

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มในการเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*)
ต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเนื้อ
Effect of Salinity Change for Asian seabass (*Lates calcarifer*) Culture on
Growth Performance, Nutritional Value and Meat Quality

จรรยาพร อินทะสระ¹, นัทธ์ นันทพงษ์¹ และ พรพิมล เชื้อดวงฟู^{1*}Janyaporn Intasara¹, Nutt Nuntapong¹ and Pornpimon Chuaduangpui^{1*}¹คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์¹Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University

*Corresponding author; email: pornpimon.b@psu.ac.th

วันที่รับบทความ (Received)

7 พฤษภาคม 2569

วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)

13 มิถุนายน 2569

วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)

16 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโต คุณภาพซาก คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 0, 5, 15 และ 30 ppt ระยะเวลา 180 วัน แบ่งออกเป็น 7 ชุดการทดลอง ใช้ระดับความเค็มและระยะเวลาเลี้ยงต่างกัน โดยชุดการทดลองที่ 1 3 5 และ 7 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็มคงที่ตลอดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 2 4 และ 6 เลี้ยงปลาโดยมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างการทดลอง ผลการศึกษาชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาที่ความเค็ม 30 ppt เวลา 180 วัน มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain; WG) ร้อยละ $1,359.29 \pm 126.26$ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain; ADG) 1.45 ± 0.19 กรัมต่อวัน และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate; SGR) ร้อยละ 1.49 ± 0.05 ต่อวัน สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 5 ppt 180 วัน (ยกเว้นค่า ADG) และชุดการทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 0 ppt 180 วัน เท่านั้น รวมทั้งมีปริมาณไขมันบนฐานน้ำหนักสดร้อยละ 3.27 ± 0.62 และปริมาณไขมันบนฐานน้ำหนักแห้งร้อยละ 13.38 ± 1.81 ซึ่งมีค่าสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาที่ความเค็ม 15 ppt เวลา 90 วัน และเลี้ยงต่อที่ความเค็ม 5 ppt เวลา 90 วัน ส่วนคุณภาพซาก พบว่าทุกชุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลาที่ความเค็ม 15 ppt เวลา 180 วัน มีคะแนนกลิ่น 7.30 ± 1.32 คะแนน และกลิ่นรส 7.23 ± 1.04 คะแนน สูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 15 ppt 90 วัน และเลี้ยงต่อที่ความเค็ม 5 ppt เวลา 90 วัน ชุดการทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 5 ppt 90 วัน และเลี้ยงต่อที่ความเค็ม 0 ppt เวลา 90 วัน (ยกเว้นกลิ่น) และชุดการทดลองที่เลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 0 ppt 180 วัน (ยกเว้นกลิ่น) ดังนั้น การเลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 15 ppt ขึ้นไป ส่งผลให้ปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลาที่มีคุณภาพ อาจใช้ผลการศึกษานี้เป็นแนวทางในการจัดการการเลี้ยง เพื่อผลิตปลากะพงขาวให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ปลากะพงขาว, ระดับความเค็ม, คุณค่าทางโภชนาการ, คุณภาพเนื้อ, คุณภาพซาก

Abstract

This study investigated the effect of salinity level on the growth performance, carcass quality, nutritional value and meat quality of Asian seabass (*Lates calcarifer*). Fish were cultured under salinity levels of 0, 5, 15, and 30 ppt over a 180-day period. Seven experimental treatments, using different salinity levels and rearing durations. Treatments 1, 3, 5, and 7 were maintained at fixed salinity levels throughout the experiment, whereas Treatments 2, 4, and 6 were exposed to salinity adjustments during the culture period. The results showed that fish reared at a salinity of 30 ppt for 180 days exhibited the highest growth performance, with a weight gain (WG) of $1,359.29 \pm 126.26\%$, an average daily gain (ADG) of 1.45 ± 0.19 g day⁻¹, and a specific growth rate (SGR) of $1.49 \pm 0.05\%$ day⁻¹, compared to other treatments. However, this was significant differences ($p < 0.05$) experimental treatment rearing fish at a salinity of 5 ppt for 180 days (except for the ADG) and the experimental treatment rearing fish at a salinity of 0 ppt for 180 days, this treatment had the highest lipid contents on both a wet-weight basis ($3.27 \pm 0.62\%$) and a dry-weight basis ($13.38 \pm 1.81\%$), which were significantly different ($p < 0.05$) from those of the other treatments. However, no significant difference ($p > 0.05$) was observed when compared with fish reared at 15 ppt for 90 days followed by 5 ppt for an additional 90 days. Regarding carcass quality, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in the edible flesh percentage among all treatments. Fish reared at a salinity of 15 ppt for 180 days achieved the highest sensory scores for odor (7.30 ± 1.32) and flavor (7.23 ± 1.04) compared with the other treatments. However, this was significant differences ($p < 0.05$) experimental treatment rearing fish at a salinity of 15 ppt water salinity for 90 days and 5 ppt water salinity for another 90 days, experimental treatment rearing fish at a salinity of 5 ppt water salinity for 90 days and 0 ppt water salinity for another 90 days (except for the odor) and the experimental treatment rearing fish at a salinity of 0 ppt for 180 days (except for the odor). Therefore, rearing Asian seabass at salinity levels of 15 ppt or higher can enhance growth performance and improve sensory quality of fish meat. These findings can serve as a practical guideline for aquaculture management to enhance the production efficiency of Asian seabass.

