Achatina, Achatina Fulica* และ *Limicolaria* sp. ในประเทศไนจีเรีย พบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่าอยู่ระหว่าง 19.53 ใน *A. Marginata* และ 5.86 ใน *Limicolaria* sp. ผลของปริมาณแร่ธาตุ *A. Marginata* สูงที่สุด (มิลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม) แคลเซียม 126.40 เหล็ก 2.29 ฟอสฟอรัส 22.91 แมกนีเซียม 25.01 และทองแดง 1.03 ในขณะที่ *Limicolaria* sp. มีค่าแร่ธาตุต่างๆ น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบอีก 3 สายพันธุ์ ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน Khalua *et al.* (2014) รายงานว่าในการศึกษาของหอยน้ำจืด *Bellamya bengalensis* ของเขตเมดินิปูร์ รัฐเบงกอลตะวันตก พื้นที่ศึกษา 9 แห่งในทุกฤดูกาล พบว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีน (17.20 ± 1.78) เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต (13.12 ± 0.74) และเปอร์เซ็นต์ไขมัน (4.83 ± 0.017) มีค่าสูงสุดในช่วงก่อนมรสุมมากกว่าช่วงมรสุมและหลังมรสุม ถ้าสามารถเก็บรักษาโปรตีนไว้ได้ยาวนานเพื่อทดแทนการขาดอาหารประเภทโปรตีนในอนาคตยังสดปลอดภัย และยังคงคุณค่าทางโภชนาการอยู่เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ในศึกษาครั้งนี้เพื่อทดสอบปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ หลังจากการจำศีลตามระยะเวลาในการจำศีลต่าง ๆ กัน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการผลผลิตเพื่อการจำหน่าย หรือประโยชน์ในการขนส่ง รวมทั้งลดต้นทุนค่าอาหารเมื่อหอยแอปเปิลโตเต็มวัยได้

ตารางที่ 2.3 ค่าโภชนาการโปรตีนและไขมันในหอยชนิดต่างๆ

ชนิด	ปริมาณโปรตีน	ปริมาณไขมัน	อ้างอิง
Anisus convexiusculus	12.93%	0.97%	Baby *et al.* (2010)
Archachatina Marginata	19.53%	2.44%	Babalola and Akinsoyinu (2009)
Bellamya bengalensis	17.20%	4.83%	Khalua *et al.* (2014)
Pomacea canaliculate	12.73%	13.67%	Marsyha *et al.* (2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การนำหอยแอปเปิลมาใช้ประโยชน์

หอยแอปเปิลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย แม้ในอดีตหอยแอปเปิลเป็นศัตรูพืชอย่างร้ายแรงและแพร่กระจายรวดเร็วมาก นอกจากการนำมาบริโภคแล้ว ยังสามารถนำไปเป็นโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารสัตว์ที่มีราคาสูง (สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน และคณะ, 2544) จากการศึกษาของ Bombeo-Tuburan *et al*. (1995) รายงานว่าการใช้หอยแอปเปิลผสมกับอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าการให้อาหารผสมระหว่างหอยแอปเปิลกับมันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงที่สุด การศึกษาของ ธีรวัฒน์ แสงสว่าง (2545) รายงานว่าการนำหอยเชอรี่บดพร้อมเปลือกมาเสริมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้เลี้ยงไก่ไข่และเป็ดไข่ พบว่าการเสริมในระดับ 10% ของสูตรอาหารสำเร็จรูปสามารถช่วยปรับปรุงสมรรภาพการผลิตไข่และคุณภาพของไข่ได้ สามารถนำมาทดแทนแหล่งโปรตีนในการให้อาหารสัตว์ได้ อย่างการศึกษาของ Chimsung and Tantikitti (2014) รายงานว่าการนำหอยแอปเปิลสีทองมาผสมกับปลาป่น ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันเพื่อมาทดแทนแหล่งโปรตีนทางเลือกให้กับการเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ พบว่าการผสมในอัตราส่วนของหอยแอปเปิลแบบป่นที่ 50% และแบบหมัก 75% ร่วมกับปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพสูง และปลานิลแปลงเพศสามารถเติบโตได้ดีที่สุด หอยแอปเปิลยังสามารถนำมาทดแทนโปรตีนจากปลาข้างเหลือง 100 % เพื่อใช้เลี้ยงปลากะพง ทำให้มีต้นทุนต่ำที่สุด (สมิง จำปาศรี และคณะ, 2561) การใช้หอยแอปเปิลทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม Jintasataporn *et al*. (2004) แนะนำในช่วงสองเดือนแรกของการเลี้ยงกุ้งกามกรามควรใช้หอยแอปเปิลทดแทนปลาป่นได้ 25% ของโปรตีนจากปลาป่น ระดับสูงสุดที่ใช้ทดแทนปลาป่นได้ ไม่ควรมากกว่า 50% ของโปรตีนจากปลาป่น Tanee *et al*. (2015) รายงานว่าใช้เสริมหอยแอปเปิลในอาหารใช้อนุบาลลูกปลาหมอไทยสามารถใช้เสริมในอาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปลาปลาหมอไทย เสริมในอาหาร 6% มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด Chetrakran *et al*. (2021) รายงานว่าใช้หอยแอปเปิลสด10% ของน้ำหนักปลา เลี้ยงปลาไหลพบว่าเจริญเติบโตดีที่สุดในการเลี้ยงบ่อซีเมนต์ Rabia (2015) รายงานว่าใช้หอยแอปเปิลผสมกับปลาเป็ด 10% ของน้ำหนักตัว อัตราการเติบโตดีที่สุดในการใช้เลี้ยงปูทะเล *Scylla serrata Forskal* จากการศึกษาของ Visca and Palla (2018) รายงานว่าใช้หอยแอปเปิล 45% เป็นแหล่งโปรตีนของปลาสลิดทะเลที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุด สามารถทดแทนปลาป่นได้นานกว่าสองเดือนประหยัดต้นทุน Budiari *et al*. (2021) รายงานว่าการเสริมหอยแอปเปิล30% ในอาหารเพื่อเลี้ยงเป็ดเทศมีน้ำหนักตัวดีที่สุด Davalos (2022) รายงานว่าการเสริมหอยแอปเปิลเพื่อทดแทนปลาป่นได้มากถึง 50% ในการเลี้ยงนกกระทาญี่ปุ่นที่ทำให้มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางไข่ได้ดี Saputri *et al*. (2020) รายงานว่าปริมาณ 80% ปลาป่นผสมกับ 20% เนื้อหอยแอปเปิล ทำให้ปลาแพนกาเซียเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 การใช้หอยแอปเปิลเสริมและทดแทนโปรตีนในอาหารสัตว์

ส่วนผสม	ชนิดสัตว์ที่เสริมให้	อ้างอิง
เสริม60% มันสำปะหลัง40%	กุ้งขาว	Bombeo-Tuburan *et al*. (1995)
เสริม10%ในอาหารไก่	ไก่ไข่และเป็ดไข่	ธีรวัฒน์ แสงสว่าง (2545)
50% ผสมปลาป่น	ปลานิลแปลงเพศ	Chimsung and Tantikitti (2014)
ทดแทนปลาข้างเหลือง 100%	ปลากะพงขาว	สมิง จำปาศรี และคณะ (2561)
ทดแทนปลาป่นได้ 25%	กุ้งก้ามกราม	Jintasataporn *et al*. (2004)
เสิรมในอาหาร 6%	ลูกปลาหมอไทย	Tanee *et al*. (2015)
หอยแอปเปิลสด10%	ปลาไหล	Chetrakran *et al*. (2021)
เสริม10% ผสมกับปลาเป็ด	ปูทะเล *Scylla serrata Forskal*	Rabia (2015)
ทดแทนในอาหาร 45%	ปลาสลิดทะเล	Visca and Palla (2018)
เสริมในอาหาร 30%	เป็ดเทศ	Budiari *et al*. (2021)
ทดแทนปลาป่นได้มากถึง 50%	นกกระทาญี่ปุ่น	Davalos (2022)
เสริม20% ปริมาณปลาป่น 80%	ปลาแพนกาเซีย	Saputri *et al*. (2020)

2.12 ประโยชน์ของใบหม่อน

ใบหม่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โปรตีนสูงถึง 15-28% นำมาใช้เป็นอาหารเสริมในสัตว์หลายชนิดเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารได้ จากการศึกษาของ Ouyang *et al*. (2019) รายงานว่าการเสริมใบหม่อน 30% เลี้ยงลูกแกะจะมีความเหมาะสมต่อการเติบโตละการย่อยของสัตว์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Liu *et al*. (2001) ใช้ใบหม่อนเสริมกับอาหารเม็ดได้ถึง 240 กรัมทำให้ประหยัดต้นทุนอาหารได้ มลิวรรณ์ สังฆะภูมิ และ ยุภา นาหนองตูม (2561) รายงานว่าการเสริมใบหม่อนแห้งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารสำหรับเลี้ยงไก่ผสมพื้นเมืองสามสาย พบว่าใช้ใบหม่อนแห้ง 1% มีแนวโน้มน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดีและสามารถลดต้นทุนราคาอาหารได้ (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการใช้ใบหม่อนเสริมในอาหารสัตว์ต่างๆ ที่ทำให้สัตว์เติบโตได้ดี

ชนิดสัตว์	ปริมาณที่เสริมในอาหาร	อ้างอิง
ลูกแกะ	30%	Ouyang *et al.* (2019)
ลูกแกะ	240 กรัม	Liu *et al.* (2001)
ไก่ลูกผสมพื้นเมืองสามสาย	1%	มลิวรรณ์ สังฆะภูมิ และ ยุภา นาหนองตูม (2561)

2.13 ภาวะการจำศีล

ในธรรมชาติหอยแอปเปิล จะมีการการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในธรรมชาติ อย่างที่เรียกกันว่าการจำศีล สามารถจำศีลได้ทุกช่วงอายุ หรืออาจเรียกว่า “การจำศีลชั่วคราว” การจำศีลชั่วคราวในธรรมชาติจะเกิดขึ้นในฤดูร้อนที่อุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ หอยมักจะฝังตัวอยู่ใต้ดิน ใต้กองใบไม้ ก้อนหิน หรือซ่อนตามโพรงไม้และปิดปากเปลือกให้แน่นด้วยฝาปิดเปลือก เมื่อมีสภาวะที่เหมาะสมหอยแอปเปิลจะสามารถฟื้นตัวและมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ ปัจจัยที่ทำให้หอยเกิดการจำศีลชั่วคราวมีหลายปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิเป็นปัจจัยส่วนใหญ่ที่มีอิทธิพลต่อการปรับพฤติกรรมโดยการจำศีล เพื่อการอยู่รอด อย่างในการศึกษาของ Yoshida *et al.* (2009) รายงานว่าวงจรชีวิตของหอยแอปเปิล *P. canaliculate* ในนาข้าวประเทศญี่ปุ่นที่เก็บตัวอย่างจากนาข้าวที่หลีกเลี่ยงนาข้าวที่ใช้สารเคมี ในจังหวัด Nara (เขตเย็น) และจังหวัด Kumamoto (เขตอบอุ่น) โดยการสุ่มโดยใช้กรอบนับประชากร (quadrats) ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ในระยะทาง 0.5 ถึง 1 ตารางกิโลเมตร เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต การผลิตไข่ และอัตราการรอด ในพื้นที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าวงจรชีวิตของหอยแอปเปิลในเขตหนาวคล้ายกับหอยในเขตอบอุ่น อัตราการเติบโตหอยแอปเปิลเกือบจะสูงสุดในช่วงแล้งในทั้งสองพื้นที่ ประชากรความหนาแน่นของหอยแอปเปิลหลังจากผ่านฤดูหนาวจะแตกต่างกันตามท้องที่และปี โดยมีความหนาแน่นในจังหวัด Kumamoto สูงกว่า จังหวัด Nara อัตราการอยู่รอดต่ำมากในช่วงฤดูหนาวใน จังหวัด Nara 0.18-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.92 % ในขณะที่จังหวัด Kumamoto อยู่ที่ 9 % หอยแอปเปิลส่วนใหญ่ตายในฤดูหนาวจะมีบางตัวที่สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมและอยู่รอดได้จะมีจำนวนไม่มาก โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปรับตัวและการอยู่รอด สอดคล้องกับการศึกษาของ Şereflişan and Duysak (2021) รายงานว่าการจำศีลของหอยทากบก 4 ชนิดคือ *Helix pomacella, Eobania vermiculata, Helix melanostoma* และ *Helix asemnis* หอยทากทั้ง 4 ชนิดนี้ไม่มีแผ่นปิดเปลือก มีการสร้าง epiphragm ลักษณะคล้ายเมือกที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่คล้ายแผ่นปิดเปลือก จะสร้างมาปิดตัวเองเพื่อลดการสูญเสียน้ำระหว่างการจำศีล เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

ในช่วงฤดูหนาว เกาะบอลติก ในประเทศสวีเดน Baur and Baur (1991) รายงานว่าหอยทากบก *Chondrina clienta* และ *Balea perversa* ที่อาศัยตามบริเวณกำแพงหิน มีการจำศีลทั้งแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม จะพบ *B. perversa* จำศีลแบบรวมกลุ่มมากกว่า *C. clienta* เมื่อตัวเต็มวัยทั้ง 2 ชนิดจะมีการจำศีลแบบกลุ่มมากกว่าช่วงวัยอ่อน หอยทากที่มีการจำศีลเป็นกลุ่มใหญ่มีอัตราการอยู่รอด สูงกว่าที่หอยทากที่จำศีลแบบเดี่ยวหรือจำศีลแบบรวมกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่ออยู่กันเป็นกลุ่มใหญ่สามารถลดการสัมผัสอากาศหนาวโดยตรงได้ดีกว่า ในช่วงปี 1986-1987 ช่วงปีที่หนาวจัด บันทึกอุณหภูมิต่ำสุดในระหว่างการทำการศึกษาอยู่ที่ -16 องศาเซลเซียส *C. clienta* อัตราการการอยู่รอดเฉลี่ยอยู่ที่ 33.9% และ *B. perversa* อยู่ที่ 73.3% สำหรับ ในช่วงฤดูหนาวที่ไม่รุนแรง โดยมีอัตราการอยู่รอด เฉลี่ย *C. clienta* อยู่ที่ 83.2% และใน *B. perversa* อยู่ที่ 91.1% ตัวเต็มวัยของทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการอยู่รอด สูงกว่าในวัยอ่อน ผลจากอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวส่งผลต่อการอยู่รอด

Ansart *et al.* (2002) รายงานว่าการศึกษาการจำศีลเบื้องต้น ในหอย *Helix aspersa* วัยอ่อนกับโตเต็มวัย ทำโดยมีให้แสง 8 ชั่วโมง อยู่ในที่มืด 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6-7 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นในดินที่ 60% ไม่มีการให้น้ำและอาหาร กลุ่มควบคุมทำการจำศีลต่อไปตามขบวนการข้างต้น ส่วนกลุ่มที่ทดสอบการแข่แข็ง กลุ่มโตเต็มวัยทำการแช่แข็ง -10 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และวัยอ่อนทำการแช่แข็ง -10 องศาเซลเซียส นาน 1.5 ชั่วโมง หลังจากการแช่แข็งหอยกลุ่มดังกล่าว นำมาทดสอบการจำศีลต่อดังกระบวนการข้างต้น และทำการบันทึกอัตรารอดเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง จากนั้นจำศีลต่อ 6 สัปดาห์ (42 วัน) บันทึกอัตรารอดและจำนวนตาย นอกจากนี้ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการแช่แข็งทำการทดสอบการจำศีลอีกครั้งโดยได้รับแสง 14 ชั่วโมง ความมืด 10 ชั่วโมง ความชื้นในดิน 85% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีการให้อาหารแบบผงผสมแร่ธาตุต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และน้ำ นาน 80 วัน มีการทำความสะอาดกล่องทุกสัปดาห์ นำตัวตายออก ให้น้ำและอาหารอย่างสม่ำเสมอ และทดสอบการสืบพันธุ์โดยบันทึกวันผสมพันธุ์ครั้งแรก จำนวนครั้งผสมพันธุ์ การวางไข่ครั้งแรก จำนวนไข่ต่อฝัก น้ำหนักฝักไข่ จำนวนวันในการฟักตัว และสัดส่วนการฟักตัว เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มควบคุม (ที่ไม่ถูกแช่แข็ง) และกลุ่มแช่แข็งไม่มีความแตกต่างกันในการอยู่รอด การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต แสดงให้เห็นว่าหอยชนิดนี้มีความทนทานต่ออุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสามารถเป็นตัวกระตุ้นให้กลไกการป้องกันหรือปรับสภาพภายในร่างกายโดยการฝังตัวเองลงไปในดินเพื่อลดอุณหภูมิและเข้าสู่การจำศีล (Tkachenko *et al.,* 2020) การศึกษาของ Kalinda *et al*. (2018) ในหอย *Bulinus globosus* จำลองในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียส ทำให้แห้งแล้งหลังจาก 28-49 วัน หอยจะเริ่มตายและพบว่าอัตราการอยู่รอดขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของหอย โดยที่หอยขนาดใหญ่จะมีอัตราการอยู่รอดสูงกว่าโดยที่จะขุดดินลงไปได้ลึกกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Yusa *et al*. (2006) รายงานว่าการอยู่รอดของหอยแอปเปิล *P. Canaliculate* ต่อความแห้งแล้งในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 20-26 องศาเซลเซียส พบว่าหอยขนาดกลาง (ความยาวเปลือกประมาณ 15 มิลลิเมตร) มีอัตราการอยู่รอดสูงถึง 60% เป็นระยะเวลา 22 เดือน ในช่วงเวลาเดียวกัน หอยขนาดใหญ่ (ความยาวเปลือกประมาณ 30 มิลลิเมตร) มีอัตราการอยู่รอดแค่ 17% (ตารางที่ 2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 อุณหภูมิที่มีการศึกษาในการจำศีลหอยชนิดต่างๆ

