

ประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์
ที่ได้จากเปลือกหอยทะเล

Efficiency in Adsorbing Orthophosphate with Calcium Carbonate and
Calcium Oxide Obtained from Sea Shells

ศักดิ์สิทธิ์ ฤกษ์หรั่ง¹, กังสตาลย์ บุญปราบ², ธีระพงศ์ ด้วงดี¹ และจินตนา สและน้อย^{1*}
Lerkring, S.¹, Boonprab, K.², Duangdee, T.¹ and Salaenoi, J.^{1*}

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, 10900

² ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, 10900

*Corresponding author: ffisjid@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เปลือกหอยจัดเป็นขยะที่ยังคงประโยชน์เนื่องจากเป็นแหล่งของแคลเซียม โดยเฉพาะแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์จะนำเปลือกหอยเหลือทิ้งจากตำบลพุมเรียง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) และหอยแครงบิด (*Trisidos semitorta*) มาผลิตเป็น CaCO_3 และ CaO จากนั้นนำมาศึกษาความสามารถในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลอง ผลการศึกษาระยะเวลาต่อร้อยละของการดูดซับเมื่อทดลองใช้ CaCO_3 ปริมาณ 0.5 g และ CaO 0.05 g ในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตความเข้มข้น 40 $\mu\text{mol/L}$ ปริมาตร 50 ml ในช่วงเวลา 10-180 min พบว่า CaCO_3 สามารถดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้ดีที่สุดที่เวลา 180 min ซึ่งมีร้อยละของการดูดซับเท่ากับ 23.84 ± 3.28 , 31.40 ± 1.78 และ 25.71 ± 2.41 ส่วน CaO แสดงการดูดซับออร์โธฟอสเฟตที่ดีที่สุดที่เวลา 150 min ซึ่งมีร้อยละของการดูดซับเท่ากับ 99.37 ± 0.13 , 98.74 ± 0.67 และ 97.43 ± 1.08 เมื่อใช้ CaCO_3 และ CaO ที่ผลิตมาจากหอยตลับ หอยแครงบิด และ CaCO_3 และ CaO ที่ผลิตมาจากการค้า ตามลำดับ โดยพบว่าระยะเวลาที่มีผลต่อร้อยละของการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณของตัวดูดซับมีความแตกต่างต่อร้อยละการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้มากยิ่งขึ้น CaO มีประสิทธิภาพสูงกว่า CaCO_3 ในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลอง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบิดซึ่งเป็นเปลือกหอยขยะสามารถใช้เป็นตัวดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี สามารถใช้ทดแทน CaCO_3 และ CaO ที่ผลิตมาจากการค้าได้ และมีศักยภาพที่จะพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศ อีกทั้งยังเป็นวิธีการกำจัดขยะที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: เปลือกหอย แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมออกไซด์ ออร์โธฟอสเฟต

Abstract

Shells are considered useful waste because they are sources of calcium especially calcium carbonate (CaCO_3) and calcium oxide (CaO). This research aims to use 2 species of waste shells, Asiatic hard clam (*Meretrix meretrix*) and semi-twisted ark (*Trisidos semitorta*) collected from Phum Riang District, Surat Thani Province, for production of CaCO_3 and CaO and study the ability to adsorb orthophosphate in simulated wastewater. The duration time of adsorption over a period of 10-180 min when using 0.5 grams of CaCO_3 and

0.05 grams of CaO to adsorb 40 $\mu\text{mol/L}$ orthophosphate at volume 50 ml, found that CaCO_3 showed the maximum adsorbed orthophosphate at 180 min with percentages of 23.84 ± 3.28 , 31.40 ± 1.78 and 25.71 ± 2.41 , while CaO was at 150 minutes with percentages of 99.37 ± 0.13 , 98.74 ± 0.67 and 97.43 ± 1.08 when using CaCO_3 and CaO produced from shells of Asiatic hard clam, semi-twisted ark and those produced commercially, respectively. It was found that duration time had a statistically significant difference in the effect on adsorption ($P<0.05$). In addition, the amount of adsorbent per percentage of adsorption was a statistically significant difference ($P<0.05$). Increasing the amount of adsorbent would be increased the efficiency of adsorption. CaO was more effective than CaCO_3 in adsorbing orthophosphate in the simulated wastewater. The results clearly showed that the trash shells of Asiatic hard clam and semi-twisted ark can be used as an orthophosphate adsorbent in wastewater and can replace CaCO_3 and CaO produced commercially. They have the potential to be further developed for using in sustainable environmental management without having a negative effect on the ecosystem. It is also an environmentally friendly method of waste disposal.

Keywords: shells, calcium carbonate, calcium oxide, orthophosphate

บทนำ

หอยเป็นสัตว์น้ำที่มีส่วนประกอบเป็นเปลือกแข็ง เรียกว่าเปลือกหอย กาบหอย หรือ ฝาหอย โดยเปลือกแข็งทำหน้าที่ปกป้องร่างกายที่อ่อนนุ่มเพื่อให้หอยสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ (Suzuki and Nagasawa, 2013) หอยเป็นสัตว์น้ำที่นิยมนำมาบริโภค ซึ่งจะบริโภคเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้อและทิ้งส่วนที่เป็นเปลือกแข็ง ดังนั้นการบริโภคหอยเป็นจำนวนมาก ย่อมก่อให้เกิดเปลือกหอยเหลือทิ้งมากเช่นกัน (Omari et al., 2016) โดยเปลือกหอยมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและมีรายงานว่าหอยทะเลมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตถึงร้อยละ 95-99 (Barros et al., 2009; Yao et al., 2013)

จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นจังหวัดที่มีชื่อเสียงในเรื่องของหอยโดยนับรวมหอยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงและจากการจับในธรรมชาติ เปลือกหอยที่เป็นขยะเหลือทิ้งนั้น นอกจากจะเป็นหอยเศรษฐกิจที่มีการบริโภคเป็นจำนวนมากแล้ว ยังมีเปลือกหอยอีกหลายชนิดในท้องถิ่นที่มีการทิ้งภายหลังจากการบริโภคเช่นกัน ซึ่งก็มีขนาดเปลือกที่ใหญ่ เปลือกหนา มีโครงสร้างส่วนมากเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและสามารถนำมาผลิตปูนขาวได้เช่นเดียวกัน เช่น หอยแครงบิต และหอยตลับ เป็นต้น ซึ่งหอยแครงบิต หรือ หอยบิต (*Trisidos semitorta*, Lamarck, 1819) เป็นหอยที่ชอบผาจะมีรอยบิตเป็นเกลียวแต่ประกบกันได้พอดีแม้ว่าฝาทั้งคู่จะมีขนาดไม่เท่ากันก็ตาม มักจะฝังตัวครึ่งหนึ่งไว้ในทรายเบื้องล่างกระแสน้ำลึกของทะเล ส่วนอีกครึ่งหนึ่งบิตเป็นเกลียวในระนาบเดียวกันกับพื้นผิวทราย (Vararin Vongspanich, 1996; สุเมตต์ และคณะ, 2566) ส่วนหอยตลับหรือหอยตลับลาย (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) เป็นหอยที่มีเปลือกหนา มีรูปร่างคล้ายไข่ ส่วนมากมีสีขาว หรือน้ำตาลเงา บางตัวมีลวดลายบนผิวเป็นลายซิกแซก (สุเมตต์ และคณะ, 2566) จากการรายงานของ กรมประมง (2566) พบว่าในการจับหอยจากการทำประมงพื้นบ้านในปี 2565 มีหอยชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่หอยเศรษฐกิจ มีปริมาณ 4,987.07 ตัน ทั้งนี้หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) และหอยแครงบิต (*Trisidos semitorta*) ก็ถูกนับรวมอยู่ในนั้นเช่นกัน ทั้งนี้จากการคำนวณสัดส่วนของเปลือกหอยเหลือทิ้ง คิดเป็นร้อยละ 75 - 90 จากจำนวนน้ำหนักหอยทั้งหมดที่ผลิตได้ (Hamester et al., 2012) ซึ่งในการใช้ประโยชน์ของเปลือกหอย นอกจากการนำมาผลิตปูนขาวแล้ว เปลือกหอยยังไม่มีมีการนำมาใช้งานที่โดดเด่นและมักจะถูกนำไปทิ้งทำให้กลายเป็นขยะชีวภาพที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และยังเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค เนื่องจากเปลือกหอยเหลือทิ้งมีอยู่มากมาย และมีศักยภาพสูงที่จะใช้เป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนตราคาถูกได้ จึงมีรายงานการนำเปลือกหอยมาใช้เป็นแหล่งแคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจากเหมืองหิน (Mohamad et al., 2016)

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีสูตร CaCO_3 เกิดจากองค์ประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์และแคลเซียม จัดเป็นอนินทรีย์สารที่พบได้ทั่วไปในหินในทุกระดับของโลก (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นหินปูน) และยังเป็นส่วนประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น เปลือกไข่ ปะการัง เปลือกหอย (สุภกร และคณะ, 2015) เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิที่สูง $900 - 1,200\text{ }^{\circ}\text{C}$

แคลเซียมคาร์บอเนตก็เกิดการสลายตัวเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) (Galván-Ruiz et al., 2009) เนื่องจากคุณสมบัติที่หลากหลาย แคลเซียมคาร์บอเนตจึงมีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น ใช้เป็นตัวเติมในอุตสาหกรรมของกระดาษ กระจก อากาศสัตว์ พลาสติก กาว และยาง (Islam et al., 2011) ใช้ในทางเกษตรและประมงเพื่อปรับสภาพดินหรือน้ำที่เป็นกรด (West and McBride, 2005; สุภกร และคณะ, 2015) และเป็นวัสดุดูดซับทางชีวภาพเพื่อกำจัดโลหะหนัก (Ahmad et al., 2012) เป็นต้น ส่วนแคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือปูนขาว มีสีขาวหรือเทา ไม่มีกลิ่น ลักษณะเป็นก้อนหรือเป็นผง สามารถดูดซับออกซิเจนและน้ำจากอากาศได้ดี เมื่อละลายในน้ำจะเกิดเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaOH) และความร้อน แคลเซียมออกไซด์ได้จากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนต เช่น หินปูน หินอ่อน เปลือกหอย แคลเซียมออกไซด์มีฤทธิ์กัดกร่อนที่รุนแรง มักใช้เป็นวัสดุปูนสำหรับใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะในการปรับ pH (Mohamed et al., 2012)

จากการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่มาจากชุมชนบ้านเรือน การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง การทำเกษตร หรือโรงงานอุตสาหกรรม ได้ปล่อยของเสียซึ่งมีสารอาหารจำนวนมากลงในแหล่งน้ำ (Smith et al., 1999) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารที่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส หรือ ฟอสเฟตซึ่งนับเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตทางชีวภาพ (Ye et al., 2017) ทะเลได้โดยตรง (ประเดิม และคณะ, 2562) ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (Red tide) ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในหลายพื้นที่ของประเทศและอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ (Val H. Smith, 2003; Wu et al., 2020) มีรายงานการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อกำจัดฟอสเฟตออกจากน้ำทิ้ง เช่น การนำปูนขาวมากำจัดฟอสเฟต โดยการเติมปูนขาวที่เป็นตัวก่อตะกอนลงไปให้น้ำเสีย ทำให้ฟอสเฟตตกตะกอน แล้วจึงแยกตะกอนฟอสเฟตออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว (เพ็ญ สุขมา, 2543) เป็นต้น

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจในการศึกษาองค์ประกอบของเปลือกหอย และนำมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ โดยการผลิตแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอย และนำมาทดสอบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซับออร์โธฟอสเฟต ซึ่งเปลือกหอยที่ใช้เป็นเปลือกหอยเหลือทิ้งจากการบริโภคที่จับได้จากการทำประมงพื้นบ้านจากตำบลพุมเรียง อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ หอยตลับ และหอยแครงบิต ทั้งนี้เป็นการเพิ่มทางเลือกในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคไปใช้ประโยชน์พร้อมกับช่วยลดและกำจัดขยะจากชุมชน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าขยะชีวภาพ และหาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกหอย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การรวบรวมตัวอย่างเปลือกหอย

รวบรวมตัวอย่างเปลือกหอยตลับและหอยแครงบิต จากแหล่งชายหอยในชุมชน ตำบลพุมเรียง อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จากนั้นนำเปลือกหอยมาล้างน้ำให้สะอาด ตากให้แห้ง ตรวจสอบลักษณะโดยทั่วไปของเปลือกหอย เช่น สี ขนาด (Figure 1) ก่อนนำเก็บในโถดูดความชื้น เพื่อทำการทดลองต่อไป



Figure 1 Shells used in the study; asiatic hard clam shells (a), semi-twisted ark shells (b)

2. การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอย

วิธีการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยปรับใช้จากวิธีของ Paradelo et al. (2016) โดยนำเปลือกหอยแห้งมาอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 1 hour จากนั้นตัดและบดให้มีขนาดเล็กลง นำไปร่อนผ่านตะแกรงกรองขนาด 500 μm และเก็บรักษาสภาพในโถดูดความชื้น ส่วนการเตรียมแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยปรับใช้จากวิธีของ Paradelo et al. (2016) โดยนำเปลือกหอยที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรงกรองขนาด 500 μm มาเผาด้วยเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 900 °C ระยะเวลา 6 hour จากนั้นเก็บรักษาในโถดูดความชื้น

3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับออร์โธฟอสเฟตด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอย

ในการศึกษานี้มีแนวคิดที่ว่าแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยดิบ และเปลือกหอยแครงบดจะสามารถดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลองได้ ดังนั้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลองจะมีปริมาณลดลงเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค spectrophotometry (Figure 2) เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษาจึงเลือกปัจจัย 2 ชนิด คือ ระยะเวลาในการดูดซับ และปริมาณตัวดูดซับต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต

นำแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยที่เตรียมไว้ มาศึกษาปัจจัยของระยะเวลาในการดูดซับและปริมาณตัวดูดซับต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต โดยการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของสารละลายออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ 40 μM ปริมาตร 50 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยน้ำหนัก 0.5 g ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายออร์โธฟอสเฟต (ในกรณีของแคลเซียมออกไซด์ ใช้น้ำหนัก 0.05 g ส่วนคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากทางการค้าจะใช้ปริมาณเดียวกันกับตัวอย่างจากเปลือกหอย) เก็บตัวอย่างสารละลายหลังการดูดซับทุก ๆ 10 min ภายในระยะเวลา 60 min และทุกๆ 30 min จนครบ 180 min โดยเตรียมตัวอย่างในการทดลองช่วงเวลาละ 3 ข้ว เมื่อได้ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับแล้ว จึงศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในช่วงเวลาที่เหมาะสมดังกล่าว สำหรับแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยจะใช้ปริมาณ 1.0, 0.5 และ 0.25 g ส่วนแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยจะใช้ปริมาณ 0.1, 0.05 และ 0.02 g

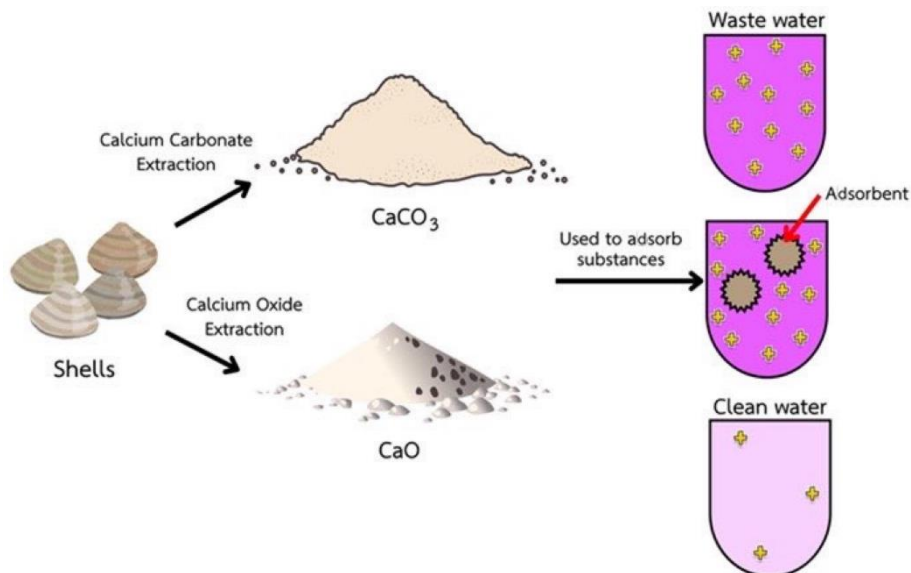


Figure 2 Concept of using calcium carbonate and calcium oxide from asiatic hard clam and semi-twisted ark shells adsorption of orthophosphate in simulated wastewater

4. การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลอง

การวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟตใช้วิธี Ascorbic acid ดำเนินการตามวิธีของ กรมประมง (2562) โดยปิเปตน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรอง 25 ml เติม Ascorbic acid 0.5 ml (Ascorbic acid 2.5 g + น้ำกลั่น 12.5 ml + 4.5 mol/L H_2SO_4 12.5 ml) เติม Mix reagent 0.5 ml (Mix reagent: 4.5 mol/L H_2SO_4 35 ml + 1.25 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 12.5 ml + 0.04

g K(SbO) C₄H₄O₆ 2 ml) เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 min วัดค่าดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 nm นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างไปหาความเข้มข้นโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน คำนวณค่าร้อยละการดูดซับฟอสเฟตตามสมการ

$$\text{ร้อยละการดูดซับ} = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0}$$

เมื่อ C₀ คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของฟอสเฟต

C_e คือ ความเข้มข้นสมดุลของฟอสเฟต

การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายฟอสเฟต โดยการชั่งสาร Potassium dihydrogen phosphate (KH₂PO₄) 136.09 mg ละลายในน้ำกลั่น แล้วใส่ลงใน volumetric flask เติม 4.5 mol/L H₂SO₄ 0.2 ml จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1,000 ml จะได้สารละลายความเข้มข้นฟอสเฟตเท่ากับ 1000 µm/L ปีเตอร์สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตที่ได้ 100 ml เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 ml จะได้สารละลายความเข้มข้นฟอสเฟตเท่ากับ 100 µm/L จากนั้นปีเตอร์สารละลายมาตรฐานฟอสเฟตเจือจาง 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 ml แล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 50 ml จะได้สารละลายความเข้มข้น 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 µm/L ตามลำดับนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 nm บันทึกและนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานของฟอสเฟต

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ในเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบดแสดงด้วยค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าการดูดซับแสดงผลเป็นร้อยละการดูดซับ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลที่ได้ด้วย one-way ANOVA และ t-test (p<0.05) โดยใช้โปรแกรม SPSS และ Microsoft Excel

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทั่วไปของเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบด

ลักษณะตัวอย่างเปลือกหอยตลับที่นำมาศึกษา พบว่าเปลือกค่อนข้างหนา เป็นมันเงา มีสีและลวดลายต่างกันตั้งแต่สีขาวเรียบ สีครีม สีน้ำตาลอ่อน ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม บางตัวมีลวดลายบนผิว มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ และพบชั้นของวงเปลือกหอยที่เกิดจากการสร้างเปลือกเป็นชั้นๆ ตั้งแต่บริเวณปลายข้อเปลือกกลมาเป็นแนวขนานกับขอบของเปลือกหอย ทำให้เปลือกมีพื้นผิวไม่เรียบเท่ากัน เปลือกด้านในมีสีขาวค่อนข้างเรียบ มีรอยของกล้ามเนื้อยึดเปลือกที่หลุดไปแล้ว มีรอยขอบและรอยเว้าของแผ่นเนื้อเป็นแนวขนานกับขอบของเปลือกหอยชั้น โดยพื้นที่ด้านนอกรอยที่แบ่งจะมีลักษณะผิวมันเงา พื้นที่ฝั่งในรอยจะเป็นผิวขาวและด้านกว่าบริเวณบานพับมีซี่ฟันที่เล็กและถี่เป็นจำนวนมากแต่ไม่เท่ากันและมีขนาดเล็กเรียงเป็นระเบียบ บริเวณบานพับมีซี่ฟัน 3 -4 ซี่ (Figure 1 a)

ส่วนลักษณะตัวอย่างเปลือกหอยแครงบดหรือหอยบด พบว่าเปลือกหอยมีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยม ผาหอยทั้งสองผามีขนาดไม่เท่ากัน แต่สามารถประกบกันได้พอดีในเปลือกที่เป็นคู่เดียวกัน ผาหอยด้านซ้ายจะมีขนาดใหญ่กว่าผาหอยด้านขวา และผาหอยด้านซ้ายจะมีรอยบดที่มากกว่าผาหอยทางด้านขวาทาง ด้านท้ายมีขนาดใหญ่กว่าทางด้านหน้ามาก ผิวเปลือกด้านนอกพบเส้นใยที่หนาสีน้ำตาลปกคลุม เปลือกมีลักษณะเป็นร่องและสันตื้นๆ บนเปลือกทั้งสองด้าน และพบชั้นของรอยวงเปลือกหอยเป็นชั้นๆ เช่นเดียวกับเปลือกหอยตลับ โดยบริเวณใกล้ขอบเปลือกวงเปลือกจะเป็นชั้นที่แยกกันอย่างเห็นได้ชัด เปลือกด้านในมีรอยของกล้ามเนื้อยึดเปลือก พื้นผิวเปลือกด้านในมีรอยขอบและรอยเว้าแผ่นเนื้อชั้น โดยพื้นที่ด้านนอกรอยที่แบ่งจะมีลักษณะผิวมันเงา พื้นที่ฝั่งในรอยจะเป็นผิวด้านกว่าและสีออกไปทางสีเหลืองอ่อนๆ ตรงบริเวณบานพับมีซี่ฟันที่เล็กและถี่เป็นจำนวนมากแต่ไม่เท่ากัน และมีขนาดเล็กเรียงเป็นระเบียบ (Figure 1 b)

ผลการศึกษาลักษณะของเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบดภายหลังจากการเผาเปลือกหอยที่อุณหภูมิ 900 °C พบว่า เปลือกหอยจะมีสีขาวขึ้น แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับเปลือกหอยก่อนเผา (Figure 3) และมีการสูญเสียน้ำหนักไป

กว่าร้อยละ 45 โดยมีน้ำหนักเหลืออยู่ร้อยละ 55.88 ± 0.10 และ 56.14 ± 0.09 ในเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบดตามลำดับ เนื่องจากเกิดการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนต (ที่เป็นโครงสร้างหลักในเปลือกหอย) กลายเป็นแคลเซียมออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังเช่นมีการรายงานการศึกษาในหอยชนิดอื่น (Galván-Ruiz et al., 2009; Li et al., 2009; สุภกร และคณะ, 2015)



Figure 3 Unburned and burnt crushed seashells; Unburned crushed asiatic hard clam shells (a), Crushed asiatic hard clam shells are burned at 900°C . (b), Unburned crushed semi-twisted ark shells (c) and Crushed semi-twisted ark shells are burned at 900°C . (d)

การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต

ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลองด้วยตัวดูดซับชนิดแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบด และตัวอย่างจากทางการค้า พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้ดีที่สุดที่เวลา 180 min โดยที่แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบด และตัวอย่างจากทางการค้า มีร้อยละของการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 23.84 ± 3.28 , 31.40 ± 1.78 และ 25.71 ± 2.41 ตามลำดับ (Figure 4) ในการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยและจากทางการค้าเป็นสารดูดซับ โดยภาพรวมสามารถดูดซับได้ไม่เกินร้อยละ 35 ตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง และมีปริมาณการดูดซับออร์โธฟอสเฟตที่แตกต่างกันเล็กน้อยในทุกเวลาของวัสดุดูดซับทุกชนิด

เมื่อใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยเผาและตัวอย่างทางการค้าในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ประสิทธิภาพการดูดซับสูง มีค่าเฉลี่ยถึงร้อยละ 90 และจากกราฟ แสดงการดูดซับ พบว่าการดูดซับค่อนข้างดีและสูง เวลาที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 150 min ร้อยละของการดูดซับเฉลี่ยเท่ากับ 99.37 ± 0.13 , 98.74 ± 0.67 และ 97.43 ± 1.08 เมื่อใช้แคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยดิบ เปลือกหอยแครงบด และที่ผลิตมาจากการค้า ตามลำดับ (Figure 4) โดยพบว่าระยะเวลาที่มีการดูดซับสูงสุดมีค่าแตกต่างจากระยะเวลาที่มีการดูดซับน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการศึกษาเป็นที่ประจักษ์ว่าแคลเซียมออกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสีย จำลองสูงกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Oladoja et al., (2015) นอกจากนี้ Sylwia et al., 2020) และ (Oladoja et al., (2015) ยังอธิบายถึงสาเหตุที่แคลเซียมออกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการกระจายขนาดรูพรุนซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการเผาหรือ การให้ความร้อนสูง

