ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ธนบดี ปิ่นทศิริ

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ธนบดี ปิ่นทศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนา สายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ธนบดี ปิ่นทศิริ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตงศิริ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมลักษณ์ สมพงษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ชื่อผู้เขียน นายธนบดี ปิ่นทศิริ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.จงกล พรมยะ

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าเสริมในอาหารต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการอนุบาลลูกปูนา (*Sayamia bangkokensis*) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารชนิดผง (Powder feed; PF) ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (Powder feed mixed dry *Arthrospira*; 3% PFA, 5% PFA และ 10% PFA) ตามลำดับ ลูกปูนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.0082±0.0002 กรัม/ตัว อนุบาลในกะละมังทรงกลม ความหนาแน่น 25 ตัว/กะละมัง หรือ 385 ตัว/ตรม. โดยอนุบาลเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (5% PFA) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตน้ำหนักเฉลี่ย (1.298±0.201 กรัม/ตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (1.2900±0.2011กรัม/ตัว) อัตราการแลกเนื้อ (0.9200±0.2007) และอัตราการรอด (87.33±1.2018 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คุณภาพน้ำและต้นทุนการผลิตลูกปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลองอยู่ระหว่าง 2.0320±0.4351-3.4998±0.2356 บาท/ตัว ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ส่วนการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็กโปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์ (T1) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง โปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ (T2) ชุดการทดลองที่ 3 อาหารปลาดุก โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ (T3) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลาทับทิมโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (T4) ตามลำดับ ปูนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 12.76±0.20 - 13.99±0.36 กรัม/ตัว เลี้ยงในกระบะพลาสติกความหนาแน่น 25 ตัว/ตรม. โดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา

60 วัน พบว่าปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตน้ำหนักเฉลี่ย (21.643±1.387 กรัม/ตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (8.153±1.396 กรัม/ตัว) อัตราการแลกเนื้อ (0.640±0.120) อัตราการรอด (87.33±1.201 เปอร์เซ็นต์) และต้นทุนการผลิตลูกปูนา (2.756±0.00 บาท/ตัว) ดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงนำชนิดอาหารสัตว์น้ำในชุดการทดลองที่ 2 มาศึกษาต่อในการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารปลาดุกต่อการเจริญเติบโตของปู แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ คือ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารปลาดุกชนิดเม็ด (Pellets feed; PF) ชุดควบคุม ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (Pellets feed mixed *Arthrospira*; PFA 3% , PFA 5% และ PFA 10%) ตามลำดับ ปูนามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 12.50±0.74-13.73±0.60 กรัม/ตัว เลี้ยงในกระบะพลาสติกความหนาแน่น 25 ตัว/ตรม. โดยเลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน พบว่า การเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีน้ำหนักเฉลี่ย (16.90±0.82 กรัม/ตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (5.78±0.56 กรัม/ตัว) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (0.031±0.0030 กรัม/ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (0.58±0.22 เปอร์เซ็นต์) อัตราการแลกเนื้อ (1.18±0.04) อัตราการรอด (93.33±6.66 เปอร์เซ็นต์) ดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนต้นทุนการผลิตปูนา (2.756±0.00 บาท/ตัว) และคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่า การอนุบาลปูนาด้วยอาหารผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 5 เปอร์เซ็นต์ และการเลี้ยงปูนาด้วยสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 3 เปอร์เซ็นต์ เสริมในอาหารปลาดุกโปรตีน 32% ช่วยให้มีการเจริญเติบโตอัตรารอดดีที่สุด รวมถึงต้นทุนเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งจะเป็นอาหารเสริมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาการเพาะเลี้ยงปูนาในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : ปูนา, อาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า), การอนุบาล, การเลี้ยง, การเจริญเติบโต

Title EFFECTS OF *Athrospira platensis* SUPPLEMENTED DIETS ON GROWTH PERFORMANCE OF RICE-FIELD CARBS (*Sayamia bangkokensis*) FOOD SAFETY AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Author Mr. Thanabodee Pintasiri

Degree Master of Science in Fisheries Technology and Aquatic Resources

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Dr. Jongkon Promya

ABSTRACT

The research was divided into three trials. Trial 1 aimed to study the effects of *Spirulina (Arthrospira) platensis* supplemented diets on growth performance and cost of Rice-Field Crab (*Sayamia bangkokensis*) nursing. Four treatments with three replications were applied including T1, control (Powder feed; PF), T2, 3, and 4 powder feed mixed with dry *Arthrospira* 3%, 5% and 10% (3% PFA, 5% PFA, and 10% PFA), respectively. The Initial average weight was 0.0082±0.0002 g/crab. Nursing was conducted in round plastic basin, 25 crab/unit or 385 crab/m^2 for 60 days. Growth performances in terms of weight, length and carapace width were collected every 10 days. Results showed that juvenile crab fed with 5% PFA had average weight gain (1.2900±0.2011 g/ crab), average daily growth (0.021±0.0033 g/ crab/ day), specific growth rate (2.1500±0.3351%), feed conversion rate (0.9200±0.2007), protein efficiency rate (0.0342±0.0053), and survival rate (87.33±1.2018%) better than other experimental groups (P<0.05). Water qualities and cost of rearing (2.0320±0.4351-3.4998±0.2356 baht/ crab) were not significantly different (P>0.05) in all treatments. Therefore, nursing rice-field crab with 5% of *A. platensis* provided the highest growth performance and its development including acceptable production cost which will be a suitable feed for nursing rice-field in the future.

Trial 2 aimed to compare of aquatic feed types on the growth performance of rice-field crab. Four treatments with three replications were applied including T1, 38% protein frog feed; T2, 35% protein shrimp feed; T3, 32% protein catfish feed, and T4, 30% protein high grade feed, respectively. The Initial average weight was 12.76±0.20-13.99±0.36 g/crab. This trial was conducted in round plastic basin, 25 crab/m^2unit for 60 days. Growth performance in terms of weight, length and carapace width were collected every 10 days. Results found that rice-field crabs were fed with T3, 32% protein catfish feed, had average weight gain (8.1533±2.328 g/ crab) average daily growth (0.135±0.023 g/ crab/ day), specific growth rate (13.588±2.2328%), feed conversion rate (0.640±0.120), protein efficiency rate (0.254±0.436), and survival rate (87.33±1.201%) better than other experimental groups (P<0.05). cost of rearing (2.756±0.00 baht/crab) and water qualities were not significantly different (P>0.05) in all treatments. Therefore, the best result in the Trial 2 was further investigated in the Trial 3.

Trial 3 aimed to determine the effects *Spirulina (Arthrospira) platensis* supplemented diets on the growth of rice-field crabs. Four treatments with three replications were applied including T1 control (pellets feed; PF) T2, 3, and 4 pellet feed mixed with dry *Arthrospira* 3%, 5% and 10% (3% PFA, 5% PFA, and 10% PFA), respectively. The Initial average weight was 12.50±0.74-13.73±0.60 g/crab. This trial was conducted in round plastic basin, 25 crab/m^2 for 60 days. Growth performance in terms of weight, length and carapace width were collected every 10 days. Results found that rice-field crabs were fed with 5% PFA had average weight gain (5.778±0.56 g/ crab), average daily growth (0.031±0.0030 g/ crab/ day), specific growth rate (0.58±0.22%), feed conversion rate (1.18±0.04), protein efficiency rate (0.170±0.01), and survival rate (93.33±6.66%) better than other experimental groups (P<0.05). Cost of rearing (2.756±0.00 baht/crab) and water qualities were not significantly different (P>0.05) in all treatments. Therefore, nursing rice-field crab with 5% of *A. platensis* additive feed while culturing rice-field crab with 3% of *A. platensis* supplemented in catfish feed, 32% protein provided the highest growth performances and its development including acceptable production cost which will be a suitable feed for

rice-field culture in the future.

Keywords : Rice-Field Crab, Arthrospira (Spirulina) platensis, Nursing, Culture, Sayamia bangkokensis, Growth Performance

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงกล พรมยะ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนกันต์ จิตมนัส และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ตงศิริ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในการแก้ไขปัญหา อุปสรรค์ต่าง ๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ทั้งยังสละเวลาอันมีค่าในการแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ ประนาเส ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ คำแนะนำในการเรียน การทำวิจัย และการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บุคลากร พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นักศึกษาทุก ๆ คน ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย และในกาทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ “ทุนศิษย์ก้นกุฏิ” และ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ให้ผ่านสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ฐานเรียนรู้สาหร่ายและแพลงก์ตอน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา ด้วยคุณความดีและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนมอบให้กับผู้มีพระคุณดังที่กล่าวมาข้างต้นและผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ด้วย

ธนบดี ปิ่นทศิริ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 4

อนุกรมวิธานปูน้ำจืดในไทย และสัณฐานวิทยาของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร 4

ลักษณะทั่วไปของปูนา 5

การแพร่กระจายของปูนา 8

การเจริญเติบโตของปูนา 8

การลอกคราบ 9

กระบวนการลอกคราบ (Molting process) 10

ไคตินในปูนา 11

การเพาะพันธุ์ 12

การอนุบาลและการเลี้ยง 17

การกินอาหารของปูนา 17
อาหารและระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 18
การจับปูนาเพื่อการบริโภค 19
การเพิ่มมูลค่าให้กับปูนา 20
อนุกรมวิธานของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 22
ลักษณะทางชีววิทยาของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 23
คุณค่าทางโภชนาของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 24
ประโยชน์จากสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 26
อาหารเม็ดสำเร็จรูป 28
หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้อาหารสำเร็จรูป (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556) 29
รูปแบบของอาหารสำเร็จรูป และการยอมรับอาหารของสัตว์น้ำ 31
คุณค่าทางโภชนาของอาหารเม็ดสำเร็จรูป 32
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย 38
3.1 การอนุบาลลูกปูนา การทดลองที่ 1 ผลของการอนุบาลปูนา (*S. bangkokensis*) ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนในการอนุบาล 38
3.1.1 การวางแผนการทดลอง 38
3.1.2 วิธีการทดลอง 39
3.2 การเลี้ยงปูนา การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 39
3.2.1 การวางแผนการทดลอง 39
3.2.2 การเตรียมการทดลองและอาหารที่ใช้ในการทดลอง 40
3.3 การเลี้ยงปูนา การทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 41
3.3.1 การวางแผนการทดลอง 41

3.3.2 การเตรียมการทดลองและอาหารที่ใช้ในการทดลอง 41
3.4 การตรวจสอบการเจริญเติบโตและการใช้ประโยน์จากอาหารของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร.43
3.5 ลักษณะการวัดขนาดการอนุบาลลูกปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (สมพงษ์ และคณะ, 2544; ธนบดี และจงกล, 2562) 44
3.6 ลักษณะการวัดขนาดการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (สมพงษ์ และคณะ, 2544; ธนบดี และจงกล, 2562) 45
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 45
บทที่ 4 ผลการวิจัย 46
การอนุบาลลูกปูนา การทดลองที่ 1 ผลของการอนุบาลปูนา (*S. bangkokensis*) ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนในการอนุบาล 46
การเลี้ยงปูนา ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 53
การเลี้ยงปูนา ผลการทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ในอาหาร ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 61
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 70
การอนุบาลลูกปูนา การทดลองที่ 1 ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการอนุบาลลูกปูนา (*S. bangkokensis*) 70
การเลี้ยงปูนา ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 72
การเลี้ยงปูนา ผลการทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*) 73
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 75
บรรณานุกรม 76
ประวัติผู้วิจัย 85

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะเพศของปูนา....6

ตารางที่ 2 ปริมาณไคตินในส่วนเปลือก กระดองแผ่นปิดอก และขาเดิน ของปูทะเล และปูนา....12

ตารางที่ 3 ความดกของไข่ปูนาชนิดต่าง ๆ....16

ตารางที่ 4 ความต้องการโปรตีนและแหล่งโปรตีนของปู และกุ้ง....18

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)....26

ตารางที่ 6 การเลือกใช้อาหารสำเร็จรูปให้เหมาะสมกับราคาขายของสัตว์น้ำและระบบการเลี้ยง....32

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเม็ดสำเร็จรูป....32

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารในการทดลอง....38

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารในการทดลอง....41

ตารางที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ตัว) ความยาว และความกว้าง (มิลลิเมตร/ตัว) ของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายในระดับที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน....51

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหาร ผสมสาหร่ายในระดับที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน....52

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสไปรูลินาที่ระดับต่างกันเป็นระยะเวลา 60 วัน....52

ตารางที่ 13 น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว) ความยาว (มิลลิเมตร/ตัว) และความกว้าง (มิลลิเมตร/ตัว) ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน....59

ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิต ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน....60

ตารางที่ 15 คุณภาพน้ำในบ่อของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน..60

ตารางที่ 16 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น(กรัม/ตัว) ความยาว(มิลลิเมตร/ตัว) และความกว้าง(มิลลิเมตร/ตัว) ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน....67

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน 68

ตารางที่ 18 คุณภาพน้ำเลี้ยงปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน 68

ตารางที่ 19 วิเคราะห์สารปนเปื้อนและเชื้อ *Escherichia coli* ในตัวอย่างปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) 69

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชรตัวเต็มวัย (Sayamia bangkokensis).....4

ภาพที่ 2 ลักษณะกระดอง (A) ส่วนท้องเพศผู้ (B) และโกโนพอด (C) ของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร .5

ภาพที่ 3 ส่วนท้อง (Abdomen) ของปูนาเพศผู้.....7

ภาพที่ 4 ส่วนท้อง (Abdomen) ของปูนาเพศเมีย.....7

ภาพที่ 5 การผสมพันธุ์ของปูนา (A) การออกไข่เพศเมียมีไข่ภายหลังการผสมพันธุ์ (B).....15

ภาพที่ 6 การพัฒนาไข่ปูนา.....16

ภาพที่ 7 วงชีวิตของปูนาจากระยะไข่ถึงตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 3-8 เดือน.....19

ภาพที่ 8 สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (scale bar 30 µm)22

ภาพที่ 9 การเตรียมอาหาร.....42

ภาพที่ 10 การวัดขนาดการอนุบาลลูกปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร.....44

ภาพที่ 11 การวัดขนาดการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร.....45

ภาพที่ 12 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน.....49

ภาพที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพโปรตีนของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายเป็นระยะเวลา 60 วัน 50

ภาพที่ 14 อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างเป็นระยะเวลา 60 วัน.....51

ภาพที่ 15 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน 56

ภาพที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน.....57

ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพโปรตีน อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน 58

ภาพที่ 18 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน.....64

ภาพที่ 19 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพโปรตีนของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน.....65

ภาพที่ 20 อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน.....66

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปูนามีบทบาทที่สำคัญในระบบนิเวศ สามารถพบได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) ที่แพร่กระจายและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว เป็นแหล่งโปรตีนสูงที่มีราคาถูก หาง่ายและนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย เช่น ปูดอง หรือ ลาบเนื้อปู มันปูใช้ทำ ปูอ่อง ส่วนปูตัวเล็ก ๆ ทำเป็นน้ำปู ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองของภาคเหนือ จึงเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้ ปูนายังสามารถทำเป็นอาชีพประมงขนาดเล็กให้กับครัวเรือนเกษตรกรได้ ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งในปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติรวมถึงนาข้าว มีปริมาณ ปูนาแนวโน้มลดน้อยลงมาก (Pachanawan and Khampuch, 2008; Thaiso and Wongmaniprathip, 2012) เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีในนาข้าวและแหล่งน้ำ ทำให้จำนวนปูนาลดน้อยลง ประกอบกับการเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และการคุกคามจากการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และชุมชน ทำให้ปูนาถูกกำจัดไปโดยทางตรงและทางอ้อม (Dulyachindachabaporn et al., 2001; Phakdinarong et al., 2009; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562) ปัจจุบันปูนาในธรรมชาติมีจำนวนลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีตที่สามารถจับจากธรรมชาติได้ปริมาณมาก โดยปูนาบางส่วนที่มีการจับจากธรรมชาตินั้น อาจมีการปนเปื้อนของสารเคมี และยังเป็นพาหะของพยาธิใบไม้ในปอดชนิด *Paragonimus* spp. พบในคนที่ชอบรับประทาน ปูนาแบบดิบ ๆ (Blair et al., 1990; Narain et al., 2003; Odermatt et al., 2007; Uruburu et al., 2008; Yaemput et al., 1994) ซึ่งไม่ปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค อย่างไรก็ตามความนิยมในการบริโภคปูนามีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากวิถีการกินของคนทุกภูมิภาค และรสชาติที่ดีของปูนา จากสาเหตุดังกล่าวทำให้เกษตรกรมีแนวคิดที่จะเพาะเลี้ยงปูนาเพื่อจำหน่าย แต่ยังขาดข้อมูลและเอกสารวิชาการในการเพาะ อนุบาล และเลี้ยงปูนา ทำให้ไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนัก และอัตราการรอดที่ต่ำ นอกจากนี้ มีการใช้อาหาร ที่หลากหลาย เช่น อาหารธรรมชาติ ซากพืชซากสัตว์ ข้าวสวย และอาหารเม็ดในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของปูนาไม่ดี Cannicci (1996) กล่าวว่าปัจจัยที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงปูนาให้ประสบผลสำเร็จและยั่งยืน คือ การอนุบาล และการเลือกใช้อาหารในการอนุบาล และเลี้ยง เนื่องจากอาหารมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย รวมถึงการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำกลุ่ม Crustacean ด้วย ทั้งนี้จากข้อมูลการศึกษาปูนาที่ผ่านมานั้นมีอยู่ไม่มาก โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธาน ชีววิทยา การแพร่กระจาย การกำจัด การศึกษาการเป็นพาหะนำโรค การกิน

อาหารปูนาในธรรมชาติ (ชาคริต, 2533; ไพบูลย์, 2520; วิยะดา และคณะ, 2523; สมพงษ์ และคณะ, 2544; สวาท และสมชาย, 2516; สายัณห์, 2551) ต่อมามีรายงานการใช้สาหร่าย *Spirulina (Arthrospira) platensis* มาเสริมและเป็นส่วนผสมอาหารให้กับสัตว์น้ำหลายชนิด (Hangsapreuke, 2013) ส่งผลให้การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย การเจริญพันธุ์ รวมถึงภูมิคุ้มกันต่าง ๆ มีประสิทธิภาพและส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (Promkunthong and Pipattanwattankhul, 2005) พบว่า *A. platensis* ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งทะเล ทำให้กุ้งทะเลที่ได้รับอาหารผสม *A. platensis* มีการเจริญเติบโตดี มีภูมิคุ้มกันโรค มีอัตราการรอดสูง ลอกคราบได้ง่าย และลำตัวใสสะอาด (Pintasiri and Promya, 2019) ใช้ *A. platensis* ผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป 3-5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปูนาส่งผลให้มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก ความยาว และอัตรารอดเพิ่มขึ้นและดีที่สุด นอกจากนี้ (Promya and Saetun, 2005) ใช้ *A. platensis* ผสมในอาหารกุ้งก้ามกราม 1-3% สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตกุ้งก้ามกรามในบ่อดิน และยังช่วยทำให้สีกุ้งเข้มขึ้นด้วย (Promya and Seatun, 2005) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสาหร่าย *A. platensis* เป็นอาหารเสริมหรือผสมในอาหารสำเร็จรูป เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้อย่างประสิทธิภาพ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาการกิน ชนิดของอาหาร และนำเอาสาหร่าย *A. platensis* มาเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ในอัตราที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และศึกษาต้นทุนในการอนุบาล และเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเพาะ อนุบาล และเลี้ยงปูนาเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของตลาดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และต้นทุนในการอนุบาล และเลี้ยงของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร เพื่อผลิตเป็นอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการอนุบาล และเลี้ยงปูนา เพื่อพัฒนาผลผลิตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชรต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำ และนำเอาสาหร่ายอาร์โธรสไปร่ามาเสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และศึกษาต้นทุนในการอนุบาลและเลี้ยงของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร อนุบาล และเลี้ยงที่ฐานเรียนรู้สาหร่ายและแพลงก์ตอน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงชนิดของอาหารสัตว์น้ำที่เหมาะสมต่อปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
2. ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าที่เสริมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโต และต้นทุนในการอนุบาล การเลี้ยงของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเพาะอนุบาล และเลี้ยงปูนา เพื่อพัฒนาผลผลิตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

อนุกรมวิธานปูน้ำจืดในไทย และสัณฐานวิทยาของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร

Kingdom: Animalia (Naiyanetr, 1982)

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Mandibulata

Class: Crustacea

Order: Decapoda

Family: Gecarcinucidae

Subfamily: Parathelpusinae

Genus: *Sayamia*

Species: *Sayamia bangkokensis*

ภาพที่ 1 ปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชรตัวเต็มวัย (*Sayamia bangkokensis*)
ที่มา: ธนบดี และขจรเกียรติ์ (2562)

สัณฐานวิทยาของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*S. bangkokensis*)

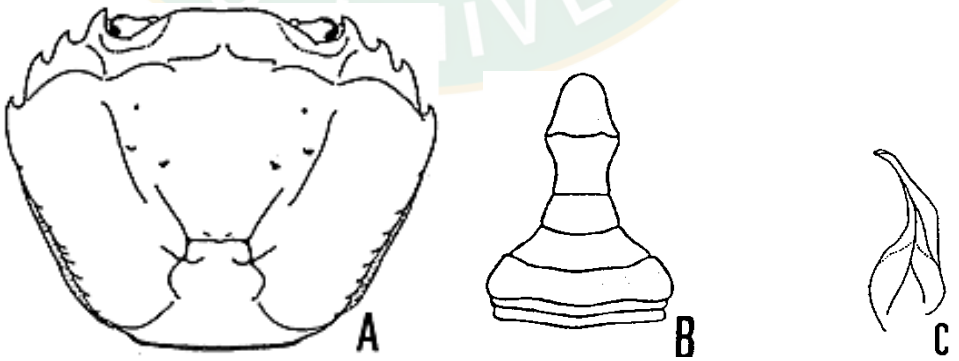
1. กระดองจะโค้งนูน มีสีม่วงคล้ำ
2. มีตา 2 คู่ มีขา 5 คู่ แบ่งเป็นก้าม 1 คู่ และขาเดินอีก 4 คู่
3. อวัยวะเพศผู้คู่ที่ 1 ส่วนฐานจะกว้าง ส่วนปลายจะแหลมตรง
4. ปล้องที่ 6 จะยาวกว่าปล้องสุดท้ายเล็กน้อย และค่อนข้างเป็นสี่เหลี่ยม ปล้องที่ 5 จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Natyanetr, 1982) (ภาพที่ 1)

ไพบูลย์ (2550) กล่าวว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตอุดมสมบูรณ์มากประเทศหนึ่งในเอเชีย โดยเฉพาะสัตว์น้ำจืด ปูนาก็เป็นสัตว์น้ำจืดอีกจำพวกหนึ่ง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำจืด (Freshwater crabs) และกลุ่มปูน้ำเค็ม (Marine crabs) ตามลักษณะถิ่นอาศัย ปูอาศัยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เช่น การหายใจผ่านเหงือกโดยได้รับออกซิเจนจากน้ำ ดังนั้น เหงือกของปูจะต้องมีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ มิฉะนั้นปูจะตายเมื่อขาดน้ำ การลอกคราบของปูเพื่อเพิ่มขนาดปูให้ใหญ่ขึ้นและการเจริญเติบโตของลูกปูวัยอ่อน และลูกปูตัวเล็กก็ต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน

ลักษณะทั่วไปของปูนา

โดยมีลักษณะสัณฐานทั่วไปประกอบไปด้วยส่วนของร่างกายของปูนา ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) ส่วนหัวและส่วนอกรวมกันเรียกว่า เซฟฟาโรธอแรกซ์ (Cephalothorax) มีกระดองหุ้มอยู่ตอนบน โครงร่างภายนอกของปูนาแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ดังนี้ (อดิศร, 2552)

1. ลักษณะกระดอง โค้งนูน ผิวเรียบเป็นมัน ขอบหน้าเว้าเล็กน้อย ส่วนของขอบด้านหน้าและด้านข้าง (Antero-lateral border) มีหนามแหลมลักษณะคล้ายฟันข้างละ 4 อัน รวมทั้งชุดฟันด้านนอก (Exorbital tooth) และสันอีพิแกสตริดเด่นชัด วงสันด้านหลัง (Post- lateral crest) นูนขึ้นมาเล็กน้อย และแนวของวงสันหลังจะไปสิ้นสุดที่ฐานของชุดฟันด้านนอกเท่านั้น ร่องหัว (H-groove) ร่องตรงกลาง (Middle groove) ร่องบริเวณคอ (Cervical groove) และร่องกึ่งวงกลม (Semicircular groove) เด่นชัดใกล้กับแนวของร่องบริเวณคอ มีจุดอยู่ตรงกลาง กระดอง มีความกว้างประมาณ 30-50 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะกระดอง (A) ส่วนท้องเพศผู้ (B) และโกโนพอด (C) ของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
ที่มา: Naiyanetr (1994)

2. ก้ามหนีบผิวเรียบ ส่วนของเมอรัส (Merus) มีหนามพรีดีสตัล (Predistal spine) 1 อัน คาร์พัส มีหนามด้านใน (Inner spine) 1 อัน แดคไทลัส มีลักษณะโค้ง ส่วนตรงกลางของแดคไทลัสจะมีฟันขนาดต่างกันออกไปใน ปูนาเพศเมียก้ามหนีบซ้าย-ขวามีขนาดใกล้เคียงกัน

3. ขาเดิน มีลักษณะเรียวยาว ขาเดินคู่ที่ 3 และ 6 ยาวกว่าขาเดินคู่ที่ 2, 4 และ5 เมอรัสจะยาว บริเวณใกล้ส่วนปลายของเมอรัส จะมีหนามแหลม 1 อัน แดคไทลัสจะเรียวเล็ก ปลายแหลมมีหนามขนาดเล็กเรียงเป็นแถวอยู่จำนวนมาก (Pongchunchoovong, 2006)

4. หนวด (Antennule) ปูนา มีหนวด 2 คู่

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule) อยู่ด้านหน้าของกระดอง มีลักษณะเป็นเส้นขนาดเล็ก และสั้นกว่าหนวดคู่ที่ 2 อยู่ติดกับโคนของก้านตา

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna) อยู่ด้านหน้าของกระดอง มีลักษณะเป็นเส้นยาวมีฐานของหนวดอยู่ใต้กระดองด้านหน้า เส้นหนวดจะยื่นยาวออกมานอกกระดองเห็นได้ชัดเจน

5. ท้องปูนา (Abdomen) เพศผู้ส่วนท้องมีรูปร่างคล้ายตัวที (T shape) ความกว้างของปล้องที่ 6 ด้านหน้าจะน้อยกว่าด้านหลังของปล้องที่ 6 ซึ่งด้านหน้าปล้องที่ 6 จะแคบเว้าเข้ามากคล้ายกับส่วนท้อง มีความยาวใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 3) ส่วนเพศเมียมี Pleopod 4 คู่ ลักษณะเรียวยาว มีขนเล็ก ๆ คล้ายขนนกเพื่อให้ไข่ติดและรองรับตัวอ่อนด้วย (ภาพที่ 4) สำหรับในปูเพศเมียมี Pleopod 4 คู่ ลักษณะเรียวยาว มีขนเล็ก ๆ คล้ายขนนกเพื่อให้ไข่ติด และรองรับตัวอ่อนด้วย ในปูนาเพศเมียจะมีลักษณะของส่วนท้องที่เหมือนกัน ในปูนาจะใช้ลักษณะของโกโนพอดคู่ที่ 1 เป็นหลักเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของปูนาด้วย (กัมพล และสุธี, 2555)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะเพศของปูนา

ปูนาเพศผู้	ปูนาเพศเมีย
ปูนาเพศผู้จะมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเพศเมีย	ปูนาเพศเมียลำตัวจะเล็ก และกามจะมีขนาดที่ไม่ใหญ่
ปูนาเพศผู้ ส่วนท้องจะไม่มีแผ่นปิดทับ จะเป็นเปลือกเรียบสีขาว มีแนวร่องกลางส่วนท้องเป็นรูปตัวที	ปูนาเพศเมีย เมื่อพลิกส่วนท้องจะมีแผ่นรูปโค้งสามเหลี่ยมปิดทับส่วนท้อง
ปูนาเพศผู้จะมีสีลำตัวเข้มกว่าเพศเมีย	
ปูนาเพศผู้จะมีก้ามขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย	

6. โกโนพอด เป็นส่วนที่ต้องถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อมองเห็นและจำแนกชนิด โดยจะมีฐานกว้างตามร่องที่ฐานมีขนจำนวนมาก ขนจะแตกปลายทั้ง 2 ด้าน โกโนพอดจะเรียวจากฐานไปยังปลาย ส่วนปลายจะโค้งงอคล้ายเครื่องหมายคำถาม แต่ปลายสุดจะงอ

ขึ้นบนเล็กน้อย และตรงส่วนงอคล้ายเครื่องหมายคำถาม จะแคบขึ้นอยู่กับชนิดของปูนา ปลายสุดจะแหลมและมีรูเล็ก ๆ 1 รู มีหนามแหลมจำนวนมาก บริเวณใกล้กับปลายสุด จะมีติ่งเล็ก ๆ ยื่นออกมา และมีหนาม อยู่ด้วยโอมมาติเดียม (Ommatidium) ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยมตามร่องระหว่าง โอมมาติเดียม แต่ละอันไม่มีสัน แต่ละโอมมาติเดียมมีความกว้างประมาณ 20 ไมครอน (ภาพที่ 2)

ลักษณะที่ใช้จำแนกชนิดปูนา

– ลักษณะลายเส้นของกระดอง

– สีของกระดอง

– ลักษณะของโกโนพอดคู่ที่ 1

ภาพที่ 3 ส่วนท้อง (Abdomen) ของปูนาเพศผู้

ภาพที่ 4 ส่วนท้อง (Abdomen) ของปูนาเพศเมีย

ที่อยู่อาศัยของปูนา

ปูนาชอบอยู่ในโพรงหรือขุดรูอาศัยอยู่ตามทุ่งนา คันนา โดยมีแหล่งอาหาร และน้ำเป็นปัจจัยหลัก ส่วนลักษณะ และตำแหน่งของรูปูนา จะแตกต่างกันตามสภาพของพื้นที่ ภูมิอากาศ และน้ำ

ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ปูจะขุดรูในบริเวณที่น้ำท่วมไม่ถึง ลักษณะรูปูจะเอียงเล็กน้อย มีความลึกประมาณ 1 เมตร เพื่อหลบซ่อนเป็นที่อยู่อาศัย (ชมพูนุท, 2553)

การแพร่กระจายของปูนา

ปูนาบางชนิดเช่น *S. dugasti* มีอาณาเขตการแพร่กระจายกว้างมากถึง 40 จังหวัด ในภาคกลางมีปูอยู่ถึง 3 ชนิด ในภาคใต้พบมี 2 ชนิด ทางภาคเหนือบางจังหวัดพบมีชนิดเดียว ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของปูแต่ละชนิด เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีค่าควรแก่การศึกษา เช่น กรณีของปูนา *S. denchaii* ที่พบในอำเภอเด่นชัยจังหวัดแพร่ และปูนา *S. nani* ที่พบใน จังหวัดน่าน เป็นต้น จังหวัดทั้งสองอยู่ใกล้กันมาก และพื้นที่ก็เป็นผืนแผ่นดินติดต่อกัน สภาพดินฟ้าอากาศ หรือปริมาณน้ำฝนก็ใกล้เคียงกัน

ปูนาในประเทศไทย พบประมาณ 10 ชนิด ในภาคต่าง ๆ ได้แก่ (กัมพล, 2555; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562)

- *S. germaini* พบในภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคเหนือ
- *S. bangkokensis* พบในภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคใต้
- *S. sexpunetata* พบในภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคใต้
- *S. maehongsonensis* พบเฉพาะในจังหวัดแม่ฮ่องสอน
- *S. fangensis* เป็นปูชนิดใหม่ พบเฉพาะในจังหวัดลำปาง และเชียงใหม่
- *S. denchaii* เป็นปูชนิดใหม่ พบเฉพาะในจังหวัดแพร่
- *S. nani* เป็นปูชนิดใหม่ พบเฉพาะในจังหวัดน่าน
- *S. dugasti* พบในภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- *E. phetchaburi* พบเฉพาะภาคตะวันตก
- *E. chiangmai* พบเฉพาะภาคเหนือ

ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดมหาสารคาม ชนิดปูนาที่พบมากที่สุด คือ ในสกุล *Esanthelphusa* sp. (เอกพล และพันธุ์ทิพย์, 2553)

การเจริญเติบโตของปูนา

การเจริญเติบโตของปูนา จะอาศัยการลอกคราบเพื่อขยายขนาดซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักและขนาดของลำตัว เนื่องจากกระดองของปูเป็นสารประกอบหินปูนที่มีความแข็งแรงมาก จึงไม่สามารถขยายตัวออกไปได้ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีเนื้อแน่นเต็มกระดอง และจะมีการลอกคราบ ดังนั้น การลอกคราบของปูนาในแต่ละครั้งต้องได้รับอาหารอย่างเพียงพอต่อ

กระบวนการลอกคราบ เนื่องจากกระดองของปูนาประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ชั้นนอกสุดเรียกว่า อิพิคิวติเคิล เป็นชั้นที่ยืดหยุ่นได้ ประกอบด้วยสารขี้ผึ้ง สารคิวติดิวลิน และไลโปรตีน ชั้นกลาง ประกอบด้วยสารไคติน และสารคิวติดิวลิน ส่วนชั้นในสุดประกอบด้วยไคติน และโปรตีน (อดิเทพพรชัย และสราวุธ, 2551) จะแบ่งตัวเจริญเป็นรอยย่นและเริ่มสร้างชั้นสมบูรณ์แม้ว่าจะยังอ่อนนุ่นและยืดหยุ่นได้ก็ตาม ส่วนน้ำย่อยและของที่ถูกย่อยแล้วร่างกายจะดูดซึมเอาไว้สำหรับชั้นคิวติเคิลอันเก่า และชั้นไคตินชั้นนอกส่วนใหญ่จะยังคงอยู่โดยปกคลุมชั้นใหม่ ไว้อย่างหลวม ๆ ต่อมาปูจะพองตัวขึ้นจนทำให้คราบเก่าแตกออก การพองตัวอาจทำโดยการบีบส่วนท้องทำให้เลือดฉีดไปที่บริเวณหัวและอก หรืออาจพองตัวโดยการดูดน้ำ หรืออากาศเข้าไว้ในร่างกาย ที่ลอกคราบนี้ไม่ได้เกิดเฉพาะส่วนของร่างกายและรยางค์ขาเท่านั้น แต่รวมถึงส่วนของทางเดินอาหาร และระบบอวัยวะหายใจด้วยในตอนท้ายของการลอกคราบ เมื่อเรามองเห็นรอยต่อตรงส่วนของกระดองด้านข้างลำตัวขยายกว้างมากกว่าปกติและค่อย ๆ เปิดกว้างมากขึ้น จนถึงส่วนกระดองด้านล่างถึงขาเดินคู่สุดท้ายชุดใหม่โผล่ออก และขาคู่ถัดไปตามลำดับ จนถึงรยางค์รอบปาก และหลุดหมดทั้งตัว จนอันเก่าที่หลุดออกไปเรียกเอ็กซูเวียม (Exuvium) มีลักษณะเหมือนตัวปูก่อนลอกคราบกระดองใหม่ หลังจากการลอกคราบมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเข้มเป็นมันกว่าเดิม การลอกคราบนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีน้ำเท่านั้น และหลังจากช่วงนี้ไปปูจะดูดน้ำ และอากาศเข้าไปในร่างกายทำให้กระดองอันใหม่ที่ยังย่นอยู่ ยืดตัวออกเต็มที่ ปูจะอยู่นิ่งต่อไปอีกประมาณ 4-5 ชั่วโมง เพราะกระดองยังนิ่มอยู่ เนื่องจากชั้นโปรตีนยังไม่แข็งตัวและแคลเซียมยังไม่สามารถสะสมได้ จึงเป็นช่วงเวลาที่ปูต้องหลบซ่อนตัวให้พ้นอันตรายประกอบกับการใช้พลังงานในการลอกคราบไปมาก ระยะเวลาที่กระดองใหม่จะแข็งขึ้นอยู่กับขนาดของปูโดยใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน (ชมพูนุท, 2553)

การลอกคราบ

สัตว์น้ำจำพวกปู และครัสเตเซียนอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตโดยการลอกคราบเพื่อเพิ่มขนาดร่างกาย ซึ่งเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า กระบวนการลอกคราบ (Molting process) โดยปกติในการลอกคราบแต่ละครั้ง ปูจะสลัดเปลือกเก่าทิ้งไปตัวจะบวมเนื่องจากมีการดูดน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่โดยการกินน้ำเข้าไป หลังจากนั้นเปลือกใหม่จะเริ่มแข็งขึ้นขนาดของตัวปูจะใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยปริมาณน้ำดังกล่าวจะถูกแทนที่ด้วยเนื้อเยื่อใหม่ (บำรุงศักดิ์, ม.ป.ป.) แบ่งวงจรการลอกคราบออกเป็น 4 ระยะ คือ

ระยะก่อนการลอกคราบ (Proecdysis หรือ premolt stage) เป็นระยะที่ปูหรือครัสเตเซียนเตรียมพร้อมเพื่อการลอกคราบ เซลล์ชั้นนอกสุด คืออิพิเดอร์มิส (Epidermis) จะแยกจากชั้นคิวติเคิลหรือเปลือก เรียกระยะนี้ว่าอะโพไลซิส (Apolysis) จากนั้นเซลล์อิพิเดอร์มิสจะสร้างเปลือกใหม่ สาร แคลเซียมจากเปลือกเก่าจะถูกดึงมาเก็บไว้ในเลือด ความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือดสูงขึ้นมาก

มี ผลทำให้ปูหรือครัสเตเซียนอื่นเริ่มหยุดกินอาหารและเคลื่อนไหวช้าลง อาหารที่ถูกสะสมไว้ในส่วนของตับและตับอ่อน (Hepatopancreas) จะถูกนำมาใช้ ระยะนี้สิ้นสุดเมื่อมีการแยกเปลือกคิวติเคิลออกจากชั้นผิว

ระยะการสลัดคราบ (Ecdysis หรือ exuviation stage) เป็นระยะที่สั้นที่สุดของวงจรการลอก คราบ ปูจะสลัดคราบเก่าออก ระยะนี้สัตว์จะมีกระบวนการเมแทบอลิซึมต่ำมาก ไม่กินอาหาร มีการนำน้ำเข้าตัวอย่างรวดเร็วเพื่อให้ลำตัวขยายขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถดันเปลือกเก่าออกได้ง่ายขึ้น ระยะนี้ปูจะมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม 20-25 เปอร์เซ็นต์

ระยะหลังการลอกคราบ (Metaecdysis หรือ postmolt stage) เป็นระยะที่ปูเพิ่งลอกคราบใหม่ เปลือกใหม่ยังอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นได้ ขณะเดียวกันยังมีการนำน้ำเข้าตัว ปูยังไม่กินอาหารแต่จะใช้อาหารจากส่วนตับและตับอ่อน ในช่วงนี้น้ำในตัวจะถูกแทนด้วยเนื้อเยื่อ อัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อสูงในช่วงนี้ และมีการนำน้ำบางส่วนออกจากสำตัว

ระยะที่เข้าสู่ปกติ (Intermolt หรือ anecdysis stage) เป็นระยะปกติของปูหรือครัสเตเซียนอื่น ๆ มีการสร้างเปลือกและเนื้อเยื่อต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ปูจะกินอาหารปกติเละเก็บอาหารส่วนเกินไว้ในส่วนของตับและตับอ่อน เพื่อรอการลอกคราบครั้งใหม่ ในเลือดจะมีปริมาณสารแคลเซียมต่ำเนื่องจากถูกนำไปสะสมไว้ที่เปลือก ระยะนี้ของปูจะเป็นช่วงที่ยาวนานที่สุด

กระบวนการลอกคราบ (Molting process)

การเจริญเติบโตของปูนามีการลอกคราบ (Molting) แล้วขนาดจึงเพิ่มขึ้น ในระยะแรกของการเจริญเติบโตการลอกคราบจะเกิดขึ้นถี่และห่างลงเมื่อปูมีอายุมากขึ้น กระบวนการลอกคราบมี 4 ระยะ (ทัศนีย์, 2522; บรรจง และบุญรัตน์, 2545; บำรุงศักดิ์, ม.ป.ป.; สมพงษ์ และคณะ, 2544) กล่าวคือ เริ่มด้วยเซลล์ชั้นผิวนอกแยกตัวออกแผ่นกระดอง ต่อมในชั้นอิพิเดอมิสสร้างของเหลวออกมาสลายสารจำพวกไคตินในส่วนเปลือก กระดอง และรยางค์ (ตารางที่ 2) ขณะที่ชั้นอิพิเดอมิสเลื่อนต่ำลงจะมีการสร้างชั้นอิพิคิวทิเคิล (Epicuticle) ใต้คิวทิเคิลอันใหม่ ต่อจากนั้นจะมีเอนไซม์พวกโพรทีเอส (Protease) ไคติเนส (Chitinase) มาย่อยสลายคิวทิเคิลอันเดิมทำให้คิวทิเคิลอันเก่าแยกจาก คิวทิเคิลอันใหม่แล้วจึงสร้างชั้นโพรคิวทิเคิลี (Procuticle) ในคิวทิเคิลอันใหม่และดันอันเดิมหลุดออกไปน้ำย่อยก็เริ่มย่อยชั้นไคตินชั้นในอันเก่าซึ้งอยู่ถัดมาได้กระดองเก่า การสร้างกระดองใหม่และการย่อยชั้นของกระดองเก่าเกิดขึ้นพร้อมกัน จากชั้นอิพิเดอมิสที่มีอิพิคิวทิเคิลอันใหม่ ซึ่งเป็นอันนอก สุดมีแต่ไลปิด (Lipid) และขี้ผึ้งไม่มีคิวทินจะแบ่งตัวเจริญเป็นรอยย่นและเริ่มสร้างชั้นสมบูรณ์แม้ว่าจะ ยังอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นได้ก็ตาม ส่วนน้ำย่อยและของที่ถูกย่อยแล้วร่างกายจะดูดซึมเอาไว้สำหรับชั้น คิวทิเคิลอันเก่าและชั้นไคตินชั้นนอก ส่วนใหญ่จะยังคงอยู่โดยปกคลุมชั้นใหม่ไว้อย่างหลวม ๆ ต่อมาปูจะพองตัวขึ้นจนทำให้คราบเก่าแตกออก การพองตัวอาจทำโดยการบีบส่วนท้องทำให้เลือดฉีด

ไปที่ บริเวณหัวและอกหรืออาจพองตัวโดยการดูดน้ำหรืออากาศเข้าไว้ในร่างกาย การลอกคราบนี้ไม่ได้เกิด เฉพาะส่วนของร่างกายและรยางค์เท่านั้น แต่รวมถึงส่วนของทางเดินอาหารและระบบอวัยวะหายใจด้วยในตอนท้ายของการลอกคราบ เมื่อรอยต่อตรงส่วนของกระดองด้านข้างลำตัวขยายกว้างมากกว่า ปกติและค่อย ๆ เปิดกว้างมากขึ้นจนส่วนท้ายหรือด้านล่างกระดองพร้อมกับขาเดินคู่สุดท้ายชุดใหม่ โผล่ออกมาและขาคู่ถัดไปตามลำดับ จนถึงรยางค์รอบปากและหลุดหมดทั้งตัว ขั้นตอนเหล่านี้ใช้เวลานานประมาณ 1 ชั่วโมง เวลาที่ใช้ในการลอกคราบเพิ่มขึ้นตามขนาดของปู กล่าวคือ ปูขนาดใหญ่ ใช้เวลานานกว่าปูขนาดเล็กกว่า คราบอันเก่าที่หลุดออกไปเรียกว่า เอ็กซูเวียม (Exuvium) มีลักษณะ เหมือนตัวปูก่อนลอกคราบ

กระดองใหม่หลังจากการลอกคราบมีนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเข้มเป็นมันกว่าเดิม การลอกคราบเกิดขึ้นได้ในน้ำเท่านั้นและหลังจากนั้นปูจะดูดน้ำและอากาศเข้าไปในร่างกายทำให้กระดอง อันใหม่ที่ยังย่นอยู่ยืดตัวออกเต็มที่ ปูจะนิ่งไปอีกประมาณ 45 ชั่วโมง เพราะกระดองยังนิ่มอยู่ เนื่องจากชั้นโปรตีนยังไม่แข็งตัวและแคลเซียมยังไม่สะสม จึงเป็นช่วงเวลาที่ปูต้องหลบซ่อนตัวให้พ้นอันตราย ประกอบกับใช้พลังงานในการลอกคราบไปมาก ระยะเวลาที่กระดองใหม่จะแข็งแรงแตกต่าง กันไปตามขนาดของปู โดยใช้เวลาประมาณ 7-10 วัน เมื่อน้ำในนาข้าวแห้งหมดไปปูจะหยุดการเจริญเติบโตและพักตัวอยู่นิ่ง ๆ ในรู ซึ่งมีความชื้นอยู่ตลอดเวลาส่วนมากมักจะขุดดินปิดปากรูไว้ด้วย (ชมพูนุช และคณะ, 2527; ทัศนีย์, 2522)

ไคตินในปูนา

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2548) รายงานว่าปูนามีไคตินที่สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตซานได้เช่นเดียวกับ เปลือกกุ้ง เปลือกปูม้าและเปลือกปูทะเล ปูนาตัวหนึ่งมีปริมาณไคตินสูงถึงร้อยละ 19.27 (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ปูทะเลมีปริมาณของไคตินเพียงร้อยละ 14.14 เท่านั้น (ตารางที่ 2) ไคโตซานที่ได้จากเปลือกกุ้งและปูนั้นมีประโยชน์ และสามารถนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ทางด้านโรงงานอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ในขบวนการบำบัดน้ำเสียในโรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตเครื่องสำอางค์ที่มีปริมาณอินทรีย์สาร ที่มีโลหะหนักพวก ทองแดง นิคเกิล สังกะสี โครเมียม เหล็ก และแคดเมียม ในน้ำทิ้ง

ทางด้านโภชนาการ สามารถนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารเสริม เพื่อลดปริมาณไขมันและโคเลสเตอรรอล บำรุงกระดูก นำไปใช้ในการตกตะกอนไวน์ขาว ไวน์แดง มำเป็นฟิลม์สำหรับเคลือบอาหาร และผลไม้ ช่วยลดจำนวนแบคทีเรียและยืดอายุในการเก็บให้ยาวนานขึ้น ใช้เป็นสารปรุงแต่งผลิตภัณฑ์อาหารทะเลต่าง ๆ ให้มีกลิ่นกุ้ง หรือปู เช่น ผลิตภัณฑ์ซอสรสกุ้ง เป็นต้น

ทางด้านผลิตภัณฑ์ด้านการเกษตร เช่นนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดินทางด้านอินทรีย์วัตถุ นำไปผสมอาหารสำหรับสัตว์ปีก กุ้ง ปูและปลา เพื่อให้สัตว์ที่เลี้ยงโตเร็ว แข็งแรงมีความต้านทานโรค นำไปใช้ในการกำจัดเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ที่ทำให้เกิดโรคโคนเน่าในพืชตะกูลถั่ว ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดผักและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

ทางด้านผลิตภัณฑ์กระดาษและสิ่งทอ สามารถนำไปใช้ผลิตใส้กรอง สำหรับกรองน้ำและกรองอากาศ หรือใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ใช้เป็นส่วนผสมในสิ่งทอเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ที่ทำให้เกิดกลิ่นและเชื้อราที่ทำให้เกิดอาการผื่นคัน เป็นต้น

ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม ไคโตซานสามารถทำเป็นเยื่อไคโตซานสำหรับใช้เป็นผ้าพันแผล ช่วยในการรักษาและป้องกันการติดเชื้อ สามารถนำมาแปรรูปเป็นยาสมานแผล ช่วยลดการปวด และลดการติดเชื้อ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในด้านโรคกระดูก โรคฟัน โรคตา และโรคไขมัน

ในปี 2533 ได้มีการรณรงค์ให้มีการกำจัดปูนาในพื้นที่หลายจังหวัดที่ทำการปลูกข้าว เพราะเห็นว่าปูนาเป็นศัตรูที่ทำลายต้นข้าว โดยมีกลุ่มเกษตรกร กลุ่มอนุรักษ์ธรรมชาติ และกลุ่มโรงเรียนเป็นแกนนำ ในระยะเวลาเพียง 7 วันแต่ละจังหวัดสามารถจับปูนาได้เป็นจำนวนถึง 4-5 แสนตัน ปูจำนวนนั้นถ้านำไปผลิตไคตินและไคโตซานก็จะได้ไคโตซานจำนวนมหาศาล การนำปูนาที่ได้จากการกำจัดศัตรูในนาข้าวมาผลิตไคติน นับว่าเป็นการแก้ปัญหาเรื่องวัตถุดิบให้แก่โรงงานผลิตไคโตซานในเมืองไทยได้ เป็นอย่างดี นอกจากเป็นการลดช่วยลดศัตรูในนาข้าวแล้ว ยังเป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ และคุ้มค่า

ตารางที่ 2 ปริมาณไคตินในส่วนเปลือก กระดองแผ่นปิดอก และขาเดิน ของปูทะเล และปูนา

อวัยวะส่วนเปลือกของปู	ปริมานไคติน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)	
	ปูทะเล	ปูนา
กระดอง	12.22	25.17
แผ่นปิดอก	16.04	25.67
ขาเดิน	18.70	18.66
รวม	14.10	19.27

ที่มา: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2548)

การเพาะพันธุ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะพันธุ์ปูนานั้นมีอยู่น้อย โดยมีการศึกษาและรายงานของสมพงษ์ และคณะ (2544) พบว่าปูนาสามารถจับคู่ผสมพันธุ์วางไข่ได้เหมือนในธรรมชาติเมื่อทดลอง

ในตู้กระจก ดังนั้นการเพาะพันธุ์ปูนาจึงสามารถพัฒนามาเพาะพันธุ์ในบ่อซีเมนต์และบ่อดิน เมื่อปูนามีการผสมพันธุ์แล้ว นำแม่ปูไข่มาเตรียมฟักไข่และอนุบาลลูกปู

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2548) รายงานว่า ปูนาสามารถนำมาเพาะในโรงเพาะฟักเพื่อผลิตลูกปูวัยอ่อนได้เช่นเดียวกับปูม้าหรือปูทะเล บ่อที่ใช้เป็นบ่อซีเมนต์ ถังพลาสติกหรือตู้กระจก ขนาดของบ่อขึ้นอยู่กับความสะดวกในการจัดการ

1. พ่อ-แม่พันธุ์

พ่อ-แม่พันธุ์ ในระยะแรกต้องรวบรวมจากธรรมชาติ สมพงษ์ และคณะ (2544) กล่าวว่า การเพาะพันธุ์ปูนาจะเริ่มจากนำพ่อ-แม่พันธุ์มาผสมพันธุ์กันหรือจะใช้แม่ปูที่มีไข่ที่จับปิ้งหรือมีลูกปูวัยอ่อนที่ติดกระดองอยู่แล้วมาอนุบาลก็จะประหยัดเวลาและต้นทุนในการผลิตได้มาก ปูนาที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการลอกคราบประมาณ 7-9 ครั้งจึงโตเต็มวัยโดยเริ่มมีไข่เมื่อมีกระดองกว้าง 26.5 มิลลิเมตร ยาว 23.25 มิลลิเมตร เมื่ออายุ 90 วัน ในสภาพธรรมชาติปูตัวเมียที่ขนาดเล็กที่สุดที่สามารถมีไข่ มีความกว้างของกระดอง 28.0 มิลลิเมตรและยาว 24.8 มิลลิเมตร ส่วนปูเพศผู้ขนาดเล็กที่สุดในห้องปฏิบัติการมีอายุ 84 วัน พบว่าท่อนำสเปิร์ม มีขนาดกระดองกว้าง 20.1 มิลลิเมตร ยาว 17.3 มิลลิเมตร (ชมพูนุช แลคณะ, 2527; สมพงษ์ และคณะ, 2544)

2. ฤดูผสมพันธุ์วางไข่

ปูนาวางไข่ในช่วง เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนตุลาคม (นพคุณ และคณะ, 2552) ส่วน โฆษิต และคณะ (2542) พบว่า ปูนาผสมพันธุ์ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม โดยมีน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ไม่ว่าน้ำนั้นจะมาจากน้ำฝนหรือจากชลประทาน ปูเพศเมียเมื่อผสมพันธุ์แล้วจะขุดรูใหม่หรือซ่อมรูเก่าที่มีอยู่ตามคันนาสูงจากระดับน้ำหรือตามทุ่งนาที่น้ำไม่ขังเพื่อเตรียมอุ้มไข่และจะไม่ลอกคราบจนกว่าจะไข่จะฟักออกเป็นตัว (ชมพูนุช และคณะ, 2527; สมพงษ์ และคณะ, 2544; นพคุณ และคณะ, 2552)

3. การผสมพันธุ์

เมื่อปูเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ขนาดประมาณ 20 มิลลิเมตร อายุ 90 วัน หรือลอกคราบประมาณ 7-9 ครั้ง (สมพงษ์ และคณะ, 2544) ปูเพศผู้จะมีก้ามซ้ายใหญ่กว่าก้ามขวาอย่างเห็นได้ชัด ส่วนท้องที่เรียกว่าจับปิ้งจะมีฐานกว้างปลายเรียวแหลมคล้ายตัวที ส่วนเพศเมียก้ามเล็ก ก้ามทั้งสองมีความแตกต่างกันไม่มาก จับปิ้งที่มีลักษณะเล็กเรียวในระยะที่ยังไม่สมบูรณ์เพศก็จะขยายเป็นแผ่นกว้างครึ่งวงกลมเกือบเต็มส่วนท้อง ส่วนปลายมนที่ขอบมีขนละเอียดเพื่อประโยชน์ในการอุ้มไข่ เมื่อเปรียบเทียบขนาด ถ้าอายุเท่ากันปูเพศผู้จะมีขนาดใหญ่กว่าเพศเมียเสมอ เมื่อเข้าฤดูฝนปูจะออกจากรูเพื่อหาอาหารตามแหล่งน้ำและผสมพันธุ์ ในฤดูผสมพันธุ์ปูเพศเมียจะมีพฤติกรรมก้าวร้าว

เมื่อเพศผู้เข้าใกล้ ปูเพศผู้จะมีปฏิกิริยาตอบสนองโดยแสดงอาการปกป้องตัวเองพร้อมกับไล่ปูเพศเมียเป็นระยะ ๆ เมื่อได้จังหวะปูเพศผู้จะขึ้นข้างบนปูเพศเมียและใช้ขาเดินคู่ที่ 2-4 พยุงปูเพศเมียไว้ข้างล่าง การจับคู่ในลักษณะนี้จะดำเนินต่อเนื่องกันประมาณ 3-4 วัน จนกระทั่งปูเพศเมียลอกคราบในช่วงที่ปูเพศเมียกระดองนิ่มปูเพศผู้จะทำหน้าที่พยุงปูเพศเมียไว้เพื่อไม่ให้ปูเพศเมียที่ตัวนิ่มและบอบบางนั้นได้รับอันตรายทำหน้าที่ปกป้องถ้ามีศัตรูเข้าใกล้ในการผสมพันธุ์ปูเพศผู้จะจับปูเพศเมียหงายกลับเอาด้านท้องขึ้นและสอดตัวเข้าไประหว่างจับปิ้งของปูเพศเมีย เพื่อสอดอวัยวะสืบพันธุ์ที่อยู่บริเวณโคนขาคู่ที่ 4 ข้างละ 1 คู่ คู่บนมีลักษณะเรียวแหลมและเล็กทำหน้าที่เป็นท่อทางเดินของน้ำเชื้อเพศผู้ ส่วนคู่ล่างหนามที่โคนจะทำหน้าที่ยึดให้หน้าท้องของปูเพศผู้ติดกับปูเพศเมียและมีกลไกสำหรับฉีดน้ำเชื้อผ่านอวัยวะคู่บนเข้าสู่รูเปิดของปูเพศเมีย (Gonopore) ที่บริเวณหน้าอก (ใกล้โคนขาคู่ที่สาม) ใต้จับปิ้งซึ่งมีสองรู เพื่อไปเก็บไว้ในถุงน้ำเชื้อ (Spermatophore) ที่อยู่บริเวณปลายสุดของรูเปิดของปูเพศเมีย ขั้นตอนการผสมพันธุ์นี้จะใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 5) น้ำเชื้อของปูเพศผู้ที่เก็บไว้ในปูเพศเมียสามารถมีชีวิตประมาณ 3-4 เดือน (ชมพูนุช แลคณะ, 2527) ปูเพศเมียเมื่อได้รับน้ำเชื้อเพศผู้แล้วก็จะกลับตัวอยู่ในท่าปกติ ปูเพศผู้ยังคงติดตามปูเพศเมียต่อไปอีกประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้ความคุ้มครองปูเพศเมียจนกว่าปูเพศเมียจะแข็งแรงและสามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ จึงจะลากปูนา เพศเมียออกไปหาอาหารกินตามแหล่งน้ำเพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้แก่ตัวเอง เพื่อเตรียมตัวพร้อมสำหรับเผชิญกับชีวิตในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งอากาศเย็นและมีอาหารจำกัด วิธีที่ ปูนาใช้ในการปรับตัวและได้ผลดีจนกลายเป็นกิจกรรมหนึ่งในวงจรชีวิตของปูนา คือ การลงรูจำศีลในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม ในช่วงนี้ปูจะไม่กินอาหารและไม่เคลื่อนไหวถ้าไม่จำเป็นเพื่อรักษาพลังงานที่มีอยู่จำกัด โดยปูจะออกจากรูมาหากินอีกครั้งหนึ่งเมื่อมีน้ำ ซึ่งเป็นช่วงที่มีอาหารอุดมสมบูรณ์ วัชพืชต่าง ๆงอกงามและจะเริ่มผสมพันธุ์อีกครั้งหนึ่งในช่วงต้นฤดูฝน (ทัศนีย์, 2522)

3.1 การออกไข่ ตัวเมียมีไข่ภายหลังการถ่ายสเปิร์ม 40-294 วัน และผลิตไข่จำนวนมากจากรังไข่ผ่านทางท่อนำไข่ ซึ่งเป็นท่อสั้นๆออกมานอกตัวแม่ทางช่องเปิด ในปูนา *Sayamia bangkokensis* ตัวเมียที่พบว่ามีไข่มีขนาดกว้างกระดองอยู่ระหว่าง 28-57 มิลลิเมตร ขณะที่ไข่ผ่านออกมานี้จะมีการปฏิสนธิกับสเปิร์มจากถุงเก็บสเปิร์มซึ่งอยู่ใกล้กัน ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะอยู่ที่แผ่นท้องของตัวแม่เป็นกลุ่มโดยเกาะติดรยางค์ที่คล้ายรยางค์สำหรับว่ายน้ำของกุ้งอยู่ตรงช่องว่างระหว่างช่องอกกับแผ่นท้อง (ภาพที่ 5) (ชมพูนุช และคณะ, 2527) ไข่มีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีเหลืองอาหารของตัวอ่อนอยู่ในรูปของไข่แดง ไม่มีระยะตัวอ่อนเป็นพัฒนาการโดยตรง คือ เริ่มฟักเป็นลูกปูสีนวลเล็ก ๆซึ่งเพิ่มขนาดขึ้นโดยการลอกคราบหลายต่อหลายครั้งพร้อมทั้งมีสีเข้มขึ้นจากสีนวลเป็นที่น้ำตาลอ่อนและสีเข้มขึ้นตามลำดับครั้ง (สมพงษ์ และคณะ, 2544)

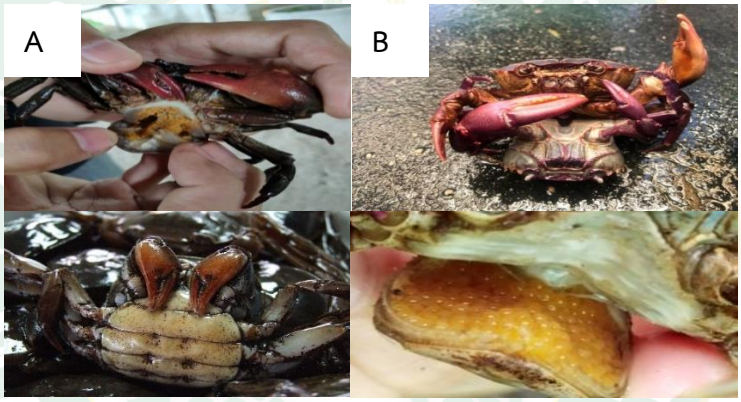
3.1.1 การพัฒนาของไข่และตัวอ่อน (ภาพที่ 6)

