

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖/๒๕๖๖



Technical Paper No. 6/2023

การเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)
ขนาด 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาด 5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นต่างกัน
ในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม

Culture of Young Mud Crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)
from 0.5 cm to 5 cm Size at Different Stocking Densities Fed with
Whiteleg Shrimp Diet in the Earthen Ponds

กฤษณะ จันทร์ปรังค์
พรพิมล ทิวแพ

Krissana Chanprang
Pornphimon Tiewpair

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Coastal Aquaculture Research and
Development Division

Department of Fisheries

Ministry of Agriculture and Cooperatives



การเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)
ขนาด 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาด 5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นต่างกัน
ในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม

Culture of Young Mud Crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)
from 0.5 cm to 5 cm Size at Different Stocking Densities Fed with
Whiteleg Shrimp Diet in the Earthen Ponds

กฤษณะ จันทรปรารค์
พรพิมล ทิวแพ

Krissana Chanprang
Pornphimon Tiewpair

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
สุราษฎร์ธานี
กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง
กรมประมง
๒๕๖๖

Surat Thani Coastal Aquaculture Research and
Development Center
Coastal Aquaculture Research and
Development Division
Department of Fisheries
2023

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ	4
2. การวางแผนการทดลอง	4
3. การเตรียมบ่อทดลอง	5
4. การเตรียมลูกพันธุ์ปูทะเล	6
5. การให้อาหารและการจัดการ	6
6. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ	6
7. การเก็บรวบรวมข้อมูล	7
8. การวิเคราะห์ข้อมูล	7
ผลการศึกษา	9
1. การเจริญเติบโตของลูกปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง	9
2. อัตรารอดตายของปูทะเล	11
3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	12
4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	12
5. ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทนของการเลี้ยงปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง	13
วิจารณ์ผลการศึกษา	15
สรุปผลการศึกษา	17
ข้อเสนอแนะ	17
คำขอบคุณ	18
เอกสารอ้างอิง	18
ภาคผนวก	21

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความกว้างกระดองเฉลี่ยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	9
2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) ของปูทะเลแต่ละชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	11
3 ความหนาแน่นเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการตายของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน	11
4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปูทะเลด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	13
5 ต้นทุนของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	14
6 ผลตอบแทนการลงทุนของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ ด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	15
ตารางผนวกที่	
1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อการเจริญเติบโตของปูทะเลด้านความกว้างกระดอง (Carapace width) และน้ำหนัก (Weight) ของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	21
2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) ของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	21
3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่ออัตราการตายของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	22
4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	22
5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อต้นทุนการผลิตปูทะเล (บาทต่อตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	22
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อกำไรสุทธิ (Benefit) และผลตอบแทนการลงทุน (Investment) ของการเลี้ยงปูทะเล เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)	23

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพการกำหนดชุดการทดลอง (Treatment) ที่ระดับความหนาแน่นของปูทะเลแตกต่างกัน 4 ระดับในบ่อดิน	5
2	การเตรียมบ่อดินสำหรับการทดลอง	5
3	การแบ่งบ่อทดลอง และลักษณะการกั้นขอบบ่อทดลอง	5
4	ลูกปูทะเลขนาดความกว้างกระดอง 0.5 เซนติเมตรที่ใช้ในการทดลอง	6
5	อาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ในการทดลอง	6
6	การสูบน้ำหนัก และวัดขนาดปูทะเลในระหว่างการทดลอง	7
7	ปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	9
8	การเจริญเติบโตของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์	10
9	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน	12

**การเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949)
ขนาด 0.5 เซนติเมตรจนถึงขนาด 5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นต่างกัน
ในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม**

กฤษณะ จันทรปรารงค์* และ พรพิมล ทิวแพ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ตลอดจนต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปูทะเลขนาด 0.5 เซนติเมตร ถึงขนาด 5 เซนติเมตร ในบ่อดิน ด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม 4 ชุดการทดลอง ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน คือ 1, 2, 3 และ 4 ตัวต่อตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์) พบว่าบ่อดินซึ่งกำหนดให้เป็นบล็อกของการศึกษาในครั้งนี้ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยที่ปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง มีความกว้างกระดองเฉลี่ยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าความกว้างกระดองเฉลี่ย เท่ากับ 5.16 ± 0.42 , 5.42 ± 0.26 , 5.39 ± 0.20 และ 5.27 ± 0.32 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย เท่ากับ 31.32 ± 5.38 , 35.84 ± 5.26 , 35.37 ± 4.36 และ 33.65 ± 5.10 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่อัตรารอดตายของปูทะเล พบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีอัตรารอดตายสูงที่สุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 42.56 ± 1.85 , 19.34 ± 4.08 , 25.44 ± 4.82 และ 22.88 ± 1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความหนาแน่นของการเลี้ยง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.26 ± 0.40 , 2.60 ± 1.08 , 3.07 ± 0.94 และ 3.92 ± 1.08 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง พบว่ามีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับระดับความหนาแน่นของการเลี้ยง โดยมีค่าต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด เท่ากับ $2,464.58\pm37.71$, $3,996.21\pm29.00$, $5,599.16\pm76.24$ และ $7,200.90\pm36.08$ บาทต่อบ่อขนาด 400 ตารางเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อนำมาคิดเป็นต้นทุนการผลิตปูทะเลต่อตัว พบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด

ผลจากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ระดับความหนาแน่นสำหรับการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินจากขนาด 0.5 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5 เซนติเมตร ด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม ที่ทำให้ลูกปูทะเลมีอัตรารอดตายและผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุดคือ 1 ตัวต่อตารางเมตร

คำสำคัญ: ปูทะเล, ความหนาแน่น, อาหารกุ้งขาวแวนนาไม, บ่อดิน

*ผู้รับผิดชอบ: 97/1 หมู่ที่ 4 ต.ตะเคียนทอง อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84160 โทร. 0 7725 5288

E-mail: chunprang_4584@hotmail.com

Culture of Young Mud Crab (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) from 0.5 cm to 5 cm Size at Different Stocking Densities Fed with Whiteleg Shrimp Diet in the Earthen Ponds

Krissana Chanprang* and Pornphimon Tiewpair

Surat Thani Coastal Aquaculture Research and Development Center

Abstract

Effect of stocking densities on growth performance, survival rate, feed conversion ratio as well as cost production and return was studied in rearing 0.5 cm to 5 cm mud crab in the earthen ponds fed with whiteleg shrimp diet. The experiment was divided into 4 stocking density levels; 1, 2, 3 and 4 crab/m² which randomized complete block design (RCBD) was planned. At the end of the experiment (9 weeks), the results showed that the average carapace width and body weight mud crab in each treatment were not statistically different ($P>0.05$). The average carapace width were 5.16 ± 0.42 , 5.42 ± 0.26 , 5.39 ± 0.20 and 5.27 ± 0.32 cm, respectively. The average body weight were 31.32 ± 5.38 , 35.84 ± 5.26 , 35.37 ± 4.36 and 33.65 ± 5.10 g, respectively. While, the percentage of survival rate in treatment 1 were the highest of all treatments resulting statistically different ($P<0.05$) which were 42.56 ± 1.85 , 19.34 ± 4.08 , 25.44 ± 4.82 and $22.88\pm1.81\%$, respectively. On the other hand, the feed conversion ratio (FCR) increased with the increasing of stocking density followed by 2.26 ± 0.40 , 2.60 ± 1.08 , 3.07 ± 0.94 and 3.92 ± 1.08 , respectively which showed no statistically different level ($P>0.05$). Moreover, the total cost per unit area (400 m²) were 2,477, 4,010, 5,628 and 7,222 baht, respectively. Taking into account, the cost of production per crab of treatment1 was the lowest.

The results of this study were concluded that the optimum stocking density for rearing 0.5 cm to 5 cm mud crab fed with whiteleg shrimp diet was 1 crab/m² providing the highest of survival rate and return investment.