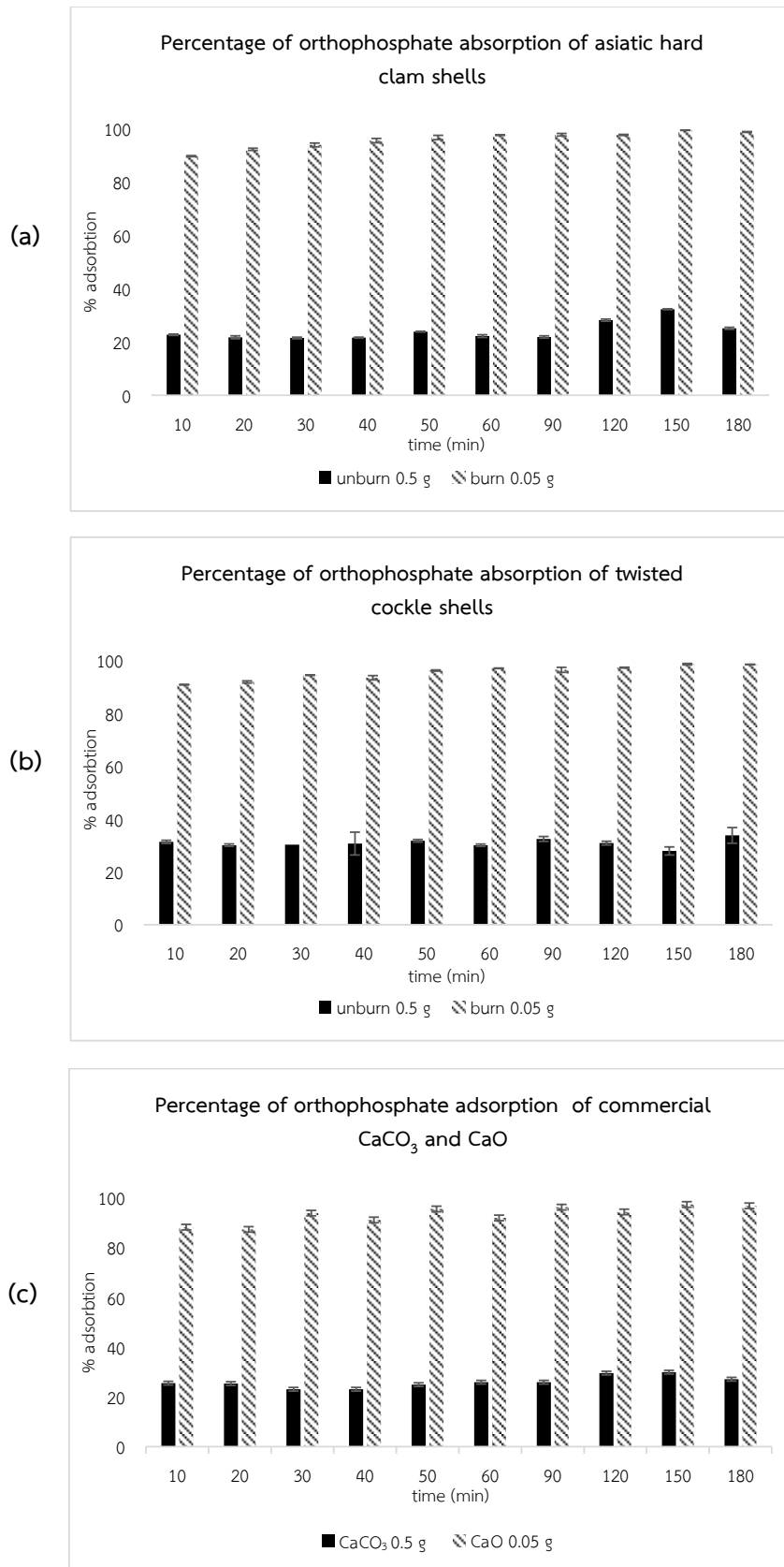


Figure 4 Adsorption of orthophosphate of calcium carbonate and calcium oxide from adsorbents at different time points; percentage adsorption using asiatic hard clam shells (a), percentage adsorption using twisted cockle shell (b) and percentage adsorption using commercial calcium carbonate and calcium oxide samples (c)

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวดูดซับที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต

ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวดูดซับที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต พบว่าปริมาณตัวดูดซับที่ใช้ในการดูดซับที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับได้มากยิ่งขึ้น (Table 1) ในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยและจากทางการค้า พบว่า เมื่อใช้ปริมาณตัวดูดซับเท่ากับ 0.25, 0.5 และ 1.0 g ส่งผลให้เกิดการดูดซับออร์โธฟอสเฟตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับมากขึ้น จะทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีจำนวนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ตัวดูดซับสามารถดูดซับออร์โธฟอสเฟตได้มากขึ้น โดยประสิทธิภาพในการดูดซับดีที่สุดคือ ปริมาณ 1.0 g ซึ่งมีค่าร้อยละการดูดซับในเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบิต และตัวอย่างทางการค้า เท่ากับ 53.58 ± 0.89 , 73.15 ± 1.54 และ 52.48 ± 2.74 ตามลำดับ โดยที่ค่าการดูดซับของเปลือกหอยแครงบิตสูงกว่าเปลือกหอยตลับ และตัวอย่างทางการค้าเมื่อใช้ตัวดูดซับปริมาณ 0.5 และ 1.0 g อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากการใช้ปริมาณ 0.25 g ที่มีประสิทธิภาพการดูดซับจะไม่เกินร้อยละ 16

Table 1 Percentage of calcium carbonate adsorption from shells and commercial material samples

Types of calcium carbonate	Amount of adsorbent material (g)			p-value
	0.25	0.50	1.0	
Asiatic hard clam shells	14.98±2.30	32.24±0.93	53.58±0.89	1.11×10^{-5}
Semi-twisted ark shells	14.77±1.37	27.95±1.10	73.15±1.54	8.44×10^{-9}
Commercial material	15.78±0.58	29.97±1.16	52.48±2.74	1.95×10^{-7}

จากการดูดซับออร์โธฟอสเฟตโดยใช้วัสดุดูดซับเป็นแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยและจากทางการค้า ในปริมาณ 0.02, 0.05 และ 0.1 g ในเวลา 150 min พบว่าการเพิ่มหรือลดปริมาณของตัวดูดซับมีผลต่อการดูดซับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 2) เมื่อใช้วัสดุดูดซับปริมาณ 0.02 g การดูดซับอยู่ที่ประมาณร้อยละ 90 ขึ้นไป โดยแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบิต และตัวอย่างจากการค้าดูดซับได้ร้อยละ 92.55 ± 0.88 , 92.80 ± 0.33 และ 90.40 ± 1.53 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับเป็น 0.05 g ส่งผลให้การดูดซับดีขึ้น โดยแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบิต และตัวอย่างจากการค้าดูดซับได้ร้อยละ 99.37 ± 0.13 , 98.74 ± 0.67 และ 97.43 ± 1.08 ตามลำดับ และหลังจากการใช้ปริมาณวัสดุดูดซับที่ 0.10 g พบว่ามีการดูดซับสูงสุด โดยมีการดูดซับร้อยละ 99.71 ± 0.19 , 99.83 ± 0.07 และ 99.75 ± 0.13 ด้วยแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกหอยตลับ เปลือกหอยแครงบิต และตัวอย่างจากการค้า ตามลำดับ ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Kim et al., (2009) ที่รายงานว่า การกำจัดฟอสฟอรัสจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตและมวลของวัสดุดูดซับ นอกจากนี้ การกำจัดฟอสฟอรัสยังได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ผิวเฉพาะและประเภทของวัสดุดูดซับอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับฟอสเฟตด้วยเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบิตในการทดลองในครั้งนี้กับ วิจารณ์ ชัยเพชร (2014) พบว่ามีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการดูดซับฟอสฟอรัสของเปลือกหอยนางรมร้อยละ 80.00 เปลือกหอยแครงร้อยละ 53.88 และเปลือกหอยแมลงภู่อ้อยร้อยละ 89.67

Table 2 Percentage of calcium oxide adsorption from shells and commercial material samples

Types of calcium oxide	Amount of adsorbent material (g)			
	0.02	0.05	0.10	p-value
Asiatic hard clam shells	92.55±0.88	99.37±0.13	99.71±0.19	0.05×10 ⁻⁸
Semi-twisted ark shells	92.80±0.33	98.74±0.67	99.83±0.07	0.05×10 ⁻¹⁰
Commercial material	90.40±1.53	97.43±1.08	99.75±0.13	0.01×10 ⁻²

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตระหว่างตัวอย่างก่อนเผา (แคลเซียมคาร์บอเนต) และหลังเผา (แคลเซียมออกไซด์) ที่อุณหภูมิ 900 °C แล้วพบว่า หลังจากทำการเผาแล้วประสิทธิภาพการดูดซับสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ เสาวภา ไวยสุศรี (2559) เมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต ทั้งนี้เนื่องมาจากหลังผ่านการเผาได้เกิดการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ซึ่งมีความสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต (Mohamed et al., 2012) ทำให้สามารถจับกับออร์โธฟอสเฟตได้ดีกว่า นอกจากนี้ความสามารถในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตที่ต่างกันของเปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบิตยังอาจจะมาจากรูปร่างลักษณะที่ต่างกัน เช่น พื้นผิว ความมันวาว ความหนา องค์ประกอบอื่นๆ ที่แตกต่างกัน (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2539; สุชาติ และคณะ, 2538) ทำให้ความสามารถในการดูดซับมีความต่างกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแคลเซียมจากเปลือกหอยมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ฐิติชญา บุรีรัตน์ (2555) ที่ระบุว่ากำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลจำเป็นต้องอาศัยสารเคมีที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมในการกำจัด

สรุป

เปลือกหอยตลับและเปลือกหอยแครงบิตมีองค์ประกอบของแคลเซียมชนิดแคลเซียมคาร์บอเนต แต่หลังจากการเผาเปลือกหอยที่อุณหภูมิ 900 °C แคลเซียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมออกไซด์ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตไปประมาณร้อยละ 45 ในการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการดูดซับที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต พบว่าระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยและตัวอย่างจากทางการค้า สามารถดูดซับได้ไม่เกินร้อยละ 35 ในช่วงเวลา 10-180 min ซึ่งเวลาที่ดียิ่งที่สุดในการทดลองการดูดซับเท่ากับ 180 min เมื่อเปลี่ยนวัสดุดูดซับไปเป็นแคลเซียมออกไซด์พบว่า มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่สูงตั้งแต่ช่วงเวลาเริ่มต้นและเริ่มคงที่ที่ช่วงเวลา 150 min ในการศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวดูดซับที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟต พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ จะเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับเช่นกัน วัสดุดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ เปลือกหอยแครงบิต เปลือกหอยตลับ และตัวอย่างจากทางการค้า ตามลำดับ แคลเซียมออกไซด์มีประสิทธิภาพในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตสูงกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างชัดเจน จากการศึกษาจะเห็นว่าเปลือกหอยตลับ และเปลือกหอยแครงบิตสามารถนำมาใช้ในการดูดซับฟอสเฟตได้และมีศักยภาพที่จะพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศ สามารถนำมาใช้ทดแทน แคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากทางการค้า อีกทั้งยังเป็นวิธีการกำจัดขยะที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

มีข้อเสนอแนะให้มีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ เช่น ความแตกต่างของค่า pH อุณหภูมิ ความขุ่น เป็นต้น สำหรับการศึกษาขึ้นเป็นการทดลองการดูดซับออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียจำลอง ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงควรมีการทดสอบกับน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ เพิ่มเติม อีกทั้งยังมีเปลือกหอยขยะที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งอีกหลากหลายชนิด จึงอาจนำเปลือกหอยชนิดอื่นมาศึกษาเพิ่มเติม เพื่อจะได้พบแหล่งของแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์ในการที่จะนำมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, M., Usman, A. R. A., Lee, S. S., Kim, S.-C., Joo, J.-H., Yang, J. E., & Ok, Y. S. (2012). Eggshell and coral wastes as low cost sorbents for the removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Cu^{2+} from aqueous solutions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(1), 198-204.
- Al Omari, M. M. H., Rashid, I. S., Qinna, N. A., Jaber, A. M., & Badwan, A. A. (2016). Chapter Two - Calcium Carbonate. In H. G. Brittain (Ed.), *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology* (Vol. 41, pp. 31-132): Academic Press.
- Barros, M. C., Bello, P. M., Bao, M., & Torrado, J. J. (2009). From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. *Journal of Cleaner Production*, 17(3), 400-407.
- Galván-Ruiz, M., Hernández, J., Baños, L., Noriega-Montes, J., & Rodríguez-García, M. E. (2009). Characterization of Calcium Carbonate, Calcium Oxide, and Calcium Hydroxide as Starting Point to the Improvement of Lime for Their Use in Construction. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 21(11), 694-698.
- Hamester, M. R. R., Balzer, P. S., & Becker, D. (2012). Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene. *Materials Research*, 15, 204-208.
- Islam, K. N., Bakar, M. Z. B. A., Noordin, M. M., Hussein, M. Z. B., Rahman, N. S. B. A., & Ali, M. E. (2011). Characterisation of calcium carbonate and its polymorphs from cockle shells (*Anadara granosa*). *Powder Technology*, 213(1), 188-191.
- Kim, M. K., Park, J. H., Lee, K. H., & Joo, H. J. (2009). Phosphorus Removal from Wastewater by $CaCO_3$ Media. *Journal of Korean Society on Water Environment*, 25(4), 515-521.
- Li, Y., Zhao, C., Chen, H., Duan, L., & Chen, X. (2009). CO_2 Capture Behavior of Shell during Calcination/Carbonation Cycles. *Chemical Engineering & Technology*, 32, 1176-1182.
- Mohamed, M., Yousuf, S., & Maitra, S. (2012). Decomposition study of calcium carbonate in cockle shell. *Journal of Engineering Science and Technology*, 7, 1-10.
- Smith, V. H. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126-139.
- Oladoja, N. A., Adelagun, R. O. A., Ahmad, A. L., & Ololade, I. A. (2015). Phosphorus recovery from aquaculture wastewater using thermally treated gastropod shell. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 296-308.
- Paradelo, R., Conde-Cid, M., Cutillas-Barreiro, L., Arias-Estévez, M., Nóvoa-Muñoz, J. C., Álvarez-Rodríguez, E., . . . Núñez-Delgado, A. (2016). Phosphorus removal from wastewater using mussel shell: Investigation on retention mechanisms. *Ecological Engineering*, 97, 558-566.

- Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100(1), 179-196.
- Suzuki, M., & Nagasawa, H. J. C. J. o. Z. (2013). Mollusk shell structures and their formation mechanism. *Canadian Journal of Zoology*, 91(6), 349-366.
- Sy Mohamad, S. F., Mohamad, S., & Jemaat, Z. (2016). Study of calcination condition on decomposition of calcium carbonate in waste cockle shell to calcium oxide using thermal gravimetric analysis. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11, 9917-9921.
- Sylwia Gubernat, Adam Mas łoń, Joanna Czarnota, & Piotr Koszelnik. (2020). Reactive Materials in the Removal of Phosphorus Compounds from Wastewater—A Review. *Materials*, 13(15), 3377.
- Val H. Smith. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 126-139. doi:10.1065/espr2002.12.142
- Vararin Vongpanich. (1996). The Arcidae of Thailand Phuket Maine Biological Center Special Publication, 16, 177-192.
- West, T. O., & McBride, A. C. (2005). The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emissions in the United States: dissolution, transport, and net emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(2), 145-154.
- Wu, B., Wan, J., Zhang, Y., Pan, B., & Lo, I. M. C. (2020). Selective Phosphate Removal from Water and Wastewater using Sorption: Process Fundamentals and Removal Mechanisms. *Environmental Science & Technology*, 54(1), 50-66.
- Yao, Z. T., Chen, T., Li, H. Y., Xia, M. S., Ye, Y., & Zheng, H. (2013). Mechanical and thermal properties of polypropylene (PP) composites filled with modified shell waste. *Journal of Hazardous Materials*, 262, 212-217.
- Ye, Y., Ngo, H. H., Guo, W., Liu, Y., Li, J., Liu, Y., . . . Jia, H. (2017). Insight into chemical phosphate recovery from municipal wastewater. *Science of The Total Environment*, 576, 159-171.
- เพ็ญ สุขมาก. (2543). การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอาหารทะเลกระป๋องโดยระบบ เอส บี อาร์. (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เสาวภา ไวยสุศรี. (2559). การกำจัดฟอสเฟตในน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตและแคลเซียมออกไซด์จากเปลือกไข่ไก่. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 3, 475-486.
- กรมประมง. (2562). การวิเคราะห์ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และหลักการวิเคราะห์ (ascorbic acid method). คู่มือการวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตรวจรับรอง มาตรฐานฟาร์ม, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 179-181
- กรมประมง. สถิติปริมาณการจับสัตว์ทะเลจากการทำประมงพื้นบ้าน ปี 2565. เข้าถึงได้จาก: <https://shorturl.asia/zswGE> [เข้าถึงเมื่อ 19 มกราคม 2566].
- ฐิติชญา บุรีรัตน์. (2555). การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำปฏิกูลด้วยเถ้าเปลือกหอยเชอรี่. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 6(1), 119-128.
- ประเดิม อุทยานมณี, ศุภชัย ยืนยง, เบญจวรรณ คชเสนี, & อนุกุล บุรณประทีปรัตน์. (2562). ฟลักซ์ของสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำและของแข็งแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำสวี จังหวัดชุมพร ในฤดูน้ำมากและฤดูแล้ง ในปี พ.ศ. 2557 – 2558. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 24(2).



วิภารัตน์ ชัยเพชร. (2557). โครงการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ ของแข็ง แขนวลอยจากน้ำ ที่บ่อกักโดยใช้เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแมลงภู และเปลือกหอยแครง: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. เปลือกหอย. เข้าถึงได้จาก: <https://shorturl.asia/iX9aM> [เข้าถึงเมื่อ 13 ตุลาคม 2565].

สุชาติ อุปลัมป์, มาลียา เครือตราชู, ยาวลักษณ์ จิตรามวงศ์, & ศิริวรรณ จันทเดมีย์. (2538). สังขวิทยา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุภกร บุญยีน, มณฑา มาลัยทอง, อภิสสิทธิ์ โพธิ์แก้ว, เบญญา เขตหิรัญกร, & อิศรพงษ์ เชื้อสันเทียะ. (2015). การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอย. Thai Journal of Science and Technology, 4(2), 115-122.

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาธรรมชาติ (การเลี้ยงแบบดั้งเดิม) ในบ่อดิน
โดยอาศัยแหล่งน้ำจากคลองธรรมชาติ

Preliminary Study on Natural Fish Farming Operations (Extensive Farming)
in Grow-Out Pond Utilizing Water from Natural Canal

รุ่งทิวา คนสันทัด¹ วาสนา อากรรัตน์¹ ธนวัฒน์ ศรีแจ่ม² คมชาญ อินทสุวรรณ์² สุภาพร รอบรู้² ราตรีทัศน์ นาใจตรง² ธนาธร เสียดขุนทด³
ภิญโญ ภิญโญ³ เขมศักดิ์ ปะกิ้ง³ ภากร เกี้ยวกระโทก³ เวรกา ศรีเงิน³ ชญากรณ์ ธงไชย³ ศศิกานต์ ผ่องแผ้ว³ กรองกาญจน์ คงเจือ³
ชลดา ลือราม¹ และ วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม^{1*}

Konsantad, R.¹, Arkronrat, W.¹, Srijam, T.², Intasuwan, K.², Lobroo, S.², Najaitrong, R.², Seadkhuntod, T.³, Phinyo, P.³,
Pakinung, K.³, Keawkathok, P.³, Sringern, W.³, Thongchai, C.³, Phongpaew, S.³, Kongiuea, G.³, Leearam, C.¹ and Oniam, V.^{1*}

¹ สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 447 ม.1 ต.คลองวาฬ อ.เมืองประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77000

¹ Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000, Thailand

² ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak Bangkok 10900 Thailand

³ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

³ Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author: ffishvco@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการรายงานครั้งแรกเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติ (การเลี้ยงดั้งเดิม) ในบ่อดินบริเวณพื้นที่ป่าชายเลน โดยใช้บ่อขนาด 1 ไร่ (กว้าง 40 เมตร x ยาว 40 เมตร) จำนวน 2 บ่อ เป็นบ่อสาธิต ระบบน้ำเข้า-ออกภายในบ่อเลี้ยงอาศัยการขึ้นลงของน้ำจากคลองธรรมชาติ การดำเนินการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาตินี้ใช้เวลาประมาณ 12 เดือน (มิถุนายน 2566 - พฤษภาคม 2567) หลังจากนั้นจึงเก็บผลผลิตปลาโดยใช้วิธีการลากอวน ผลการศึกษาพบว่า บ่อที่ 1 ได้ผลผลิตปลารวม 31.30 กิโลกรัม ส่วนบ่อที่ 2 ได้ผลผลิตปลารวม 34.58 กิโลกรัม (ผลผลิตเฉลี่ย 32.94 กิโลกรัม/ไร่) ชนิดของปลาที่พบในบ่อที่ 1 และ 2 มี 19 และ 10 ชนิดตามลำดับ โดยแบ่งเป็นปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (บริโภคหรือขายในตลาดท้องถิ่น) เฉลี่ย 30.59 กิโลกรัม/ไร่ และปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ (ปลาเบ็ด) เฉลี่ย 2.35 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 92.85 และ 7.15 (ตามลำดับ) ของปลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด โดยปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เข้ามาในบ่อและได้มูลค่ามากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ปลาสากเทา (*Sphyraena jello*) และปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*Anodontostoma chacunda*) ตามลำดับ ขณะที่ปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำที่ได้ผลผลิตมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ปลาหมอคางคาง (*Sarotherodon melanotheron*) ปลาดอกหมาก (*Gerres spp.*) และปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) ตามลำดับ โดยมีผลตอบแทนจากการจำหน่ายปลาทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ที่ 3,111 บาท/พื้นที่เลี้ยง 1 ไร่ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติใกล้พื้นที่ป่าชายเลนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรได้และเป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : ฟาร์มปลาธรรมชาติ ผลผลิตปลา การสร้างรายได้

Abstract

This study presents the initial report on natural fish farming (extensive farming) in grow-out pond within a mangrove area. Two 1,600 m² ponds (40 m width x 40 m length) were designed as demonstration pond, with water inflow and outflow systems relying on the natural tidal movements from a nearby canal. The operation of this natural fish farming took approximately 12 months (June 2023 - May 2024), followed by

fish harvesting using the seine net. The study found that Pond 1 produced a total of 31.30 kg of fish, while Pond 2 produced a total of 34.58 kg of fish, with an average production of 32.94 kg/Rai (1,600 m²). The type of fish found in Pond 1 and Pond 2 were 19 and 10 species, respectively. The fish were categorized into those with economic value (consumed or sold in the local market), averaging 30.59 kg/Rai, and those with low economic value (trash fish), averaging 2.35 kg/Rai, accounting for 92.85% and 7.15% of the total harvested fish, respectively. The top three economically valuable fish found in the ponds were milkfish (*Chanos chanos*), pickhandle barracuda (*Sphyraena jello*), and chacunda gizzard shad (*Anodontostoma chacunda*). Conversely, the top three most commonly found fish with low economic value were blackchin tilapia (*Sarotherodon melanotheron*), silver biddy (*Gerres* spp.), and sardinella (*Sardinella gibbosa*). The average revenue from selling all fish was THB 3,111/Rai. This study indicates that natural fish farming near mangrove area is a viable option for generating income. It can supplement farmers' income and provides an environmentally friendly method for raising aquatic animals.