ชนิด	อุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา	อ้างอิง
Pomacea canaliculate	7.7-12.2 องศาเซลเซียส	Yoshida *et al.* (2009)
Helix pomacella *Helix asemnis* *Helix melanostoma* *Eobania vermiculata*	ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส	Şereflişan and Duysak (2021)
Chondrina clienta *Balea perversa*	-16 องศาเซลเซียส	Baur and Baur (1991)
Helix aspersa	6-7 และ -10 องศาเซลเซียส	Ansart *et al.* (2002)
Bulinus globosus	24-25 องศาเซลเซียส	Kalinda *et al*. (2018)
P. Canaliculate	20-26 องศาเซลเซียส	Yusa *et al*. (2006)

แนวทางการเก็บรักษาโปรตีนไว้ได้ยาวนาน เพื่อทดแทนการขาดอาหารประเภทโปรตีนในอนาคตให้ยังสดและยังคงคุณค่าทางโภชนาการอยู่เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ในศึกษาครั้งนี้การเพื่อทดสอบปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ ตามระยะเวลาในการจำศีล หอยแอปเปิลสามารถกินอาหารได้หลากหลายจะใช้อาหารสำเร็จรูป หรือใบไม้ เศษผัก หากน้ำที่เลี้ยงสะอาดหอยจะสามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดี ปราศจากโรค การเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำจึงเป็นวิธีที่น่าสนใจทำให้ผลผลิตสูงและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ใช้พื้นที่น้อย สามารถใช้เลี้ยงในครัวเรือนหรือเลี้ยงเพื่อค้าขายได้ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลที่ทราบแหล่งที่มาอย่างชัดเจน จึงเป็นแนวทางการผลิตอาหารปลอดภัยเพื่อผู้บริโภค และการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลในระบบที่จัดการและควบคุมได้ ถึงแม้การเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารสำเร็จรูป สะดวกและง่ายต่อการเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง

(1) บ่อปูนสำหรับเลี้ยง

(2) ถังกรองในระบบ

(3) ปั๊มน้ำ

(4) ท่อPVC

(5) ตาข่ายไนลอน

(6) สวิง

(7) อาหารสำเร็จรูปปลากินพืชขนาดกลางตราซีพี 9932

(8) ใบหม่อนสด

3.1.2 อุปกรณ์ในการเก็บบันทึกข้อมูล

(1) เครื่องชั่ง

(2) เวอร์เนียแบบดิจิตอล

(3) ชุดเครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (Aqualitic system)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการจำศีล

(1) กล่องกระดาษขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร

(2) ถังทดลองปริมาตร 10 ลิตร

(3) ถาด

(4) ปากคีบ

3.1.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ อ้างอิง ดัดแปลงจาก AOAC(1995)

(1) วิเคราะห์ความชื้น ตู้อบ ยี่ห้อ Binder รุ่น FD 56

(2) วิเคราะห์โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method (เครื่องย่อย ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น KT-L 20s และเครื่องกลั่น ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น VAPODEST 400).

(3) วิเคราะห์ไขมัน ด้วยวิธี Soxtherm เครื่องสกัดยี่ห้อ Gerhardt รุ่น SOX416

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) วิเคราะห์เยื่อใย ด้วยเครื่อง Fibertec System ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น FT12

(5) วิเคราะห์แคลเซียมและฟอสฟอรัส ด้วยวิธีตกตะกอน เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-1800 ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร

(6) วิเคราะห์เถ้าด้วยการเผาด้วย เตาเผาอุณหภูมิสูง ยี่ห้อ Carbolite-Gro รุ่น CWF 1100C

(7) เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

(8) โถดูดความชื้น

(9) เครื่องบดตัวอย่าง

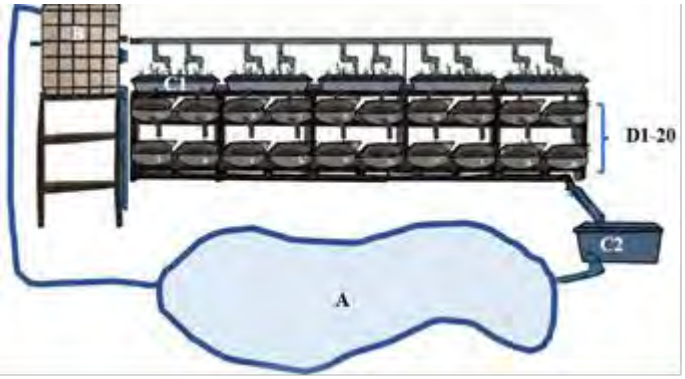
(10) ตู้ดูดควัน

3.2 วิธีการทดลองสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

3.2.1 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน

บ่อปูนทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร ความสูงของน้ำ 14 เซนติเมตร หรือปริมาตร 33 ลิตร ทำความสะอาดบ่อสำหรับพักลูกหอยแอปเปิลก่อนเริ่มการทดลอง เปิดระบบน้ำให้ไหลหมุนเวียนน้ำก่อนปล่อยลูกหอยแอปเปิลลงบ่อ ในส่วนของระบบหมุนเวียนน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง (ภาพที่ 3.1) มีบ่อพักน้ำขนาดใหญ่ (A) ปริมาตร 13 ตัน มีการติดตั้งปั้มดูดน้ำเพื่อดูดขึ้นไปในถังพักน้ำ(B) ขนาด 1 ตัน เมื่อเปิดระบบน้ำจะไหลลงไปตามท่อพีวีซีและไหลลงสู่ถาดกรอง (C1) ขนาดความกว้าง 0.7 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 0.2 เมตร จำนวน 5 ถาดกรอง ใส่หิน กรวด เพื่อเป็นการกรองน้ำเบื้องต้น ในถาดกรองมีการเลี้ยงพืชสวนครัว ก่อนไหลลงสู่บ่อปูนทรงกลมที่เลี้ยงหอยแอปเปิล จำนวน 20 บ่อ และไหลลงสู่ถังกรอง (C2) ขนาดกว้าง 0.7 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 0.5 เมตร ก่อนจะลงบ่อพักน้ำขนาดใหญ่ (A) และหมุนเวียนน้ำภายในระบบอย่างต่อเนื่อง เมื่อเริ่มการทดลองจะเปิดให้น้ำไหลหมุนเวียนวันละ 2 ครั้ง (เช้า-บ่าย) โดยอัตราการไหลหมุนเวียนน้ำ 3 ลิตรต่อนาที ทำการดูดตะกอนภายในบ่อเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล 2 อาทิตย์ต่อครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังของระบบหมุนเวียนแบบปิด (A) บ่อน้ำพร้อมปั๊มน้ำ (B) ถังเก็บน้ำเพื่อจ่ายน้ำ (C1) การบำบัดน้ำก่อนไหลลงบ่อปูน (D1-20) บ่อปูน และ (C2) การบำบัดน้ำก่อนไหลลงบ่อปูน บ่อน้ำ

เมื่อเตรียมบ่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว สุ่มลูกพันธุ์หอยแอปเปิลสายพันธุ์จากบ้านสวนรุ่งตะวัน ที่มีอายุประมาณ 4-5 สัปดาห์ ลงในบ่อจำนวนบ่อละ 250 ตัว ทั้งหมด 20 บ่อ มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 0.09 กรัม มีการปรับสภาพประมาณ 2 วัน ก่อนเริ่มทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองแรกให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว (CF) จำนวน 4 บ่อ ชุดการทดลองที่ 2 ให้ใบหม่อนอย่างเดียว (ML) จำนวน 4 บ่อ และชุดการทดลองที่ 3 ให้ผสมกันระหว่างอาหารสำเร็จรูปและใบหม่อนสด (MF) จำนวน 16 บ่อ (ภาพที่ 3.2) เลี้ยงในบ่อปูนซีเมนต์ปริมาตร 33 ลิตร ใช้ระบบหมุนเวียนน้ำตลอดการทดลอง ทำการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ชุดการทดลองที่ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป จะให้อาหาร 4% ต่อน้ำหนักตัว 1 ครั้ง/วัน ชุดการทดลองเสริมใบหม่อนให้เป็น 2 เท่าของน้ำหนักอาหารที่ให้ ในส่วนชุดการทดลองที่ให้ใบหม่อนอย่างเดียวให้ 8% ต่อน้ำหนักตัว อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ให้ใช้อาหารปลากินพืชขนาดกลางตราซีพี 9932 ที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 15.5% ไขมันไม่น้อยกว่า 3% กากไม่มากกว่า 10% ความชื้นไม่มากกว่า 12% ส่วนผสมของอาหารประกอบไปด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลืองหรือถั่วเหลืองนึ่ง รำละเอียด กากมะพร้าวอัดหรือกากปาล์ม ข้าวโพด ปลายข้าว มันสำปะหลัง น้ำมันปลา วิตามิน เกลือแร่และสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 บ่อเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน A ชุดการทดลองเลี้ยงอาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว B ชุดการทดลองเลี้ยงด้วยใบหม่อนสดอย่างเดียว และ C ชุดการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสม (อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อน)

ระหว่างการทดลอง บันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้ทุก 2 สัปดาห์ และบันทึกข้อมูล น้ำหนัก ความยาวเปลือก และจำนวนที่เหลือรอด เพื่อนำมาหาอัตราการเติบโตดังสมการที่ (1) และ (2) อัตราการแลกเนื้อ ดังสมการที่ (3) อัตราการรอด ดังสมการที่ (4) และอัตราการเติบโตเฉลี่ย (ADG) ดังสมการที่ (5) (ภาพที่ 3.3)

ภาพที่ 3.3 การวัดขนาดและชั่งน้ำหนักรวมหอยแอปเปิล *Pomacea* sp.

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการได้นำหอยแอปเปิลผ่านการทำให้ตายอย่างสงบ โดยการนำเข้าแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำหอยจากช่องแช่แข็งมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสามารถแกะเนื้อออกจากเปลือกได้ โดยการนำปากคีบดึงเนื้อหอยออกมาจากเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เนื้อหอยแอปเปิลทั้งตัว นำไปวางลงบนถาดที่รองด้วยทิชชูเพื่อซับน้ำออกบางส่วน และนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยทำการวิเคราะห์ทั้งแบบน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 3.4)

ภาพที่ 3.4 ส่วนเนื้อหอยแอปเปิลที่นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

3.2.3 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในตัวของหอยแอปเปิล อ้างอิง ดัดแปลงตามของ AOAC (1995) โดยวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้ วัตถุแห้ง ความชื้น (ดังสมการที่ 8) โปรตีน (ดังสมการที่ 9) ไขมัน (ดังสมการที่ 10) เยื่อใย (ดังสมการที่ 11) แป้งและน้ำตาล (ดังสมการที่ 13) แคลเซียม และฟอสฟอรัส ทุกชุดการทดลอง นำผลที่ได้ทั้งหมด มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Systat Version 13

การวิเคราะห์ข้อมูลการเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยหอย

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย} = \frac{\text{น้ำหนักหอยรวม}}{\text{จำนวนหอยทั้งหมด}} \quad \text{.....(1)}$$

ความยาวเฉลี่ย

$$\text{ความยาวเฉลี่ย} = \frac{\text{ความยาวหอยรวม}}{\text{จำนวนหอยทั้งหมด}} \quad \text{.....(2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio : FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักหอยสุดท้าย}} \quad \text{.....(3)}$$

อัตราการรอดตาย (%Survival rate)

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนหอยที่เหลือรอด}}{\text{จำนวนหอยเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{.....(4)}$$

อัตราการเติบโตเฉลี่ย (ADG)

$$\text{ADG กรัม/วัน} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เพาะเลี้ยง}} \quad \text{.....(5)}$$

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น – น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{....(6)}$$

เปอร์เซ็นต์การฟื้นตัว

$$\text{เปอร์เซ็นต์การฟื้นตัว} = \frac{\text{จำนวนตัวเริ่มต้น – จำนวนตัวที่ไม่ฟื้นตัว}}{\text{จำนวนตัวเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{.....(7)}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์ความชื้น

$$\%\text{ความชื้น} = \frac{a - b}{w} \times 100 \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ a = น้ำหนักขวดชั่งและตัวอย่างก่อนการอบ

b = น้ำหนักขวดชั่งและตัวอย่างหลังจากอบ

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิเคราะห์โปรตีน

$$\%\text{ crude protein} = \frac{1.4(V)N \times 6.25}{w} \quad \text{.....(9)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ V = ปริมาตรของกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ที่ใช้ไตรเตรท

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของ กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

วิเคราะห์ไขมัน

$$\%\text{Ether extract ของอาหาร} = \frac{b - a}{w} \times 100 \quad \text{.....(10)}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของขวดก้นกลม

b = น้ำหนักของขวดก้นกลมและ ether extract หลังอบ

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

วิเคราะห์เยื่อใย

$$\%\text{เยื่อใยทั้งหมดของอาหาร} = \frac{(a-b)}{w} \times 100 \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ a = น้ำหนัก glass crucible กับน้ำหนักกากที่ย่อยก่อนการเผา

b = น้ำหนัก glass crucible กับน้ำหนักเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้วิเคราะห์

วิเคราะห์เถ้า

$$\%\text{เถ้าทั้งหมดในอาหาร} = \frac{(b-a)}{w} \times 100 \quad \text{.....(12)}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าภายหลังจากการเผา

w = น้ำหนักของตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

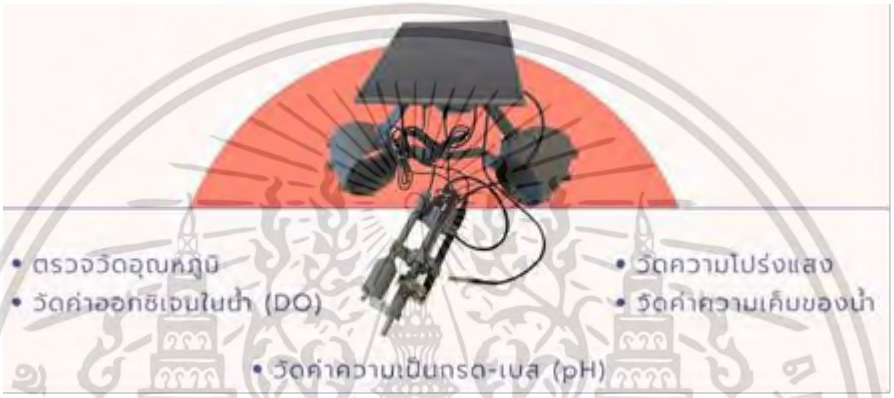
วิเคราะห์ แป้งและน้ำตาล (NFE)

(NFE) = ปริมาณวัตถุแห้ง - ความชื้น + ไขมัน + โปรตีน + เยื่อใย + เถ้า .....(13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การวัดคุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล

บ้านสวนรุ่งตะวัน มีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ (ภาพที่ 3.5) ที่บ่อพักน้ำขนาดใหญ่ในระบบปิด แบบหมุนเวียนน้ำ เพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ นำข้อมูลต่างๆ ที่บันทึกแบบรายวัน มาหาค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพน้ำต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติติดตั้งไว้ในบ่อพักน้ำในระบบการเลี้ยงหอยแอปเปิล แบบปิด

3.3 การจำศีลหอยแอปเปิล

3.3.1 การจำศีลหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำๆ ละ 35 ตัว ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1 จำศีลนาน 2 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 2 จำศีลนาน 4 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 3 จำศีลนาน 8 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 4 ชุดควบคุม ไม่มีการทดลองการจำศีล

3.3.2 การเลี้ยงหอยแอปเปิล

นำหอยแอปเปิลจากการทดลองที่ 1 จากบ้านสวนรุ่งตะวัน ซึ่งเป็นฟาร์มหอยแอปเปิลเพื่อการค้า จำนวน 1,000 ตัว อายุประมาณ 3 เดือน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 28.12 มิลลิเมตร น้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยต่อตัวประมาณ 4.3 กรัม มาเลี้ยงในบ่อปูนทรงกลมปริมาตร 138 ลิตร จำนวน 6 บ่อ ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง โดยบ่อเลี้ยงดังกล่าวเป็นการเลี้ยงในระบบเปิดน้ำนิ่ง ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 30% ทุก 4-5 วัน

ให้อาหารสำเร็จรูปของซีพี 9932 ซึ่งมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 15.5% ให้อาหาร 4% ต่อน้ำหนักตัววันละ 1 ครั้งและตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีการเสริมด้วยใบหม่อน จนได้อายุประมาณ 5 เดือน (ขนาดตัวประมาณ 20-30 ตัวต่อกิโลกรัม) ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและบันทึกจำนวนตัวก่อนจำศีล หลังจากนั้นสุ่มหอยแอปเปิลมาจำศีลด้วยการวางบนฟางแล้วปิดคลุมด้วยฟางในกล่องกระดาษขนาดใหญ่ กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตรก่อน ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) นาน 5 วัน และทำการบันทึกน้ำหนักหลังจากการปรับสภาพ 5 วัน

3.3.3 การทดลองจำศีล

การทดลองจำศีล สุ่มหอยแอปเปิลที่ทำการปรับสภาพเรียบร้อยแล้ว จำนวน 105 ตัว แบ่งออกเป็น 12 หน่วยทดลอง (กล่องกระดาษขนาดเล็กขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร) หน่วยทดลองละ 35 ตัว ภายในกล่องใช้ฟางรองรับการกระแทกระหว่างตัวหอย นำกล่องมาพักไว้ ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) ในปฏิบัติหลักสูตรฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร ระยะเวลาตามแผนการทดลอง คือ 2, 4 และ 8 สัปดาห์ สำหรับกลุ่มควบคุมหลังจากปรับสภาพ 5 วัน นำหอยใส่กล่องแล้วเก็บไว้ในช่องแช่แข็ง เพื่อรอวิเคราะห์ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการ

ภาพที่ 3.6 นำหอยแอปเปิลจำศีลที่ปิดคลุมด้วยฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วิธีการฟื้นตัว

หลังจากครบเวลาการจำศีล 2, 4 และ 8 สัปดาห์ นำหอยจากแต่ละหน่วยทดลองมาการทดสอบเปอร์เซ็นต์การฟื้นตัว (recovering) (ดังสมการที่ 7) โดยการสุ่มหอย แต่ละหน่วยการทดลอง จำนวน 10 ตัว ใส่ลงในถังทดลองปริมาตร 10 ลิตร โดยเติมน้ำใส่ถัง 5 ลิตร ทดสอบการฟื้นตัวภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนหอยที่เหลือเก็บไว้ในช่องแช่แข็ง รอการวิเคราะห์ต่อไป ลักษณะการฟื้นตัวของหอยสังเกตได้จาก ตัวของหอยแอปเปิลจะเริ่มเปิดแผ่นปิดเปลือกแล้วยื่นหนวดและเท้าออกจากเปลือกแล้วเริ่มเคลื่อนที่

3.3.5 การเตรียมตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การเตรียมตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ นำหอยจากช่องแช่แข็งมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสามารถแกะเนื้อออกจากเปลือกได้ โดยการนำปากคีบดึงตัวหอยออกมาจากเปลือกใช้ทั้งตัว นำไปวางลงบนถาดที่รองด้วยทิชชูเพื่อซับน้ำออกบางส่วน และนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล อ้างอิง ดัดแปลง ตามวิธีดัดแปลงการวิเคราะห์ AOAC, (1995) โดยวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้ วัตุแห้ง ความชื้น (ดังสมการที่ 8) โปรตีน (ดังสมการที่ 9) ไขมัน (ดังสมการที่ 10) เยื่อใย (ดังสมการที่ 11) แป้งและน้ำตาล (ดังสมการที่ 13) แคลเซียม และฟอสฟอรัส ทุกชุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว คุณค่าโภชนาการ อัตราการรอดตาย อัตราการฟื้นตัวและความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยแบบ One-way analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p< 0.05$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Systat Version 13

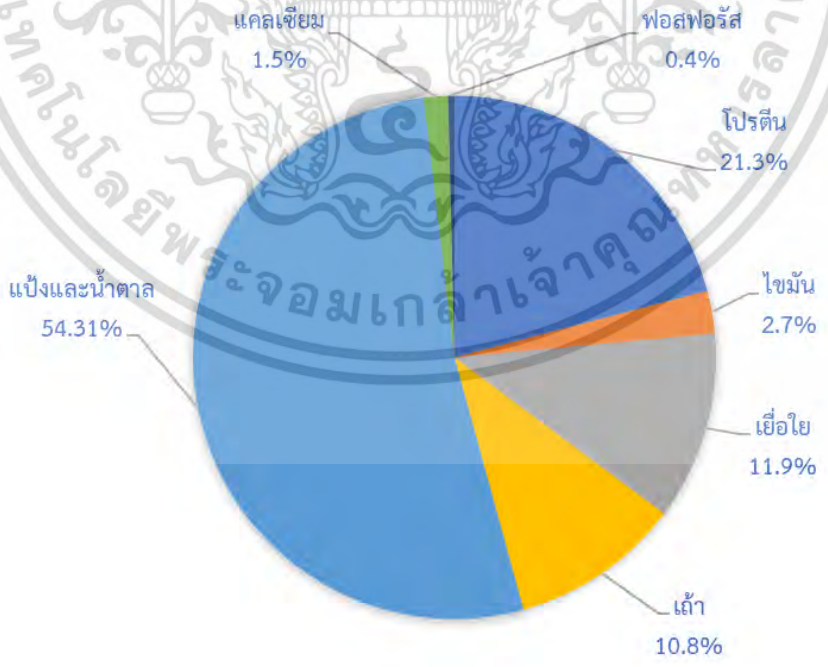
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 รูปแบบของอาหารที่แตกต่างกันกับการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ

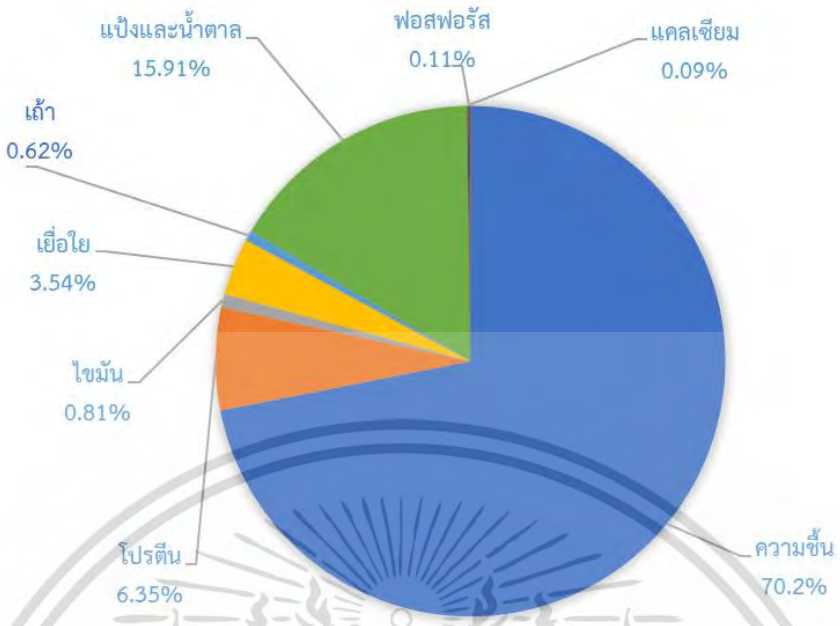
4.1.1 คุณค่าทางโภชนาการใบหม่อน

ใบหม่อนสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ในการทดลองครั้งนี้นำใบหม่อนสดให้หอยแอปเปิลกินเป็นอาหารโดยตรง การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแอปเปิล ผลวิเคราะห์ของน้ำหนักแห้งพบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีน 21.30±0.02 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 2.70±0.38 เปอร์เซ็นต์เยื่อใย 11.86±0.16 เปอร์เซ็นต์เถ้า 10.75±0.23 เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาล (NFE) 53.38±0.20 เปอร์เซ็นต์แคลเซียม 1.51±0.05 และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส 0.40±0.01 (ภาพที่ 4.1) และผลวิเคราะห์ของน้ำหนักสดของใบหม่อน พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น 70.20 เปอร์เซ็นต์โปรตีน 6.35±0.01 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 0.81±0.11 เปอร์เซ็นต์เยื่อใย 3.54±0.05 เปอร์เซ็นต์เถ้า 0.62±0.01 เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาล (NFE) 15.91±0.06 เปอร์เซ็นต์แคลเซียม 0.09±0.01 และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส 0.11±0.00 (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.1 คุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนน้ำหนักแห้งที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแอปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 คุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนน้ำหนักสดที่ใช้ในการเลี้ยงหอยแอปเปิล

4.1.2 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลด้วยอาหารที่แตกต่างกัน

ทำการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลที่ฟาร์มรุ่งตะวัน โดยเริ่มต้นการเลี้ยง จำนวนบ่อละ 250 ตัว โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ข้อมูลการเพาะเลี้ยง น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น(กรัมต่อตัว) น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัมต่อตัว) ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัมต่อตัว) ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (กรัมต่อตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (%) ของหอยแอปเปิลในแต่ละชุดการทดลอง (ตารางที่ 4.1) น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.09±0.04 กรัมต่อตัว ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น 6.72±1.40 มิลลิเมตรต่อตัว

จากการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด การทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 4.3±0.4 กรัมต่อตัว ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองชุดอื่น โดยที่ชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 2.5±0.2 กรัมต่อตัว และชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 1.8±0.2 กรัมต่อตัว ความยาวเฉลี่ยสูงสุดพบในการทดลองชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 28.12±1.59 มิลลิเมตรต่อตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 24.07±1.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิเมตรต่อตัว และชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 23.38±1.13 มิลลิเมตรต่อตัว แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (CF) กับชุดการทดลอง (ML)

อัตราการแลกเนื้อ (FCR) ทำการเปรียบเทียบในระหว่างน้ำหนักใบหม่อนสดและน้ำหนักใบหม่อนแห้ง อัตราการแลกเนื้อ (FCR) น้ำหนักใบหม่อนสดพบว่า ชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 1.16±0.03 มีค่าอัตราการแลกเนื้อที่ดีที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง (ML) มีค่าเท่ากับ 1.34±0.10 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 1.34±0.04 อย่างไรก็ตามในระหว่าง (ML) และ (MF) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการแลกเนื้อ (FCR) น้ำหนักใบหม่อนแห้ง ค่า FCR ดีที่สุดอยู่ที่ชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 0.13±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 1.16±0.03 และ ชุดการทดลอง (ML) 0.57±0.04 ตามลำดับ

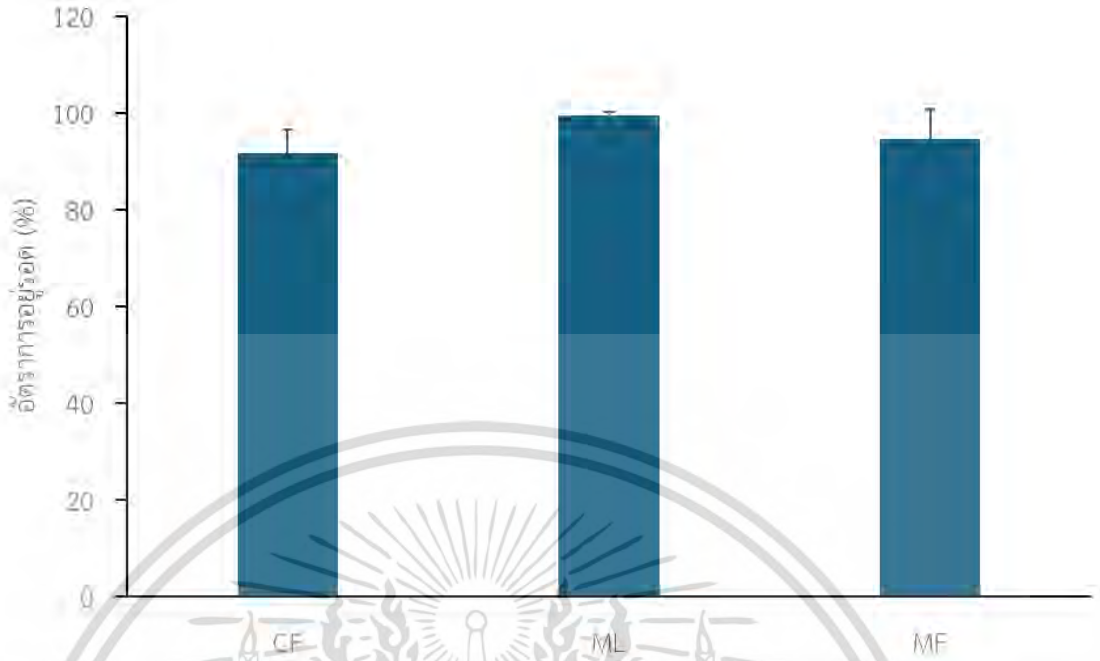
อัตราการอยู่รอด พบสูงสุด ที่ชุดการทดลอง (ML) คิดเป็นร้อยละ 99.4±0.77 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ (CF) ร้อยละ 91.6±5.00 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (ML) กับ (MF) ร้อยละ 94.5±6.06 ในขณะที่ (MF) และ(CF) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.1 การเจริญเติบโตเฉลี่ยของหอยแอปเปิลที่อายุ 42 วันได้รับอาหารที่แตกต่างกัน

การเจริญเติบโต	CF	ML	MF
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	0.09±0.04	0.09±0.04	0.09±0.04
น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	2.52±0.14 [b]	1.82±0.15 [a]	4.32±0.40 [c]
ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (มิลลิเมตรต่อตัว)	6.72±1.40	6.72±1.40	6.72±1.40
ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (มิลลิเมตรต่อตัว)	24.07±1.14 [a]	23.38±1.13 [a]	28.12±1.59 [c]
อัตราการแลกเนื้อ (FCR) *	1.16±0.03 [a]	0.57±0.04 [b]	0.13±0.01 [c]
อัตราการแลกเนื้อ (FCR)**	1.16±0.03 [b]	1.34±0.10 [a]	1.34±0.04 [a]
อัตราการอยู่รอด (%)	91.6±5.00 [b]	99.4±0.77 [a]	94.5±6.06 [ab]

*น้ำหนักใบหม่อนแห้ง ** น้ำหนักใบหม่อนสด ตัวอักษรความแตกต่างแสดงให้เห็นความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่ CF= อาหารสำเร็จรูป ML= ใบหม่อน และ MF= อาหารผสม

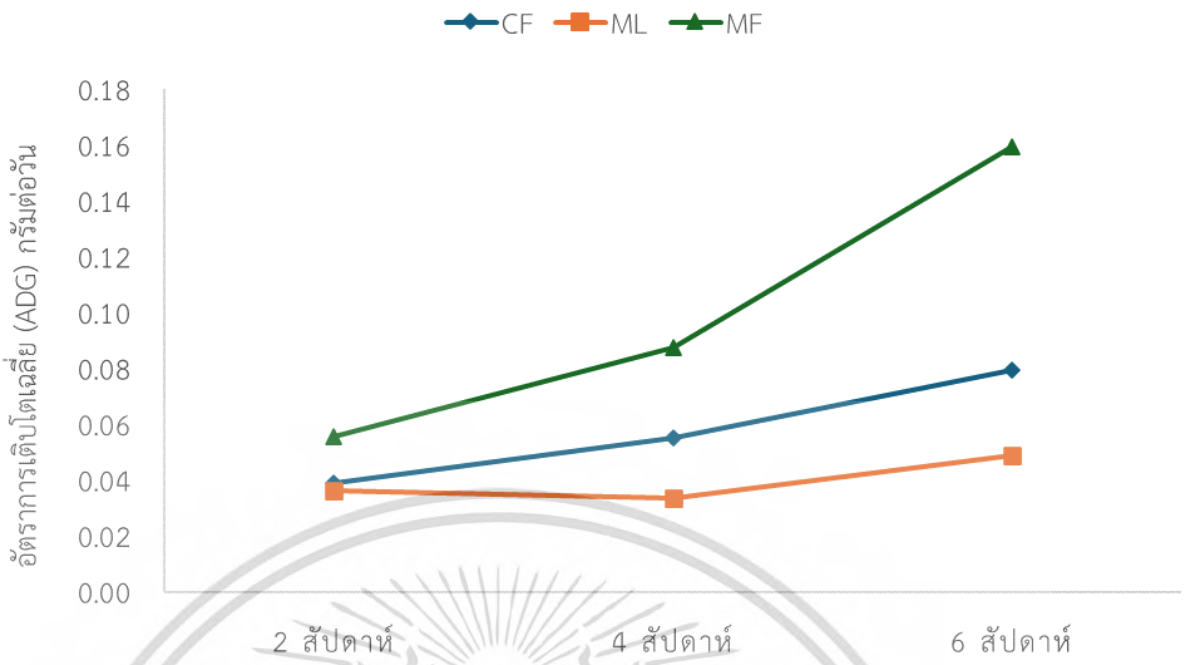
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 อัตราการอยู่รอด (%) ทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยที่ CF คือ ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ML คือ ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และ MF คืออาหารผสม

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) (ภาพที่ 4.4) ช่วงระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในช่วงระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทั้งสองชุดการทดลองพบสูงสุดที่ชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 0.16±0.03 กรัมต่อวัน แต่ในระหว่างชุดการทดลอง (CF) 0.08±0.01กรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง (ML) 0.05±0.01 กรัมต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 อัตราการเติบโตเฉลี่ย (ADG) กรัมต่อวัน ทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยที่ CF = ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ML = ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และMF = อาหารผสม ในระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์

4.1.3 คุณค่าทางโภชนาการการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2) คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลแบบน้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดในชุดการทดลอง (ML) 54.31±0.06 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 30.68±0.09 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 33.35±0.18 เปอร์เซ็นต์ไขมันค่าต่ำสุดในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 3.45±0.18 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง สูงสุดในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 7.61±0.21 และตามมาด้วยชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 6.16±0.03 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูงสุด (ML) มีค่าเท่ากับ 1.32±0.04 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง แต่ระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 0.08±0.02 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 0.03±0.02 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำสุดในชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 15.15±0.30 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง แต่ระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 16.70±0.38 และ (MF) มีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.29±0.09 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาลต่ำสุดในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 24.64±0.24 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง แต่ระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 44.93±0.27 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 45.32±0.06 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนของแร่ธาตุเปอร์เซ็นต์แคลเซียม สูงสุดในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 5.68±0.05 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 4.93±0.14 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 5.08±0.08 และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส สูงสุดในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 0.71±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง แต่ในส่วนชุดการทดลองระหว่าง (CF) มีค่าเท่ากับ 0.48±0.01 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 0.49±0.01 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน (% ในน้ำหนักแห้ง) โดยที่ CF คือ ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว ML คือ ให้ใบหม่อนอย่างเดียว และMF คืออาหารผสม (อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด)

คุณค่าทางโภชนาการน้ำหนักแห้ง (%)	**CF**	**ML**	**MF**
โปรตีน	30.68±0.09[a]	54.31±0.06[b]	33.35±0.18[c]
ไขมัน	7.61±0.21[a]	3.45±0.18[b]	6.16±0.03[c]
เยื่อใย	0.08±0.02[a]	1.32±0.04[b]	0.03±0.02[a]
เถ้า	16.7±0.16[a]	16.29±0.09[a]	15.15±0.25[b]
แป้งและน้ำตาล	44.93±0.27[a]	24.64±0.24[b]	45.32±0.06[a]
แคลเซียม	5.68±0.05[a]	4.93±0.14[b]	5.08±0.08[b]
ฟอสฟอรัส	0.48±0.01[a]	0.71±0.01[b]	0.49±0.01[a]

คุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลแบบน้ำหนักสด (ตารางที่ 4.3) เปอร์เซ็นต์ความชื้นในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 76.91 ชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 82.39 และชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 76.38 เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด ในชุดการทดลอง (ML) 9.57±0.01 ซึ่งมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 7.09±0.02 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 7.88±0.04 เปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำสุด ในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 0.61±0.03 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง สูงสุดในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 1.76±0.05 และตามมาด้วยชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 1.45±0.01 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูงสุด (ML) มีค่าเท่ากับ 0.23±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง แต่ระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 0.02±0.01 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 0.01±0.01 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำสุด ในชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 1.78±0.03 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 1.92±0.02 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 1.78±0.03 เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาลต่ำสุด ในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 4.34±0.04 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลองระหว่างชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 10.37±0.06 และ (MF) มีค่าเท่ากับ 10.7±0.01 ในส่วนของแร่ธาตุ เปอร์เซ็นต์แคลเซียม สูงสุดในชุดการทดลอง (CF) มีค่าเท่ากับ 0.65±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกชุดการทดลอง แต่ระหว่างชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 0.62±0.02 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 0.6±0.01% และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงสุด ในชุดการทดลอง (ML) มีค่าเท่ากับ 0.13±0.01 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองระหว่าง (CF) มีค่าเท่ากับ 0.11±0.00 แต่ในชุดการทดลองระหว่าง (CF) และ (MF) มีค่าเท่ากับ 0.12±0.01 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน (% ในน้ำหนักสด) โดยที่ CF=อาหารสำเร็จรูป ML=ใบหม่อนสด และ MF=อาหารผสม (อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด)

คุณค่าทางโภชนาการน้ำหนักสด (%)	**CF**	**ML**	**MF**
ความชื้น	76.91	82.39	76.38
โปรตีน	7.09±0.02[a]	9.57±0.01[b]	7.88±0.04[c]
ไขมัน	1.76±0.05[a]	0.61±0.03[b]	1.45±0.01[c]
เยื่อใย	0.02±0.01[a]	0.23±0.01[b]	0.01±0.01[a]
เถ้า	1.92±0.02[a]	2.04±0.01[b]	1.78±0.03[c]
แป้งและน้ำตาล	10.37±0.06[a]	4.34±0.04[b]	10.7±0.01[c]
แคลเซียม	0.65±0.01[a]	0.62±0.02[b]	0.6±0.01[b]
ฟอสฟอรัส	0.11±0.00[a]	0.13±0.01[b]	0.12±0.01[ab]

4.1.4 คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล

คุณภาพน้ำในการเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิล ใช้เครื่องวัดอัตโนมัติ Aqualitic system ที่ติดตั้งในบ่อพักน้ำระบบปิด วัดค่าตลอดการทดลอง 42 วัน ได้ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 4.4) อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.8±0.8 องศาเซลเซียส ความนำไฟฟ้าเฉลี่ย (EC) มีค่าเท่ากับ 180.1±57 µs/cm ความเป็นกรดด่างเฉลี่ย (pH) มีค่าเท่ากับ 7.1±0.3 และออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย (DO) มีค่าเท่ากับ 2.4±0.5 mg/L

ตารางที่ 4.4 ค่าคุณภาพน้ำในบ่อพักระบบปิด โดยใช้เครื่องวัดอัตโนมัติ Aqualitic system

คุณภาพน้ำ	**ค่าเฉลี่ย**
อุณหภูมิ (°C)	27.8±0.8
ความนำไฟฟ้า (EC) (µs/cm)	180.1±57
ความเป็นกรดด่าง (pH)	7.1±0.3
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) (mg/L)	2.4±0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การจำศีลของหอยแอปเปิล

4.2.1 การจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

การจำศีลแบ่งออกเป็นช่วงระยะเวลาที่แตกกต่างกัน 4 ชุดการทดลองโดยแบ่งออกเป็น T1 คือ ไม่มีการจำศีล, T2 ทำการจำศีล 2 สัปดาห์, T3 ทำการจำศีล 4 สัปดาห์ และ T4 ทำการจำศีล 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.5) แสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยก่อนเริ่มการทดลอง (กรัมต่อตัว) มีค่าเท่ากับ 19.29±1.17 ทุกชุดการทดลอง น้ำหนักหลังจากการจำศีลในแต่ละชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองจำศีล 2 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 15.07±3.68 กรัมต่อตัว ชุดการทดลอง 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 15.39±3.56 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวในชุดการทดลอง 4 สัปดาห์มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่า เนื่องจากขนาดตัวที่ตายแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักแตกต่างกันไป จึงทำให้ค่าเฉลี่ยต่อตัวในชุดการทดลองนี้สูงกว่าชุดการทดลอง 2 สัปดาห์และชุดการทดลองจำศีล 6 สัปดาห์น้ำหนักเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 13.75±2.93 กรัมต่อตัว น้ำหนักที่หายไปแต่ละชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 4.22±0.81, 3.90±0.77 และ 5.54±0.26 กรัมต่อตัว ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่นานขึ้น มีค่าเท่ากับ 6.94±7.52, 13.05±7.17 และ 19.90±4.81 ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์อัตราการอยู่รอด มีแนวโน้มลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 94.78±4.50, 90.82±3.11 และ 88.78±2.86 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การฟื้นตัว มีค่าเท่ากับ 100 ในทุกช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตได้จากหอยจะเปิดแผ่นปิดเปลือก ยื่นหนวดและเท้าออกมา (ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 แสดงน้ำหนักก่อนและหลังจำศีล น้ำหนักที่หายไป อัตราการรอดตาย และการสูญเสียน้ำ ในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน (T1 คือไม่มีการจำศีล, T2 คือจำศีล 2 สัปดาห์, T3 คือจำศีล 4 สัปดาห์ และT4 คือจำศีล 6 สัปดาห์)

ชุดการทดลอง	T1	T2	T3	T4
น้ำหนักก่อนการทดลองเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	19.29±1.17	19.29±1.17	19.29±1.17	19.29±1.17
น้ำหนักหลังจากจำศีลเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	-	15.07±3.68	15.39±3.56	13.75±2.93
น้ำหนักที่หายไปเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)	-	4.22±0.81	3.90±0.77	5.54±0.26
การสูญเสียน้ำ (%)	-	6.94±7.52	13.05±7.17	19.90±4.81
อัตราการอยู่รอด (%)	-	94.78±4.50	90.82±3.11	88.78±2.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 ทดสอบการฟื้นตัวของหอยแอปเปิลภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

4.2.2 คุณค่าทางโภชนาการจำศีลของหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

คุณค่าทางโภชนาการ (น้ำหนักแห้ง) ในการจำศีลหอยแอปเปิลในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.6) เปอร์เซ็นต์โปรตีนในชุดการทดลอง T1 และ T2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ในชุดการทดลอง T1 ไม่มีการจำศีลมีค่าเท่ากับ 47.53±0.44 ในชุดการทดลอง T2 มีค่าเท่ากับ 51.17±0.53 ในชุดการทดลอง T3 มีค่าเท่ากับ 52.88±0.18 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T4 มีค่าเท่ากับ 53.95±0.24 เปอร์เซ็นต์ไขมัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 2.08±0.07, 2.40±0.12, 2.16±0.10 และ 2.26±0.22 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เยื่อใย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.32±0.06, 0.39±0.08, 0.35±0.10 และ 0.40±0.10 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เถ้าชุดการทดลอง T1 มีค่าเท่ากับ 16.98±0.64 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T3 มีค่าเท่ากับ 19.36±1.16 และ T4 มีค่าเท่ากับ 19.28±0.69 แต่ชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T2 มีค่าเท่ากับ 18.65±0.11 ในขณะที่ชุดการทดลอง T2, T3 และ T4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งและน้ำตาล ชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 33.11±0.87, 27.38±0.44, 25.25±1.29 และ 24.10±1.07 ตามลำดับ ชุดการทดลอง T2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T3 แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T4 และในชุดการทดลอง T3 และ ชุดการทดลอง T4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปอร์เซ็นต์แคลเซียม ชุดการทดลอง T1 5.60±0.04 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง 6.34±0.31, 6.74±0.09 และ 6.65±0.08 ตามลำดับ แต่ในชุดการทดลอง T2, T3 และ T4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส ระหว่างทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของหอยแอปเปิล (% ในน้ำหนักแห้ง) ที่ทำการจำศีลชั่วคราวในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน T1 = ชุดควบคุม(ไม่มีการจำศีล) T2 = ชุดจำศีล 2 สัปดาห์ T3 = ชุดจำศีล 4 สัปดาห์ และ T4 = ชุดจำศีล 8 สัปดาห์

คุณค่าทางโภชนาการน้ำหนักแห้ง (%)	T1	T2	T3	T4
โปรตีน	47.53±0.44^{a}	51.17±0.53^{b}	52.88±0.18^{c}	53.95±0.24^{c}
ไขมัน	2.08±0.07	2.40±0.12	2.16±0.10	2.26±0.22
เยื่อใย	0.32±0.06	0.39±0.08	0.35±0.10	0.40±0.10
เถ้า	16.98±0.64^{a}	18.65±0.11^{a}	19.36±1.16^{ab}	19.28±0.69^{ab}
แป้งและน้ำตาล	33.11±0.87^{a}	27.38±0.44^{b}	25.25±1.29^{bc}	24.10±1.07^{c}
แคลเซียม	5.60±0.04^{a}	6.34±0.31^{b}	6.74±0.09^{b}	6.65±0.08^{b}
ฟอสฟอรัส	0.55±0.01	0.64±0.09	0.63±0.09	0.68±0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
อภิปรายผลการศึกษา

ใบหม่อนมีประโยชน์มากโดยการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อน (% น้ำหนักแห้ง) ครั้งนี้ มีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีน (21.30) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (2.7) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย (11.9) เปอร์เซ็นต์เถ้า (10.8) เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาล (54.31) เปอร์เซ็นต์แคลเซียม (1.5%) และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (0.4%) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ustundag and Ozdogan (2015) รายงานว่าการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบหม่อนพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ 15.31-30.91 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 2.70±0.38 เปอร์เซ็นต์เยื่อใยมีค่าเท่ากับ 9.9-13.85 เปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าเท่ากับ 8.91-11.81 เปอร์เซ็นต์แป้งและน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 9.70-39.70 เปอร์เซ็นต์แคลเซียมมีค่าเท่ากับ 0.79-2.23 และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 0.97 การประหยัดต้นทุนของการผลิตของอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์หลายชนิด ใบหม่อนมีคุณค่าโภชนาการสูง สามารถใช้แทนแหล่งโปรตีนราคาแพง เช่น กากถั่วเหลืองและปลาป่น แต่การใช้ใบหม่อนเป็นอาหารสัตว์จะมีปริมาณจำกัด ในสัตว์ปีกระบุว่าสามารถเติมใบหม่อนในอาหารสัตว์ปีกได้มากถึง 10% โดยไม่ส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพของสัตว์ปีก (Ustundag and Ozdogan, 2015)

หอยแอปเปิลเป็นหอยฝาเดียวน้ำจืดที่มีโปรตีนสูงและไขมันต่ำ เป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้คือการเพาะเลี้ยงให้มีการเติบโตสูงสุด โดยใช้ระบบปิดในการเพาะเลี้ยงที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดการไหลของน้ำ การให้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงหอยแอปเปิลทำได้ง่าย และมีผลดีต่อการเติบโตค่าน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายสูงสุดในชุดการทดลอง (MF) มีค่าเท่ากับ 4.32±0.40 กรัมต่อตัว และความยาวเฉลี่ยสูงถึง 28.12±1.59 มิลลิเมตรต่อตัว ในระยะเวลา 42 วัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Garr *et al*. (2011) รายงานว่าการเพาะเลี้ยงหอยทากฟลอลิดาโดยใช้อาหารสำเร็จรูปของปลาดุกผสมกับสาหร่ายขนาดใหญ่ Ulva เติบโตดีที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ สยาม อรุณศรีมรกต และคณะ (2560) รายงานว่าในการศึกษาหอยหอม (*Cyclophorus fulguratus*) เปรียบเทียบการให้อาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตรได้แก่ ผักกาดหอมกับอาหารไก่ ผักกาดหอมกับอาหารปลาดุก และผักกาดหอมกับกรวดเม็ดเล็ก พบว่าการให้ผักกาดหอมกับอาหารปลาดุกมีน้ำหนักตัวมากที่สุด การเลือกอาหารให้เหมาะสมในแต่ละช่วงวัยมีผลต่อการเติบโตของหอยแอปเปิลอย่างในการศึกษาของ Ruiz-Ramírez *et al.* (2005) รายงานว่าการให้อาหาร *P. patula cuernacensis* โดยใช้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Calothrix sp. (ไซยาโนแบคทีเรีย) ที่เลี้ยงด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ ในช่วงวัยอ่อนและช่วงโตเต็มวัย พบว่าช่วงวัยอ่อนการให้อาหารด้วย *Calothrix* sp. มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าในการให้อาหารเม็ดปลาคาร์ฟ แต่ในทางกลับกัน เมื่อให้อาหารทั้ง 2 ชนิด นี้ในช่วงโตเต็มวัยพบว่าน้ำหนักตัวในการให้อาหารด้วยอาหารเม็ดปลาคาร์ฟเพิ่มขึ้นสูงกว่า

อาหารสำเร็จรูปที่ใช้เป็นอาหารของหอยแอปเปิลระดับโปรตีนมีผลต่อการเติบโตและอัตราการแลกเนื้ออย่างการศึกษาของ Ramnarine (2004) รายงานว่าระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน 6 ระดับ โปรตีน คือ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 พบว่าที่โปรตีนระดับ 30% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับโปรตีนอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามในเรื่องของอัตราการแลกเนื้อในระดับโปรตีน 20% มีค่าต่ำกว่า (1.77) ในระดับโปรตีน 30% (1.90) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ที่ให้อาหารผสม (MF) พบว่ามีอัตราการแลกเนื้อ FCR (น้ำหนักใบหม่อนแห้ง) ต่ำกว่า มีค่าเท่ากับ 0.13±0.01 (ให้อาหารปลากินพืชที่มีระดับโปรตีนไม่ต่ำกว่า 15.5% เป็นอาหารร่วมกับใบหม่อนสด) แต่ในส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในชุดการทดลองของ (ML) มีค่าสูงเนื่องจากการให้ใบหม่อนสดอย่างเดียวมีการชั่งน้ำหนักของใบหม่อนพร้อมก้าน (จะเก็บก้านใบหม่อนออกเมื่อหอยแอปเปิลกินหมด) ในส่วนการทดลองบางชุดอาจมีขนาดของกิ่งใบหม่อนสดไม่เท่ากันจึงทำให้มีค่าความคาดเคลื่อนสูงกว่าชุดการทดลองอื่น การใช้ใบหม่อนสดเป็นอาหารในการเลี้ยงนั้น เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ปลูกต้นหม่อน เพราะใบหม่อนเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกและเป็นอาหารที่ปลอดภัยภายในครัวเรือนและยังช่วยลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงได้ หอยแอปเปิลสามารถกินพืชสดได้หลากหลายชนิด

เปอร์เซ็นต์อัตราการอยู่รอด พบสูงสุดในชุดการทดลอง (ML) สูงถึง 99.4 สอดคล้องกับการการศึกษาของ Qiu *et al*. (2011) รายงานว่า *Pomacea canaliculala* กินใบสดของ *Murdannia nudiflora* มีเปอร์เซ็นต์อัตราการอยู่รอดสูงที่สุด

คุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน ไขมัน เส้นใย วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เป็นเรื่องจำเป็นสำหรับการเติบโตของสัตว์น้ำทุกชนิด แหล่งอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยแอปเปิล นอกจากอาหารสำเร็จรูปนั้น คือจำพวก ใบพืชสด เช่น ใบหม่อน ผักสวนครัว หรือผักไฮโดรโปนิกส์ เป็นต้น คุณค่าทางโภชนาการจะมีความแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง หอยแอปเปิลมีโปรตีนสูงและมีแร่ธาตุหลายชนิด เช่น สังกะสี เหล็ก ยังมีโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ซึ่งดีต่อระบบภูมิคุ้มกันและการพัฒนาสมองของเด็ก Marsyha *et al*. (2018) รายงานว่าเขต Grobogan ของประเทศอินโดนีเซียพบว่ายังมีเด็กที่ยังขาดสารอาหารถึง 15.3% จึงจำเป็นต้องอาหารในท้องถิ่นที่มีสารอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงเพื่อผสมในนมผงของเด็กอ่อนโดยใช้หอยแอปเปิลสีทองที่มีตามท้องถิ่น โดยผสมที่ระดับ 0%, 5%, 10% และ15% จากการทดลองการผสมอยู่ในระดับ 5% เป็นที่ยอมรับอย่างสมเหตุสมผล หอยแอปเปิลที่มีตามท้องถิ่นมีค่ามีโปรตีนประมาณ 12.73% แต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน Eneji *et al*. (2008) รายงานว่าคุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของหอยทากบก 3 ชนิด (*Archachatina Marginata ovum*, *Archachatina Marginata saturalis* และ *Limicolaria* spp.) และหอยทากน้ำจืด 2 ชนิด (*Lanistes varicus* และ *Nucella lapillus*) ในประเทศไนจีเรีย พบว่าปริมาณโปรตีนของหอยทากบกทั้ง 3 ชนิดประมาณ 78.64-80.78% ซึ่งมีค่าสูงกว่าหอยทากน้ำจืดที่มีอยู่ประมาณ 73.69-75.80% ในการศึกษาครั้งนี้ ที่เลี้ยงหอยแอปเปิล ด้วยใบหม่อนสดอย่างเดียว มีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ 54.31% ค่าโปรตีนในเนื้อสัตว์แต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงแตกต่างจากการศึกษาของ Agbogidi and Okonta (2011) รายงานว่าการเปรียบเทียบค่าทางโภชนาการของเนื้อหอยทากกับเนื้อสัตว์อื่นๆ พบว่าเนื้อหอยทากมีโปรตีน 20.70% มีค่าสูงกว่าเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อแกะ ขณะที่ไขมันของหอยทาก 1.21% ต่ำกว่าเนื้อสัตว์อื่นๆ ในการทดลองครั้งนี้ชุดการทดลองที่ให้ใบหม่อนสดอย่างเดียว มีค่าไขมันสูงกว่าประมาณ 3.45±0.18% ส่วนของเยื่อใยในการศึกษาของ Jatto *et al*. (2010) รายงานว่าในการศึกษาหอยทากบก *Achatina achatina* ที่ให้พืชตระกูลถั่วสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ *Centrosema mole* เป็นอาหารสูงสุดมีค่าเท่ากับ (4.06%) ซึ่งแตกต่างกับการทดลองที่ให้ใบหม่อนสดนี้ มีค่าเยื่อใยเท่ากับ (1.32%) ปริมาณเถ้า จาการศึกษาของ Zarai *et al*. (2011) รายงานว่าปริมาณเถ้าในหอย *Hexaplex trunculus* ที่เก็บจากตลาดปลามีค่าอยู่ที่ 15.14 ± 0.77% มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองที่ให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด (MF) มีค่าเท่ากับ 15.15±0.30% ในส่วนของค่าแป้งและน้ำตาล (NFE) จากการศึกษาของ Kalio and Etela (2011) รายงานว่าใน หอยทากบก African giant land snails (*Archachatina marginata*) มีค่า NFE% สูงสุด ที่ให้อาหารไก่ (กลุ่มควบคุม) มีค่าเท่ากับ 47.8% มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองในกลุ่มที่ให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนสด (MF) มีค่าเท่ากับ 45.32%

หอยน้ำจืดต้องอาศัยแคลเซียมจำนวนมากจากแหล่งน้ำที่อยู่อาศัยเพื่อสร้างเปลือก ในแหล่งที่มีแคลเซียมต่ำ จะทำให้เกิดปัญหาทางนิเวศวิทยาและสรีรวิทยาของหอย (Witte, 2021) ถ้าขาดแคลเซียมจะทำให้ตัวหอยเติบโตช้าและเปลือกกร่อนได้ แคลเซียมและฟอสฟอรัสในการศึกษาครั้งนี้ หอยแอปเปิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันพบว่าผลของแคลเซียมมีค่าสูงกว่าฟอสฟอรัสในทุกกลุ่มทดลอง หอยแต่ละชนิดมีความต้องการแคลเซียมแตกต่างกัน หอยใน Class Gastropoda มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการแคลเซียมมากกว่าในชนิดอื่นๆ (Chaitanawisuti *et al*., 2010) แคลเซียมใช้สร้างเปลือกคิดเป็น 97% ของน้ำหนักเปลือกหอย (Heller and Magaritz, 1983) ในช่วงระยะตัวเต็มวัยจะใช้แคลเซียมส่วนมากในการวางไข่ (Egonmwan, 2008) อัตราส่วนของแคลเซียมที่ได้จากน้ำและอาหารจะแตกต่างกันแต่ละสายพันธุ์ ปริมาณแคลเซียมที่ได้รับส่วนมากได้มาจากน้ำแหล่งที่อยู่อาศัยโดยการดูดซึมโดยตรงเข้าร่างกาย (Greenaway, 1971) จากการรายงานของ Borght and Puymbroeck (1966) รายงานว่าในหอย *Lymnaea stagnalis* พบว่าการดูดซึมแคลเซียมเพื่อสร้างเปลือกจากแหล่งน้ำ 80% และจากอาหารที่กิน 20% จากการศึกษาของ Badmos *et al*. (2016) รายงานว่าเสริมแคลเซียมในอาหารให้ *Archachatina marginata* โดยใช้แหล่งแคลเซียมจาก เปลือกหอย นางรม กระดูกป่น หินปูน และเปลือกไข่ ผสมลงในอาหาร 6% พบว่าแหล่งแคลเซียมที่ใช้เสริมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของการสร้างเปลือก คุณภาพประสาทสัมผัส และการเก็บรักษาแคลเซียม ในการเพิ่มแคลเซียมในอาหาร 6-8% ไม่มีผลต่ออัตราการตาย แต่มีผลต่อน้ำหนักตัว การสร้างเปลือกและการใช้ประโยชน์จากอาหาร (Oluokun and Fapounda, 2005) จากการศึกษาของ Essien *et al*. (2016) รายงานว่าในหอยทาก *Archachatina Marginata* ที่เก็บจากธรรมชาติมีปริมาณแคลเซียม (0.049 %) ต่ำกว่าในการเลี้ยงในระบบเพาะเลี้ยงที่ทดลองในครั้งนี้ ในชุดการ (CF) มีค่าสูงสุดในการทดลอง (5.68±0.05%) เนื่องจากได้รับปริมาณแคลเซียมโดยตรงจากอาหารที่ให้ถึงแม้ไม่ได้ระบุปริมาณที่ชัดเจนในหน้าถุงอาหาร (ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ในอาหารสำเร็จรูป) อีกส่วนหนึ่งจากน้ำที่เป็นระบบน้ำแบบหมุนเวียนและมีระบบการกรองจากหินปูน เพื่อใช้ในการเติบโต และปริมาณฟอสฟอรัสในการศึกษาของ Kalio and Etela (2011) รายงานว่าการให้ *Centrosema mole* เป็นอาหารมีค่าเท่ากับ 0.277% ในขณะที่การทดลองให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว (CF) มีค่าสูงสุดในการทดลองอยู่ที่ 0.71%

สภาวะการจำศีล เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยา ที่ชะลอกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย หรือ งดกิจกรรมเช่น การล่า สืบพันธุ์ กินอาหาร ขับถ่าย หายใจช้าลง อุณหภูมิในร่างกายจะต่ำลงด้วย ซึ่งช่วยลดกระบวนการเผาผลาญพลังงาน เพื่อการอยู่รอดจนกว่าสู่ภาวะปกติ คุณค่าทางโภชนาการในการจำศีลช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าแนวโน้มโปรตีนสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการจำศีลนานขึ้น (Jiang *et al*., 2023) รายงานว่าเมื่อต้องเผชิญสภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สิ่งมีชีวิตจะปรับตัวโดยอาศัยพลังงานสำรองในตัว และลดอัตราการเผาผลาญเพื่อการอยู่รอดให้ยังคงสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ระยะเวลาในการจำศีลอาจจะนานในช่วงเวลาสั้น หรืออาจจะยาวนานเป็นปี แต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแวดล้อมกลับมาอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม สิ่งมีชีวิตจะสามารถกลับมาเติบโต และสืบพันธุ์อีกครั้ง ในระยะจำศีลกระบวนการภายในร่างกายจะมีการควบคุมสภาวะ hypometabolic สิ่งมีชีวิตจะยังสามารถเคลื่อนไหวและตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกได้แต่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะไม่กระตือรือร้นในกิจกรรมภายนอกและมีอัตราการเผาผลาญต่ำมาก โดยเฉพาะเรื่องของอุณหภูมิมีผลต่อการปรับตัวและการมีชีวิตรอดของหอยแอปเปิล จากการศึกษาของ Bernatis *et al*. (2016) รายงานว่ามีความสามารถทนต่อความร้อนของหอย *P. canaliculata* และ *P. maculate* มีความแตกต่างกันเป็นวงกว้าง สามารถอยู่รอดได้ช่วงอุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียสถึง 40 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาสั้นๆ อย่างน้อย (10-14 วัน) จากการศึกษาของ Darby *et al*. (2008) รายงานว่าหอยแอปเปิลฟลอริดา (*P. paludosa* Say) เกี่ยวกับผลกระทบต่อความแห้งแล้งในที่อยู่อาศัย ได้ทำการจำลองความแห้งแล้งในห้องปฏิบัติการ พบว่าหอยชนิดนี้ขนาดตัวเต็มวัยรอดชีวิตจากความแห้งแล้งได้นานถึง 12 สัปดาห์ แต่ในวัยอ่อน เปอร์เซ็นต์อัตราการรอด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (50% หลังจากจำลองความแห้งแล้ง 8 สัปดาห์) จากการสังเกตการอยู่รอดของหอยแอปเปิล โดยไม่คำนึงถึงความแห้งแล้ง เกิดจากการตายหลังจากสืบพันธุ์ สอดคล้องกับการสำรวจภาคสนาม พบว่าพื้นที่แห้งแล้งบริเวณคาบสมุทรฟลอริดา 6 แห่ง แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แห้งแล้งส่วนใหญ่อยู่ในช่วงทับซ้อนกับช่วงฤดูผสมพันธุ์และพื้นที่แห้งแล้งประมาณ 70% อยู่ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ Bhunia *et al*. (2016) รายงานว่าการศึกษาภูมิคุ้มกันในช่วงการจำศีลและช่วงขาดแคลนอาหารในหอยโข่ง *Pila globose* ที่รวบรวมจากธรรมชาติหลังจากนำมาปรับสภาพที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ควบคุม (มีกิจกรรมปกติ) กลุ่มที่ 2 จำศีล(ไม่ใส่น้ำและอาหาร) กลุ่มที่ 3 ได้รับการกระตุ้น (ฉีดน้ำ) และกลุ่มที่ 4 อดอาหาร (งดให้อาหาร 15 วัน) พบปริมาณโปรตีนในเลือด ในกลุ่มจำศีลสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองกลุ่มอื่นมีค่าประมาณ 16 มิลลิกรัมโปรตีนต่อมิลลิลิตร การที่ในกลุ่มที่มีการจำศีลมีค่าโปรตีนในเลือดสูงกว่ากลุ่มอื่นเกี่ยวกับการรักษาสมดุลของโปรตีนสำรองทั้งภายในเซลล์และภายยอกเซลล์ สอดคล้องกับการทดลองหอยแอปเปิลแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีการจำศีลนานขึ้น มีการลดกิจกรรมต่างๆ ดึงพลังงานจากส่วนอื่นนำไปใช้เพื่อการดำรงชีวิตก่อน ในการจำศีลนาน 8 สัปดาห์มีค่าเท่ากับ 53.95±0.24% ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่จำศีลนานขึ้น เนื่องจากปริมาณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการจำศีลนานขึ้น ทำให้ค่าโปรตีนมีความเข้มข้นขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kotsakiozi *et al.* (2012) รายงานว่าหอยทากบก 2 ชนิด *Helix aspersa* แพร่กระจายที่ภูเขา Hymettus และ *Helix figulina* ที่แพร่กระจายอยู่ที่เกาะ Lesvos ในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรีช เปรียบเทียบเรื่องการตอบสนองทางสรีรวิทยา พบระดับโปรตีนในหอยทากบกทั้งสองชนิดเริ่มสูงขึ้นเมื่อเริ่มเข้าสู่การจำศีลและสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคมหลังจากนั้นเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ไขมันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อจำศีลนานขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Akande *et al*. (2010) รายงายว่าการตอบสนองของกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกายในเม็ดเลือดในหอยทากบก 2 ชนิด *Bulinus globosus* และ *Bulinus rohlfsi* ในช่วงจำศีลและช่วงขาดอาหาร จำลองการจำศีลในห้องปฏิบัติการโดยใส่ไว้ในตู้กระจกเป็นเวลา 30 วัน พบไขมันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 2 ชนิด haemolymph of *B. globosus* มีค่าเท่ากับ 3.03 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในช่วงมีการจำศีลเมื่อเทียบกับช่วงปกติ 2.20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และช่วงอดอาหาร 2.70 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร haemolymph of *B. rohlfsi* มีค่าเท่ากับ 2.30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในช่วงมีการจำศีลเมื่อเทียบกับช่วงปกติ 1.60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และช่วงอดอาหาร1.80 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในส่วนของแป้งและน้ำตาล หรือพวกคาร์โบไฮเดรต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการจำศีลนานขึ้น เนื่องจากเมื่อหอยลดกิจกรรมลงแต่ร่างกายยังต้องใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆในร่างกาย ลำดับแรกของการนำพลังงานออกไปใช้คือการดึงพวกคาร์โบไฮเดรต หลังจากนั้นจะดึงพวกไขมัน และสุดท้ายจะดึงพลังงานจากโปรตีนไปใช้เพื่อการดำรงชีวิต

Şereflişan and Duysak (2021) รายงานว่าองค์ประกอบของแร่ธาตุในหอยทากบก 4 ชนิด *Helix pomacella*, *Eobania vermiculata*, *Helix melanostoma* และ*Helix asemnis* ที่หาจากชั้น epiphragm ระหว่างช่วงการจำศีลแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไป ซึ่งมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงสุดที่พบใน *H. asemnis* มีค่าเท่ากับ 29.96±0.12 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือธาตุเหล็กสูงสุดพบใน *H. pomacella* มีค่าเท่ากับ 19.50±0.33 มิลลิกรัมต่อกรัม และฟอสฟอรัสสูงสุดที่พบใน *E. vermiculata* มีค่าเท่ากับ 4.02±0.20 มิลลิกรัมต่อกรัม ในการทดลองจำศีลครั้งนี้ของหอยแอปเปิล ค่าแคลเซียมสูงสุดในช่วงที่มีการจำศีล 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 6.74±0.09% ในการทดลองมีค่าน้อยกว่าเนื่องจาก ในส่วนของการศึกษาของจากหอยทากบกทั้ง 4 ชนิด ซึ่งเป็นหอยที่ไม่มีแผ่นปิดเปลือกในช่วงเวลาการจำศีลต้องสร้าง epiphragm เป็นแผ่นบางๆคล้ายแผ่นปิดเปลือกเพื่อปกคลุมตัวในเปลือกจึงมีค่าแคลเซียมสูงกว่าในส่วนของฟอสฟอรัสก็เช่นกัน ในการทดลองหอยแอปเปิลพบมีค่าสูงสุดช่วงการจำศีล 8 สัปดาห์ มีค่าอยู่ 0.68±0.01% ระหว่างการจำศีลในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนมีนาคม ค่าน้ำหนักลดลงคิดเป็น 18-22%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองหอยแอปเปิลในการจำศีล 8 สัปดาห์ น้ำหนักลดลงคิดเป็น 19.9% ส่วนอัตราการอยู่รอดมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำศีลนานขึ้น ใน 8 สัปดาห์อัตราการอยู่รอดอยู่ที่ 88.78% สอดคล้องกับ Şereflişan and Duysak (2021) รายงานว่าอัตราการอยู่รอดของ *E. Vermiculata* มีค่าเท่ากับ 88% การฟื้นตัวของหอยแอปเปิลจากการจำศีลจากการศึกษาครั้งนี้พบความสามารถในการฟื้นตัวของหอยแอปเปิลได้ 100% ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Glasheen *et al*. (2017) รายงานว่าการจำศีลของหอยแอปเปิล 2 ชนิดคือ *P. canaliculata* และ *P. maculata* ที่อุณหภูมิ 15.2-28.17 องศาเซลเซียส จำนวน 156 ตัว หอยแอปเปิล 36% รอดชีวิตด้วยการฝังตัวอยู่ใต้พื้นทรายระยะเวลา 47 วัน นำมาใส่ลงในน้ำเพื่อดูอัตราการรอด พบ 93% ในการรอดชีวิตมาทำกิจกรรมตามปกติ การฟื้นตัวไม่ได้เกิดขึ้นในทันที จะค่อยๆเปิดแผ่นปิดเปลือก ยื่นหนวดและเริ่มเคลื่อนที่ หลังจากเริ่มเอาหอยใส่ลงไปในน้ำ ผ่านไป 5 นาที ยังคงปิดเปลือกอยู่ ผ่านไป 15 นาที หอยแอปเปิล 44% จะเริ่มเปิดแผ่นปิดเปลือก 56% ยังคงปิดเปลือกอยู่ ผ่านไป 30 นาทีมีหอยแอปเปิลเพียง 23% ปิดเปลือกอยู่ ผ่านไป 90 นาที หอยแอปเปิล 98% เปิดแผ่นปิดเปลือก และเมื่อผ่านไป 3 ชั่วโมง หอยแอปเปิลที่มีชีวิตทั้งหมดจะเคลื่อนไหว สอดคล้องกับการศึกษาของ Mueck *et al*. (2018) รายงานว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 20-21 องศาเซลเซียส พบว่าหอยแอปเปิลทุกตัวที่ทดลองเคลื่อนไหวและกินภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากการจำศีล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การเติบโตของหอยแอปเปิล ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปร่วมกับใบหม่อนมีการเติบโตที่ดีที่สุดและอัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำสุด (น้ำหนักแห้งใบหม่อน) ในการให้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการให้ใบหม่อนสด แต่การให้พืชสดเสริมในการเลี้ยงช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ และเมื่อเปรียบเทียบเรื่องคุณค่าทางโภชนาการแต่ละชุดการทดลองพบว่าในชุดที่เลี้ยงด้วยใบหม่อนอย่างเดียวหอยแอปเปิลมีโปรตีนสูงสุดและไขมันต่ำสุด

การจำศีลสามารถเก็บรักษาหอยแอปเปิลให้มีชีวิตอยู่ได้นานขึ้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ ช่วยเรื่องการจำหน่ายขนส่งระยะไกล และเมื่อจำศีลนานขึ้นโปรตีนจะมีค่าสูงขึ้น สามารถนำมาเสริมในอาหารหรือโปรตีนทางเลือกได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 การเพาะเลี้ยงหอยแอปเปิลในระบบปิด ทำให้จัดการและดูแลได้ง่าย สามารถนำพืชชนิดอื่นๆ มาใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ มีความมั่นใจในการบริโภคว่า สะอาด มีประโยชน์ และปลอดจากโรค ยังช่วยลดต้นทุนอาหารและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สามารถนำมาเป็นโปรตีนทางเลือกให้กับผู้บริโภค และเป็นข้อมูลทางเลือกเบื้องต้นในการเพาะเลี้ยง เพื่อทำเป็นธุรกิจภายในครัวเรือน หรือภาคอุตสาหกรรมได้

6.2.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบการเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ ก่อนและหลังการจำศีล

6.2.3 ควรศึกษาคุณค่าทางโภชนาการหลังจากการฟื้นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤติมา เสาวกูล และ สำเนาว์ เสาวกูล. 2561. ผลของความหนาแน่นต่ออัตราการเจริญเติบโตในการเลี้ยงหอยเชอรี่ ด้วยหญ้ามาเลเซียในระยะวัยรุ่นถึงขนาดตลาด. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมงปีที่ 12**, ฉบับที่1, หน้า 49-59.

ธีรวัฒน์ แสงสว่าง. 2545. **การใช้หอยเชอรี่บดพร้อมเปลือกในอาหารไก่ไข่และเป็ดไข่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชมพูนุช จรรยาเพศ, ทักษิณ อาชวาคม และทรงทัพ แก้วตา. 2534. **ชีววิทยาของเชอรี่**. ในรายงานประจำปีกลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 94-102. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พูลสุข หฤทัยธนาสันติ์. 2542. ตุลาคม. หอยเชอรี่ : สัตวศัตรูที่สำคัญของไทย. **วัตถุมีพิษ**, (4) : 149-154.

ปัทมา แซ่กิม. 2543. **ผลของการสกัดจากสาบเสือตอการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซมทำลายพิษในหอย เชอรี่.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตรบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลิวรรณ์ สังฆะภูมิ และ ยุภา นาหนองตูม. 2561. ผลของการใช้ใบหม่อนแห้งเสริมในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ลูกผสมพื้นเมืองสามสาย. **Journal of Vocational Institute of Agriculture**, 2(1): 66-71.

สยาม อรุณศรีมรกต, นิวุฒิ หวังชัย, สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, และ สมเกียรติ จาตุรงค์ล้ำเลิศ. 2560. การศึกษาพฤติกรรมการกินอาหาร และการเจริญเติบโตของหอยหอม (*Cyclophorus fulguratus*). **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 35(1) : 93-101.

สมณรัตน์ จันทร์ขาว. 2547. **การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของหอยเชอรี่ที่แพร่ระบาดในเขตภาคกลางของประเทศไทยในระดับโมเลกุลโดยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (เคมี). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมศักดิ์ ปัญหา. 2528. **กลไกการสืบพันธุ์ของหอยโข่ง Pila ampullacea (Linnaeus, 1758).** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 23 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 280-292.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน, มนูญ ชานาญเกษกรณ์, จรินทร์ ศรีสวัสดิ์, ศักดินา โพธารส, ยอดชาย การภักดี, สุมล หงษ์คา และ ทองคา เพ็ชรปานกัน. 2544. **การใช้เปลือกหอย เชอรี่ป่นเป็นแหล่งอาหารแคลเซียมในนกกระทาไข่.** ใน การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. หน้า 42-50. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมิง จำปาศรี, จิราพร กุลคำ, กิตติมา วานิชกูล, ปนัตตา สุขสมัย และพนิดา วินัยปรีชา. 2561. ผลของการใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาข้างเหลืองในการเลี้ยงปลากะพงขาว. **แก่นเกษตร** 46(1) : 1054-1058.

อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และสุธารี เย็นมาก. 2547. **การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรภา นาคจินดา, มณฑิรา เปี่ยมทิพย์มนัส, จุฑามาศ จิวาลักษณ์, วิสาขา ปุณยกนก และ จินตนา โตธนะโภคา. 2548. **การใช้ประโยชน์จากหอยน้ำจืดในประเทศไทย.** กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร. 155 หน้า.

Agbogidi, O. M., and Okonta, B. C. 2011. Reducing poverty through snail farming in Nigeria. **Small**, 10: 15-5.

Akande, I. S., Okolie, P. N., and Samuel, T. A. 2010. Biochemical evaluation of aestivation and starvation in two snail species. **African Journal of Biotechnology**, 9(45): 7718-7723.

Alfredo, C. V., Horacio, H., Jian-Wen, Q., Takashi, W., Yoichi, Y., Silvana, B., and Jin, S. 2015. Insights from an Integrated View of the Biology of Apple Snails (Caenogastropoda: Ampullariidae). **Malacologia**, 58(1-2): 245-302.

Ansart, A., Vernon, P., and Daguzan, J. 2002. Effects of a freezing event during hibernation on further survival, reproduction and growth in the partially freezing tolerant land snail *Helix aspersa* Müller (Gastropoda:Helicidae). **Cryoletters**, 23(4): 269-274.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 1995. **Official Methods of Official Association of Official Analysis Chemists 16th ed. Washington D.C. Association of Analysis Chemists.**

Babalola, O. O. and Akinsoyinu, A. O. 2009. Proximate composition and mineral profile of snail meat from different breeds of land snail in Nigeria. **Pakistan Journal of Nutrition**, 8: 1842-1844.

Baby, R. L., Hasan, I., Kabir, K. A., and Naser, M. N. 2010. Nutrient analysis of some commercially important molluscs of Bangladesh. **Journal of Scientific Research**, 2(2): 390-396.

Badmos, A. A., Sola-Ojo, F. E., Oke, S. A., Amusa, T. O., Amali, H. E., and Lawal, A. O. 2016. Effect of different sources of dietary calcium on the carcass and sensory qualities of giant african land snails (*Archachatina marginata*). **Nigerian Journal of Agriculture. Food and Environment**, 12(2): 181-184.

Baroudi, F., Al Alam, J., Fajloun, Z., and Millet, M. 2020. Snail as sentinel organism for monitoring the environmental pollution; a review. **Ecological indicators**, 113: 106240.

Basavaraju, R., and Krupanidhi, S. 2013. Behavioral and Physiological Changes in *Pila globosa* (Indian Apple Snail) During Aestivation. **Zoology**, 2(8).

Baur, A., and Baur, B. 1991. The effect of hibernation position on winter survival of the rock-dwelling land snails *Chondrina clienta* and *Balea perversa* on Öland, Sweden. **Journal of Molluscan Studies**, 57(3): 331-336.

Bernatis, J. L., Mcgaw, I. J., and Cross, C. L. 2016. Abiotic tolerances in different life stages of apple snails *Pomacea canaliculata* and *Pomacea maculata* and the implications for distribution. **Journal of Shellfish Research**, 35(4): 1013-1025.

Bhunia, A. S., Mukherjee, S., Bhunia, N. S., Ray, M., and Ray, S. 2016. Immunological resilience of a freshwater Indian mollusc during aestivation and stavation. **Aquaculture Reports**, 3: 1-11.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Binh, L. V., and Thao, N. T. T. 2018. Effects of protein levels in artificial pellet feed on growth and survival rate of black apple snail (*Pila polita*). **International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)**, 8(3): 20-26.

Bombeo-Tuburan, I., Fukumoto, S. and Rodriguez, E. M. 1995. Use of the golden apple snail, cassava, and maize as feeds for the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in ponds. **Aquaculture**, 131(1-2): 91-100.

Borght O. and Puymbroeck, S. 1966. Calcium metabolism in a freshwater mollusc: quantitative importance of water and food as supply for calcium during growth. **Nature**, 210(5038): 791-793.

Broto, R. T. D. W., Arifan, F., Setyati, W. A., Eldiarosa, K. and Zein, A. R. 2020, March. **Crackers from freshwater snail (*Pila ampullacea*) waste as alternative nutritious food.** In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 448, No.1: 012039. IOP Publishing.

Budiari, N. L. G., Pujiawati, Y., Kertawirawan, I. P. A., and Adijaya, I. N. 2021. Effect of *Pomacea canaliculata* snail feed on carcass physical composition, meat chemical composition, and hematological profile of muscovy duck. In **E3S Web of Conferences** (Vol. 306, p. 05006). EDP Sciences.

Burky, A. J. 1947. Growth and biomass production of an amphibious snail *Pomacea urceus* (Muller) from the Venezuelan savannah. **Proceeding of the Malacology Society of London**, 41: 127-143.

Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y., Padilla, D. K., Cartwright, L. D., and Hollas, D. N. 2009. Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. **Restoration Ecology**, 17(3): 433-440.

Catalán De Canelada, N. M. Y., and Moreno, A. 1984. Descripción del tracto intrauterino en el gasterópodo *Ampullaria canaliculata*. **Neotropica**, 30(84): 153-160.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Catalán, N. M. Y., Winik, B. C., CRUZ, L. M., and Fernández, S. N. 2000. Microscopic characteristics of the vagina in the molusc *Pomacea canaliculata*. **Biocell**, 24(1): 166.

Catalán, N. M. Y., Winik, B., and Fernández, S. N. 2001. Morphological and cytochemical aspects of the capsule gland duct in the gastropod *Pomacea canaliculata*. **Biocell**, 25(1): 76.

Chaitanawisuti, N., Sungsirin, T., and Piyatiratitivorakul, S. 2010. Effects of dietary calcium and phosphorus supplementation on the growth performance of juvenile spotted babylon *Babylonia areolata* culture in a recirculating culture system. **Aquaculture international**, 18: 303-313.

Chankao, S. 2004. **Study of biodiversity of golden apple snail in central part of Thailand by polymerase chain reaction.** Master of Education degree. Chemistry. Faculty of Science. Srinakharinwirot University. Bangkok, 61 p.

Chetrakran, N., Maneechot, N., Sarapak, C., and Kraisoon, A. 2021. Effects of different food on physical property changes of ponds and the growth of eels. **Journal of Science & Technology MSU**, 40(4).

Chimsung, N. and Tantikitti, C. 2014. Fermented golden apple snails as an alternative protein source in sex-reversed red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) diets. **Walailak Journal of Science and Technology (WJST)**, 11:41-49.

Cowie RH. 2002. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, Impacts and management. In GM Baker, ed. Molluscs as crop pests. **Wallingford, UK: CABI Publishing**. 145-192.

Cowie, R.H., Hayes, K.A., and Thiengo, S.C. 2006. What are apple snails? Confused taxonomy and some preliminary resolution. In RC Joshi, LS Sebastian, eds. Global advances in ecology and management of golden apple snails. Nueva Ecija, the Philippines: **Philippine Rice Research Institute**, 3-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Darby, P. C., Bennetts, R. E., and Percival, H. F. 2008. Dry down impacts on apple snail (*Pomacea paludosa*) demography: implications for wetland water management. **Wetlands**, 28: 204-214.

Davalos, N. H. 2022. Laying Performance of Japanese Quail Fed Ration with Different Levels of Golden Apple Snail Meal (*Pomacea canaliculata*) as Substitute to Fishmeal. **International Journal of Scientific Engineering and Science**, Vol 6, Issue 5, pp. 18-20.

Egonmwan, R. I. 2008. Effects of dietary calcium on growth and oviposition of the African land snail *Limicolaria flammea* (Pulmonata: Achatinidae). **Revista de Biología Tropical**, 56(1): 333-343.

Eneji, C. A., Ogogo, A. U., Emmanuel-Ikpeme, C. A., and Okon, O. E. 2008. Nutritional assessment of some Nigerian land and water snail species. **Ethiopian journal of Environmental studies and management**, 1(2): 56-60.

Essien, E. A., Etim, U. J., Williams, N. E. and Tighiri, H. O. 2016. Nutritional assessment of giant land snail (*Archachatina marginata*) from a shellfish producing area in Akwa Ibom State, Nigeria. **African Journal of Science and Research**, 5: 11-15.

Garr, A. L., Lopez, H., Pierce, R., and Davis, M. 2011. The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. **Aquaculture**, 311(1-4): 139-145.

Glasheen, P. M., Calvo, C., Meerhoff, M., Hayes, K. A., and Burks, R. L. 2017. Survival, recovery, and reproduction of apple snails (*Pomacea* spp.) following exposure to drought conditions. **Freshwater Science**, 36(2): 316-324.

Greenaway, P. 1971. Calcium regulation in the freshwater mollusc, *Limnaea stagnalis* (L.) (Gastropoda: Pulmonata) I. The effect of internal and external calcium concentration. **Journal of Experimental Biology**, 54(1): 199-214.

Hayes, K. A., Cowie, R. H., Thiengo, S. C., and Strong, E. E. 2012. Comparing apples with apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ampullariidae (Caenogastropoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**, 166(4): 723-753.

Hayes, K. A., Joshi, R. C., Thiengo, S. C., and Cowie, R. H. 2008. Out of South America: multiple origins of non-native apple snails in Asia. **Diversity and distributions**, 14(4): 701-712.

Heller, J., and Magaritz, M. 1983. From where do land snails obtain the chemicals to build their shells?. **Journal of Molluscan Studies**, 49(2): 116-121.

Hylton Scott, M.I. 1957. Estudio morfológico y taxonómico de los Ampuláridos de la República Argentina. **Rev Mus Arg Cienc Nat B Rivadavia Zool**, 3(5): 233-333.

Jatto, O. E., Asia, I. O. and Medjor, W. E. 2010. Proximate and mineral composition of different species of snail shell. Pacific Journal of Science and Technology, 11: 416-419.

Jiang, C., Storey, K. B., Yang, H., and Sun, L. 2023. Aestivation in Nature: Physiological Strategies and Evolutionary Adaptations in Hypometabolic States. **International Journal of Molecular Sciences**, 24(18): 14093.

Jintasataporn, O., Tabthipwon, P., and Yenmark, S. 2004. Substitution of golden apple snail meal for fishmeal in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) diets. **Agriculture and Natural Resources**, *38*(5): 66-71.

Joshi, R. C., Cowie, R. H., and Sebastian, L. S. 2017. **Biology and management of invasive apple snails.** Philippine Rice Research Institute.

Júnior, E. S., BARROS, J. C. N., Paresque, K., and FREITAS, R. R. 2013. The effect of stocking density on the growth of apple snails native *Pomacea bridgesii* and exotic *Pomacea lineata* (Mollusca, Gastropoda). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 85: 753-760.

Kalinda, C., Chimbari, M. J., Malatji, M. P., and Mukaratirwa, S. 2018. Influence of desiccation on the survival of *Bulinus globosus* under laboratory conditions. **Journal of Freshwater Ecology**, 33(1): 461-473.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kalio, G. A. and Etela, I. 2011. Nutritional and sensory profiling of the African giant land snail fed commercial-type and leaf-based diets in a rain-forest ecology. **African Journal of Food, Agriculture Nutrition and Development**, 11: 5254-5265.

Keawjam, R. S. 1986. The apple snails of Thailand: distribution, habitats and shell morphology. **Malacological Review**, 19(1-2): 61-81.

Khalua, R. K., Tripathy, S., Paul, B., and Bairy, D. 2014. Seasonal variation of carbohydrate, protein and lipid of common freshwater edible gastropod (*Bellamya bengalensis*) of Medinipur district, West Bengal. **Research Journal of Biology**, 2: 49-52.

Kotsakiozi, P., Pafilis, P., Giokas, S., and Valakos, E. 2012. A comparison of the physiological responses of two land snail species with different distributional ranges. **Journal of Molluscan Studies**, 78(2): 217-224.

Liu, J. X., Yao, J., Yan, B., Yu, J. Q., and Shi, Z. Q. 2001. Effects of mulberry leaves to replace rapeseed meal on performance of sheep feeding on ammoniated rice straw diet. ***Small Ruminant Research***, 39(2): 131-136.

Ip, J. C., Mu, H., Chen, Q., Sun, J., Ituarte, S., Heras, H., and Qiu, J. W. 2018. AmpuBase: a transcriptome database for eight species of apple snails (Gastropoda: Ampullariidae). **BMC genomics**, 19(1): 1-9.

Lum-Kong, A., and Kenny, J. S. 1989. The reproductive biology of the ampullariid snail *Pomacea urcrus* (Muller). **Journal of Molluscan Studies**, 55: 5

Marsyha, D. D., Wijayanti, H. S. and Anjani, G. 2018. **February. Contribution of golden apple snail flour to enhance omega-3 and omega-6 fatty acids contents in weaning food.** In *IOP* conference series: earth and environmental science 116:012075. IOP Publishing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Meenakshi, V. R. 1964. Aestivation in the Indian apple snail *Pila*—I. Adaptation in natural and experimental conditions. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 11(4): 379-386.

Mejía-Ramírez, M. Á., Rocha, V. V., and Pérez-Rostro, C. I. 2020. Economic feasibility analysis of small-scale aquaculture of the endemic snail *Pomacea patula catemacensis* (Baker 1922) from southeast Mexico. **Aquatic Living Resources**,33: 2.

Mueck, K., Deaton, L. E., Lee, A., and Guilbeaux, T. 2018. Physiology of the apple snail *Pomacea maculata*: aestivation and overland dispersal. **The Biological Bulletin**, 235(1): 43-51.

Olaguer, I.L. and Bagarinao, T.U. 2001. Gonadal maturation, fecundity, spawning, and timing of reproduction in the mud snail, *Cerithidea cingulata*, a pest in milkfish ponds in the Philippines. **Invertebrate Reproduction and Development**, 39(3): 195-207.

Oluokun, J. A., Omole, A. J., and Fapounda, O. 2005. Effect of increasing the level of calcium supplementation in the diets of growing snail on performance characteristics. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, 1(1): 76-79.

Ouyang, J., Wang, M., Hou, Q., Feng, D., Pi, Y., and Zhao, W. 2019. Effects of dietary mulberry leaf powder in concentrate on the rumen fermentation and ruminal epithelium in fattening Hu sheep. **Animals**, 9(5): 218.

Pires-Júnior, A. N., Hattori, G. Y., and Sant'Anna, B. S. 2019. Effect of stock density of cultured Amazon apple snail *Pomacea dolioides* (Gastropoda: Ampullariidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 48.

Posch, H., Garr, A. L., Pierce, R., and Davis, M. 2012. The effect of stocking density on the reproductive output of hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. **Aquaculture**, 360: 37-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Qiu, J. W., Chan, M. T., Kwong, K. L. and Sun, J. 2011. Consumption, survival and growth in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: does food freshness matter?. **Journal of Molluscan Studies**, 77:189-195.

Rabia, M. D. S. 2015. Golden apple snail as source of protein diets of fattened mud crab (*Scylla serrata* Forskal) in cellular bamboo cages. **International Journal of Environmental and Rural Development**, *6*(1): 188-193.

Ramnarine, I.W., 2004. Quantitative protein requirements of the edible snail *Pomacea urceus* (Muller). **Journal of the world aquaculture society**, 35(2): pp.253-256.

Ruiz-Ramírez, R., Espinosa-Chávez, F. and Martínez-Jerónimo, F. 2005. Growth and reproduction of *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda: Ampullariidae) when fed *Calothrix* sp. (Cyanobacteria). **Journal of the World Aquaculture Society**, 36:87-95.

Saputri, D. D., Pertiwi, M. P., and Kurniasih, S. 2020. UTILIZATION OF GOLDEN APPLE SNAIL (*Pomacea canaliculata*) AS PASUPATI CATFISH (*Pangasius* sp.) FISH FEED ALTERNATIVE. **In International Conference on Fisheries and Marine Research** Vol. 1, No. 1: pp. 52-58.

Şereflişan, H., and Duysak, Ö. 2021. Hibernation period in some land snail species (Gastropoda: Helicidae): Epiphragmal structure and hypometabolic behavior. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, 9(1):166-171.

Tanee, S., Sangrattanakul, J., Seajonk, S., and Puycha, K. 2015. Effects of the golden apple snail supplemented diet on nursing climbing perch (*Anabas testudineus* Bloch). **Rajabhat Agriculture Journal**, 14(1): 37-45.

Thaewnon-ngiw, B., Lauhachinda, N., Sri-Aroon, P. and Lohachit, C. 2003. Distribution of *Pila polita* in a southern province of Thailand**. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health**, 34: 128-130.

Thanomsit, C., Maprajuab, A., Prasartkaew, W., Ocharoen, Y., Wattakornsiri, A., Nanuam, J., and Nanthanawat, P. 2017. **Application of Acetylcholinesterase**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

as biomarker for pesticide exposure to reduce health risk in consuming Pond snail and Golden apple snail. In Proceeding of 8th Innovation and Technology conferences (pp. A221-A227). Surin: Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus.

Tkachenko, I., Tkachenko, S., and Dedkov, V. 2020. **How diets and the environment influence on the weight of Roman snail in captivity**. In E3S Web of Conferences (Vol. 222, p. 02046). EDP Sciences.

Ustundag, A. O., and Ozdogan, M. 2015. Usage possibilities of mulberry leaves in poultry nutrition. **Scientific papers. series D. Animal Science**, *58*.

Visca Jr, M. D., and Palla, S. Q. 2018. Golden apple snail, *Pomacea canaliculata* meal as protein source for rabbitfish, *Siganus guttatus* culture. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation**, 11(2): 533-542.

Witte, S. A. 2021. **Shell Calcification and Growth of the Aquatic Snail Planorbella trivolvis Under Low Calcium Conditions Typical of Decalcified Northern Lakes**. Biology Theses. 46.

Wu, J. Y., Wu, Y. T., Li, M. C., Chiu, Y. W., Liu, M. Y., and Liu, L. L. 2011. Reproduction and Juvenile Growth of the Invasive Apple Snails *Pomacea canaliculata* and *Pomacea. scalaris* (Gastropoda: Ampullariidae) in Taiwan. **Zoological Studies**, 50(1): 61-68.

Yoshida, K., Hoshikawa, K., Wada, T., and Yusa, Y. 2009. Life cycle of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae) inhabiting Japanese paddy fields. **Applied Entomology and Zoology**, 44(3): 465-474.

Yusa, Y., Wada, T., and Takahashi, S. 2006. Effects of dormant duration, body size, self-burial and water condition on the long-term survival of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). **Applied Entomology and Zoology**, 41(4): 627-632.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zarai, Z., Frikha, F., Balti, R., Miled, N., Gargouri, Y., and Mejdoub, H. 2011. Nutrient composition of the marine snail (*Hexaplex trunculus*) from the Tunisian Mediterranean coasts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 91(7): 1265-1270.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารเผยแพร่งานวิจัยระดับนานาชาติ

เรื่อง Effects of commercial feed, mulberry leaves, and mixed feed on growth in apple snails (Pomacea sp.)

International Journal of Agricultural Technology 2023 Vol. 19(2):755-764

Available online http://www.ijat-aatsea.com

ISSN 2630-0192 (Online)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Journal of Agricultural Technology 2023 Vol. 19(2):755-764
Available online http://www.ijat-aatsea.com
ISSN 2630-0192 (Online)

Effects of commercial feed, mulberry leaves, and mixed feed on growth in apple snails (*Pomacea* sp.)

Srijad, S., Pilapang, K., Dimak, J. and Yomla, R.*

Department of Animal Production and Fishery, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, THAILAND.

Srijad, S., Pilapang, K., Dimak, J. and Yomla, R. (2023). Effects of commercial feed, mulberry leaves, and mixed feed on growth in apple snails (*Pomacea* sp.) International Journal of Agricultural Technology X(X): XX-XX

Abstract This study determined the effects of different feeds on the growth performances of apple snails (*Pomacea* sp.) in a closed system (CS) by using three treatments (commercial feed: CF, mulberry leaves: ML, and mixed feed: MF (commercial feed mixed with mulberry leaves). Apple snails at the age of four-five weeks were an average weight of 0.09 g/snail. These were reared in the CS which managed water circulation twice a day (one-hour morning-evening) and fed feed once an evening-day for 6 weeks.

The results showed that the average weight of apple snails was all differently significant ($P<0.05$). The highest average weight was found in the MF having 4.3±0.4 g/snail. The CF and ML groups were displayed as 2.5±0.2, and 1.8±0.1 g/snail, respectively. The average length (mm/snail) of the MF group was shown a different significance ($P<0.05$) in the ML and CF groups. These were found 23.38±1.13, 24.07±1.14, and 28.12±1.59 of average length (mm/snail) in the ML, the CF, and the MF groups, respectively. The survival rate of apple snails in the CF (91.6±5.0%), ML (99.4±0.7%), and MF (94.5±6.1%) groups was significantly different ($P<0.05$) among the ML and the CF groups. The lower FCR was found at 1.16 in the CF group which significantly differed compared to the ML (1.34) and the MF (1.34) groups. Nutrient contents (protein, fat, fiber, ash, nitrogen-free extract (NFE), calcium, and phosphorus content) were significant differences ($P<0.05$). The highest protein content and lowest fat content of dried weight found in the ML group were 54.3±0.06% and 3.45±0.18 % respectively. These findings indicated that the easy way to culture apple snails using the commercial feed however, the alternative way to rear apple snails could be used appreciative feeds.

Keywords: Apple snails, *Pomacea* sp., Mulberry leaves, Commercial feed, Growth performance

Introduction

Apple snail (*Pomacea* sp.) is exotic species that originated in South America, they were brought into Thailand through Japan and the Philippines (Chankao, 2004). They are the largest freshwater mollusks having lengths of 35 millimeters to more than 165 millimeters (Hayes *et al*., 2012). These freshwater snails can be fast breeding, has rapid growth, and adapts well to harsh environmental conditions (Ngoc, 1997). In the past 20 years, apple

* **Corresponding Author**: Yomla R.; **Email**: rungtawan.yo@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

snails are reported to be a serious pest of rice in Southeast and East Asia because they can damage young rice plants. In the 1980s, Japan was widely bred for human food (Kenji, 2003). Nowadays, this snail is acceptable and used to cook on many Thai menus such as Thai curry freshwater snail, and stir-fried freshwater snail with basil and chili. The most popular menu is Somtum or Papaya Salad with freshwater snails. Apple snail is a source of protein for animal feed such as fish, ducks, pigs, crocodiles, etc., and is also used to compost into bio-fertilizers (Ranamukhaarachchi and Wickramasinghe, 2006). Nowadays, this specie has a high price and use to cook traditional Esan menus. Then, the natural production of apple snails is decreased. Because these are affected by farmland ducks, poultries, insecticides, and agricultural chemicals in rice fields. Moreover, fermented golden apple snails were displayed as a highly potent alternative protein source to transgender tilapia as a replacement for fish meal (Chimsung and Tantikitti, 2014).

The world's higher population needs diverse consumption behaviors. Freshwater snails are therefore an alternative protein source. In addition, apple snails are also able to grow rapidly, become large and produce high yields (Qiu *et al*., 2011). They are also used in a variety of alternative protein sources, such as the use of fresh meat in cooking a variety of foods and used to replace the protein in high-priced animal feed. Broto *et al*. (2020) reported that apple snails are produced in the pond, which could be safe for human food. Moreover, these are having a high percentage of nutritional composition including protein content of up to 57.76, fat of 14.62, carbohydrate of 0.68, and ash of 15.3. In addition, the apple snail culture has an advantage over aquatic species, which can eat a wide variety of foods such as plant leaves, aquatic plants, vegetable scraps, and commercial feed. According to apple snail production in the closed-rearing system is free from disease or parasites and safe for humans. Besides being used as food for consumption or used in the field of cultivation.

The Covid situation in the past 2 years, apple snails originated from the natural reservoir (Tambon Pho-Ngam, Prachantakham District, Prachinburi Province) which transported to Ban-saun Rungtawan (Nong-Chok district, Bangkok, Thailand). These are reared in a closed water system and fed with commercial feed, aquatic plants, and many plants culturing at Ban-saun Rungtawan. These snails as the safe material to support cooks in the house. Moreover, the benefit of gastropods in Thailand has been reported that the nautilus *Pila polita* is used as a traditional medicine to treat skin diseases (Thaewnon-ngiw *et al*., 2003). In addition, snail meat was low in fat and cholesterol, so it makes good medicine to help cure vascular diseases such as heart attack, cardiac arrest, and stroke (Babalola and Akinsoyinu, 2009). The mode of nutritional compositions in different animals is a need to know of human consumption, which could be traced to animal origin/ farm and animal feeds. There is a gap in current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

knowledge of the nutritional composition of apple snails feeding with mulberry leaves.

Mulberry leaves contain a percentage of dry matter of high protein levels from 15.31 to 30.91. It has many mineral contents that can be used for many purposes. Mulberry leaves are relished by sheep and goats (Srivastava *et al*., 2006; Yu *et al*., 2018). Ouyang *et al*. (2019) reported that mulberry powder could be used to supplement ruminant feed enhancing digestion and absorption. Some 7.5% dried mulberry leaves fortified in masala biscuits showed an incredible increase in micro-nutrient content (Ramya and Chandrashekar, 2020).

The mulberry tree is a popular plant culturing inside many houses in all parts of Thailand. It grows extensively for leaves and fruit is delicious having high in vitamin C that can be occurred all year round. Other parts of the mulberry can also be used for a variety of purposes such as tea, cooks, and animal feed. Therefore, this study was to investigate the effect of

mulberry leaves on growth performances, survival rate, and nutritional values in apple snails to compare with the commercial feed, and mixed feed.

Materials and methods

Lab animal preparation

Apple snails at the age of four-five weeks had an average length of 6.72±1.40 mm/snail and an average initial weight of 0.09±0.04 g/snail. Twenty experimental units of apple snails were tested at Ban-saun Rungtawan using the CS (Figure 1). Two hundred and fifty snails of each experimental unit were reared in a cement pond (33L), which opens water flowing twice a day (morning-evening at a rate of 3L/min). Water qualities in the water pond with the pump (Figure 1; A) such as water temperature, electrical conductivity (EC), pH, and dissolved oxygen (DO) were automatically recorded using the Aqualitic system.

Experimental design

The experiment was divided into three trials (Figure 2), the first treatment was given only commercial feed (CF) with 12 replicates, the second treatment was given only fresh mulberry leaves (ML) with 4 replicates and the last treatment is mixed between commercial feed and fresh mulberry leaves (MF) with 4 replicates. The experiment was conducted from June to October 2021. Growth performances were monitored for forty-two days.

At the beginning trial, the apple snails were fed twice a day (morning and evening) at 8% of the total weight in each experimental unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and every week was adjusted the feed weight. The CF group used a commercial feed (CP 9932; 15.5% protein). In the ML group, the weight of ML was recorded and then fed to apple snails in each pond. The mulberry leaves were changed every three days, and these recorded the residue weight. The MF, the apple snails were fed twice a day (morning and evening) at 4% of total weight, and added the mulberry leaves to feed these snails. The mulberry leaves were changed every three days, and these recorded the residue weight at the same as the ML group. Sediments in the cement ponds were removed every week.

The nutritional values, Ca, and P of apple snail meat at the end of the trial were analyzed using a proximate analysis method as referenced by AOAC (1995). Apple snails of each group were pooled together and then 1 kg of each group was taken into the refrigerator for 24 hours. These samples removed the shell and only used apple snail meat. The weight of each group was recorded. The dry matter at 105 °C (Binder model: FD 56) was determined. The crude protein was determined by the Kjeldahl method (Gerhardt model: KT-L 20s and model: VAPODEST 400). The Soxtherm method (Gerhardt model: SOX 416) was used to analyze the crude fat of samples using an extractant (Petroleum Ether). Samples determined the ash content by using the gravity method. These samples were incinerated at a temperature of 600 °C to constant weight. The content determination of nitrogen-free extractives (NFE) was calculated using the following formula: NFE = dry matter (g/kg) − [MS(moisture) content (g/kg) + fiber content (g/kg) + fat content (g/kg) + crude protein(g/kg) + ash content (g/kg)]. The contents of Ca by precipitation and P were determined by using the atomic absorption spectrophotometer wavelength 400 nm (Shimadzu model: UV-1800) in acetylene-air flame with deuterium background correction. These parameters were analyzed at the Food Materials and Feed Quality Analysis, Industrial University Collaborative Research Center (IUCRC), Agricultural Technology, KMITL.

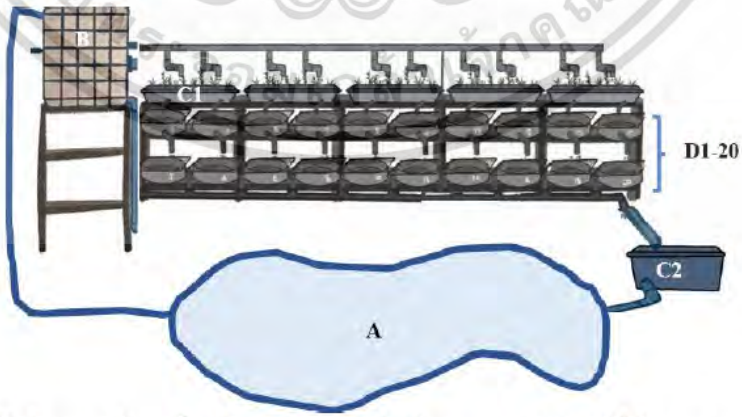


Figure 1. Schematic of closed circulation system; (A) water pond with water pump, (B) the water tank to distribute water, (C1) water treatment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

before flowing to the cement ponds, (D1-20) the cement ponds, and (C2) water treatment before flowing to the water pond

Figure 2. Apple snails fed different diets (A: CF, B: ML, and C: MF) were reared in the cement ponds, where CF= the commercial feed, ML=mulberry leaves, and MF=mixed feed

Data analysis

Mean values and standard deviation of weight and length were analyzed. Feed conversion and survival rates at the end of the trial were calculated using the following equations:

$$\text{Feed conversion rate (FCR)} = \frac{\text{Total feed (g)}}{\text{Weight gain (g)}}$$

$$\text{Survival rate (SR) \%} = \frac{\text{No. of animals survived (snail)}}{\text{No. of animals leased (snail)}} \times 100$$

One-way ANOVA with unequal sample sizes using the SYSTAT version 13 for Windows was used to analyze data, which accepted significantly different at $p<0.05$.

Results

The average weight, average length, FCR, and SR of apple snails fed different diets are displayed in Table 1. Significant differences ($P<0.05$) for these growth variables were found. The highest weight was found in the MF (4.3±0.4) which was differently significant in the CF (2.5±0.2) and ML (1.8±0.2). There was a significant difference between the CF and the ML. The highest length was found in the MF (28.12±1.59) which differed significantly in the CF (24.07±1.14) and ML (23.38±1.13). There was no significant difference between the CF and the ML. The highest SR was found in the ML (28.12±1.59) which differed significantly in the CF. There was no significant difference between the ML and the MF. At the same of the SR between the MF and the CF was found no different significance. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

results also indicated that the FCR of the CF was significantly different from the ML and the MF. However, no difference between the FCR of the ML and the MF. The lower FCR was displayed in the CF group (1.16±0.03).

Table 1. Mean growth performances at age of 42 days of apple snails fed different diets

Growth variables	CF	ML	MF
Average weight (g/snail)	2.5±0.2 [b]	1.8±0.2 [a]	4.3±0.4 [c]
Average Length (mm/snail)	24.07±1.14 [a]	23.38±1.13 [a]	28.12±1.59 [c]
Survival rate (%)	91.6±5.00 [b]	99.4±0.77 [a]	94.5±6.06 [ab]
Feed conversion ratio (FCR)	1.16±0.03 [b]	1.34±0.10 [a]	1.34±0.04 [a]

*The difference letters have shown a significant difference($P<0.05$), where CF= the commercial feed, ML=mulberry leaves, and MF=mixed feed.

The contents in apple snail meat as protein, fat, ash, fiber, and nitrogen-free extract (NFE), Ca, and P are shown in Figure 3. These variables were significant differences ($P<0.05$). The highest percentage of protein content was found in the ML which differed significantly in the CF and the MF groups. However, it remarked to note that the fat percentage was found to be lower in the ML (3.4). The highest fat was displayed in the CF (7.6) and followed by the MF (6.2). The fiber was the highest percentage in the ML group (1.3) which differed significantly in the CF and the MF groups. There was no significant difference between the CF and the MF. The ash percentage in apple snail meat in the CF, ML, and MF was displayed at 16.7, 16.3, and 15.1, respectively. The CF and ML were shown no significant difference, while these groups displayed a significantly different from the MF. The NFE was shown no significant difference between the CF and MF however, these groups were significant difference from the ML group. The result of the Ca percentage in apple snail meat was displayed as the highest in the CF group (5.6), which differed from the ML (4.9) and MF groups (5.1). However, the phosphorus content was the highest in the ML group (0.71), which was a significant difference from the other groups. The P content in the CF and MF was no significant difference.

The mean water qualities during the experiment were found 27.8±0.8(°C) of water temperature, 180.1±57(µs/cm) of EC, pH 7.1±0.3, and DO 2.4±0.5(mg/L) of dissolved oxygen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

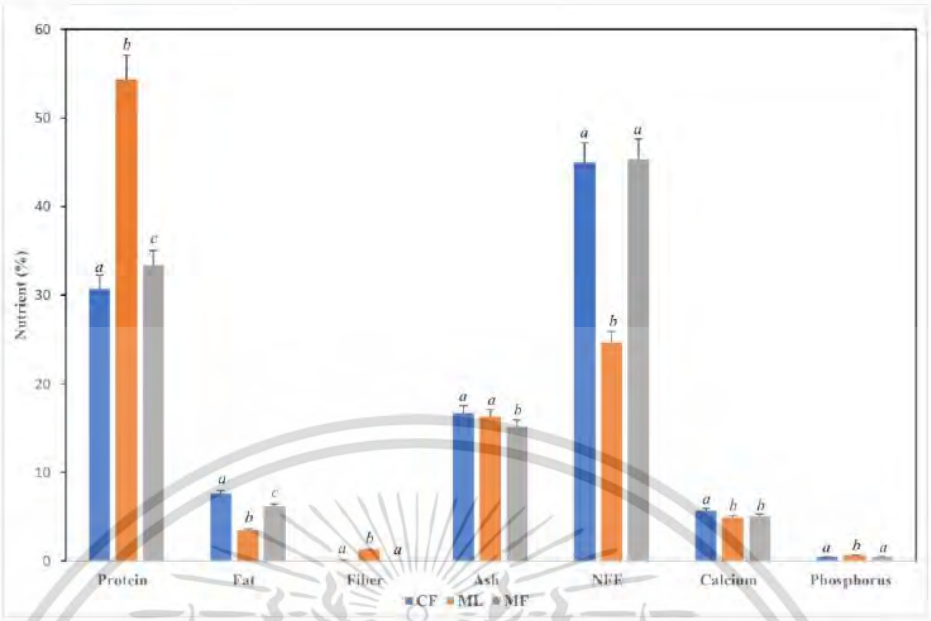


Figure 3. Comparison of proximate variables in apple snail meat fed different diets (% in dry weight), where CF=the commercial feed, ML=mulberry leaves, and MF=mixed feed

Discussion

The high growth of apple snails is the goal of this study. Our results showed that apple snails were displayed in the MF, which found an average weight of more than 4.0 g/snail. Generally, commercial feed is easy to rear apple snails and it has a positive effect to support the growth performances. This showed a lower FCR of apple snails rearing with a commercial feed. The average length was found at the same average weight, which occurred the highest in the MF. As Qiu *et al*. (2011) reported that *P. canaliculala* consumed fresh leaves of *Murdannia nudiflora* displaying the highest survival rate. These may be continued to eat leaves. Our results indicated that the mulberry leaves can be used to mix with commercial feed supporting the average weight. It is a good idea to attention farmers to culture the mulberry tree as an additive feed of apple snails as an alternative protein source or a safe food in many houses and reducing the cost. Research on apple culture has been reported by Garr *et al*. (2011), who used a commercial catfish diet mixing with *Ulva* macroalgae rearing the Florida apple snail. This research used the recirculating aquaculture system. In the same of this study, we use the closed system for snail rearing, which can control the water flow on-off. However, Aroonsrimorakot *et al*. (2017) reported that *Cyclophorus fulguratus* fed different diets as lettuce mixed with chicken food, lettuce with catfish food, and lettuce with grained gravel. It found that different diets were not differently significant in the growth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

performances. In general, *Calothrix* sp. (Cyanobacteria) was superior to pellet carp food, as the former demonstrated that it can be efficiently consumed as food for *P. patula cuternacensis* in laboratory conditions (Ruiz-Ramírez *et al*., 2005). Ramnarine (2004) reported that the level of 30% protein in feed gave the best growth in juvenile *P. ureceus* however, the percentage of 20% protein was greater the feed conversion efficiency (1.77) than the 30% protein diet (1.90). Our study used a commercial feed (tilapia feed having 15.5% protein) to rear apple snails, which found a lower FCR (1.1).

Nutritional contents such as protein, carbohydrates, vitamins, microelements, and fiber are the main point to indicate growth performances in aquatic animals. Many plants are used as food in the diet of apple snails, such as mulberry leaves, papaya leaves, gourd leaves, etc. Their nutritional value varies depending on the food being fed. Apple snails are nutritious with high protein and many minerals, such as Zinc iron also contains omega-3 and omega-6, which are good for the immune system and brain development in children. Marsyha *et al*. (2018) reported that found protein content of golden apple snail flour (100g) was 12.73g, which is lower than apple snail at 54.31% when fed with mulberry (ML). Moreover, Each species of apple snail has a different protein content as in two species of freshwater snails (*Lanites varicus* and *Nucella lapillus*) for the nutritional assessment using their muscle tissue. The mean crude protein range was 70.00 ± 0.03. (Eneji *et al*., 2008). Agbogidi and Okonta, (2011) reported the protein content of apple snails is slightly higher than pork, lamb, and beef, but less in fat in snail meat 1.21% while we have done a slightly higher 3.45% in ML. In the fiber study by Jatto *et al*., (2010), the fiber has highest in *Achatina achatina* (4.06%), which feeding with *Centrosema molle* has a difference in the fiber of ML (1.32%). Whereas, the highest NFE was Broiler starter mash (control) at 47.8%, which is similar to the NFE values of the MF (45.32%) (Kalio and Etela, 2011). Ash in Marine snails (*Hexaplex trunculus*) collected from the fish market was 15.14 ± 0.77%, similar to MF feeding at 15.15±0.30% (Zarai *et al*., 2011). In this study, we found that the calcium content of the apple snails of all groups was higher than the phosphorus content, which indicated very low. Essien *et al*. (2016) reported that the calcium content in the giant land snail (*Archachatina marginata*) collected from nature was lower calcium content than in the culture system (0.049 %), and the difference in CF (5.68%). Phosphorus content was the highest with fed Centrosema mole 0.277% (Kalio and Etela, 2011), whereas that difference in CF was 0.71%.

In the experiment, it can be found that apple snails with the highest protein content were fed exclusively on mulberry leaves. The body weight and length are less than the two treatments of experiments. It would depend on the people who choose and want this protein from mollusks, then mulberry is recommended. If the needed quantity for trading can be

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sustained as a ready meal and supplemented with mulberry leaves or supplemented with other plants.

Apple snails are easy to rear at subsistent and commercial levels with high returns on low input when we use mulberry leaves. These serve as valuable sources of alternative protein for human consumption.

Apple snails fed a commercial feed mixed mulberry leaves had a higher weight than the other groups. A lower feed conversion ratio was found in apple snails fed a commercial feed. The mulberry leaves are related to the highest protein and lower fat in apple snails as high-quality food sources for human consumption.

Acknowledgments

The author would like to thank KMITL Research and Innovation Services (KRIS), King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) for funding this research and Ban-saun Rungtawan supports apple snails and facilities.

References

Agbogidi, O. M. and Okonta, B. C. (2011). Reducing poverty through snail farming in Nigeria. Small, 10:15-5.

Aroonsrimorakot, S., Whangchai, N., Wongsiri, S. and Jaturonglumlert, S. (2017). The study of consumption behavior and growth of *Cyclophorus fulguratus*. King Mongkut's Agricultural Journal.

AOAC. (1995). Official Methods of Official Association of Official Analysis Chemists 16th ed. Washington D.C. Association of Analysis Chemists.

Babalola, O. O. and Akinsoyinu, A. O. (2009). Proximate composition and mineral profile of snail meat from different breeds of land snail in Nigeria. Pakistan Journal of Nutrition 8:1842-1844.

Broto, R. T. D. W., Arifan, F., Setyati, W. A., Eldiarosa, K. and Zein, A. R. (2020), March. Crackers from freshwater snail (*Pila ampullacea*) waste as alternative nutritious food. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 448, No.1: 012039. IOP Publishing.

Chankao, S. (2004). Study of biodiversity of golden apple snail in central part of Thailand by polymerase chain reaction. Master of Education degree. Chemistry. Faculty of Science. Srinakharinwirot University. Bangkok. 61 p.

Chimsung, N. and Tantikitti, C. (2014). Fermented golden apple snails as an alternative protein source in sex-reversed red tilapia (Oreochromis niloticus x O. mossambicus) diets. Walailak Journal of Science and Technology (WJST), 11:41-49.

Eneji, C. A., Ogogo, A. U., Emmanuel-Ikpeme, C. A. and Okon, O. E. (2008). Nutritional Assessment of Some Nigerian Land and Water Snail Species. Ethiopian journal of Environmental studies and management, 1:56-60.

Essien, E. A., Etim, U. J., Williams, N. E. and Tighiri, H. O. (2016). Nutritional assessment of giant land snail (*Archachatina marginata*) from a shellfish producing area in Akwa Ibom State, Nigeria. African Journal of Science and Research, 5:11-15.

Garr, A. L., Lopez, H., Pierce, R. and Davis, M. (2011). The effect of stocking density and diet on the growth and survival of cultured Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. Aquaculture, 311:139-145.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hayes, K. A., Cowie, R. H., Thiengo, S. C. and Strong, E. E. (2012). Comparing apples to apples: clarifying the identities of two highly invasive Neotropical Ampullariidae. Zoological Journal of the Linnean Society, 166:723-753.

Jatto, O. E., Asia, I. O. and Medjor, W. E. (2010). Proximate and mineral composition of different species of snail shell. Pacific Journal of Science and Technology, 11:416-419.

Kalio, G. A. and Etela, I. (2011). Nutritional and sensory profiling of the African giant land snail fed commercial-type and leaf-based diets in a rain-forest ecology. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 11:5254-5265.

Kenji, I. (2003). Expansion of the golden apple snail, Pomacea canaliculata, and features of its habitat. Food and Fertilizer Technology Center.

Marsyha, D. D., Wijayanti, H. S. and Anjani, G. (2018), February. Contribution of golden apple snail flour to enhance omega-3 and omega-6 fatty acids contents in weaning food. In *IOP* conference series: earth and environmental science 116:012075. IOP Publishing.

Ngoc, M. H. K. (1997). Golden apple snail in Viet Nam. Plant Protection 109:15-182.

Ouyang, J., Wang, M., Hou, Q., Feng, D., Pi, Y. and Zhao, W. (2019). Effects of dietary mulberry leaf powder in concentrate on the rumen fermentation and ruminal epithelium in fattening Hu sheep. Animals, 9:218.

Qiu, J. W., Chan, M. T., Kwong, K. L. and Sun, J. (2011). Consumption, survival and growth in the invasive freshwater snail *Pomacea canaliculata*: does food freshness matter? Journal of Molluscan Studies, 77:189-195.

Ramnarine, I. W. (2004). Quantitative protein requirements of the edible snail Pomacea urceus (Muller). Journal of the world aquaculture society, 35:253-256.

Ramya, V. S. and Chandrashekar, S. (2020). Development of value added products from mulberry leaves. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9:2319-7706.

Ranamukhaarachchi, S. L. and Wickramasinghe, S. (2006). Golden apple snails in the world: introduction, impact, and control measures. Global advances in ecology and management of golden apple snails, 133-152.

Ruiz-Ramírez, R., Espinosa-Chávez, F. and Martínez-Jerónimo, F. (2005). Growth and reproduction of *Pomacea patula catemacensis* Baker, 1922 (Gastropoda: Ampullariidae) when fed *Calothrix* sp. (Cyanobacteria). Journal of the World Aquaculture Society, 36:87-95.

Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A. and Srivastava, R. P. (2006). Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*). International journal of food sciences and nutrition, 57:305-313.

Thaewnon-ngiw, B., Lauhachinda, N., Sri-Aroon, P. and Lohachit, C. (2003). Distribution of *Pila polita* in a southern province of Thailand. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health, 34:128-130.

Yu, Y., Li, H., Zhang, B., Wang, J., Shi, X., Huang, J. and Deng, Z. (2018). Nutritional and functional components of mulberry leaves from different varieties: Evaluation of their potential as food materials. International Journal of Food Properties, 21:1495-1507.

Zarai, Z., Frikha, F., Balti, R., Miled, N., Gargouri, Y. and Mejdoub, H. (2011). Nutrient composition of the marine snail (Hexaplex trunculus) from the Tunisian Mediterranean coasts. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91:1265-1270.

(Received: 12 August 2022, accepted: 28 February 2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ว่าที่ร.ต.หญิงสุรีวัลย์ ศรีจาด
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤษภาคม 2527
ที่อยู่ปัจจุบัน	406 ถนนประชาพัฒนา แขวงทับยาว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
ที่อยู่ที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร เลขที่1 ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กทม. 10520
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการกลาง
ประวัติการศึกษา	(2550) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้