Keywords: Asian seabass, Salinity level, Nutritional value, Meat quality, Carcass quality

บทนำ

ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) เป็นปลาที่ทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง (euryhaline fish) กล่าวคือ สามารถดำรงชีวิตได้ในสภาวะความเค็มที่หลากหลายตั้งแต่น้ำจืดจนถึงน้ำที่มีความเค็มสูง [1] ปลาชนิดนี้ได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายในจังหวัดชายฝั่งทะเลของประเทศไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว เนื้อมีรสชาติดีและมีราคาจึงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทยทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ [2] โดยตลาดหลักในการส่งออกปลากะพงขาวของไทย ได้แก่ ฮองกง มาเลเซีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ เมียนมาร์ และอิหร่าน [3] ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 จนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยประสบปัญหาราคาลูกปลากะพงขาวปรับตัวลดลง เนื่องจากการนำเข้าปลากะพงขาวจากประเทศมาเลเซียเป็นจำนวนมากและจำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าปลากะพงขาวภายในประเทศ ทำให้ตลาดภายในประเทศมีสินค้ามากกว่าความต้องการ จากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นกรมประมงได้ดำเนินกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการบริโภคทั้งการบริโภคปลากะพงขาวภายในประเทศและการสร้างโอกาสในการส่งออกปลากะพงขาวไปยังตลาดจีน เพื่อสร้างโอกาสการค้าให้กับเกษตรกรและช่วยกระตุ้นให้ภาพรวมการส่งออกปลากะพงขาวขยับตัวสูงขึ้น [3, 4] ซึ่งส่งผลให้

เกิดการพัฒนาและขยายการเลี้ยงมากขึ้นทั้งในบ่อดินและกระชัง ประกอบกับปลากะพงขาวที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมีรสชาติดี จึงเป็นที่นิยมในการบริโภคโดยเฉพาะตลาดภายในประเทศ [5]

แหล่งเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวมีการกระจายตัวครอบคลุมเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยจังหวัดที่มีบทบาทสำคัญด้านการผลิต ได้แก่ ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สงขลา และสมุทรปราการ [4] ทั้งนี้ จังหวัดสงขลานั้นเป็นหนึ่งในพื้นที่สำคัญของการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวของประเทศ เนื่องจากมีความได้เปรียบเชิงนิเวศทางธรรมชาติ โดยมีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเลี้ยง ซึ่งประกอบด้วยแหล่งน้ำที่มีสภาพแตกต่างกัน 3 ประเภท ได้แก่ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม โดยน้ำทะเลในพื้นที่ตำบลเกาะยอมีการแปรผันในช่วง 0–31.6 ส่วนในพันส่วน (ppt) ซึ่งก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีความเฉพาะเจาะจงและเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาว ทำให้ปลาที่เลี้ยงในบริเวณดังกล่าวมีชื่อเสียงในเรื่อง “เนื้อปลาร่อย” [6, 7] ในปี พ.ศ. 2563 กรมทรัพยากรทางปัญญาได้ดำเนินการขึ้นทะเบียน “ปลากะพงสามน้ำทะเลสาบสงขลา” เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) เพื่อรับรองแหล่งกำเนิดทางภูมิศาสตร์อันเป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ [8]

ด้วยเหตุนี้ ความเค็มจึงถือเป็นหนึ่งในปัจจัยทางกายภาพที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต การเผาผลาญพลังงาน การทำงานทางสรีรวิทยา และกระบวนการเมแทบอลิซึมของปลา นอกจากนี้ยังพบว่าปลาแต่ละชนิดมีช่วงความเค็มที่เหมาะสมแตกต่างกัน โดยการเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้าน การเจริญเติบโต การทำงานทางสรีรวิทยา และคุณภาพเนื้อปลาได้อย่างมีนัยสำคัญ [9, 10, 11] จากรายงานการศึกษา ก่อนหน้านี้ ระดับความเค็มที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวในระบบปิดอยู่ในช่วง 5 ถึง 36 ppt [12, 13, 14] ทั้งนี้งานวิจัยที่มุ่งศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในระหว่างช่วงระยะเวลาการเพาะเลี้ยงยังคงมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มในช่วงระยะเวลาการเพาะเลี้ยง ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย คุณภาพซาก คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว โดยผลการศึกษานี้ สามารถเป็นแนวทางในการจัดการด้านการเลี้ยงหรือเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลากะพงขาว ได้นำผลจากการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่เลี้ยงจริง เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพเนื้อที่ดียิ่งขึ้น และเพื่อเป็นแนวทางส่งเสริมการผลิตปลากะพงขาวของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาว
2. เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อคุณภาพซาก คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 7 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 30 ppt 180 วัน (30/180) ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 30 ppt 90 วัน และเลี้ยงต่อที่ระดับความเค็ม 15 ppt 90 วัน (30/90-15/90) (ปรับความเค็มลงวันละ 5 ppt) ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 15 ppt 180 วัน (15/180) ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 15 ppt 90 วัน และเลี้ยงต่อที่ระดับความเค็ม 5 ppt 90 วัน (15/90-5/90) (ปรับความเค็มลงวันละ 5 ppt) ชุดการทดลองที่ 5 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 5 ppt 180 วัน (5/180) ชุดการทดลองที่ 6 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 5 ppt

90 วัน และเลี้ยงต่อที่ระดับความเค็ม 0 ppt 90 วัน (5/90-0/90) (ปรับความเค็มลงวันละ 5 ppt) และชุดการทดลองที่ 7 เลี้ยงปลาที่ระดับความเค็ม 0 ppt 180 วัน (0/180) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน

2. การอนุญาตวิจัยในสัตว์

งานวิจัยนี้ได้รับใบอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-02775-2559 และได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ตามเอกสารเลขที่ Ref.AQ116/2022 จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. สัตว์ทดลอง