เมื่อได้รับการผสมจากปูเพศผู้แล้ว ไข่จะเริ่มพัฒนาอยู่ภายในช่องว่างอยู่ที่แผ่นท้อง (Abdomen) ของปูเพศเมีย การพัฒนาของไข่แบ่งได้เป็น 4 ระยะ (บรรจง, 2546; สมพงษ์ และคณะ, 2544) ดังนี้

ระยะที่ 1 รังไข่ยังไม่พัฒนา มีลักษณะเป็นเส้นยาวแบน 2 เส้นแซกอยู่ระหว่างช่องว่างภายในลำตัว ตามขอบกระดองด้านหน้าบน

ระยะที่ 2 รังไข่ขยายใหญ่ คลุมช่องว่างภายในลำตัวประมาณร้อยละ 10-20 ไข่เริ่มมีสีครีม หรือเหลืองอ่อน

ระยะที่ 3 รังไข่เริ่มขยายตัว ขดไปตามช่องว่างภายในลำตัวคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 20-70 ไข่มีสีเหลืองอ่อน

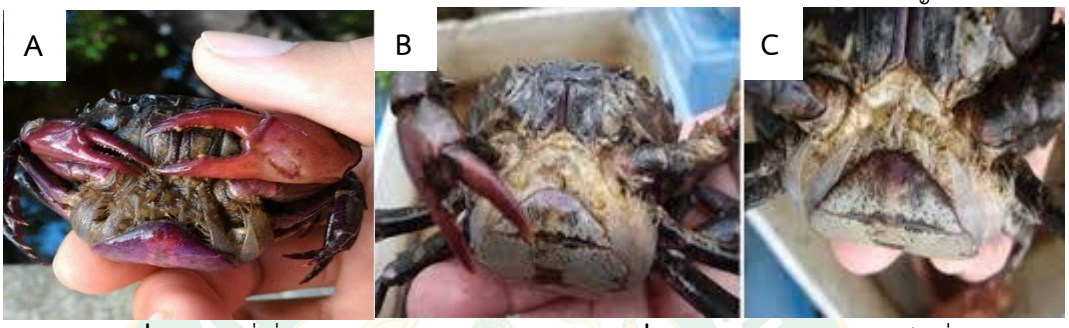


ภาพที่ 5 การผสมพันธุ์ของปูนา (A) การออกไข่เพศเมียมีไข่ภายหลังการผสมพันธุ์ (B)

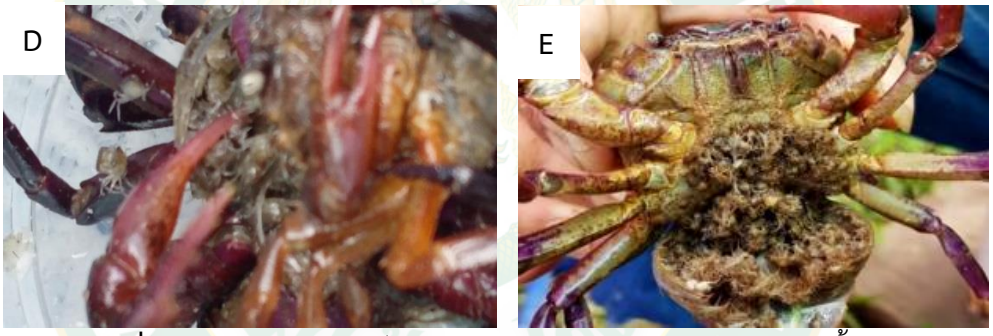
ระยะที่ 4 รังไข่พัฒนาสมบูรณ์เต็มที่ แผ่เต็มช่องว่างภายในลำตัว ผิวมันวาว แยกเป็นเม็ดมีสีเหลืองแก่ หรือส้ม ไข่เมื่อพัฒนาสมบูรณ์เต็มที่ เมื่อแยกเป็นเม็ดแล้วจะถูกส่งออกไปตามท่อนำไข่เพื่อผสมกับน้ำเชื้อเพศผู้ ที่จะถูกขับออกมาจากถุงเก็บน้ำเชื้อ ไข่ที่ผสมแล้วจะถูกขับออกมาทางรูเปิดที่หน้าอก รยางค์ที่ 2-5 จะผลิตสารเหนียวออกมายึดไข่ติดไว้กับขนของรยางค์ทั้งสี่คู่ที่มีลักษณะเป็นแผงคล้ายขนนก ที่จับปิ้งหน้าท้อง ปูแต่ละแม่จะมีไข่ประมาณ 26-1,067 ฟอง (สมพงษ์ และคณะ, 2544) ขึ้นอยู่กับขนาดปู (ตารางที่ 3) แม่ปูขนาดกระดองกว้างประมาณ 30-50 มิลลิเมตร จะมีไข่โดยเฉลี่ยประมาณ 700 ฟอง (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2548) ประมาณ 10-12 วัน ไข่ที่ผสมแล้วที่ติดกับจับปิ้งในบริเวณหน้าอกก็จะฟักเป็นลูกปูขนาดเล็ก (ภาพที่ 5) แต่ลูกปูเหล่านี้คงเกาะอาศัยอยู่กับจับปิ้งอยู่ โดยแม่ปูจะใช้รยางค์ที่บริเวณหน้าท้องโบกพัดกระแสน้ำมีอาหารและออกซิเจนมา เลี้ยงตัวอ่อน ประมาณ 20-23 วัน ลูกปูก็จะลอกคราบเป็นลูกปู

วัยอ่อนที่มีลักษณะครบถ้วนเหมือนพ่อและแม่เมื่อแม่ปูเห็นว่าลูกปูแข็งแรงพอที่จะดำรงชีวิตด้วยตัวเอง แล้วแม่ปูจะใช้ก้ามเขี่ยลูกปูให้หลุดออกจากจับปิ้งแต่ถ้าสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะ เช่นไม่มีน้ำ หรือแล้งเกินไป การพัฒนาของลูกปูในช่วงนี้อาจจะช้า บางครั้งอาจจะยืดเวลาอีก 1- 2 เดือน (ทัศนีย์, 2522)

ระยะที่ 1 รังไข่ยังไม่พัฒนา (A) **ระยะที่ 2** รังไข่ขยายใหญ่ (B)



ระยะที่ 3 รังไข่ที่เริ่มขยายตัว (C) **ระยะที่4** รังไข่พัฒนาสมบูรณ์เต็มที่ (D)



ระยะที่ 5 ไข่ได้มีการพัฒนาเป็นตัว มีรยางค์ครบ แต่ยังคงอยู่ภายในจับปิ้ง (E)

ภาพที่ 6 การพัฒนาไข่ปูนา

ตารางที่ 3 ความดกของไข่ปูนาชนิดต่าง ๆ

ชนิด	จำนวนปู (ตัว)	จำนวนไข่เฉลี่ย (ฟอง)	จำนวนไข่ช่วง (ฟอง)	อ้างอิง
Sayamia germaini	250	632.9	24-1,441	ชมพูนุช แลคณะ (2527)
	-	700	-	โฆษิต และคณะ (2542)
Sayamia sexpunctata	459	481	21-1,018	ชมพูนุช แลคณะ (2527)
Esanthelphusa dugasti	776	282.1	13-961	ชมพูนุช แลคณะ (2527)
	137	-	26-1,067	สมพงษ์ และคณะ (2544)
	-	700	-	โฆษิต และคณะ (2542)
Sayamia bangkokensis	100	879.3	58-2,452	ธนบดี และจงกล (2562)

การอนุบาลและการเลี้ยง

เมื่อลูกปูนาโตเต็มที่แล้ว (อายุประมาณ 25-27 วัน) แม่ปูจะปล่อยลูกปูให้ออกหากินเอง ซึ่งมักจะเป็นช่วงเวลาที่อาหารและสภาพแวดล้อมเหมาะแก่การเจริญเติบโต ถ้าหากสภาพแวดล้อมยังไม่เหมาะสมแม่ปูก็สามารถเก็บลูกปูไว้ใต้แผ่นท้องได้นาน 15-45 วัน (ชมพูนุช แลคณะ, 2527) สำหรับการอนุบาลในช่วง 15 วันแรก สมพงษ์ และคณะ (2544) เสนอแนะว่าสามารถใช้สาหร่ายสีเขียวหรือสาหร่ายหางกระรอกเสริมเป็นอาหารเพื่อลดต้นทุนและช่วยรักษาคุณภาพน้ำได้ และในการอนุบาลปูนา พบว่า ระดับโปรตีนที่ดีอยู่ที่ระดับ 20-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับโปรตีนที่เหมาะสมอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) และสัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมเท่ากับ 2:5:1:0 ส่วน (วีระพงษ์, 2550) พบว่า สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูนาเท่ากับ 3:0:1:0

ในส่วนของอัตราความหนาแน่นในการอนุบาลลูกปูนา อนุบาลลูกปูนาด้วยอาหารเม็ด ที่ความหนาแน่น 25-100 ตัวต่อ 0.13 ตารางเมตร พบว่า ปูนามีอัตรารอดตายสูงสุดที่ความหนาแน่น 50 ตัวต่อ 0.13 ตารางเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดที่ความหนาแน่น 75 ตัวต่อ 0.13 ตารางเมตร (สมพงษ์และคณะ, 2542; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562)

การกินอาหารของปูนา

การกินอาหารของปูนาโดยใช้รยางค์คู่แรก เรียกว่าก้ามปู (Cheliped) ใช้หนีบจับอาหารเข้าปาก และใช้แมกซีลิแปด (Maxilliped) เป็นระยางค์ช่วยในการกินอาหารที่อยู่เหนือส่วนปากอีก 3 คู่ทำหน้าที่ช่วยส่งอาหารเข้าปาก และจับอาหาร และมีรยางค์แมกซิลา (Maxillae) ที่อยู่รอบปากอีก 2 คู่ช่วยผลักอาหารเข้าปาก ด้านในสุดเป็นแมนดิเบิล (Mandibles) 1 คู่เป็นรยางค์ปากทำหน้าที่กัดอาหารให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนเข้าสู่ทางเดินอาหาร ในธรรมชาติปูกินอาหารพวกซากพืชและซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย สัตว์น้ำที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ ไรน้ำ ลูกน้ำ ลูกปลา ลูกกุ้งฝอย ลูกหอย รวมถึงตัวอ่อนของแมลงระยะที่เจริญอยู่ในน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบว่าปูนาเป็นสัตว์ที่กินพวกเดียวกัน (Cannibalism) โดยปูนาที่ขนาดใหญ่ก็จะกินปูที่มีขนาดเล็ก หรือขณะที่ปูกำลังลอกคราบ หรือมีการลอกคราบใหม่ ๆ กระดองยังนิ่มอยู่ และมีการเคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อยไม่สามารถป้องกันตัวเองได้ (สมพงษ์ และคณะ, 2542) โดยปูจะออกจากที่หลบซ่อน หลังจากดวงอาทิตย์ตกไปแล้วประมาณ 1 ชั่งโมง และเข้าที่หลบซ่อนก่อนพระอาทิตย์ขึ้นประมาณ 30 นาที ดังนั้น แสงและอาหารจึงมีอิทธิพลต่อการปรากฏตัวของปู ปูสามารถรู้ทิศทางของอาหารได้โดยการใช้ตา และอาศัยแรงกระตุ้นทางเคมี พบว่าแรงกระตุ้นทางเคมีนั้นมาจากน้ำและจากการพัดโบกของ Maxilliped ซึ่ง Antennules ทำหน้าที่เป็นตัวรับความรู้สึกของปู (อดิเทพพรชัย, 2551)

อาหารและระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

การเพาะเลี้ยงปูนานอกจากต้องการสายพันธุ์ที่ดี พ่อแม่พันธุ์ที่ดี และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญอย่างมากในการเพาะเลี้ยงปูให้ประสบผลสำเร็จและยั่งยืน คือ อาหารที่ใช้อนุบาลและเลี้ยงปูนา เนื่องจากอาหารมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด และการสืบพันธุ์ของปูนา (Cannicci, 1996; Cuzon andGuillaume, 1997) ความต้องการโปรตีนมีผลมาจากปัจจัยหลายประการ ทั้ง อายุ ขนาด อุณหภูมิ และความสามารถในการย่อยอาหาร Guillaume (1997) ได้สรุปปริมาณและความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำประเภทกุ้งและครัสเตเซียนอื่น ๆ อยู่ในช่วง 20-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังไม่มีการรายงานการศึกษาในปู ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอาหารและความต้องการสารอาหารของปูนามีอยู่จำกัด อย่างไรก็ตาม พบว่ายังมีการศึกษาและรายงานในสัตว์กลุ่มเดียวกัน เช่น ปูม้า ปูทะเล และกุ้งก้ามกราม เป็นต้น โดยมีรายงานดังนี้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความต้องการโปรตีนและแหล่งโปรตีนของปู และกุ้ง

ชนิด	ขนาดสัตว์น้ำ (กรัม)	แหล่งโปรตีน	ความต้องการโปรตีน (%)	แหล่งข้อมูล
กุ้งก้ามกราม	0.2	ไข่ไก่และนม	25	Adisukresno et al. (1982)
	-	ไข่ไก่และนม	-	AQUACOP (1990)
	6	ปลาป่น	25	Perry and Tarver (1984)
	10	ปลาป่น	35	Boonyaratpalin and New (1982)
กุ้งกุลาดำ	5	เคซีนและปลาป่น	46	Lee (1971)
	10	ปลาป่น	40	Alava and Lim (1983)
กุ้งขาวแวนนาไม	5	ปลาป่น	32	Kureshy and Davis (2002)
ปูทะเล	10	ปลาป่น	32-40	Catacutan (2002)
	1.3	กุ้งป่น	39-42	Mu et al. (1998)
ปูนา	8	ปลาป่น	30-35	วารินทร์ (2547)
	0.6	ปลาป่น	35	สุภัทตรา (2548)
	0.4	ปลาป่น	37.12	สุภัทตรา (2550)
	0.6	ปลาป่น	35	สมพงษ์ และคณะ (2553)
	0.8	ไข่ไก่และนม	48	สมพงษ์ และคณะ (2544)
	0.8	ปลาป่น	37	ธนบดี และจงกล (2562)

วงชีวิตของปูนา

เริ่มจากการฟักออกจากไข่ โดยใช้เวลาพัฒนาจากไข่เป็นตัวอ่อน ประมาณ 3-5 สัปดาห์ และอาศัยในจับปิ้งของตัวแม่สักระยะหนึ่ง จึงลอกคราบ และแข็งแรงดีจึงหลุดออกจากแม่หรือถูกแม่เขี่ยออกมา ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 23-24 วัน แล้วใช้เวลาพัฒนาตัวอ่อนเป็นปูตัวเต็มวัย ประมาณ 55 วัน ซึ่งอาจมีการลอกคราบถึง 13-15 ครั้ง จากนั้นปูตัวเต็มที่พร้อมจะผสมพันธุ์ได้และแต่ละครั้งตัวเมียจะมีไข่เฉลี่ยประมาณ 2,000 ฟอง และปูจะมีช่วงอายุได้เฉลี่ยประมาณ 8 เดือน

ภาพที่ 7 วงชีวิตของปูนาจากระยะไข่ถึงตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 3-8 เดือน
ที่มา: ดัดแปลงจาก นิภาศักดิ์ (2557)

การจับปูนาเพื่อการบริโภค

การจับปูนาสำหรับนำมาบริโภคนั้นมีหลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมก็คือใช้ลอบหรือเครื่องมือจับปลาชนิดใดชนิดหนึ่งดักในที่ ๆ น้ำไหล หรือใช้วิธีขุดดินฝังปีบ หรือไห หรือภาชนะที่มีผิวเรียบภายใน ที่มีความลึกประมาณ 30 ซม. ข้างคันนาที่เป็นโคลนตม ให้ขอบภาชนะอยู่ระดับเดียวกับดิน จากนั้นใช้ปลาร้า กะปิ หรือปลากำลังเน่า ที่มีกลิ่นแรง ๆ เป็นเหยื่อล่อ ปูเมื่อได้กลิ่นอาหารก็เดินหาและตกลงไปในไห ขึ้นมาไม่ได้ วิธีนี้สามารถจับปูได้ครั้งละมาก ๆ การใช้แร้วดักจากรู ก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง นิยมใช้เหมือนกัน เพราะเป็นวิธีที่สามารถจับปูได้เป็น ๆ โดยปูไม่ช้ำ

ใช้สารเคมีจับปูนาเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ต้องขออนุญาตบอกนักจับปูนาอาชีพ หรือสมัครเล่นก็ตามไว้ ณ ที่นี้ด้วยว่า การจับปูนาเพื่อนำไปขายเพื่อการบริโภคนั้นไม่ควรใช้สารเคมีผสมน้ำไปยอดลงไป ในรูเป็นอันขาด นอกจากเป็น

การทำลายระบบนิเวศน์ที่ปูอยู่อาศัยแล้วอย่างถอนรากถอนโคนแล้ว ปูที่จับได้ยังมีสารพิษปนเปื้อนในตัวปูด้วย ทำให้ผู้บริโภคปูมีโอกาสเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ถ้าสารเคมีที่ใช้เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์รุนแรงและมีปริมาณมาก แต่ถ้าเป็นสารพิษที่ไม่มีรุนแรงหรือรุนแรงแต่ปริมาณที่ได้รับน้อย ก็อาจจะมีโอกาสตกค้างและสะสมในร่างกาย ทำให้เกิดระบบการตายผ่อนส่งได้เหมือนกัน จึงไม่ควรใช้สารเคมีจับปูนาเพื่อการบริโภคเป็นอันขาด

การบริโภคปูนาต้องระวัง

เป็นสัจธรรมอย่างหนึ่ง อะไรก็ตามที่มีคุณก็ย่อมมีโทษมหันต์ ปูนาก็เช่นเดียวกันคงหนีไม่พ้น นอกจากเป็นศัตรูที่คอยกัดกินต้นข้าวสร้างความเสียหายให้แก่ชาวนาในบางโอกาสแล้ว ปูนาบางตัวยังเป็นพาหะของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ปอด พยาธิตัวนี้ตัวเต็มวัยจะอาศัยอยู่ในปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เช่น แมว หนู สุนัข และคน การนำปูนามาบริโภคก็รู้จักวิธีปรุง และทำด้วยความระมัดระวัง เพราะปูนาบางตัวที่เราบริโภคอาจจะมีตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ปอด ชนิดพาราโกนิมัส ไซเนนซิส (*Paragonimus sianensis*) ปนเปื้อนอยู่ ที่ผู้บริโภคปูนั้นอาจเป็นโรคพยาธิใบไม้ปอดได้ ดังนั้นเมื่อต้องการบริโภคปูนา ควรบริโภคในสภาพที่สุก ด้วยความร้อน หรือดองเค็ม เพื่อความปลอดภัย

การเพิ่มมูลค่าให้กับปูนา (ธนบดี และจงกล, 2562; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2563)

การทำปูนาให้เป็นปูนิ่ม เพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์

ปูนาสามารถนำมาผลิตเป็นปูนิ่มได้เช่นเดียวกับปูทะเลและปูม้า ปูนานิ่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ และสามารถเพิ่มคุณค่าปูนาให้สูงขึ้น ปกติปูนาจะซื้อ-ขายกันกิโลกรัมละ 40 บาท แต่ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ปูนิ่ม ราคาก็จะสูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 100-200 บาท เป็นต้น ปูนานิ่มมีข้อดีที่ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะอาด สามารถบริโภคได้ทั้งตัว มีปริมาณแคลเซียมและไคตินต่อน้ำหนัก 1 กรัมสูง เมื่อเปรียบเทียบกับปูนาทั้งตัวที่ยังไม่ลอกคราบ เหมาะสำหรับสตรี หรือผู้สูงอายุที่ต้องการแคลเซียม ไคติน และไคโตซานไปช่วยเสริมกระดูก สะดวกต่อการนำไปปรุงอาหาร ซึ่งเป็นที่นิยมมากได้แก่นำไปชุบแป้งทอดกรอบ รับประทานทั้งตัว

ปูนามีรสชาติดี มีเอกลักษณ์ กลมกลืนกับวิถีการกินของคนอีสานและคนเหนือได้อย่างแนบแน่นปูนาจึงจัดได้ว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูก ที่คนอีสานสามารถจับหรือแสวงหาจากธรรมชาติ ไม่ต้องซื้อหา ปูนาสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด นอกจากนำไปเผา ต้ม นึ่ง ทอด แกงส้ม แกงป่า อ่อมปูนา ยำ และอุกะปู อาหารพื้นบ้านของอีสาน ก็ยังสามารถนำไปประกอบได้อีกหลายชนิด เช่น นำตำให้ละเอียดใส่แป้งและไข่ทอดเป็นแผ่นแบบทอดมัน จิ้มกับน้ำจิ้ม ถ้าเป็นปูขนาดเล็กก็ชุบแป้งทอดทั้งตัว จังหวัดนครพนมนำไปปรุงเป็นลาบปู ผัดปู ส่วนจังหวัดอุดรธานี นำไป

ทำน้ำยาปูกินกับขนมจีน ปูนายังนำไปดองเค็ม เพื่อนำไปปรุงเป็นส่วนประกอบของส้มตำ ที่เป็นอาหารหลักของคนอีสานและคนในภาคอื่นด้วย

ปูนาอาหารของเมืองขอนแก่น

ตำหรับของศูนย์บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรชุมชน ตำบลบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น นั้น มีตำหรับในการปรุง หรือมีวิธีการทำอุกะปู ที่มีรสชาติ อร่อย การทำอุกะปูนั้นที่ขาดไม่ได้ คือ ต้องใช้ปูนาสด (ประมาณ 20-30 ตัว) แกะเปลือก นำปูและกระดองที่ล้างสะอาดแล้ว มาโขลกให้ละเอียด เติมน้ำเล็กน้อย แล้วกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำใสในหม้อ คนเรื่อย ๆ พอเดือด ใส่น้ำพริกที่เตรียมไว้ (พริก หอมแดง และข่าที่โขลกละเอียด) ลงไปผสม ใส่ผักชีหั่นฝอย ต้นหอมหั่นเป็นท่อน ใบชะพลูอ่อนหั่นฝอย ใบแมงลัก พริกขี้หนูสดทุบพอแตก คนให้เข้ากัน ปรุงรสด้วยน้ำปลาร้า เกลือป่น และน้ำปลาดี รับประทานในขณะที่ร้อน ๆ

น้ำปู ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของคนภาคเหนือ

คนเหนือก็รู้จักปูนาและนิยมนำปูนามาปรุงอาหารได้อร่อยไม่แพ้คนอีสาน ผลิตภัณฑ์เด่นของคนเหนือได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่ชื่อ "น้ำปู" น้ำปูเป็นผลิตภัณฑ์มีชื่อที่จัดอยู่ในระดับหนึ่งผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลในกลุ่ม สินค้า OTOP ของภาคเหนือ เนื่องจากปูที่ชาวนาในภาคเหนือนิยมจับมาทำน้ำปูนั้นเป็นปูที่เข้ามาหากินในนาข้าวช่วงที่ข้าวกำลังแตกกอ ปูที่จับได้ในช่วงนี้จึงมีความสมบูรณ์เต็มที่ ปูเพศผู้มีมันเต็มอก ปูเพศเมียมีไข่อ่อนเต็มท้อง ผลิตภัณฑ์น้ำปูของคนเหนือจึงมีคุณภาพทางโภชนาสูง รสชาติดี วิธีการผลิตก็ไม่ยุ่งยาก เป็นภูมิปัญญาพื้นบ้าน ที่ได้สืบทอดส่งต่อกันมาจากบรรพบุรุษเป็นทอด ๆ

เริ่มจากนำปูสดมาตำให้ละเอียด แล้วกรอง นำมันปูและน้ำที่กรองได้ไปปรุงด้วยเครื่องปรุง เพื่อช่วยชูรสชาติ จากนั้นนำไปต้ม เคี่ยวจนน้ำงวดแห้ง เหลือแต่มันปูสีดำ ข้นและเหนียว คน เหมาะสำหรับนำไปใช้ปรุงแต่งหรือใช้เพื่อเพิ่มรสชาติของอาหารพื้นเมืองหลาย ชนิดเช่น ยำหน่อไม้ น้ำพริกปู แกงหน่อไม้ หรือผสมเป็นน้ำจิ้มกับผักเปรี้ยวได้ในลักษณะเดียวกันกับปลาร้าในภาคตะวันออก หรือกะปิของคนในภาคกลาง

ก้ามปูนาอินทร์บุรี

ที่อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี มีการนำก้ามปูนาเพศผู้ที่มีขนาดใหญ่ เนื้อแน่นมาแกะเปลือกออกให้เหลือเฉพาะเนื้อ เพื่อสะดวกในการรับประทาน ก้ามปูนาแกะเนื้อซื้อขายในราคากิโลกรัมละ 80-100 บาท สำหรับก้ามปูสดที่ยังไม่แกะเปลือกจะขายในราคากิโลกรัมละ 20-25 บาท

ปูนาอาหารโปรตีนของคนกรุงเทพ ฯ

ในตลาดกรุงเทพฯ หรือ เมืองใหญ่ ๆ หลายแห่งจะพบปูนาใส่ถุงวางขาย ถุงละ 4-5 ตัว เพื่อนำไปประกอบอาหารต่าง ๆ เช่น น้ำพริก หรือหลน จิ้มกับผักสด แกงเผ็ดปูนา อาหารจานเด็ดของคนใต้ คนใต้ก็นิยมกินปูนา โดยนำไปทำแกงเผ็ดปูนา ถือว่าเป็นอาหารจานเด็ดของคนใต้รองลงมาจากแก่เหลือง และแกงไตปลา วิธีทำ คือหลังจากล้างปูนาสะอาดแล้ว เด็ดก้ามออก แล้วก็ตำให้ละเอียด ปรุงด้วยเครื่องแกงเผ็ด นำปูที่ตำละเอียดพร้อมกับก้ามใส่ลงไป เพื่อให้มีรสเข้มข้น เติมกะทิเล็กน้อย ปรุงรสตามชอบ ที่จังหวัดนครศรีธรรมชาติ นิยมใส่ยอดมะม่วงอ่อนลงไปด้วย เพื่อเพิ่มรสชาติ เปรี้ยว และมันอีกด้วย

อนุกรมวิธานของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)

สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) มีลักษณะขดเป็นเกลียว เคลื่อนไหวได้แบบควงสว่านและเป็นคลื่น สาหร่ายชนิดนี้มีโปรตีนสูง เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จำแนกตามหมวดหมู่ตามหลักอนุกรมวิธานดังนี้ (ดวงมณี, 2544)

Kingdom: Monera

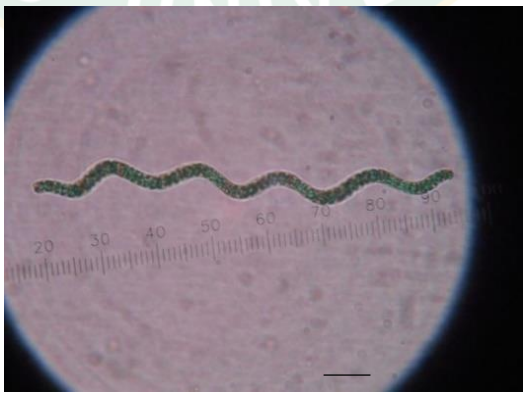
Division: Cyanophyta (Myxophyta)

Class: Cyanophyceae

Family: Oscillatoriaceae

Genus: *Spirulina (Arthrospira)*

Species: *Spirulina (Arthrospira) platensis*



ภาพที่ 8 สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (scale bar 30 μm)
ที่มา: จงกล (2548)

สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) *Spirulina (Arthrospira) platensis* หรือที่รู้จักกันในชื่อว่า สาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีโปรตีน 64-72 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีกรดอะมิโน วิตามิน เกลือแร่ต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อความต้องการของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมนุษยชาติได้ใช้เป็นอาหารมาอย่างปลอดภัยนับพันปีมาแล้ว และได้มีการทดลองในหลายประเทศในการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายชนิดนี้ทั้งในการแพทย์ การเกษตรอุตสาหกรรม ตลอดจนใช้เป็นประจำวันหรือใช้ผสมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ (จงกล, 2552)

ลักษณะทางชีววิทยาของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)

สาหร่ายสไปรูลิน่า หรือสาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายที่จัดอยู่ในพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ลักษณะโดยทั่วไปเป็นสาหร่ายหลายเซลล์มีหลายเซลล์เรียงตัวกันเป็นเส้นสาย บิดเป็นเกลียว ไม่มีกิ่งก้าน ไม่แตกแขนง เจริญเติบโตได้ดีในน้ำกร่อย เป็นแหล่งสารอาหารที่มีประโยชน์มาก (จันทร์เพ็ญ, 2560) และเป็นเส้นสายประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอกเรียงต่อกันไม่แตกแขนง เรียกเส้นสายนี้ว่า Trichrome เส้นสายของสาหร่ายจะบิดเป็นเกลียว ลักษณะการบิดจะแตกต่างกันไปตามชนิด (Species) แม้แต่สาหร่ายชนิดเดียวกันเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมต่างกัน ขนาดรูปร่างและลักษณะเกลียวจะแตกต่างกันไปลักษณะที่บิดเป็นเกลียวบางครั้งก็กลายเป็นเส้นตรงภายใต้สภาวะบางอย่างเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์มีขนาด 1-3 µm ในชนิดที่มีขนาดเล็ก และ 3-12 µm ในชนิดที่มีขนาดใหญ่ เช่น อาร์โธรสไปร่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ 6-8 µm เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว (Helix) ตั้งแต่ 35-50 µm ระยะห่างระหว่างเกลียว (Pitch) 60 µm ความยาวของเส้นสาย 300-500 µm ลักษณะที่บิดเกลียวเท่านั้นที่ทำให้ อาร์โธรสไปร่าแตกต่างไปจากสาหร่ายขนแมว (*Oscillatoria* sp.) สาหร่ายทั้ง 2 ชนิด เป็นพวกไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Prokaryotes) กรดนิวคลิอิคกระจายอยู่ทั่วไปในเซลล์ไม่มีพลาสติกหรือ โครมาโตเฟอร์ ทำให้รงควัตถุกระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม ผนังเซลล์เป็นผนังหลายชั้นประกอบด้วยสาร Mucoprotein และสารประกอบ Pectin ผนังชั้นนอกเป็นสารโพลีแซดคาไรด์ (polysaccharides) ไม่พบสารประกอบพวกเซลลูโลส (Prescott, 1964; Venkataraman and Becker, 1985; กาญจนภาชน์, 2529; ลัดดา, 2542)

สามารถพบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม และแม้กระทั้งน้ำเสียก็สามารถอยู่ได้ โดยเฉพาะในเขตร้อนบริเวณที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) อยู่ระหว่างละติจูดที่ 35° เหนือและใต้ที่ซึ่งมีแสงแดดจ้า และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มากนัก มักพบอยู่ร่วมกับสาหร่ายขนแมว (*Oscillatoria* sp.) โดยจะเจริญอย่างหนาแน่นในน้ำที่มีดความเป็นด่าง (Alkalinity) สูง ได้แก่ ทะเลสาบ หลายแห่งในทวีปแอฟริกาที่พบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) เช่น ในทะเลสาบชาด (Chad lake) มีผู้หญิงชนพื้นเมืองได้เก็บเกี่ยว สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากทะเลสาบชาด สหประชาชาติได้ประเมินการผลิตปีละไม่น้อยกว่า

250 ตันแห้งต่อปี ส่งขายในตลาดท้องถิ่น ทุกปีการขายปรับตัวดีขึ้นการเก็บเกี่ยว และการอบแห้ง มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในประเทศเม็กซิโก มีสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) เจริญเติบโตตามธรรมชาติ เช่น ในทะเลสาบ Texcoco ใกล้เมืองเม็กซิโกซิตี้ มีการเก็บเกี่ยวโดยใช้ระบบที่ดีในเชิงพาณิชย์แห่งแรก ของเม็กซิโก และส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 และในประเทศพม่า เริ่มธุรกิจ สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ เมื่อปี ค.ศ. 1988 ในหลายทะเลสาบ ที่เกิดจากภูเขาไฟ ที่มีความเป็นด่างสูง ทำให้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากธรรมชาติเจริญเติบโตได้ดี ได้ผลผลิต ประมาณ 150 ตันแห้ง ต่อระยะเวลา 60 วัน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายนของทุกปี มีผลิตภัณฑ์ สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จำหน่ายในประเทศ (Robert, 2001)

สำหรับประเทศไทยพบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) มีการแพร่กระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่น ๆ (Faucher et al., 1979; Nakamura, 1982; Prescott, 1964) การแพร่กระจายของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในภาคเหนือตอนบน เช่น ในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ พบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในจำนงค์ฟาร์ม เป็นฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล และปลาทับทิม ในพื้นที่ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และพบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) (Aspi.FT1) ในบ่อเลี้ยงปลานิล เป็น Dominant species (จงกล, 2552)

ผู้เขียนได้สำรวจพบสาหร่ายสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในสมหมายฟาร์ม เป็นฟาร์มเลี้ยงปลาดุก ในเขตอำเภอ สันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และพบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สายพันธุ์ (Aspi.FT1) ในบ่อเลี้ยง ปลาดุก เป็น Dominant species สามารถเก็บผลผลิตสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ได้ผลผลิตสาหร่ายสด 5-10 กรัมต่อลิตร (จงกล และชนกันต์, 2558) และพบสาหร่ายสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เป็นฟาร์มเพาะเลี้ยงปลานิล พบสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) (ASpi.MJU2) ในบ่อเลี้ยงปลานิล ดังกล่าวเป็นลักษณะ Dominant species นำสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) จากจำนงค์ฟาร์ม สมหมายฟาร์ม และฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Zarrouk's medium ในห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้นในการเพาะเลี้ยง (จงกล และชนกันต์, 2558)

คุณค่าทางโภชนาของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)

คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แตกต่างกันไปตามสิ่งแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญอยู่ เช่น อุณหภูมิ pH และสารอาหาร เป็นต้น (Venkataraman, 1983) ในปัจจุบันมีความสนใจในการใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ซึ่งจัดเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ที่มีองค์ประกอบโปรตีน 60-70% ของน้ำหนักแห้ง และมีกรดไขมันจำเป็นที่ไม่อิ่มตัว เช่น Gamma-linoleic acid (GLA) มีอยู่ถึง 35% ของไขมันทั้งหมด ที่ทำให้มีเจริญเติบโตดี ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายครบทั้ง 10 ชนิด และมีรงควัตถุที่มีประโยชน์อีกหลายชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สามารถช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันสัตว์น้ำได้อีกด้วย (แก้วตาและคณะ, 2559)

รงควัตถุ (Pigment) สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน (Phycobilin) ที่สำคัญคือ แคโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วยแซนโธฟิลล์ (Xanthophyll) และคาโรทีน (Carotene) (กาญจนภาชน์, 2529) เนื่องจากเป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม แดง ในผิวหนังและเนื้อปลาและปลาไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ขึ้นมาได้ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Bauemnfeind, 1981; Choubert, 1979)

โปรตีน สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แห้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ระหว่าง 55-72 เปอร์เซ็นต์ (Hill, 1980; Nakamura, 1982; Venkataraman, 1983) สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ประกอบด้วย กรดอะมิโนหลายชนิด ปริมาณต่อ 100 กรัม โปรตีน มีดังนี้ ไอโซลิวซีน (Isoleucine) 4.13 กรัม ลิวซีน (Leucine) 5.80 กรัม ไลซีน (Lysine) 4.00 กรัม เมทไธโอนีน (Methionine) 2.17 กรัม พีนิลอะลานีน (Phenylalanine) 3.95 กรัม ธรีโอนีน (Threonine) 4.17 กรัม ทริบโตเฟน (Tryptophan 1.13 กรัม วาลีน (Valine) 6.00 กรัม อาจีนีน (Arginine) 5.98 กรัม และฮีสติดีน (Histidine) 1.08 กรัม (บานชื่น, 2532 อ้างถึง Hill, 1980) เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลง ไปตามสิ่งแวดล้อมที่สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) เจริญขึ้นมา ดังเช่น เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนที่มีกำมะถัน เป็นองค์ประกอบ (Sulphur amino acid) ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณไนโตรเจนใน อาหาร (Nakamura, 1982)

ไขมัน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันระหว่าง 2-7.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และไขมันในสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนลิอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันนิดที่จำเป็นต่อปลา (Nakamura, 1982: Venkalaraman, 1983)

วิตามินและเกลือแร่ สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แห้งประกอบด้วยวิตามิน 10 ชนิด ปริมาณต่อกิโลกรัมสาหร่ายแห้งมีดังนี้ คือ ไบโอติน (Biotin) 0.4 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 มิลลิกรัม แคลเซียมแพนโทธิเนต (Ca-pantothenate) 11 มิลลิกรัม กรดโฟลิค (Folic acid) 0.5 มิลลิกรัม, อินโนซิทอล (Inositol) 350 มิลลิกรัม กรดนิโคทินิค (Nicotinic acid) 118 มิลลิกรัม ไพริด็อกซิน (Pyridoxine) 3 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) 40 มิลลิกรัม ไธอะมีน (Thiamine) 55 มิลลิกรัม และวิตามินอี 190 มิลลิกรัม และประกอบด้วยเกลือแร่หลายชนิด ปริมาณต่อกิโลกรัมสาหร่ายแห้งมีดังนี้ คือ แคลเซียม 1,315 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 8,942 มิลลิกรัม เหล็ก 850 มิลลิกรัม โซเดียม 412 มิลลิกรัม คลอโรด์ 4,400 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 1,915 มิลลิกรัม แมงกานีส 25

มิลลิกรัม สังกะสี 39 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 15,400 มิลลิกรัม (Hill, 1980) สาหร่ายอาร์โธรสไปร่าแห้ง ประกอบด้วยวิตามินต่าง ๆ โดยมีปริมาณต่อกิโลกรัมสาหร่ายแห้ง ดังนี้คือ ไธอะนีน 27.8 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 33.4 มิลลิกรัม โคบาลามีน (Cobalamin) 2.4 มิลลิกรัม และไบโอติน 0.06 มิลลิกรัม และประกอบด้วยเกลือแร่ปริมาณต่อ 100 กรัม สาหร่ายแห้ง ดังนี้ คือ แคลเซียม 0.75 กรัม ฟอสฟอรัส 1.42 กรัมโซเดียม 0.45 กรัม แมกนีเซียม 0.90 กรัม เหล็ก 0.12 กรัม และโพแทสเซียม 1.42 กรัม (Venkataraman, 1983)

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ % (โดยน้ำหนักแห้ง)
โปรตีน	43.34±1.37
ไขมัน	2.28±0.40
เยื่อใย	1.89±0.06
เถ้า	3.95±0.26
ความชื้น	28.89±1.32
คาร์โบไฮเดรต	31.48±1.14

ประโยชน์จากสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)

1. ใช้เป็นอาหารมนุษย์

ชนเผ่ามายา (Maya) ใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ทำอาหารพวกเค้ก หรือซุป (Nakamura, 1982) ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่นรับประทานสาหร่ายนี้ในรูปเม็ด หรือผง (นฤมล, 2526) ประเทศอินเดียใช้สาหร่ายเป็นอาหารโปรตีน สำหรับประเทศไทยชาวญี่ปุ่นมาตั้งโรงงานผลิตสาหร่ายในนามบริษัท สยามแอลจี จำกัด ทำการผลิตสาหร่ายผง แล้วส่งไปแปรรูปที่ประเทศญี่ปุ่น (สุมนทิพย์, 2525)

2. ใช้ในทางการแพทย์

สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) เป็นสาหร่ายที่มีสารอาหารครบถ้วนและมีคุณภาพสูง ส่งผลให้สาหร่ายมีประสิทธิภาพเป็นทั้งอาหาร และยาที่ให้ผลในการป้องกัน ควบคุม และรักษาโรคต่างๆได้ เช่น โรคเบาหวาน โรคกระเพาะอาหาร โรคตับ โรคตา โรคริดสีดวงทวาร โรคโลหิตจาง โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง เนื่องจากสาหร่ายมีผนังเซลล์ที่ไม่ใช่เซลลูโลสทำให้ย่อยง่าย จึงเหมาะสมกับผู้ป่วยที่เพิ่งฟื้นไข้และคนชรา การรับประทานสาหร่ายจะสามารถตัดปัญหาเรื่องไขมัน

สะสมซึ่งทำให้อ้วน เพราะว่าสาหร่ายมีคลอเรสเตอรอลน้อย และส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (สุชาติ, 2529)

3. ใช้เป็นอาหารสัตว์

ในการทดลองกับปลา Nakamura (1982) พบว่าสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในรูปแช่แข็งและเป็นผงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลามาก เนื่องจากมีขนาดเล็กและย่อยง่าย พบว่าส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ปลาเจริญถึงระยะเจริญพันธุ์เร็วขึ้น เช่นเดียวกันกับการทดลองของ ปิยะพงศ์ (2527) ซึ่งทดลองผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ลงในอาหารเนื้อปลาสดให้ผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงขาวได้ดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเนื้อปลาสดเพียงอย่างเดียว และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลากะพงขาวดีกว่าการให้เนื้อปลาสดเพียงอย่างเดียวประมาณ 72% และมีอัตราการรอดตายสูงกว่า

ทิพวัลย์ (2556) ศึกษาการใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด ต่อการเจริญเติบโตของลูกอ๊อดกบนา ด้วยการใช้อาหารกุ้งสำเร็จรูปที่ผสมสไปรูลินาสดที่ระดับเปอร์เซ็นต์ต่างกัน พบว่าในระยะเวลา 45 วัน ลูกอ๊อดที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด 5% มีการเจริญเติบโตดีที่สุดดีกว่าลูกอ๊อดกบนาที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด 3% และ 0% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สรุปได้ว่าการอนุบาลลูกอ๊อดกบนาด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปที่ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด 5% ทำให้ลูกอ๊อดกบนามีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีต้นทุน กำไร และผลตอบแทนอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาล

วรรณวิมล (2556) ศึกษาผลของสาหร่ายสไปรูลินาต่อการเจริญเติบโตของลูกอ๊อดกบนาด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาที่ระดับเปอร์เซ็นต์ต่างกัน พบว่าอาหารกุ้งสำเร็จรูปที่ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แห้ง 3 เปอร์เซ็นต์ ดีที่สุด ดีกว่าอาหารกุ้งสำเร็จรูปที่ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด 3 เปอร์เซ็นต์ และอาหารกุ้งสำเร็จรูป ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

วุฒิพร และอัญชลี (2548) ยังได้ทำการศึกษาผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ต่อการเจริญเติบโตและระดับแอนติบอดีในปลาดุกลูกผสม [*Clarias macrocephalus* (Gunther) x *Clarias gariepinus* (Burchell)] โดยใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แห้งผสมในอาหารที่ระดับ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงปลา 8 สัปดาห์ จากผลการศึกษา พบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) มีผลทำให้มีการสร้างแอนติบอดี้ต่อเชื้อ Aeromonas hydrophila และนอกจากนั้นยังพบว่าในการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า

(สไปรูลิน่า) ในอาหารนั้นไม่ส่งผลต่อค่าฮิโมโกลบินรวม แต่ส่งผลให้เม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น และไม่พบความผิดปกติทางเนื้อเยื่อวิทยาของปลา

สุภฎา และคณะ (2548) ได้ศึกษาระดับของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*) โดยใช้อาหารที่ไม่เสริมสาหร่ายอาร์โธรส ไปร่า (สไปรูลิน่า) และเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) แห้ง ที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เลี้ยง 6 สัปดาห์ ซึ่งจากการวัดสีบนตัวปลาด้วยระบบการวัดค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่าความสว่าง พบว่าการเสริม สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในอาหารมีผลทำให้สีของตัวปลาทองมีสีเหลือง และสีแดงเพิ่มขึ้นตามระดับของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า)ที่เพิ่มขึ้น

วันเพ็ญ และกาญจนา (2547) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพปลาทองรันชูโดยใช้รงควัตถุแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ซึ่งใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในอาหารในปริมาณ 0,8,10,12 และ 14เ ปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง พบว่าปลารันชูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาทองรันชูที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสม *S. platensis* โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมในปริมาณ 12 และ 14เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีมากที่สุด

Watanuki et al. (2006) ได้ทดลองเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) กับปลาคาร์ฟ (Cyprinus carpio) โดยวิธีการนำสาหร่ายใส่ไปในท่อที่สอดเข้าสู่ร่างกายที่ระดับ 1, 10 และ 25 มิลลิกรัมต่อตัว ในชุดควบคุมใช้สารละลาย PBS ซึ่งหลังการทดลอง พบว่า สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) มีการตอบสนองการทำงานของ Phagocytic และการผลิต Superoxide anion ใน Phagocytic cell ของไตปลาคาร์ฟ

4. ใช้แก้ไขปัญหามลภาวะเป็นพิษทางน้ำ

Soong (1980) ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) โดยใช้น้ำทิ้งจากการหมักมูลสัตว์ พบว่าการเติม NaCl ลงไปจะช่วยป้องกันการระเหยของ NH_3 จากน้ำได้ดี และการเติม $NaHCO_3$ เล็กน้อยจะทำให้การเจริญของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ในน้ำทิ้งดีกว่าในอาหารสังเคราะห์

อาหารเม็ดสำเร็จรูป

อาหารเป็นปัจจัยหลักของสิ่งมีชีวิต คนและสัตว์ทุกชนิดมีความต้องการอาหารเพื่อการบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยอาหารที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมกับชนิดของสัตว์ จะช่วยให้สัตว์นั้นมีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติได้ดี ปัจจุบันอาหารสัตว์น้ำถือได้ว่ามีการพัฒนาและมีความสำคัญทางด้านธุรกิจเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะอาหารปลาสวยงามจะมีความหลากหลาย มากกว่าอาหารสัตว์น้ำ

ประเภทอื่น เพราะลักษณะการเลี้ยงสัตว์น้ำ สภาพแวดล้อมไม่เหมือนธรรมชาติ โดยเฉพาะในเรื่องของการได้รับแสงแดดค่อนข้างน้อยการขาดดินและขาดอาหารธรรมชาติ ทำให้อาหารจำเป็นต้องมีส่วนประกอบต่าง ๆ ครบถ้วน ตั้งแต่สารอาหาร เกลือแร่ และไวตามิน อีกทั้งยังต้องมีขนาดที่เหมาะสมที่ปลาจะกินได้ ไม่จมตัวง่าย ไม่ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงเร็ว รวมทั้งสัตว์น้ำสามารถย่อยและใช้ประโยชน์จากอาหารชนิดนั้นได้ดีนอกจากนั้นสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงยังมีความหลากหลาย ทั้งในเรื่องของนิสัยการกินอาหาร และขนาด ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำนั้น ๆ

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้อาหารสำเร็จรูป (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

ในปัจจุบันนี้ อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด เกร็ด และผง เข้ามามีบทบาทต่อกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมากแต่ “อาหารสำเร็จรูป” ก็นับว่าเป็นของใหม่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งทางราชการก็ยังมิได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์น้ำ แต่เพื่อประโยชน์ของผู้เลี้ยงสัตว์น้ำเอง ผู้เลี้ยงสัตว์น้ำควรทราบเกี่ยวกับลักษณะที่ดีของอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป โดยพิจารณาตามข้อสังเกตต่อไปนี้

1. ป้ายหรือฉลาก โดยปกติแล้วอาหารสำเร็จรูปที่ขายหรือที่จำหน่ายในท้องตลาดซึ่งบรรจุในถุงหรือกล่องในรูปแบบต่าง ๆ จะมีข้อความที่บ่งถึงวัสดุต่าง ๆ ที่นำมาใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร น้ำหนักอาหาร ตารางใช้อาหารและบริษัทผู้ผลิต ดังนั้น ผู้ใช้อาหารควรได้พิจารณาตามข้อความในฉลากนั้น เช่น วัสดุที่ประกอบเป็นอาหารก็ควรเป็นวัสดุหรือผลพลอยได้จากสัตว์ อาทิ ปลาป่น น้ำมันปลา แกลบกุ้ง เนื้อป่น เพราะสัตว์น้ำสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุอาหารโปรตีนที่มาจากสัตว์ได้ดีกว่าวัสดุอาหารที่ทำจากพืช หรือคุณค่าทางอาหารที่ระบุไว้ในฉลากตัวเลขควรบ่งบอกถึงระดับโปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน และควรมีเปอร์เซ็นต์ของกากหรือของเถ้าจำนวนน้อย สำหรับหลักเกณฑ์ในการตัดสินตัวเลขนั้น จำเป็นต้องพิจารณาอย่างกว้าง ๆ ในการเลือกอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำให้ถือพิจารณาจากระบบย่อยอาหารของสัตว์น้ำนั้น โดยดูความยาวของระบบย่อยอาหารจากส่วนคอไปถึงรูทวาร เปรียบเทียบกับความยาวลำตัวและดูลักษณะของกระเพาะปลาว่ามีรูปแบบเป็นกระเพาะจริงหรือกระเพาะเทียม

อายุของอาหาร เป็นอีกประการหนึ่งที่เกษตรกรผู้ซื้อต้องพิจารณาดูวันที่การผลิต ถ้าป้ายฉลากที่ถุงอาหารไม่ระบุวันที่ของการผลิตอาหารสำเร็จรูปนั้นไว้ เกษตรกรก็อาจพิจารณาได้จากความใหม่-เก่าของถุงบรรจุ สอบถามจากร้านขาย หรือสังเกตว่าถุงอาหารนั้นปิดสนิทหรือไม่ ปกติอาหารที่เก็บไว้นานเกิน 3 เดือน สารอาหารที่สำคัญบางส่วน เช่น วิตามินอาจสลายตัวไปได้ จึงควรเลือกใช้อาหารที่ผลิตออกมาใหม่ ๆ

2. รูปแบบของอาหาร อาหารสำเร็จรูปที่ใช้อยู่ในขณะนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละแบบเหมาะสมกับชนิดของสัตว์น้ำนั้น ๆ เช่น ถ้าเป็นผงสำเร็จรูปเป็นผงละเอียดคล้าย ๆ กับนมผงที่มีคุณสมบัติแขวนลอยได้อยู่ในน้ำเป็นเวลานานไม่ละลายน้ำ ก็จะเป็นอาหารเหมาะสมกับการใช้เลี้ยง

ลูกกุ้งวัยอ่อนในโรงเพาะฟักได้ใช้รวมกับอาหารธรรมชาติถ้าเป็นแท่งก้อน ส่วนใหญ่จะเป็นอาหารที่มีโปรตีนและไขมันสูง และสามารถเกาะยึดคงสภาพรูปร่างในน้ำได้นาน ซึ่งเหมาะสำหรับชนิดสัตว์น้ำที่ชอบอาหารนิ่มและไม่แห้ง ส่วนใหญ่จะใช้อาหารนี้เลี้ยงสัตว์น้ำที่มีราคาแพง และชอบกินอาหารตามพื้นก้นบ่อ เช่น กุ้ง หรือสัตว์น้ำที่ชอบกินเป็นกลุ่มก้อน เช่น ปลาดุก หรืออาหารที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ มีขนาดไม่เท่ากัน มีน้ำหนักเบาเป็นอาหารที่ออกแบบมาเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับปลาขนาดเล็กหรือพวกปลาสวยงามเป็นส่วนใหญ่

“อาหารเม็ดจมน้ำ” มักเป็นทรงกระบอกขนาดเล็กแข็งและหนัก ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-1.3 ซม. และความยาวประมาณ 0.5-1.3 ซม. ขนาดของเม็ดอาหารนี้จะมีผลต่อการกินและการย่อยอาหารของปลา โดยทั่ว ๆ ไปแล้วขนาดของอาหารเม็ดที่เหมาะสมกับปลาน้ำหนัก 5-1,500 กรัม จะเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3-0.5 ซม. และความยาว 0.5-0.9 ซม. เนื่องจากเป็นอาหารที่เมื่อตกลงในน้ำจะจมลงสู่พื้นก้นบ่อ จึงเหมาะสมกับสัตว์น้ำที่ชอบกระจายกันหากินอยู่ตามพื้นก้นบ่อหรือสัตว์น้ำที่กินอาหารได้ทุกระดับน้ำ ข้อด้อยของอาหารเม็ดจมน้ำคือ ส่วนใหญ่มักจะอยู่ในน้ำได้ไม่นานนักมักแตกออก ทำให้สัตว์น้ำมีโอกาสกินได้น้อย และละลายน้ำไปทำให้น้ำในบ่อเสีย ในฉลากควรระบุชนิดสารเหนียวที่ผสมในอาหารพวกนี้ด้วย

ส่วน “อาหารเม็ดลอยน้ำ” จะเป็นเม็ดค่อนข้างกลมน้ำหนักเบา เนื่องจากมีความแห้งมาก มีหลายขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-6 มม. เมื่อตกลงไปในน้ำจะลอยอยู่ตามผิวน้ำและคงรูปลักษณะเดิมได้เป็นเวลานาน จึงเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับปลาที่ชอบกินตามผิวน้ำ หรือปลาที่มีขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง และอาหารเม็ดลอยน้ำมีจุดอ่อนที่คุณค่าทางโภชนาการในส่วนของวิตามินบางตัวจะถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนระหว่างขั้นตอนของการผลิต และราคาสูงกว่าอาหารเม็ดจมน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกันในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการ

3. การคงสภาพรูปของอาหารในน้ำ แม้ว่าอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาจะมีคุณค่าทางอาหารสูง แต่เมื่อมักการคงสภาพรูปเดิมในน้ำไม่ดี อาหารสำเร็จรูปนั้นจะจัดอยู่ในประเภทมีประโยชน์น้อยต่อสัตว์น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออาหารสัมผัสกับน้ำจะซึมซับน้ำเข้าไป หากอาหารจับตัวกันไม่ดี โภชนาการของสารอาหารบางตัวในอาหารนั้นจะละลายไปกับน้ำหรือรูปของอาหารแตกกระจาย ทำให้สัตว์น้ำได้กินอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารไม่ครบตามที่ผู้เลี้ยงต้องการ การพิจารณาดูว่าอาหารนั้นมีการคงสภาพของรูปอาหารเดิมได้นานแค่ไหน ให้เอาอาหารสำเร็จรูปนั้นใส่ลงไปในแก้วน้ำภายใน 10-15 นาที หากอาหารนั้นไม่สามารถคงสภาพเดิม โดยมีขนาดเล็กลงหรือหลุดเป็นชิ้นส่วนกองอยู่ก้นแก้ว ก็ถือว่าอาหารนั้นมีการคงสภาพได้ไม่ดี โอกาสสูญเสียสารอาหารไปกับน้ำมีมาก แต่ก็ขึ้นกับชนิดของปลาด้วยหากเป็นปลาดุกซึ่งกินอาหารไว อาหารสามารถคงรูปอยู่ได้ 5 นาที ก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าเป็นอาหารกุ้ง ควรอยู่ในน้ำได้ไม่น้อยกว่า 2-3 ชั่วโมง โดยไม่ละลาย เนื่องจากกุ้งกินอาหารช้า ถ้าอาหารยิ่งอยู่ในน้ำได้นานโอกาสที่กุ้งจะกินอาหารก็มีมากขึ้น และน้ำก็ไม่เน่าเสียด้วย

4. สีและกลิ่นของอาหาร อาหารสำเร็จรูปที่ดีจะมีสีของอาหารนั้น สม่ำเสมอ และกลิ่นของส่วนผสมที่มาทำเป็นอาหารนั้นไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ถ้ามีกลิ่นของปลาป่นอยู่ด้วยดี สำหรับอาหารสำเร็จรูปที่มีสีขาวแซมอยู่ในอาหารนั้น ให้พึงระวังเชื้อรา โดยส่วนใหญ่แล้วเชื้อราเป็นตัวทำลายอาหารนั้นให้เสื่อมคุณภาพลง และเชื้อราบางอย่างอาจผลิตสารที่เป็นพิษต่อปลา-กุ้งด้วย

5. ความชื้นของอาหาร อาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูปที่ดีต้องเป็นอาหารที่มีความชื้นไม่มากเกินไป อาหารชื้นมักเสียเร็วเนื่องจากเกิดเชื้อราได้ง่าย และอาหารที่แห้งเกินไปมีผลต่อการย่อยอาหารของสัตว์น้ำนั้น โดยเฉพาะในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ง่าย คือ เปลี่ยนจากสูงเป็นต่ำ ทำให้ปลาย่อยอาหารได้ไม่ดี เป็นเหตุให้อาหารตกค้างอยู่ในกระเพาะนานเกินไป จนเกิดแก๊สในท้องเป็นอันตรายต่อปลา ความชื้นในอาหารเม็ดควรอยู่ในระหว่าง 7-13 %

6. ราคาอาหาร เนื่องจากอาหารสำเร็จรูปต้องใช้เครื่องมือและกรรมวิธีผลิตค่อนข้างสลับซับซ้อน ความแตกต่างของเครื่องมือและวิธีผลิต ทำให้ราคาของอาหารสำเร็จรูปแตกต่างกันมาก ทั้งที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน พิจารณาถึงอัตราการแลกเนื้อ ค่าใช้จ่ายในการจัดการฟาร์ม ชนิดของสัตว์น้ำที่เลี้ยงควรจะได้นำมาเปรียบเทียบ การเลือกซื้ออาหารโดยพิจารณาจากราคาเพียงอย่างเดียวไม่ใช่การพิจารณาที่รอบคอบ จะต้องพิจารณาด้วยว่าการผลิตกุ้ง 1 กก. ใช้อาหารเป็นเงินเท่าใด อาหารใดทำให้สัตว์น้ำโตเร็วกว่าทุ่นเวลาไปเท่าใด ทำให้เลี้ยงอีกรุ่นได้หรือไม่ในรอบปีนั้น ซึ่งเกษตรกรต้องยอมสละเวลาและให้ความสนใจทดลองด้วยตนเอง

รูปแบบของอาหารสำเร็จรูป และการยอมรับอาหารของสัตว์น้ำ

การยอมรับอาหารของสัตว์น้ำ การเลือกใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดใดนั้น เมื่อพิจารณาจากข้อต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเพิ่มเติมคือ การยอมรับอาหารของสัตว์น้ำที่เลี้ยง แม้ว่าอาหารสำเร็จรูปนั้นมีคุณค่าทางอาหารสูง มีความคงทนในน้ำได้ดีและมีราคาถูก แต่เมื่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงไม่ชอบอาหารนั้นหรือกินอาหารนั้นได้น้อย อาหารสำเร็จรูปนั้นก็เรียกได้ว่าเป็นของไม่ดี (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

ตารางที่ 6 การเลือกใช้อาหารสำเร็จรูปให้เหมาะสมกับราคาขายของสัตว์น้ำและระบบการเลี้ยง

ชนิดของสัตว์น้ำ	ระบบการเลี้ยง	ราคาปลา	คุณภาพอาหาร	
		บาท/กก.	โปรตีน%	ไขมัน%
ตะเพียน ไน สวาย	กึ่งธรรมชาติ	<15	18-25	6-15
นิล แรด ยี่สกเทศ	กึ่งพัฒนา	>20	25-30	6-12
ดุกด้าน ดุกอุย	พัฒนา	>28	>28	6-12
ช่อน กะพง เก๋า	พัฒนา	>35, >60	40-50	8-12
กุ้งก้ามกราม	พัฒนา	>80	25-35	5-8
กุ้งกุลาดำ แชบ๊วย	กึ่งพัฒนา	>100	30-35	3-6
	พัฒนา	>190	35-42	3-6

ที่มา: ไทยเกษตรศาสตร์ (2556)

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเม็ดสำเร็จรูป

ชนิดอาหาร	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กาก (%)	ความชื้น (%)
อาหารกบเล็ก	< 38	< 4	< 4	< 12
อาหารกุ้ง	< 35	< 4	< 4	< 12
อาหารปลาดุกเล็ก	< 32	< 4	< 4	< 12
อาหารไฮเกรดปลาทับทิม	< 30	< 4	< 4	< 12

ที่มา: Fisheriesme (2013)