Keywords: natural fish farming, fish production, revenue generation

บทนำ

การเลี้ยงปลาแบบดั้งเดิมหรือการทำฟาร์มปลาแบบ Extensive fish farming เป็นวิธีการที่ใช้ทรัพยากรและการจัดการน้อยที่สุด โดยอาศัยกระบวนการทางธรรมชาติเป็นหลัก การเลี้ยงปลาระบบนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีการเลี้ยงในหลายประเทศ (De Silva and Davy, 2010; Oswald, 2015; Boyd *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาที่บันทึกไว้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีนี้ในพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทย การใช้บ่อดินที่ถูกทิ้งร้างหรือใช้ประโยชน์น้อยในพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อการทำฟาร์มปลาธรรมชาติแบบดั้งเดิมเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการสร้างระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ป่าชายเลนมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล โดยให้ที่อยู่อาศัยแก่สัตว์น้ำหลายชนิด ป้องกันชายฝั่งทะเล และสนับสนุนชุมชนท้องถิ่นผ่านการประมงและทรัพยากรอื่นๆ (สรายุทธ และรุ่งสุริยา, 2554; สหัส, 2557) การผนวกการเลี้ยงสัตว์น้ำเข้ากับระบบนิเวศป่าชายเลนสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับพื้นที่เหล่านี้ ในขณะที่เดียวกันยังรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา เช่น กรณีศึกษาการเลี้ยงกุ้งทะเล ปลากระพงขาว และปูทะเลในพื้นที่ป่าชายเลนของต่างประเทศที่ใช้ระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ทำลายระบบนิเวศซึ่งสามารถส่งเสริมการอนุรักษ์ป่าชายเลน และสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกรในท้องถิ่นได้ (Roy *et al.*, 2021; Tengku Hashim *et al.*, 2021) วิธีการเลี้ยงปลาแบบดั้งเดิมเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการแทรกแซงจากมนุษย์น้อยสามารถเป็นแนวทางที่ยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรป่าชายเลนโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากนัก (Boyd *et al.*, 2020; Nie and Hallerman, 2021) การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกที่บันทึกผลผลิตและความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงปลาธรรมชาติแบบดั้งเดิมในพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิตปลาจากระบบการเลี้ยงปลาธรรมชาติแบบดั้งเดิมเพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำที่พบในบ่อเลี้ยง และเพื่อประเมินการสร้างรายได้ของการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติในพื้นที่ป่าชายเลน โดยใช้บ่อดินในพื้นที่ตำบลคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นบ่อสาธิต ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลฐานสำหรับการพัฒนาวิธีการเลี้ยงปลาธรรมชาติแบบยั่งยืนในพื้นที่ป่าชายเลน และเสริมสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้บ่อดินขนาด 1 ไร่ (กว้าง 40 เมตร × ยาว 40 เมตร) จำนวน 2 บ่อ ในพื้นที่ของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นบ่อสาธิต (Figure 1a) ดำเนินการเตรียมบ่อตามหลักการเตรียมบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทั่วไป (โชคชัย, 2548) ด้วยวิธีการลอกเลน โรยปูนขาว และตากบ่อประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นจึงปล่อยน้ำเข้าบ่อโดยอาศัยการขึ้นลงของน้ำในรอบวันผ่านคลองธรรมชาติที่มีปากคลองเป็นชายฝั่งทะเลเป็นแหล่งน้ำของ

บ่อเลี้ยง (พื้นที่ศึกษามีระยะทางจากปากคลองถึงบ่อเลี้ยงยาวประมาณ 1.5 กิโลเมตร) (Figure 1b) บ่อสาธิตนี้จัดระบบบ่อเลี้ยงที่มีการถ่ายน้ำเข้า-ออกบ่อตามธรรมชาติ โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว เป็นทางระบายน้ำเข้า-ออก ซึ่งระดับน้ำในบ่อเลี้ยงต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 0.8 เมตร และสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 1.5 เมตร ที่ประตูน้ำเข้า-ออกกันด้วยตะแกรงอวนขนาดตาประมาณ 1 เซนติเมตร (Figure 1c) ปล่อยบ่อเลี้ยงให้เป็นระบบธรรมชาติ ไม่มีการปล่อยสัตว์น้ำลงเลี้ยงในบ่อ ไม่มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศ ไม่มีการให้อาหารและไม่มีการจัดการใดๆ เมื่อพบเห็นว่ามีสัตว์น้ำเข้ามาหรืออยู่ในบ่อ

ดำเนินการเลี้ยงปลารวมชาติในบ่อดินแบบดั้งเดิม (extensive fish farming) ที่ระยะเวลาเลี้ยงนาน 12 เดือน ระหว่างการดำเนินการมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัปดาห์ละ 2 ครั้งด้วยเครื่องมือและวิธีการดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity refractometer (Master-S10 alpha) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen, DO) และอุณหภูมิของน้ำวัดด้วย DO meter (YSI Pro20i) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำวัดด้วย pH meter (pH Testr30) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกมาที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวมด้วยวิธี Koroleff's indophenol blue method ในไตรท์ด้วยวิธี Colorimetric method และความเป็นด่างด้วยวิธี Titration method ตามขั้นตอนและวิธีมาตรฐานของ APHA, AWWA and WEF (2017) สำหรับการวัดการดูดกลืนคลื่นแสงในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (i5 uv-vis Hanon Spectrophotometer)

เมื่อสิ้นสุดการศึกษาที่ระยะเวลาเลี้ยง 12 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตปลาในบ่อด้วยวิธีการลากอวน จากนั้นศึกษาชนิด ปริมาณ และองค์ประกอบของปลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิต โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (ปลาที่บริโภคหรือขายในตลาดท้องถิ่น) และกลุ่มปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ (ปลาเบ็ด) การจำแนกชนิดของปลาดำเนินการเบื้องต้นโดยสังเกตความแตกต่างของลักษณะภายนอกแล้วคัดแยกปลา จากนั้นคัดเลือกปลาที่มีความสมบูรณ์ของลักษณะภายนอกมากที่สุดของแต่ละชนิดมาถ่ายภาพเพื่อนำมาจำแนกชนิดโดยใช้คู่มือการวิเคราะห์พรรณปลาและเอกสารที่เกี่ยวข้องของสมโภชน์ (2545) สหัท (2557) และ Nelson (2006) นอกจากนี้ สุ่มตัวอย่างปลาประมาณ 5% ของผลผลิตปลาแต่ละชนิดมาชั่งน้ำหนัก (body weight) โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (หน่วยเป็นกรัม) และวัดขนาดความยาวลำตัวทั้งหมด (total length) โดยใช้ไม้บรรทัด (หน่วยเป็นเซนติเมตร) ส่วนปลาที่มีปริมาณไม่มาก (จำนวนตัวน้อยกว่า 10 ตัว) ผู้วิจัยใช้วิธีการชั่งวัดขนาดปลาทุกตัว เพื่อประเมินราคาเฉลี่ยของขนาดปลาที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (Figure 2) นอกจากนี้ ประเมินราคาจำหน่ายของปลาดังกล่าวโดยเทียบราคาและหาค่าเฉลี่ยของราคาจำหน่ายปลาจากตลาดท้องถิ่นและตลาดประมงพื้นบ้านในพื้นที่ในช่วงเดือนที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (เดือนพฤษภาคม 2567) รวมถึงราคาสินค้าสัตว์น้ำจากองค์การสะพานปลาในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม 2567 (องค์การสะพานปลา, 2567) เป็นราคาประเมินผลผลิตปลาที่ได้

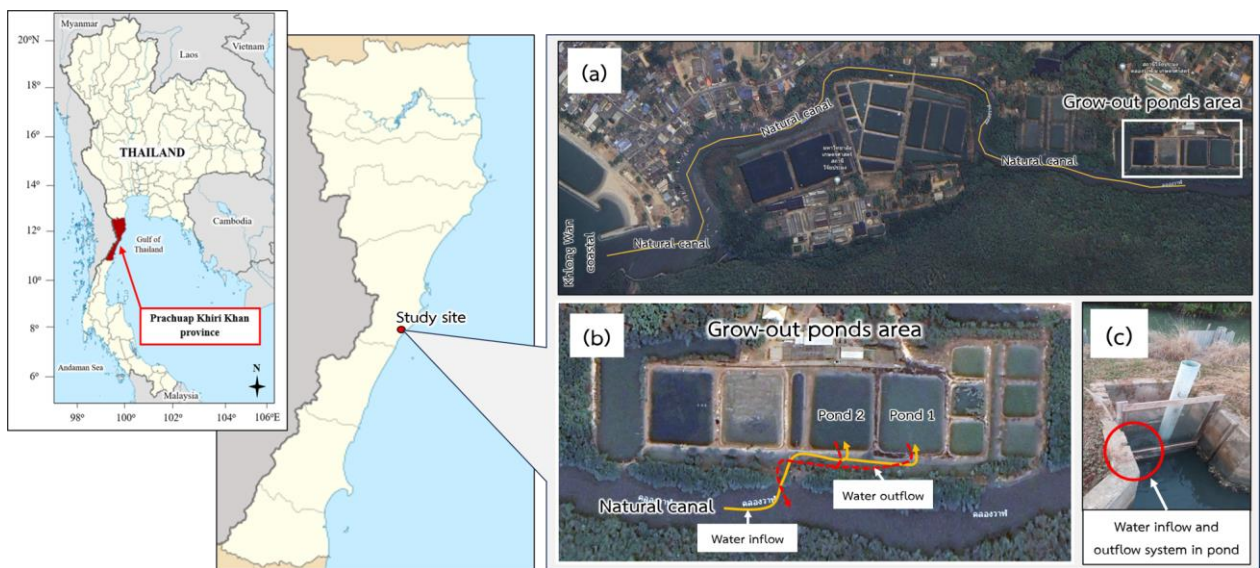


Figure 1 Study area (A), natural fish pond with water flow system (B), and water circulation into and out of the pond through an 8-inch PVC pipe that relies on the tidal movements of the natural canal (C).

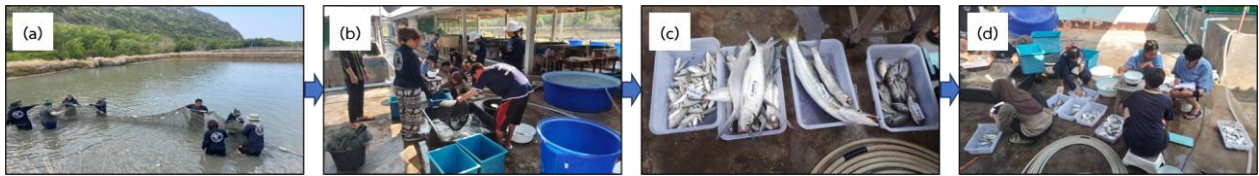


Figure 2 Harvesting fish products from ponds (a), sorting species and quantities (b-c), and collecting samples of each fish type for weighing, measuring, and data recording (d).

นำข้อมูลชนิด ปริมาณ และรายได้ที่ได้รับจากการประเมินราคาจำหน่ายผลผลิตปลาที่ได้จากการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาติมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยแบ่งแยกข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่พร้อมกับการพิจารณาถึงความพอเพียงและความสมบูรณ์ของข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา วิเคราะห์เนื้อหา แล้วจึงสังเคราะห์ตีความสร้างข้อสรุปด้วยการใช้สถิติรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ยและร้อยละ และอภิปรายผลการศึกษาระดับพรรณนา (Descriptive analysis)

ผลการทดลอง

ค่าคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติในบ่อดินบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนของการศึกษานี้ (มิถุนายน 2566 - พฤษภาคม 2567) พบว่า มีความเค็มอยู่ในช่วง 28-40 ppt (เฉลี่ย 34.3 ppt) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 2.68-6.59 mg/l (เฉลี่ย 4.27 mg/l) อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 25.2-35.6°C (เฉลี่ย 31.1°C) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.11-8.75 (เฉลี่ย 8.01) ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.00-0.47 mg-N/l (เฉลี่ย 0.10 mg-N/l) ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.00-0.03 mg-N/l (เฉลี่ย 0.01 mg-N/l) และความเป็นด่างอยู่ในช่วง 123-188 mg/l as CaCO₃ (เฉลี่ย 146.7 mg/l as CaCO₃) เมื่อดำเนินการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาตินานประมาณ 12 เดือน เก็บผลผลิตปลาในบ่อด้วยวิธีการลากอวน (seine net) ผลการศึกษาพบว่า บ่อที่ 1 ได้ผลผลิตปลารวม 31.30 กิโลกรัม ส่วนบ่อที่ 2 ได้ผลผลิตปลารวม 34.58 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 32.94 กิโลกรัม/ไร่ โดยพบปลาทั้งหมด 20 ชนิด (Figure 3) แบ่งเป็นกลุ่มปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ (ปลาที่บริโภคตามท้องตลาดหรือขายตามตลาดท้องถิ่น) จำนวน 10 ชนิด และปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ (กลุ่มปลาเป็ด) จำนวน 10 ชนิด (Table 1)

นอกจากนี้ เมื่อจำแนกผลผลิตของปลาตามกลุ่มปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ และกลุ่มปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำ พบว่า ได้ผลผลิตรวมเฉลี่ย 30.59 และ 2.35 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 92.85 และ 7.15 ของผลผลิตทั้งหมด (ตามลำดับ) โดยปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สร้างรายได้จากการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาติมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) ผลผลิตเฉลี่ย 19.27 กิโลกรัม/ไร่ รายได้เฉลี่ย 1,542 บาท ปลาสากเทา (*Sphyræna jello*) ผลผลิตเฉลี่ย 2.82 กิโลกรัม/ไร่ รายได้เฉลี่ย 706 บาท และปลาตะเพียนน้ำเค็ม (*Anodontostoma chacunda*) ผลผลิตเฉลี่ย 4.45 กิโลกรัม รายได้เฉลี่ย 334 บาท ตามลำดับ และปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำที่ได้ผลผลิตมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ปลาหมอคางดำ (*Sarotherodon melanotheron*) ผลผลิตเฉลี่ย 0.93 กิโลกรัม ปลาดอกหมาก (*Gerres spp.*) ผลผลิตเฉลี่ย 0.49 กิโลกรัม และปลาหลังเขียว (*Sardinella gibbosa*) ผลผลิตเฉลี่ย 0.42 กิโลกรัม ตามลำดับ (Figure 4 และ 5) โดยมีผลตอบแทนจากการจำหน่ายผลผลิตปลาทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ที่ 3,111 บาท/พื้นที่เลี้ยง 1 ไร่

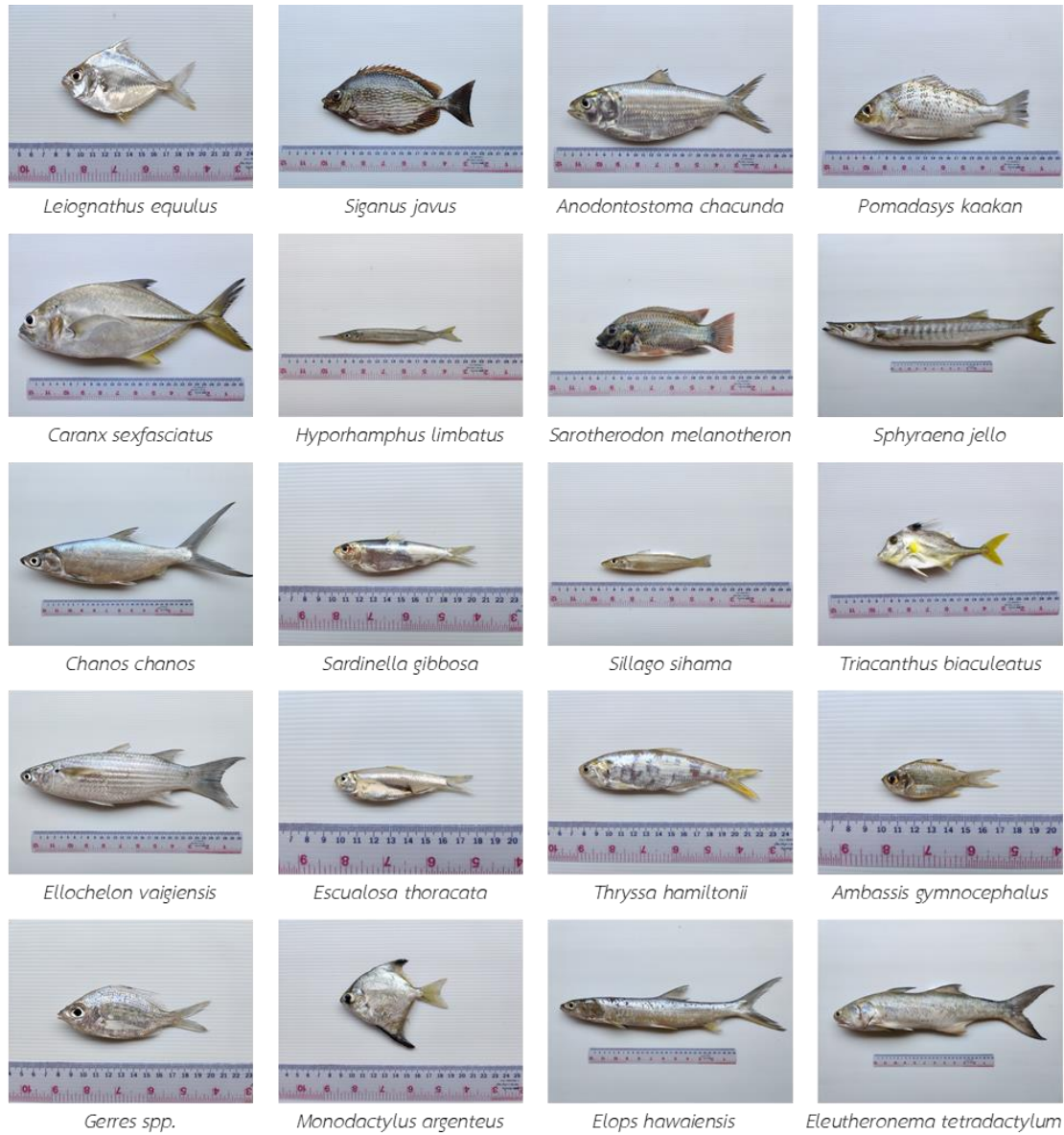


Figure 3 Fish species harvested using seine net from natural fish grow-out ponds that utilize water circulated from a natural canal in the mangrove area at about a 12-month operation.

Table 1 Fish production in natural fish grow-out ponds at about a 12-month operation.

Common name	Scientific name	Grow-out pond		Average size	
		Pond 1	Pond 2	TL (cm)	BW (g)
<u>High economic value</u>					
Common ponyfish	<i>Leiognathus equulus</i>	*	*	9.6	19.8
Streaked spinefoot	<i>Siganus javus</i>	*		18.2	94.1
Chacunda gizzard shad	<i>Anodontostoma chacunda</i>	*	*	12.9	33.1
Bigeye trevally	<i>Caranx sexfasciatus</i>	*		31.9	504.4
Pickhandle barracuda	<i>Sphyraena jello</i>	*	*	63.8	1,160.0
Milkfish	<i>Chanos chanos</i>	*	*	36.4	430.9
Sand whiting	<i>Sillago sihama</i>	*		14.1	25.5
Squaretail mullet	<i>Ellochelon vaigiensis</i>	*	*	20.5	43.9
Hawaiian ladyfish	<i>Elops hawaiiensis</i>	*		46.2	446.5
Fourfinger threadfin	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>		*	51.7	1,033.7
<u>Low economic value</u>					
Javelin grunter	<i>Pomadasys kaakan</i>	*		10.3	19.0
Congaturi halfbeak	<i>Hyporhamphus limbatus</i>	*		17.1	13.9
Blackchin tilapia	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	*		14.8	74.7
Goldstripe sardinella	<i>Sardinella gibbosa</i>	*	*	10.0	9.4
Short-nosed tripodfish	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	*	*	12.1	24.7
White sardine	<i>Escualosa thoracata</i>	*	*	7.9	4.4
Hamilton's thryssa	<i>Thryssa hamiltonii</i>	*	*	13.7	22.6
Bald glassy	<i>Ambassis gymnocephalus</i>	*		6.0	4.2
Silver biddy	<i>Gerres spp.</i>	*		20.5	163.5
Silver moony	<i>Monodactylus argenteus</i>	*		8.8	18.9

Note : * fish species were found; TL = total length; BW = body weight

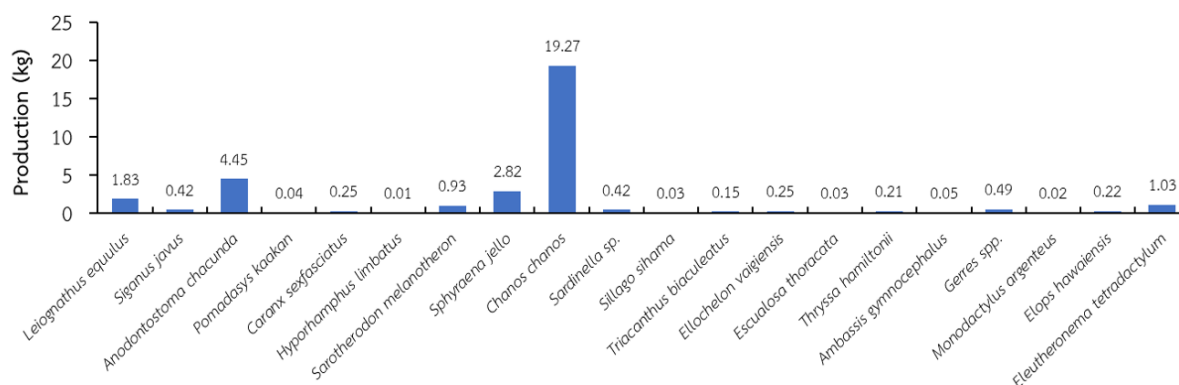


Figure 4 Average production of each fish species raised in natural pond at about a 12-month operation.

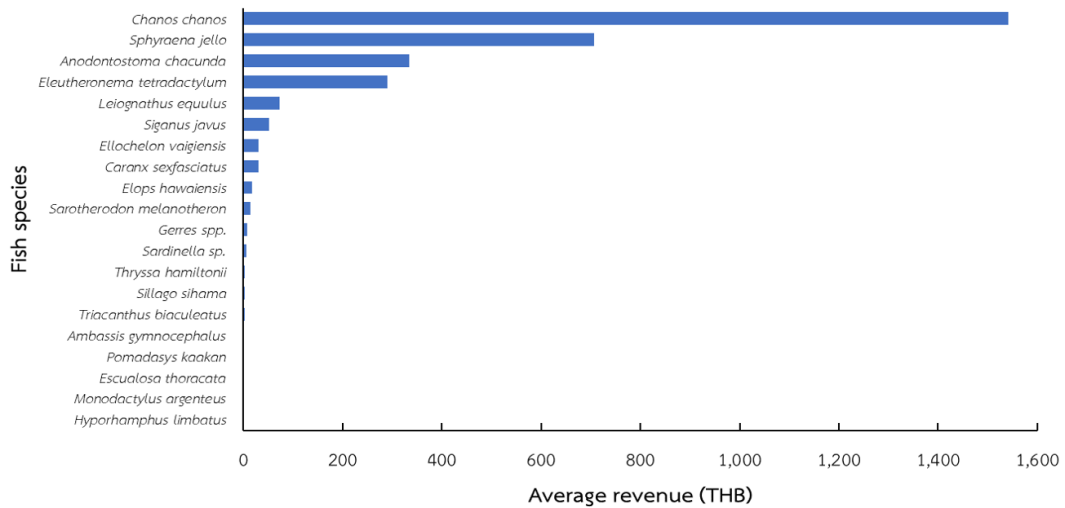


Figure 5 Average revenue from the sale of each fish species raised in natural pond.

วิจารณ์ผล

การเลี้ยงปลาแบบ Extensive fish farming เป็นระบบการเลี้ยงปลาที่ใช้ทรัพยากรและการจัดการน้อยที่สุด โดยอาศัยกระบวนการทางธรรมชาติเป็นหลัก เช่น การใช้แหล่งน้ำธรรมชาติและการให้อาหารจากแหล่งธรรมชาติภายในบ่อเลี้ยง โดยทั่วไปมักใช้ในพื้นที่ที่มีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์และมีพื้นที่กว้างขวาง เช่น ไร่พื้นที่ป่าชายเลน ไร่พื้นที่ชายฝั่งทะเล หรือไร่พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Boyd *et al.*, 2020; Nie and Hallerman, 2021) การศึกษานี้เป็นการรายงานครั้งแรกที่ไม่มีการรายงานมาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับผลผลิตของการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาติโดยใช้บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเก่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่อยู่ไร่พื้นที่ป่าชายเลน หรือบริเวณพื้นที่ไร่แหล่งน้ำที่ไหลผ่านป่าชายเลน ข้อมูลนี้ถือเป็นข้อมูลฐานสำคัญ เป็นองค์ความรู้ที่จะนำไปสู่รูปแบบการทำฟาร์มปลาแบบธรรมชาติ (Extensive fish farm) ของเกษตรกรที่มีบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเก่า หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่มีบ่อเลี้ยงที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ หรือหยุดดำเนินการเลี้ยงไปแล้ว ซึ่งเป็นแนวทางการเลี้ยงปลาแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ทำลายระบบนิเวศ และสามารถสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำที่มีบ่อเลี้ยงเก่า หรือบ่อเลี้ยงที่ไม่ใช้ประโยชน์ได้ โดยพื้นที่ดังกล่าวต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย หรือข้อบังคับต่าง ๆ เช่น พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2584 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 หรือระเบียบกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 276 ง 25 พฤศจิกายน 2563

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงปลาธรรมชาติแบบดั้งเดิมในไร่พื้นที่ป่าชายเลนมีศักยภาพในการสร้างผลผลิตที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผลผลิตปลารวมเฉลี่ยที่ 32.94 กิโลกรัมต่อไร่ถือเป็นผลผลิตที่น่าพอใจในระบบการเลี้ยงแบบธรรมชาติ หรือการเลี้ยงปลาแบบดั้งเดิม (Oswald, 2015) การจำแนกปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำช่วยให้เห็นภาพรวมของระบบนิเวศในบ่อเลี้ยงและความสามารถในการรองรับชนิดปลาที่หลากหลาย อีกทั้งยังบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรสัตว์น้ำของป่าชายเลนนั้นๆ อีกด้วย (สรายุทธ และรุ่งสุริยา, 2554; สหส, 2557) Boyd *et al.* (2020) รายงานไว้ว่าการเลี้ยงปลาแบบ Extensive มีความยั่งยืนสูงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลาแบบ Intensive ซึ่งใช้ทรัพยากรและพลังงานมากกว่า ระบบการเลี้ยงแบบ Extensive สามารถลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการเลี้ยง ทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค รวมไปถึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการใช้น้ำได้มากกว่าการเลี้ยงแบบ Intensive แม้ว่าผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ของการเลี้ยงปลาแบบ Extensive จะน้อยกว่าการเลี้ยงแบบ Intensive แต่การเลี้ยงแบบ Extensive มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าและความเสี่ยงจากโรคน้อยกว่า นอกจากนี้ De Silva and Davy (2010) รายงานว่าการเลี้ยงปลาที่หลากหลายชนิดในระบบ Extensive สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากโรคและเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศ ซึ่งการเลี้ยงหรือการได้ผลผลิตปลาที่หลากหลายชนิดสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในปัจจุบันที่พบว่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอยู่ในระดับที่สามารถปล่อยหมุนเวียนออกสู่ระบบนิเวศได้ (สุภาวดี, 2557; Verma *et al.*, 2022) และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบนี้เป็นไปตาม

กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2567)

แม้ว่าการเลี้ยงปลาแบบ Extensive จะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการเช่นกัน เช่น การพึ่งพาสภาพแวดล้อมธรรมชาติ การควบคุมคุณภาพน้ำและอาหารที่เข้มงวดน้อยกว่า และการผลิตที่ไม่แน่นอนเนื่องจากสภาพอากาศและปัจจัยภายนอกอื่นๆ ดังนั้น การพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการก่อนเริ่มเลี้ยงปลาในระบบ Extensive เช่น การเลือกพื้นที่และแหล่งน้ำที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนของระบบนี้ได้ (Boyd *et al.*, 2020; Nie and Hallerman, 2021) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการศึกษาปัจจุบันนี้คือ ไม่ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าชายเลนพื้นที่อื่น หรือไม่มีข้อมูลการเลี้ยงปลาธรรมชาติในรูปแบบนี้ในพื้นที่อื่นทำให้ขาดความหลากหลายของข้อมูล การวิจัยเพิ่มเติมในด้านการขยายพื้นที่การศึกษาจะช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของข้อมูลและครอบคลุมพื้นที่ป่าชายเลนได้มากกว่านี้ ซึ่งสิ่งนี้เป็นประเด็นวิจัยที่ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อต่อยอดและขยายผลต่อไป

สรุปผล

การศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติในพื้นที่ป่าชายเลนเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การใช้บ่อเลี้ยงเก่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์สามารถนำมาปรับใช้ในการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังสามารถสร้างรายได้เสริมให้กับผู้เลี้ยงได้อีกด้วย ผลการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาและขยายการเลี้ยงปลาแบบธรรมชาติในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเก่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่อยู่ใกล้พื้นที่ป่าชายเลน หรือบริเวณพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำที่ไหลผ่านป่าชายเลนในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป ทั้งนี้ พื้นที่นั้นต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย ข้อบังคับ หรือระเบียบต่าง ๆ ของหน่วยงานภาครัฐที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2567. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เข้าถึงได้จาก: <https://www.pcd.go.th/laws/4473/> [เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2567].
- โชคชัย เหลืองธูปราณีต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โพธิ์เพชร.
- สมโภชน์ อัครกะทิววัฒน์. 2545. ภาพปลาและสัตว์น้ำของไทย พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของคุรุสภา.
- สหัส ราชเมืองขวาง. 2557. สัตว์น้ำในป่าชายเลนคลองกำพวน จังหวัดระนอง. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรายุทธ บุญยะเวชชีวัน และรุ่งสุริยา บัวสาลี . 2554. ป่าชายเลน: นิเวศวิทยาและพรรณไม้. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- สุภาวดี โกยกุลย์. 2557. การกำจัดไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบไม่ทิ้งของเสียจากฟาร์ม. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ 2(1): 66-80.
- องค์การสะพานปลา. 2567. ราคาสินค้าสัตว์น้ำ เข้าถึงได้จาก: https://www.fishmarket.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1953&Itemid=793 [เข้าถึงเมื่อ 16 พฤษภาคม 2567].
- American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Boyd, C.E., D’Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D.C., Juarez, L.M., Lockwood, G.S., McNevin, A.A., Tacon, A.G.J., Teletchea, F., Tomasso Jr, J.R., Tucker, C.S. and Valenti, W.C. 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society 51: 578-633.



- De Silva, S.S. and Davy, F.B. 2010. *Success Stories in Asian Aquaculture*. New York: Springer.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Nie, P. and Hallerman, E. 2021. Advancing the sustainability of aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 13(2): 781-782.
- Oswald, M. 2015. Extensive fish farming, a complementary diversification of plantation economies. *In Economics and Ecology of Diversification - The Case of Tropical Tree Crops*. (eds. F. Ruf and G. Schroth), pp. 201-224. Dordrecht: Springer.
- Roy, M., Dey, A. and Chatterjee, D. 2021. Mud crabs farming: An alternative sustainable livelihood approach in Sundarban, West Bengal, India. *The Pharma Innovation Journal* 10(11): 932-937.
- Tengku Hashim, T.M.Z., Engku Ariff, E.A.R. and Suratman, M.N. 2021. Aquaculture in mangroves. *In Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*. (eds. R.P. Rastogi, M. Phulwaria and D.K. Gupta). pp. 419-438. Singapore: Springer.
- Vermal, D.K., Satyaveer, Maurya, N.K., Kumar, P. and Jayaswal, R. 2022. Important water quality parameters in aquaculture: An overview. *Agriculture & Environment* 3(3): 24-29.

รูปแบบการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มที่เพาะเลี้ยงในสภาวะห้องปฏิบัติการ Growth Patterns of Marine Microalgae Cultivation under Laboratory Conditions

ชลดา ลีอร่าม^{1*} วาสนา อากรัตน์¹ และ รุ่งทิวา คนสันทัด¹
Leearam, C^{1*}, Arkronrat, W.¹ and Konsantad, R.¹

¹สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 447 ม.1 ต.คลองวาฬ อ.เมืองประจวบคีรีขันธ์ จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77000

¹Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000, Thailand.

*Corresponding author: Cld.leearam.77180@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็ม จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te) และ *Isochrysis galbana* (Iso) ที่เพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิห้อง $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ความเค็มน้ำ 28 ± 1 psu ความเข้มแสง 3,000 lux และช่วงเปิด-ปิดแสง 12:12 ชั่วโมง ตามลำดับ) ด้วยอาหารเลี้ยงจำเพาะเจาะจงต่อแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด เป็นระยะเวลา 15 วัน ผลการศึกษาพบว่า CC Th และ Iso มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเท่ากับ 3.15 ± 0.82 , 2.80 ± 0.85 และ 3.00 ± 0.53 วัน ตามลำดับ ส่วน Te Nan และ Ch ใช้ระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเท่ากับ 4.33 ± 1.84 , 5.05 ± 1.11 และ 6.32 ± 2.03 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ CC มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 ± 0.16 ต่อวัน และใช้ระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.63 ± 0.52 วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นที่มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า อยู่ในช่วง $0.33\pm 0.07 - 0.39\pm 0.08$ ต่อวัน และ $1.85\pm 0.29 - 2.17\pm 0.42$ วัน ตามลำดับ ดังนั้นการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้ประกอบในการคัดเลือกสายพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มที่เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงอาหารมีชีวิต แพลงก์ตอนพืช ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

Abstract

This study aimed to compare the growth patterns of marine microalgae six species, i.e., *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te), and *Isochrysis galbana* (Iso) cultured under laboratory conditions (Laboratory temperature $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, water salinity 28 ± 1 psu, light intensity 3,000 lux, and with a 12:12 h light-dark cycle, respectively). Each species was cultured with species-specific nutrients over 15 days. The results showed that CC Th and Iso had doubling time of 3.15 ± 0.82 , 2.80 ± 0.85 , and 3.00 ± 0.53 days, respectively. Te Nan and Ch used doubling time of 4.33 ± 1.84 , 5.05 ± 1.11 and 6.32 ± 2.03 days, respectively. Additionally, CC had an average specific growth rate of 0.47 ± 0.16 day⁻¹ and an average doubling time of 1.63 ± 0.52 days, which is higher than other marine microalgae species with specific growth rate and doubling time in the range of $0.33\pm 0.07 - 0.39\pm 0.08$ day⁻¹ and $1.85\pm 0.29 - 2.17\pm 0.42$ days, respectively. Therefore, this study is basic information that can be used to select suitable species of marine microalgae for the laboratory.

Keywords: live feed cultivation, microalgae, growth performance

บทนำ

การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็ม มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่น แพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสีเขียว *Chlorella*, *Nannochloropsis* และ *Tetraselmis* กลุ่มแฟลกเจลเลต *Isochrysis* กลุ่มไดอะตอม ได้แก่ *Chaetoceros*, *Thalassiosira* และ *Skeletonema* (Arkronrat and Oniam, 2019; Gutierrez et al., 2023) โดยเฉพาะในระยะการอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนที่ต้องการสารอาหารที่ครบถ้วนและสมดุล แพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญเพราะมีสารอาหารสูง อาทิ โปรตีน ไขมัน กรดไขมันไม่อิ่มตัว และวิตามินต่าง ๆ แต่การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชเพื่อการอนุบาล ลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนนั้น มีข้อควรคำนึงถึงอยู่หลายประการ เช่น ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (ปิยาลัย, 2562; Brown et al., 1997; Muller-Feuga, 2000; Radhakrishnan et al., 2020; Nagappan et al., 2021) การพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชในระดับห้องปฏิบัติการจึงเป็นการลงทุนที่มีศักยภาพสูงในอนาคต สามารถเพิ่มรายได้และเสริมสร้างฐานการผลิตอาหารสัตว์น้ำอย่างยั่งยืน การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการสามารถควบคุมและปรับปรุงได้โดยการปรับเปลี่ยนสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง และความเค็มของน้ำ เพื่อให้ได้แพลงก์ตอนพืชที่มีคุณภาพและปริมาณของชีวมวลที่มากขึ้นในระยะเวลาที่น้อยลง (Chiu et al., 2015) จากการระบุสายพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืชมากกว่า 5,000 สายพันธุ์ แต่มีเพียงไม่ถึง 10% เท่านั้นที่สามารถเพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการ จึงต้องมีการระบุสภาวะที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสายพันธุ์เพื่อให้มีการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม (Maharajan et al., 2020)

ในอดีตมีการศึกษาหลายฉบับที่พยายามวิเคราะห์รูปแบบการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มชนิดต่าง ๆ เช่น *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp., และ *Chlorella* spp. เพื่อหาข้อมูลที่เหมาะสมในการใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำ (Lavens & Sorgeloos, 1996; Reitan et al., 1997) อย่างไรก็ตาม ยังขาดการศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ที่แตกต่างกันภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่มีการควบคุมแบบเดียวกัน การศึกษานี้จึงมุ่งเป้า หรือมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มชนิดต่างๆ ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของแต่ละชนิดโดยใช้พารามิเตอร์การเจริญเติบโตที่สำคัญ เช่น ความหนาแน่นของเซลล์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเพื่อหาข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเลือกใช้สายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารมีชีวิตในระดับห้องปฏิบัติการต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพันธุ์แพลงก์ตอนพืช

นำสายพันธุ์แพลงก์ตอนพืชชนิด *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te) และ *Isochrysis galbana* (Iso) ที่ได้มาจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ กรมประมง มาเพาะขยายอีกครั้งเพื่อทำเป็นหัวเชื้อเริ่มต้น (stock culture) ภายในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น CC, Th, Ch, Nan, Iso ที่มีความหนาแน่นเซลล์เท่ากับ 1×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร และ Te ที่ความหนาแน่นเซลล์เท่ากับ 1×10^4 เซลล์/มิลลิลิตร มาเพาะเลี้ยงด้วยธาตุอาหารที่จำเพาะเจาะจงของแต่ละชนิด (Conway medium) ในขวดแก้วปริมาตร 1 ลิตร (ความเค็มน้ำ 28 ± 1 psu) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน (autoclave) ที่ระดับความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิ 120°C เลี้ยงแพลงก์ตอนพืชภายในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิห้อง $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ควบคุมแสงโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (cool white) กำลัง 30-40 วัตต์ ที่ 3,000 Lux ช่วงเปิด-ปิดแสง 12:12 ชั่วโมง ให้อากาศโดยการเติมอากาศตลอดระยะเวลาเลี้ยง

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

ระหว่างการเลี้ยงจะสุ่มตรวจนับปริมาณความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืชโดยใช้ haemocytometer นับด้วย hand counter ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 15 วัน เพื่อศึกษาระยะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (exponential phase) ปริมาณความหนาแน่นของเซลล์สูงสุด อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) และระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (D) ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) หาได้จากสมการ 1

$$\mu = \frac{\ln N_2 - \ln N_1}{t_2 - t_1} \tag{1}$$

Where; N_2 and N_1 are the number of cells (N) at the start (t_2) and end (t_1), respectively, of the logarithmic growth phase (ชลดดา ลือรัมย์ และคณะ, 2567)

นำค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) ที่ได้มาคำนวณระยะเวลาการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า (D) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เซลล์สาหร่ายใช้ในการแบ่งเซลล์ออกเป็นสองเซลล์มีหน่วยเป็นชั่วโมง และสามารถคำนวณได้จากสมการ 2

$$D = \frac{\ln 2}{\mu} \tag{2}$$

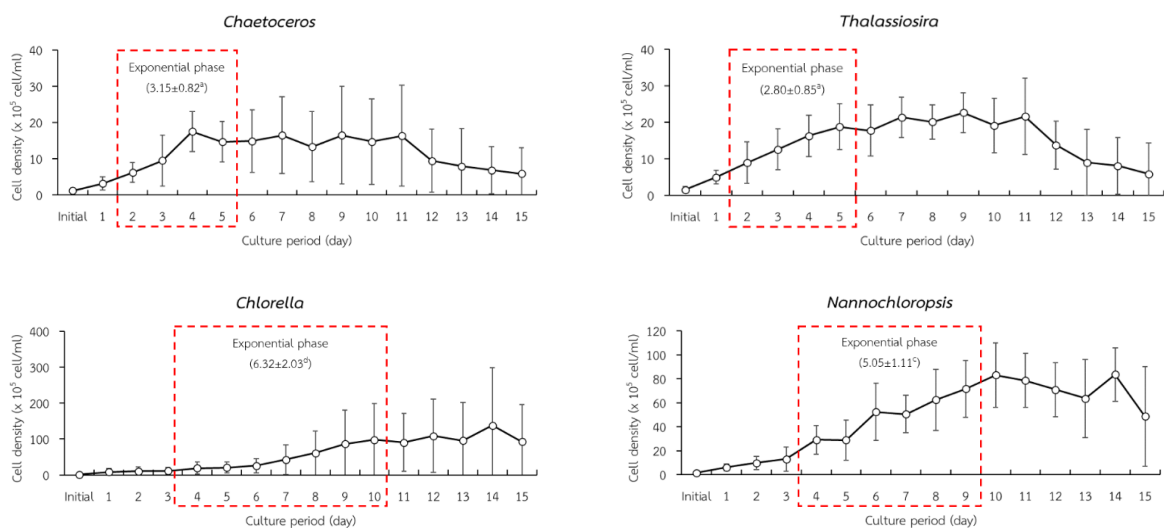
Where; $\ln 2 = 0.693$ and specific growth rate (μ) (ชลดดา ลือรัมย์ และคณะ, 2567)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics for Windows (Version 24.0; IBM Corp., Armonk, NY. USA)

ผลการทดลอง

การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te) และ *Isochrysis galbana* (Iso) ด้วยธาตุอาหารที่จำเพาะเจาะจงของแต่ละชนิด เมื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบพารามิเตอร์การเติบโตด้านระยะเวลาการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วที่ระยะเวลาการเลี้ยง 15 วัน ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิด โดย CC Th และ Iso มีความโดดเด่นด้านระยะเวลาการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (3.15 ± 0.82 , 2.80 ± 0.85 และ 3.00 ± 0.53 วัน ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับ Te (4.33 ± 1.84 วัน) Nan (5.05 ± 1.11 วัน) และ Ch (6.32 ± 2.03 วัน) (Figure 1)



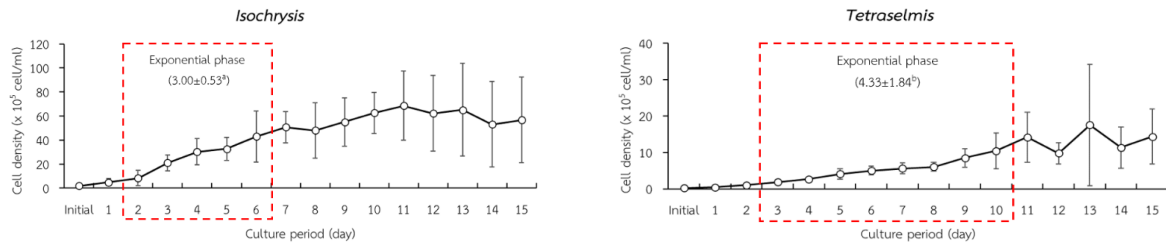


Figure 1 Growth performance of marine microalgae *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te) and *Isochrysis galbana* (Iso) cultured under laboratory-scale

แพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มแต่ละชนิดมีรูปแบบการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ CC, Th และ Iso มีความโดดเด่นด้านระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (D) ที่เร็วที่สุด โดย CC, Th และ Iso มีค่า D เฉลี่ยอยู่ที่ 3.15±0.82, 2.80±0.85 และ 3.00±0.53 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ Te, Nan และ Ch มีค่า D ช้ากว่าอยู่ที่ 4.33±1.84, 5.05±1.11 และ 6.32±2.03 วัน ตามลำดับ (Figure 2) ในด้านอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) พบว่า CC มีค่า μ เฉลี่ยอยู่ที่ 0.47±0.16 ต่อวัน ซึ่งสูงกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นๆ ที่มีค่า μ ในช่วง 0.33±0.07 – 0.39±0.08 ต่อวัน (Figure 2) ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า CC มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดใสภาวะการเพาะเลี้ยงที่ใช้ในการศึกษา (อุณหภูมิห้อง 25±1°C ความเค็มน้ำ 28±1 psu ความเข้มแสง 3,000 lux ที่ช่วงเปิด-ปิดแสง 12:12 ชั่วโมง)

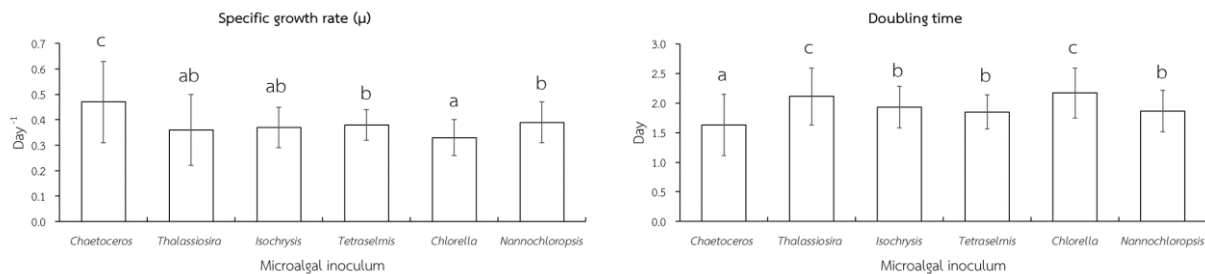


Figure 2 Specific growth rate (day^{-1}) and Doubling time of marine microalgae *Chaetoceros calcitrans* (CC), *Thalassiosira weissflogii* (Th), *Chlorella* spp. (Ch), *Nannochloropsis oculata* (Nan), *Tetraselmis suecica* (Te) and *Isochrysis galbana* (Iso) cultured under laboratory-scale

วิจารณ์ผล

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ เช่น การศึกษาของ Chiu et al. (2015) ที่พบว่า *Chlorella* spp. มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (μ) ต่ำกว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น เช่น *Chaetoceros* spp. และ *Thalassiosira* spp. ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาคั้งนี้ นอกจากนี้ การศึกษาของ Brown et al. (1997) ยังชี้ให้เห็นว่า *Thalassiosira* spp. มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีและเหมาะสมในการใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้

จากมุมมองเชิงบวก การศึกษานี้สนับสนุนการเลือกใช้สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น *Chaetoceros calcitrans*, *Thalassiosira weissflogii* และ *Isochrysis galbana* เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตอาหารมีชีวิตสำหรับสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการปรับสภาวะการเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Muller-Feuga (2000) ที่พบว่าแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้โดยการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อสายพันธุ์นั้น ๆ ในด้านเชิงลบ การเจริญเติบโตช้าของ *Tetraselmis suecica*, *Nannochloropsis oculata* และ *Chlorella* spp. ภายในห้องปฏิบัติการเป็นข้อเสียที่ต้องพิจารณา การเจริญเติบโตช้าอาจทำให้การผลิตอาหารมีชีวิตไม่เพียงพอในช่วงเวลาที่ต้องการ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแนวทางเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของสายพันธุ์เหล่านี้ หนึ่งในวิธีการคือการปรับปรุงสภาวะการเพาะเลี้ยง เช่น การเพิ่มความเข้มของแสง หรือการปรับระดับธาตุอาหารในน้ำก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการดำเนินการ (Borowitzka, 1999; Richmond, 2004) อีกทั้งการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ เช่น การ

คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว หรือการใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงแบบพันธุวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์ ก็เป็นอีกแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มศักยภาพการเพาะเลี้ยง (Chen et al., 2011) อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา ตัวอย่างเช่น การศึกษานี้ทำในสภาวะห้องปฏิบัติการซึ่งอาจไม่สะท้อนสภาพแวดล้อมจริงในการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ หรือการเพาะเลี้ยงแบบปริมาณมาก (mass culture) ภายนอกห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการศึกษานี้ในอนาคตควรพิจารณาการทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้สายพันธุ์แพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มต่าง ๆ ยังเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเพื่อให้เห็นถึงความคุ้มค่าในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะการใช้เป็นอาหารมีชีวิตสำหรับอนุบาลลูกสัตว์น้ำชายฝั่งเศรษฐกิจ

สรุปผล

การศึกษานี้ทำให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มชนิดต่าง ๆ โดย *Chaetoceros calcitrans*, *Thalassiosira weissflogii* และ *Isochrysis galbana* มีประสิทธิภาพที่ดีในด้านระยะเวลาเพิ่มจำนวน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารมีชีวิตสำหรับอนุบาลลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตช้าของ *Tetraselmis suecica*, *Nannochloropsis oculata* และ *Chlorella* spp. เป็นข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา โดยมีแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เช่น การปรับปรุงสภาวะการเพาะเลี้ยงและการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต การศึกษานี้ยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการปรับสภาวะการเพาะเลี้ยงให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็มในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ชลดา ลือร่วม, รุ่งทิวา คนสันทัด และวาสนา อากรรัตน์. 2567. ผลของระยะเวลาการขนส่งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหัวเชื้อ *Isochrysis* aff. *galbana* (T-Iso). ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 62 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 164-170.
- ปิยาลักษณ์ เหมทานนท์, สำรวัย ชุมวรฐายี, ก่อเกียรติ กุลแก้ว และมนทกานติ ท้ามตัน. 2562. การอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ด้วยแพลงก์ตอนสัตว์ที่เสริม *Chaetoceros gracilis* และ *Nannochloropsis* sp. ใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน. เอกสารวิชาการ 2554. กรมประมง.
- Arkronrat, W. and Oniam, V. 2019. Growth performance and production cost of laboratory-scale marine microalgae culture using a light-emitting diode. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 41(5): 1093-1100.
- Borowitzka, M.A. 1999. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology* 70(1-3): 313-321.
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K., and Dunstan, G.A. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151(1-4): 315-331.
- Chen B.Z., Wang L., Song S.Q., Huang B.Q., Sun J., Liu H.B. 2011. Comparisons of picophytoplankton abundance, size, and fluorescence between summer and winter in northern South China Sea. *Continental Shelf Res.* 31(14): 1527-1540.
- Chiu, S.Y., Kao, C.Y., Chen, T.Y., Chang, Y.B., and Kuo, C.M. 2015. Cultivation of microalgae *Chlorella* for biomass and lipid production. *Bioresource Technology* 184: 185-190.
- Gutierrez, R.C., Rutaquio, M.P., Aya, F.A. and Romana-Eguia, M.R.R. 2023. Culture of Natural Food for Farmed Freshwater Fish and Prawn Larvae, p 34. *Aquaculture Extension Manual No. 71*. SEAFDEC Aquaculture Department Tigbauan 5021, Iloilo, Philippines.



- Lavens, P., and Sorgeloos, P. 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper, 361.
- Maharajan, K.K., Karthikeyan, P., Marigoudar, S.R., Sharma, K.V. and Revathi. K. 2020. Optimization of Culture Conditions for Growth of Marine Phytoplankton. *Journal of Tropical Life Science* 10(1): 79–87.
- Muller-Feuga, A. 2000. The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *Journal of Applied Phycology* 12(3-5): 527-534.
- Nagappan, S., Das, P., Abdul-Quadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., Al-Jabri, H., Vatland, A.K. and Kumar, G. 2021. Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology* 341: 1-20.
- Radhakrishnan, D.K., AkbarAliSchmidt, I., B.V., John, E.M., Sivanpillai, S. and Thazhakot, V.S. 2020. Improvement of nutritional quality of live feed for aquaculture: An overview. *Aquaculture Research* 51: 1–17.
- Reitan, K.I., Rainuzzo, J.R. and Olsen, Y. 1997. Effect of nutrient limitation on fatty acid and lipid content of marine microalgae. *Journal of Phycology* 33(6): 969-977.
- Richmond, A. 2004. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Iowa State Press, a Blackwell Publishing, pp. 1-576.

ผลของการเสริมแมงโกสทินสกัดจากเปลือกมังคุดในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของ
ลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758))

Effect of Dietary Mangostin from Mangosteen Peel Extract on Growth of
Juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758))

สุริยะ จันทร์แก้ว^{1*} ฉัตรชัย สังข์ผุด¹ และ บุญฤทธิ์ บุญมาศ¹

Chankaew, S.^{1*}, Sungpud, C.¹ and Boonmart, B.¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Thangew, Mueang Nakhon Si Thammarat, 80280

*Corresponding author: suriya_cha@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้สารสกัดแมงโกสทินจากเปลือกมังคุดเสริมในอาหารผงสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของลูกปลานิลระยะอนุบาล 30 วัน ทดลองอนุบาลในระบบน้ำหมุนเวียนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 8 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ใช้ลูกปลาทดลองซ้ำละ 200 ตัว ประกอบด้วย ชุดทดลองควบคุมอาหารผงสำเร็จรูป, อาหารเสริมฮอร์โมน 17 α -methyltestosterone, อาหารสำเร็จรูปเสริมแมงโกสทินจากเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายชีวภาพที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและโพรพิลีนไกลคอล ใช้เสริมในอาหารอนุบาลลูกปลานิลในระดับแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 30 และ 50 กรัม ในอาหาร 1 กิโลกรัม ให้อาหารวันละ 5 มื้อ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักและความยาวของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารเสริมแมงโกสทินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอล ระดับ 10 กรัม มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดทดลองอาหารเสริมฮอร์โมน 17 α -methyltestosterone ($p > 0.05$) สำหรับอัตราการรอดตายของลูกปลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดทดลองอาหารเสริมฮอร์โมนเพศผู้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 90.50 ± 2.52 % รองลงมาชุดทดลองควบคุม และชุดทดลองเสริมแมงโกสทินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 1% มีค่าเท่ากับ 86.87 ± 8.00 และ 85.00 ± 4.08 ตามลำดับ ผลวิจัยนี้ควรใช้สารสกัดแมงโกสทินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นระดับ 10 กรัม เสริมในอาหาร 1 กิโลกรัม

คำสำคัญ: ปลานิล แมงโกสทิน น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น โพรพิลีนไกลคอล

Abstract

This research studied the effects of dietary mangostin extract from mangosteen peel to commercial powder feed on growth of juvenile Nile tilapia during nursery a 30-day. The experiment was conducted in a recirculating water system using a completely randomized design with 8 treatment groups, each with 3 replicates and 200 fry per replicate. The treatments included a control with powder feed, a group with feed supplemented with 17 α -methyltestosterone, and groups with feed supplemented with mangostin extract mixed in two different bio-based solvents, virgin coconut oil and propylene glycol, at three levels: 10, 30, and 50 grams per kilogram. The fry were fed five times a day. The results showed that the weight and length of the fry fed with the mangostin-supplemented feed mixed with virgin coconut oil and propylene glycol at the 10 gram level were significantly higher than the control group ($p < 0.05$), but not significantly different from the hormone-supplemented group ($p > 0.05$). The survival rates showed significant differences ($p < 0.05$), with the

hormone-supplemented group having the highest survival rate at $90.50 \pm 2.52\%$, followed by the control group and the 10 gram virgin coconut oil mangostin at $86.87 \pm 8.00\%$ and $85.00 \pm 4.08\%$ respectively. The optimal supplementation level was 10 grams of mangostin extract mixed with virgin coconut oil per kilogram of feed.

Keywords: Nile tilapia, mangostin, virgin coconut oil, propylene glycol

บทนำ

ปัจจุบันได้มีงานวิจัยและพัฒนาสารเสริมแมงโกสทินจากเปลือกมังคุดที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แชนโทนแทนนิน กรดฟีนอลิก มาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aizat *et al.*, 2019) ซึ่งเปลือกมังคุดมีสารแซนโทนถึง 40% ได้แก่ α -mangostins, β -mangostins, γ -mangostins, garcinone E, 8-deoxygartanin และ gartanin เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ สารต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบ (Ansori *et al.*, 2020) งานวิจัยการใช้สารสกัดเปลือกมังคุด ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิด *Flavobacterium columnare* ในปลา Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) (Meepagala and Schrader, 2018) และการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มอัตราการรอดในการเลี้ยงปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ต่อสภาวะการติดเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* (Lili *et al.*, 2019) ผงเปลือกมังคุดและสารจากยอดมังคุดช่วยเสริมต้านทานในระบบทางโลหิตวิทยาของปลาการ์ตูน clown anemone fish (*Amphiprion percula*) (Destiani *et al.*, 2019), และการนำมาเป็นสารเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลาตุ๊กแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) (Soosean *et al.*, 2010) Yostawonkul และคณะ (2023) ใช้สารสกัดเปลือกมังคุดในรูปแบบนาโนอิมันชั้นมีผลต่อการเจริญเติบโต การตอบสนองภูมิคุ้มกัน และการต้านทานโรคของปลานิล พบว่าการเสริมนาโนอิมันชั้นสารสกัดเปลือกมังคุดเสริมสร้างศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและสุขภาพของปลานิลดีกว่ากลุ่มทดลองควบคุม การใช้สารอาหารในรูปแบบนาโนช่วยให้ปลามีการดูดซึมและใช้ประสิทธิภาพของอาหารได้ดีเช่นเดียวกับการศึกษาการใช้สารสกัดสมุนไพรตัวอื่นในรูปแบบนาโน เช่น ศึกษาการใช้อนุภาคนาโนของขิงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในปลาแคร์พ (Korni and Khalil, 2017) และการศึกษาอนุภาคนาโนของสารสกัดว่านหางจระเข้มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาสเตอร์เจียนไซบีเรีย (Sharif *et al.*, 2017) พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุด เช่น สารประกอบฟีนอลที่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต (Hafeez *et al.*, 2014; Zarena and Sankar, 2012) รวมทั้งการศึกษาของ Abaho และคณะ (2022) กล่าวถึงการใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชเพื่อเป็นทางเลือกแทนฮอร์โมนเพศสังเคราะห์ 17α -methyltestosterone โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงปลานิลซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีมูลค่าทั้งในและต่างประเทศ มีความต้องการผลิตลูกปลานิลตัวผู้ตัวเมียที่โตเร็ว ดังนั้นการนำผลิตภัณฑ์จากพืชมาใช้ในการอนุบาลลูกปลานิลในครั้งนี้นี้จึงเป็นทางเลือกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่แพง ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไปสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการเลี้ยงปลาจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาโดยขึ้นอยู่กับชนิดปลา ปริมาณ ระดับความเข้มข้นที่ใช้ และวิธีการให้ปลาได้รับสมุนไพรเหล่านั้นโดยทั่วไปการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับความเข้มข้นสูงสุดที่เหมาะสมแต่การเจริญเติบโตของปลาจะลดต่ำลงหากเพิ่มระดับความเข้มข้นเกินขนาดที่เหมาะสมตามรูปแบบจำลองการถดถอยพหุนาม(second order polynomial regression model) (Ndakalimwe, 2019) เช่นการใช้สมุนไพรเห่าเสริมในอาหารปลานิลระดับ 12.5 กรัม/กิโลกรัม เหมาะสมที่สุดต่อการเติบโตสูงสุดของปลานิล (Ahmad and Abdel-Tawwab, 2011) ในทำนองเดียวกันการเสริมว่านหางจระเข้ *Aloe vera* ในอาหาร 2%/กิโลกรัม ของ (Gabriel *et al.*, 2015), การเสริม *Allium sativum* ในอาหาร 30 กรัม/กิโลกรัม (Shalaby *et al.*, 2006), การเสริมสาหร่ายทะเล *Ulva clathrata* 1% ในอาหารต่อกิโลกรัม (Quezada-Rodríguez and Fajer-Ávila, 2016) และการเสริม *Camellia sinensis* 0.5 กรัม/กิโลกรัม (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010) เป็นระดับการผสมในอาหารที่เหมาะสมที่สุดตามลำดับซึ่งสามารถช่วยให้ปลานิลเจริญเติบโตได้ดีขึ้น จากความสำคัญของงานวิจัยการประยุกต์ใช้สารสกัดเปลือกมังคุดและสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการเลี้ยงปลาส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการเสริมแมงโกสทินสกัดจากเปลือกมังคุดในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของลูกปลานิลในระยะอนุบาลเพื่อประยุกต์ใช้ระดับที่เหมาะสมนำไปปลูกเคลือบในอาหารผงสำเร็จรูปเพื่อการอนุบาลลูกปลานิลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมาอบแห้งบดเป็นผงเก็บในอุณหภูมิห้องปฏิบัติการ เตรียมผงมังคุดตามวิธีของ Pothitirat และคณะ (2009) โดยใช้เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn) ระยะเวลาที่ 5 ผลสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกแยกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่บริโภคได้ นำมาทำความสะอาดและแยกเอาเฉพาะเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ สำหรับใบมังคุดจะเลือกเอาใบที่แก่จัดมาล้างทำความสะอาดจากนั้นนำตัวอย่างทั้งคู่ไปอบแห้งในเตาอบร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 °C เป็นเวลาประมาณ 72 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นต่ำกว่า 5% จากนั้นนำตัวอย่างที่แห้งมาบดเป็นผงโดยใช้เครื่องบดตัวอย่าง Cyclotec™ 1093 (Foss Tecator Co., Hillerod, Denmark) ร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 ไมโครเมตร จากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศและเก็บไว้ที่ -40 °C จนกระทั่งนำไปใช้

วิธีการสกัดสารเมงโกสทินออกจากผงเปลือกตามวิธีของ Sungpud และคณะ (2020) ซึ่งผงเปลือก (10 กรัม) ผสมกับตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (Virgin Coconut Oil; VCO) และ โพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol; PG) (Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) ตัวอย่างละ 90 มิลลิลิตร กวนผสมที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic processors (Sonics vibra cell VCX500; USA) กำลังไฟฟ้า 20 kHz, 500 Watts โดยกำหนดสภาวะ amplitude ที่ 55% เป็นเวลา 7 นาที pulse on 30 วินาที และ pulse off 5 วินาที โดยใช้ น้ำแข็งเป็นสารหล่อเย็น จากนั้นนำไปปั่นแยกที่ 5,000 รอบต่อนาที (25-28 °C) เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสไว้ในขวดสีชาซึ่งเป็น สารสกัดเมงโกสทินผสมตัวทำละลายเพื่อใช้สำหรับการทดลองผสมในสูตรอาหารลูกปลานิลต่อไป

เตรียมอาหารลูกปลานิลโดยการคลุกเคลือบสารสกัดเมงโกสทิน โดยการชั่งสารสกัดเมงโกสทินผสมในตัวทำละลาย VCO และสารสกัดเมงโกสทินผสมในตัวทำละลาย PG, ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 30 และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ละลายสารสกัดเมงโกสทินในเอทิลแอลกอฮอล์ 120 มิลลิลิตร แล้วนำไปฉีดพ่นบนอาหารผงสำเร็จรูปสำหรับอนุบาลลูกปลานิล โปรตีนไม่น้อยกว่า 42 % ไขมันไม่น้อยกว่า 5 % กากไม่มากกว่า 3 % และ ความชื้นไม่มากกว่า 10 % นำไปผึ่งในที่ร่มจนแห้ง เก็บใส่ภาชนะเพื่อใช้สำหรับการทดลองต่อไป

เตรียมอาหารผงสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนโดยเตรียมฮอร์โมน 17 α -methyltestosterone 60 มิลลิกรัมต่ออาหารผง 1 กิโลกรัม โดยละลายฮอร์โมน 0.5 กรัมในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ 1 ลิตร คนให้เข้ากันแล้วตวงสารละลายฮอร์โมนมา 120 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 120 มิลลิลิตร ใส่ในกระบอกฉีดน้ำ สเปรย์สารละลายฮอร์โมนให้ทั่วอาหารแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำอาหารไปผึ่งในที่ร่มจนแห้งเก็บใส่ภาชนะเพื่อใช้สำหรับการทดลองต่อไป

ในขั้นตอนการดำเนินการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) การทดลองนี้ประกอบด้วย ชุดการทดลองควบคุมอาหารผงสำเร็จรูป (C), ชุดทดลองฮอร์โมน 17 α -methyltestosterone เสริมในอาหาร 60 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (h), ชุดทดลองที่มีการเสริมสารสกัดเมงโกสทินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 10, 30 และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (pvco1, pvco3 และ pvco5 ตามลำดับ) และ ชุดทดลองที่มีการเสริมสารสกัดเมงโกสทินผสมในตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอล 10, 30 และ 50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ppg1, ppg3 และ ppg5 ตามลำดับ) ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ เป็นการอนุบาลลูกปลานิลที่เพาะขยายพันธุ์ภายในอาคารปฏิบัติการประมง มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช ตั้งแต่ระยะหลังงูไข่แดงหมด อายุ 1 วัน (น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.012 \pm 0.0004 กรัม ความยาวเฉลี่ย 0.523 \pm 0.032 เซนติเมตร) จนถึงอายุ 30 วัน ในระบบลาดแบบน้ำหมุนเวียน ขนาดลาด 25x40x8 เซนติเมตร อัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตร/นาที แต่ละลาดอนุบาลลูกปลา 200 ตัว ที่ได้จากการเพาะขยายพันธุ์ในบ่อซิเมนต์ ให้อาหารลูกปลาวินละ 5 ครั้ง เวลา 08.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. เป็นเวลา 30 วัน ในช่วง 7 วันแรกให้ลูกปลากินอาหาร 30 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน ช่วงอายุ 8 - 14 วัน ให้อาหาร 20 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน และช่วงอายุ 15 - 21 วัน ให้อาหาร 15 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน และในช่วงอายุ 22-30 วัน ให้อาหาร 10 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน

การเก็บข้อมูลด้วยการชั่งน้ำหนักวัดความยาวลูกปลา อายุ 15 วัน และ 30 วัน และอัตราการรอด ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์น้ำหนักและความยาวที่เพิ่มขึ้นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan, s New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitap 17 และการวิเคราะห์การเจริญเติบโต น้ำหนักและความยาว และการกระจายขนาดของลูกปลาด้วยโปรแกรม R i386 4.1.2 Package RcmdrPlugin.KMggplot2

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิจัยนี้พบว่าในช่วงระยะเวลาการอนุบาลครบ 15 วัน ของการทดลองการเพิ่มของน้ำหนัก(WG1) และความยาว ลูกปลา(TL1) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในระยะเวลา 30 วัน ผลของการเสริมแมง โกลสตันในอาหารผงสำเร็จรูปมีผลต่อน้ำหนัก(WG2) และความยาวที่เพิ่มขึ้น(TL2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) โดยเมื่อสิ้นสุด การทดลอง 30 วัน น้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผงเสริมแมงโกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัด เย็นระดับเสริมในอาหารผง 10 กรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นสูงที่สุดมากกว่าชุดทดลองควบคุม และชุดทดลองเสริมแมง โกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นระดับ 50 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แต่ไม่มีความ แตกต่างกับชุดทดลองเสริมฮอร์โมนในอาหาร, ชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ระดับ 30 กรัม และชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันผสมในตัวทำละลายโพพพิลีนไกลคอล ($p>0.05$) และ รองลงมาคือการเสริม แมงโกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายโพพพิลีนไกลคอลระดับเสริมในอาหารผง 30 กรัม และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าชุด ทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) แต่ชุดทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดทดลองเสริมฮอร์โมนเพศผู้ใน อาหารและชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันทุกชุดการทดลอง($p>0.05$) (Table 1) การทดลองเสริมสารแมงโกลสตันมีการเพิ่มขึ้นของ น้ำหนักและความยาวของลูกปลานิลในระยะอนุบาลมากขึ้นคือ ชุดทดลองการเสริมแมงโกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลาย น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 10 กรัม และการเสริมแมงโกลสตันเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายโพพพิลีนไกลคอล 30 กรัม ดังนั้นการ เสริมสารสกัดจากเปลือกม้งคุดจึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของปลา สอดคล้องกับการศึกษาของ Yostawonkul และคณะ (2023) ใช้สารสกัดเปลือกม้งคุดในรูปแบบนาโนอิมันขึ้นต่อการศึกษาการเจริญเติบโต การตอบสนองภูมิคุ้มกัน และการ ต้านทานโรคของปลานิลที่ติดกลุ่มทดลองควบคุมในอัตรา 6.25 มิลลิกรัมต่ออาหารปลา 1 กรัม มีหลายงานวิจัยที่กำหนดระดับ ความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชใกล้เคียงกันเพื่อการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชหลายชนิดในระบบเพาะเลี้ยงปลานิล เช่น การใช้ ผงเมล็ดโคลา (Bitter kola, *Garcinia kola*) เสริมในอาหารปลานิลร้อยละ 6 มีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและระบบการสืบพันธุ์ ในระยะเวลาการเลี้ยง 44 วัน(Sulem-Yong *et al.*, 2018) การใช้สารสกัดจากกระเทียมเสริมในอาหารปลาที่ความเข้มข้นของสาร สกัดกระเทียม 0.5%, 1% และ 3% ในอาหาร 30 วัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกปลานิลที่ติดกลุ่มควบคุม (Shalaby *et al.*, 2006) การใช้เมล็ดยี่ห่าป่น(caraway seed meal (CSM); *Carum carvi*) เป็นอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโต ของปลานิลในอัตราการใช้ 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของปลานิลมากกว่าอาหาร ควบคุม ปลามีการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์อาหารสูงสุดเมื่อเลี้ยงปลาด้วยอาหารที่มี CSM 10 กรัม/กิโลกรัม(Mohammad and Abdel, 2011)

ผลกระทบต่อน้ำหนักและความยาวลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารเสริมแมงโกลสตันจากเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลาย น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและโพพพิลีนไกลคอล ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 30 วัน พบว่าน้ำหนักและความยาว ของชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันจากเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเสริมในอาหาร 10 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ย สูงสุด 0.22 ± 0.10 กรัม และ ความยาวเฉลี่ย 2.10 ± 0.74 เซนติเมตร รองลงมาชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันจากเปลือกม้งคุดผสมใน ตัวทำละลายโพพพิลีนไกลคอลเสริมในอาหาร 30 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.19 ± 0.11 กรัม และความยาวเฉลี่ย 2.02 ± 0.90 เซนติเมตร และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวของลูกปลาอายุ 15 วัน พบว่าการเสริมแมงโกลสตันจาก เปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและตัวทำละลายโพพพิลีนไกลคอล 10 กรัม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวเพิ่มขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวของ ลูกปลานิลตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการให้อาหารจนลูกปลาอายุ 30 วัน พบว่ามีความสัมพันธ์ของน้ำหนักและความยาวของลูกปลาใน ชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันจากเปลือกม้งคุดเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดทดลองควบคุมและชุดทดลองทดลองเสริมฮอร์โมน(Figure 1) โดย การกระจายตัวของข้อมูลน้ำหนักและความยาวลูกปลานิลในชุดทดลองเสริมแมงโกลสตันจากเปลือกม้งคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมัน

มะพร้าวสกัดเย็น 10 กรัม มีค่ามัธยฐานและเปอร์เซ็นต์ไทล์ 75 สูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ และรองลงมาเป็นหน่วยทดลองใช้สารเสริมแมงโกสตินจากเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอล 10 กรัม (Figure 2) ลูกปลามีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการใช้สมุนไพรชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับความเข้มข้นสูงสุดที่เหมาะสม ขณะที่การเจริญเติบโตของปลาจะลดต่ำลงหากเพิ่มระดับความเข้มข้นเกินขนาดที่เหมาะสมตามแบบจำลองการถดถอยพหุนาม(second order polynomial regression model)(Ndakalimwe, 2019) เช่น การใช้สมุนไพรหว่านเสริมในอาหารปลานิลระดับ 12.5 กรัม/กิโลกรัม เหมาะสมที่สุดต่อการเติบโตสูงสุดของปลานิล(Ahmad and Abdel-Tawwab, 2011) ในทำนองเดียวกันการเสริมว่านหางจระเข้ *Aloe vera* ในอาหาร 2% ในอาหารกิโลกรัม ของ (Gabriel *et al.*, 2015), การเสริม *Allium sativum* ในอาหาร 30 กรัม/กิโลกรัม(Shalaby *et al.*, 2006), การเสริมสาหร่ายทะเล *Ulva clathrata* ในอาหาร 1% ในอาหาร 1 กิโลกรัม (Quezada-Rodríguez and Fajer-Ávila, 2016) และการเสริม *Camellia sinensis* 0.5 กรัม/กิโลกรัม (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010) เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดตามลำดับ ซึ่งการใช้สมุนไพรสามารถช่วยให้ปลานิลเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอย่างไรก็ตามระดับการนำสมุนไพรไปใช้ในการเลี้ยงปลาและมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานั้นขึ้นอยู่กับชนิดปลา ปริมาณ ระดับความเข้มข้นที่ใช้ และวิธีการให้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพบว่าน้ำหนักของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารผงเสริมสารสกัดแมงโกสตินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นและตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอล ระดับ 10 กรัม มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงกว่าชุดทดลองควบคุม โดยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด มีสารสกัดแมงโกสตินที่ได้จากการทดลองครั้งนี้พบอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบชุดทดลองอนุบาลลูกปลานิลด้วยอาหารผงเสริมสารสกัดแมงโกสตินผสมในตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดกับชุดทดลองเสริมฮอร์โมนเพศผู้ในอาหารซึ่งงานวิจัยนี้นำชุดการทดลองดังกล่าวมาเปรียบเทียบเพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะปัจจุบันที่มีการผลิตลูกปลานิลเพศผู้เนื่องจากการเจริญเติบโตที่ดีกว่าเพศเมีย แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้เปรียบเทียบในด้านการกำหนดเพศของลูกปลาโดยมุ่งเน้นเฉพาะการเจริญเติบโตซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการใช้ สารสกัดแมงโกสตินผสมในตัวทำละลายชีวภาพที่เสริมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลานิลในระดับที่เหมาะสมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับลูกปลาได้ งานวิจัยนี้ลูกปลามีอัตราการรอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) โดยชุดทดลองเสริมฮอร์โมนเพศผู้มีค่าเฉลี่ยอัตราการรอด 90.50 ± 2.52 % แตกต่างจากชุดทดลองเสริมสารสกัดแมงโกสตินจากเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอลและน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นระดับ 50 กรัม มีอัตราการรอดเฉลี่ย 79.37 ± 5.91 และ 76.87 ± 5.54 % ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับชุดทดลองเสริมสารสกัดแมงโกสตินผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นระดับ 10, 30 กรัม และโพรพิลีนไกลคอล 10, 30 กรัม และชุดทดลองควบคุม ตามลำดับ(Table 2)

สรุปผล

งานวิจัยนี้พบว่าการเสริมสารแมงโกสตินในอาหารสำหรับการอนุบาลลูกปลามีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและความยาวของลูกปลานิล โดยชุดทดลองการเสริมแมงโกสตินเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 10 กรัม และการเสริมแมงโกสตินเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายโพรพิลีนไกลคอล 10 กรัม ดังนั้นการเสริมสารสกัดจากเปลือกมังคุดจึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของลูกปลานิล โดยระดับการผสมในอาหารที่เหมาะสมที่สุดในงานทดลองชุดทดลองนี้คือ การเสริมแมงโกสตินเปลือกมังคุดผสมในตัวทำละลายน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม, สามารถช่วยให้ปลานิลเจริญเติบโตและมีอัตราการรอดดีขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากคณะกรรมการกองทุนเพื่องานวิจัย นวัตกรรม และงานสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M., Seden, M. E. A., and Sakr, S. F. M. 2010. Use of green tea, *Camellia sinensis* L., in practical diet for growth and protection Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), against *Aeromonas hydrophila* infection. *Journal of the World Aquaculture Society* 41: 203–213.
- Abaho, I., Masembe, C., Akoll, P. and Jones, C.L. 2022. The use of plant extracts to control tilapia reproduction: Current status and future perspectives. *Journal of the World Aquaculture Society* 53: 593–619.
- Ahmad, M. H. and Abdel-Tawwab, M. 2011. The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: Growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture* 314: 110–114.
- Aizat, W.M., Ahmad-Hashim, F.H. and Jaafar, S.N.S. 2019. Valorization of mangosteen, “The Queen of Fruits”, and new advances in postharvest and in food and engineering applications: A review. *Journal of Advance Research* 20: 61–70.
- Ansori, A.N.M., Fadholly, A., Hayaza, S., Susilo, R.J.K., Inayatillah, B.; Winarni, D. and Husen, S.A. 2020. A review on medicinal properties of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). *Research Journal of Pharmacy and Technology* 13: 974–982.
- Destiani, A., Nur, I., Muskita, W. and Kurnia, A. 2019. Effect of diet supplemented with rind powdered of mangosteen fruit (*Garcinia mangostana*) on haematological profile of clown anemonefish (*Amphiprion percula*). *Research Journal of Medicinal Plants* 13: 46–52.
- Gabriel, N. N., Qiang, J., Kpundeh, M. D. and Xu, P. 2015. Use of herbal extracts for controlling reproduction in tilapia culture: Trends and prospects – A review. *Isr. Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 67: 1-22.
- Hafeez, B.B., Mustafa, A., Fischer, J.W., Singh, A., Zhong, W., Shekhani, M.O.; Meske, L., Havighurst, T., Kim, K. and Verma, A.K. 2014. Mangostin: A dietary antioxidant derived from the pericarp of *Garcinia mangostana* L. inhibits pancreatic tumor growth in xenograft mouse model. *Antioxidants and Redox Signaling* 21: 682–699.
- Korni, F.M.M. and Khalil, F. 2017. Effect of ginger and its nanoparticles on growth performance, cognition capability, immunity and prevention of motile *Aeromonas septicaemia* in *Cyprinus carpio* fingerlings. *Aquaculture. Nutrition* 23: 1492–1499.
- Lili, W., Gumilar, R., Nurhayati, A. and Rosidah, R. 2019. Effectivity of solution mangosteen rind (*Garciana mangostana*) as medicine for black tilapia juvenile (*Oreochromis niloticus* Bleeker) when infected by *Aeromonas hydrophila*. *World Science News* 133: 56–70.
- Meepagala, K.M. and Schrader, K.K. 2018. Antibacterial activity of constituents from mangosteen *Garcinia mangostana* fruit pericarp against several channel catfish pathogens. *Journal of Aquatic Animal Health* 30: 179–184.
- Mohammad H. AhmadMohsen and Abdel-Tawwab. 2011. The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: Growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture* 314(s 1–4): 110–114
- Ndakalimwe Naftal Gabriel. 2019. Review on the progress in the role of herbal extracts in tilapia culture, *Cogent Food & Agriculture* 5:1-21.

- Pothitirat, W., Chomnawang, M. T., Supabphol, R. and Gritsanapan, W. 2009. Comparison of bioactive compounds content, free radical scavenging and anti-acne inducing bacteria activities of extracts from the mangosteen fruit rind at two stages of maturity. *Fitoterapia* 80(7): 442-447.
- Quezada-Rodríguez, D. R. P., and Fajer-Ávila, E. J. 2016. The dietary effect of ulvan from *Ulva clathrata* on hematological-immunological parameters and growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Phycology* 29(1): 423-431.
- Shalaby, A.M., Khattab, Y.M. and Abdel Rahman, A.M. 2006. Effects of Garlic (*Allium sativum*) and Chloramphenicol on Growth Performance, Physiological Parameters and Survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases* 12: 172-201.
- Sharif Rohani, M., Haghighi and M., Bazari Moghaddam, S. 2017. Study on nanoparticles of *Aloe vera* extract on growth performance, survival rate and body composition in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Iranian Journal Fisheries Science* 16: 457-468.
- Soosean, C., Marimuthu, K., Sudhakaran, S. and Xavier, R. 2010. Effects of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) extracts as a feed additive on growth and haematological parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *European Review for Medical and Pharmacological Science* 14: 605-611.
- Sulem-Yong, N. N., Sandjoh, R., Angoun, J., Nzoko, A. F., Mounjouenpou, P., Agbor, K. E., and Yong-Sulem, S. 2018. Effect of varied dietary bitter Kola (*Garcinia Kola*) seeds levels on spawning of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *International Journal of Fisheries & Aquatic Studies*, 6(2): 507-510.
- Sungpud, C., Panpipat, W., Yoon, A. S., and Chaijan, M. 2020. Techno-biofunctionality of mangostin extract-loaded virgin coconut oil nanoemulsion and nanoemulgel. *PLoS ONE* 15(1): 1-22.
- Yostawonkul, J., Kamble, M.T., Sakuna, K., Madyod, S., Sukkarun, P., Medhe, S.V., Rodkhum, C., Pirarat, N., Sewaka, M. 2023. Effects of Mangosteen (*Garcinia mangostana*) Peel Extract Loaded in Nanoemulsion on Growth Performance, Immune Response, and Disease Resistance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Aeromonas veronii* Infection. *Animals* 13(1798): 1-13.
- Zarena, A.S. and Sankar, K.U. 2012. Phenolic acids, flavonoid profile and antioxidant activity in mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp. *Journal of Food Biochemistry* 36: 627-633.

Table1 Weight and length of juvenile tilapia at 15 days (WG1, TL1) and 30 days (WG2, TL2)

weight (WG, g.)	Control experiment	Testosterone supplements	Mangostin extract from peel in VCO solvent.			Mangostin extract from peel in PG solvent		
			pvco1	pvco3	pvco5	ppg1	ppg3	ppg5
WG1(g.)	0.074±0.03	0.090±0.04	0.090±0.02	0.074±0.06	0.064±0.04	0.076±0.02	0.076±0.03	0.076±0.04
TL1(cm.)	1.0730.27	1.28±0.35	1.26±0.19	1.14±0.29	1.06±0.25	1.18±0.20	1.10±0.20	1.00±0.07
WG2(g.)	0.10±0.07 ^c	0.14±0.06 ^{abc}	0.22±0.10 ^a	0.17±0.11 ^{abc}	0.12±0.03 ^b	0.15±0.05 ^{abc}	0.19±0.11 ^{ab}	0.15±0.04 ^{abc}
TL2(cm.)	1.27±0.41 ^c	1.67±0.35 ^{abc}	2.10±0.74 ^a	1.96±0.65 ^{ab}	1.32±0.43 ^{bc}	1.58±0.44 ^{abc}	2.02±0.90 ^a	1.94±0.46 ^{ab}

different letters on the average in a row have a statistically significant difference(p<0.05)

Table 2 Survival rate of juvenile tilapia was evaluated in an experimental nursery with a circulating water system.

Survival rate (%)	Control experiment	Testosterone supplements	Mangostin extract from peel in VCO solvent.			Mangostin extract from peel in PG solvent		
			pvco1	pvco3	pvco5	ppg1	ppg3	ppg5
	86.87±8.00 ^{ab}	90.50±2.52 ^a	85.00±4.08 ^{abc}	82.50±2.88 ^{abc}	76.87±5.54 ^{bc}	83.75±2.50 ^{abc}	83.12±7.18 ^{abc}	79.37±5.91 ^b

different letters on the average in a row have a statistically significant difference(p<0.05)

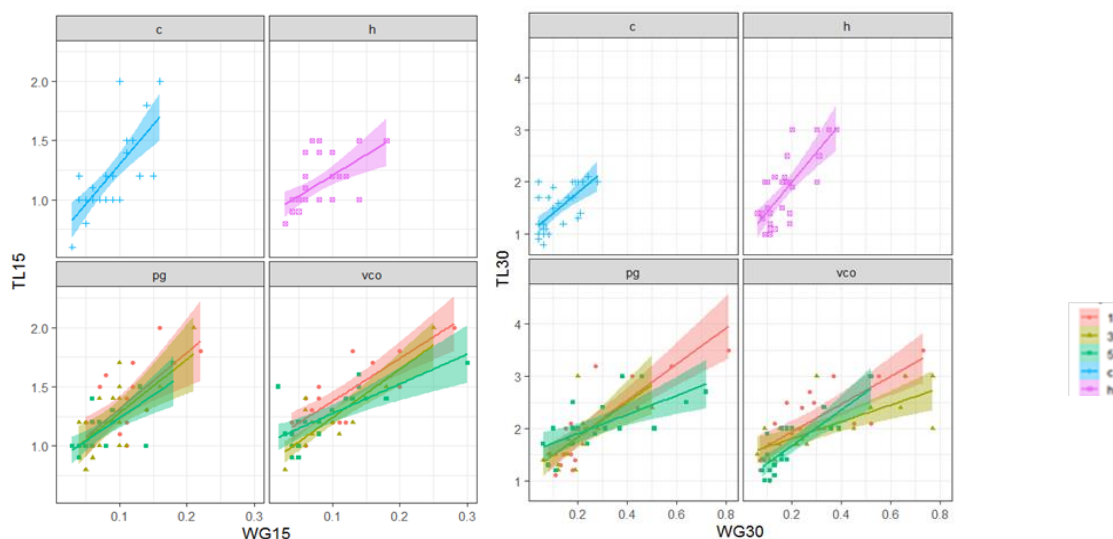


Figure 1 Effect of supplementing mangostin extract from mangosteen peel in powdered feed for juvenile tilapia had a significant influence on the relationship between weight and length of juvenile tilapia.

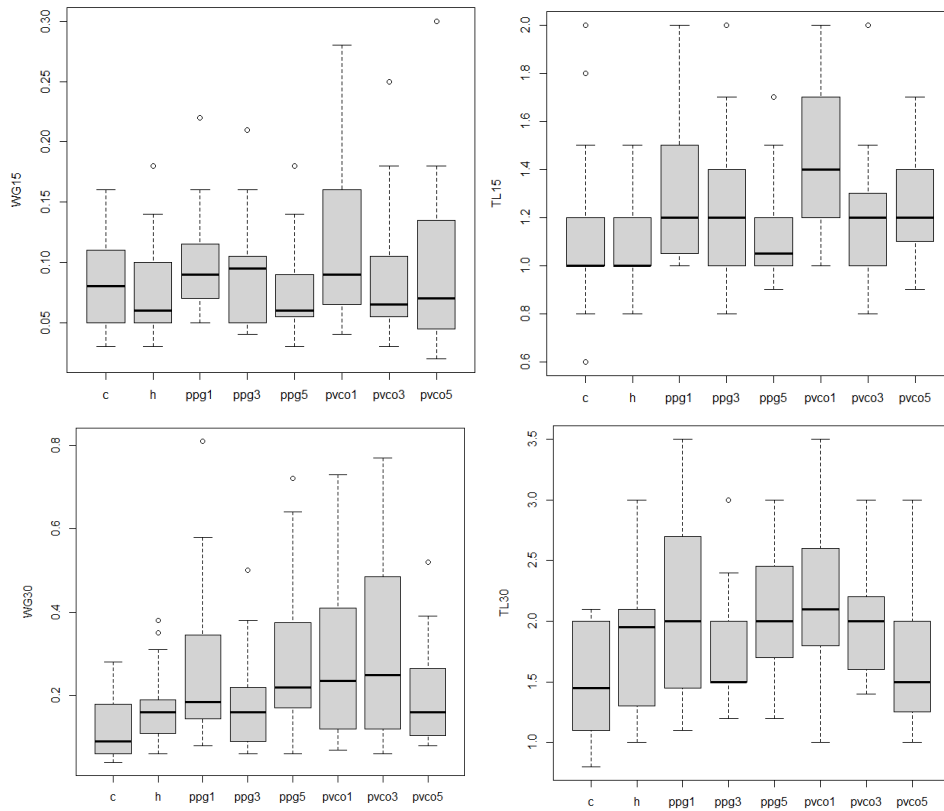


Figure 2 Distribution of weight and length data of juvenile tilapia was analyzed during the 15-day and 30-day experimental periods to assess growth patterns and developmental consistency.



การเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาว Biofertilizer from Sea Bass Scales for Green Caviar (*Caulerpa lentillifera*) Cultivation

ธีระศักดิ์ สโมสร¹ มะลิวัลย์ कुตะโค¹ รชนิมุข หิรัญสัจจาเลิศ² บัญชา นิลเกิด¹ น้ำเพชร สุขเจริญ¹ และ ภควรรณ เศรษฐมมงคล^{1*}
Samosorn, T. , Kutako, M. , Hiransuchalert, R. ², Nilkerd, B. ¹, Sukjarean, N. ¹ and Setthamongkol, P. ^{1*}

¹ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี เลขที่ 57 หมู่ 1 ถนนชลประทาน ตำบลโขมง อำเภอกำแพงใหม่ จังหวัดจันทบุรี 22170

¹ Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus, 57 Moo.1 Chon Pratan Road, Kamong, Tha Mai, Chanthaburi Province 22170

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนน ลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอมือเมืองชลบุรี ชลบุรี 20131

² Faculty of Science, Burapha University, 169 Long-Had Bangsaen Road, Saensuk, Mueang, Chonburi 20131

*Corresponding author: pakawan-p@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาว และเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาวที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) โดยการนำเกล็ดปลากระพงขาวหมักกับกากน้ำตาล และหัวเชื้อจุลินทรีย์ (พด. 2 กรมพัฒนาที่ดิน) วันเป็นเวลา 49 วัน ตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรต ออร์โธฟอสเฟต อินทรีย์วัตถุ และอุณหภูมิของน้ำหมักพบว่า มีค่าเท่ากับ 7.96 ± 0.1 mg-N/L, $1,014.7 \pm 17.4$ mg-N/L, 66.76 ± 4.8 mg-P/L, 6.42 ± 0.1 %, pH 3.73 ± 0.01 และ 30.4 ± 0.67 °C ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงนำน้ำหมักที่ได้ไปเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยในอัตราส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1:100 1:500 และ 1:1,000 และเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารสูตรกิลลาร์ด และน้ำทะเล (ความเค็ม 30 ส่วนในพัน) เป็นชุดควบคุม ผลการศึกษาพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาวเป็นระยะเวลา 24 วัน ในชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักอัตราส่วน 1:500 มีน้ำหนักสด และการเติบโตต่อวันสูงสุดในวันที่ 6 ของการทดลองเท่ากับ 172.9 ± 1.7 กรัม และ 13.80 ± 0.28 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาคือชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำหมักอัตราส่วน 1:1,000 และอาหารสูตรกิลลาร์ด มีค่าการเติบโตต่อวันเท่ากับ 10.42 ± 1.48 และ 10.27 ± 0.93 กรัม/วัน ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำทะเล และน้ำหมักอัตราส่วน 1:100 มีค่าการเติบโตต่อวันต่ำสุดเท่ากับ 6.82 ± 0.67 และ 5.34 ± 0.64 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้พบว่า ปริมาณแอมโมเนียรวม และออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองที่ใช้ น้ำหมักอัตราส่วน 1:100 มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง $0.069 \pm 0.01 - 0.879 \pm 0.12$ mg-N/L และ $5.10 \pm 0.48 - 12.96 \pm 0.1$ mg-P/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รองลงมาในชุดการทดลองที่ใช้ น้ำหมักอัตราส่วน 1:500 1:1,000 อาหารสูตรกิลลาร์ด และน้ำทะเลที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตเท่ากับ $1.14 \pm 0.06 - 3.88 \pm 0.26$, $0.72 \pm 0.06 - 1.30 \pm 0.02$, $0.16 \pm 0.16 - 0.93 \pm 0.04$ และ $0.03 \pm 0.01 - 0.07 \pm 0.01$ mg-P/L ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าต่ำในชุดควบคุม และชุดการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.003 \pm 0.00 - 0.288 \pm 0.08$ mg-N/L ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อการตรวจวัดปริมาณไนเตรตในน้ำพบว่า ส่วนใหญ่มีค่าสูงในชุดการทดลองที่ใช้ อาหารสูตรกิลลาร์ด และน้ำหมักอัตราส่วน 1:100 ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $6.43 \pm 1.19 - 14.75 \pm 1.24$ และ $4.76 \pm 0.39 - 12.50 \pm 1.48$ mg-N/L ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม และชุดการทดลองอื่นส่วนใหญ่มีปริมาณไนเตรตต่ำอยู่ในช่วง $0.80 \pm 0.02 - 5.82 \pm 0.62$ mg-N/L

คำสำคัญ: น้ำหมักชีวภาพ เกล็ดปลากระพงขาว สาหร่ายพวงอุ้ง

Abstract

The objective of this study is to analyze the quality of biofertilizer from White Sea Bass scales and compare concentration ratios of biofertilizer from White Sea Bass scales that are suitable for culturing Green Caviar seaweed (*Caulerpa lentillifera*) by mixing scales with molasses sugar and inoculum microbial from The Land Development Department for 49 days. Then analyzing total ammonia value, nitrate value, orthophosphate value, organic substance and temperature of biofertilizer found that they were at 7.96 ± 0.1 mg-N/L, $1,014.7 \pm 17.4$ mg-N/L, 66.76 ± 4.8 mg-P/L, 6.42 ± 0.1 %, pH 3.73 ± 0.01 and 30.4 ± 0.67 °C, respectively. After that, the biofertilizers were used to culture Green Caviar seaweed in 3 different concentration ratios at 1:100, 1:500, and 1:1,000 respectively. The controls were seawater (30 ppt) and seawater with Guillard medium formula. The experiment results showed that the seaweed cultured by white sea bass scales bio-fermented at a 1:500 ratio had the highest fresh weight and average daily growth on the 6th day of the experiment at 172.9 ± 1.7 grams and 13.80 ± 0.28 g/day, respectively which had the highest significant difference from others ($P < 0.05$) followed by seaweed cultured by 1:1,000 concentration ratio biofertilizer and the control group with Guillard medium added had average daily growth rates at 10.42 ± 1.48 and 10.27 ± 0.93 g/day, respectively. Moreover, seaweed cultured by seawater and 1:100 ratio bio-fermented had the lowest average daily growth rate at 6.82 ± 0.67 and 5.34 ± 0.64 g/day, respectively, with the lowest significant difference from others ($P < 0.05$). In addition, total ammonia and orthophosphate values in 1:100 ratio experiment group had the highest value in the range of 0.069 ± 0.01 - 0.879 ± 0.12 mg-N/L and 5.10 ± 0.48 - 12.96 ± 0.1 mg-P/L, respectively which had the highest significantly difference from others ($P < 0.05$) followed by 1:500 ratio, 1:1,000 ratio, Guillard medium formula added and seawater group which had orthophosphate values at 1.14 ± 0.06 - 3.88 ± 0.26 , 0.72 ± 0.06 - 1.30 ± 0.02 , 0.16 ± 0.16 - 0.93 ± 0.04 and 0.03 ± 0.01 - 0.07 ± 0.01 mg-P/L, respectively. The control group and other experiment groups had low total ammonia values in the range of 0.003 ± 0.00 - 0.288 ± 0.08 mg-N/L which had no significant difference ($P > 0.05$). When analyzing nitrate values revealed that there were high values in the Guillard medium formula group and 1:100 ratio group which were in the range of 6.43 ± 1.19 - 14.75 ± 1.24 and 4.76 ± 0.39 - 12.50 ± 1.48 mg-N/L, respectively. The other control and experiment groups had low nitrate values in the range of 0.80 ± 0.02 - 5.82 ± 0.62 mg-N/L.

Keywords: Bio-fermented water, Sea bass scale, Sea grapes

บทนำ

ประเทศไทยมีแหล่งเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นปลาที่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำกร่อยและน้ำจืด โดยในปี 2564 ผลผลิตปลากะพงขาวจากการเพาะเลี้ยงเบื้องต้นมีปริมาณ 49,060.2 ตัน ซึ่งมีปริมาณการส่งออกรวม 671.7 ตันในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2565 โดยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของปลากะพงขาวสดแช่เย็น ปลากะพงขาวแช่แข็ง และสินค้าแปรรูป (ฐิติมา เอียดแก้ว, 2565) การแปรรูปสัตว์น้ำทำให้เกิดเศษเหลือประมาณร้อยละ 50-70 ของวัตถุดิบเริ่มต้น โดยประมาณร้อยละ 30 ของเศษเหลือเหล่านี้ คือ หนั ก้าง และเกล็ดปลา (ปวเรศวร์ อินทุเศรษฐ, 2563) เกล็ดปลากะพงขาว มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า 55.05 0.07 และ 33.72 % ตามลำดับ (ศรัญญา ยิ้มย่อง, และคณะ 2565) นอกจากนี้เกล็ดปลายังประกอบไปด้วยไคติน (56.96%) และไคโตซาน (27.97%) (วิจิตรฯ ตั้งซี, เดชชนะ บุญพิทักษ์ และนาฎยา สุวรรณชาติ, 2559) ซึ่งในทางการเกษตรมีการนำไคโตซานไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพเนื่องจากมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและยังช่วยควบคุมการปลดปล่อยแร่ธาตุและสารอาหารให้แก่พืช เร่งอัตราการเติบโต และช่วยเพิ่มผลผลิตได้ (สุธิดา คงทอง, 2552) น้ำหมักชีวภาพคือปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการหมักด้วยซากพืชซากสัตว์โดยมีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยย่อยสลาย ปุ๋ย

น้ำชีวภาพที่ได้จากการหมักคองประกอบไปด้วยจุลินทรีย์และสารอินทรีย์หลากหลายชนิดซึ่งถือเป็นปุ๋ยเพื่อเสริมธาตุอาหารให้กับพืชพร้อมกับเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (สมเกียรติ สุวรรณศิริ, 2547) ดังนั้นการนำเอาสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปหมักกับน้ำตาลให้ได้สารละลายสีน้ำตาลใหม่ซึ่งประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสำคัญแก่พืช (ปิยะภรณ์ จิตรเอก, 2556) สารเร่ง พด.2 หมายถึง เชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์เพื่อผลิตปุ๋ยน้ำอินทรีย์ด้วยการหมักในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนซึ่งจะทำให้กระบวนการหมักดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

สาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) เป็นสาหร่ายทะเลชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาทำเป็นอาหารได้หลายรูปแบบ เช่น การบริโภคสด รับประทานเป็นผักสลัด และใช้ในการตกแต่งอาหาร เป็นต้น การเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเค็ม ความเข้มแสง อุณหภูมิ และอาหารที่อยู่ในน้ำ โดยน้ำเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยควรมี ปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 0.05 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (กรมประมง, 2562) ซึ่งการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลส่วนใหญ่มักทำในพื้นที่เกษตรกรรมหรือบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้วิธีสูบน้ำทะเลจากระบบชลประทานที่มีแร่ธาตุหรือสารอาหารตกค้างมาจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหรือเกษตรกรรมเข้ามาใช้ในการเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งน้ำเหล่านั้นอาจมียาฆ่าแมลงหรือยาปฏิชีวนะซึ่งปนเปื้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคสาหร่ายทะเลได้ นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลในบางพื้นที่ที่มีธาตุอาหารต่ำมีความจำเป็นต้องเติมธาตุอาหารในน้ำเพิ่มให้แก่สาหร่ายทะเล ซึ่งปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่สามารถหาซื้อได้ง่ายแต่อาจก่อให้เกิดสารตกค้างในสาหร่ายที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือผู้บริโภคได้ การศึกษาหาแนวทางเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยด้วยวัสดุเหลือใช้จากการประมงจึงช่วยลดปริมาณของเสียสู่สิ่งแวดล้อม เกษตรกรสามารถดำเนินการผลิตเองได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน และยังช่วยให้สามารถนำของเหลือใช้นั้นไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรือผลิตเพื่อขายเป็นรายได้เสริมให้แก่เกษตรกรได้

การศึกษานี้จึงดำเนินการผลิตและตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำหมักจากชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาว และทดสอบนำน้ำหมักชีวภาพดังกล่าวไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทย เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาวต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทย โดยเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสามารถนำองค์ความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การหมักน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาว

นำเกล็ดปลากระพงขาว 1.5 กิโลกรัมผสมกับกากน้ำตาล 1 กิโลกรัม น้ำ 5 ลิตร และสารเร่งซูเปอร์ พด. 2 จำนวน 3 กรัม คนส่วนผสมให้เข้ากันในถังหมักขนาด 10 ลิตร ปิดฝาถังหมักไม่ต้องสนิท และตั้งทิ้งไว้ในที่ร่ม คนหรือกวนทุก 7 วัน เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยน้ำหมักชีวภาพที่สมบูรณ์สังเกตจากมีคราบของเชื้อจุลินทรีย์ที่ถึงน้อยลง ไม่พบฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีกลิ่นแอลกอฮอล์ลดลง ความเป็นกรด-เบส และมีค่าอยู่ระหว่าง pH 3.0 – 4.0 จะได้น้ำหมักประมาณ 5 ลิตร กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

ตรวจสอบคุณภาพน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลาทุก 7 วัน ได้แก่ แอมโมเนีย (Parsons et al., 1984) ไนเตรต (APHA, 1992) ออร์โทฟอสเฟต (Parsons et al., 1984) อินทรีย์วัตถุ (Walkley-Black, 1947) pH และอุณหภูมิของน้ำหมักด้วยเครื่อง pH meter เมื่อมีค่าคงที่แล้วจึงนำน้ำหมักชีวภาพที่ได้มากรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บบรรจุลงในขวดภาชนะ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อรอสำหรับการใช้เลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยต่อไป

2. การศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาวที่มีผลต่อการเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย

นำตัวอย่างสาหร่ายช่อพริกไทยมากำจัดสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งมีชีวิตเกาะติดที่อยู่บนสาหร่ายออกให้หมด พักสาหร่ายก่อนดำเนินการทดลอง 1 อาทิตย์ โดยเลือกสาหร่ายที่สมบูรณ์แข็งแรงมาวางชั้นบนผ้าประมาณ 1 นาทีเพื่อให้สาหร่ายสะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักสดน้ำหนักประมาณ 90 กรัม (บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง) ใส่ลงในตะกร้าเปล่าสำหรับใส่เลี้ยงสาหร่าย (บันทึกน้ำหนักตะกร้าเปล่าด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง) แล้วจึงตะกร้าใส่ลงในถังเลี้ยงขนาด 30 ลิตร ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt จำนวน 15 ถัง วางถังเลี้ยงแต่ละชุดการทดสอบแบบสุ่มภายใต้โรงเรือนระบบเปิด ให้อากาศโดยใช้หัวทราย และดำเนินการทดสอบเพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยด้วยน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 ชุดการทดลอง ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 สาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรกิลลาร์ด F/2 medium (Guillard, 1973) (ตัวแปรควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 2 สาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงในน้ำทะเล (ตัวแปรควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 3 สาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยการเจือจางน้ำหมักชีวภาพ:น้ำเลี้ยงในอัตราส่วน 1:100
- ชุดการทดลองที่ 4 สาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยการเจือจางน้ำหมักชีวภาพ:น้ำเลี้ยงในอัตราส่วน 1:500
- ชุดการทดลองที่ 5 สาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยการเจือจางน้ำหมักชีวภาพ:น้ำเลี้ยงในอัตราส่วน 1:1,000

เก็บข้อมูลการเติบโตของสาหร่ายโดยการชั่งน้ำหนักสดทุก 6 วัน เป็นระยะเวลา 24 วัน ภายหลังจากการตรวจชั่งน้ำหนักในแต่ละครั้งจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ของปริมาณน้ำในถังเลี้ยง แล้วจึงเติมน้ำหมักชีวภาพกลับเข้าไปใหม่ให้ได้ระดับความเข้มข้นเท่าเดิม ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำทุก 2 วัน ในช่วงเวลา 13.00-13.30 น. ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรต ออร์โธฟอสเฟต ความเค็มของน้ำ และความเข้มแสงตามวิธีการตรวจวัดข้อ 1 นำค่านักหนักสาหร่ายที่ชั่งได้ไปคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยโดยคำนวณค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (Average daily gain ; ADG) (กรัม/วัน) และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) (หน่วย/วัน)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านการเติบโตของสาหร่ายและคุณภาพน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

1. คุณภาพน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาว

น้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาวใช้ระยะเวลาในการหมัก 49 วันจึงได้นำน้ำหมักชีวภาพที่สมบูรณ์ พบว่าในช่วงวันที่ 0-28 ของการหมัก น้ำหมักชีวภาพมีแอมโมเนียปริมาณต่ำในขณะที่ไนเตรตมีปริมาณสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.83 ± 0.10 ถึง 6.48 ± 0.50 mg-N/L และ $1,076.60 \pm 58.90$ ถึง $1,246.80 \pm 68.20$ mg-N/L ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ช่วงวันที่ 35-49 ของการหมัก น้ำหมักชีวภาพจึงเริ่มมีปริมาณแอมโมเนียสูง ขึ้น (7.31 ± 0.40 ถึง 7.96 ± 0.10 mg-N/L) ในขณะที่ปริมาณไนเตรตมีค่าลดต่ำลง ($1,014.7 \pm 17.4$ ถึง $1,031.50 \pm 18.0$ mg-N/L) ส่วนปริมาณออร์โธฟอสเฟตน้ำหมักชีวภาพมีการแปรผันขึ้นลงตลอดระยะเวลาของการหมัก โดยช่วงวันที่ 14 - 28 ของการหมักปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 39.06 ± 0.50 ถึง 48.36 ± 3.30 mg-P/L หลังจากนั้นจึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 35 - 49 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 59.19 ± 3.00 ถึง 66.76 ± 4.80 mg-P/L ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุวันที่ 0 ของการหมักพบว่ามีค่าต่ำ หลังจากนั้นจึงมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 7 - 49 ของการหมัก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.04 ± 0.30 ถึง 6.42 ± 0.10 % ซึ่งมีค่าสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P > 0.05$)

นอกจากนี้พบว่าค่า pH ในน้ำหมักมีค่าสูงในช่วงแรกของการหมัก โดยมีค่า 6.19 ± 0.02 ในวันที่ 0 ของการหมัก หลังจากนั้นค่า pH จึงมีค่าค่อยๆ ลดลงจนมีค่าอยู่ในช่วง 3.73 ± 0.01 ในวันที่ 49 ของการหมัก ซึ่งมีค่าต่ำไม่แตกต่างกับค่า pH ในช่วงวันที่ 21-49 ของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P > 0.05$) ส่วนค่าอุณหภูมิในน้ำหมักตลอดระยะเวลาที่ทำการหมักส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน (27.9 ± 0.00 ถึง 27.3 ± 0.64 °C) ยกเว้นวันที่ 49 ของการหมักที่อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น (30.4 ± 0.67 °C) ซึ่งมีค่าแตกต่างจากระยะเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาว

วันที่	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำหมัก ($\bar{x} \pm SD$)					
	แอมโมเนีย (mg-N/L)	ไนเตรต (mg-N/L)	ออร์โธฟอสเฟต (mg-P/L)	อินทรีย์วัตถุ (%)	pH	อุณหภูมิ (°C)
0	4.83±0.1 ^d	1,142.1±70.0 ^b	56.06±0.1 ^d	4.00±0.1 ^b	6.19±0.02 ^a	27.9±0.00 ^{bc}
7	5.41±0.4 ^{cd}	1,246.8±68.2 ^a	70.64±4.4 ^a	6.04±0.3 ^a	4.68±0.01 ^b	28.1±0.06 ^b
14	5.82±0.6 ^{bc}	1,076.6±58.9 ^{bc}	48.36±3.3 ^e	6.88±0.8 ^a	4.10±0.01 ^b	27.8±0.25 ^{bc}
21	5.98±0.8 ^{bc}	1,168.4±70.9 ^{ab}	44.33±0.3 ^{ef}	6.09±1.0 ^a	3.96±0.02 ^c	27.9±0.00 ^{bc}
28	6.48±0.5 ^b	1,136.3±95.0 ^b	39.06±0.5 ^f	5.66±6.0 ^a	3.89±0.02 ^c	28.0±0.10 ^b
35	7.31±0.4 ^a	1,025.3±26.4 ^c	59.19±3.0 ^{cd}	5.87±0.9 ^a	3.84±0.02 ^c	28.0±0.06 ^{bc}
42	7.94±0.1 ^a	1,031.5±18.0 ^c	61.90±4.0 ^{bc}	5.90±0.1 ^a	3.74±0.01 ^c	27.3±0.64 ^c
49	7.96±0.1 ^a	1,014.7±17.4 ^c	66.76±4.8 ^{ab}	6.42±0.1 ^a	3.73±0.01 ^c	30.4±0.67 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. การศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาวที่มีผลต่อการเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย

การเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาวในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่าสาหร่ายช่อพริกไทยในชุดการทดลองที่ 4 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:500) มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 6 ของการทดลอง (172.90 ± 1.70 กรัม) โดยมีความสูงแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สาหร่ายในแต่ละชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นสูงในวันที่ 24 ของการทดลอง (177.70 ± 9.70 ถึง 262.10 ± 11.20 กรัม) ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับวันที่ 18 ของการทดลองยกเว้นสาหร่ายช่อพริกไทยในชุดการทดลองที่ 3 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:100) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของสาหร่ายในวันสุดท้ายของการทดลองพบว่า สาหร่ายในชุดการทดลองที่ 3 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:100) และในชุดการทดลองที่ 4 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:500) มีค่าน้ำหนักสดสูงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 (อาหารสูตรกิลลาร์ด) แสดงดัง Figure 1A

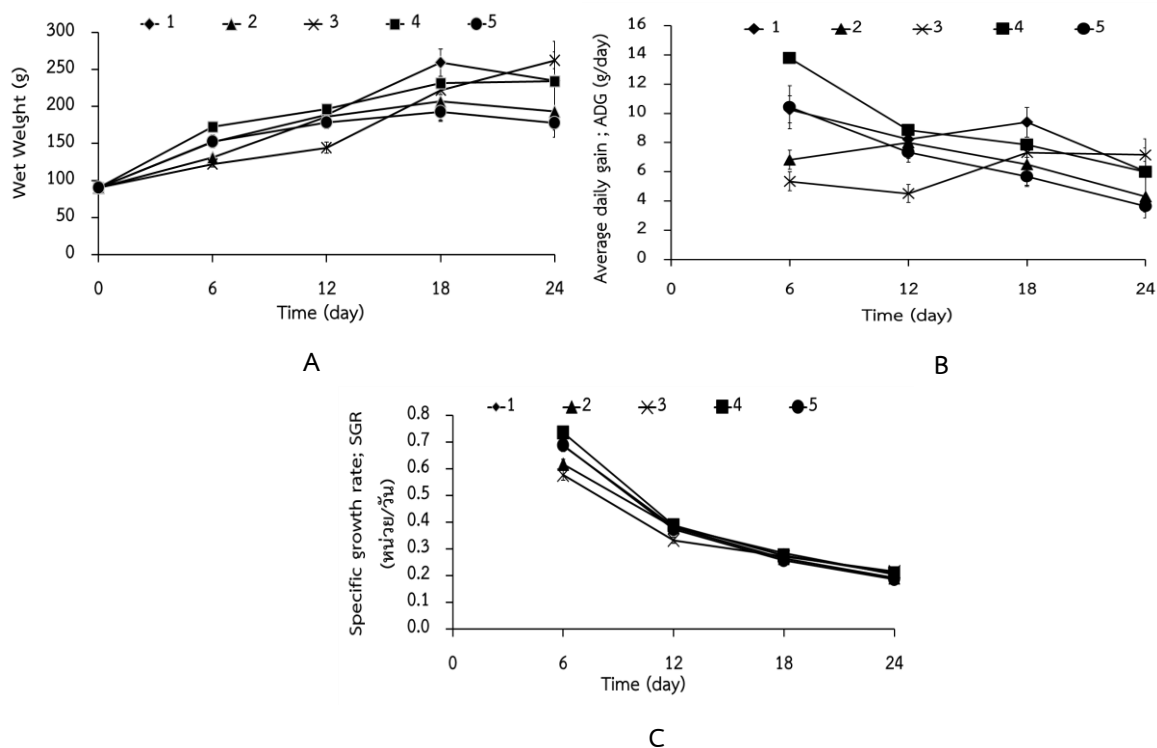


Figure 1 การเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนที่ต่างกัน: ค่าน้ำหนักสด (A); ค่าการเติบโตต่อวัน (B) และอัตราเติบโตจำเพาะ (C)

นอกจากนี้พบว่าสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 4 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:500) มีค่าการเติบโตต่อวัน (Average Daily Growth; ADG) และอัตราเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) สูงในทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยมีความสูงสุดในวันที่ 6 ของการทดลอง 13.80 ± 0.28 กรัม/วัน และ 73.60 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 (อาหารสูตรกิลลาร์ด) มีค่าการเติบโตต่อวันคงที่ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา แสดงดัง Figure 1B และ 1C

3. คุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงของสาหร่ายช่อพริกไทยด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระพงขาวที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงของสาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักชีวภาพทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 24 วัน พบว่าชุดการทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยสูงสุดภายหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาเท่ากับ 0.021 ± 0.007 0.012 ± 0.002 0.769 ± 0.104 0.026 ± 0.004 และ 0.018 ± 0.004 mg-N/L ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณแอมโมเนียสูงแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าชุดการทดลองที่สาหร่ายมีการนำแอมโมเนียไปใช้มากที่สุด คือชุดการทดลองที่ 3 โดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างของปริมาณแอมโมเนียก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่ากับ 0.458 ± 0.101 mg-N/L ส่วนชุดการทดลองที่มีการนำแอมโมเนียไปใช้น้อยที่สุด คือชุดการทดลองที่ 2 ที่มีปริมาณแอมโมเนียลดลงเฉลี่ย 0.006 ± 0.004 mg-N/L แสดงดัง Figure 2A

ชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยสูงสุดภายหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา คือชุดการทดลองที่ 1 (13.77 ± 1.51 mg-N/L) รองลงมาในชุดการทดลองที่ 3 (10.82 ± 1.35 mg-N/L) และชุดการทดลองที่ 4 (3.81 ± 1.74 mg-N/L) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 และ 5 มีปริมาณไนเตรตต่ำอยู่ในช่วง 1.22 ± 0.03 ถึง 1.95 ± 0.41 mg-N/L ซึ่งมีค่าแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าสาหร่ายในชุดการทดลองที่ 1 และ 3 มีการใช้ในไตรตมากในช่วงระหว่างวันที่ 12 - 18 ของการทดลอง โดยมีความเฉลี่ยส่วนต่างของปริมาณไนเตรตก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่ากับ 11.66 ± 1.02 และ 7.16 ± 0.27 mg-N/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แสดงดัง Figure 2B

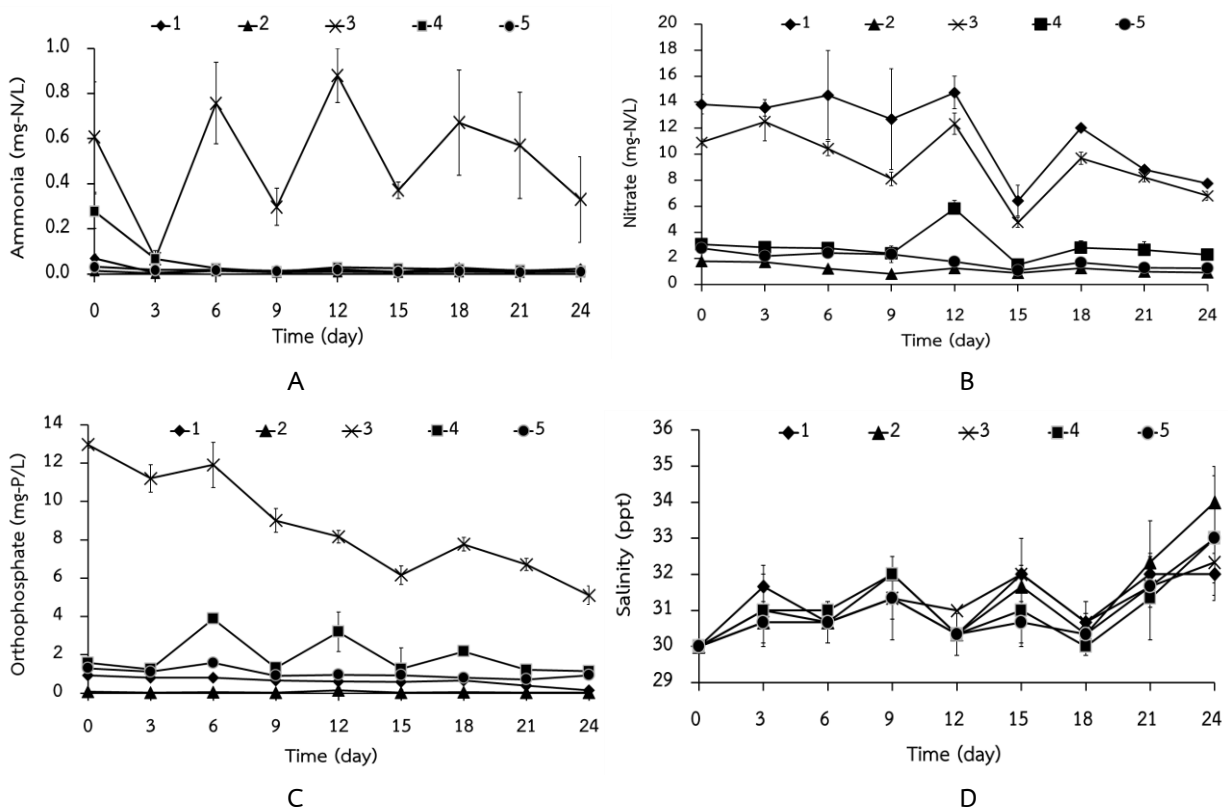


Figure 2 คุณภาพน้ำเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน: ปริมาณแอมโมเนีย (A); ปริมาณไนเตรต (B); ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (C) และค่าความเค็ม (D)

สาหร่ายชุกการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเลี้ยงภายหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำสูงสุดตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (9.28 ± 2.28 mg-P/L) และยังมีการใช้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างของปริมาณออร์โธฟอสเฟตก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่ากับ 3.97 ± 1.90 mg-P/L ซึ่งมีค่าสูงแตกต่างจากการทดลองชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นๆ มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำเลี้ยงภายหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่ในช่วง 0.08 ± 0.05 ถึง 3.09 ± 0.86 mg-P/L และมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างของปริมาณออร์โธฟอสเฟตก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่ากับ 0.05 ± 0.04 ถึง 1.49 ± 1.04 mg-P/L แสดงดัง Figure 2C ส่วนค่าความเค็มของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ย 31.18 ± 0.18 ppt แสดงดัง Figure 2D

วิจารณ์ผล

1. คุณภาพน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระดูกขาว

การตรวจสอบคุณภาพน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระดูกขาว พบว่าน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณแอมโมเนียต่ำ (4.83 ± 0.10 ถึง 6.48 ± 0.50 mg-N/L) ในช่วงแรกขอระยะเวลาการหมัก (วันที่ 0-28 ของการหมัก) แล้วจึงมีค่าค่อยๆสูงขึ้น (7.31 ± 0.40 ถึง 7.96 ± 0.10 mg-N/L) ในช่วงท้ายของการหมัก (วันที่ 35-49 ของการหมัก) ซึ่งตรงข้ามกับปริมาณไนเตรตที่มีค่าสูง ($1,246.8 \pm 68.2$ mg-N/L) ในช่วงต้น (วันที่ 7 ของการหมัก) และมีค่าลดลงเท่ากับ $1,014.7 \pm 17.4$ mg-N/L ในวันสุดท้ายของการหมัก เนื่องจากสารเร่งชูเปอร์ พด.2 เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ในลักษณะเปียกหรือมีความชื้นสูงเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยกระบวนการหมักแบบไม่มีออกซิเจน (Anaerobic Decomposition) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) เมื่อจุลินทรีย์กลุ่ม Heterotroph เปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์ให้กลายเป็นไนโตรเจนอนินทรีย์ (แอมโมเนีย) ผ่านกระบวนการ Ammonification หลังจากนั้นจึงเกิดกระบวนการ Nitrification โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนกลุ่ม Chemoautotroph ซึ่งใช้คาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์หรือน้ำตาล และใช้พลังงานจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนแอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรต และไนเตรตตามลำดับ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจึงมักพบไนโตรเจนในรูปไนเตรตมากกว่าแอมโมเนีย (ชยาบัน วิจิตรจันทน์, 2547) ต่อมาเมื่อปริมาณออกซิเจนในถังหมักมีปริมาณน้อยลงจึงทำให้เกิดกระบวนการ Nitrification ซ้ำลงส่งผลทำให้ปริมาณไนเตรตลดลงส่วนปริมาณแอมโมเนียในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุในน้ำหมักชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วง 6.04 ± 0.3 ถึง 6.42 ± 0.1 % ซึ่งมีค่าน้อยกว่างานวิจัยของอเนก โสภณ (2559) ที่ผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผลผลิตทางการเกษตร และผลผลิตทางการประมง พบว่ามีอินทรีย์วัตถุในน้ำหมัก 7.99 และ 20.62 % ตามลำดับ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเศษวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผลิต ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระดูกขาวมีค่าสูงในช่วงแรกแล้วจึงมีค่าค่อยๆ ลดลงเท่ากับ 3.73 ± 0.01 ในวันสุดท้ายของการหมัก สอดคล้องกับการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ที่ชี้แจงว่าน้ำหมักชีวภาพจากสารเร่งชูเปอร์ พด. 2 ที่สมบูรณ์แล้วจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3-4 ส่วนอุณหภูมิในน้ำหมักตลอดระยะเวลาการหมักมีค่าอยู่ในช่วง 27.9 ± 0.00 ถึง 30.4 ± 0.67 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดว่าเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่มีค่าอยู่ระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียส (อรรด สมร่าง และคณะ, 2548) โดยการเติบโตของจุลินทรีย์ในระยะที่ 2 (Mesophilic) เป็นระยะที่จุลินทรีย์มีการเพิ่มปริมาณ และเกิดการย่อยสลายอินทรีย์สารต่างๆ ทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในระบบหมักในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส (กรวิพัญญ์ ประพันธ์ศรี, 2558)

2. การศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระดูกขาวที่มีผลต่อการเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย

สาหร่ายช่อพริกไทยน้ำหนักเริ่มต้น 90 กรัมที่เลี้ยงด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากระดูกขาวในอัตราส่วน 1:500 มีการเติบโตสูงสุดในวันที่ 6 ของการทดลอง โดยมีค่าน้ำหนักสดของสาหร่ายเท่ากับ 172.9 ± 1.7 กรัม โดยมีค่าสูงแตกต่างจากการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีการเติบโตเร็วหรือมีค่าสูงกว่างานวิจัยของอเนก โสภณ (2559) ที่เลี้ยงสาหร่ายพวงอุ้ง (*Caulerpa racemosa*) น้ำหนักเริ่มต้น 100 กรัมด้วยน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการประมงในอัตราส่วน 1:100 และ 1:1,000 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเป็น 178.5 และ 168.9 กรัม ตามลำดับ

3. คุณภาพน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงของสาหร่ายช่อพริกไทยด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาวที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน

ชุดการทดลองที่ 3 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:100) มีปริมาณแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟตในน้ำเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยสูง 0.769 ± 0.104 mg-N/L และ 9.28 ± 2.28 mg-P/L ตามลำดับ และเป็นชุดการทดลองที่สาหร่ายสามารถนำแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟตไปใช้ได้สูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างของปริมาณแอมโมเนีย และออร์โธฟอสเฟตก่อนและหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำเท่ากับ 0.458 ± 0.101 mg-N/L และ 3.97 ± 1.90 mg-P/L ตามลำดับ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ 3 ยังมีปริมาณไนเตรตน้ำเลี้ยงสาหร่ายช่อพริกไทยสูงค่อนข้างสูง (10.82 ± 1.35 mg-N/L) รองจากชุดการทดลองที่ 1 (สูตรอาหาร F/2 medium) ที่มีปริมาณไนเตรต 13.77 ± 1.51 mg-N/L โดยมีชุดการทดลองที่ 3 สาหร่ายสามารถนำไนเตรตไปใช้ได้สูงเท่ากับ 7.16 ± 0.27 mg-N/L ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายช่อพริกไทยมีการใช้ในเตรตก่อนแอมโมเนีย แตกต่างจากงานวิจัยของ อลิสซา โศควิวัฒน์วิช (2543) ที่พบว่าสาหร่ายช่อพริกไทยจะเลือกใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียก่อนที่จะเลือกใช้ไนโตรเจนในรูปอื่น ทั้งนี้แม้ว่าพืชจะต้องการไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมากกว่าไนโตรเจนในรูปอื่นแต่พบว่าพืชมักจะดูดซึมไนโตรเจนในรูปไนเตรตมากกว่าเนื่องจากในธรรมชาติมักพบปริมาณไนเตรตมากกว่าแอมโมเนีย (กรวิพัญญ์ ประพันธ์ศรี, 2558)

สรุปผล

1. ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพจากเกล็ดปลากะพงขาวที่เหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทยคือ ชุดการทดลองที่ 4 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:500)
2. ชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สูงมากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อสาหร่ายจึงทำให้สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยชุดการทดลองที่ 3 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:100) ที่มีปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรต และออร์โธฟอสเฟตสูงไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่าย ในขณะที่สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยชุดการทดลองที่ 4 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:500) ที่มีปริมาณธาตุอาหารรองลงมามีความเหมาะสมต่อการเติบโตของสาหร่ายมากกว่า ส่วนที่สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยชุดการทดลองที่ 5 (น้ำหมักอัตราส่วน 1:1,000) ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารต่ำมีสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณฟาร์มปลากะพงบุญสว่าง ตำบลบางปะกง อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ได้มอบเกล็ดปลากะพงขาวสำหรับนำมาใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณสถานีพัฒนาที่ดิน จังหวัดจันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเร่งซูปเปอร์ พด. 2 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2562. การเพาะเลี้ยงและการแปรรูปสาหร่ายพวงองุ่น. เพชรบุรี: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. การผลิตปุ๋ยโดยใช้สารเร่ง พด. 2. เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน. เข้าถึงได้จาก <http://www.ldslpg.org/km/pd2.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2567].
- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรกรมพัฒนาที่ดินโดยใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ พด. เข้าถึงได้จาก <http://www.ddd.go.th/www/files/79803.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2567].
- กรวิพัญญ์ ประพันธ์ศรี. 2558. ผลของการบำบัดเบื้องต้นของเศษการตัดแต่งกิ่งไม้ด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์และเถ้าลอยชีวมวลต่อการแปรเปลี่ยนคาร์บอนไนโตรเจนและของแข็งระเหยในกระบวนการผลิตปุ๋ย. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชยาบัน วิจิตรจันทน์. 2547. ผลของชนิดและปริมาณของสารเสริมต่อการระเหยของแอมโมเนียขณะ หมักปุ๋ยจากผักตบชวาและใบไม้แห้ง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ฐิติมา เอียดแก้ว. 2565. สถานการณ์สินค้าปลากะพงขาวและผลิตภัณฑ์ ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2565. กรุงเทพฯ: กรมประมง.

- ปวเรศวร์ อินทุเศรษฐ์. 2563. การสกัดคอลลาเจนจากเศษเหลือของการแปรรูปสัตว์น้ำและการนำไปใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ: กรมประมง.
- ปิยะภรณ์ จิตรเอก. 2556. ผลของน้ำหมักชีวภาพร่วมกับสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด 4 ชนิดในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิจิตรา ดั่งซี่, เฉชนะ บุญพัทธ์โร และนาฎยา สุวรรณชาติ. 2559. การศึกษาโคโตซานจากเกล็ดปลากระพงขาว เกล็ดปลานิล และเปลือกกุ้งขาว. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ครั้งที่ 6 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 15-16 สิงหาคม 2559 หน้า 1069- 1077.
- ศรัณญา ยิ้มย่อง, ธีรชัย ชิริรักษ์, สิริกุล กวมทรัพย์ และณิชา สิรินนท์ธนา. 2565. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดคอลลาเจนจากเกล็ดปลาทะเล. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุธิดา คงทอง. 2552. โคติน-โคโตซาน. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา 3: 1-7.
- สมเกียรติ สุวรรณศิริ. 2547. ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพ และการประยุกต์ใช้ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (อีเอ็ม)(ด้านการเกษตรและสิ่งแวดล้อม). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรธ สมร่าง, ยุทธชัย อนุรัตน์พันธ์, พงศ์ธร เพียรพิทักษ์ และบุศรินทร์ แสงวงลา 2548. ดินเพื่อประชาชน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอนก ไสภณ. (2559) การวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ ด้วยการใช้ น้ำหมักชีวภาพจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรและการประมง สำหรับทดแทนปุ๋ยเคมี. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อลิสซา โชควิวัฒน์นิช. 2543. ประสิทธิภาพของสาหร่ายช่อพริกไทย *Caulerpa lentilifera* และสาหร่ายหนาม *Acanthophora spicijera* ในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF), Washington DC.
- Parson T.R., Maita, Y. and Lalli, C.M. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, New York.
- Walkley, A. 1947. A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils: Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. Soil Science 63: 251-264.

ประสิทธิภาพของสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในอาหารที่มีผลต่อความต้านทานเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus*
ในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสต์ลาร์วา

Efficacy of Dietary Immunostimulants on *Vibrio parahaemolyticus* Resistance of
Post Larva *Litopenaeus vannamei*

ฉัตรนัย ไชยหาญ¹ มะลิวัลย์ คุตะโค¹ จันทร์จรัส วัฒนะโชติ² และ มลฤดี สอนธิ^{1*}
Chaihan, C. , Kutako, M. , Wattanachote, J. and Sonthi, M.

¹ คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี 22170

¹ Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus, 22170, Thailand

² สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

² Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

*Corresponding author: molruedee@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันสามารถป้องกันและลดอัตราการตายของกุ้งอันเนื่องมาจากการติดเชื้อแบคทีเรียได้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่มีผลต่อความต้านทานต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ระยะโพสต์ลาร์วา การทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 อาหารกุ้งสำเร็จรูปผสม 0.85% NaCl (กลุ่มควบคุม) กลุ่มทดลองที่ 2 อาหารกุ้งสำเร็จรูปผสม lipopolysaccharide (LPS) จากเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* กลุ่มทดลองที่ 3 อาหารกุ้งสำเร็จรูปผสมเซลล์ยีสต์ *Pichia* sp. และกลุ่มทดลองที่ 4 อาหารกุ้งสำเร็จรูปผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* หลังจากการทดลองให้อาหารที่ 14 และ 28 วันของการเลี้ยง กุ้งทดลองจะถูกทดสอบความต้านทานต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* ด้วยวิธีการแช่ และติดตามเปอร์เซ็นต์การตายสะสมในแต่ละกลุ่มทดลอง จากผลการศึกษาพบอัตราการตายสะสมสูงสุดในกุ้งกลุ่มควบคุม รองลงมาคือกุ้งที่กินอาหารผสมเซลล์ยีสต์ *Pichia* sp. กุ้งที่กินอาหารผสม LPS และ กุ้งที่กินอาหารผสม *H. pluvialis* ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริมอาหารด้วย *H. pluvialis* สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการติดเชื้อก่อโรค *V. parahaemolyticus* ในกุ้งขาวระยะโพสต์ลาร์วาได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: กุ้งขาว สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน อัตราการตาย

Abstract

The application of immunostimulants can effectively prevent the mortality rates in shrimp caused bacterial infections. The present study evaluates the efficacy of dietary immunostimulants to enhance *Vibrio parahaemolyticus* resistance of post larva *Litopenaeus vannamei*. The experiment was divided into four groups; 1) diets were incorporated with 0.85%NaCl (Control), 2) diets were incorporated with lipopolysaccharide (LPS) of *Escherichia coli*, 3) diets were incorporated with yeast cells *Pichia* sp., and 4) diets were incorporated with *Hematococcus pluvialis*. Following the feeding trial at 14 and 28 days of culture, the experimental shrimp were challenged with pathogenic *V. parahaemolyticus* through immersion and percent of cumulative mortality were

measured. Results showed, the highest cumulative mortality in shrimp after bacterial infection in the control group, *Pichia* sp., LPS and *H. pluvialis* dietary treatments, respectively. These results suggest that dietary supplementation of *H. pluvialis* can be used to enhance the resistance of post larva *P. vannamei* against pathogenic *V. parahaemolyticus* infection.

Keywords: Pacific white shrimp, immunostimulant, mortality rate

บทนำ

กุ้งทะเลเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมบริโภคทั้งภายในประเทศและต่างประเทศทั่วโลก ในประเทศไทยผลผลิตกุ้งทะเลส่วนใหญ่ได้จากการเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะการเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้ปริมาณมาก จึงเป็นการเลี้ยงกุ้งในระบบที่มีความหนาแน่นสูง มีการให้อาหารปริมาณมากนำไปสู่การเพิ่มอินทรีย์สารในบ่อ หากจัดการได้ไม่ทันจะทำให้เกิดโรคได้ง่าย เมื่อเกิดโรคเกษตรกรมักแก้ไขด้วยการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อรักษาโรคของกุ้ง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ในระดับหนึ่ง แต่การใช้ยาปฏิชีวนะไม่ใช่ทางแก้ไขในระยะยาว เนื่องจากผลของการใช้อาจส่งผลเสียต่อผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมได้ (ชนกันต์ จิตมณัส, 2545) จากปัญหาดังกล่าวนำไปสู่การคิดค้นหาแนวทางที่จะลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะเพื่อให้การผลิตสัตว์น้ำของไทยเข้าสู่การเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำปลอดภัย เป็นที่ยอมรับในมาตรฐานสากล และเป็นการแก้ไขปัญหาย่างยั่งยืนในอนาคต การใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งและมีความเป็นไปได้สูงในการนำมาใช้ในการป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในกุ้งทะเลทั้งที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนและในระดับฟาร์ม เนื่องจากสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันสามารถทำหน้าที่ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะทั้งแบบเซลล์และแบบสารน้ำ ส่งผลให้สามารถป้องกันตัวเองจากการรุกรานของเชื้อที่หลากหลายในน้ำในขณะที่เลี้ยงในบ่อได้ มีความต้านทานโรคได้ดีขึ้น และมีอัตราการรอดตายที่เพิ่มขึ้น (Smith et al., 2003) สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันมีหลากหลายชนิด การศึกษาในครั้งนี้ได้นำ Lipopolysaccharide ที่สกัดจากเชื้อ *Escherichia coli* ที่มีรายงานว่าจะสามารถส่งเสริมให้กุ้งกุลาดำมีความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. harveyi* ได้ (Rungrasamee et al, 2018) เปรียบเทียบกับเซลล์ยีสต์ *Pichia* sp. ที่แยกได้จากน้ำทะเลบริเวณจังหวัดชลบุรี และมีการเลี้ยงเพิ่มจำนวนได้ รวมทั้งมีรายงานสนับสนุนว่าสามารถเพิ่มระดับการทำงานของเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส และ respiratory burst activity ในกุ้งขาวแวนนาไมได้ (จันทร์จรัส วัฒนะโชติ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ยังมีการนำสาหร่าย *Haemotococcus pluvialis* แบบอบแห้ง มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย สาหร่ายชนิดนี้มีแอสตาแซนทินสะสมอยู่ในเซลล์ในระดับที่สูง รายงานการวิจัยส่วนใหญ่เป็นการสกัดแอสตาแซนทินออกมาผสมอาหารให้กุ้งกิน ซึ่งให้ผลดีต่อสุขภาพกุ้ง แต่การนำสาหร่ายมาใช้โดยตรงยังมีรายงานน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันทั้ง 3 ชนิดนี้ ที่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) สายพันธุ์สร้างสารพิษ ในกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา (Post-larva)

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง และการให้อาหาร

กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสท์ลาร์วา 15 เลี้ยงในถังเลี้ยงพลาสติกขนาด 60 ลิตร จำนวน 20 ถัง ที่บรรจุน้ำที่มีความเค็ม 15 พีพีที ปริมาตร 45 ลิตร เลี้ยงกุ้งถังละ 120 ตัว ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาว เบอร์ 1 (Star feed, CP) วันละ 2 ครั้ง (ที่เวลา 06.00 และ 18.00 น.) เป็นเวลา 7 วัน เพื่อปรับสภาพกุ้งก่อนทำการทดลอง และสุ่มกุ้งตรวจหาเชื้อก่อโรคในกุ้ง โดยเทคนิคพีซีอาร์ จากนั้นจึงเริ่มให้อาหารกุ้งตามชุดทดลอง อัตราการให้ 40% ต่อตัว/มื้อ ให้วันละ 2 มื้อ ติดต่อกันทั้งหมด 4 สัปดาห์ (28 วัน) ในระหว่างการเลี้ยงวันที่ 14 และวันที่ 28 นำกุ้งมาทดสอบความต้านทานเชื้อด้วยวิธีการแช่ บันทึกรออัตราการตายเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ในระหว่างการทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวัน และมีการควบคุมคุณภาพน้ำตามมาตรฐานการเลี้ยงกุ้งทะเล

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design; CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ ได้แก่ 1) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสม 0.85%NaCl (ชุดควบคุม) 2) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสม Lipopolysaccharide (LPS) 3) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสมเซลล์ยีสต์ *Pichia* sp. และ 4) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis*

การเตรียมอาหารทดลอง

1) อาหารกึ่งสำเร็จรูป (ชุดควบคุม): อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาว (Starfeed, CP) บดละเอียด ผสม 0.85% NaCl ปริมาณ 5 ml ต่ออาหาร 100 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตากให้แห้งและนำไปขึ้นรูปใหม่ขนาดเท่าอาหารเม็ดเบอร์ 1

2) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสม LPS: สารสกัดจากผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* O26:B6 (Sigma Chemical, USA) ผสมในอาหารเม็ดสำเร็จรูปบดละเอียดอัตราส่วน 15 มิลลิกรัม LPS ต่ออาหาร 100 กรัม (ดัดแปลงจากวิธีการของ Rungrussamee *et al.* 2013) คลุกเคล้าให้เข้ากัน และนำไปขึ้นรูปใหม่ ขนาดเท่าอาหารเม็ดเบอร์ 1

3) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสมเซลล์ยีสต์ *Pichia* sp.: เซลล์ยีสต์ *Pichia* sp. ความเข้มข้น 5×10^9 เซลล์ ในปริมาตร 5 มล. ผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่บดละเอียด 100 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตากให้แห้งและนำไปขึ้นรูปใหม่ ขนาดเท่าอาหารเม็ดเบอร์ 1

4) อาหารกึ่งสำเร็จรูปผสมสาหร่าย *H. pluvialis*: นำสาหร่ายที่อบแห้งแล้วมาปั่นให้ละเอียด (crud) ผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่บดละเอียด อัตราส่วน 5 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน ตากให้แห้งและนำไปขึ้นรูปใหม่ ขนาดเท่าอาหารเม็ดเบอร์ 1

จัดเตรียมอาหารออกเป็นมือ ๆ ใส่ถุงพลาสติกมีการห่อด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟรอยด์เพื่อป้องกันแสงและแช่อาหารในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เตรียมอาหารใหม่ทุก ๆ 5 วัน

การศึกษาความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND})

เชื้อเชื้อ VP_{AHPND} จาก Stock glycerol ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar (TSA) ที่ผสม 1.5% NaCl บ่มที่อุณหภูมิ 30-32 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง นำเชื้อจาก TSA plate ปรับความเข้มข้นเชื้อให้มี OD_{640 nm} = 0.1 ปิเปตเชื้อลงในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ที่ผสม 1.5% NaCl อัตราส่วน 10 µl : 100 ml (100 ml บ่มใน incubator shaker อุณหภูมิ 32 °C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง) วัด OD ให้ได้ประมาณ 0.35-0.40 จะได้ปริมาณเชื้อประมาณ 10⁸ CFU/ml นำเชื้อความเข้มข้น 10⁵ CFU/mL ลงในน้ำ 10 ml/ น้ำ 10 L แช่เชื้อเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% หลังจากนั้นเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน บันทึกอัตราการตาย 96 ชั่วโมง

การออกแบบการทดลองในขั้นตอนการศึกษาความต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) แสดงดัง

Figure 1.

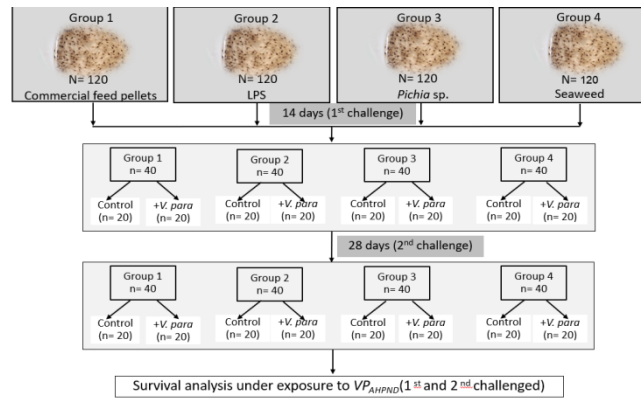


Figure 1. Experimental designed to examine *V. parahaemolyticus* resistance of Post larva *Litopenaeus vannamei*

ผลการทดลอง

จากการทดสอบความต้านทานเชื้อภายหลังการเลี้ยงกุ้งตามกลุ่มทดลองที่ 14 วัน โดยการรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสม (Percent of cumulative mortality) พบว่ากุ้งในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปกติ มีอัตราการตายสะสมมากที่สุด 100% ที่ 24 ชั่วโมง รองลงมาคือกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมยีสต์ *Pichia* sp. มีอัตราการตายสะสมสูงสุด 90% ที่ 48 ชั่วโมง ตามด้วยกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม LPS มีอัตราการตายสะสมสูงสุด 50% ที่ 24 ชั่วโมง และกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *H. pluvialis* มีอัตราการตายสะสมต่ำที่สุด คือ 17.5% ที่ 30 ชั่วโมง (Figure 2.)

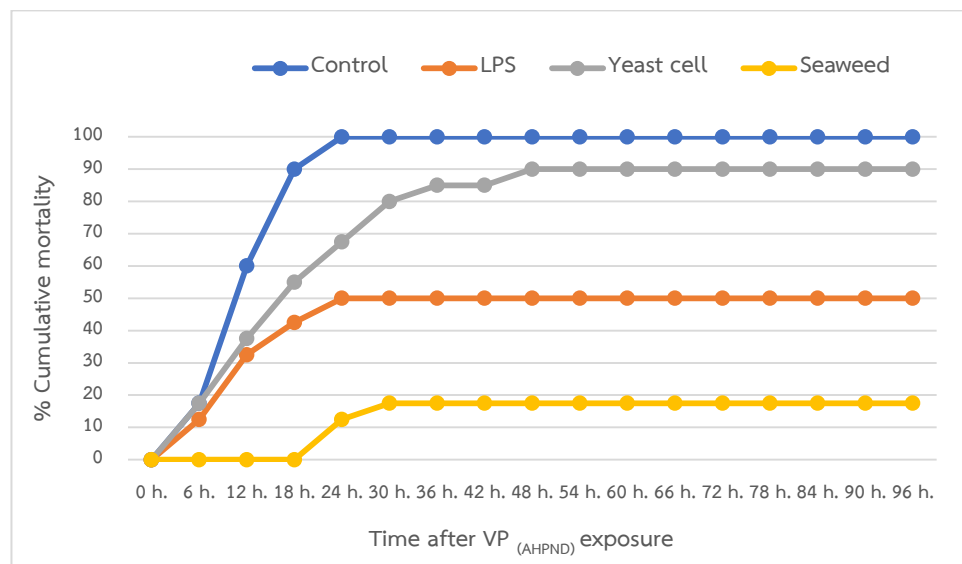


Figure 2. Percent cumulative mortality of *Litopenaeus vannamei* under the *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) exposure at 14 days of culture. Group 1 represents shrimp fed with commercial feed pellets, Group 2 represents shrimp fed with LPS-coated feed pellets, Group 3 represents shrimp fed with yeast cells coated feed pellets, and Group 4 represents shrimp fed with seaweed-coated feed pellets.

จากการทดสอบความต้านทานเชื้อภายหลังการเลี้ยงกุ้งตามกลุ่มทดลองที่ 28 วัน โดยการรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสม (Percent cumulative mortality) พบว่ากุ้งในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปปกติ มีอัตราการตายสะสมมากที่สุด 92.5% ที่ 36 ชั่วโมง รองลงมาคือกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมยีสต์ *Pichia* sp. มีอัตราการตายสะสมสูงสุด 72.5% ที่ 48

ชั่วโมง ตามด้วยกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม LPS มีอัตราการตายสะสมสูงสุด 40% ที่ 36 ชั่วโมง และกุ้งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *Haematococcus pluvialis* มีอัตราการตายสะสมต่ำที่สุด คือ 15% ที่ 24 ชั่วโมง (Figure 3.)

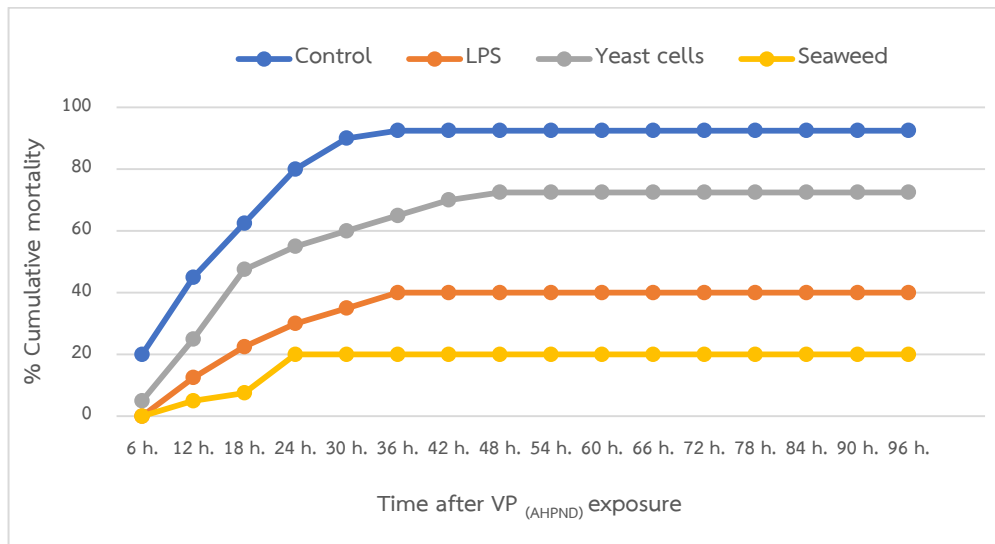


Figure 3. Percent cumulative mortality of *Litoenaeus vannamei* under the *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) exposure at 28 days of culture. Group 1 represents shrimp fed with commercial feed pellets, Group 2 represents shrimp fed with LPS-coated feed pellets, Group 3 represents shrimp fed with yeast cells coated feed pellets, and Group 4 represents shrimp fed with seaweed-coated feed pellets.

วิจารณ์ผล

การใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง และมีความเป็นไปได้สูงในการนำมาใช้ในการป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคในกุ้งทะเลทั้งที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนและในระดับฟาร์ม เนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมี สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันทำหน้าที่ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะทั้งแบบเซลล์และแบบสารน้ำ เพื่อให้สามารถป้องกันตัวเองจากการรุกรานของเชื้อที่หลากหลายในน้ำในขณะที่เลี้ยงในบ่อได้ ช่วยส่งเสริมให้มีความต้านทานต่อเชื้อก่อโรคได้มากขึ้น มีอัตราการรอดตายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลจากการทดลองในครั้งนี้พบว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารผสมสาหร่าย *H. pluvialis* มีความต้านทานต่อการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) ได้ดีที่สุดในสาหร่าย *H. pluvialis* เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก มีการสะสมแอสตาแซนทินไว้ในเซลล์ในปริมาณที่สูง ทำให้มีสีแดงปรากฏเด่นชัด โดยปริมาณแอสตาแซนทินที่สะสมอาจจะมากถึงประมาณ 0.2- 2.0% ของน้ำหนักแห้ง สาหร่ายชนิดนี้เป็นแหล่งที่ดีของสารสีแอสตาแซนทินจากแหล่งธรรมชาติซึ่งมีความปลอดภัยสูงในการบริโภค (Ambati *et al*, 2014) จากคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแอสตาแซนทิน ทำให้มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในส่งเสริมการต้านทานต่อความเครียดในสัตว์น้ำได้ (Zhang *et al.*, 2013) ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ จินตนา ดาราฉาย และคณะ (2543) ที่ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำวัยอ่อน พบว่ากุ้งในทุกระยะ ได้แก่ Zoea Mysis และ Post larva ที่ได้รับสารสกัดแอสตาแซนทินที่ผลิตจากสาหร่าย *H. pluvialis* มีอัตราการรอดตายสูงกว่าทุกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Xie *et al.* (2018) ที่ศึกษาผลของสารสกัดแอสตาแซนทินที่สกัดจากสาหร่าย *H. Pluvialis* ในกุ้งขาวระยะ Post-larva 12 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสารสกัดแอสตาแซนทินในระดับ 3.3–6.7 g kg⁻¹ diet (100–200 mg astaxanthin kg⁻¹ diet) มีผลต่อการเพิ่มอัตราการรอด ความสามารถในการทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ระดับต่าง ๆ และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น รวมทั้งจากรายงานของ Zhang *et al.* (2013) ที่พบว่าสารสกัดแอสตาแซนทินจากสาหร่าย

ชนิดนี้ที่ระดับ 75, 100, 125 and 150 mg kg⁻¹ สามารถส่งเสริมความต้านทานต่อโรค และเพิ่มอัตราการรอดของกุ้งขาวได้ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนเอกสารการวิจัยยังไม่พบการนำสาหร่ายชนิดนี้มาผสมในอาหารให้สัตว์น้ำกินโดยตรง ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าสาหร่าย *H. pluvialis* ในแบบที่ยังไม่สกัดเอาสารออกมาก็สามารถให้ผลดีในการต้านทานต่อเชื้อไวรัสที่ก่อโรคในกุ้งได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดต้นทุนในขั้นตอนการสกัดสารสำคัญ หากสามารถเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้ในสภาวะที่มีการสะสมแอสตาแซนทินในปริมาณสูง ก็สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารกุ้งผสมสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบต้นทุนต่ำได้ อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ได้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงปริมาณ ความปลอดภัย และระยะเวลาการใช้ที่เหมาะสมในกุ้งต่อไป

สรุปผล

การให้อาหารกุ้งที่ผสมสาหร่าย *H. pluvialis* สามารถส่งเสริมให้กุ้งขาวระยะโพสต์ลาร์วา มีความต้านทานต่อเชื้อ *V. parahaemolyticus* (VP_{AHPND}) ได้ดีที่สุดในระดับที่ต้องศึกษาถึงปริมาณที่เหมาะสม ความปลอดภัย ระยะเวลาที่ใช้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ได้จริงในการเลี้ยงกุ้งในระดับโรงเพาะฟัก และระดับฟาร์มต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการจัดสรรงบประมาณเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

- ชนกันต์ จิตต์มนัส. 2013. ผลของผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพรต่อ ภูมิคุ้มกันสัตว์น้ำ. *KKU Res. J.* 18: 257-269
- จันทร์จรัส วัณนะโชติ จารุพันธ์ ประทุมยศ ณิชาร ทงอยู่ วิศวารณ ใหญ่ยอด และ มลฤดี สนิธิ. 2560. ผลของอาหารที่มีเซลล์ยีสต์ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจินตต่อการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันแบบเซลล์ในน้ำเลือดกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 48 ฉบับที่ 2 (พิเศษ): 1162-1169.*
- จินตนา ดาราฉาย สมเกียรติ ปิยธีรธิตวิรุฑ และ เปี่ยมศักดิ์ มนัสเสวต. 2543. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 238 หน้า.
- Ambati,R . R., Phang, S-M., Ravi, S. and Aswathanarayana, R.G. 2014. Astaxanthin: Sources, Stability, Biological Activities and Its Commercial Applications-A Review. *Mar. Drugs* 12(1): 128-152.
- Rungrassamee, W., Maibunkaew, S., Karoonuthaisiri, N. and Jiravanichpaisal, P. 2018. Application of bacterial lipopolysaccharide to improve survival of the black tiger shrimp after *Vibrio harveyi* exposure. *Developmental and Comparative Immunology* 41: 257–262.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture* 172: 63-92.
- Smith, V.J., Brown, J.H. and Hauton, C. 2003. Immunostimulation in crustacean: does it really protect against infection? *Fish & Shellfish Immunol* 15(1): 71-90.
- Xie, S., Fang , W., Wei, D., Liu, Y. Yin, P., Niu, J. and Tian, L. 2018. Dietary supplementation of *Haematococcus pluvialis* improved the immune capacity and low salinity tolerance ability of post-larval white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 80: 452-457.
- Zhang, J., Liu, Y.J., Tian, L.X., Yang H.J., Liang, G.Y. and Yue, Y.R. 2013. Effects of dietary astaxanthin on growth, antioxidant capacity and gene expression in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *Aquacult. Nutr.* 19: 917–927.