ลูกพันธุ์ปลากะพงขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 3-4 นิ้วต่อตัว จากโรงเพาะฟักของเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทรา นำมาปรับสภาพในบ่อซีเมนต์ที่เติมน้ำทะเล ระดับความเค็ม 30 ppt เวลา 7 วัน จากนั้นคัดปลาใส่ถังทดลองขนาด 200 ลิตร ที่บรรจุปริมาตรน้ำ 180 ลิตร จำนวนถังละ 20 ตัว เพื่อปรับสภาพความเค็มน้ำที่ 15, 5 และ 0 ppt ตามลำดับ ในระหว่างการปรับสภาพปลาให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนร้อยละ 42 วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 และ 16.00 น. ถ่ายน้ำ ร้อยละ 50 ทุกวัน เวลา 16.30 น. ปรับสภาพปลาเป็นระยะเวลา 14 วัน คัดเลือกปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 19.32 ± 0.73 กรัมต่อตัว ปล่อยในถังทดลองขนาด 200 ลิตร ความหนาแน่นของลูกปลา 1 ตัวต่อน้ำ 10 ลิตร (12 ตัวต่อถัง) จัดระบบให้อากาศอย่างต่อเนื่อง ระหว่างทดลองให้อาหารสำเร็จรูป ที่มีโปรตีนร้อยละ 42 วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 และ 16.00 น. โดยให้กินจนอิ่ม เก็บข้อมูล น้ำหนักอาหารที่ให้ทุกวัน เปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 50 ทุกวัน เวลา 16.30 น. ตลอดระยะเวลาการทดลอง มีการตรวจติดตามคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง และทุก ๆ 30 วัน มีการติดตามการเจริญเติบโตของปลา มีการชั่งน้ำหนักปลารายตัวโดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง และนับจำนวนปลาที่เหลือในแต่ละถังทดลอง นำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio; FCR) และอัตราการรอดตาย (survival rate; SR)

4. การเตรียมอาหารทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลากะพงขาวยี่ห้อโปรฟีด (Thai Union) ชนิดลอยน้ำ (โปรตีนร้อยละ 42) ก่อนใช้เป็นอาหารสำหรับปลาทดลอง นำอาหารเม็ดสำเร็จรูปไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณ ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน ตามวิธีการของ AOAC [15] ค่าที่ได้เท่ากับ ร้อยละ 7.21 7.42 43.22 และ 8.46 (ร้อยละบนฐานน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

5. การวิเคราะห์คุณภาพซาก และคุณค่าทางโภชนาการ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มปลาจำนวน 6 ตัวในทุกชุดการทดลอง ($n = 6$) เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพซาก โดยการนำปลาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการชำแหละ ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียด 2 ตำแหน่ง จากนั้นชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนต่าง ๆ ของปลา บันทึกและคำนวณข้อมูลเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ (Edible flesh) ดังนี้

$$\text{Edible flesh (\%)} = (\text{Flesh weight} / \text{Body weight}) \times 100$$

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มปลาจำนวน 6 ตัวในทุกชุดการทดลอง ($n = 6$) เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อปลา ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน ตามวิธีมาตรฐาน AOAC [15] วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยการนำเนื้อปลาอบให้แห้งสนิทด้วยตู้อบลมร้อน (UF110; Memmert, Schwabach, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยนำเนื้อปลาเผาด้วยเตาเผา (Ney Tech, Vulcan D-550, York, PA, USA)

ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยเครื่องวิเคราะห์ตามวิธี Kjeldahl (Kjeltec™ 8100; Foss, Höganäs, Sweden) และวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยเครื่องสกัดโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย (Soxtec™ 8000; Foss, Suzhou, P.R. China)

6. การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ (ด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลา)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มปลาจำนวน 6 ตัวในทุกชุดการทดลอง ($n = 6$) เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลา โดยเฉพาะเนื้อปลาสวนบริเวณครึ่งบนลำตัว (ไม่รวมเกล็ดและหนัง) ล้างด้วยน้ำสะอาด ตัดเป็นชิ้นขนาด 5-6 กรัม วางในถ้วยพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene PP) ประเภท 5 และทำให้สุกโดยใช้เตาไมโครเวฟ Samsung รุ่น MS20A3010A ที่อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธีวัดระดับความชอบ 9 ระดับ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยคะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ให้ผู้ทดสอบชิมเนื้อปลาทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 1 ชิ้น การทดสอบครั้งนี้ใช้จำนวนผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน โดยผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยไม่กำหนดเพศและอายุของผู้ทดสอบ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD)

7. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ด้วยเครื่องวัด DO meter ยี่ห้อ YSI รุ่น 550A อุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเค็มด้วย Salinity Refractometer รุ่น RHS-28ATC ค่า pH ด้วย test kit ยี่ห้อ AQUA-VBC อ่านค่าโดย Spectro kit ยี่ห้อ Marine Leader (เก็บตัวอย่างน้ำ เวลา 8.00 น. ตรวจติดตามทุกวัน) ค่าแอมโมเนีย และไนโตรเจนด้วย test kit ยี่ห้อ AQUA-VBC อ่านค่าโดย Spectro kit ยี่ห้อ Marine Leader (เก็บตัวอย่างน้ำ เวลา 8.00 น. ตรวจติดตาม 5 วันต่อครั้ง)

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย คุณภาพซาก คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพเนื้อ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว One-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 29.0.1.0; SPSS Inc.; English, USA) ทั้งนี้ แต่ละชุดการทดลองถูกพิจารณาเป็นหน่วยทดลองอิสระในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

9. สถานที่ทำการวิจัยและเก็บข้อมูล

ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล ณ ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กิจการ ศุภมาตย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลากะพงขาว (Table 1) พบว่าระดับความเค็มส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราการเจริญเติบโต

จำเพาะ (SGR) โดยชุดการทดลองที่ 1 (30/180) มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (WG) และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 5 (5/180) (ยกเว้นค่า ADG) และชุดการทดลองที่ 7 (0/180) เท่านั้น และชุดการทดลองที่ 1 (30/180) มีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 7 (0/180) เท่านั้น ทั้งนี้พบว่าระดับความเค็มไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) และอัตราการรอดตาย (SR) (Table 1)

เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงปลากะพงขาวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างการทดลองกับการเลี้ยงที่ระดับความเค็มคงที่ ทั้งในระดับสูงและต่ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลา (Table 1)

2. คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพซาก

ผลของการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพซากของปลากะพงขาว (Table 2) พบว่า ระดับความเค็มไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนบนฐานน้ำหนักสด โปรตีนบนฐานน้ำหนักแห้งของเนื้อปลา และเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกชุดการทดลอง แต่ระดับความเค็มมีผลต่อปริมาณไขมัน (น้ำหนักสด) และปริมาณไขมัน (น้ำหนักแห้ง) ของเนื้อปลา โดยชุดการทดลองที่ 1 (30/180) มีค่าสูงที่สุด แตกต่างจากชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 4 (15/90-5/90)

เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงปลากะพงขาวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างการทดลองกับการเลี้ยงที่ระดับความเค็มคงที่ ทั้งในระดับสูงและต่ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ 2 (30/90-15/90) มีปริมาณไขมันทั้งในฐานน้ำหนักเปียกและฐานน้ำหนักแห้งต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 1 (30/180) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 3 (15/180) (Table 2)

3. คุณภาพเนื้อ

ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลากะพงขาว (Table 3) พบว่าระดับความเค็มส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น และกลิ่นรส โดยคะแนนความชอบด้านกลิ่นในชุดการทดลองที่ 3 (15/180) มีค่ามากที่สุด แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4 (15/90-5/90) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 3) และคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ในชุดการทดลองที่ 3 (15/180) มีค่ามากที่สุด แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4 (15/90-5/90) ชุดการทดลองที่ 6 (5/90-0/90) และ ชุดการทดลองที่ 7 (0/180) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ 1 (30/180), 2 (30/90-15/90) และ 5 (5/180) ทั้งนี้พบว่าระดับความเค็มไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกชุดการทดลอง (Table 3)

เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงปลากะพงขาวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มระหว่างการทดลองกับการเลี้ยงที่ระดับความเค็มคงที่ ทั้งในระดับสูงและต่ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ 4 (15/90-5/90) ได้คะแนนในด้านกลิ่นต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 3 (15/180) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คะแนนในด้านกลิ่นรส พบว่าชุดการทดลองที่ 4 (15/90-5/90) ได้คะแนนต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 3 (15/180) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 5 (5/180) ทั้งนี้พบว่าชุดการทดลองที่ 6 (5/90-0/90) ได้คะแนนด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 5 (5/180) และ 7 (0/180) แต่คะแนนในด้านกลิ่นรสพบว่า ชุดการทดลองที่ 6 (5/90-0/90) ได้คะแนนในด้านกลิ่นต่ำกว่า ชุดการทดลองที่ 5 (5/180) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 7 (0/180) (Table 3)

4. คุณภาพน้ำ

ผลของคุณภาพน้ำในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีค่าอยู่ในช่วง 4.98 ± 0.03 ถึง 5.70 ± 0.01 mg/L อุณหภูมิ มีค่าอยู่ในช่วง 26.14 ± 0.02 ถึง 26.50 ± 0.01 °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 7.34 ± 0.01 ถึง 7.64 ± 0.01 แอมโมเนีย มีค่าอยู่ในช่วง 0.012 ± 0.001 ถึง 0.018 ± 0.001 mg/L และไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 2.89 ± 0.16 ถึง 3.31 ± 0.06 mg/L

Table 1 Growth performance and survival rate of Asian seabass from treatment 1-7

Parameters	T1 (30/180)	T2 (30/90-15/90)	T3 (15/180)	T4 (15/90-5/90)	T5 (5/180)	T6 (5/90-0/90)	T7 (0/180)
Initial body weight (g)	19.21±1.22	19.38±1.37	18.97±0.46	19.34±0.56	19.42±0.64	18.97±0.25	19.96±0.10
Final body weight (g)	280.88±35.61 ^a	253.12±28.00 ^{ab}	233.23±19.65 ^{ab}	262.90±38.80 ^{ab}	222.93±38.17 ^{ab}	225.62±28.33 ^{ab}	207.50±11.94 ^{ab}
WG (%)	1359.29±126.26 ^a	1203.97±57.61 ^{ab}	1130.16±105.14 ^{ab}	1263.96±241.97 ^{ab}	1052.34±232.61 ^{ab}	1090.49±165.94 ^{ab}	939.66±59.51 ^a
ADG (g/day)	1.45±0.19 ^a	1.20±0.21 ^{ab}	1.19±0.11 ^{ab}	1.35±0.22 ^{ab}	1.13±0.21 ^{ab}	1.15±0.16 ^{ab}	1.04±0.07 ^{ab}
SGR (%/day)	1.49±0.05 ^a	1.43±0.02 ^{ab}	1.39±0.05 ^{ab}	1.45±0.10 ^{ab}	1.35±0.10 ^{ab}	1.37±0.08 ^{ab}	1.30±0.03 ^a
FCR	1.13±0.19	1.14±0.07	1.35±0.33	1.33±0.11	1.32±0.33	1.34±0.13	1.42±0.06
SR (%)	72.22±4.81	77.78±4.81	66.67±16.67	63.89±12.73	80.55±20.97	69.45±4.81	66.67±0.00

Note: Mean ± SD (n = 3). Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p < 0.05).

Treatment abbreviation:

T1(30/180): Fish reared at a salinity of 30 ppt for 180 days

T2 (30/90-15/90): Fish reared at a salinity of 30 ppt for 90 days, followed by 15 ppt for 90 days

T3 (15/180): Fish reared at a salinity of 15 ppt for 180 days

T4(15/90-5/90): Fish reared at a salinity of 15 ppt for 90 days, followed by 5 ppt for 90 days

T5 (5/180): Fish reared at a salinity of 5 ppt for 180 days

T6 (5/90-0/90): Fish reared at a salinity of 5 ppt for 90 days, followed by 0 ppt for 90 days

T7(0/180): Fish reared at a salinity of 0 ppt for 180 days

Table 2 Nutritional value and carcass quality of Asian seabass from treatment 1-7