คุณค่าทางโภชนาของอาหารเม็ดสำเร็จรูป

การดำรงชีวิตประจำวัน การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ จำเป็นต้องใช้พลังงานจากสารอาหาร เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ พลังงานจากอาหารจะต้องมีมากกว่าที่ใช้ในการดำรงชีวิต จึงจะเหลือพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต ดังนั้น ในทางปฏิบัติเพื่อให้สัตว์น้ำได้รับพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานสำหรับใช้ในประจำวัน จึงจำเป็นต้องให้อาหารสัตว์น้ำในปริมาณที่สูงพอ อาหารที่นิยมใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อาหารสดและอาหารอัดเม็ดสำเร็จรูป แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ อาหารอัดเม็ด (ตุลฮาบ, 2558) อาหารเม็ด จัดเป็นอาหารที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบพัฒนาเพราะหาซื้อได้ง่าย มีความสะดวกในการใช้ การเก็บรักษา การขนส่ง และยังสามารถผสมยารักษาโรคเข้าไปในอาหารเพื่อรักษาโรคสัตว์น้ำได้อีกด้วย ทั้งยังมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ และราคาค่อนข้างคงที่เปลี่ยนแปลงไม่มากดังเช่นปลาเป็ด ทำให้สามารถวางแผนการจัดการฟาร์มได้ว่าจะต้องให้อาหารในปริมาณเท่าใดในการผลิตสัตว์น้ำให้ได้ปริมาณตามที่

ต้องการ ลักษณะของอาหารเม็ดที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้ (Fisheriesme, 2556)

1. อาหารเม็ดจมแห้ง เป็นอาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นมาให้มีความชื้นมากกว่า 10 % และนิยมในการใช้เลี้ยงกุ้ง และปลากินพืชทั่วไป

2. อาหารเม็ดจมกึ่งเปียกกึ่งแห้ง เป็นอาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นมาให้มีความชื้นประมาณ 15 % และนิยมใช้ในการเลี้ยงปลาในเขตเมืองหนาว เช่น ปลาแซลมอน

3. อาหารเม็ดลอยน้ำ เป็นอาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นมาให้มีคุณสมบัติลอยน้ำได้มีความชื้นไม่เกิน 10 % นิยมใช้เลี้ยงปลาสวยงาม หรือปลาที่กินอาหารผิวน้ำ เช่น ปลาทอง ปลาตะเพียนขาว ปลานิล ฯลฯ อาหารเม็ดลอยน้ำจำเป็นต้องมีแป้งในสัดส่วนที่พอเหมาะเพราะแป้งเมื่อได้รับความร้อนขณะอัดเม็ดจะสุก ที่มีลักษณะเบาและพองช่วยให้อาหารลอยน้ำได้

4. อาหารเม็ดฉีก เป็นอาหารเม็ดที่มีขนาดเล็กจมน้ำมีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเม็ดขนาดเล็กได้จากการอัดเม็ดผ่านหน้าแว่นที่มีรูปร่างแตกต่างกันรั่วร่อนผ่านตะแกรงออกมาได้ขนาดประมาณ 0.5-2.4 มิลลิเมตร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลของแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายในการอนุบาลลูกปูนา (*Esanthelphusa dugasti*) มีอาหาร 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) คือ ไข่ตุ๋นผสมนมวัว สูตรที่ 2-4 ผสมแหล่งโปรตีนชนิดต่าง ๆ โดยอาหารทดลองสูตรที่ 2 ไข่ตุ๋นผสมนมวัวเสริมด้วยเนื้อปลา อาหารทดลองสูตรที่ 3 ไข่ตุ๋นผสมนมวัวเสริม ด้วยเนื้อกุ้ง และอาหารทดลองสูตรที่ 4 ไข่ตุ๋นผสมนมวัวเสริมด้วยเนื้อหอย พบว่า ลูกปูนาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ไข่ตุ๋นผสมนมวัวเสริมด้วยเนื้อกุ้ง มีค่าการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (0.0229±0.0015 กรัม/ตัว/วัน) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (6.77±0.09 เปอร์เซ็นต์) และน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (0.692±0.045 กรัม) ดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับลูกปูที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 1, 2 และ 4 ส่วนอัตราการรอดตายของลูกปูที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับลูกปูที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ดังนั้นอาหารสูตรไข่ตุ่นผสมนมวัวเสริมด้วยเนื้อกุ้งเป็นแหล่งโปรตีนหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกปูนา (กัมพล และสุธี, 2555)

แก้วตา (2559) ศึกษาผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ผงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาอีกง (*Mystus gulio*) ทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ให้อาหารผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ผง 4 ระดับ คือ 0, 5, 10 และ 15% จากการทดลองพบว่า ลูกปลาอีกงที่เลี้ยงด้วยอาหาร

ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ที่ปริมาณต่าง มีน้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ลูกปลาอีกงที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ผง 10% มีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 0% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จงกล และคณะ (2555) ศึกษาผลของการใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด และผง ต่อการเจริญเติบโต ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในปลาแฟนซีคราฟ แบ่งการทดลองเป็น 3 หน่วยทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยใช้อาหารปลาทั่วไปโปรตีน 30%, ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด และผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ผง ให้อาหาร 5-10% ต่อน้ำหนักตัวปลาต่อวัน จากการทดลองพบว่า ปลาแฟนซีคราฟที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด และผง มีอัตราการเจริญเติบโตน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ดัชนีความสมบูรณ์เพศ สารสี แคโรทีนอยด์ และภูมิคุ้มกันสูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ชนกันต์ และสมชาย (2555) ศึกษาผลระดับโปรตีนและรูปแบบของอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเลี้ยงปลาทับทิมในกระชัง โดยให้อาหารปลาทับทิมชนิดลอยโปรตีน 30% เปรียบเทียบกับอาหารปลานิลชนิดจมโปรตีน 20% พบว่าการใช้อาหารปลาทับทิมชนิดลอยโปรตีน 30% มีการเจริญเติบโตดีกว่าแต่จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่า ในขณะที่มีอัตรารอดต่ำกว่า ทำให้ได้รับผลตอบแทนน้อยกว่าการใช้อาหารปลานิลชนิดจม โปรตีน 20%

เทพพิทักษ์ (2556) ศึกษาผลของการใช้อาหารผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สาหร่ายไก และกระเทียม ต่อการเจริญเติบโตดัชนีความสมบูรณ์เพศ และการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวในกบนา (*Rana rugulosa*, Weigmann) โดยใช้อาหารผสม 4 ชุดการทดลองๆ ละ3 ซ้ำ จากผลการทดลองพบว่า สาหร่ายสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) 5% ทำให้การเจริญเติบโต และค่าการจับกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาว และมีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์ของกบดีกว่าอาหารผสมสาหร่ายไก 5% อาหารผสมกระเทียม 5% และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ธนบดี และจงกล (2562) ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายผง *Arthrospira platensis* ในอาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่ระดับ 3% 5% และ 10 % เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า การเสริมสาหร่าย *A. platensis* ที่ 3% ทำให้ปูนา มีน้ำหนักเฉลี่ย ความกว้างระหว่างตา อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 16.90±0.82 กรัม/ตัว, 9.44±0.12 มิลลิเมตร/ตัว, 5.78±0.56 %, 0.031±0.0030 กรัม/ตัว/วัน, 0.58±0.22 %/วัน ตามลำดับ ซึ่งให้ผล

ดีกว่าการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร

นพรัตน์ และทรงทรัพย์ (2560) ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สดในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลากดเหลือง ทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ให้อาหารเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) สด 4 ระดับ คือ 0, 5, 15 และ 30% จากการทดลองพบว่า ปลากดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (สไปรูลิน่า) ต่างกันนั้น มีน้ำหนักเฉลี่ย, ความยาวเฉลี่ย และอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของปลากดเหลืองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บุญรัตน์ และคณะ (2543) ทำการศึกษาระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในเลือดของปูทะเลมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวงจรการลอกคราบ พบว่า ปูทะเลที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในเลือดของปูทะเลในระยะคราบแข็งอยู่ที่ระดับ 50.05±2.88 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 70.08±4.47 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในเลือดของปูจะสูงขึ้นเมื่อใกล้ลอกคราบและลดลงในขณะที่ลอกคราบและหลังจากลอกคราบ หลังจากนั้นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในเลือดจะเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลางในระยะคราบแข็ง

พูนสิน (2541) ศึกษาเพาะเลี้ยงปูม้าโดยให้กินโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียวัยอ่อนเป็นอาหาร พบว่า ลูกปูม้า ตั้งแต่ระยะฟักเป็นตัวจะมีการพัฒนาโดยการลอกคราบ 1 ครั้ง เข้าสู่ระยะ Megalopa และลอกคราบอีก 1 ครั้ง เข้าสู่ตัวเต็มวัย ขนาดเฉลี่ยสูงสุด 4.4 มิลลิเมตรใช้เวลาในการพัฒนาทั้งสิ้นประมาณ 20 วัน จึงเข้าสู่ตัวเต็มวัย

พรทิพย์ และเจต (2537) ทำการทดลองเลี้ยงลูกปูม้าด้วยอาหารต่างชนิดกัน โดยเลี้ยงลูกปูม้าอายุ 42 วัน ด้วยอาหารต่างชนิดกัน คือ เนื้อปลาสับ เนื้อหอยสับ เนื้อหมึกสับ อาหารเม็ด เนื้อปลาสับผสมอาหารเม็ด เนื้อหมึกสับผสมอาหารเม็ดและเนื้อหอยสับผสมอาหารเม็ด เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเพิ่มเฉลี่ยของน้ำหนัก อัตราการเพิ่มเฉลี่ยความกว้างกระดองและอัตราเพิ่มเฉลี่ยความยาวกระดองปูม้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตรารอดของลูกปูม้าที่เลี้ยงด้วยเนื้อหอยสับมีค่าสูงสุด 67.44 เปอร์เซ็นต์

วารินทร์ (2547) ทำการทดสอบแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปูม้า โดยศึกษาทั้งหมด 5 สูตร พบว่า อาหารสำเร็จรูปของกุ้งกุลาดำ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร พบว่า โปรตีนมีค่าอยู่ระหว่าง 30-35 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง ไขมัน 5-6 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง ซึ่งสูตรอาหารดังกล่าวทำให้ปูมีน้ำหนักเพิ่มและการเจริญเติบโตดี จากส่วนประกอบของปลาป่น กากถั่วเหลือง หมึก และกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีน

วารินทร์ และคณะ (2547) ศึกษาการอนุบาลลูกปูม้าในระยะวัยอ่อน (Young crab) โดยใช้สาหร่ายเทียมซึ่งทำเลียนแบบสาหร่ายจริงมีความเหมาะสมกว่าวัสดุหลบซ่อนชนิดอื่น ๆ ที่ได้ทำการศึกษาและปูม้าสามารถกินสาหร่ายจำพวกสาหร่ายผมนางที่แตกยอดอ่อนได้อีกด้วย เป็นการสร้างสมดุลทางธรรมชาติในเรื่องห่วงโซ่อาหารอีกทาง ซึ่งสอดคล้องกับ ศุภชัย (2543) ที่ทำการทดลองเพาะเลี้ยงปูม้า พบว่า ลูกปูจะตายมากในระยะ first crab เพราะว่าจะกินกันเองสูงมาก อย่างไรก็ตามหากใส่อวนไว้ในบ่อก็มีอัตรารอดที่สูง และการขาดอาหารก็เป็นปัญหาเช่นกัน สอดคล้องกับ วิวรรธน์ (2546) ที่ทำการทดลองเลี้ยงปู *Scylla paramamosain* ในบ่อดินโดยมีที่หลบซ่อน พบว่า ปูไม่มีที่หลบซ่อน มีอัตราการรอดตายต่ำเฉลี่ย 4.40±0.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อทดสอบทางสถิติความกว้างกระดองเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุภัทตรา (2548) ศึกษาผลของอาหารเม็ดที่ระดับโปรตีนต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปูนา เลี้ยงลูกปูนาหลังออกจากตัวแม่อายุ 2 วัน โดยให้อาหารเม็ดที่ต่างชนิดกัน 5 ชนิด นาน 60 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ (อาหารกุ้งกุลาดำ) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด

สุภัทตรา (2550) ศึกษาผลของอาหารเม็ดที่ระดับโปรตีนต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปูนา โดยเลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 5 ระดับ คือ 20.22, 25.81, 30.97, 37.12 และ 42.96 เปอร์เซ็นต์ นาน 90 วัน พบว่า ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ระดับโปรตีน 37.12 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 0.4181 กรัม และ วีระพงษ์ (2550) พบว่า สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูนาเท่ากับ 3:0:1.0 ที่ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์

สมพงษ์ และคณะ (2553) ศึกษาการเลี้ยงลูกปูนาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.0036 กรัม อนุบาลด้วยอาหารเม็ดที่ระดับโปรตีน 4 ระดับ คือ 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ นาน 4 เดือน พบว่าปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 0.59 กรัม

การเตรียมบ่อเลี้ยงปูนานั้น สามารถเลี้ยงได้ทั้งในบ่อดิน และบ่อซีเมนต์แต่พบว่าการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์นั้น จะมีข้อดีกว่าตรงที่สะดวกในการดูแล นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันไม่ให้ปูนาขุดรูหนี นำปูตัวผู้และปูตัวเมียมาปล่อยลงในบ่อเลี้ยง บ่อละประมาณ 10-15 ตัว อย่าใส่ปูนาในบ่อมากนัก เพราะว่าปูจะกัดกันเอง ปูตัวไหนที่ขาหลุด ก้ามหลุด ให้เก็บออก เพราะว่าจะโดนปูตัวอื่นมารุมทำร้าย อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการณ์การเลี้ยงปูนาในบ่อซีเมนต์นั้นพบว่า ปูสามารถมีชีวิตอยู่ได้เป็นอย่างดีแม้ว่าไม่ใส่น้ำลงในบ่อ ซึ่งการเลี้ยงและการดูแลนั้นปูชอบอยู่ในที่เย็น ๆ และออกหากินในตอนกลางคืน ปูนาชอบกินเศษซากเน่าเปื่อย กินต้นข้าว กุ้งฝอยและลูกปลาตัวเล็ก ๆ ผู้เลี้ยงปูสามารถฝึกหัดให้ลูกปูกินอาหารเม็ดโดยใช้อาหารที่เลี้ยงปลาดุก นอกจากนี้ปูนายังสามารถกินผักหรือเศษข้าวสุกเป็นอาหาร สิ่งที่สำคัญอีกอย่างคือ ผู้เลี้ยงปูจะต้องหมั่นดูแลบริเวณที่อยู่ของปูให้สะอาด โดยต้อง

เก็บเศษอาหารที่ปูกินไม่หมดทิ้ง เพราะหากทิ้งไว้นาน ๆ จะมีเชื้อราเกิดขึ้นทำให้ปูเกิดโรคได้ (สายัณห์, 2551)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยการทดลอง 3 การทดลอง ดังนี้

3.1 <u>การอนุบาลลูกปูนา</u> การทดลองที่ 1 ผลของการอนุบาลปูนา (*S. bangkokensis*) ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนในการอนุบาล

3.1.1 การวางแผนการทดลอง

ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโต และต้นทุนการอนุบาลลูกปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design ; CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ อนุบาลลูกปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารชนิดผง (Powder feed; PF) ชุดควบคุม

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3% (Powder feed mixed *Arthrospira*; PFA 3%)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5% (Powder feed mixed *Arthrospira*; PFA 5%)

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 10% (Powder feed mixed *Arthrospira*; PFA 10%)

ก่อนทำการทดลองนำอาหารทุกสูตรวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นตามวิธี AOAC (2000) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารในการทดลอง

Treatment	% (dry weight on basis)				
	Protein	Lipid	Fiber	Ash	Moisture
PF (Control)	35.10±0.05^{a}	13.56±0.03^{a}	2.26±0.05^{c}	2.26±0.05^{b}	9.43±0.20^{b}
PFA 3%	36.70±0.10^{b}	13.20±0.1^{a}	1.30±0.17^{a}	1.60±0.45^{a}	9.26±0.20^{b}
PFA 5%	37.70±0.05^{c}	13.46±0.06^{a}	1.26±0.15^{a}	1.26±0.15^{a}	9.26±0.28^{b}
PFA 10%	39.60±0.05^{d}	14.10±0.23^{b}	1.56±0.05^{b}	1.56±0.05^{a}	8.26±0.20^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($P < 0.05$)

3.1.2 วิธีการทดลอง

การเตรียมลูกปูนา

การเตรียมลูกปูนา นำลูกปูนาที่เพาะพันธุ์จากพ่อแม่เดียวกันจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีน้ำหนักเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 0.0082 - 0.0083 กรัม/ตัว ความกว้างและความยาวกระดองเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 2.6875 - 3.3090 มิลลิเมตร และ 2.3643 -2.9073 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลงอนุบาลในกะละมังพลาสติกทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร ปริมาตร 5 ลิตร ปล่อยลูกปูนาในอัตราความหนาแน่น 25 ตัว/กะละมัง หรือ 385 ตัว/ตรม. (สมพงษ์ และคณะ, 2542; กำพล และสุธี, 2555) โดยให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว 2 มื้อ คือ 08.00 - 08.30 น. และ 17.00 - 17.30 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50% ทุกวันในช่วงเย็นก่อนให้อาหาร นอกจากนั้นมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก ๆ 10 วัน โดยวัดอุณหภูมิอากาศ (ºC) อุณหภูมิน้ำ (ºC) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO; mg/l) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนีย (NH_3; mg/l) อนุบาลลูกปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

การศึกษาการเจริญเติบโต เมื่อลูกปูนาอายุ 10 วัน ชั่งน้ำหนัก วัดความยาวและความกว้างของกระดองปูนา (Carapace) และนับจำนวนลูกปูนาทุก ๆ 10 วัน ให้ครบ 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำค่าที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ย (Weight average; WA) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Weight gain; WG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily growth; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %SGR) อัตราการรอด (Survival rate; %SR) อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate; FCR) ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; PER) และต้นทุนการผลิตลูกปูนา (Production cost of crab; PC)

3.2 <u>การเลี้ยงปูนา</u> การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design ; CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ เลี้ยงปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก	โปรตีน 38 % (T1)
ชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง	โปรตีน 35 % (T2)
ชุดการทดลองที่ 3 อาหารปลาดุก	โปรตีน 32 % (T3)
ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช	โปรตีน 30 % (T4)

3.2.2 การเตรียมการทดลองและอาหารที่ใช้ในการทดลอง

การเตรียมปูนา

การเตรียมปูนา นำปูนาที่เพาะพันธุ์จากพ่อแม่เดียวกันจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีน้ำหนักเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 12.76±0.20 - 13.99±0.36 กรัม/ตัว ความกว้างและความยาวกระดองเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 33.04±0.39 - 35.05±0.14 มิลลิเมตร และ 27.04±0.34 - 30.21±0.32 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลงเลี้ยงในกระบะดำขนาด กว้าง 0.82 ยาว 1.08 สูง 0.30 เมตร ปล่อยปูนาลงในอัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ตรม. (กัมพล และสุธี, 2555; ธนบดี และจงกล, 2562) เติมน้ำสูงประมาณ 10 เซนติเมตร หรือท่วมตัวปูนา โดยทำให้กระบะดำเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง และใส่ท่อ PVC ขนาด 10-15 เซนติเมตรและกระถางพลาสติกขนาดกว้าง 6 นิ้ว ยาว 4.5 นิ้ว เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและหลบซ่อนป้องกันการต่อสู้กันเอง โดยให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว 2 มื้อ คือ 08.00-08.30 น. และ 17.00-17.30 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50% ทุกวันในช่วงเย็นก่อนให้อาหาร นอกจากนั้นมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก ๆ 10 วัน โดยวัดอุณหภูมิอากาศ (°C) อุณหภูมิน้ำ (°C) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO; mg/l) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนีย (NH_3; mg/l) เลี้ยง ปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน

การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมอาหารซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป ดังนี้

1. อาหารกบเล็ก	โปรตีน 38 % (T1)
2. อาหารกุ้ง	โปรตีน 35 % (T2)
3. อาหารปลาดุก	โปรตีน 32 % (T3)
4. อาหารไฮเกรดปลากินพืช	โปรตีน 30 % (T4)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

การศึกษาการเจริญเติบโต เมื่อปูนาอายุ 10 วัน ชั่งน้ำหนัก วัดความยาวและความกว้างของกระดองปูนา (Carapace) และนับจำนวนลูกปูนา ทุก ๆ 10 วัน ให้ครบ 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำค่าที่ได้มาคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ย (Weight average; WA) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Weight gain; WG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (Average daily growth; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %SGR) อัตราการรอด (Survival rate; %SR) อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate; FCR) ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; PER) และต้นทุนการผลิตลูกปูนา (Production cost of crab; PCC)

3.3 <u>การเลี้ยงปูนา</u> การทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

3.3.1 การวางแผนการทดลอง

ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนาวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design ; CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ เลี้ยงปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน ซึ่งแบ่งชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารปลาดุกชนิดเม็ด (Pellets feed; PF) ชุดควบคุม

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (Pellets feed mixed *Arthrospira*; PFA 3%)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (Pellets feed mixed *Arthrospira*; PFA 5%)

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 10 เปอร์เซ็นต์ (Pellets feed mixed *Arthrospira*; PFA 10%)

ก่อนทำการทดลองนำอาหารทุกสูตรวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นตามวิธี AOAC (2000) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารในการทดลอง

Treatments	% (dry weight on basis)				
	Protein	Lipid	Fiber	Ash	Moisture
PF (Control)	32.19±0.05^{a}	11.47±0.02^{a}	2.23±0.06^{a}	1.64±0.01^{b}	7.29±0.02^{a}
PFA 3%	35.58±0.04^{b}	11.27±0.01^{a}	2.20±0.06^{a}	1.54±0.04^{a}	7.52±0.03^{b}
PFA 5%	37.40±0.02^{c}	12.35±0.06^{b}	2.24±0.01^{a}	1.55±0.00^{ab}	8.09±0.06^{c}
PFA 10%	39.49±0.01^{d}	13.07±0.02^{c}	2.25±0.00^{a}	1.84±0.03^{c}	8.26±0.01^{d}

3.3.2 การเตรียมการทดลองและอาหารที่ใช้ในการทดลอง

การเตรียมปูนา

การเตรียมลูกปูนา นำลูกปูนาที่เพาะพันธุ์จากพ่อแม่เดียวกันจากคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีน้ำหนักเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 12.50±0.74 - 13.73±0.60 กรัม/ตัว ความกว้างและความยาวกระดองเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 34.93±0.29 - 36.23±0.50 มิลลิเมตร และ 28.57±0.23 - 29.52±0.37 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลงเลี้ยงในกระบะดำขนาด กว้าง 0.82

ยาว 1.08 สูง 0.30 เมตร ปล่อยปูนาในอัตราความหนาแน่น 25 ตัว/ตรม. (กัมพล และสุธี, 2555) และให้ระดับน้ำในกระบะดำสูงประมาณ 10 เซนติเมตร หรือท่วมตัวปูนา โดยทำให้กระบะดำเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง และใส่ท่อ PVC ขนาด 10-15 เซนติเมตรและกระถางพลาสติกขนาด กว้าง 6 นิ้ว ยาว 4.5 นิ้ว เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและหลบซ่อนป้องกันการต่อสู้กันเอง โดยให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัว 2 มื้อ คือ 08.00-08.30 น. และ 17.00-17.30 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 50% ทุกวันในช่วงเย็นก่อนให้อาหาร นอกจากนั้นมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก ๆ 10 วัน โดยวัดอุณหภูมิอากาศ (°C) อุณหภูมิน้ำ (°C) ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO; mg/l) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนีย (NH_3; mg/l) เลี้ยง ปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน

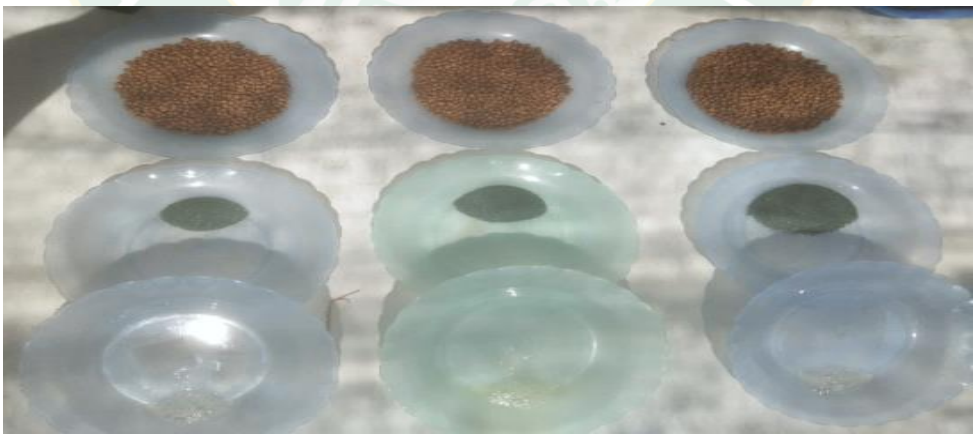
การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมอาหารซึ่งเป็นอาหารปลาดุกชนิดเม็ด โปรตีนในอาหาร 32 % สาหร่ายอาร์โธสไปร่า (สไปรูลิน่า) ผง และไข่ขาว นำมาเตรียมอาหาร ดังนี้

1. ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (ชุดควบคุม)

2. นำสาหร่ายสไปรูลิน่าผง 3, 5 และ 10% ตามลำดับ คลุกกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปและใส่ไข่ขาว เพื่อเป็นตัวเคลือบระหว่างอาหารเม็ดสำเร็จรูปกับสาหร่ายอาร์โธสไปร่า (สไปรูลิน่า) ให้ติดกัน

3. จากนั้นตากอาหารให้แห้ง มีความชื้นประมาณ 7.26 - 8.26 % จากการทดลองครั้งนี้ เก็บใส่ภาชนะปิดสนิท (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 การเตรียมอาหาร

3.4 การตรวจสอบการเจริญเติบโตและการใช้ประโยน์จากอาหารของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร

นำบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของปูนา อายุทุก ๆ 10 วัน โดยการชั่งน้ำหนัก วัดความยาวและความกว้างของกระดองปูนา (Carapace) และทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักระหว่างการทำการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักรวมในแต่ละชุดการทดลอง บันทึกและปรับการให้อาหารคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และนับจำนวนลูกปูนาทุก ๆ 10 วัน ให้ครบ 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำค่าที่ได้มาคำนวณหาการเจริญเติบโตต่าง ๆ ดังนี้

การเจริญเติบโต

ความยาวของกระดอง (Maximum carapace length; CL) เป็นการวัดความยาวตั้งแต่หนามแหลมระหว่างตา จนถึงขอบท้ายด้านบนของกระดอง (ภาพที่ 10)

ความกว้างของกระดอง (Maximum carapace width; CW) เป็นการวัดความยาวในแนวนอนในส่วนที่กว้างที่สุดของกระดอง (ภาพที่ 10)

ความกว้างขอบบนของกระดองระหว่างตา (Maximum width upper margin between of eyes; CWU) เป็นการวัดความยาวในแนวนอนในส่วนที่กว้างของกระดองระหว่างตา (ภาพที่ 11)

ความกว้างขอบล่างของกระดอง (Maximum width lower margin of carapace; CWL) เป็นการวัดความยาวในแนวนอนในส่วนที่กว้างของกระดองขอบล่าง (ภาพที่ 11)

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; AW)} = \frac{\text{น้ำหนักปูนารวม}}{\text{จำนวนปูนาที่เหลือทั้งหมด}}$$

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; WG)

= น้ำหนักปูนาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปูนาเมื่อเริ่มการทดลอง

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth ; ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักปูนาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปูนาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate ; %SGR)

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักปูนาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปูนาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}} \times 100$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (Survival rate; \%SR)} = \frac{\text{จำนวนปูนาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปูนาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

การใช้ประโยชน์จากอาหาร

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion rate; FCR) = $\frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ใช้}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$

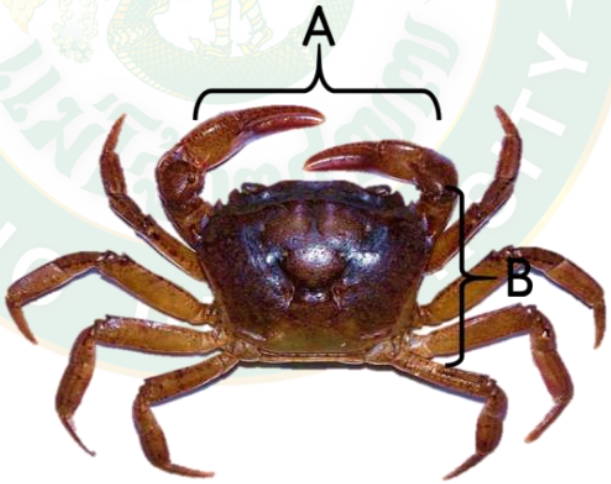
อัตราการกินอาหาร (Feed intake) 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว = $\frac{\text{น้ำหนักปูนา}}{100} \times 5$

ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; PER) = $\frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{โปรตีนที่กิน}}$

ต้นทุนการผลิตลูกปูนา (Production cost of crab; PC) = ราคาอาหาร + ราคาปูนา

3.5 ลักษณะการวัดขนาดการอนุบาลลูกปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (สมพงษ์ และคณะ, 2544; ธนบดี และจงกล, 2562)

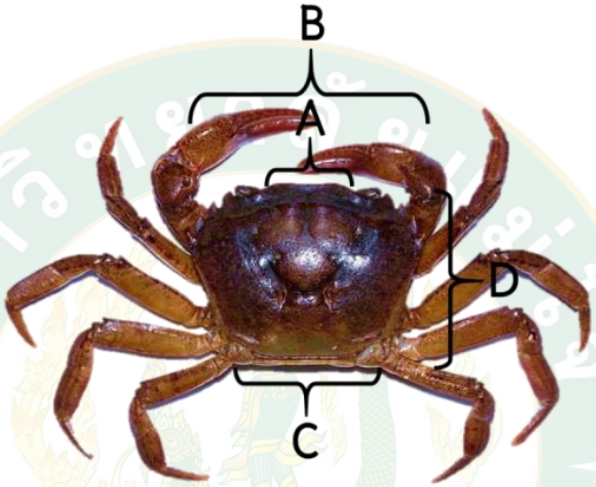
A: ความกว้างของกระดอง
B: ความยาวของกระดอง



