

ผลของวิตามินซีต่อการเติบโต การรอดชีวิตและความทนต่อความเค็มต่ำของลูกหอยหวานระยะลงเกาะ

Effects of Vitamin C on Growth, Survival and Low salinity tolerance of Settled stage Spotted

Babylon Babylonia areolata

อรนุช พฤษศรี (Oranoot Prougsasri) * ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรวิตรกุล (Dr.Somkiat Piyatitivorakul) **

ดร.นิลนาถ ชัยธนาวิสุทธิ (Dr.Nilnaj Chaithanavisut) ***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของวิตามินซีที่ผสมในอาหารเลี้ยงหอยหวาน *Babylonia areolata* ระยะลงเกาะ เพื่อให้ลูกหอยมีการเติบโต การรอดชีวิตและความทนต่อความเค็มต่ำได้สูงสุด โดยเลี้ยงลูกหอยระยะลงเกาะขนาดความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 0.37 ± 0.01 เซนติเมตร ในบ่อทดลองขนาด $10 \times 20 \times 30$ เซนติเมตร ระบบน้ำไหลผ่านตลอด อาหารที่ใช้ประกอบด้วยอาหารธรรมชาติ (เนื้อมะพร้าวแห้ง) และอาหารผสมแบบกึ่งเปียก โดยอาหารแต่ละประเภทเสริมด้วยวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) ต่างกัน 5 ระดับ 0, 100, 200, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่า ระดับวิตามินซีในอาหารมีผลต่อการเติบโตของหอยหวาน โดยหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเติบโตโดยความยาวเปลือกและน้ำหนักสูงกว่าอาหารทดลองสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมีการเติบโตสูงกว่าลูกหอยที่เลี้ยงด้วยเนื้อมะพร้าวที่ทุกระดับการเสริมวิตามินซี เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าระดับวิตามินซีในอาหาร ไม่มีผลต่อการรอดชีวิตของหอยหวาน ส่วนความทนต่อความเค็มต่ำ (20 พีพีที) ของลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสริมวิตามินซี พบว่าที่ระดับวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทนต่อความเค็มต่ำได้สูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับทุกระดับอาหารผสมเสริมวิตามินซี แต่มีค่าสูงกว่าอาหารธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ทุกระดับการเสริมวิตามินซี

ABSTRACT

An experiment was performed to determine the effect of vitamin C on the growth, survival and low salinity tolerance of the settled juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata*, under flow-through seawater system. Juveniles (0.37 ± 0.01 cm) were fed to apparent satiation by two types of foods (natural food and artificial diet), supplemented with vitamin C (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) at concentration of 0, 100, 200, 500 and 1000 mg / 1 kg diet. The results showed that growth in shell length and weight of juveniles fed by artificial diet supplemented with 200 mg vitamin C / 1 kg diet was significantly higher than those fed by other formulas ($P < 0.05$) and growth of juvenile fed by the artificial diet was significantly higher than those fed by the natural diet at all vitamin C supplementations. No significantly difference in survival rate was found among all feeding treatments ($P > 0.05$). At the end of the experiment (12 weeks), low salinity stress test (20 ppt) indicated that juveniles fed by artificial diet supplemented with 100 mg vitamin C / 1 kg diet gave the highest survival but not significant ($P > 0.05$) to other levels of vitamin C supplemented diets. Survival of juvenile fed by the artificial diet was significantly ($P < 0.05$) higher than those fed by the natural diet at all vitamin C levels.

คำสำคัญ : หอยหวาน วิตามินซี

Key Words : *Babylonia areolata* ascorbyl-2-polyphosphate growth and survival low salinity tolerance

*มหาวิทยาลัย หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ และ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** หน่วยปฏิบัติการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำฟาร์มเพาะและเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

หอยหวาน เป็นหอยทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงของประเทศไทยและหลายประเทศในภูมิภาคเอเชีย เช่น ประเทศจีน ฮองกง ไต้หวัน และญี่ปุ่น เป็นต้น ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการทำประมงหอยหวานจากธรรมชาติในปริมาณมากและทำให้ปริมาณหอยหวานในธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันนักวิชาการจึงมุ่งให้ความสำคัญในการเพาะเลี้ยงหอยหวาน เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาอาชีพเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดใหม่แก่เกษตรกร และเป็นการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรประมง (หอยหวานธรรมชาติ) ด้วยวิธีการปล่อยเสริมพันธุ์ (sea ranching) ทำให้การเพาะเลี้ยงประสบความสำเร็จในระดับหนึ่ง แต่พบว่าการเพาะฟักหอยหวานมีผลผลิตลูกพันธุ์ต่ำ กำลังการผลิตแต่ละรอบการผลิตไม่แน่นอน และไม่เพียงพอต่อความต้องการของฟาร์มเลี้ยง เนื่องจากลูกหอยหวานทั้งระยะวัยอ่อน (veliger larvae) และลูกหอยระยะลงเกาะ (settlement) มีการตายสูง ไม่เติบโตเร็วเท่าที่ควร และใช้ระยะเวลาในการอนุบาลนาน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลูกพันธุ์หอยหวานมีราคาแพง ลูกหอยระยะลงเกาะดำรงชีพแบบคืบคลานบนพื้น (benthic juveniles) และกินเนื้อสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร (scavenger) ซึ่งการอนุบาลลูกหอยระยะลงเกาะใช้ระยะเวลา 75 – 90 วัน จะได้ลูกพันธุ์หอยหวานขนาดความยาวเปลือก 1 เซนติเมตร สำหรับการจำหน่ายแก่ฟาร์มเลี้ยงหอยหวานขนาดตลาด ด้วยเหตุนี้การพัฒนาเทคนิคการอนุบาลลูกหอยระยะนี้จะต้องสามารถเติบโตเร็วขึ้น ลดการตาย ระยะเวลาการอนุบาลให้สั้นลง จะช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยอาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตและการรอดชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรใช้เนื้อมีดขี้ปลาหรืออาหารที่เมื่อยขนาดเต็มวัยเป็นอาหารของลูกหอยระยะลงเกาะ ดังนั้นการพัฒนาอาหารสำเร็จรูปหรืออาหารธรรมชาติด้วยการเสริมสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญซึ่งมีความจำเป็นต่อการเติบโตของลูกหอยระยะนี้ จะสามารถแก้ไขปัญหาเรื่อง

ระยะเวลาในการเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของลูกหอยหวานให้แก่เกษตรกรได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอาหารธรรมชาติ (เนื้อมีดปลา) เสริมด้วยวิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP) และอาหารผสมเสริมด้วยวิตามินซี ต่อการเติบโต การรอดชีวิตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกหอยหวานระยะลงเกาะ
2. เพื่อศึกษาการทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของลูกหอยหวาน หลังจากได้รับอาหารที่เสริมด้วยวิตามินซี ที่ระยะเวลาต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบเลี้ยงและหน่วยทดลอง

สถานที่วิจัยตั้งอยู่ที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำฟาร์มเพาะและเลี้ยงหอยหวานเชิงพาณิชย์แบบครบวงจร ตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง ใช้หอยหวานธรรมชาติ โดยการสูบน้ำทะเลมาพักไว้ในบ่อเก็บน้ำทะเลเพื่อให้ตกตะกอน 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมคลอรีน 70 ส่วนในล้านส่วน ให้อากาศอย่างแรงทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน กรองด้วยถุงกรองละเอียด ตรวจปริมาณคลอรีนที่เหลืออยู่ โดยควบคุมน้ำทะเลให้มีความเค็ม 30 ± 2 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิห้อง $28 - 29$ องศาเซลเซียส ตลอดการทดลอง ใช้บ่อทดลองขนาด $10 \times 20 \times 30$ เซนติเมตรโดยพื้นของอ่างทดลองปูด้วยทรายละเอียด หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ใช้ระบบน้ำไหลผ่านตลอด (flow-through system) ที่อัตราการไหลคงที่ประมาณ 18 ลิตรต่อวัน ให้อากาศตลอดเวลา ทำความสะอาดหน่วยทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลที่ใช้ทุก 2 สัปดาห์ โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้คือ ไนโตรเจน แอมโมเนีย อัลคาไลน์นิตรี ค่าความเป็นกรด - ด่าง ความเค็ม อุณหภูมิ และค่าการละลายออกซิเจน

อาหารทดลองและสัตว์ทดลอง

อาหารที่ใช้ประกอบด้วย อาหารธรรมชาติ (เนื้อปลาข้างเหลือง) และอาหารผสมแบบกึ่งเปียก โดยอาหารแต่ละประเภทจะเสริมด้วยวิตามินซีต่างกัน 5 ระดับ (0, 100, 200, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) โดยเนื้อปลาค้นเป็นชิ้นเล็ก ผสมวิตามินซีตามสัดส่วนเป็นอาหาร 5 สูตร (ตารางที่ 1) เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง ทำการเตรียมเนื้อปลาผสมวิตามินซีทุกสัปดาห์ อาหารผสมมีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตอาหาร ได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน ใช้แป้งสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต และน้ำมันปลาทูน่าเป็นแหล่งไขมัน เติมน้ำมันรวม และแร่ธาตุรวมอย่างละ 2 เปอร์เซ็นต์ และใช้เซลลูโลส (cellulose) เป็นตัวเชื่อม (fiber) โดยมีวีทกลูเตน (wheat gluten) เป็นสารประสานอาหาร (binder) หลังจากนั้นเติมน้ำมันซีตามสัดส่วนสัดส่วนของวัตถุดิบของแต่ละชุดอาหารทดลองเป็นอาหาร 5 สูตร (ตารางที่ 2) การผสมอาหารโดยคลุกเคล้าวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณมากผสมเข้าด้วยกันก่อน แล้วจึงผสมวัตถุดิบที่ใช้ปริมาณน้อยอย่างวิตามินรวม แร่ธาตุรวม และวิตามินซีที่ผสมกันแล้วรวมเข้าที่หลัง ผสมน้ำใน

ปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารเพื่อให้อาหารมีสภาพกึ่งเปียกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส ใช้ลูกหอยหวานระยะลงพื้นอายุประมาณ 5 วันหลังการลงพื้น เพื่อให้ลูกหอยมีเปลือกที่แข็งแรงและง่ายต่อการวัดขนาดความยาวเปลือก โดยลูกหอยที่ใช้ทั้งหมดมาจากชุดการผลิต (crop) เดียวกัน และคัดขนาดให้มีความยาวเริ่มต้น (initial shell length) ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 0.37 ± 0.01 เซนติเมตร ใช้ลูกหอยในการทดลองอาหารจำนวน 50 ตัวต่อหน่วยทดลองจำนวน 6 ซ้ำ ให้อาหารวันละ 2 มื้อ เช้า 09:00 น. และเย็น 15:00 น. โดยการให้ลูกหอยกินอาหารแบบกินจนอิ่ม (apparent satiation feeding) เก็บอาหารที่เหลือโดยการดูดตะกอน

การทดลองความทนต่อความเค็มต่ำ ใช้น้ำทะเลที่พักไว้ให้ตกตะกอนแล้ว 12 ชั่วโมง ใช้น้ำปะปาปรับระดับความเค็มให้เป็น 20 ส่วนในพันส่วน เติมนคลอรีน 70 ส่วนในล้านส่วน ให้อากาศอย่างแรงทิ้งไว้ประมาณ 2 วัน กรองด้วยถุงกรองละเอียด ตรวจสอบปริมาณคลอรีนที่เหลืออยู่ และใช้น้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่เตรียมไว้จากการทดลองที่ 1 เป็นชุดควบคุม หน่วยทดลองทรงกลมปริมาตร 400 มิลลิลิตร ให้อากาศตลอดเวลา เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 3 วัน ใช้ลูกหอยในแต่ละชุดทดลองจากการทดลองที่ 1 จำนวน 10 ตัวต่อหน่วยทดลองจำนวน 2 ซ้ำ และไม่ให้อาหารระหว่างการทดลอง

ตารางที่ 1 สัดส่วนของเนื้อปลาและการเสริมวิตามินซีต่างกัน 5 ระดับ

องค์ประกอบ (กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	เนื้อปลาเสริมวิตามินซี				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
เนื้อปลาสด	1000.0	999.9	999.8	999.5	999.0
วิตามินซี	0.0	0.1	0.2	0.5	1.0

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของอาหารผสมและการเสริมวิตามินซีต่างกัน 5 ระดับ