Parameters (%)	T1 (30/180)	T2 (30/90-15/90)	T3 (15/180)	T4 (15/90-5/90)	T5 (5/180)	T6 (5/90-0/90)	T7 (0/180)
Moisture	76.46±1.68	76.46±1.38	76.14±0.94	76.25±1.05	76.16±1.20	76.64±0.55	76.71±0.47
Ash (wet weight basis)	0.28±0.02	0.27±0.02	0.28±0.02	0.26±0.02	0.26±0.01	0.27±0.01	0.28±0.02
Ash (dry weight basis)	1.18±0.10	1.14±0.05	1.17±0.08	1.11±0.06	1.11±0.04	1.16±0.07	1.20±0.08
fat (wet weight basis)	3.27±0.62 ^a	2.27±0.38 ^b	1.96±0.45 ^b	2.41±0.47 ^{ab}	2.18±0.30 ^b	1.87±0.51 ^b	1.80±0.24 ^b
fat (dry weight basis)	13.38±1.81 ^a	9.70±1.80 ^b	8.15±1.64 ^b	10.11±1.54 ^{ab}	9.14±1.06 ^b	7.99±2.08 ^b	7.74±1.13 ^b
protein (wet weight basis)	18.84±0.56	19.36±1.43	19.79±0.67	19.23±0.51	19.66±1.11	19.42±0.50	19.19±0.59
protein (dry weight basis)	81.82±3.14	82.17±1.82	82.97±1.53	81.02±1.82	82.45±0.61	83.14±1.69	82.40±1.42
Edible flesh	34.30±2.04	34.57±2.19	34.84±3.12	33.42±3.55	34.60±1.04	34.43±3.41	32.74±3.03

Note: Mean ± SD (n = 6). Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p < 0.05).

Table 3 Meat quality of Asian seabass from treatment 1-7

Parameters (point)	T1 (30/180)	T2 (30/90-15/90)	T3 (15/180)	T4 (15/90-5/90)	T5 (5/180)	T6 (5/90-0/90)	T7 (0/180)
Appearance	7.07±1.31	6.77±1.41	7.23±1.31	6.67±1.20	7.17±1.53	7.13±1.33	7.10±1.21
Odor	7.03±1.27 ^a	7.27±1.23 ^a	7.30±1.32 ^a	5.83±1.80 ^b	7.10±1.58 ^a	6.50±1.59 ^{ab}	6.43±1.98 ^{ab}
Flavor	6.97±1.10 ^{ab}	6.77±1.52 ^{abc}	7.23±1.04 ^a	6.13±1.83 ^{bc}	6.83±1.64 ^{ab}	5.90±1.90 ^c	6.23±1.98 ^{bc}
Texture	7.10±1.13	7.03±1.13	6.90±1.47	6.40±1.45	7.20±1.45	6.40±1.79	6.40±1.69
Overall	7.07±1.17	7.07±1.11	7.00±1.15	6.40±1.40	6.97±1.50	6.50±1.64	6.63±1.40

Note: Mean ± SD (n = 30). Different superscript letters within the same row indicate significant differences (p<0.05).

การเจริญเติบโตและสุขภาพของปลาเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเค็มของน้ำเลี้ยง ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระดับความเค็มที่แตกต่างกันต่อการเลี้ยงปลากะพงขาว (*L. calcarifer*) เพื่อทำความเข้าใจการตอบสนองทางสรีรวิทยาและปรับปรุงแนวทางการเลี้ยงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปปลากะพงขาวสามารถรักษาสมดุลภายในร่างกาย (osmoregulation) ได้แม้ในสภาวะความเค็มที่เปลี่ยนแปลง ผลการศึกษาพบว่า การรักษาระดับความเค็มที่ 30 ppt ส่งผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงขาวเมื่อเปรียบเทียบกับ การเลี้ยงในน้ำจืด ขณะที่การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มระหว่างการเลี้ยงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย

เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ใช้ระดับความเค็มคงที่ พบว่า ปลากะพงขาวที่เลี้ยงที่ 30 ppt ตลอดระยะเวลา 180 วัน มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ขณะที่การเลี้ยงในน้ำจืด (0 ppt) ให้ผลการเจริญเติบโตต่ำที่สุด สะท้อนว่าระดับความเค็มสูงใกล้เคียงสภาวะธรรมชาติของปลากะพงขาวเอื้อต่อการใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นแนวโน้มว่าระดับความเค็มตั้งแต่ 15–30 ppt เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ขณะที่การเลี้ยงในน้ำจืดส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง สะท้อนว่าปลาต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการรักษาสมดุลเกลือแร่ ส่งผลให้พลังงานที่เหลือสำหรับการเจริญเติบโตลดลง

เมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่มีการลดระดับความเค็มระหว่างการเลี้ยง พบว่า การลดความเค็มแบบลำดับขั้นยังคงรักษาสัมรรถนะการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับการเลี้ยงที่ความเค็มสูงตลอดการทดลอง แม้ว่างานวิจัยนี้ไม่ได้ประเมินต้นทุนการผลิตโดยตรง แต่ผลการศึกษาพบว่า การลดระดับความเค็มแบบลำดับขั้น เช่น 30/90–15/90 และ 15/90–5/90 ยังคงให้ผลการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการเลี้ยงที่ 30 ppt ตลอดระยะเวลาการทดลอง จึงมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านความเค็มหรือมีต้นทุนการจัดหาน้ำทะเลสูง

ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของ Hassan et al. [14] ที่แนะนำระดับความเค็ม 25 และ 36 ppt สำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว โดยไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร เมื่อเทียบกับระดับความเค็มที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ Sari et al. [16] รายงานว่าความเค็มในช่วง 28–32 ppt สามารถเพิ่มน้ำหนักตัวได้ถึง 0.5 กรัมต่อวัน ทั้งนี้ Yusof et al. [17] รายงานว่า ปลากะพงขาวสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำกร่อยที่ความเค็มประมาณ 15 ppt ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างด้านความทนทานต่อความเค็มระหว่างสายพันธุ์ ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมและการวิเคราะห์พันธุกรรมจึงมีความสำคัญต่อการจัดการการเลี้ยง

ทั้งนี้ความสามารถในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ (osmoregulation) เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ปลาที่ทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง (euryhaline fish) สามารถปรับตัวได้ ปลากะพงขาวตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มผ่านกลไกที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมน เอนไซม์ และตัวขนส่งไอออน [9] โดยในสภาวะที่ความเข้มข้นของไอออนระหว่างน้ำและเลือดใกล้เคียงกัน (isosmotic) ปลาจะใช้พลังงานในการปรับสมดุลของร่างกายน้อยลง ส่งผลให้พลังงานส่วนที่เหลือสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น [18, 19, 20]