ภาพที่ 10 การวัดขนาดการอนุบาลลูกปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
ที่มา: ธนบดี และจงกล (2562)

3.6 ลักษณะการวัดขนาดการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (สมพงษ์ และคณะ, 2544; ธนบดี และจงกล, 2562)

A: ความกว้างขอบบนของกระดองระหว่างตา
B: ความกว้างกระดอง
C: ความกว้างขอบล่างของกระดอง
D: ความยาวของกระดอง



ภาพที่ 11 การวัดขนาดการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร
ที่มา: ธนบดี และจงกล (2562)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way analysis of variance: One-Way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลในแต่ละชุดการทดลอง โดยวิธี Duncan's Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (P=0.05) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย การทดลอง 3 การทดลอง ดังนี้

<u>การอนุบาลลูกปูนา</u> การทดลองที่ 1 ผลของการอนุบาลปูนา (*S. bangkokensis*) ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนในการอนุบาล

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 35.10-39.60 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นอยู่ระหว่าง 13.20-14.10, 1.26-2.26, 1.26-2.26 และ 8.26-9.43 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง)

จากการทดลองอนุบาลลูกปูนาด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผงในอาหาร โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 0.0082±0.000-0.0083±0.000 กรัม/ตัว ความกว้างและความยาวกระดอง (Carapace) เริ่มต้นเท่ากับ 2.671±0.127-3.309±0.340 มิลลิเมตร/ตัว และ 2.275±0.084-2.574±0.150 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ซึ่งลูกปูนามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการอนุบาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่ 10 วันแรกของการอนุบาลจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงในภาพที่ 12 ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; g/crab)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.298±0.201 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 12

2. ความยาวเฉลี่ย (Average carapace length; mm./crab)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีความยาวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.791±0.074 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11

3. ความกว้างเฉลี่ย (Average carapace width; mm./crab)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีความกว้างเพิ่มขึ้นเท่ากับ 4.885±0.271 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11

4. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; g/crab)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.290±0.201 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 12

5. น้ำหนักที่เพิ่มต่อวันน้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Average diary growth; g/crab/day)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีน้ำหนักที่เพิ่มต่อวันน้ำหนักที่เพิ่มต่อวันเท่ากับ 0.021±0.003 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 12

6. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 2.150±0.335 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 13

7. อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate; units)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 0.920±0.201 ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 13

8. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; units)

ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเท่ากับ 0.034±0.005 ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 13

9. อัตราการรอดตาย (Survival rate; %)

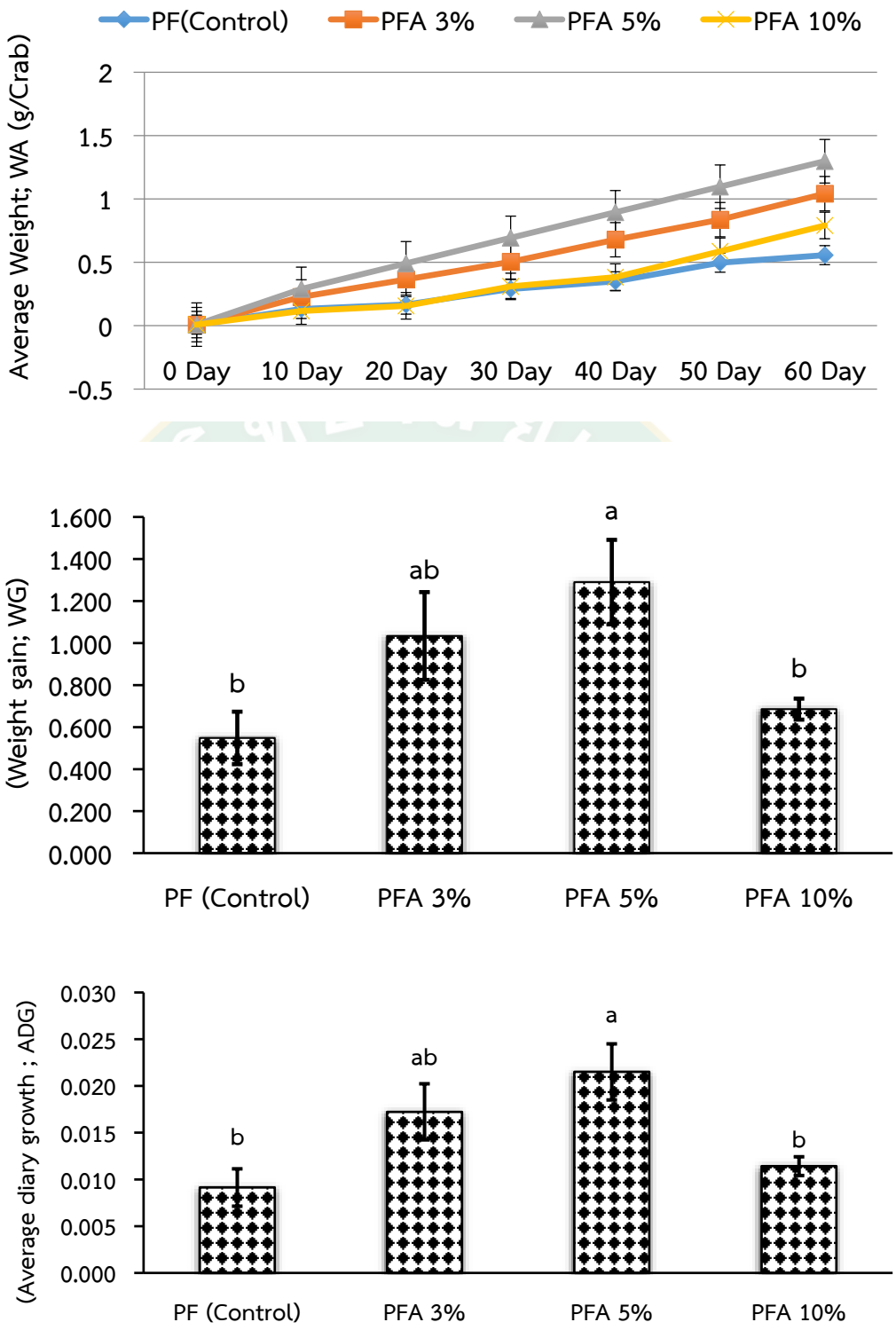
ลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 87.330±1.201 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 14

10. ต้นทุนการผลิต (Production cost of crab; baht/crab)

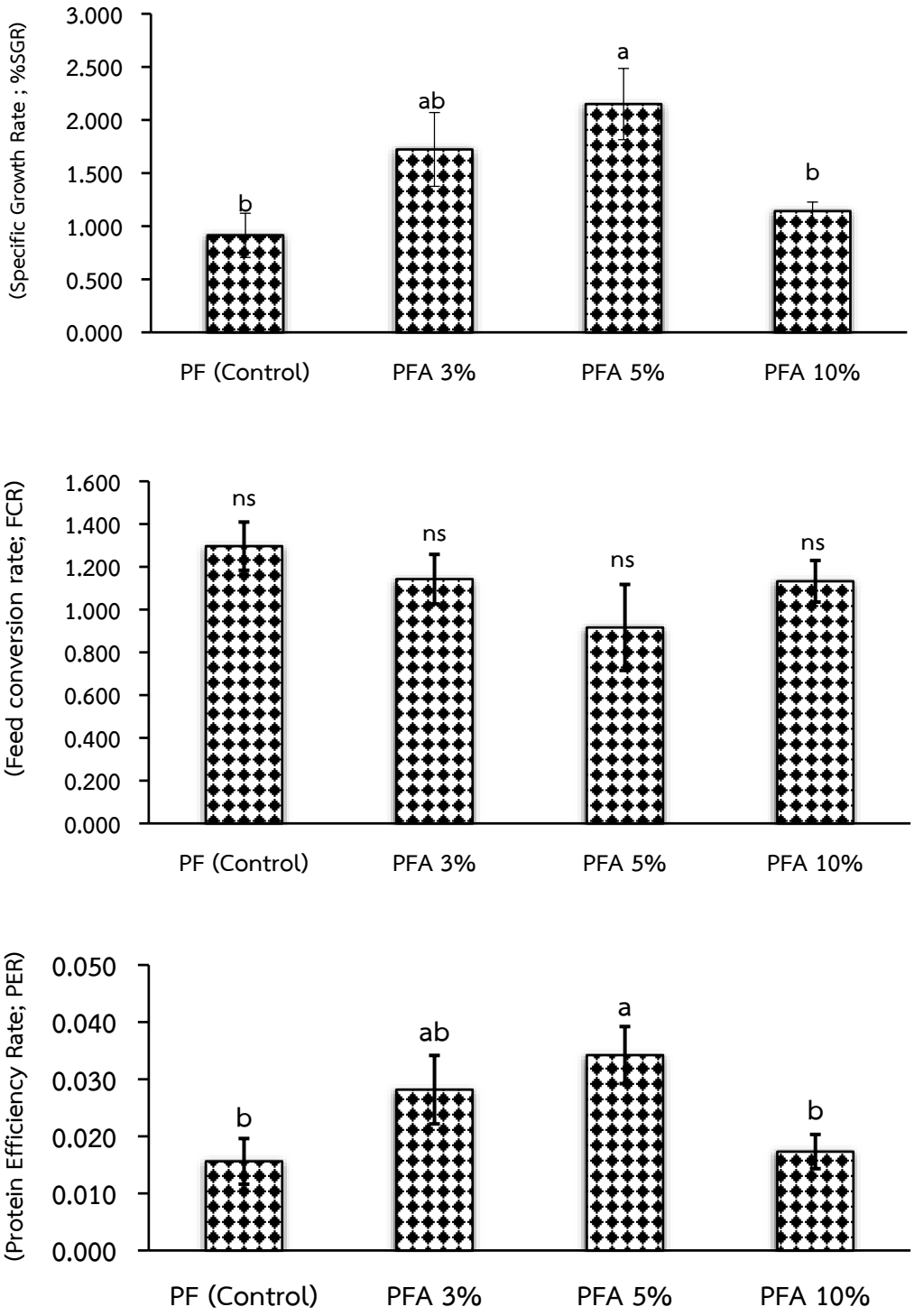
ลูกปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผง (PF) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 2.032±0.435 บาท/ตัว มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าลูกปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 11 และ ภาพที่ 14

11. คุณภาพน้ำ

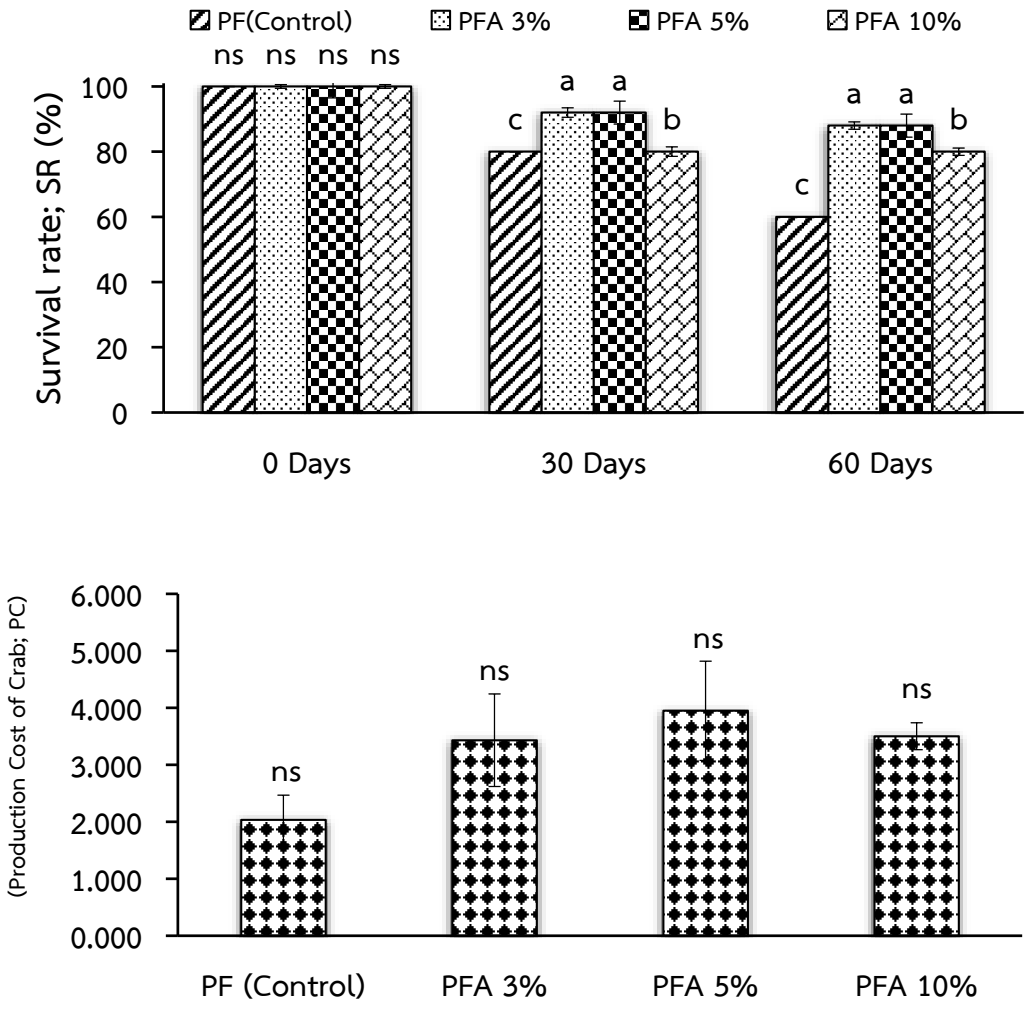
ด้านคุณภาพน้ำของการอนุบาลลูกปูนาด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผงในอาหารมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ซึ่งค่าอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 29.00±0.577 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 27.66±0.333 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5.540±0.124-5.810±0.257 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.393±0.0829 - 7.463±0.069 และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.015±0.001-0.017±0.000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 12)



ภาพที่ 12 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพโปรตีน ของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายเป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 14 อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างเป็นระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ตัว) ความยาว และความกว้าง (มิลลิเมตร/ตัว) ของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายในระดับที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatments				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Initial average weight, g/crab	0.0083±0.000^{ns}	0.0082±0.000^{ns}	0.0083±0.000^{ns}	0.0083±0.000^{ns}	0.971
Initial average Length, mm/crab	2.688±0.053^{ns}	2.690±0.085^{ns}	2.671±0.127^{ns}	3.309±0.340^{ns}	0.111
Initial average Width, mm/crab	2.299±0.047^{ns}	2.275±0.084^{ns}	2.364±0.022^{ns}	2.574±0.150^{ns}	0.115

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสาหร่ายในระดับที่ต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Initial average weight, g/crab	0.0083±0.000^{ns}	0.0082±0.000^{ns}	0.0083±0.000^{ns}	0.0083±0.000^{ns}	0.971
Final average weight, g/crab	0.557±0.125 ^{b}	1.042±0.209 ^{a}	1.298±0.201 ^{a}	0.694±0.050 ^{b}	0.289
Maximum length, mm/crab	3.340±0.203 ^{a}	4.528±0.758 ^{a}	4.791±0.074 ^{a}	4.048±0.345 ^{a}	0.550
Maximum width, mm/crab	2.708±0.162 ^{b}	4.448±0.860 ^{ab}	4.885±0.271 ^{a}	3.243±0.503 ^{ab}	0.660
Wight gain, g/crab	0.548±0.125 ^{b}	1.033±0.209 ^{ab}	1.290±0.201 ^{a}	0.685±0.050 ^{b}	0.041
Average daily growth, g/crab/day	0.009±0.002 ^{b}	0.017±0.003 ^{ab}	0.021±0.003 ^{a}	0.011±0.001 ^{b}	0.040
Specific growth rate, %	0.914±0.208 ^{b}	1.722±0.348 ^{ab}	2.150±0.335 ^{a}	1.142±0.085 ^{b}	0.041
Feed conversion rate, units	1.300±0.113 ^{ns}	1.143±0.116 ^{ns}	0.920±0.201 ^{ns}	1.133±0.097 ^{ns}	0.344
Protein Efficiency rate, units	0.016±0.004 ^{b}	0.028±0.006 ^{ab}	0.034±0.005 ^{a}	0.024±0.003 ^{b}	0.046
Survival rate, %	61.00±0.577 ^{c}	85.33±1.453 ^{a}	87.33±1.202 ^{a}	78.00±1.528 ^{b}	0.290
Production Cost of Crab; PC, baht/Crab	2.032±0.435 ^{ns}	3.430±0.812 ^{ns}	3.481±0.871 ^{ns}	3.500±0.236 ^{ns}	0.347

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ(P <0.05), ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำของลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารผสมสไปรูลินาที่ระดับต่างกันเป็นระยะเวลา 60 วัน

Parameter	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Air Temperature (°C)	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	1.00
Water Temperature (°C)	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	1.00
DO (mg/l)	5.81±0.257^{ns}	5.54±0.124^{ns}	5.75±0.098^{ns}	5.65±0.123^{ns}	0.303
pH	7.43±0.055^{ns}	7.43±0.067^{ns}	7.39±0.083^{ns}	7.463±0.070^{ns}	0.520
Ammonia (mg/l)	0.017±0.003^{ns}	0.016±0.001^{ns}	0.015±0.001^{ns}	0.015±0.001^{ns}	0.135

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

<u>การเลี้ยงปูนา</u> ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง ข้อมูลจาก Fisheriesme (2556) พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 30-38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน กาก และความชื้นอยู่ระหว่าง <40, <4 และ <12 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ตารางที่ 7

จากการทดลองการเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 13.410±0.229 - 13.490±0.081 กรัม/ตัว ความยาวกระดองเริ่มต้นเท่ากับ 25.653±0.104 - 26.236±0.264 มิลลิเมตร/ตัว ความกว้างขอบบนของกระดองระหว่างตาความกว้างกระดอง และความกว้างขอบล่างของกระดองเริ่มต้นเท่ากับ 10.606±0.228 - 10.920±0.312 32.916±0.228 - 33.33±0.271 และ 15.33±0.385 - 16.22±0.723 มิลลิเมตร/ตัว (ตารางที่ 13) ซึ่งปูนามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตั้งแต่ 10 วันแรกของการเลี้ยงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ปูนาที่ได้รับอาหารปลาดุก (T3) มีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงใน (ภาพที่ 16) ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; g/crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 21.643±1.387 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 15

2. ความยาวเฉลี่ย (Average carapace length; mm./crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 32.187±0.894 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14

3. ความกว้างของกระดองระหว่างตาเฉลี่ย (Average width upper margin between of eyes; mm./crab)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีความกว้างของกระดองระหว่างก้านตาเฉลี่ยเท่ากับ 21.628±0.474 มิลลิเมตร/ตัว

ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ดังตารางที่ 14

4. ความกว้างของกระดอง (Average carapace width; mm./crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีความกว้างของกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 38.386±0.844 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14

5. ความกว้างส่วนล่างของกระดอง (Average width lower margin of carapace; mm./crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีความกว้างส่วนล่างของกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 21.538±0.571 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14

6. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; g/crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 8.153±1.396 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 15

7. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average diary growth; g/crab/day)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.135±0.023 กรัม/วัน/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 16

8. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 13.588±2.328 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 16

9. อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate; units)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 0.640±0.120 ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 16

10. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; units)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเท่ากับ 0.254±0.43 ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 17

11. อัตราการรอดตาย (Survival rate; %)

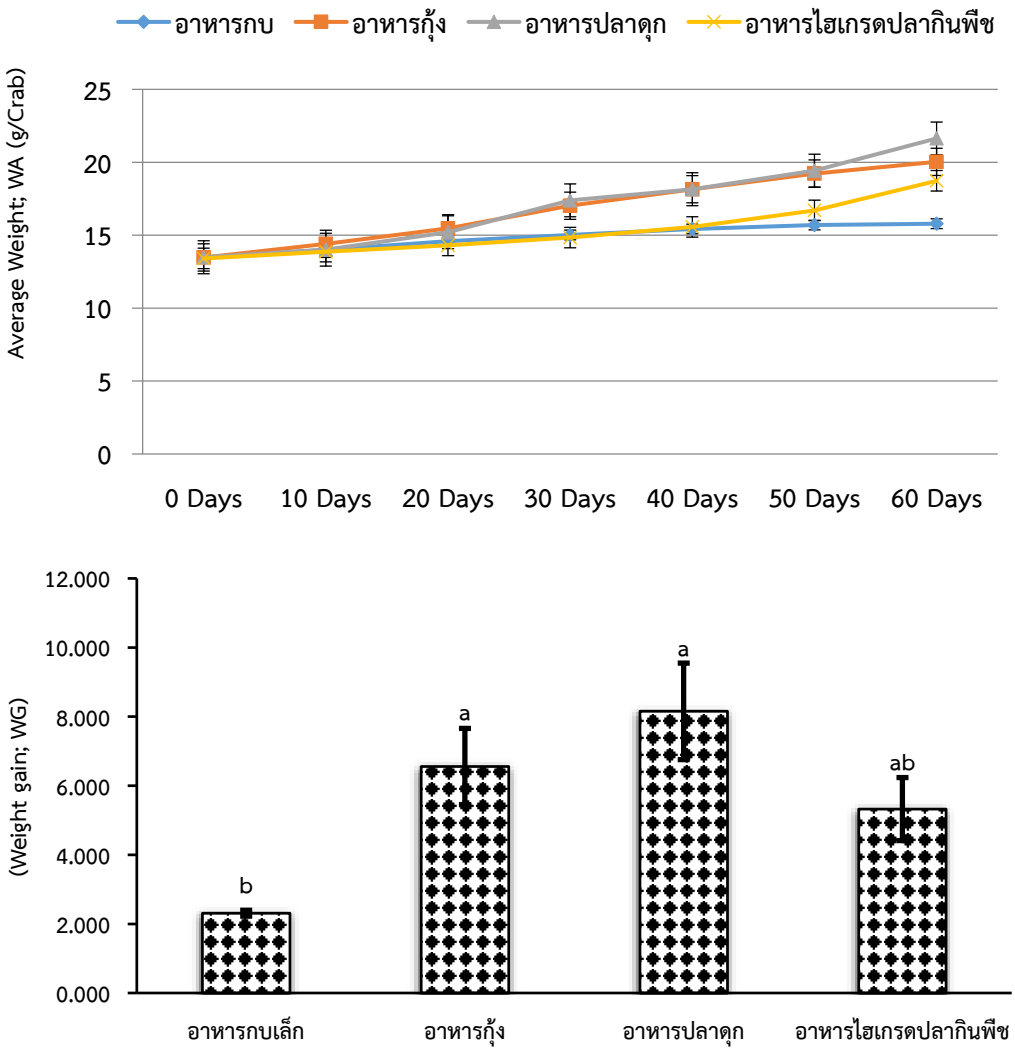
ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีอัตราการอดตาย เท่ากับ 87.33±1.201 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 17

12. ต้นทุนการผลิต (Production cost of crab; baht/crab)

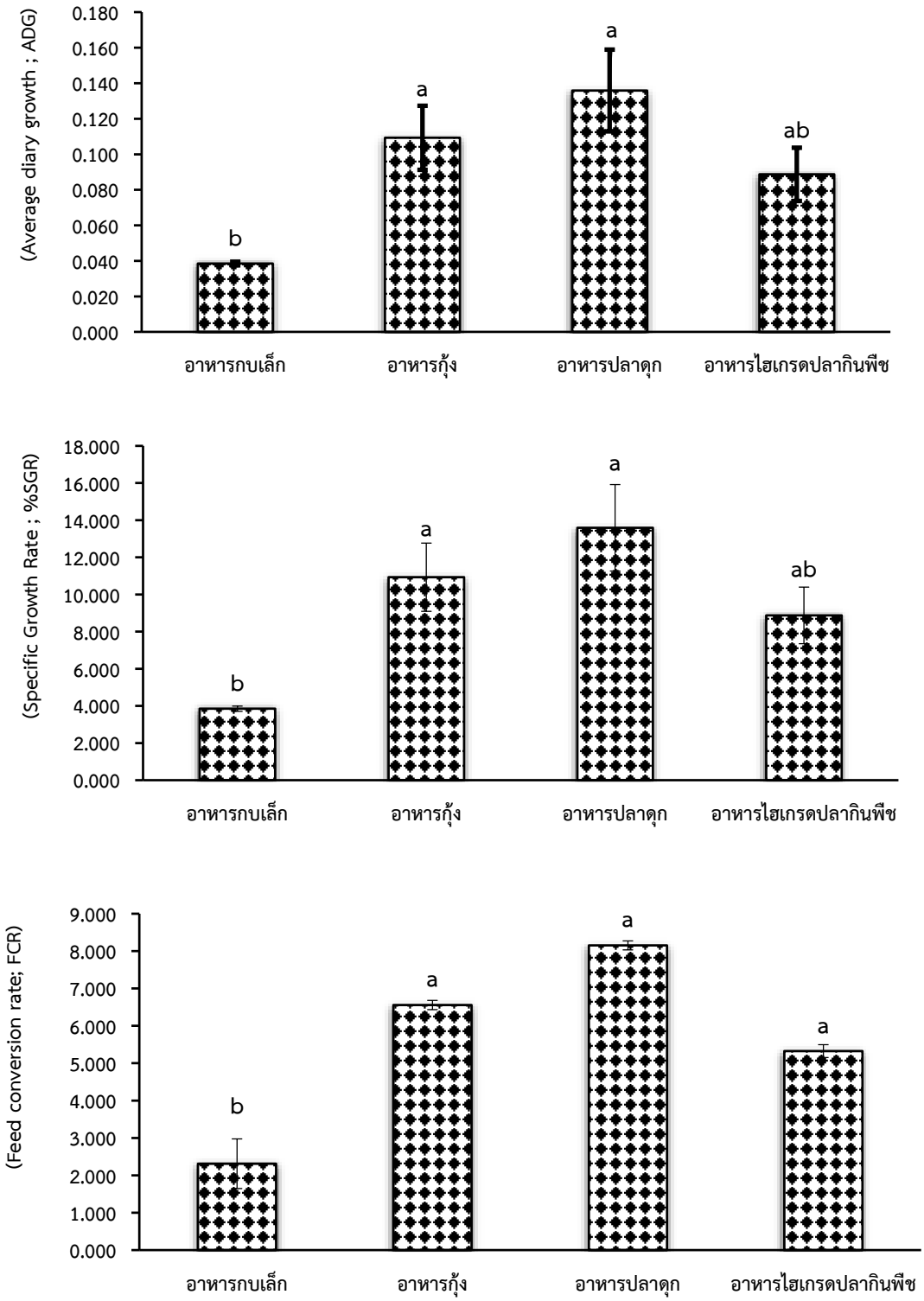
ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุก (T3) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 2.756±0.00 บาท/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้ง (T2) ชุดการทดลองที่ 4 อาหารไฮเกรดปลากินพืช (T4) และชุดการทดลองที่ 1 อาหารกบเล็ก (T1) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ภาพที่ 17

13. คุณภาพน้ำ

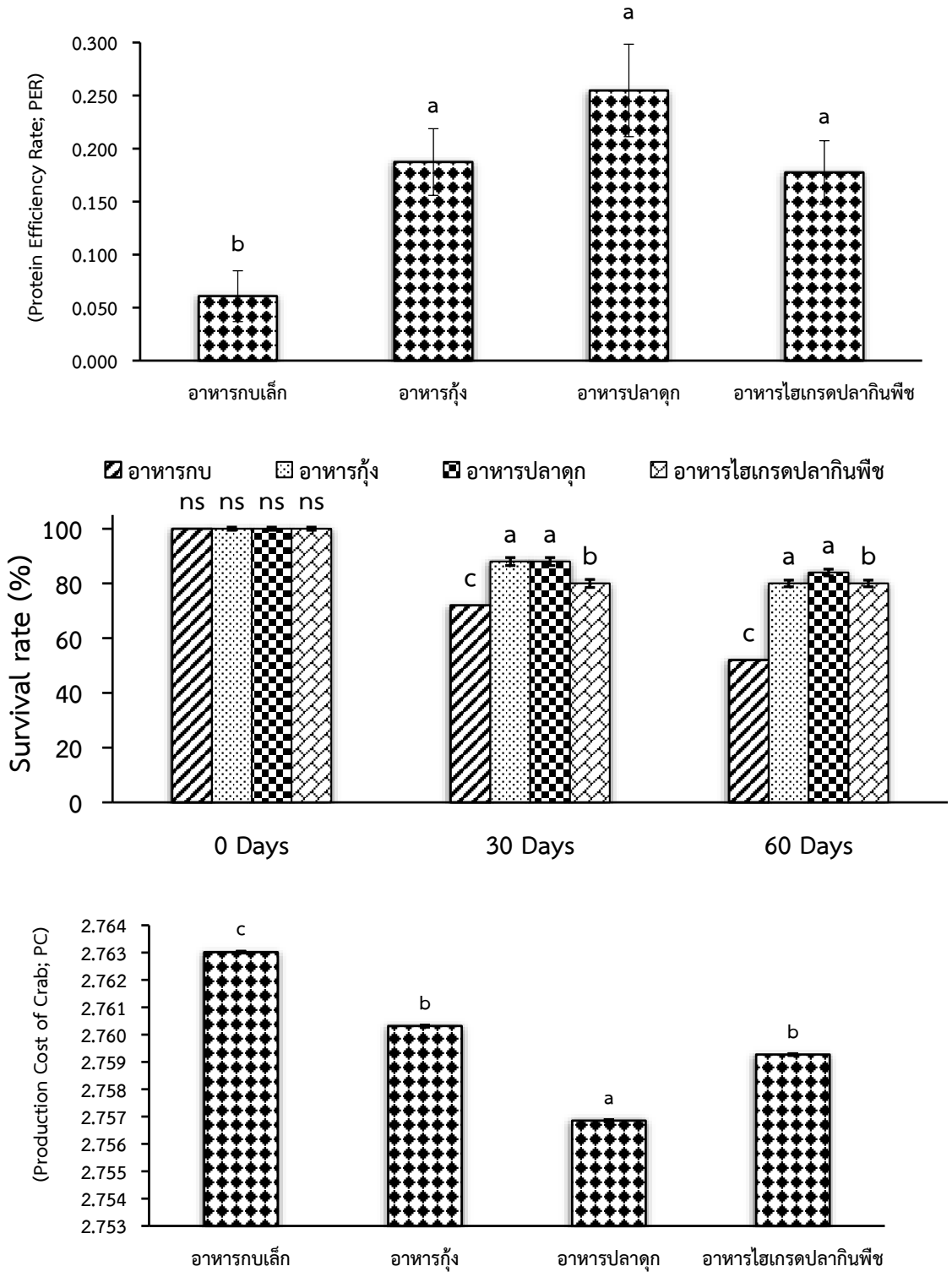
ด้านคุณภาพน้ำของการเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา มีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ซึ่งค่าอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 29.00±0.577 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 27.66±0.333 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5.54±0.124 - 5.81±0.257 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.39±0.089 - 7.46±0.070 และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.015±0.001 - 0.017±0.000 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 15)