องค์ประกอบ (กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)	อาหารผสมเสริมวิตามินซี				
	สูตร 6	สูตร 7	สูตร 8	สูตร 9	สูตร 10
ปลาป่น	400	400	400	400	400
กุ้งป่น	30	30	30	30	30
กากถั่วเหลือง	190	190	190	190	190
แป้งสาลี	170	170	170	170	170
น้ำมันปลาทูน่า	70	70	70	70	70
วิทกทูเดน ¹	70	70	70	70	70
วิตามินรวม ²	20	20	20	20	20
แร่ธาตุรวม ³	20	20	20	20	20
เซลลูโลส	30	29.9	29.8	29.5	29
วิตามินซี ⁴	0	0.1	0.2	0.5	1

1 วิทกทูเดนใช้เป็นตัวแทนอาหาร

2 วิตามินรวม 1 กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 107 IU วิตามินดี 106 IU วิตามินอี 0.01% วิตามินเค 0.001% วิตามินบี 0.0005% วิตามินบี 6 0.01% คีแอลเมทไธโอนีน 0.016% และเสริมวิตามินซี 2500 มิลลิกรัม

3 แร่ธาตุรวม ประกอบด้วย แคลเซียม 14.7% ฟอสฟอรัส 14.7% แมกนีเซียม 1.0% ทองแดง 0.36% เหล็ก 0.20% ไอโอดีน 0.10% โคบอลต์ 0.10% และซีลีเนียม 0.006%

4 วิตามินซี (ascorbyl-2-polyphosphate; APP)

การเก็บข้อมูล ประเมินผล และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design ที่เป็น 2x5 factorials โดยอาหารทดลองที่ใช้มีอาหาร 2 แบบ คือ อาหารธรรมชาติ (เนื้อปลาข้างเหลือง) และอาหารผสม และมีระดับวิตามินซี 5 ระดับ คือ 0, 100, 200, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ได้ชุดการทดลองตามอาหารทดลองออกเป็น 10 ชุด ทำซ้ำการทดลองชุดละ 6 ซ้ำ โดยทำการทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์

เก็บข้อมูลการเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเปลือก นับจำนวนลูกหอยทุกตัวเพื่อวัดอัตรารอด ทุก 2 สัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลไปประเมินการเติบโต โดยวัดจากความยาวเปลือกและน้ำหนัก อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) และอัตราการรอดชีวิต (Survival rate) ของจำนวนลูกหอยที่เหลือ ในแต่ละการทดลอง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบสองทาง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยใช้ข้อมูลความยาวเปลือก น้ำหนัก อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด เพื่อเปรียบเทียบหาชนิดของอาหารและระดับวิตามินซีที่เหมาะสมที่สุดในการเลี้ยงหอยหวานระยะลงพื้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของชนิดอาหารและระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน

จากผลการศึกษาการเติบโตโดยความยาวเปลือก (ตารางที่ 3) และการเติบโตโดยน้ำหนัก (ตารางที่ 4) พบว่าชนิดของอาหารและระดับวิตามินซีที่ใช้เลี้ยงหอยหวานมีปฏิสัมพันธ์กับการเติบโตของหอยหวานทั้งการเปลี่ยนแปลงของความยาวเปลือกและน้ำหนักตัว ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA ที่ใช้สูตรอาหาร 10 สูตร ในการเปรียบเทียบเพื่อหาผลของสูตรอาหารต่อการเติบโต

การเติบโตโดยความยาวเปลือก

จากผลการศึกษาการเติบโตโดยวัดความยาวเปลือก (ตารางที่ 3) ทั้ง 10 ชุดการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่ 8 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสมให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 0.81 ± 0.10 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 10 แต่ไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 7 และ 9 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร 8 ให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 1.13 ± 0.12 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 10 แต่ไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 7 เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร 8 ให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 1.31 ± 0.18 เซนติเมตร และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสูตรอาหารทุกสูตร และมีผลเช่นเดียวกันเมื่อทำการทดลอง

ผ่านไป 12 สัปดาห์ ให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 1.40 ± 0.06 เซนติเมตร รองลงมาคืออาหารสูตรที่ 9 ซึ่งให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือก 1.17 ± 0.06 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 6 และ 7 ซึ่งให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือก 1.13 ± 0.04 เซนติเมตร และ 1.13 ± 0.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนอาหารสูตรที่ 4 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในเนื้อปลา ให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.57 ± 0.01 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งให้ค่าการเติบโตโดยความยาวเปลือก 0.58 ± 0.05 เซนติเมตร, 0.58 ± 0.03 เซนติเมตร และ 0.58 ± 0.06 เซนติเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน คือ 200 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมในอาหารผสม

การเติบโตโดยน้ำหนัก

จากผลการศึกษาการเติบโตโดยน้ำหนัก (ตารางที่ 4) ทั้ง 10 ชุดการทดลอง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตรที่ 8 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสมให้ค่าการเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 0.08 ± 0.07 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสูตรอาหารทุกสูตร และมีผลเช่นเดียวกันเมื่อทำการทดลองผ่านไป 12 สัปดาห์ ให้ค่าการเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 0.55 ± 0.10 กรัม ส่วนอาหารสูตรที่ 3 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในเนื้อปลา ให้ค่าการเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.06 ± 0.04 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 5 ซึ่งให้ค่าการเติบโตโดยน้ำหนัก 0.07 ± 0.02 กรัม, 0.07 ± 0.04 กรัม, 0.10 ± 0.02 กรัม และ 0.10 ± 0.02 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเติบโตของหอยหวานต้องการวิตามินซีในปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมในอาหารผสม

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอด

จากผลการศึกษาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าอาหารสูตรที่ 6, 7 และ 8 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 0, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสม มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด คือ 1.09 ± 0.04 , 1.09 ± 0.06 และ 1.09 ± 0.06 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับอาหารสูตรที่ 1 แต่ไม่แตกต่างกับสูตรอาหารที่ 2, 3, 4, 5, 9 และ 10 และอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 0 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในเนื้อปลา มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด คือ 1.31 ± 0.14 (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าการเสริมวิตามินซีในอาหารจะทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลการศึกษาอัตราการรอดชีวิต ทั้ง 10 สูตรอาหารทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ แต่ชุดการทดลองอาหารสูตรที่ 5 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในเนื้อปลา

มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดคือ 70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตรที่ 1 และ 4 มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุด คือ 57.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าระดับวิตามินซีไม่มีผลกับอัตราการรอดชีวิตของหอยหวาน

ความทนต่อความเค็มต่ำ

ผลการศึกษาความทนต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) พบว่าเมื่อทดลองเลี้ยงลูกหอยไปแล้ว 1 เดือน ลูกหอยที่กินอาหารสูตรที่ 7 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสม มีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด คือ 86.4 ± 9.61 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 แต่ไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่ 6, 8, 9 และ 10 โดยอาหารสูตรที่ 4 มีอัตราการรอดชีวิตต่ำที่สุด คือ 62.5 ± 36.52 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันเมื่อทำการทดสอบความทนต่อความเค็มต่ำกับลูกหอยที่กินอาหารครบ 3 เดือน (ตารางที่ 6) จะเห็นได้ว่าลูกหอยที่ได้รับวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมในอาหารผสม มีความทนต่อความเค็มต่ำได้ดีที่สุด

ตารางที่ 3 ความยาวเปลือกเฉลี่ย ($\bar{X} \pm sd$) ของหอยหวานระยะลงพื้นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์

Experimental Diets	time (week)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.37±0.01	0.47±0.01 ^b	0.54±0.01 ^c	0.56±0.01 ^{ab}	0.58±0.02 ^{ab}	0.6±0.02 ^a	0.58±0.05 ^{ab}
2	0.37±0.01	0.46±0.03 ^{ab}	0.50±0.03 ^{bc}	0.53±0.03 ^{ab}	0.57±0.01 ^{ab}	0.58±0.01 ^a	0.58±0.03 ^a
3	0.37±0.01	0.43±0.04 ^a	0.42±0.02 ^a	0.51±0.07 ^a	0.56±0.07 ^{ab}	0.57±0.07 ^a	0.58±0.06 ^{ab}
4	0.37±0.01	0.46±0.04 ^{ab}	0.48±0.04 ^b	0.51±0.02 ^a	0.54±0.01 ^a	0.56±0.01 ^a	0.57±0.01 ^a
5	0.37±0.01	0.52±0.04 ^c	0.53±0.03 ^c	0.61±0.02 ^b	0.64±0.02 ^b	0.64±0.02 ^a	0.69±0.04 ^b
6	0.37±0.01	0.77±0.04 ^c	1.04±0.05 ^c	1.18±0.21 ^c	1.09±0.06 ^d	1.15±0.04 ^{cd}	1.13±0.04 ^d
7	0.37±0.01	0.79±0.04 ^{cf}	1.07±0.03 ^{cf}	1.20±0.25 ^c	1.09±0.05 ^d	1.04±0.10 ^c	1.13±0.08 ^d
8	0.37±0.01	0.81±0.10 ^f	1.13±0.12 ^f	1.31±0.18 ^f	1.37±0.05 ^c	1.36±0.03 ^c	1.40±0.06 ^c
9	0.37±0.01	0.78±0.05 ^{cf}	1.07±0.07 ^c	1.11±0.09 ^c	1.15±0.06 ^d	1.16±0.05 ^d	1.17±0.06 ^d
10	0.37±0.01	0.64±0.05 ^d	0.86±0.06 ^d	0.87±0.07 ^c	0.90±0.06 ^c	0.94±0.07 ^b	0.91±0.06 ^c

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ย ($\bar{X} \pm sd$) ของหอยหวานระยะลงพื้นที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมวิตามินซีต่างกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์

Experimental Diets	time (week)						
	0	2	4	6	8	10	12
1	0.01	0.02±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^{ab}	0.06±0.02 ^a	0.07±0.02 ^a
2	0.01	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.04±0.01 ^{ab}	0.06±0.04 ^a	0.07±0.04 ^a
3	0.01	0.02±0.00 ^a	0.02±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	0.04±0.01 ^a	0.05±0.04 ^a	0.06±0.04 ^a
4	0.01	0.03±0.02 ^b	0.03±0.02 ^b	0.06±0.02 ^{ab}	0.07±0.02 ^{ab}	0.09±0.01 ^a	0.10±0.02 ^a
5	0.01	0.05±0.02 ^d	0.60±0.02 ^c	0.07±0.02 ^b	0.08±0.01 ^b	0.09±0.02 ^a	0.10±0.02 ^a
6	0.01	0.05±0.03 ^d	0.07±0.02 ^d	0.15±0.10 ^c	0.17±0.11 ^c	0.19±0.12 ^b	0.21±0.12 ^b
7	0.01	0.06±0.05 ^c	0.12±0.04 ^c	0.24±0.11 ^c	0.28±0.10 ^c	0.34±0.11 ^d	0.38±0.11 ^d
8	0.01	0.08±0.07 ^f	0.14±0.04 ^f	0.30±0.08 ^f	0.37±0.07 ^f	0.45±0.09 ^c	0.55±0.10 ^c
9	0.01	0.07±0.04 ^c	0.12±0.01 ^c	0.20±0.09 ^d	0.23±0.10 ^d	0.26±0.10 ^c	0.30±0.11 ^c
10	0.01	0.04±0.02 ^c	0.06±0.02 ^c	0.21±0.24 ^{dc}	0.23±0.24 ^d	0.24±0.25 ^c	0.27±0.26 ^c

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ($\bar{X} \pm sd$) และอัตราการรอดชีวิต (Survival rate) ($\bar{X} \pm sd$)

Experimental Diets	FCR	Survival rate (%)
1	1.31±0.14 ^b	57.33±11.78
2	1.27±0.17 ^{ab}	58.00±14.14
3	1.26±0.11 ^{ab}	58.33±8.98
4	1.28±0.19 ^{ab}	57.33±12.63
5	1.15±0.05 ^{ab}	70.00±8.29
6	1.09±0.04 ^a	62.33±13.71
7	1.09±0.06 ^a	61.33±11.64
8	1.09±0.06 ^a	65.00±16.24
9	1.17±0.11 ^{ab}	63.00±12.38
10	1.18±0.09 ^{ab}	61.67±15.04

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 6 แสดงอัตราการรอด ($\bar{X} \pm sd$) ของลูกหอยหวานที่ทดสอบความทนต่อความเค็มต่ำ (20 พีพีที)

Experimental Diets	Survival rate (%)	
	1 month	3 months
1	67.8±28.80 ^{abc}	80.56±24.14 ^{bc}
2	65.6±28.83 ^a	77.22±22.50 ^b
3	67.2±27.00 ^{ab}	63.33±22.17 ^a
4	62.5±36.52 ^a	62.78±21.46 ^a
5	66.4±32.96 ^{ab}	81.11±17.03 ^{bcd}
6	85.8±15.74 ^{cd}	93.61±7.98 ^{cde}
7	86.4±9.61 ^d	95.56±8.43 ^e
8	84.7±13.63 ^{bcd}	92.78±9.74 ^{cde}
9	80.3±17.81 ^{abcd}	88.89±16.17 ^{bcd}
10	82.3±25.88 ^{abcd}	90.00±13.94 ^{bcd}

หมายเหตุ ตัวกลางเลขคณิตที่มีตัวอักษรยกต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาพบว่าอาหารสูตรที่เหมาะสมสำหรับการอนุบาลหอยหวานระยะลงเกาะคืออาหารสูตรที่ 8 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสม ให้ค่าการเติบโตทั้งโดยความยาวเปลือกและน้ำหนักดีที่สุดเมื่อเลี้ยงลูกหอยครบ 12 สัปดาห์ Gouillou-Coustans M.-F. et al. (1998) พบว่าปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมสำหรับ common carp larvae ประมาณ 45 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ในการเติบโตและลูกปลาที่อายุน้อยต้องการวิตามินซีที่ระดับสูงกว่า และ ลัดดาวัลย์ (2541) ศึกษาการใช้วิตามินซีทดแทนออกซิเตตราซัยคลินในอาหารกึ่งก้ามกราม โดยใช้อาหารผสมวิตามินธรรมชาติและอาหารผสมวิตามินเคือบ 0.25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าควรใช้วิตามินซีทดแทนออกซิเตตราซัยคลินในอาหารเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากกุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม

วิตามินซีมีน้ำหนักเฉลี่ย (15.50 กรัม) สูงกว่ากุ้งก้ามกรามที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมออกซิเตตราซัยคลิน (12.52 กรัม) และการเสริมวิตามินซีในอาหารช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารและขจัดปัญหาการตกค้างของออกซิเตตราซัยคลินในเนื้อกุ้งก้ามกราม ซึ่งเห็นได้ว่าวิตามินซีมีผลต่อการเติบโตของสัตว์น้ำ

จากผลการศึกษาระดับวิตามินในอาหารมีไม่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของหอยหวานระยะลงเกาะ และการศึกษาในครั้งนี้พบว่าอาหารสูตร 7 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสม ให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดคือ 1.09 ± 0.04 แตกต่างกับอาหารสูตร 1 ซึ่งเป็นเนื้อปลาที่ไม่เสริมวิตามินซี ให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 1.31 ± 0.14 แต่ไม่แตกต่างกับอาหารสูตรอื่นๆ จะเห็นได้ว่าลูกหอยที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีทุก

ระดับจะให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าลูกหอยที่ได้รับอาหารไม่เสริมวิตามินซี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Magarelli *et al.* (1979) พบว่ากุ้งที่ได้รับวิตามินซีในปริมาณ 1.3 และ 0.3 กรัม ในกุ้ง *Penaeus californiensis* และ *P. stylirostris* ตามลำดับจะทำให้กุ้งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่ไม่มีวิตามินซี

จากผลการศึกษาพบว่าระดับวิตามินซีในอาหารมีผลต่อความทนต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) ซึ่งอาหารสูตรที่ 7 ซึ่งมีระดับวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในอาหารผสม ให้อัตราการรอดของหอยหวานสูงสุดหลังจากทดสอบความทนต่อความเค็มต่ำไปแล้ว 96 ชั่วโมง Waagbø Rune *et al.* (1993) พบว่าปลาแซลมอนที่ได้รับวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้ปลาสุขภาพดีและต้านทานโรคได้เมื่อทำการทดสอบ bacterial challenge พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 4000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการรอดเพิ่มขึ้น และเมื่อได้รับวิตามินซีต่อเนื่อง 11 และ 17 สัปดาห์ พบว่าปลาสามารถสร้าง specific antibodies ได้ และวาสนา (2539) ศึกษาพบว่าปลาฉลามที่ได้รับอาหารผสมวิตามินซีมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีความต้านทานต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ได้ดีขึ้น และการใช้วิตามินซีเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งกุลาดำ พบว่าเมื่อใช้วิตามินซีในรูป Na,Ca-ascorbyl-2-monophosphate ผสมอาหารในอัตราส่วน 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทุกวันเป็นเวลา 1 เดือน ช่วยให้กุ้งมีสุขภาพดี ต้านทานเชื้อโรคได้ดีกว่าอาหารเสริมวิตามินซีในอัตราส่วน 0 และ 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (พชรวิดี, 2549) นอกจากนี้ ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 30 ส่วนในพันส่วน เป็น 0 ส่วนในพันส่วน อย่างเฉียบพลัน ระยะเวลา 45 นาที พบว่าลูกกุ้งระยะ PL17 ที่ได้รับวิตามินซีระดับ 100 และ 150 มิลลิกรัมต่ออาหาร มีอัตราการตายต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สมศักดิ์, 2540) จะเห็นได้ว่าการเสริมวิตามินซีที่ระดับสูงขึ้นมีผลให้อัตรารอดชีวิต

ของหอยหวานต่ำลงเมื่อผ่านการทดลองความทนต่อความเค็มต่ำ อาจกล่าวได้ว่าสัตว์น้ำต่างชนิดกันมีความต้องการวิตามินซีในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยปริมาณวิตามินซีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวิตามินซีที่ใช้เสริมในอาหารด้วย และนอกจากนี้ปริมาณวิตามินซีที่สูงเกินความต้องการของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆอาจให้ผลลดลงด้วย

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าระดับวิตามินซีในอาหารซึ่งประกอบด้วย อาหารธรรมชาติ (เนื้อปลาข้างเหลือง) และอาหารผสมแบบกึ่งเปียก โดยอาหารแต่ละประเภทจะเสริมด้วยวิตามินซี ต่างกัน 5 ระดับ (0, 100, 200, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมีการเติบโตสูงกว่าลูกหอยที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาที่ทุกระดับการเสริมวิตามินซี โดยอาหารสูตรที่ 8 คืออาหารผสมเสริมวิตามินซี 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้ผลการเติบโตดีที่สุดและให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ ส่วนอาหารสูตรที่ 3 คือเนื้อปลาเสริมวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ให้การเติบโตต่ำสุด และผลจากการทดลองความทนต่อความเค็มต่ำ (20 ส่วนในพันส่วน) พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าลูกหอยที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาที่ทุกระดับการเสริมวิตามินซี และพบว่าอาหารสูตรที่ 7 คืออาหารผสมเสริมวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการรอดชีวิตเมื่อทดลองความทนต่อความเค็มต่ำได้สูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- พชรวดี เลาหะมงคลรักษ์. 2549. การใช้วิตามินซีเป็น
สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในกุ้งกุลาดำ.วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
73 หน้า.
- ลัดดาวัลย์ ครอบพงษ์. 2541. การใช้วิตามินซีทดแทน
ออกซีเตตราไซคลินในอาหารกุ้งก้ามกราม.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เพาะเลี้ยง
สัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพมหานคร.83 หน้า.
- วาสนา มณีรัตน์. 2539. ผลของวิตามินซีต่อการ
ต้านทานโรคและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน
ของปลาดุกลูกผสม.ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.70หน้า.
- สมศักดิ์ ระชน. 2540. ผลของวิตามินซีต่อความเครียด
และการเจริญเติบโตของลูกกุ้งกุลาดำ.ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
107 หน้า.
- Gouillou-Coustans, M.F., Bergot, P., Kaushik, S.J.
1998. Dietary ascorbic acid needs of
common carp (*Cyprinus carpio*) larvae.
Aquaculture 161:453-461.
- Magarelli, P.C., B. Hunter, D.V. Lightner and L.B.
Colvin. 1979. Black death: An ascorbic acid
deficiency disease in penaeid shrimp. Comp.
Biochem. Physiol. 63(A) : 103-108.
- Waagbø R., Glette J., Raa-Nilsen E. and Sadnes
K.1993. Dietary vitamin C, immunity and
disease resistance in Atlantic salmon (*Salmo
salar*). Fish Physiology and
Biochemistry.12:61-73.