ในการศึกษานี้ การที่ปลาใช้อัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเลี้ยงในน้ำจืด อาจเกิดจากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นที่จำเป็นสำหรับการควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในตัวให้คงที่ เมื่อพลังงานที่จำเป็นสำหรับการใช้ในการหายใจและการควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ลดลง พลังงานเมตาบอลิซึมส่วนเกินจากการเผาผลาญ พลังงานส่วนเกินจะถูกนำมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการพัฒนา [21, 22]. ซึ่งสอดคล้องกับ Saghafiankho et al. [12] ที่พบว่า การเลี้ยงที่ความเค็ม 35 ppt ทำให้การแสดงออกของยีน Na^+/K^+ -ATPase และ NKCC ในเหงือกต่ำที่สุด ส่งผลให้ปลาใช้พลังงานในการควบคุมสมดุลเกลือแร่ลดลง

นอกจากนี้ Li et al. [23] รายงานว่าความเค็มต่ำก่อให้เกิดความเครียดทางสรีรวิทยา เช่น oxidative stress และ endoplasmic reticulum stress ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไอออน ยังมีผลต่อประสิทธิภาพการกินอาหารและการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหาร โดยเฉพาะในสภาวะความเค็มต่ำ กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (pepsin-like enzymes) จะลดลง ในทางตรงกันข้าม สภาวะความเค็มสูงช่วยส่งเสริมกระบวนการดูดซึมสารอาหาร เนื่องจากการดูดซึมกลูโคสและกรดอะมิโนขึ้นอยู่กับการทำงานของ Na^+/K^+ -ATPase [24, 25]

ในด้านองค์ประกอบซาก พบว่าระดับความเค็มไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 32.74–34.84 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ พิเชต และคณะ [26] ที่รายงานว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลาทะเลชนิดลอยน้ำ (ขนาดปลาไม่ต่ำกว่า 500 กรัม/ตัว) มีค่าเท่ากับร้อยละ 40.18 ± 1.06 พบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อที่กินได้ จากผลจากการศึกษามีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของขนาดตัวปลา โดยปลาที่ใช้ในการศึกษาค้างครั้งนี้มีน้ำหนักเฉลี่ย 311.37 กรัม (มีขนาดเล็กกว่า) ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของโกมุตและคณะ [27] ที่ศึกษาคุณภาพซากของปลา Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) น้ำหนัก 3, 4 และ 5 กิโลกรัม และพบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักตัวปลา ทั้งนี้ความเค็มมีผลต่อองค์ประกอบทางโภชนาการของกล้ามเนื้อปลารวมถึงคุณภาพเนื้อ เช่น ความแน่น กลิ่น และรสชาติ [28, 29] ผลการศึกษานี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า และโปรตีนในเนื้อปลา ซึ่งสอดคล้องกับ Xu et al. [30] ที่รายงานว่าปลานิลที่เลี้ยงในความเค็มที่ต่างกัน มีค่าของปริมาณความชื้น เถ้า และโปรตีน ในตัวปลาไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันในเนื้อปลาที่เลี้ยงที่ความเค็ม 30 ppt มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่าในช่วงความเค็ม 25–30 ppt ความดันออสโมติกของน้ำใกล้เคียงกับของเหลวในร่างกายปลา ทำให้การใช้พลังงานในการรักษาสมดุลลดลง ส่งผลให้มีการสะสมไขมันมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเลี้ยงในน้ำจืดพบว่าปริมาณไขมันลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานผ่านกระบวนการ β -oxidation เพื่อรองรับความเครียดจากการออสโมเรกูเลชัน [31, 32].

ผลการศึกษาคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว พบว่าระดับความเค็มส่งผลต่อกลิ่นและกลิ่นรส โดยการเลี้ยงปลากะพงขาวที่ระดับความเค็ม 15 ppt 180 วัน มีค่ามากที่สุด ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการรายงานของ พรพิมล และคณะ [33] ได้กล่าวว่าสัตว์น้ำจืด หรือสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงในสภาวะความเค็มต่ำ ประสบกับปัญหาการสะสมของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavor) โดยเฉพาะกลิ่นโคลน/ดิน (musty/earthy off-flavor) ซึ่งเกิดจากสารสองชนิด ได้แก่ Geosmin และ 2-methylisoborneol (MIB) ที่สร้างโดยแบคทีเรียบางสายพันธุ์ เช่น *Streptomyces* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Oscillatoria* sp., *Anabaena* sp., *Lyngbya* sp., *Aphanizomenon* sp., *Symploca* sp. และ *Phormidium* sp.

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง พบว่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำหลัก เช่น ออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ pH และแอมโมเนีย อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากะพงขาว อย่างไรก็ตาม ระดับไนโตรที่สูงกว่าค่าที่แนะนำ (<0.3 mg/L) แม้ว่าปลายังคงสามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ ซึ่งอาจเป็นผลจากการถ่ายน้ำเป็นประจำที่ช่วยลดผลกระทบของไนโตรที่

ผลการศึกษายืนยันความสามารถของปลากะพงขาวในการดำรงชีวิตในสภาพน้ำจืดตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 180 วัน อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15–30 ppt จึงอาจเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านแหล่งน้ำเค็มหรือพื้นที่เพาะเลี้ยงในแผ่นดิน แต่ผู้เพาะเลี้ยงควรคำนึงถึงผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตด้วย

จากผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การเลือกความเค็มในการเลี้ยงอาจขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การผลิต หากมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตและการเจริญเติบโต การเลี้ยงที่ 30 ppt อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ขณะที่หากมุ่งเน้นคุณภาพการบริโภคและความพึงพอใจของผู้บริโภค การเลี้ยงที่ 15 ppt อาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมากกว่า ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าปลากะพงขาวที่เลี้ยงในระดับความเค็ม 15 ppt มีคะแนนด้านกลิ่นและกลิ่นรสสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่น้ำกร่อยในเขตทะเลสาบสงขลาที่มีความแปรผันของความเค็มตามฤดูกาล ข้อมูลดังกล่าวอาจช่วยสนับสนุนการอธิบายลักษณะเฉพาะด้าน

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลากะพงขาวทะเลสาบสงขลา และเป็นข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการผลิตภายใต้แนวคิดสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ในอนาคต

จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจทำให้ระดับความเค็มของแหล่งน้ำเพาะเลี้ยงเกิดความผันผวนมากขึ้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปลากะพงขาวมีศักยภาพในการปรับตัวต่อสภาพความเค็มที่แตกต่างกันได้ในช่วงกว้าง โดยยังคงรักษาอัตราการรอดตายไว้ได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการฟาร์มและการเลือกพื้นที่เพาะเลี้ยงในอนาคต แม้ว่าการวิจัยนี้ไม่ได้ประเมินต้นทุนการผลิตโดยตรง แต่ผลการศึกษาพบว่าการลดระดับความเค็มแบบลำดับขั้นยังคงให้ผลการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับการเลี้ยงที่ความเค็ม 30 ppt ตลอดระยะเวลาการทดลอง จึงอาจเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการน้ำเลี้ยงและลดข้อจำกัดด้านการใช้น้ำเค็มในบางพื้นที่ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์การผลิตเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าระดับความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการบางส่วน และคุณภาพเนื้อบางประการ (คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อ) ของปลากะพงขาว โดยการเลี้ยงที่ความเค็ม 30 ppt ตลอด 180 วัน ให้ผลการเจริญเติบโตและการสะสมไขมันสูงสุด ขณะที่การเลี้ยงที่ 15 ppt ตลอด 180 วัน ให้คะแนนด้านกลิ่นและกลิ่นรสสูงที่สุด นอกจากนี้ การลดระดับความเค็มแบบลำดับขั้นยังคงรักษาสมรรถนะการเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงกับการเลี้ยงที่ความเค็มสูงตลอดการทดลอง

ในเชิงการประยุกต์ใช้ หากมุ่งเน้นการเจริญเติบโต ควรเลือกความเค็มประมาณ 30 ppt หากมุ่งเน้นคุณภาพเนื้อและคุณภาพพึงพอใจของผู้บริโภค ควรเลือกความเค็มประมาณ 15 ppt ส่วนการเลี้ยงในช่วง 15–30 ppt อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการการเลี้ยงปลากะพงขาวทั้งในบ่อดินและกระชัง โดยสำหรับการเลี้ยงในกระชัง ควรพิจารณาเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่ความเค็มของน้ำอยู่ที่ 15 ppt ขึ้นไป เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตที่เหมาะสม

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- 1) การศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว เช่น ระยะเวลาในการเลี้ยง การจัดการอาหาร เป็นต้น
- 2) การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาวจากแหล่งเลี้ยงที่แตกต่างกัน ทั้งรูปแบบการเลี้ยง (กระชัง บ่อดิน) และพื้นที่เลี้ยง (ภูมิภาคที่ต่างกัน)
- 3) นำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในระบบการเลี้ยงแบบปิด
- 4) ควรมีการทดลองในบ่อดินหรือกระชังเชิงพาณิชย์ และวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของการจัดการความเค็ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์โดยสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และทุนอุดหนุนการทำวิจัยจากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนร่วมและให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Rimmer, MA. Cultured aquatic species fact sheets: *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) [Centropomidae] [internet]. 2026. [1 April 2026].
https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/en/en_barramundi.htm
2. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. การเพาะเลี้ยงปลาทะเล. กรมประมง ; 2562. น.12.
https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20190613095037_1_file.pdf
3. กนกกร ยางป้อม. สถานการณ์สินค้าปลากะพงขาวและผลิตภัณฑ์ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2568. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2568; 1.
<https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/kapong/sea%20bass%20Q3-2025.pdf>
4. ฐิติมา เอียดแก้ว. สถานการณ์สินค้าปลากะพงขาวและผลิตภัณฑ์ในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2564. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2564. น.8.
<https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/kapong/%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B8%9E%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7%204%2064.pdf>
5. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสมุทรปราการ. ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์รายสินค้าของจังหวัดสมุทรปราการ ประจำปีงบประมาณ 2565: ปลากะพงขาว. 2565. เอกสารเลขที่ 3/2565. น.3.
<https://www.opsmoac.go.th/samutprakan-dwl-files-441691791949>
6. สุรเดช สดคมขำ. ชาวเกาะยอ สงขลา เลี้ยงปลากะพงในกระชัง [internet]. เทคโนโลยีชาวบ้าน. 2565 [18 ธันวาคม 2565]. https://www.khaosod.co.th/technologychaoban/featured/article_32372
7. ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมสัตว์น้ำชายฝั่ง. รายงานคุณภาพน้ำ ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา [internet]. 2565 [1 เมษายน 2565]. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog2/1434/160333/3322
8. ฐานเศรษฐกิจดิจิทัล. จ่อขึ้นทะเบียนสินค้า GI "ปลากะพงสามน้ำเลสาบสงขลา" [internet]. 2565 [10 มิถุนายน 2565]. <https://www.thansettakij.com/economy/516274>
9. Zhang X, Shen Z, Qi T, Xi R, Liang X, Li L, Tang R, L Dapeng. Slight increases in salinity improve muscle quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). Fishes. 2021; 6(1): 7.
<https://doi.org/10.3390/fishes6010007>
10. Zhou Z, Hu F, Li W, Yang X, Hallerman E, Huang Z. Effects of salinity on growth, hematological parameters, gill microstructure and transcriptome of fat greenling *Hexagrammos otakii*. Aquaculture. 2021; 531: 735945. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735945>
11. Du X, Zhang W, He J, Zhao M, Wang J, Dong X, F, Yuanyuan, X, Xudong, M, Shuyan. The impact of rearing salinity on flesh texture, taste, and fatty acid composition in largemouth bass *Micropterus salmoides*. Foods. 2022; 11: 3261. <https://doi.org/10.3390/foods11203261>

12. Saghafiankho S, Salati AP, Morshedi V, Ghasemi A, Bahabadi MN. Effects of different levels of salinity on NKA and NKCC expression in Asian sea bass (*Lates calcarifer*). Turk J Fish Aquat Sci. 2021; 21(1): 1-7. <https://www.trjfas.org/abstract.php?id=14803>
13. Wijayanto D, Bambang AN, Nugroho RA, Kurohman F, Nursanto DB. Effect of salinity on growth and benefit-cost ratio of Asian seabass reared in artificial media. AACL Bioflux. 2021; 14(5): 3000-3005. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20220052978>
14. Hassan HU, Ali QM, Ahmed AE, Gabol K, Swelum AA, Masood Z, S. Mushtaq, Saeed, Y. Gul, S. Rizwan, T. Zulfiqar, M. A. M. Siddique. Growth performance and survivability of the Asian seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) reared under hyper-saline, hypo-saline and freshwater environments in a closed aquaculture system. Braz J Biol. 2022; 84: e254161. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.254161>
15. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists; 1990. 194 p. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1929875>
16. Sari LD, Fadjar M, Widodo MS, Lutfiatunnisa, Valen FS. Growth analysis of Asian seabass (*Lates calcarifer* Bloch 1790) based on morphometrics in BPBAP Situbondo, East Java. AACL Bioflux. 2020; 13: 2445-2451. <https://bioflux.com.ro/docs/2020.2445-2451.pdf>
17. Yusof MN, Mohd Faudzi N, Jasni NA, Nillian E, Senoo S, Ching FF. Comparisons on growth performance, survivability, organoleptic qualities and economic feasibility of Asian seabass (*Lates calcarifer*) reared in different salinities. Malays Appl Biol. 2024; 53: 127-136. <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v53i1.2723>
18. Marais JFK. Routine oxygen consumption of Mugil cephalus, *Liza dumerili* and *L. richardsoni* at different temperatures and salinities. Mar Biol. 1978; 50: 9-16. <https://doi.org/10.1007/BF00390537>
19. Evans DH. 8 The Roles of Gill Permeability and Transport Mechanisms in Euryhalinity. Fish Physiol. 1984; 10: 239-283. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60187-9](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60187-9)
20. Moser ML, Miller JM. Effects of salinity fluctuation on routine metabolism of juvenile spot, *Leiostomus xanthurus*. J Fish Biol. 1994; 45: 335-340. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01312.x>
21. Tseng YC, Hwang PP. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol. 2008; 148: 419-429. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009>
22. Hersi, M.A., Genc, E., Pipilos, A. Keskin, E. 2023. Effects of dietary synbiotics and biofloc meal on the growth, tissue histomorphology, whole-body composition and intestinal microbiota profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured at different salinities. Aquaculture 570: 739391. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739391>

23. Li, X., Shen, Y., Bao Y., et al. 2022. Physiological responses and adaptive strategies to acute low-salinity environmental stress of the euryhaline marine fish black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*). *Aquaculture* 554: 738117. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738117>
24. Harpaz S, Hakim Y, Slosman T, Eroldogan OT. Effects of adding salt to the diet of Asian sea bass *Lates calcarifer* reared in fresh or salt water recirculating tanks, on growth and brush border enzyme activity. *Aquaculture*. 2005; 248: 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.007>
25. Vargas-Chacoff L, Saavedra E, Oyarzún R, Martínez-Montañón E, P Pontigo J, Yáñez A, Ruiz-Jarabo I, M Mancera J, Ortiz E, Bertrán C. Effects on the metabolism, growth, digestive capacity and osmoregulation of juvenile Sub-Antarctic notothenioid fish *Eleginops maclovinus* acclimated to different salinities. *Fish Physiol Biochem*. 2015; 41(6): 1369-1381. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-015-0092-3>
26. พิเชต พลายเพชร, อิศราภรณ์ จิตรหลัง, มณฑกานติ ท้ามตัน, สิริพร ลือชัยชัยกุล, จีรัตน์ เกื้อแก้ว, เพ็ญศรี เมืองยาว, นงลักษณ์ สำราญราษฎร์, สุพิศ ทองรอด. การเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป. ใน: การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาประมง; 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551; กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551. หน้า 156-166. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170301001543_file.pdf
27. โกมุท อุ่นศรีสง, สันชัย จตุรสีธา, ประสาน พรโสภณ, อมรินทร์ เดชาวุฒิ. คุณภาพซากและเนื้อของปลาสเตอร์เจียนที่ผลิตโดยมูลนิธิโครงการหลวง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2554. รายงานการวิจัยเลขที่ 3055-3907. น. 46. https://archive.lib.cmu.ac.th/full/rpf/2556/rpf56_092_full.pdf
28. Gan L, Xu ZX, Ma JJ, Xu C, Wang XD, Chen K, Q. Chen L, C. Li E. Effects of salinity on growth, body composition, muscle fatty acid composition, and antioxidant status of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *J Appl Ichthyol*. 2016; 32: 372-374. <https://doi.org/10.1111/jai.12997>
29. Kumari S, Harikrishna V, Surasani VKR, Balange AK, Rani AB. Growth, biochemical indices and carcass quality of red tilapia reared in zero water discharge based biofloc system in various salinities using inland saline ground water. *Aquaculture*. 2021; 540: 736730. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736730>
30. Xu H, Ren M, Liang H, Ge X, Ji K, Huang D, Yu Heng, Longhua Wu. Interactive effects of water salinity and dietary methionine levels on growth performance, whole-body composition, plasma parameters, and expression of major nutrient metabolism genes in juvenile genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2022; 546: 737381. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737381>

31. Henderson RJ. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Arch Anim Nutr.* 1996; 49(1): 5-22.
<https://doi.org/10.1080/17450399609381859>
32. Jarvis PL, Ballantyne JS. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum*. *Aquaculture.* 2003(1-4); 219: 891-909.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00063-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00063-2)
33. พรพิมล พิมลรัตน์, นิวุฒิ หวังชัย, ชนกกันต์ จิตมนัส, หลุยส์ เลอเบล. กลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ: ผลกระทบ สาเหตุ และการแก้ไขปัญหา (Musty/earthy off-flavor in aquatic animals: impact, causes, and solutions). *วารสารวิจัย มข.* 2557; 19(6): 927-938. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/36fc7470-3719-4ee5-a0df-cd3648bca385/content>