ภาพที่ 15 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพโปรตีน อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 13 น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว) ความยาว (มิลลิเมตร/ตัว) และความกว้าง (มิลลิเมตร/ตัว) ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatment				P-value
	T1 (Control)	T2	T3	T4	
Initial average weight, g/crab	13.480±0.321^{ns}	13.476±0.084^{ns}	13.490±0.081^{ns}	13.410±0.229^{ns}	0.969
Initial average length, mm/crab	26.066±0.339^{ns}	25.673±0.139^{ns}	25.653±0.104^{ns}	26.236±0.264^{ns}	0.272
Initial average width upper margin between of eyes, mm/crab	10.606±0.228^{ns}	10.740±0.258^{ns}	10.816±0.374^{ns}	10.920±0.312^{ns}	0.897
Initial average width carapace, mm/crab	32.916±0.221^{ns}	33.240±0.300^{ns}	33.176±0.289^{ns}	33.33±0.271^{ns}	0.740
Initial average width lower margin of carapace, mm/crab	15.33±0.385^{ns}	15.830±0.352^{ns}	16.22±0.723^{ns}	16.186±0.406^{ns}	0.276

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิต ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatment				P-value
	T1 (Control)	T2	T3	T4	
Initial average weight, g/crab	13.480±0.321^{ns}	13.476±0.084^{ns}	13.490±0.081^{ns}	13.410±0.229^{ns}	0.969
Final average weight, g/crab	15.790±0.110^{b}	20.033±1.184^{a}	21.643±1.387^{a}	18.733±0.948^{ab}	0.021
Maximum length, mm/crab	28.794±0.943^{b}	30.060±0.077^{ab}	32.187±0.894^{a}	29.076±0.175^{b}	0.024
Maximum width upper margin between of eyes, mm/crab	13.414±0.810^{ns}	15.687±1.003^{ns}	21.628±0.474^{ns}	14.126±0.951^{ns}	0.164
Maximum width carapace, mm/crab	35.512±0.757^{b}	37.309±0.444^{ab}	38.386±0.844^{a}	36.843±0.313^{ab}	0.066
Maximum width lower margin of carapace, mm/crab	17.498±0.096^{b}	20.579±0.686^{a}	21.538±0.571^{a}	18.287±0.609^{b}	0.002
Wight gain, g/crab	2.310±0.085^{b}	6.556±1.101^{a}	8.153±1.396^{a}	5.323±0.913^{ab}	0.018
Average daily growth, g/crab/day	0.038±0.001^{b}	0.109±0.018^{a}	0.135±0.023^{a}	0.088±0.015^{ab}	0.018
Specific growth rate, %	3.849±0.142^{b}	10.927±1.835^{a}	13.588±2.328^{a}	8.872±1.522^{ab}	0.018
Feed conversion rate, units	1.910±0.665^{b}	0.786±0.124^{a}	0.640±0.120^{a}	0.893±0.171^{a}	0.000
Protein Efficiency rate, units	0.060±0.002^{b}	0.187±0.031^{a}	0.254±0.043^{a}	0.177±0.030^{a}	0.000
Survival rate, %	61.0±0.5773^{c}	85.33±1.453^{a}	87.33±1.201^{a}	78.0±1.528^{b}	0.290
Production cost of crab; PC, baht/Crab	2.763±0.00^{d}	2.760±0.00^{c}	2.756±0.00^{a}	2.759±0.00^{b}	0.014

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ(P <0.05), ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 15 คุณภาพน้ำในบ่อของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชนิดต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Parameter	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Air Temperature (°C)	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	29.00±0.577^{ns}	1.00
Water Temperature (°C)	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	27.66±0.333^{ns}	1.00
DO (mg/l)	5.81±0.257^{ns}	5.54±0.124^{ns}	5.75±0.098^{ns}	5.65±0.123^{ns}	0.303
pH	7.43±0.055^{ns}	7.43±0.067^{ns}	7.39±0.089^{ns}	7.463±0.070^{ns}	0.520
Ammonia (mg/l)	0.017±0.000^{ns}	0.016±0.001^{ns}	0.015±0.001^{ns}	0.015±0.001^{ns}	0.135

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

<u>การเลี้ยงปูนา</u> ผลการทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 32.24 - 39.47 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้นอยู่ระหว่าง 11.46 - 13.10, 2.26 - 2.80, 1.67 - 1.88 และ 7.26 - 8.26 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง)

จากการทดลองเลี้ยงปูนาด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผงในอาหาร โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 12.50±0.74 - 13.73±0.60 กรัม/ตัว ความยาวกระดองเริ่มต้นเท่ากับ 25.653±0.104 - 26.236±0.264 มิลลิเมตร/ตัว ความกว้างขอบบนของกระดองระหว่างตา ความกว้างกระดองและความกว้างขอบล่างของกระดองเริ่มต้นเท่ากับ 10.606±0.228 - 10.920±0.312, 32.916±0.228 - 33.33±0.271 และ 15.33±0.385 - 16.22±0.723 มิลลิเมตร/ตัว (ตารางที่ 16) ซึ่งลูกปูนามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่ 10 วันแรกของการเลี้ยงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ปูนาที่ได้รับอาหารปลาดุก (T3) มีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงใน (ภาพที่ 18) ดังนี้

1. น้ำหนักเฉลี่ย (Average weight; g/crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 16.90±0.82 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 18

2. ความยาวเฉลี่ย (Average carapace length; mm./crab)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 29.52±0.37 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 17

3. ความกว้างของกระดองระหว่างตา (Average width upper margin between of eyes; mm./crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีความกว้างของกระดองระหว่างก้านตาเท่ากับ 9.44±0.12 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่า

ปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 17

4. ความกว้างของกระดอง (Average carapace width; mm./crab)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 36.23±0.50 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 17

5. ความกว้างส่วนล่างของกระดอง (Average width lower margin of carapace; mm./crab)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 15.94±0.18 มิลลิเมตร/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 17

6. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; g/crab)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.78±0.56 กรัม/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 18

7. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (Average diary growth; g/crab/day)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.031±0.003 กรัม/วัน/ตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 18

8. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.58±0.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุด

การทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 19

9. อัตราการแลกเนื้อ (Feed conversion rate; units)

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีอัตราการแลกเนื้อเท่ากับ 1.18±0.04 ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) และชุดการทดลองที่ 1 (PF) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 19

10. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency rate; units)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเท่ากับ 0.170±0.01 ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 19

11. อัตราการรอดตาย (Survival rate; %)

ปูนาทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) และ 5 เปอร์เซ็นต์ (PFA 5%) มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 93.33±6.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนาใน ชุดการทดลองที่ 1 (PF) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 20

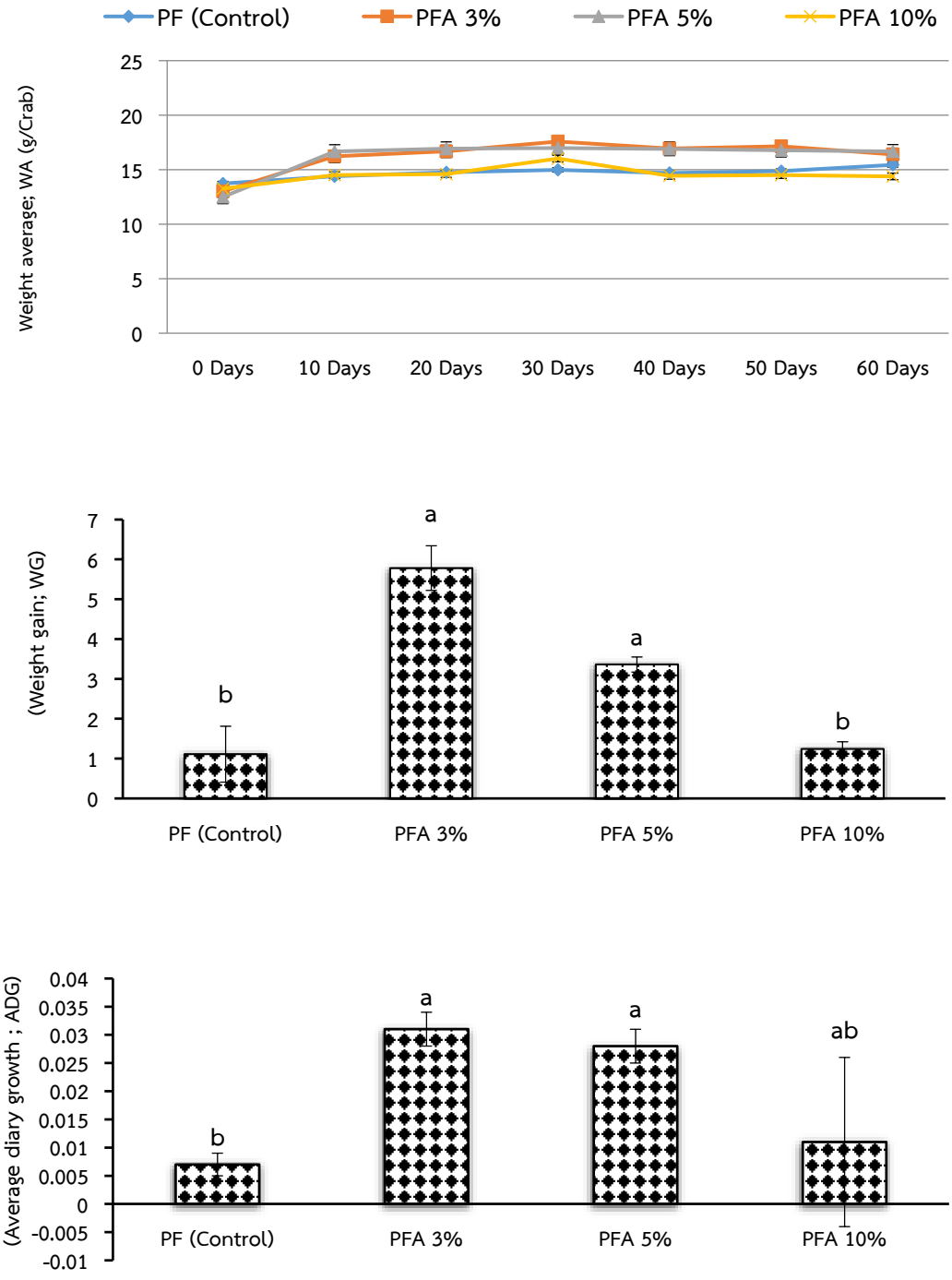
12. ต้นทุนการผลิต (Production cost of crab; baht/crab

ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ด (PF) มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 1.61±0.03 บาท/ตัว มีค่าต่ำกว่าปูนาในชุดการทดลองที่ 2 (PFA 3%) ชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) และชุดการทดลองที่ 4 (PFA 10%) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 17 และ ภาพที่ 20

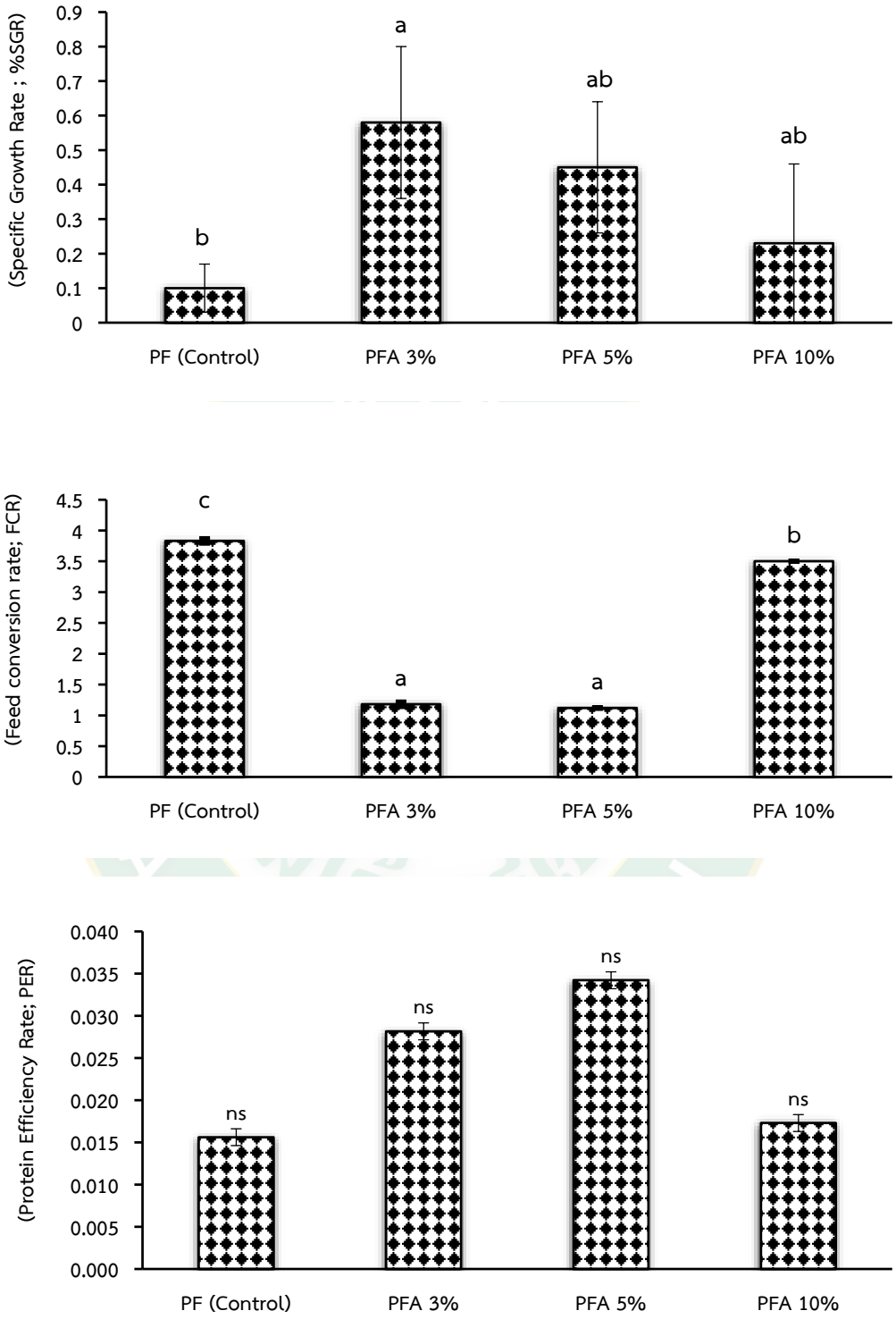
13. คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำของการอนุบาลลูกปูนาด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผงในอาหาร มีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูนา ซึ่งมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27 - 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25 - 28 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.0 - 7.5 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.0 - 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.025 - 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่าง

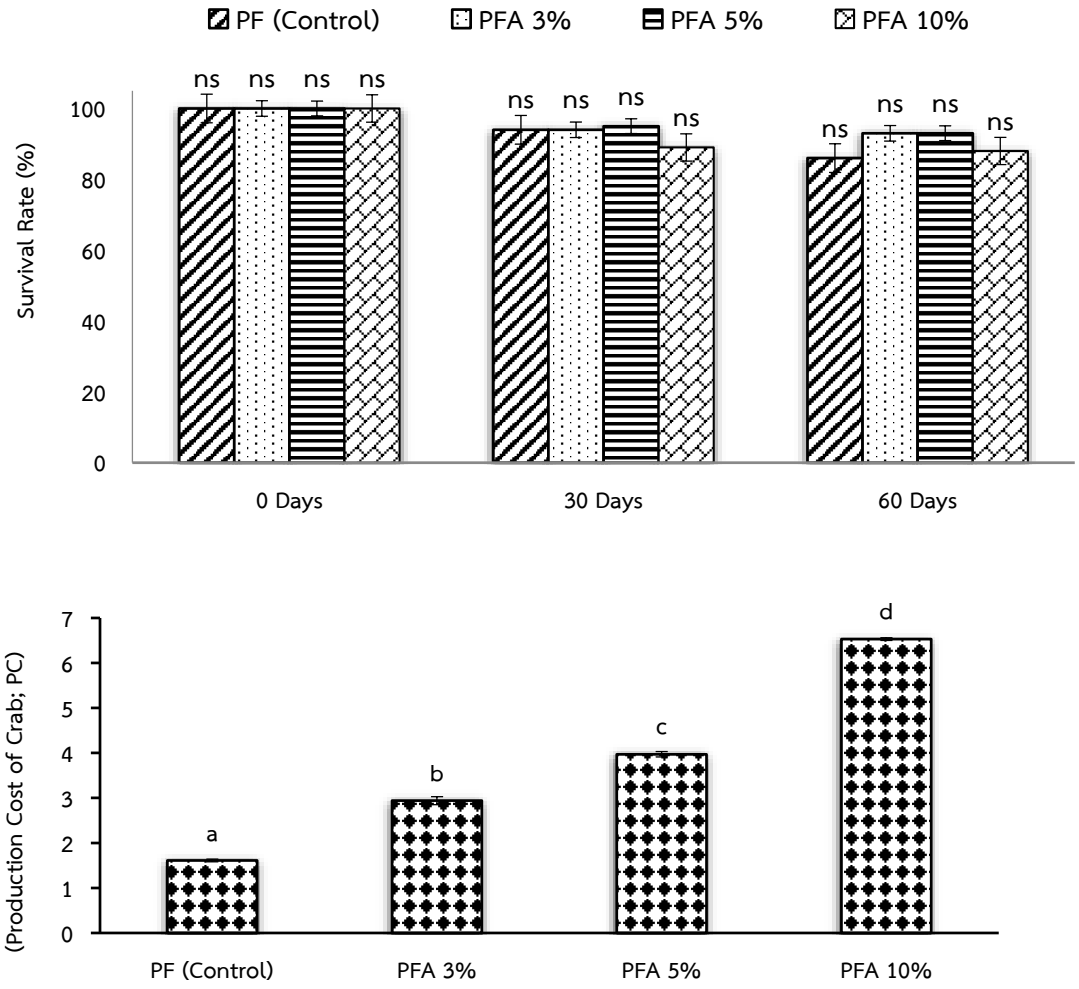
กันทางสถิติทางสถิติ (P>0.05) ในทุกชุกการทดลอง แต่ปูนาที่ได้รับอาหารด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มให้ผลดีกว่าชุดการทดลองอื่น (ตารางที่ 18)



ภาพที่ 18 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 19 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพโปรตีนของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน



ภาพที่ 20 อัตรารอดตาย และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

ตารางที่ 16 น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น(กรัม/ตัว) ความยาว(มิลลิเมตร/ตัว) และความกว้าง(มิลลิเมตร/ตัว) ของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Initial average weight, g/crab	13.73±0.60^{ns}	13.02±0.65^{ns}	12.50±0.74^{ns}	13.26±0.89^{ns}	0.085
Initial average length, mm/crab	26.066±0.339^{ns}	25.673±0.139^{ns}	25.653±0.104^{ns}	26.236±0.264^{ns}	0.272
Initial average width upper margin between of eyes, mm/crab	10.606±0.228^{ns}	10.740±0.258^{ns}	10.816±0.374^{ns}	10.920±0.312^{ns}	0.897
Initial average width carapace, mm/crab	32.916±0.221^{ns}	33.240±0.300^{ns}	33.176±0.289^{ns}	33.33±0.271^{ns}	0.740
Initial average width lower margin of carapace, mm/crab	15.33±0.385^{ns}	15.830±0.352^{ns}	16.22±0.723^{ns}	16.186±0.406^{ns}	0.276

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และต้นทุนการผลิตของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Growth performance	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Initial average weight, g/crab	13.73±0.60^{ns}	13.02±0.65^{ns}	12.50±0.74^{ns}	13.26±0.89^{ns}	0.085
Final average weight, g/crab	14.84±0.33^{b}	16.90±0.82^{a}	16.77±0.01^{a}	14.50±0.34^{b}	0.015
Maximum length, mm/crab	28.59±0.20^{a}	29.52±0.37^{a}	29.18±0.48^{a}	28.57±0.23^{a}	0.128
Maximum width upper margin between of eyes, mm/crab	9.07±0.09^{bc}	9.44±0.12^{a}	9.31±0.14^{ab}	8.93±0.08^{c}	0.005
Maximum width carapace, mm/crab	35.52±0.30^{a}	36.23±0.50^{a}	35.89±0.61^{a}	34.93±0.29^{a}	0.191
Maximum width lower margin of carapace, mm/crab, mm/crab	15.80±0.16^{ns}	15.94±0.18^{ns}	15.77±0.19^{ns}	15.60±0.18^{ns}	0.606
Wight gain, g/crab	1.11±0.70^{b}	5.78±0.56^{a}	3.36±0.89^{a}	1.24±0.65^{b}	0.06
Average daily growth, g/crab/day	0.007±0.002^{b}	0.031±0.003^{a}	0.028±0.003^{a}	0.088±0.015^{ab}	0.007
Specific growth rate, %	0.10±0.07^{b}	0.58±0.22^{a}	0.45±0.19^{ab}	0.23±0.23^{ab}	0.11
Feed conversion rate, units	3.83±0.04^{c}	1.18±0.04^{a}	1.12±0.01^{a}	3.50±0.00^{b}	0.000
Protein Efficiency rate, units	0.034±0.01^{ns}	0.170±0.01^{ns}	0.094±0.01^{ns}	0.031±0.01^{ns}	0.092
Survival rate, %	86.66±13.33^{a}	93.33±6.66^{a}	93.33±6.66^{a}	88.88±5.87^{a}	0.92
Production cost of crab; baht/Crab	1.61±0.03^{a}	2.94±0.09^{b}	3.97±0.06^{c}	6.53±0.03^{d}	0.014

หมายเหตุ: ตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ(P <0.05), ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 18 คุณภาพน้ำเลี้ยงปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายที่ระดับต่างกัน เป็นระยะเวลา 60 วัน

Parameter	Treatment				P-value
	PF (Control)	PFA 3%	PFA 5%	PFA 10%	
Air Temperature (℃)	30.55±0.237^{ns}	29.87±0.177^{ns}	27.96±0.477^{ns}	32.10±0.147^{ns}	1.00
Water Temperature(℃)	28.66±0.343^{ns}	26.66±0.433^{ns}	27.66±0.533^{ns}	25.96±0.233^{ns}	1.00
DO (mg/l)	1.81±0.257^{ns}	2.54±0.124^{ns}	2.75±0.098^{ns}	1.65±0.123^{ns}	0.303
pH	7.43±0.055^{ns}	7.43±0.067^{ns}	7.39±0.083^{ns}	7.563±0.070^{ns}	0.520
Ammonia (mg/l)	0.048±0.001^{ns}	0.026±0.001^{ns}	0.035±0.001^{ns}	0.051±0.001^{ns}	0.135

หมายเหตุ: ตัวอักษร ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

การวิเคราะห์ตรวจสอบสารปนเปื้อน

ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบสารปนเปื้อน และเชื้อปูนาที่เลี้ยงจากงานวิจัย โดยสุ่มตัวอย่างปูนาสด ปูนาแช่แข็ง และปูนาต้ม โดยวิเคราะห์ตรวจในกลุ่ม Organochlorine group, Organophosphate group, Pyrethroid group, Carbamate group และตรวจหาเชื้อ *Escherichia coli* ในตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างปูนาสด ปูนาแช่แข็ง และปูนาต้ม ไม่พบสารปนเปื้อนทุกตัว และตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli* พบว่ามีปริมาณเพียง <10 CFU ในปูนาสด และปูนาแช่แข็ง (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 วิเคราะห์สารปนเปื้อนและเชื้อ *Escherichia coli* ในตัวอย่างปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*)

รายการทดสอบ	**µg/kg (น้ำหนักสด)**		
	ปูนาสด	**ปูนาแช่แข็ง**	**ปูนาต้ม**
Organochlorine group	Not Detected	Not Detected	Not Detected
Organophosphate group	Not Detected	Not Detected	Not Detected
Pyrethroid group	Not Detected	Not Detected	Not Detected
Carbamate group	Not Detected	Not Detected	Not Detected
Escherichia coli (CFU/g)	<10	<10	-

หมายเหตุ: Not Detected=ไม่พบสารปนเปื้อน

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า *Spirulina (Arthrospira) platensis* ในอาหารต่อการเจริญเติบโต และต้นทุนของปูนา (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยการทดลอง 3 การทดลอง ดังนี้

<u>การอนุบาลลูกปูนา</u> การทดลองที่ 1 ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการอนุบาลลูกปูนา (*S. bangkokensis*)

จากการศึกษาอนุบาลลูกปูนาเป็นระยะเวลา 60 วัน ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นอนุบาลอยู่ระหว่าง 0.0082±0.0001 - 0.0083±0.0002 กรัม/ตัว ความกว้างและความยาวกระดอง (Carapace) เริ่มต้นอนุบาลอยู่ระหว่าง 2.6708±0.1269 - 3.3090±0.3397 และ 2.2745±0.0840 - 2.5739±0.1503 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ พบว่า ลูกปูนาในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ 3 (PFA 5%) มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ ประสิทธิภาพในการใช้โปรตีน และอัตราการรอด เท่ากับ 1.2900±0.2011 กรัม/ตัว, 0.0215±0.0003 กรัม/ตัว/วัน, 2.1500±0.3351%, 0.9200±0.2007, 0.0342±0.0053 และ 87.33±1.2018% ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ Pintasiri and Promya (2019) รายงานการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชรด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมอาร์โธรสไปร่าที่ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนัก ความยาว ความกว้างกระดอง และอัตรารอดดีกว่าชุดการทดลองอื่น (Lee, 1971; Pintasiri and Promya, 2019) กล่าวว่าสัตว์น้ำกลุ่ม Crustacean ต้องการโปรตีนในอาหารแตกต่างกันตามขนาดตัว รวมถึงคุณภาพของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกลุ่ม Crustacean การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปู จะดีขึ้นต้องใช้อาหารเสริมมาช่วย เพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง และจะต้องขึ้นอยู่กับการเลือกใช้แหล่งโปรตีน รวมถึงอาหารที่ใช้ในการอนุบาลต้องเพียงพอเหมาะสม จึงจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตอัตรารอดได้ดีที่สุด (Thaiso and Wongmaniprathip, 2012; Promya and Chitmanat, 2011; Dulyachinda Chabaporn et al., 2001; Hemanon, 2004) และยังสอดคล้องกับ โกวิทย์ และทวี (2547) พบว่า มีการตายในช่วงแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการกินกันเอง และลอกคราบไม่ออก ซึ่งอัตรารอดของสัตว์น้ำในกลุ่ม Crustacean ควรมีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี Mu et al. (1998) ได้ทดลองเลี้ยงปู Chineese hairy crab ในระบบน้ำหมุนเวียน พบว่า อาหารโปรตีนที่ระดับ 39-42.5

เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าอัตรารอดของลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ระดับโปรตีน 38.4 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรารอดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ Hangsapreuke (2013) รายงานว่าการทดลองเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในไข่ตุ่นจะทำให้ลูกกุ้งมีอัตรารอดสูงขึ้นเพราะสาหร่ายสไปรูลิน่ามีโปรตีนสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังมีวิตามิน เกลือแร่ และรงควัตถุที่สำคัญอีกหลายชนิด ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน แข็งแรง และมีอัตรารอดสูงในการอนุบาลลูกกุ้งอีกด้วย ชาญยุทธ และวัฒนา (2555) ได้ศึกษาอาหารสำเร็จรูปตัวอ่อนระยะ Magalopa ของปูแสม *Episesarma singaporense* อนุบาล ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 32, 35, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของอัตราการรอด และอัตราการเจริญเติบโตของตัวอ่อนปูแสมระยะ Megalopa ที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนต่างกัน อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มการรอดของตัวอ่อนปูแสมเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 30% สูงกว่าอาหารสูตรอื่น ๆ โดยสรุปอาหารสำเร็จรูป สามารถใช้เป็นอาหารทางเลือกที่มีราคาถูกสำหรับตัวอ่อนปูแสมระยะ Megalopa ได้ Mu et al. (1998) กล่าวว่าสัตว์น้ำวัยอ่อนจำเป็นเป็นต้องการระดับของโปรตีนในอาหารสูงกว่าระยะหลังของการเจริญเติบโต เพราะจะสะสมพลังงาน และใช้พลังงานจากอาหารในการเจริญเติบโตอีกด้วย จงกล (2552) กล่าวว่าสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า มีโปรตีนสูงถึง 64-72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีกรดอะมิโน วิตามิน เกลือแร่ต่าง ๆ ที่สำคัญมีรงควัตถุ คือ คลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอย และไฟโคบิลิน (สารต้านอนุมูลอิสระ) ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกัน รวมถึงไขมันในสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนลิอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำจำพวก ปลา กุ้ง ปู ทำให้มีการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และช่วยให้ร่างกายเผาผลาญได้ดีขึ้น (Choubert, 1979; Liuliomon, 1 9 8 6 ; Nakamura, 1 9 8 2 ; Pornchalermpong and Rattanapanon, n.d.; Venkataraman, 1983) Jongkol et al. (2009) ได้กล่าวถึงอัตราส่วนการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ การเสริมนั้นจะอยู่ในอัตราส่วนที่ 3-5 เปอร์เซต์เหมาะสมมากที่สุด และให้ผลการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ดีที่สุด ถ้ามีการเสริมมากกว่าหรือน้อยกว่านั้น สัตว์น้ำกินอาหารน้อยลง ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ช้า ดังนั้นการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอัตราส่วนที่ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำที่สุด (Promya and Saetun, 2005; ธนบดี และจงกล, 2562; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562) ส่วนต้นทุนในการอนุบาลลูกปูนาด้วยสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง มีต้นทุนไม่แตกต่างกับการอนุบาลด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปซึ่งเหมาะสมเพื่อพัฒนามาใช้เป็นสูตรอาหารในการอนุบาลลูกปูนา กัมพล และสุธี (2555) กล่าวว่าต้นทุนในการอนุบาลลูกปูนา จะสูงหรือต่ำ อยู่ที่ชนิดและคุณภาพอาหารในการเลือกใช้ เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตลูกปูนา ดังนั้นต้นทุนอาจจะสูงหรือต่ำก็ได้ อยู่ที่การจัดการของผู้ผลิต อย่างไรก็ตามในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 60-70 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นเรื่องต้นทุนในการผลิต คือ ค่าอาหาร เป็นหลัก ดังนั้นจะต้องคำนึงถึง