Key words: mud crab, stocking densities, white leg shrimp diet, earthen pond

*Corresponding author: 97/1 Moo 4, Takiantong, Kanchanadit District, Surat Thani 84160
Tel. 0 7725 5288 E-mail: chunprang_4584@hotmail.com

คำนำ

ปูทะเล มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Scylla* spp. ชื่อสามัญคือ mud crab เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยการเลี้ยงปูทะเลนับว่าเป็นธุรกิจสัตว์น้ำอีกชนิดที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาสู่การเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ มีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดต่างๆ ตลอดจนชายฝั่งทะเลทั้งอ่าวไทยและอันดามัน ได้แก่ ตรวต จันทบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม ชุมพร ระนอง สตูล ตรัง พังงา สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เป็นต้น โดยรูปแบบการเลี้ยงปูทะเลของไทยมี 2 รูปแบบ คือ แบบปล่อยเลี้ยงในบ่อดิน และเลี้ยงในตะกร้าลอยแพในบ่อดินหรือบ่อซีเมนต์ ซึ่งการเลี้ยงปูทะเลของเกษตรกรไทยในอดีต พบว่าส่วนใหญ่จะนิยมซื้อปูทะเลขนาดเล็กที่รวบรวมได้จากธรรมชาติทางภาคใต้ของไทยและบางส่วนมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อนำมาเลี้ยงต่อจนได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการทั้งเป็นปูไข่ ปูกระดองแข็ง (ปูเนื้อ) และปูกระดองนิ่ม (ภัทรวดี และสุริยัน, 2559) แต่ในปัจจุบัน พบว่าการรวบรวมลูกพันธุ์ปูทะเลจากธรรมชาติทำได้ยากมากขึ้นเนื่องจากมีลูกพันธุ์ในธรรมชาติน้อยลง อีกทั้งยังมีข้อจำกัดหลายประการจากการนำเข้าปูทะเลมาจากต่างประเทศ (จิรนนท์ 2553) ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้กรมประมง โดยกองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งมีความสนใจส่งเสริมการเพาะพันธุ์ลูกปูทะเลในโรงเพาะฟักให้ได้มากขึ้น เพื่อให้เพียงพอับความต้องการของเกษตรกร แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในปัจจุบันจะมีโรงเพาะฟักปูทะเลทั้งของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่สามารถผลิตลูกพันธุ์ปูทะเลได้จำนวนมากขึ้นกว่าในอดีต แต่ความต้องการลูกพันธุ์ปูทะเลของเกษตรกรเพื่อนำไปเลี้ยงในบ่อดินก็ยังมีมากเกินกำลังการผลิตของโรงเพาะฟักที่จะสามารถดำเนินการได้ (กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2564) จากข้อมูลการติดตามผลการเลี้ยงปูทะเลของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ซื้อลูกพันธุ์ปูทะเลขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร จากโรงเพาะฟักศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ที่เลี้ยงปูทะเลประสบปัญหาอัตราการตายต่ำ โดยมีอัตราการตายเฉลี่ยประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ (กฤษณะ, 2563) สอดคล้องกับการศึกษาของ Mirera and Mtile (2009) ซึ่งเลี้ยงปูทะเลชนิดปูเขียว (*Scylla serrata*) ขนาด 0.5 เซนติเมตรด้วยเครื่องในปลาเป็นอาหารและเลี้ยงในคอกในบ่อดิน นาน 3 เดือน พบว่ามีอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่มีความต้องการซื้อลูกพันธุ์ปูทะเลที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นเพื่อนำไปเลี้ยงในบ่อดินโดยคาดหวังให้มีอัตราการตายสูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Baliao et al. (1981) แต่ด้วยข้อจำกัดหลายประการของการอนุบาลลูกปูทะเลในโรงเพาะฟัก เช่น จำนวนของบ่ออนุบาลที่จำเป็นต้องใช้บ่อจำนวนมาก เพื่อลดความหนาแน่นของการเลี้ยงลง เนื่องจากปูทะเลเป็นสัตว์ทะเลที่มีความก้าวร้าวและมีการกินกันเอง (Cannibalism) สูง ซึ่งนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราการตายและปริมาณผลผลิตของปูทะเล (Van et al., 2022) ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ (อัตราการปล่อยน้อยลง) เพื่อลดการกินกันเอง ทำให้เกิดความความยุ่งยากในการจัดการระหว่างการเลี้ยง และที่สำคัญคือส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตลูกปูทะเลต่อตัวสูงขึ้น ตลอดจนการอนุบาลปูทะเลในบ่อคอนกรีตให้มีขนาดใหญ่ในโรงเพาะฟักเพื่อนำไปจำหน่ายจึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก

ด้วยเหตุนี้ ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดในการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain*) ขนาด 0.5 เซนติเมตร จนให้ได้ขนาด 5 เซนติเมตร ในบ่อดิน โดยการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งสามารถหาได้ง่ายในท้องตลาดทดแทนการให้ด้วยอาหารสด เช่น ปลาเป็ด และปลาหลังเขียวที่ไม่สามารถหาได้ตลอดทั้งปี อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการเก็บรักษา และยังส่งผลต่อคุณภาพน้ำเมื่อใช้อาหารสดเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นเวลานาน (อาภรณ์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้เนื่องจากปูทะเลเป็นสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียน เช่นเดียวกับกุ้งขาวแวนนาไม

ซึ่งอาศัยการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตหรือเพิ่มขนาด (ภัทราวดี และสุริยัน, 2559) และมีความต้องการโปรตีนที่ระดับ 32-40 เปอร์เซ็นต์ (Catacutan, 2002) ซึ่งใกล้เคียงกับระดับโปรตีนของอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้น การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมาเลี้ยงปูทะเลระยะวัยรุ่นทดแทนการใช้อาหารสด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อนำวิธีการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินจากขนาด 0.5 เซนติเมตร จนให้ได้ขนาด 5 เซนติเมตร ไปสู่การพัฒนาศักยภาพของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินให้มีอัตราการรอดตายที่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางของการต่อยอดไปสู่การพัฒนาและส่งเสริมอาชีพ สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย นำไปสู่การสร้าง ความมั่งคั่งและยั่งยืนของอาชีพการเลี้ยงปูทะเลต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของการเลี้ยงปูทะเลจากขนาด 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาด 5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นแตกต่างกันในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม
2. เพื่อศึกษาต้นทุน และผลตอบแทนในการเลี้ยงปูทะเลจากขนาด 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาด 5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นแตกต่างกันในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม

วิธีดำเนินการ

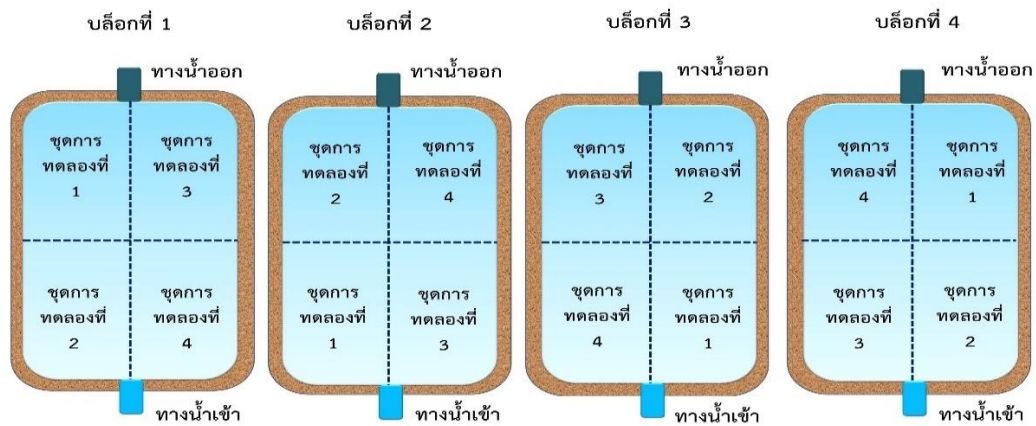
1. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี 97/1 หมู่ที่ 4 ตำบลตะเคียนทอง อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2565

2. การวางแผนการทดลอง

ทดลองเลี้ยงปูทะเลตั้งแต่ขนาดความกว้างกระดอง 0.5 เซนติเมตร จนถึงขนาดประมาณ 5.0 เซนติเมตร ในบ่อดิน ขนาด 400 ตารางเมตร ด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้ความหนาแน่นของปูทะเลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ (ชุดการทดลอง) คือ 1, 2, 3 และ 4 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (บ่อทดลอง) แบบสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) ที่กำหนดให้บ่อดินเป็นบล็อก เพื่อลดอิทธิพลที่อาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างกันของบ่อที่ใช้ในการทดลอง โดยทดลองในบ่อดินจำนวน 4 บ่อ (4 ซ้ำ) แต่ละบ่อมีขนาด 1 ไร่ หรือมีพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร (20 x 80 เมตร) และแบ่งพื้นที่ของบ่อทดลองออกเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนเท่ากับ 1 หน่วยทดลอง (Experimental unit) ที่มีขนาดเท่ากับ 400 ตารางเมตร และแต่ละบ่อประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง (ภาพที่ 1) ปล่อยลูกปูทะเลที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 ความหนาแน่นเท่ากับ 1 ตัวต่อตารางเมตร (400 ตัว ต่อ 1 หน่วยทดลอง)
- ชุดการทดลองที่ 2 ความหนาแน่นเท่ากับ 2 ตัวต่อตารางเมตร (800 ตัว ต่อ 1 หน่วยทดลอง)
- ชุดการทดลองที่ 3 ความหนาแน่นเท่ากับ 3 ตัวต่อตารางเมตร (1,200 ตัว ต่อ 1 หน่วยทดลอง)
- ชุดการทดลองที่ 4 ความหนาแน่นเท่ากับ 4 ตัวต่อตารางเมตร (1,600 ตัว ต่อ 1 หน่วยทดลอง)



ภาพที่ 1 แผนภาพการกำหนดชุดการทดลอง (Treatment)
ที่ระดับความหนาแน่นของปุ๋ยแตกต่างกัน 4 ระดับในบ่อดิน

3. การเตรียมบ่อดทดลอง

ทำการลอกเลนพื้นบ่อ หว่านปูนขาวในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ กันขอบบ่อดด้วยกระเบื้องลอนคู่สูงจากคันบ่อ 0.5 เมตร เพื่อกันปุ๋ยเล็ดหล่นหนีออกจากบ่อ หลังจากนั้นใช้วนมุ้งฟ้ากันแบ่งพื้นที่ภายในบ่อดออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน (กว้าง 10 เมตร ความยาว 40 เมตร คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 400 ตารางเมตรต่อ 1 หน่วยทดลอง) จากนั้นจึงเติมน้ำทะเลลงในบ่อดโดยการกรองผ่านถุงกรองอวนไนลอน (ขนาด 16 ตาต่อนิ้ว) 2 ชั้น เพื่อกรองพายุขนาดใหญ่ โดยเติมน้ำให้ได้ระดับความลึกประมาณ 0.8-1.0 เมตร (ภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 การเตรียมบ่อดินสำหรับการทดลอง

ภาพ (ก) คือ การหว่านปูนขาวที่พื้นบ่อ ภาพ (ข) คือ บ่อดที่หว่านปูนขาวและตากบ่อแล้ว



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3 การแบ่งบ่อดทดลอง และลักษณะการกันขอบบ่อดทดลอง

ภาพ (ก) คือ การกันแบ่งบ่อดด้วยวนมุ้งฟ้า ภาพ (ข) คือ การกันขอบบ่อดด้วยกระเบื้องลอนคู่

4. การเตรียมลูกพันธุ์ปูทะเล

นำลูกพันธุ์ปูทะเลที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในโรงเพาะฟัก และคัดเลือกลูกปูทะเลที่แข็งแรงขนาดความกว้างกระดอง 0.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 4) จำนวน 16,000 ตัว นำมาปล่อยลงเลี้ยงในบ่อดิน ตามจำนวนที่ได้ระบุไว้ในแผนการทดลอง



ภาพที่ 4 ลูกปูทะเลขนาดความกว้างกระดอง 0.5 เซนติเมตรที่ใช้ในการทดลอง

5. การให้อาหารและการจัดการ

ในระหว่างการทดลองให้อาหารลูกปูทะเลด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 มื้อ (เวลา 09.00 น. และ 16.00 น.) ใช้น้ำในบ่อคลุมผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้พอหมาดๆ แล้วจึงหว่านอาหารเม็ดสำเร็จรูปให้กระจายทั่วบ่อ โดยที่ลูกปูทะเลเริ่มทดลองจนถึงอายุ 14 วัน ให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม เบอร์ 2 (ภาพที่ 5 ก) ในอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน และเมื่อลูกปูทะเลอายุ 15 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไมเบอร์ 3 (ภาพที่ 5 ข) ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน โดยสับคั้งน้ำหนักปูทะเลทุกสัปดาห์ เพื่อปรับปริมาณการให้อาหาร และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 30-50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในบ่อทดลอง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดระยะเวลาของการทดลอง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 อาหารกุ้งขาวแวนนาไมที่ใช้ในการทดลอง

ภาพ (ก) คือ อาหารกุ้งขาวแวนนาไม เบอร์ 2 มีขนาดความยาวเฉลี่ย 1.57 มิลลิเมตร

ภาพ (ข) คือ อาหารกุ้งขาวแวนนาไม เบอร์ 3 มีขนาดความยาวเฉลี่ย 3.78 มิลลิเมตร

6. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เวลา 09.00 น. ตลอดการทดลอง โดยมีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด ดังนี้ อุณหภูมิ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ปริมาณออกซิเจน

ที่ละลายในน้ำ โดยใช้เครื่อง Do meter ยี่ห้อ Cyber Scan 100 และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำโดยใช้เครื่อง pH Meter ยี่ห้อ Denver Instrument Model 50 ค่าความเค็มของน้ำ โดยใช้เครื่อง Refracto salinometer ยี่ห้อ Atago รุ่น S/Mill ส่วนค่าความเป็นต่าง ปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท ฟอสเฟต และปริมาณของแข็งละลายในน้ำ วิเคราะห์ตามวิธีของ APHA, AWWA and WEF (1998)

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

7.1 วัดขนาดความกว้างกระดอง (เซนติเมตร) โดยใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์ (Vernier caliper) และชั่งน้ำหนัก (กรัม) ปูทะเลโดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง รวมทั้งสิ้นจำนวน 8 ครั้ง แบ่งเป็น

7.1.1 วัดขนาดความกว้างกระดองและชั่งน้ำหนักปูทะเลก่อนเริ่มทำการทดลอง (สัปดาห์ที่ 0) โดยสุ่มลูกปูทะเลเพื่อนำมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนักจำนวน 100 ตัว

7.1.2 วัดขนาดความกว้างกระดองและชั่งน้ำหนักปูทะเล (ภาพที่ 6 ก และ ภาพที่ 6 ข) สัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 9 (รวม 7 ครั้ง) โดยในแต่ละบ่อสุ่มตัวอย่างปูทะเล 30 ตัวต่อชั่วโมง (120 ตัวต่อชุดการทดลอง)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 6 การสุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดปูทะเลในระหว่างการทดลอง

7.2 นับจำนวนปูทะเลทั้งหมดที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละชุดการทดลองของแต่ละบ่อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

7.3 บันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้ปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองของแต่ละบ่อทุกวันตลอดระยะเวลาการทดลอง

7.4 บันทึกข้อมูลต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรที่ใช้ในการเลี้ยงปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองของแต่ละบ่อตลอดระยะเวลาการทดลอง

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์) นำข้อมูลที่ได้ของแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์ผล ดังนี้

8.1 วิเคราะห์ผลการเจริญเติบโต ประกอบด้วย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (Average daily growth; ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (Weight gain; WG) ตามวิธีการ ของวิกิจ และคณะ (2562) ตามสูตร ดังนี้

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัมต่อวัน)} = \frac{\text{น้ำหนักปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปูทะเลเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ} = \frac{[\ln(\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}) - \ln(\text{น้ำหนักเริ่มต้น})] \times 100}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}} \quad (\text{เปอร์เซ็นต์ต่อวัน})$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม} = \frac{(\text{น้ำหนักปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปูทะเลเริ่มต้น}) \times 100}{\text{น้ำหนักปูทะเลเริ่มต้น}} \quad (\text{เปอร์เซ็นต์})$$

8.2 วิเคราะห์อัตราการตายของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง ตามสูตร ดังนี้

$$\text{อัตราการตาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนปูทะเลที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด}}{\text{จำนวนปูทะเลที่ปล่อยลงเลี้ยงเริ่มต้น}} \times 100$$

8.3 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR) ตามวิธีการของ Yousefian *et al.* (2012) ตามสูตร ดังนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ใช้ตลอดระยะเวลาทดลอง}}{\text{น้ำหนักปูทะเลที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

8.4 วิเคราะห์ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้เลี้ยงปูทะเลตลอดการทดลอง ตามสูตร ดังนี้

$$\text{ต้นทุนทั้งหมด (บาท)} = \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร}$$

โดยที่ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ค่าเสื่อมบ่อ ค่าเสื่อมวัสดุกันบ่อ ค่าเสื่อมลอบจับปูทะเล ค่าเสื่อมวัสดุอื่นๆ และค่าเสียโอกาสการลงทุน ส่วนต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย ค่าลูกพันธุ์ปูทะเล ค่าอาหาร ค่าเวชภัณฑ์ ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน และค่าเสียโอกาสการลงทุน

8.5 วิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตหรือจุดคุ้มทุน (บาทต่อตัว) ของการเลี้ยงปูทะเลตลอดการทดลอง ตามสูตรดังนี้

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตหรือจุดคุ้มทุน (บาทต่อตัว)} = \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}{\text{จำนวนปูทะเลที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด}}$$

8.6 วิเคราะห์ผลตอบแทนของการเลี้ยงปูทะเลตลอดการทดลอง โดยใช้ข้อมูลจำนวนปูทะเลที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด ราคาปูทะเล และต้นทุนทั้งหมด นำมาคำนวณหารายได้ทั้งหมดและกำไรสุทธิ ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของชัยสิทธิ์ และคณะ (2564) ตามสูตร ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{รายได้ทั้งหมด (บาท)} &= \text{จำนวนปูทะเลที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด} \times \text{ราคาปูทะเล} \\ \text{รายได้สุทธิ (บาท)} &= \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนผันแปร} \\ \text{กำไรสุทธิ (บาท)} &= \text{รายได้ทั้งหมด} - \text{ต้นทุนทั้งหมด} \end{aligned}$$

8.7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 8.1 - 8.6 มาทดสอบการแจกแจงข้อมูล (Test of normality) ด้วยวิธี Shapiro-Wilk จากนั้นจึงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One way analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

1. การเจริญเติบโตของลูกปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง

1.1 ความกว้างกระดองเฉลี่ยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของปูทะเล

ผลจากการทดลองเลี้ยงลูกปูทะเลที่มีความกว้างของกระดองเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ± 0.08 เซนติเมตร และน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 ± 0.02 กรัม ด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 ตัวต่อตารางเมตร ในบ่อขนาด 400 ตารางเมตร เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าบ่อดินไม่ได้มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปูทะเลทั้งด้านความกว้างกระดองเฉลี่ย และน้ำหนักตัวเฉลี่ย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้างกระดองเฉลี่ยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางผนวกที่ 1) โดยมีความกว้างกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 5.16 ± 0.42 , 5.42 ± 0.26 , 5.39 ± 0.20 และ 5.27 ± 0.32 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 31.32 ± 5.38 , 35.84 ± 5.26 , 35.37 ± 4.36 และ 33.65 ± 5.10 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 7) และมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตทั้งด้านความกว้างกระดองและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (ภาพที่ 8ก และ ภาพที่ 8ข)

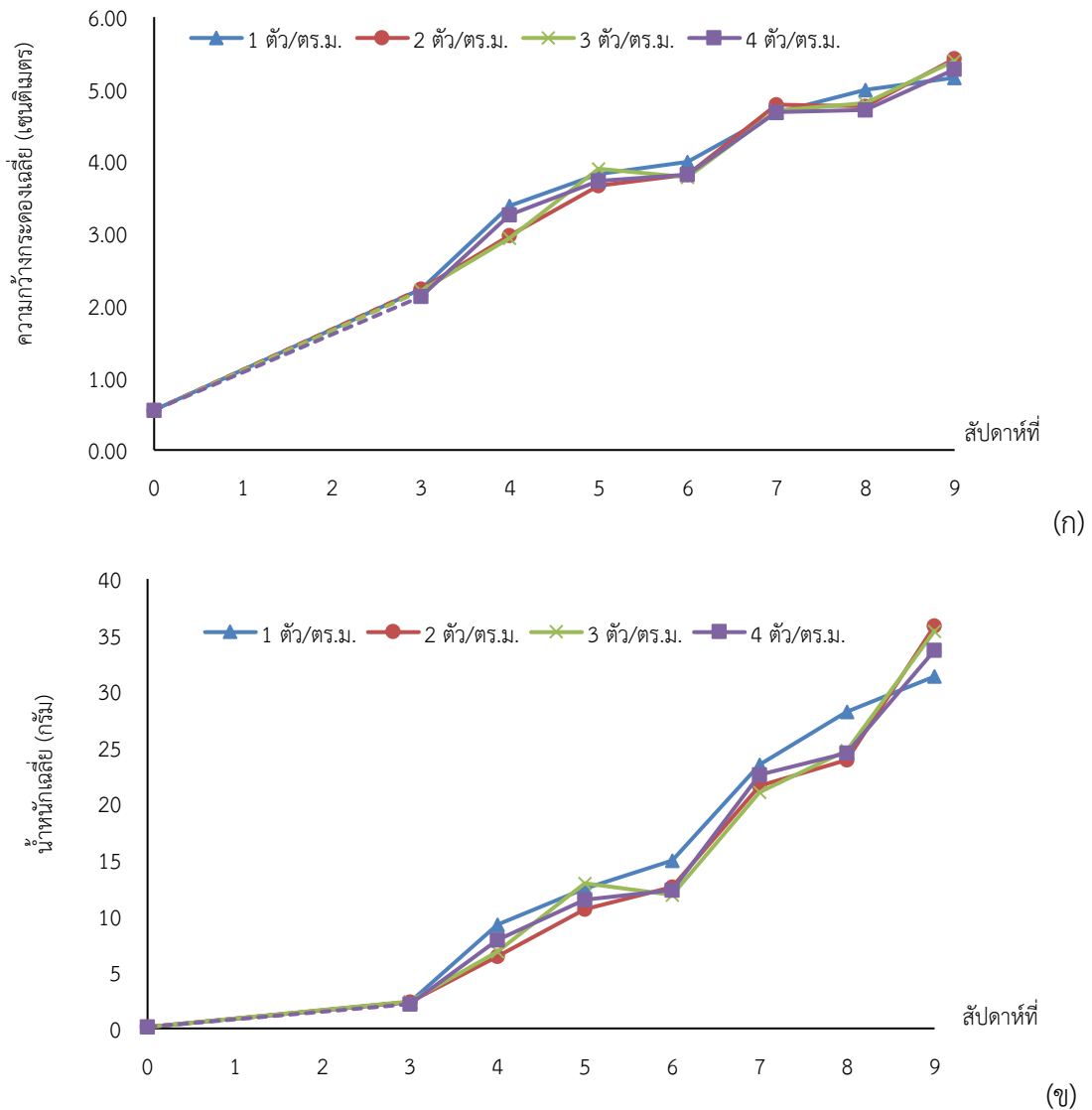
ตารางที่ 1 ความกว้างกระดองเฉลี่ยและน้ำหนักตัวเฉลี่ยของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

ชุดการทดลอง ที่	ความหนาแน่น (ตัวต่อตาราง เมตร)	ความกว้างกระดองเฉลี่ย (เซนติเมตร)		น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม)	
		เริ่มต้น	สิ้นสุด	เริ่มต้น	สิ้นสุด
		การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง	การทดลอง
1	1	0.55 ± 0.08	5.16 ± 0.42^a	0.12 ± 0.02	31.32 ± 5.38^a
2	2	0.55 ± 0.08	5.42 ± 0.26^a	0.12 ± 0.02	35.84 ± 5.26^a
3	3	0.55 ± 0.08	5.39 ± 0.20^a	0.12 ± 0.02	35.37 ± 4.36^a
4	4	0.55 ± 0.08	5.27 ± 0.32^a	0.12 ± 0.02	33.65 ± 5.10^a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับเหมือนกันในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P > 0.05$)



ภาพที่ 7 ปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์
ภาพ (ก) คือ ความกว้างกระดองเฉลี่ย ภาพ (ข) คือ น้ำหนักตัวเฉลี่ย

1.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าบ่อดิน (Block) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) อีกทั้งแต่ละชุดการทดลองยังมีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางผนวกที่ 2) โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.4952 ± 0.0853 , 0.5668 ± 0.0835 , 0.5594 ± 0.0693 และ 0.5321 ± 0.0810 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยมีค่าเท่ากับ 1.8978 ± 0.0779 , 1.9625 ± 0.0679 , 1.9580 ± 0.0562 และ 1.9330 ± 0.0701 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $24,895.00 \pm 4,290.00$, $28,498.00 \pm 4,197.00$, $28,127.00 \pm 3,483.00$ และ $26,754.00 \pm 4,071.00$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) ของปูทะเลแต่ละชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

ชุดการทดลองที่	ความหนาแน่น (ตัวต่อตารางเมตร)	ADG (กรัมต่อวัน)	SGR (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	WG (เปอร์เซ็นต์)
1	1	0.4952±0.0853 ^a	1.8978±0.0779 ^a	24,895.00±4,290.00 ^a
2	2	0.5668±0.0835 ^a	1.9625±0.0679 ^a	28,498.00±4,197.00 ^a
3	3	0.5594±0.0693 ^a	1.9580±0.0562 ^a	28,127.00±3,483.00 ^a
4	4	0.5321±0.0810 ^a	1.9330±0.0701 ^a	26,754.00±4,071.00 ^a

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$)

2. อัตรารอดตายของปูทะเล

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์) ปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองมีความหนาแน่นเฉลี่ยลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 0.42 ± 0.02 , 0.59 ± 0.08 , 0.76 ± 0.14 และ 0.92 ± 0.07 ตัวต่อตารางเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ เมื่อนำจำนวนปูทะเลที่เหลือรอดมาคำนวณหาอัตราการตาย และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการตายในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าบ่อดิน ซึ่งกำหนดให้เป็น Block ของการทดลองไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการตายของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง (ตารางผนวกที่ 3) ในขณะที่ระดับความหนาแน่นของการปล่อยมีค่าแปรผกผันกับอัตราการตายของปูทะเล ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการตายสูงที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 2 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่ 3 แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 29.34 ± 2.04 , 25.44 ± 2.41 และ 22.88 ± 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

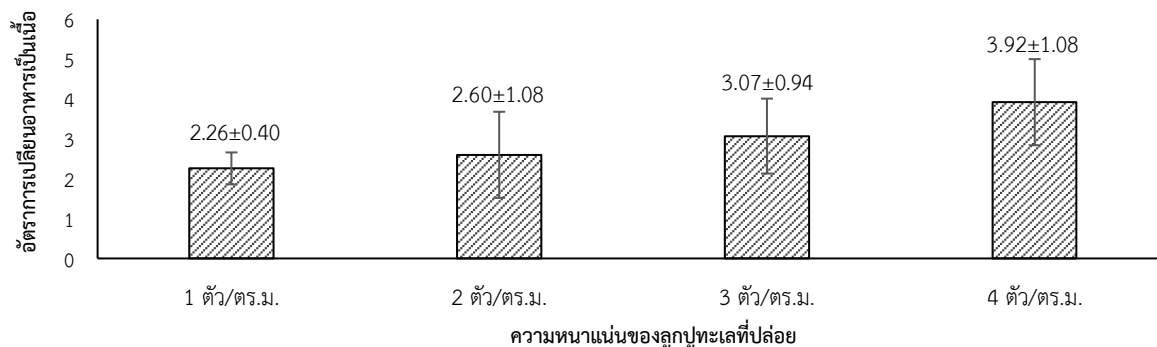
ตารางที่ 3 ความหนาแน่นเฉลี่ยสุดท้าย และอัตราการตายของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

รายละเอียด	ชุดการทดลองที่			
	1	2	3	4
ความหนาแน่นเริ่มต้น (ตัวต่อตารางเมตร)	1.00±0.00	2.00±0.00	3.00±0.00	4.00±0.00
ความหนาแน่นเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัวต่อตารางเมตร)	0.42±0.02	0.59±0.08	0.76±0.14	0.92±0.07
อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	42.56±0.93 ^a	29.34±2.04 ^b	25.44±2.41 ^{bc}	22.88±0.90 ^c
ผลผลิตเฉลี่ย (ตัว)	170.25±7.41 ^a	234.75±32.67 ^b	305.25±57.88 ^{bc}	366±28.89 ^c

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$)

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าไม่มีอิทธิพลของ Block ที่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง (ตารางผนวกที่ 4) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความหนาแน่นของลูกปูทะเลที่ปล่อย แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.26 ± 0.40 , 2.60 ± 1.08 , 3.07 ± 0.94 และ 3.92 ± 1.08 ตามลำดับ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของแต่ละบ่อทดลองตลอดการศึกษา พบว่า ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์ของแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ระหว่าง 5.02 ± 0.78 - 5.15 ± 1.06 mg/l อุณหภูมิของน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 30.33 ± 1.04 - 30.44 ± 1.21 °C ความเค็ม มีค่าอยู่ระหว่าง 33.56 ± 5.56 - 33.64 ± 5.39 ppt ความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 8.37 ± 0.63 - 8.42 ± 0.55 ความเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 117.33 ± 25.45 - 127.42 ± 39.84 mg/l ปริมาณแอมโมเนีย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4847 ± 0.8258 - 0.5483 ± 0.8577 mg/l ปริมาณไนไตรท์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0063 ± 0.0070 - 0.0086 ± 0.0112 mg/l ปริมาณไนเตรท มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0119 ± 0.0093 - 0.0654 ± 0.1896 mg/l ปริมาณฟอสเฟต มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0219 ± 0.0127 - 0.0721 ± 0.1963 และปริมาณของแข็งละลายในน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 65.26 ± 19.61 - 68.26 ± 28.70 mg/l (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อดองเลี้ยงปูทะเลด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

พารามิเตอร์	ชุดการทดลองที่			
	1	2	3	4
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	5.15±1.06	5.12±0.84	5.02±0.78	5.05±0.79
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	30.33±1.04	30.33±1.04	30.44±1.21	30.42±1.29
ความเค็ม (ppt)	33.58±5.59	33.58±5.38	33.56±5.56	33.64±5.39
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.42±0.55	8.38±0.57	8.38±0.65	8.37±0.63
ความเค็มต่าง (mg/l)	119.86±25.24	127.42±39.84	117.33±25.45	118.03±24.21
ปริมาณแอมโมเนีย (mg/l)	0.4847±0.8258	0.5483±0.8577	0.5443±0.8891	0.5235±0.8818
ปริมาณไนไตรท์ (mg/l)	0.0086±0.0112	0.0067±0.0077	0.0063±0.0070	0.0070±0.0072
ปริมาณไนเตรท (mg/l)	0.0129±0.0092	0.0119±0.0093	0.0151±0.0198	0.0654±0.1896
ปริมาณฟอสเฟต (mg/l)	0.0721±0.1963	0.0265±0.0230	0.0219±0.0127	0.0282±0.0370
ปริมาณของแข็งละลายในน้ำ (mg/l)	65.26±19.61	68.26±28.70	66.50±20.24	66.39±21.54

5. ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทนของการเลี้ยงปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง

5.1 ต้นทุนการผลิต

สำหรับต้นทุนของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ด้วยระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่า ทุกชุดการทดลองมีต้นทุนคงที่เท่ากัน คือ 463 บาท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่าเสื่อมบ่อเลี้ยงปูทะเลและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น วัสดุกันบ่อ และลอบจับปู ส่วนต้นทุนผันแปร ซึ่งเป็นต้นทุนหลักของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดิน (คิดเป็นร้อยละ 81.20±0.28 - 93.57±0.03 ของต้นทุนทั้งหมด) พบว่าส่วนใหญ่เป็นค่าลูกพันธุ์ปูทะเลและค่าอาหาร โดยมีค่าเท่ากับ 2,001.29±37.71, 3,532.92±29.00, 5,135.88±76.24 และ 6,417.27±36.08 บาทต่อบ่อ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแปรผันตามระดับความหนาแน่นของปูทะเลที่เลี้ยง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับต้นทุนการเลี้ยงปูทะเลทั้งหมด โดยมีค่าเท่ากับ 2,464.58±37.71, 3,996.21±29.00, 5,599.17±76.24 และ 7,200.90±36.08 บาทต่อบ่อ ตามลำดับ

ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของปูทะเลที่ได้ต่อบ่อขนาด 400 ตารางเมตร พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของการเลี้ยง โดยมีค่าเท่ากับ 170.25±7.41, 234.75±32.67, 305.25±57.88 และ 366±28.89 ตัว ตามลำดับ เมื่อนำไปคำนวณเป็นต้นทุนของการผลิตต่อปูทะเล 1 ตัว พบว่าแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด (14.52±0.61 บาทต่อตัว) รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 17.29±2.61, 18.86±3.49 และ 19.81±1.66 บาทต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5 และตารางผนวกที่ 5)

ตารางที่ 5 ต้นทุนของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

รายละเอียด	ต้นทุนของการผลิตปูทะเล			
	ชุดการทดลองที่ 1 (1 ตัวต่อตารางเมตร)	ชุดการทดลองที่ 2 (2 ตัวต่อตารางเมตร)	ชุดการทดลองที่ 3 (3 ตัวต่อตารางเมตร)	ชุดการทดลองที่ 4 (4 ตัวต่อตารางเมตร)
1. ต้นทุนคงที่ (บาทต่อบ่อ 400 ตร.ม.)				
1.1 ค่าเสื่อมราคา ประกอบด้วย				
- บ่อเลี้ยงปูทะเล	175.00±0.00	175.00±0.00	175.00±0.00	175.00±0.00
- วัสดุกันบ่อ	213.00±0.00	213.00±0.00	213.00±0.00	213.00±0.00
- ลอบจับปูทะเล	50.00±0.00	50.00±0.00	50.00±0.00	50.00±0.00
- วัสดุอื่นๆ เช่น สวิง กระบุง ฯลฯ	24.00±0.00	24.00±0.00	24.00±0.00	24.00±0.00
1.2 ค่าเสียโอกาสการลงทุน	0.29±0.00	0.29±0.00	0.29±0.00	0.29±0.00
รวมต้นทุนคงที่ (บาทต่อบ่อ 400 ตร.ม.)	463.29±0.00	463.29±0.00	463.29±0.00	463.29±0.00
ร้อยละของต้นทุนคงที่	18.80±0.28	11.59±0.08	8.28±0.11	6.43±0.03
2. ต้นทุนผันแปร (บาทต่อบ่อ 400 ตร.ม.)				
2.1 ค่าลูกพันธุ์ปูทะเล	1,200±0.00	2,400±0.00	3,600±0.00	4,800±0.00
2.2 ค่าอาหาร	427.83±37.68	758.51±28.98	1,160.46±76.19	1,561.20±36.06
2.3 ค่าเวชภัณฑ์	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
2.4 ค่าไฟฟ้า	124±0.00	124±0.00	124±0.00	124±0.00
2.5 ค่าแรงงาน	148±0.00	148±0.00	148±0.00	148±0.00
2.6 ค่าเสียโอกาสการลงทุน	1.25±0.02	2.20±0.02	3.21±0.05	4.21±0.02
รวมต้นทุนผันแปร (บาทต่อบ่อ 400 ตร.ม.)	2,001.29±37.71	3,532.92±29.00	5,135.88±76.24	6,417.27±36.08
ร้อยละของต้นทุนผันแปร	81.20±0.28	88.41±0.08	91.72±0.11	93.57±0.03
ต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด (บาทต่อบ่อ 400 ตร.ม.)	2,464.58±37.71	3,996.21±29.00	5,599.17±76.24	7,200.90±36.08
ผลผลิตเฉลี่ย (ตัวต่อบ่อ 400 ตร.ม.)	170.25±7.41	234.75±32.67	305.25±57.88	366.00±28.89
ต้นทุนของการผลิต (บาทต่อตัว)	14.52±0.61 ^a	17.29±2.61 ^{ab}	18.86±3.49 ^b	19.81±1.66 ^b

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P<0.05$)

5.2 รายได้และผลตอบแทน

รายได้ทั้งหมดของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ที่ระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ซึ่งคำนวณราคาจำหน่ายตัวละ 20 บาท โดยอ้างอิงตามประกาศของกรมประมง เรื่อง กำหนดราคาจำหน่ายพันธุ์สัตว์น้ำ ลงวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 พบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระดับความหนาแน่นของปูทะเล โดยมีค่าเท่ากับ 3,405±148, 4,695±653, 6,105±1,158 และ 7,320±578 บาท ตามลำดับ คิดเป็นรายได้สุทธิ เท่ากับ 1,403.71±141.23, 1,162.08±681.06, 969.12±1,231.14 และ 582.39±592.68 บาท ตามลำดับ และมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับกำไรสุทธิ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 940.47±141.23, 698.79±681.06, 505.83±1,231.14 และ 119.10±592.68 บาท ตามลำดับ เมื่อนำมาคิดผลตอบแทนการลงทุน พบว่าชุดการทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด (38.16±5.78 เปอร์เซนต์) และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับชุดการทดลองที่ 2 (17.57±17.12 เปอร์เซนต์) แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.25±22.24 และ 1.67±8.20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลตอบแทนการลงทุนของการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินขนาด 400 ตารางเมตร ที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน 4 ระดับ ด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์

รายละเอียด	ชุดการทดลองที่			
	1	2	3	4
รายได้ทั้งหมด (บาท)	3,405±148	4,695±653	6,105±1,158	7,320±578
รายได้สุทธิ (บาท)	1,403.71±141.23	1,162.08±681.06	969.12±1,231.14	582.39±592.68
กำไรสุทธิ (บาท)	940.47±141.23 ^a	698.79±681.06 ^a	505.83±1,231.14 ^a	119.10±592.68 ^a
ผลตอบแทนการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)	38.16±5.78 ^a	17.57±17.12 ^{ab}	9.25±22.24 ^b	1.67±8.20 ^b

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับแตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าทั้งบ่อดิน ซึ่งกำหนดให้เป็น Block และระดับความหนาแน่นของปูทะเลที่ปล่อยซึ่งกำหนดให้เป็น Treatment ของการศึกษาในครั้งนี้ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง ทั้งด้านความกว้างของกระดองเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายของปูทะเล น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) ของปูทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ของการทดลองไม่ได้สุ่มตัวอย่างปูทะเลมาชั่งน้ำหนักและวัดความกว้างของกระดอง เนื่องจากลูกปูทะเลยังมีขนาดเล็ก จึงไม่สามารถใช้ลอบปูจับได้ แต่เป็นที่สังเกตว่าแนวโน้มของการเจริญเติบโตของปูทะเลในทุกชุดการทดลองจะเริ่มเห็นผลความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 4 ของการเลี้ยง ซึ่งให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Saha *et al.* (1997) พบว่าเมื่อเลี้ยงปูทะเล (*S. serrata*) ขนาดประมาณ 5 กรัม ในบ่อดินด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (5,000, 10,000 และ 15,000 ตัวต่อเฮกแตร์) ด้วยอาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นเอง พบว่าการเจริญเติบโตของลูกปูทะเลจะใกล้เคียงกันในสองสัปดาห์ของการเลี้ยงและจะเริ่มสังเกตเห็นการเจริญเติบโตได้ในสัปดาห์ที่ 3 และยิ่งพบว่าการเจริญเติบโตที่มากขึ้นจากเดิมในสัปดาห์ที่ 4 ของการเลี้ยง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของการใช้อาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งมีระดับโปรตีนไม่น้อย 32 เปอร์เซ็นต์เป็นอาหารให้กับลูกปูทะเลสามารถทำให้ลูกปูทะเลมีการเจริญเติบโตได้ไม่แตกต่างกับปูทะเลที่ให้ปลาสดเป็นอาหาร โดยพิจารณาจากผลการศึกษาของชัยวัฒน์ และอาภรณ์ (2553) ซึ่งเลี้ยงปูทะเล *S. paramamosain* ระยะคราบแรก (1st Crab Stage) จนถึงขนาด 2.5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นต่างกันในระยะซึ่งในบ่อดิน โดยการให้อาหารปลาสด เป็นเวลานาน 31 วัน พบว่าปูทะเลมีขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 2.34 เซนติเมตร เมื่อนำมาคิดอัตราการเจริญเติบโตสมบูรณด้านความกว้างกระดองต่อวัน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.66 มิลลิเมตรต่อวัน ในขณะที่ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปูทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไมมีค่าอัตราการเจริญเติบโตสมบูรณด้านความกว้างกระดองต่อวัน เท่ากับ 0.78 มิลลิเมตรต่อวัน

ส่วนอัตรารอดตายของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง พบว่ามีค่าแปรผกผันกับระดับความหนาแน่นของการเลี้ยง โดยปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยสูงที่สุด 42.56 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับความหนาแน่น 2, 3 และ 4 ตัวต่อตารางเมตร โดยมีค่าเท่ากับ

29.34±2.04, 25.44±2.41 และ 22.88±0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยวัฒน์ และ อารณ (2553) ซึ่งทดลองเลี้ยงปูทะเล (*S. paramamosain*) จากระยะคราบแรก (1st Crab Stage) จนถึง ขนาด 2.5 เซนติเมตร ในกระชังในบ่อดินด้วยระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (50, 100 และ 150 ตัวต่อตารางเมตร) พบว่าปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 50 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการตายสูงสุด (37.85 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Baliao *et al.* (1981) ซึ่งทดลองเลี้ยงปูทะเล (*S. serrata*) ขนาด 5 เซนติเมตร ในบ่อดินด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน (5,000, 10,000, 15,000 และ 20,000 ตัวต่อเฮกเตอร์) เป็นเวลา 90 วัน พบว่าปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่น 5,000 ตัวต่อเฮกเตอร์ มีอัตราการตายสูงสุด (88.00 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ชุดการทดลองอื่น ๆ มีอัตราการตายเพียง 31-52 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Mia *et al.* (2007) ซึ่งทดลองเลี้ยงปูทะเล (*S. serrata*) ขนาด 6 เซนติเมตร ในบ่อดินด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกัน (2,500, 5,000, 7,500 และ 10,000 ตัวต่อเฮกเตอร์) เป็นเวลา 5 เดือน พบว่าที่ความหนาแน่น 2,500 ตัวต่อเฮกเตอร์ มีอัตราการตายสูงสุด (66.25±1.05 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าเป็นผลเนื่องจากปูทะเลมีนิสัยหวงที่อยู่ มีพฤติกรรมก้าวร้าว ชอบทำร้ายและกินกันเอง (Cannibalism) เมื่อปูทะเลมาอาศัยอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น จึงทำให้มีโอกาสเจอกันสูง และเกิดการทำร้ายกันมากขึ้น ส่งผลทำให้มีอัตราการตายต่ำ (Hastuti *et al.*, 2017; Liong 1992) โดยเฉพาะในระหว่างการลอกคราบ (Mia and Alam, 2006; Baliao *et al.*, 1981; Cholik and Hanafi, 1992)

สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของปูทะเลในแต่ละชุดการทดลอง พบว่าทั้ง 4 ระดับความหนาแน่นของการเลี้ยงมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เป็นที่สังเกตว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแปรผันตามระดับความหนาแน่นของการเลี้ยง โดยปูทะเลที่เลี้ยงด้วยระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด (2.26±0.04) และมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Saha *et al.* (1997) ซึ่งเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินด้วยความหนาแน่นต่างกันและให้อาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นเองเป็นอาหาร พบว่ามีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ระหว่าง 2.18-2.87 ในขณะที่ปูทะเลที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นมากที่สุด (4 ตัวต่อตารางเมตร) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด (3.92±1.08) อาจเป็นผลเนื่องมาจากปูทะเลกลุ่มนี้มีอัตราการตายต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณของอาหารที่ให้ ซึ่งคำนวณมาจากการประเมินผลผลิตของลูกปูทะเลที่มีอยู่ในบ่อ ซึ่งการตรวจสอบปริมาณการกินอาหารของปูทะเลทำได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนทั้งหมดของการเลี้ยงปูทะเล ทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ทั้งที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด พบว่ามีค่าแปรผันตามระดับความหนาแน่นของลูกปูทะเล ซึ่งต้นทุนส่วนใหญ่เป็นต้นทุนผันแปรที่เป็นค่าลูกพันธุ์ และค่าอาหาร และเมื่อคิดต้นทุนของการเลี้ยงปูทะเลทั้งหมด พบว่ามีต้นทุนทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นตามระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อย และเมื่อนำผลผลิตที่จับได้ทั้งหมดไปคำนวณหารายได้ทั้งหมดของแต่ละชุดการทดลอง ซึ่งพบว่ามีความเพิ่มมากขึ้นตามระดับความหนาแน่นของการปล่อยลูกปูทะเล แต่เมื่อนำมาคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุนกลับพบว่าระดับความหนาแน่นน้อยที่สุดให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด กล่าวคือที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนดีที่สุด (38.16±5.78 เปอร์เซ็นต์) และความหนาแน่น 4 ตัวต่อตารางเมตร ให้ผลตอบแทนต่อการลงทุนต่ำสุด (1.67±8.20 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Washim *et al.* (2022) ซึ่งทดลองเลี้ยงปูทะเล (*S. olivacea*) ด้วยความหนาแน่นแตกต่างกัน (5,000, 10,000 และ 20,000 ตัวต่อเฮกเตอร์) พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 5,000 ตัวต่อเฮกเตอร์ให้ผลคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์กับเกษตรกรอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับที่ระดับความหนาแน่นที่สูงขึ้น เนื่องจากมีอัตราการตายที่สูงกว่า และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่า

สำหรับคุณภาพน้ำนับว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตอบสนองโดยตรงต่อประสิทธิภาพการกินอาหารของสัตว์ในกลุ่ม Decapod เนื่องจากเป็นสัตว์ที่อาศัยประสาทสัมผัสทางเคมีในการหาอาหารและการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Aqillah-Amr *et al.*, 2021) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในครั้งนี้ พบว่าทุกพารามิเตอร์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดิน ซึ่งต้องมีความเค็มระหว่าง 10-34 ppt อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-30 องศาเซลเซียส และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 8.0-8.5 (Baliao *et al.*, 1999) โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเค็มของน้ำ ซึ่งจากการศึกษาของ ณสมนตร์ และคณะ (2564) พบว่าเมื่อเลี้ยงปูทะเล (*S. paramamosain*) ที่ความเค็ม 30 ppt จะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการกินอาหารต่อวันเฉลี่ยสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยระดับความเค็ม 10-20 ppt เนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะปูทะเลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะใช้ปริมาณแร่ธาตุที่จำเป็นมากกว่าปูขนาดเล็ก

สรุปผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเลี้ยงปูทะเลจากขนาด 0.5 เซนติเมตร ให้ได้ขนาด 5 เซนติเมตร ในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม ใช้ระยะเวลาเลี้ยง 9 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการตายสูงที่สุดร้อยละ 42.56 และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.26 ส่วนต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงปูทะเลทั้ง 4 ระดับ มีผลกำไรไม่แตกต่างทางสถิติ แต่มีความแตกต่างด้านต้นทุนจากการลงทุน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทั้งหมดแล้วผลจากการศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงปูทะเลจากขนาด 0.5 เซนติเมตร ถึงขนาด 5 เซนติเมตร ในบ่อดินด้วยอาหารกุ้งขาวแวนนาไม ที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อตารางเมตร ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอัตราการตายของลูกปูทะเลยังต่ำ ดังนั้นหากจะพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปส่งเสริมให้เป็นอาชีพสำหรับเกษตรกร ควรเพิ่มการใส่วัสดุที่ใช้เป็นที่หลบซ่อนให้เหมาะสมและเพียงพอ ตลอดจนศึกษาเทคนิคการให้อาหารและวิธีตรวจสอบปริมาณอาหารเหลือระหว่างการเลี้ยงที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อให้ต่ำลง สามารถเลี้ยงปูทะเลที่ความหนาแน่นสูงขึ้นและมีอัตราการตายที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลตอบแทนการลงทุนเพิ่มสูงขึ้นตาม และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการจัดการและวิธีการจับผลผลิตลูกปูทะเลขนาด 5 เซนติเมตร ที่มีประสิทธิภาพให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถจับผลผลิตปูทะเลได้มากที่สุดและมีผลกระทบกับลูกปูทะเลน้อยที่สุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายอาคม สิงห์บุญ ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาประมงพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่เป็นผู้กำกับดูแลและแนะนำในการดำเนินการทดลอง ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาแก้ไขผลงานวิชาการของกองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและคณะกรรมการของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี ที่ตรวจสอบให้มีความถูกต้องเหมาะสม ตลอดจนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่งานเทคนิคการเลี้ยงสัตว์น้ำและงานตรวจสอบและรับรองคุณภาพสินค้าประมง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสุราษฎร์ธานี ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือการเก็บข้อมูลครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ จันทรปรารักษ์. 2563. บทควมวิชาการต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดิน กรณีศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 22 หน้า.
- กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2564. คู่มือการเพาะเลี้ยงปูทะเล. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. กรุงเทพฯ. 45 หน้า.
- ชัยวัฒน์ วิชัยวัฒน์ และอาภรณ์ เทพพานิช. 2553. การเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) ระยะคราบแรก (1st Crab Stage) จนถึงขนาด 2.5 เซนติเมตร ที่ความหนาแน่นต่างกันในระยะบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2553. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 หน้า.
- ชัยสิทธิ์ เสนา, วีระ วัชรกรโยธิน วิชัย, ไชยแก้ว และมานพ เหลี่ยมปาน. 2564. การเลี้ยงปลาในกระชังในระบบน้ำหมุนเวียนที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2564. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 หน้า.
- จิรนนท์ อินทนามคม. 2553. การศึกษาลักษณะภายนอก ชนิดของเชื้อแบคทีเรีย และพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในปูทะเล (*Scylla* spp.) ที่มีอาการอก-ท้องแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 81 หน้า.
- ณสมนตร์ มีแก้ว, ภัคมัย สุวรรณกิจ, อนุรักษ์ สุขดารา และวาสนา อากรรัตน์. 2564. ผลของระดับความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการกินอาหารต่อวันของปูทะเล (*Scylla paramamosain*). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 23 (2) : 58-64.
- ภัทราวดี ศรีมีเทียน และ สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ. 2559. การศึกษาลักษณะและการแสดงออกของรูปแบบโปรตีนในปูทะเล (*Scylla serrata*) ที่มีอาการอกท้องแดงระยะแรก. สัตวแพทยมหานครสาร. 11(1): 23-33.
- วิกิจ ฝนรับ, สุดคะนึง ณ ระนอง และมาโนช ขำเจริญ. 2562. รายงานการวิจัย การเจริญเติบโตของปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ในวัสดุหลบซ่อนที่แตกต่างกัน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 27 หน้า.

- อาภรณ์ เทพพานิช, มณฑกานติ ท้ามตัน และสิริวรรณ หนูเซ่ง. 2554. การเลี้ยงปูทะเล (*Scylla paramamosain* Estampador, 1949) ด้วยอาหารสำเร็จรูป. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2554. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 18 หน้า.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D. C. American Public Health Association. 20thed.
- Aaqillah-Amr, M. A., A. Hidir, A. R. Ahmad-Ideris, R. Muhamad-Zulhilmi, T. Hong Peng, M. H. Abualreesh, M. N. Noordiyana, H. Ma and M. Ikhwanuddin. 2021. The Effect of Lipid Level on the Growth and Reproductive Performance of Female Orange Mud Crab, *Scylla olivacea* (Herbst, 1796), During the Fattening Period. *Aquac. Nutr.* 27 (6): 2497-2513.
- Baliao, D. D., E. M. Rodriguez and D. D. Gerochi. 1981. Culture of the Mud crab, *Scylla serrata* (Forsk.) at Different Stocking Densities in Brackishwater Ponds. SEAFDEC Aquaculture Department Quarterly Research Report 5 (1): 10-14.
- Baliao D. D., M. A. de los Santos and N. M. Franco. 1999. Mud crab, *Scylla* spp, Production in Brackishwater Ponds. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. 14 pp.
- 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 (1-2): 113-123.
- Cholik, F. and A. Hanafi. 1992. A Review of the Status of the Mud Crab (*Scylla* sp.) Fishery and Culture in Indonesia. BOBP, Madras (India). 13-27 pp.
- Hastuti Y. P., K. Nirmala, I. Rusmana, R. Affandi and W. B. Kuntari. 2017. Optimization of Stocking Density in Intensification of Mud Crab *Scylla serrata* Cultivation in the Recirculation System. *J. A. I.* 16 (2): 253-260.
- Liong P. C. 1992. The Fattening and Culture of the Mud Crab (*Scylla serrata*) in Malaysia. In: The Mud Crab a Report on the Seminar Convened in Surat Thani, Thailand. November 5-8, (1991) BOBP/REP, 51: 29-40.
- Mia, M. Y. and M. J. Alam. 2006. Effect of Stocking Density on Survival and Growth of Mud Crablings, *Scylla* sp. in laboratory conditions.
- Mia, M. Y., M. R. Shah, M. J. Alam and M. Begum. 2007. Optimization of the Stocking Density of Mud Crab, *Scylla serrata* Culture in Brackishwater Earthen Ponds in Bangladesh. *Sindh. Univ. Res. Jour.* 39 (1): 25-32.
- Mirera, D. and A. Mtile. 2009. A Preliminary Study on the Response of Mangrove Mud Crab (*Scylla serrata*) to Different Feed Types under Drive-in Cage Culture System. *J. Ecol. Nat. Environ.* 1 (1): 7-14.
- Saha, M. R., P. K. Roy. and S. U. Ahmed. 1997. Impact of Stocking Density on Growth and Survival Rate of Mud Crab (*Scylla serrata*, Froskal). *Bangladesh J. Fish. Res.* 1 (1): 47-52.

- Van, L., K. Arsa, C. P. Nguyen, N. A. Thi, and H. Tran Ngoc. 2022. Use of Different Seaweeds as Shelter in Nursing Mud Crab, *Scylla paramamosain*: Effects on Water Quality, Survival, and Growth of Crab. *J. World Aquac. Soc.* 53 (2): 485-499.
- Washim, M. R., A. S. A. Rubel, S. Ahmmed, S. L. Rahman, and L. Islam. 2022. Stocking Density Optimization of Juvenile Mud Crab (*Scylla olivacea*) Cultivation in Bamboo Fetched Earthen Ponds. *Aquacult. Aquarium Conserv. Legis.* 15 (1): 384-394.
- Yousefian, M., M. Hedayatifard, S. Fahimi, M. Shikholeslami, M. Irani, C. Amirinia and S. E. Mousavi. 2012. Effect of Prebiotic Supplementation on Growth Performance and Serum Biochemical Parameters of Kutum (*Rutilus frisii kutum*) Fries. *Asian J Anim Vet Adv.* 7 (8): 684-692.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อการเจริญเติบโตของปูทะเลด้านความกว้างกระดอง (Carapace width) และน้ำหนัก (Weight) ของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	Weight	50.170	3	16.723	0.565	0.652
	Carapace width	0.173	3	0.058	0.466	0.713
Block	Weight	38.657	3	12.886	0.435	0.733
	Carapace width	0.040	3	0.013	0.109	0.953
Error	Weight	266.326	9	29.592		
	Carapace width	1.113	9	0.124		
Total	Weight	18899.873	16			
	Carapace width	452.892	16			

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (WG) ของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	SGR	0.011	3	0.004	0.636	0.611
	ADG	0.013	3	0.004	0.565	0.652
	WG	3.195E7	3	1.065E7	0.565	0.652
Block	SGR	0.006	3	0.002	0.378	0.771
	ADG	0.010	3	0.003	0.435	0.733
	WG	2.462E7	3	8206080.945	0.435	0.733
Error	SGR	0.050	9	0.006		
	ADG	0.067	9	0.007		
	WG	1.696E8	9	1.885E7		
Total	SGR	60.150	16			
	ADG	4.728	16			
	WG	1.195E10	16			

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่ออัตราการตายของปูทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	919.281	3	306.427	27.403	0.000*
Block	39.258	3	13.086	1.170	0.374
Error	100.641	9	11.182		
Total	1059.181	15			

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	5.785	3	1.928	2.129	0.167
Block	1.332	3	0.444	0.490	0.698
Error	8.151	9	0.906		
Total	151.048	16			

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อต้นทุนการผลิตปูทะเล (บาทต่อตัว) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	63.984	3	21.328	4.401	0.036*
Block	22.852	3	7.617	1.572	0.263
Error	43.616	9	4.846		
Total	5085.556	16			

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอิทธิพลของบ่อ (Block) และความหนาแน่น (Treatment) ต่อกำไรสุทธิ (Benefit) และผลตอบแทนการลงทุน (Investment) ของการเลี้ยงปูทะเล เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (9 สัปดาห์)

Source	Dependent Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Treatment	Benefit	1444653.185	3	481551.062	0.985	0.442
	Investment	2466.580	3	822.193	4.304	0.038*
Block	Benefit	2650593.363	3	883531.121	1.807	0.216
	Investment	744.129	3	248.043	1.298	0.334
Error	Benefit	4401675.703	9	489075.078		
	Investment	1719.311	9	191.035		
Total	Benefit	1.362E7	16			
	Investment	10031.550	16			