การเลือกต้นทุนที่ต่ำ และผลิตเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562; ธนบดี และจงกล, 2562) และด้านคุณภาพน้ำของปูนาจากการทดลอง ซึ่งค่าอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 27.66 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5.540-5.810 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.393-7.463 และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.015-0.017 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ วันทำให้คุณภาพน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสม (Boyd and Tucker, 1992) ซึ่งใกล้เคียงกับกระสินธุ์ (2556), มั่นสิน และไพรพรรณ (2544), วิรัช (2544) พบว่าคุณสมบัติของน้ำการทดลองตรวจสอบทุก ๆ 3 วัน อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

<u>การเลี้ยงปูนา</u> ผลการทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

จากการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา เป็นระยะเวลา 60 วัน โดยที่มีลักษณะ และขนาดของอาหารเม็ดสำเร็จรูปแตกต่างกัน ซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้นเลี้ยงอยู่ระหว่าง 13.410±0.229 - 13.490±0.081 กรัม/ตัว ความยาวกระดองและความกว้างกระดอง (Carapace) เริ่มต้นเลี้ยงอยู่ระหว่าง 25.653±0.104 - 26.236±0.264 และ 32.916±0.228 - 33.33±0.271 มิลลิเมตร/ตัว ตามลำดับ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกเล็ก (T3) ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนัก ความยาว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ อัตรารอด และต้นทุนการผลิตปูนา ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ ชนกันต์ และสมชาย (2555) ศึกษาลักษณะของอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเลี้ยงปลาทับทิมในกระชัง พบว่า อาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้การเจริญเติบโต มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ ช่วงเดือนที่ 2, 3 และ 4 ของการเลี้ยง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Mu et al. (1998) ได้ทดลองเลี้ยงปู Chinese hairy crab ในระบบน้ำหมุนเวียน พบว่า อาหารโปรตีนที่ระดับ 39-42.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดดีที่สุด และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อัตรารอดของลูกปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ระดับโปรตีน 38.4 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรารอดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของโกวิทย์ และทวี (2547) พบว่า มีการตายในช่วงแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการกินกันเอง แม้ว่าการกินกันเองจะเป็นปัญหาหลักต่ออัตรารอดในระหว่างการทดลอง อย่างไรก็ตามการทดลองนี้มีการป้องกันการกินกันเอง โดยให้ที่หลบซ่อนกับปูนาส่วนต้นทุนในการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารสัตว์น้ำ

ต่างชนิดกัน มีต้นทุนแตกต่างกัน ต้นทุนในการเลี้ยงปูนานั้น จะสูงหรือต่ำก็ได้อยู่ที่ชนิดและคุณภาพอาหาร เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปูนา อย่างไรก็ตามในการเลี้ยงสัตว์น้ำ 60-70 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นเรื่องต้นทุนในการผลิต คือ ค่าอาหาร เป็นหลัก ดังนั้นจะต้องคำนึงถึงการเลือกต้นทุนที่ต่ำ และผลิตตอบกลับสูงที่สุด (กัมพล, 2556; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562; ธนบดี และจงกล, 256) และด้านคุณภาพน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูนา ซึ่งค่าอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 29.00 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 27.66 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5.540-5.810 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าวามเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.393-7.463 และค่าแอมโมเนีย อยู่ระหว่าง 0.015-0.017 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก ๆ วันทำให้คุณภาพน้ำ ไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับ จิตติมา (2562) ได้ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร โดยเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมด้วยสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 3, 5 และ 10 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าอยู่ระหว่า 2.0-4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.3-8.0 อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส และทำให้มีคุณภาพน้ำเหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Boyd and Tucker, 1992; New and Singholka, 1985; มั่นสิน และไพรพรรณ, 2544; ยนต์, 2529; วิรัช, 2544; สมพงษ์ และคณะ, 2544)

<u>การเลี้ยงปูนา</u> ผลการทดลองที่ 3 ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนา (*S. bangkokensis*)

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผงในอาหารเม็ดสำเร็จรูปของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร ในชุดการทดลองที่ 2 อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ (PFA 3%) ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนัก ความยาว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ อัตรารอด และต้นทุนการผลิตปูนา ดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับจงกล และคณะ (2548) รายงานว่าการใช้สาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผสมในอาหารกุ้งก้ามกราม 1-3 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ผลผลิตกุ้งก้ามกรามในบ่อดินได้ดี และยังช่วยทำให้สีกุ้งเข้มขึ้น โดยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าทำให้มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนัก ความยาว น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการแลกเนื้อดีกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ไม่ผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า (กระสินธุ์, 2556; นพรัตน์ และคณะ, 2560; ปิยาลัย และคณะ, 2547; Promya and Chitmanat, 2011)

ส่วนอัตรารอดของปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปผสมสาหร่ายสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มอัตรารอดมากกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สมพงษ์ และคณะ, 2544) พบว่าอัตรารอดของปูนาจะดีขึ้นต้องใช้อาหารเสริมช่วยเพื่อความแข็งแรง และการเจริญเติบโตได้ดี และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ โกวิทย์ และทวี (2547) พบว่า มีการตายในช่วงแรกของการเลี้ยง เนื่องจากมีการกินกันเอง แม้ว่าการกินกันเองจะเป็นปัญหาหลักต่ออัตรารอดในระหว่างการทดลอง อย่างไรก็ตามการทดลองนี้มีการป้องกันการกินกันเอง โดยให้ที่หลบซ่อนกับปูนา กัมพล และสุธี (2555) รายงานการเจริญเติบโตของปูนาขึ้นอยู่กับการรับโปรตีนในอาหารที่ เหมะสม และจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตดีที่สุด Lee (1971) กล่าวว่ากลุ่ม Curstacean ต้องการโปรตีนในอาหารแตกต่างกันตามขนาด และคุณภาพของโปรตีนต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำกลุ่ม Curstacean Jongkol et al. (2009) ได้กล่าวถึงอัตราส่วนการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ การเสริมนั้นจะอยู่ในอัตราส่วนที่ 3-5 เปอร์เซต์เหมาะสมมากที่สุด และให้ผลการเจริญเติบโต อัตรารอดตายดีที่สุด ถ้ามีการเสริมมากกว่าหรือน้อยกว่านั้น สัตว์น้ำกินอาหารน้อยลง ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ช้า ดังนั้นการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอัตราส่วนที่ 3-5 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำที่สุด (Promya and Saetun, 2005; ธนบดี และจงกล, 2562; ธนบดี และขจรเกียรติ์, 2562) ด้านคุณภาพน้ำของของปูนามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.0-7.5 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 1.0-2.5 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.025-0.05 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 2 วัน ทำให้คุณภาพน้ำไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคลองกับ ยนต์, 2529; มั่นสิน และไพพรรณ, 2544; วิรัช, 2544; สมพงษ์, 2544; New and Singholka, 1982 รายงานว่าคุณสมบัติของน้ำที่ตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.0-4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.3-8.0 อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส และทำให้มีคุณภาพน้ำเหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Boyd and Tucker, 1992)

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*) เพื่อเป็นอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยการทดลอง 3 การทดลอง ดังนี้

จากการศึกษาผลของสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการอนุบาลลูกปูนา พบว่าลูกปูนาที่อนุบาลด้วยอาหารชนิดผงผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอดดีกว่าชุดทดลองอื่น ๆ

การเปรียบเทียบชนิดอาหารสัตว์น้ำต่อการเจริญเติบโตของปูนา พบว่าอาหารปลาดุกมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายดีกว่าชุดทดลองอื่น ๆ รวมถึงต้นทุนการผลิตต่ำกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารกบเล็ก อาหารกุ้ง และอาหารไฮเกรดปลากินพืช

ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการเลี้ยงปูนา พบว่าปูนาที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกชนิดเม็ดผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าผง 3 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอดดีกว่าชุดทดลองอื่น ๆ

ด้านคุณภาพน้ำทั้ง 3 ชุดการทดลองของการอนุบาลและเลี้ยงปูนามีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ

ดังนั้นสรุปได้ว่า การอนุบาลปูนาด้วยสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 5 เปอร์เซ็นต์ และการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารปลาดุกผสมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่า 3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปูนามีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายดีที่สุด และนอกจากนี้ ปูนาที่อนุบาลและเลี้ยงด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าทุกชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าช่วยสร้างภูมิคุ้มกันแข็งแรง เพิ่มอัตรารอด ช่วยในการพัฒนาการเจริญเติบโตให้กับปูนาได้ และมีต้นทุนไม่แตกต่างกับการอนุบาลและเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป รวมถึงคุณภาพน้ำไม่เสียอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งเหมาะสมเพื่อนำไปพัฒนาเป็นสูตรอาหารในการอนุบาลและเลี้ยงปูนาต่อไป

บรรณานุกรม

กระสินธุ์ หังสพฤกษ์. 2556. **การอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยสาหร่ายสไปรูลิน่าในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด**. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

กัมพล ไทยโส และ สุธี วงศ์มณีประทีป. 2555. ผลของแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายในการอนุบาลลูกปูนา. **แก่นเกษตร**, 40, 123-128.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโมมนต์. 2529. งานวิจัยสาหร่ายทะเลในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์**, 3, 144- 148.

แก้วตา ลิ้มเฮง, บุษกร ล้วนศิริ, ปรางทิพย์ หอศิวาลัย, วศิน วุฒิวิชญานันต์ และ คุณาดล ศิลาฤดี. 2559. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่า *Spirulina platensis* ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาอีกง. **แก่นเกษตร**, 44(ฉบับพิเศษ 1), 656-661.

โกวิทย์ เก้าเอี้ยน และ ทวี จินดามัยกุล. 2547. **การเพาะเลี้ยงและอนุบาลปูม้า (*Portunus peragicus* Linnaeus, 1758)**. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 19/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา.

โฆษิต ศรีภูธร, อร่าม คุ้มกลาง และ วุฒิพงษ์ ฮามวงศ์. 2542. **ลักษณะทางชีววิทยา นิเวศวิทยาเบื้องต้นและการจำแนกชนิดของปูน้ำจืดในจังหวัดสกลนคร**. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลสกลนคร.

จงกล พรมยะ. 2552. **การเพาะเลี้ยงสาหร่าย**. เชียงใหม่: คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จงกล พรมยะ และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2558. กรรมวิธีการคงสภาพสาหร่ายสไปรูลิน่าสด เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ในอาหารปลาแฟนซีคาร์ฟ. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต**, 3(2), 1-14.

จงกล พรมยะ, ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร และ ชนกันต์ จิตมนัส. 2555. ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าสดต่อการเจริญเติบโต และการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันในการอนุบาลปลานิลแดง (*Oreochromis* sp.) **วารสารวิทยาศาสตร์. มข**., 40(1), 218-227.

จันทร์เพ็ญ จันทะเสน. 2560. **ผลการเสริมสาหร่าย *Spirulina platensis* ต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ**. คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จิตติมา อภัยศรี. 2562. **ผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*).**

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชนกันต์ จิตมนัส และ สมชาย มะกาว. 2555. **ผลของระดับโปรตีนและลักษณะของอาหารเม็ดสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของการเลี้ยงปลาทับทิมในกระชังบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยแพะ ต.นาปรัง อ.ปง จ.พะเยา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชมพูนุช จรรยาเพศ, ทักษิณ อาชวาคม, วิยะดา สีหบุตร และ เกษม ทองทวี. 2527. **ชีววิทยาปูนาศัตรูข้าว**. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยประจำปี 2527. กองกีฏและสัตววิทยากรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชมพูนุท จรรยาเพศ. 2553. ปูนา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://brrd.in.th/main/document/new/ricefield%20crabs_01.pdf?fbclid=IwAR0JcABG3aycgenjeuNK1Oo9U1C_BXi_CczhNtw_TUjnsivlz_0o5Ka0M54 (15 มิถุนายน 2562).

ชาคริต จุลกะเสวี. 2533. ปูนา-ศัตรูร้ายกัดทำลายต้นข้าว. **วารสารไทย**, 10(40), 65-74.

ชาญยุทธ สุดทองคง และ วัฒนา วัฒนกุล. 2555. อาหารสำเร็จรูปสำหรับตัวอ่อนระยะ Megalopa ของปูแสม *Episesarma singaporense*. (น. 421-428). ใน **วิจัยและนวัตกรรมขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 13**. มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดวงมณี เดชเดชาชาญ. 2544. **สาหร่ายสไปรูลิน่า**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตุลฮาบ หวังสุข. 2558. **สารอาหารที่สำคัญในอาหารเม็ดสำเร็จรูป**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.premer1988.com/articledetail/ (3 เมษายน 2562).

ทัศนีย์ คิดจิตต์. 2522. **ชีววิทยาบางประการของปูนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพวัลย์ ส่งละออ. 2556. **ผลของสาหร่ายสาหร่ายสไปรูลิน่าสดต่อการเจริญเติบโตของลูกอ๊อดกบนา**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เทพพิทักษ์ บุญทา. 2556. **ผลของรูปแบบการเลี้ยงและอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกบนา**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2556. **อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงสัตว์น้ำ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.thaikasetsart.com/อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงสัตว์น้ำ (12 มีนาคม 2563).

ธนบดี ปิ่นทศิริ และ ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2562. ปูนาไทย (Rice-Field Crab). **วารสารแม่โจ้ปริทัศน์**, 20(3), 27-31.

ธนบดี ปิ่นทศิริ และ จงกล พรมยะ. 2562. ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการ

เจริญเติบโตของปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (*Sayamia bangkokensis*). **วารสารแก่นเกษตร**, 47(ฉบับพิเศษ 2), 7-14.

นพคุณ ภักดีณรงค์, ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล และ อาณัติ จันทร์ถิระติกุล. 2552. อาหารธรรมชาติของปูนา *Esanthelphusa dugasti*. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.** , 37(1), 49-55.

นพรัตน์ พัชณีย์ & ทรงทรัพย์ อรุณกมล. 2560. ผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลากดเหลือง. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 11, 1-10.

นฤมล นุตยะสกุล. 2526. การนำสาหร่ายสไปรูลิน่าทำเป็นอาหารหรือขนม. **วารสารคหกรรม**, 6, 784-755.

นิภาศักดิ์ คงงาม. 2557. นิเวศวิทยาวัฒนธรรมปูนาอาณาบริเวณพนมดงรักไทย-กัมพูชา. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://srruir.srru.ac.th:8080/xmlui/handle/123456789/100 (27 พฤษภาคม 2562).

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2546. ปูนามรดกดินที่มีค่าแต่ว่ายังไม่ได้นำมาใช้แบบยั่งยืน. **วารสารมติชนบทเทคโนโลยีชาวบ้าน**, 15(318), 102-105.

บรรจง เทียนส่งรัศมี และ บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2545. **ปูทะเล ชีววิทยา การอนุรักษ์ทรัพยากรและการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์แบบยั่งยืน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

บำรุงศักดิ์ ฉัตรอนันทเวช. ม.ป.ป. **ปู.** โครงการแผนที่ภูมิทัศน์ภาคใต้: ฐานเศรษฐกิจและทุนวัฒนธรรม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ, บรรจง เทียนส่งรัศมี, จีรภา เจริญวงศ์ และ ผจงจิตต์ ยอดเจริญ. 2543. การเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต ในเลือดของปูทะเล (Scylla serrata) ในรอบวงจรการลอกคราบ. (น. 18-22) ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38**, วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์. 2527. **การทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch) ด้วยเนื้อปลาบดผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าผง**. รายงานประจำปีสถานีวิจัยประมงศรีราชา ปี 2525-2526. สถานีวิจัยประงศรีราชา.

พรทิพย์ งานสกุล และ เจต พิมลจินดา. 2537. **การทดลองเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารต่างชนิดกัน**. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พูนสิน พานิชสุข. 2541. การเพาะเลี้ยงปูม้าในประเทศญี่ปุ่น. **วารสารการประมง**, 51(4), 351-362.

ไพบูลย์ นัยเนตร. 2520. **ปูน้ำจืดที่เป็นพาหะของพยาธิใบไม้ในปอดในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพบูลย์ นัยเนตร. 2550. การแพร่กระจายของปูน้ำจืด *Genus Somaniathelphusa* ในประเทศไทย. **การประชุมวิชาการสาขาสัตวศาสตร์,** 18, 5-15.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และ ไพรพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์ชนิดอื่น ๆ เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยนต์ มุสิก. 2529. **การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม**. สระบุรี: โรงพิมพ์ปากเพรียวการช่าง.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวิมล ไชยแก่น. 2556. **ผลของสาหร่ายสาหร่ายสไปรูลิน่าสดและแห้งต่อการเจริญเติบโตของลูกอ๊อด กบนา**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และ กาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์. 2547. การปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้รงควัตถุแคโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูลินา. **วารสารการประมง**, 57(2), 107-115.

วารินทร์ ธนาสมหวัง. 2547. **การอนุบาลลูกปูม้า (*Portunnus pelagicus* Linnaeus, 1758) ในที่กักขังโดยให้ที่หลบซ่อนต่างชนิด**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 35/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิยะดา สีหบุตร, ชมพูนุช จรรยาเพศ และ วินัย จันดี. 2523. **การศึกษาการกำจักทำลายข้าวกล้าอายุต่างกัน โดยปูนา *Somaniathelpusa germaini*.** รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยประจำปี 2523. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. **ความรู้เบื่องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิวรรธน์ สิงห์ทวีศักดิ์. 2546. **การเลี้ยงปูทะเล *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949) ในบ่อดินที่มีที่หลบซ่อน**. เอกสารวิชาการ ฉบับที่18/2546. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วีระพงษ์ โนนพิลา. 2550. **อัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของปูนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และ อัญชลี พิพัฒนวัฒนากุล. 2548. ผลของสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโต และระดับแอนติบอดี ในปลาดุกพันธุ์ผสม (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus* (Burchell). **วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี**, 27(ฉบับพิเศษ 1), 115-132.

ศุภชัย นิลวานิช. 2543. เพาะเลี้ยงปูม้างานวิจัยของกรมประมงเพื่อสร้างรายได้ให้คนไทย. **วารสารมติชนบทฉบับเทคโนโลยีชาวบ้าน**, 12(244), 76-77.

สมพงษ์ ดุลย์จินดาชบาพร, ชบาพร พรชัย, จารุรัตน์ จามร และ สำเนาว์ ข้องสาย. 2542. **การศึกษา**

ชีววิทยาของปูนา. ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมพงษ์ ดุลย์จินดาชบาพร, ชบาพร พรชัย, จารุรัตน์ จามร, สำเนาว์ ข้องสาย และ เตือนใจ ดุลจินดา. 2544. การศึกษาอายุและการเจริญเติบโตของปูนา. (น. 260-265). ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39**. 5-7 กุมภาพันธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพงษ์ ดุลย์จินดาชบาพร, สำเนาว์ ข้องสาย, ศิริภาวี เจริญวัฒนศักดิ์, บัณฑิต ยวงสร้อย และ กัมพล ไทยโส. 2553. **การพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปูนาเพื่อผลิตปูนานิ่ม**. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สวาท รัตนวรพันธุ์ และ สมชาย ตังพูลผล. 2516. ปูนาในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์**, 6(6), 569-578.

สายัณห์ ปิกวงศ์. 2551. **งานวิจัยปูนาเพื่อเกษตรกรในยุคข้าวยากหมากแพง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.gotoknow.org/posts/223645 (21 มกราคม 2562).

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2548. **ปูนา**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http:/www.Crabtrf.com/na_crab.php. (20 กันยายน 2553).

สุชาติ อิงธรรมจิตร์. 2529. สาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูลิน่า). **วารสารประมง**, 6, 615-629.

สุภฎา คีรีรัฐนิคม, รัตติยา สะอุ และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี. 2548. ระดับของสาหร่ายสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*). **สงขลานครินทร์**, 27(1), 133-139.

สุภัทตรา มอญขาม. 2548. **การเปรียบเทียบการเลี้ยงปูนาด้วยอาหารเม็ดต่างชนิดกัน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุภัทตรา มอญขาม. 2550. **ผลของระดับโปรตีนต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปูนา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุมนทิพย์ บุญสมบัติ. 2525. **เอกสารประกอบชุดวิชาการสอนสังคมศึกษา การสอนสังคมศึกษา.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อดิเทพพรชัย ภาชนะวรรณ และ สราวุธ คำพุช. 2551. ผลของเพศที่มีต่อการเจริญเติบโตและการลอกคราบของปูนา. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง,** 2, 88-92.

เอกพล วังคะฮาต และ พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธุ์. 2553. การศึกษาเบื้องต้นของความหลากชนิดและการแพร่กระจายของปูนาในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. (น. 159-166). ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 : สาขาประมง**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adisukresno S., G L. Escritor & K. Mintardjo. 1982. **Mass production of *Macrobrachium postlarvae* in the Brackishwater Aquaculture Development (BADC), Japara, Indonesia**. Elsevier Scientific Publishing.

Alava, V. R. & Lim, C. 1983. The quantitative dietary protein requirements of *Penaeus monodon* juveniles in a controlled environment. **Aquaculture**, 30(1), 53-61.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. Maryland, USA: AOAC.

AQUACOP. 1990. **Freshwater prawns**. Ellis Horwood Limited.

Bauemnfeind, J. C. 1981. **Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors: Technological and Nutritional Applications**. London: Academic Press.

Blair, D., Z. B. Xu. & T. Agatsuma. 1990. Paragonimiasis and the genus Paragonimus. **Adv. Parasitol**, 42, 113-222.

Boonyaratpalin, M. & M B. New. 1982. **Evaluation of diets for *Macrobrachium rosenbergii* reared in concrete ponds**. Elsevier scientific Publishers.

Boyd, D. S. & Tucker, C. S. 1992. **Water quality and pond soil analysis for aquacult**. Alabama: Auburn University.

Cannicci, S. 1996. Natural diet and feeding habits of Thalamita crenata. **J. Crustacean Biol**, 16(4), 678-683.

Catacutan, M. R. 2002. Growth and body composition of juvenile mud crab, *Scylla serrata*, fed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios. **Aquaculture**, 208(1), 113-123.

Choubert, G. 1979. Tentative utilization of *spirulina* algae as a source of carotenoid pigments for rainbow trout. **Aquaculture**, 18(2), 135-143.

Cuzon, G. & J. Guillaume. 1997. Composition preparation and utilization of feeds for Crustacean. **Aquaculture**, 124, 253-267.

DulyachindaChabaporn S., P. Charuratchamorn., K. Somnai & T. Dunchindachabaporn. 2001. **Study of the age and growth of Natural food**. Kasetsart University.

Faucher, O., Coupal, B. & Leduy, A. 1979. Utilization of sea water–urea as a culture medium for *Spirulina maxima*. **Canadian Journal of Microbiology**, 25(6), 752-759.

Fisheriesme. 2556. **อาหารสำเร็จรูป**. [Online]. Available

http://fiskcom.blogspot.com/2013/05/blog-post_18.html (3 April 2019).

Guillaume, J. 1997. **Protein and amino acids**. World Aquaculture Society.

Hangsapreuke, K. 2013. **Nursing of Giant Freashwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) using Spirulina in a closed Recirculating system.** Research Report. Maejo University.

Hill, C. 1980. **The Secrets of *Arthrospira***. California: University of the Trees Press, Boulder Creek.

Jongkol Promya, Khajonkiat Srinolsom and Chanagun Chitmanat. 2009. Effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* sp. on growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). **The fisheries gazette**, 62(6), 511-518

Kureshy, N. & Davis, D. A. 2002. Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei. **Aquaculture**, 204(1), 125-143.

Lee, D. 1971. Studies on the protein utilization related to growth of *Penaeus monodon* Fabricius. **Aquaculture**, 1, 1-13.

Liuliomon, K. 1986. Algae research in Thailand. **Kasetsart J. Sci. Technol**, 3(3), 144–148.

Mu, Y. Y., Shim, K. F. & Guo, J. Y. 1998. Effects of protein level in isocaloric diets on growth performance of the juvenile Chinese hairy crab, *Eriocheir sinensis*. **Aquaculture**, 165(1), 139-148.

Naiyanetr, P. 1982. Thtee new species of freshwater crabs of Thailand. **Conf. Fish**.

Naiyanetr, P. 1994. On three new genera of Thai rice-fice crab allied to *Somanniathelphusa*, 1968. (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Parathelphusidea). **Raffles Bull. Zool**, 42(3), 695-700.

Nakamura, H. 1982. ***Spirulina*: Food For a Hungry World, a Pioneer's story in Aquaculture.** Universisty of the Trees Press, Boulder Cheek, California

Narain, K., K. R. Devi & J. Mahanta. 2003. Paragonimus and paragonimiasis-a new focus in Arunachal Pradesh, India. **Curr. Sci.**, 84, 985-987.

New, M. B. & S. Singholka. 1985. **Freshwater Prawn Farm: A manual for the culture of *Macromachim roresbergii*.** FAO Fish. Tech. Pap.

Odermatt, P., Habe, S., Manichanh, S., Tran, D. S., Duong, V., Zhang, W., Phommathet, K., Nakamura, S., Barennes, H., Strobel, M. & Dreyfuss, G. 2007. Paragonimiasis and its intermediate hosts in a transmission focus in Lao People's Democratic Republic. **Acta Tropica**, 103(2), 108-115.

Pachanawan, A. & S. Khampuch. 2008. Effects of sex on growth and molting of Rice-Field Crabs. **Fisheries J. Sci. Technol**, 2(1), 88-92.

Perry, W. G. & Tarver, J. 1984. Production trials of prawns comparing a marine ration, catfish diet and agricultural range pellet. **Journal of the World Mariculture Society**, 15, 120-128.

Phakdinarong, N., P. Chantirikul & M. Chantirikul. 2009. Natural food Natural food *Esanthelphusa dugasti*. **Khon Kaen J. AGR.**, 37(1), 49-55.

Pintasiri, T. & Promya, J. 2019. Effects of *Arthrospira platensis* Supplemented Diets on Growth Performance of Rice-Field Crabs (*Sayamia bangkokensis*). **Khon Kaen J. AGR.**, 47(SUPPLMENT 2), 7-14.

Pornchalermpong, P. & N. Rattanapanon. n.d. **Full food information network center**. [Online]. Available http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1647/ linoleic-acid.com
(7 February 2020).

Prescott, G. W. 1964. **How to Know Fresh-water Algae**. W.M.C., Towa: Brow Company Publishers.

Promkunthong, W. & Pipattanwattankhul, A. 2005. Results of *Arthrospira* alga on growth and antibody levels in mixed breed Pellets feed (*Clarias macrocephalus* x *Clasrias gariepinus* (Burchell). **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 27, 115-132.

Promya, J. & Saetun, k. 2005. **Cultivation of *Arthrospira* alga for health**. Maejo University: Fisheries Technology, Departmant, Faculty of Agricultural Production.

Robert, H. 2001. **Development of a Arthrospira Industy-Production**. [Online]. Available htp://www.agaeindustrymagazine.com/. (20 September 2019).

Soong, P. 1980. **Production and Development of *Chlorella* and *Spirulina* in Taiwan**. North-Holland Biomedical Press.

Thaiso, K. & S. Wongmaniprathip. 2012. Effects of different protein sources on growth

and survival rates of rice field crab (*Esanthelphusa dugasti*) nursing. **Khon Kaen J. AGR.,** 40(SUPPLMENT), 123-128.

Uruburu, M., Granada, M. & Velásquez, L. E. 2008. Distribución parcial de Paragonimus (Digenea: Troglotrematidae) en Antioquia, por presenciade metacercarias en cangrejos dulciacuícolas. **Biomédica**, 28, 562-568.

Venkataraman, L. V. & E.W. Becker. 1985. **Biotechnology & utilization of algae: The Indian experience**. New Delhi: Deparment of Science and Technology.

Venkataraman LV. 1983. **A Monograph on *Arthrospira platensis*.** Central Food Technological Research Institute. Mysore.

Watanuki H., Ota K., Malina A. C., Tassakka A.R., Kato T. & SakaiM. 2006. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp *Cyprinus carpio*. **Aquaculture**, 258, 157-163.

Yaemput, S., P. Dekumyoy & K. Visiasssk. 1994. The natural first intermediate host of *Paragonimus siamensis* (Miyazaki and Wykoff, 1965) in Thailand. **Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health**, 25, 248-290.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ธนบดี ปิ่นทศิริ

เกิดเมื่อ 31 ธันวาคม 2537

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (เกษตรศาสตร์) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

พ.ศ. 2557 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

พ.ศ. 2560 ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (การประมง) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2561-2562 ผู้ช่วยนักวิจัย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2563 ผู้ช่วยนักวิจัย/ผู้ช่วยประสานโครงการ สาขาพืชผัก คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ธนบดี ปิ่นทศิริ และชนกันต์ จิตมนัส. 2561. การนำจุลินทรีย์ (EM) มาประยุกต์ใช้การเพาะเลี้ยงไรแดง (Moina macrocopa). วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 19(3), 16-22.

ธนบดี ปิ่นทศิริ และจงกล พรมยะ. 2562. ผลของการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าในอาหารต่อการเจริญเติบโตของ ปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (Sayamia bangkokensis). วารสารแก่นเกษตร. 47(ฉบับพิเศษ 2), 7-14.

ธนบดี ปิ่นทศิริ และขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2562. การนำสาหร่ายสไปรูลิน่า (อาร์โธรสไปร่า) มาใช้เป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงปูนาสายพันธุ์กำแพงเพชร (Sayamia bangkokensis). วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 20(3), 32-36.

ธนบดี ปิ่นทศิริ และขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2562. ปูนาไทย (Rice-Filed Crab). วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 20(3), 27-31.

ธนบดี ปิ่นทศิริ จงกล พรมยะ ชนกันต์ จิตมนัส และสุดาพร ตงศิริ. 2565. ผลของการอนุบาลปูนา (Sayamia bangkokensis) ด้วยการเสริมสาหร่ายอาร์โธรสไปร่าต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนในการอนุบาล. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. 39(1). (In press)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY