

การศึกษาระดับของวิตามินซีที่เสริมในอาหารสำเร็จรูป ต่อการเลี้ยงปลากดเหลือง

Studies on Supplementation Levels of Vitamin C in Completed Diets of Cultured Green Catfish, (*Mystus nemurus*)

दनय ओनज (Danai Ounjai)*

ดร. สมพงษ์ ดุลยจินดาชบาพร (Dr. Sompong Doolgindachabaporn)**

ประภาส ไฉลกพันธ์รัตน์ (Prapast Chaorkpunrut)***

บทคัดย่อ

การศึกษผลของวิตามินซีที่เสริมในอาหารสำเร็จรูประดับต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ของลูกปลากดเหลือง (*Mystus nemurus*) ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 3.14 กรัม ความยาวเฉลี่ย 7.38 เซนติเมตร แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง โดยเสริมวิตามินซี 4 ระดับ คือ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ หลังจากทำการทดลองเลี้ยงปลาเป็นเวลา 105 วัน พบว่า ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตและความยาวดีที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอัตราการรอดตายของปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า อาหารเสริมวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพียงพอต่อการเสริมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากดเหลือง

ABSTRACT

The effects of supplementation four levels 0, 250, 500 and 750 mg kg⁻¹ vitamin C in the diet on growth and survival rates of cultured Green Catfish, (*Mystus nemurus*) were determined. The average initial weight and length of Green Catfish post larvae were 3.14 gram and 7.38 centimeter. After 105 days, the Green Catfish fed a basal diet supplemented with 500 mg kg⁻¹ vitamin C compared with each treatment the best growth and length rates. ($P < 0.05$) However, it did not show a significant difference fed a basal diet supplemented with 750 mg kg⁻¹ vitamin C Survival rates all experimented treatments were non significant. It concluded that a minimum level of 500 mg kg⁻¹ vitamin C was the optimal in the practical diet of Green Catfish.

คำสำคัญ : วิตามินซี ปลากดเหลือง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย

Key Words : vitamin C, *Mystus nemurus*, growth rate, survival rate

* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สาขาวิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาการประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปลากดเหลือง เป็นที่รู้จักและยอมรับกันในชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mystus nemurus* (Cuv & Val.) และชื่อสามัญว่า Green Catfish ได้รับการตั้งชื่อครั้งแรกโดย Cuvier และ Valenciennes ในปี 2436 (กรมประมง, 2545) ปลากดเหลืองเป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านที่ไม่มีเกล็ดของไทย พบแพร่กระจายในแหล่งน้ำธรรมชาติ จัดเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากเนื้อปลามีรสชาติดีเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของคนไทย เป็นที่ต้องการของตลาดปลาในต่างประเทศ เช่น ประเทศมาเลเซีย เป็นต้น (เจดจัน และคณะ, 2538) และนิยมเลี้ยงเป็นปลาสวยงามในอดีตพบปลากดเหลืองแพร่กระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทย (โยธิน และ รังสิต, 2524) ปัจจุบันปริมาณปลากดเหลืองในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ลดน้อยลงมาก เนื่องจากความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ จนไม่เหมาะแก่การดำรงชีวิตและการแพร่ขยายพันธุ์ปลา ประกอบกับการเพิ่มของจำนวนประชากรของประเทศไทยอย่างรวดเร็ว ทำให้มีความต้องการอาหารเพิ่มมากขึ้น (สุชาติ และ วสันต์, 2538) ปลาที่พบจำหน่ายในท้องตลาดเป็นปลาที่จับจากธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีปริมาณลดลงมากเมื่อเทียบกับในอดีต ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณปลาเพียงพอกับความต้องการและเพื่ออนุรักษ์พันธุ์ปลาชนิดนี้ให้คงอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป กรมประมงจึงได้ศึกษาการเพาะพันธุ์จนประสบผลสำเร็จ ส่วนการอนุบาลยังพบว่ามีปัญหา เนื่องจากพบว่ามีการรอดตายต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 1-7 วันแรก เมื่อถูกอาหาร (yolk sac) ยุบ เป็นช่วงระยะวิกฤต ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่ใช้ในการอนุบาล (หทัยรัตน์, 2541) อีกทั้ง วิตามินซีเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณน้อยมาก แต่มีความจำเป็นต่อระบบสรีระและกลไกทางชีวเคมีของร่างกาย ทำให้การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์และ

สุขภาพเป็นไปตามปกติ ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น การเสริมวิตามินลงในอาหารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะประกันการเจริญเติบโต อัตราการรอดและผลผลิต จากการศึกษาทำให้ทราบว่าวิตามินละลายน้ำหลายชนิดมีบทบาทสำคัญในกลไกทางชีวเคมี โดยเฉพาะเกี่ยวกับการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ต่างๆ ของร่างกาย (วุฒิพร, 2540) วิตามินซี (ascorbic acid) มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์คอลลาเจน (Collagen) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระดูก เอ็น ผิวหนัง ฟัน และผนังของหลอดเลือด (Halver, 1985) ถ้าหากปลาที่เลี้ยงขาดวิตามินซีและแร่ธาตุบางชนิด (Boonyaratpalin, 1991) ทำให้ปลาที่เลี้ยงแสดงความผิดปกติให้เห็นหลังจากเลี้ยงไปได้ระยะเวลาหนึ่ง (วุฒิพร, 2540) โดยเฉพาะการเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่น มีความจำเป็นต้องเสริมวิตามินซีลงในอาหารสำหรับเลี้ยงปลา (New, 1987)

ดังนั้น การศึกษาผลของวิตามินซีที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกปลากดเหลือง จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารวิตามินซีเป็นสารเสริมที่ช่วยให้การเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และผลผลิตของปลาที่เลี้ยงดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

ศึกษาระดับของวิตามินซีที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายในการเลี้ยงปลากดเหลือง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบวิเคราะห์แบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS 6.12 (1980) เพื่อศึกษาถึงผลการทดลอง

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมปลาทดลอง

ใช้ปลากัดเหลืองมีอายุ 60 วัน จัดเป็น 4 ชุด การทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ (replication) เลี้ยงปลากัดเหลืองในตู้กระจกขนาด 20x36x20 นิ้ว โดยใส่น้ำประมาณน้ำ 100 ลิตร ปล่อยลูกปลาดูละ 50 ตัว (1 ตัวต่อ 2 ลิตร) ซึ่งสุ่มชั่งวัดได้น้ำหนักเฉลี่ย 3.14 กรัม และความยาวเฉลี่ย 7.38 เซนติเมตร เลี้ยงปลากัดเหลืองเป็นเวลา 105 วัน ให้อาหารลูกปลาวินละ 2 ครั้ง คือช่วงเช้า (8.00-9.00 น.) และช่วงเย็น (16.00-17.00 น.) ให้ปลากินอาหารจนอิ่ม

2. การเตรียมอาหารทดลอง

การทดลองใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทางการค้า (ไฮเกร็ด เป็นอาหารเม็ดเล็กพิเศษมีองค์ประกอบของอาหาร มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และกากไม่มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์) โดยองค์ประกอบของอาหารทดลองเหมือนกันทุกชุดมาเสริมกับวิตามินซีระดับต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม วิตามินซี (ซันต้า-ซี 10 เป็นวิตามินซีชนิดผงธรรมดาในรูปคริสตัลไล (crystalline) มีความเข้มข้น 100 กรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในรูปแบบผงผสมสารเหนียวเพื่อให้วิตามินซีจับกับอาหาร นำอาหารและวิตามินซีผสมเข้ากันตามกำหนดให้เข้ากันในถาดผสมอาหาร สเปรย์น้ำคนคลุกเคล้าเข้ากันผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นนำอาหารไปบรรจุในขวดเก็บอาหารเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นทำการผสมอาหารกับวิตามินซีทุก 2 วันต่อครั้ง

3. การจัดการคุณภาพน้ำ

3.1 การเปลี่ยนถ่ายน้ำจะเปลี่ยนตามสภาพของน้ำในตู้ทดลอง 2 วัน ต่อ 1 ครั้ง เพื่อคงสภาพของน้ำให้มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของลูกปลากัดเหลืองตลอดการทดลองและเป็นการป้องกันปลาเกิดอาการเครียดเนื่องจาก

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม เปลี่ยนถ่ายน้ำครั้งละ 30-50 เปอร์เซ็นต์

3.2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา ใช้น้ำประปามาพักในถังพักน้ำขนาด 100 ลิตรไว้ประมาณ 2-3 วัน เติมแอนตี้คลอรีนและให้อากาศตลอดเวลาเพื่อกำจัดคลอรีน ส่วนการตรวจสอบคุณภาพน้ำในตู้ทดลองทำการตรวจคุณสมบัติของน้ำก่อนการทดลอง และหลังทำการทดลอง ด้านอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ด้วยเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตามลำดับ ตรวจสอบคุณภาพทุกน้ำ 15 วัน

ผลการศึกษา

การศึกษาระดับของวิตามินซีที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อการเลี้ยงปลากัดเหลือง แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ลูกปลาอายุ 60 วัน)

1. การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยของปลากัดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระยะเวลา 105 วัน ผลการทดลอง พบว่า ปลากัดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน เมื่อเริ่มทดลอง 15, 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 วัน ปลากัดเหลืองมีน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยงแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ในวันที่ 15 น้ำหนักเฉลี่ยของปลามีค่าใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ในวันที่ 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลากัดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 105 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลากัดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 500 มิลลิกรัม น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 16.75 ± 1.42 กรัมต่อตัว และไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับปลา

กตเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 750 มิลลิกรัม น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 15.55 ± 1.28 กรัมต่อตัว แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับปลา กตเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 0 มิลลิกรัม น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 13.43 ± 1.03 กรัมต่อตัว ในขณะที่ปลา กตเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 250 และ 750 มิลลิกรัม มีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของนักวิจัยหลายท่านที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของวิตามินซีต่อสัตว์น้ำ โดยพบว่า วิตามินซีมีส่วนในการช่วยให้สัตว์น้ำ มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Chavez de Martinez, 1990; Khajareem and Khajareem, 1997; Gouillou-Coustans et al., 1998) การทดลองของ Dabrowski et al. (1990) พบว่า เมื่อเลี้ยงลูกปลาเรนโบว์เทราท์ (rainbow trout) ได้ 176 วัน น้ำหนักเฉลี่ยและการเจริญเติบโตของปลาในชุดการทดลองที่ไม่ให้วิตามินซี น้อยกว่าชุดการทดลองที่เสริมแอสคอบิกแอซิด (ascorbic acid) และ แอสคอบิลซัลเฟต (ascorbyl-2-sulfate) 500 มิลลิกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาของ วุฒิพร (2539) รายงานว่า ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา กตเหลืองที่ระดับวิตามินซี 1,000 มิลลิกรัม มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ส่วนที่ระดับ 500 มิลลิกรัม ไม่แตกต่างจากระดับ 2,000 มิลลิกรัม ในขณะที่ Boonyaratpalin et al. (1989) พบว่า ปริมาณวิตามินซีที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลูกปลากะพงขาวในน้ำจืดอยู่ที่ 1,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมอาหารแห้งขึ้นไป จึงทำให้วิตามินมีบทบาทต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกายเป็นอย่างมาก คือ มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการสร้างคอลลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนในกระดูก (bone) กระดูกอ่อน (cartilage) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) (เวียง, 2542) โดยวิตามินซี มีหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ (co-factor) ของเอนไซม์โปรพิลไฮดรอกซิเลส (propyl hydroxylase)

และไลซิลไฮดรอกซิเลส (lysyl hydroxylase) สำหรับปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ของกรดอะมิโน (amino acid) ชนิดโพรลีน (proline) และไลซีน (lysine) ให้อยู่ในรูปไฮดรอกซิโพรลีน (hydroxyproline) และไฮดรอกซิไลซีน (hydroxylysine) เพื่อใช้ในการสร้างคอลลาเจนที่สมบูรณ์ (mature collagen) (Stryer, 1988; Ikeda, 1989; วีระพงศ์, 2536) โดยจะไม่ค่อยพบไฮดรอกซิโพรลีน (hydroxyproline) ในโปรตีนชนิดอื่นๆ นอกจากในคอลลาเจนและอีลาสตินในคอลลาเจนประกอบด้วยโพรลีน (proline) และ ไฮดรอกซิโพรลีน (hydroxyproline) ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโน (amino acid) ของคอลลาเจน (collagen) ทั้งหมด จัดเป็นโปรตีนโครงสร้างที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ที่พบในผิวหนัง เส้นเลือด เอ็น กระดูกตาและกระดูก เป็นต้น (Lehninger, 1982) จากการศึกษาในปลา แซลมอน (salmon) และปลา (trout) พบว่า เบื่ออาหาร เชื่องซึม กระดูกมีโครงสร้างผิดปกติ กระดูกสันหลังคดงอ ส่วนของกระดูกอ่อนบริเวณเบ้าตา เหงือก หัวและครีบผิดปกติ (Hilton et al., 1977) ส่วนในปลาตุ๊กตาด้าน (Clarius batrachus) พบว่า ปลาที่ขาดวิตามินซีจะมีอาการเลือดออกตามรอยต่อระหว่างส่วนหัวและลำตัว ครีบ และเป็นแผลที่คางเมื่อให้อาหารปลาหมักที่ไม่ได้ผสมวิตามินซี (มะลิ และคณะ, 2525) ส่วนการทดลองของ Wilson et al. (1989) ที่เลี้ยงปลาแซนเนล แคทฟิช (channel catfish) เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลาชุดที่เสริมวิตามิน 100 มิลลิกรัม ของวิตามินซีอนุพันธ์ แอสคอบิลโพลีฟอสเฟต (ascorbyl-2-polyphosphate) แอสคอบิลซัลเฟต (ascorbyl-2-sulfate) และเอธิลเซลลูโลสโคทแอสคอบิกแอซิด (ethylcellulose coated ascorbic acid) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปลาในชุดการทดลองที่ไม่เสริมวิตามินซีและสามารถพบอาการขาดวิตามินซีในสัปดาห์ที่ 11 ในชุดการทดลองที่ไม่เสริมวิตามินซี โดยมีอาการกระดูก

คดงอ แตกต่างจากการทดลองในปลาดุกลูกผสมนี้ที่พบปลาเกิดอาการเริ่มต้นของการขาดวิตามินซี คือพบอาการตกลือตามครีบหลังจากสัปดาห์ที่ 8 ในชุดการทดลองที่ไม่ได้เสริมวิตามินซีในอาหาร แต่ไม่มีอาการกระดูกคดงอเหมือนกับที่มีรายงานจากการศึกษาอื่นๆ Soliman et al. (1986) ทำการทดลองวัดการเจริญเติบโตของปลานิลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ปลาที่ให้อาหารเสริมวิตามินซีในรูปโซเดียมแอสคอร์บิกแอซิด (sodium salt ascorbic acid), กลีเซอไรด์โคทแอสคอร์บิกแอซิด (glyceride coated ascorbic acid) และ แอสคอร์บิลซัลเฟต (ascorbyl-2-sulfate) มีน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้ายไม่แตกต่างกันทางสถิติ

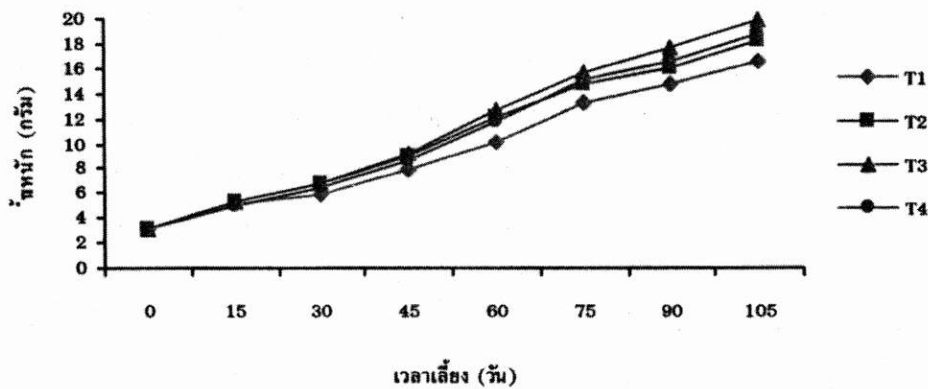
($P>0.01$) และการทดลองของ Halver et al. (1991) ให้ผลไปในทางเดียวกัน คือเมื่อให้อาหารเสริมวิตามินซีในรูปแอสคอร์บิกแอซิด (ascorbic acid) และ แอสคอร์บิลซัลเฟต (ascorbyl-2-sulfate) 100 มิลลิกรัม เป็นเวลา 7 เดือน ในปลาเรนโบว์เทราท์ (rainbow trout) ผลการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันจากการทดลอง การเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่มีขนาดเริ่มต้น 8.74-8.89 กรัม เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ด้วยอาหารที่ไม่เสริมวิตามินซี และเสริมวิตามินซี รูปแบบต่าง ๆ มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และค่าโลหิตวิทยาบางประการไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงเสริมวิตามินซีที่ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

เวลาเลี้ยง (วัน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)				% CV
	ระดับวิตามินซี (มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)				
	0	250	500	750	
0	3.14±0.00	3.14±0.00	3.14±0.00	3.14±0.00	–
15	5.18±0.13	5.23±0.15	5.30±0.14	4.96±0.56	5.92
30	5.84±0.34 ^b	6.71±0.31 ^a	6.70±0.32 ^a	6.44±0.55 _{ab}	6.09
45	7.97±0.51 ^b	9.01±0.12 ^a	9.18±0.05 ^a	8.71±0.66 _a	4.83
60	10.07±0.47 ^c	12.07±0.43 ^{ab}	12.74±0.25 ^a	11.73±0.90 _b	4.86
75	13.25±1.05 ^b	14.68±0.59 ^a	15.59±0.75 ^a	14.96±0.58 _a	5.25
90	14.61±0.81 ^c	15.95±0.54 ^b	17.56±0.26 ^a	16.54±0.23 _b	3.22
105	16.57±1.03 ^c	18.17±0.34 ^{bc}	19.89±1.42 ^a	18.69±1.28 ^{ab}	7.04

หมายเหตุ : ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} อักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมวิตามินซีที่ 0 (T1), 250 (T2), 500 (T3) และ 750 (T4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

2. การเจริญเติบโตโดยน้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระยะเวลา 105 วัน ผลการทดลอง พบว่า ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกันเมื่อเริ่มทดลอง 15, 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 วัน ปลากดเหลืองมีน้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยง แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 ในวันที่ 15, 45 และ 60 น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยของปลา มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่ในวันที่ 30, 75, 90 และ 105 พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 105 น้ำหนักที่เพิ่ม

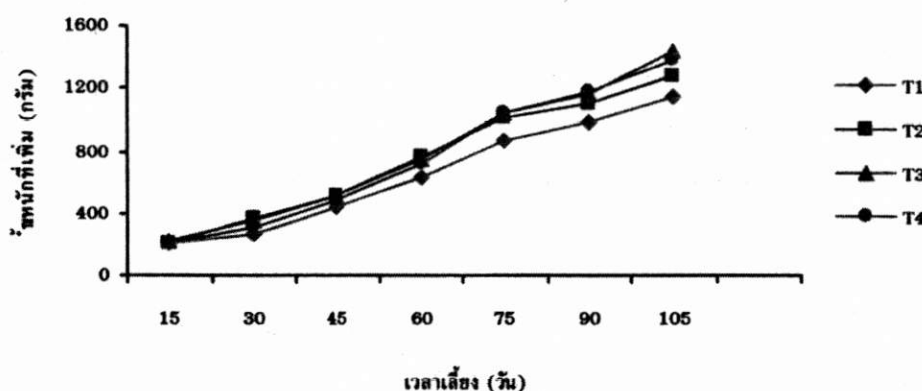
รวมเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 500 มิลลิกรัม น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1439.22 ± 114.18 กรัม และไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 750 มิลลิกรัม น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1373.83 ± 83.53 กรัม แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 0 มิลลิกรัม น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1139.53 ± 75.48 กรัม ในขณะที่ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับ 250 และ 750 มิลลิกรัม มีน้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ย (กรัม) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงเสริมวิตามินซีที่ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

เวลาเลี้ยง (วัน)	น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ย (กรัม)				% CV
	ระดับวิตามินซี (มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)				
	0	250	500	750	
15	203.50±12.58	206.54±17.48	215.17±14.24	208.50±49.92	13.48
30	264.52±29.67 ^b	359.73±26.14 ^a	350.46±28.23 ^a	310.11±29.45 ^{ab}	13.39
45	435.81±26.78	508.83±38.35	510.83±21.76	482.18±82.83	10.07
60	626.43±57.65	770.28±56.43	744.16±137.21	721.06±160.89	15.82
75	867.27±61.53 ^b	1010.28±59.91 ^a	1044.24±88.08 ^a	1049.13±103.62 ^a	8.10
90	984.79±53.70 ^b	1106.45±67.53 ^{ab}	1164.89±94.71 ^a	1170.47±145.47 ^a	8.76
105	1139.53±75.48 ^c	1277.90±82.11 ^{bc}	1439.22±114.18 ^a	1373.83±83.53 ^{ab}	6.89

หมายเหตุ : ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} อักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มรวมเฉลี่ย (กรัม) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมวิตามินซีที่ 0 (T1), 250 (T2), 500 (T3) และ 750 (T4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

3. ความยาวเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระยะเวลา 105 วัน ผลการทดลองพบว่า ปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน เมื่อเริ่มทดลอง 15, 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 วัน ปลากดเหลืองมีความยาวเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยง แสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 3 ในวันที่ 15 ความยาวเฉลี่ยของปลา

ค่าใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และในวันที่ 30, 45, 60, 75 และ 90 ความยาวเฉลี่ยของปลา มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 105 ความยาวเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

พบว่า ปลาสดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซีที่ระดับ 500 มิลลิกรัม ความยาวเพิ่มเฉลี่ยดีที่สุดเท่ากับ 7.84 ± 0.71 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ปลาสดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซีที่ระดับ

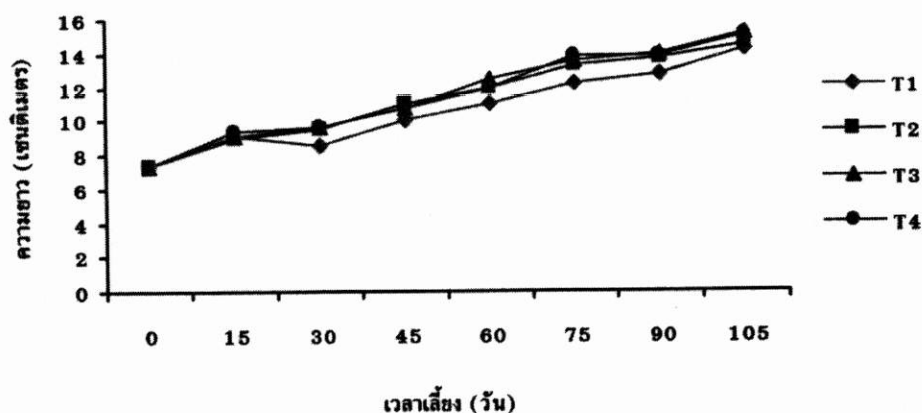
750, 250 และ 0 มิลลิกรัม ตามลำดับ ความยาวเพิ่มเฉลี่ยเท่ากับ 7.61 ± 1.19 , 7.17 ± 0.32 และ 6.84 ± 0.85 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาสดเหลืองที่เลี้ยงเสริมวิตามินซีที่ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

เวลาเลี้ยง (วัน)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)				% CV
	ระดับวิตามินซี (มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)				
	0	250	500	750	
0	7.38±0.00	7.38±0.00	7.38±0.00	7.38±0.00	–
15	9.15±0.11	8.94±0.32	9.10±0.17	9.30±0.26	2.48
30	8.60±0.22 ^b	9.50±0.36 ^a	9.57±0.27 ^a	9.62±0.10 ^a	2.75
45	10.05±0.13 ^c	10.99±0.58 ^a	10.74±0.39 ^b	10.76±0.05 ^b	2.80
60	10.93±0.10 ^b	11.90±0.41 ^a	12.50±0.43 ^a	11.88±0.54 ^a	3.42
75	12.27±0.58 ^b	13.30±0.37 ^a	13.53±0.60 ^a	13.82±0.45 ^a	3.89
90	12.74±0.49 ^b	13.73±0.40 ^a	14.00±0.60 ^a	13.83±0.48 ^a	3.67
105	14.22±0.85	14.55±0.32	15.22±0.71	14.99±1.19	5.62

หมายเหตุ : $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} อักษรที่กำกับบนค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 3 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาสดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมวิตามินซีที่ 0 (T1), 250 (T2), 500 (T3) และ 750 (T4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

4. อัตราการรอดตายเฉลี่ย ของปลา กตเหลือ่งที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี ระยะเวลา 105 วัน ผลการทดลอง พบว่า ปลา กตเหลือ่งที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 4 ระดับ เมื่อเริ่มทดลอง 15, 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 วัน แสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 4 ในวันที่ 15, 30, 45, 60, 75, 90 และ 105 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลาทุกชุดการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 105 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลา กตเหลือ่งที่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี พบว่า วิตามินซีที่ระดับ 750 มิลลิกรัม อัตราการรอดตายเฉลี่ยดี ที่สุดเท่ากับ 90.50 ± 3.41 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ปลา กตเหลือ่งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมวิตามินซีที่ระดับ 500, 250 และ 0 มิลลิกรัม ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 85.50 ± 4.43 , 85.00 ± 3.83 และ 85.00 ± 3.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

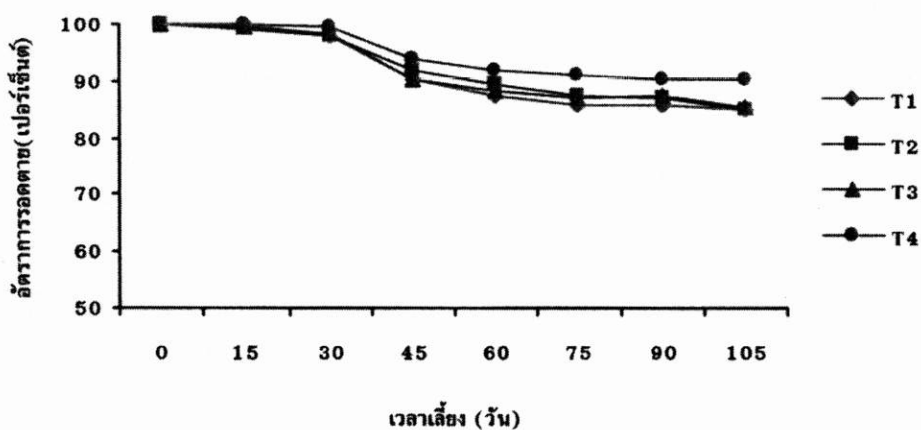
สอดคล้องกับการทดลองของ Soliman et al. (1986) ทำการทดลองในปลานิล โดยให้อาหารเสริม วิตามินซีซัลเฟต sodium salt ascorbic acid, glyceride coated ascorbic acid และไม่เสริมวิตามินซี พบว่า ปลาในชุดการทดลองที่ไม่เสริมวิตามินซีมี อัตราการรอดตายต่ำกว่าชุดการทดลองที่เสริมวิตามินซี คือ มีอัตราการรอดตายเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทดลองเสริมวิตามินซีมีอัตราการรอดตาย 87-100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ สโรชา (2540) ทำการทดลองโดยให้อาหารเสริมวิตามินซีเคลือบซิลิโคน วิตามินซีซัลเฟต วิตามินซีซัลเฟต ในปลาตุลุมผสม

เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า รูปแบบของวิตามินซีให้ ผลต่ออัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน ตรงกับผลการทดลองของ Shiau and Hsu (1994) ที่ทำการทดลองในกึ่งกุลาดำ ให้อาหารเสริมวิตามินซีธรรมชาติ วิตามินซีซัลเฟต และวิตามินซีฟอสเฟต เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และพบว่า อัตราการรอดของกึ่งกุลาดำในชุดการทดลองที่เสริมวิตามินซีดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ Wilson et al. (1989) ได้ ทำการทดลองให้อาหารเสริมแอสคอร์บิลโพลีฟอสเฟต (ascorbyl-2-polyphosphate) และเอธิลเซลลูโลส โคทแอสคอร์บิกแอซิด (ethycellulose coated ascorbic acid) ในอัตรา 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในปลาแซลมอน แคนพิช (channel catfish) เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า ในชุดการทดลองที่เสริมวิตามินซี ปลา มีอัตราการรอดตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในชุดควบคุมที่ไม่เสริมวิตามินซี มีอัตราการรอดตายต่ำกว่าคือ 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วน วาสนา (2539) ศึกษาถึงผลของวิตามินซีต่อความต้านทานโรคและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลาตุลุมผสมที่กิน วิตามินซีในรูปแอสคอร์บิลโพลีฟอสเฟต (ascorbyl-2-polyphosphate) ที่ระดับความเข้มข้น 100 (ควบคุม), 500, 1,000, 3,000, 5,000 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยปลาตุลุมผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสม วิตามินซีในอัตราสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมขึ้นไป มีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่ม ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และปลา มีความต้านทานต่อ เชื้อแอโรโมแนส ไฮโดรฟิลล่า (*Aeromonas hydrophila*) ได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงเสริมวิตามินซีที่ 0, 250, 500 และ 750 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

เวลาเลี้ยง (วัน)	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)				% CV
	ระดับวิตามินซี (มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)				
	0	250	500	750	
0	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	-
15	100.00±0.00	99.00±2.00	99.50±1.00	100.00±0.00	1.12
30	98.00±1.63	98.00±1.63	98.50±1.00	99.50±1.00	1.37
45	90.50±4.43	92.00±1.63	90.50±3.00	94.00±1.63	3.18
60	87.50±3.42	89.50±1.91	88.50±4.12	92.00±3.65	3.78
75	86.00±2.83	87.50±1.00	87.00±4.16	91.00±3.83	3.64
90	86.00±2.83	87.00±2.00	87.50±4.12	90.50±3.79	3.75
105	85.00±3.83	85.00±3.83	85.50±4.43	90.50±3.41	4.50

หมายเหตุ : ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเสริมวิตามินซีที่ 0 (T1), 250 (T2), 500 (T3) และ 750 (T4) มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงนาน 105 วัน

สรุปผลการทดลอง

การเลี้ยงปลากดเหลืองด้วยอาหารเสริมวิตามินซีระดับต่างกัน พบว่า อาหารที่เสริมวิตามินซีมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลากดเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 105 วัน การเสริมวิตามินซีที่ระดับ 500 ถึง 750 มิลลิกรัม เป็นระดับที่ทำให้ปลากดเหลืองมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และยังชี้ให้เห็นว่าระดับวิตามินซีที่ 500 มิลลิกรัม ก็เพียงพอสำหรับการเสริมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลากดเหลืองน้ำหนักเริ่มต้นเลี้ยง 3.14 กรัม และความยาว 7.38 เซนติเมตร สามารถป้องกันอาการอันเกิดจากการขาดวิตามินซีได้และทำให้เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาในกลไกระบบต่างๆ ของร่างกายมีการทำงานดีขึ้นในการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และช่วยให้สามารถเพิ่มผลผลิตของปลากดเหลืองได้อย่างไรก็ตามวิตามินซียังคงมีความจำเป็นในอาหาร แต่ความต้องการวิตามินซีของปลาจะแตกต่างกันไปตามสภาวะต่างๆ เช่น ชนิด อายุและขนาดของปลา อัตราการเจริญเติบโต ระบบการเลี้ยง คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา อัตราการปล่อย กระบวนการผลิต และการเก็บรักษาอาหารปลา รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่จะทำให้ปลาเกิดความเครียด (Halver et al., 1969; Hilton et al., 1977; Murai et al., 1978; Halver et al., 1979; Blanco and Meade, 1980; Sato et al., 1983; Matusiewicz et al., 1995)

การเลี้ยงปลาจึงจำเป็นต้องเสริมวิตามินซีลงในอาหารปลา เพื่อป้องกันอาหารขาดวิตามินซี เพราะปลาส่วนใหญ่สังเคราะห์วิตามินเองไม่ได้จึงต้องได้รับจากอาหาร (Sakaguchi et al., 1969; Halver et al., 1975; Lovell, 1978; Sato et al., 1978; Tucker and Halver, 1986) วิตามินซีจะช่วยให้ระบบสรีระและเมตาบอลิซึมของร่างกายดำเนินไปอย่างเป็นปกติ (Murai et al., 1978; Tolbert, 1979) รูปแบบของวิตามินซีที่นำมาใช้ เช่น วิตามินซีดัดแปลงหรือวิตามินซีอนุพันธ์รูปแบบต่างๆ ก็มีข้อแตกต่างกันทั้งในด้านประสิทธิภาพการนำไปใช้ในร่างกายสัตว์

น้ำ หรือการออกฤทธิ์ของวิตามินซี (Soliman et al., 1986; Dabrowski and Kock, 1989; El Nagger and Lovell, 1991; Shiao and Hsu, 1995) สำหรับการนำวิตามินซีไปใช้ในสภาพการเลี้ยงจริง จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณการใช้ ช่วงระยะเวลาการใช้วิตามินซี คุณภาพและคุณสมบัติของวิตามินซีที่ใช้ ตลอดจนความคงสภาพและต้นทุนที่ต่างกันของการใช้วิตามินซี (Soliman et al., 1978)

ข้อเสนอแนะ

1. การกินอาหารยากของปลา ควรฝึกให้อาหารปลาเป็นเวลาและให้สัญญาณเสียงก่อนให้อาหาร เช่น เคาะตุ้บๆ เพื่อให้ปลามีความเคยชินเมื่อถึงเวลาให้อาหาร
2. ควรมีการศึกษาวิตามินซีรูปแบบต่างๆ ในการใช้เสริมอาหารเลี้ยงปลากดเหลือง และศึกษาความต้องการที่แน่นอนของวิตามินแต่ละรูปแบบต่อไป
3. การศึกษาผลของวิตามินซีมีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบของวิตามินที่ใช้ ระดับของวิตามินซีที่ใช้ ชนิดและขนาดของปลาทดลอง และวิธีที่ใช้ทดสอบ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ด้วย
4. อายุ ควรมีการศึกษาช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการเสริมวิตามินซี เพื่อจะได้ทราบระดับที่เหมาะสมและเพียงพอกับช่วงอายุของลูกปลา

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุน การทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2545. การเพาะเลี้ยงปลากดเหลือง
 สูตรกรมประมง. 2545. เทคโนโลยี
 ชวาบ้าน. 14(282): 64-65.

- เจดั่น อมาตยกุล, มาโนชญ์ เบญจกาญจน์, วสันต์ ศรีวัฒนะ, สุรางค์ สุมโนจิตรภรณ์, ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์, ศราวุธ เจาะโสภา, อนันต์ สีหิรัญวงศ์, สุวิมล สีหิรัญวงศ์, สุชาวดี กสิสุวรรณ และ วิศิษฐ์ สีละวิวัฒน์. 2538. ปลาหลดเหลือง. กองประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 56 หน้า.
- มะลิ บุญยรัตผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ และ จารุรัตน์ วรรณภูววัฒน์. 2533. ระดับวิตามินซีที่เหมาะสมเพื่อเสริมในอาหารเลี้ยงลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*). สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมงสงขลา. 18 หน้า.
- โยธิน ลีลานนท์ และ รังสิต แยมเอิบลิน. 2524. ชีวิตวิทยาของปลาหลดเหลือง ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์จังหวัดกาญจนบุรี. รายงานประจำปี 2524 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ.
- วาสนา มณีรัตน์. 2539. ผลของวิตามินซีต่อความต้านทานโรค และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์ โอเดียนไสตร์, กรุงเทพฯ. 216 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หลัก. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำและการให้อาหารสัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 หน้า.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2539. ผลของวิตามินซีระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลาหลดเหลือง (*Mystus nemurus*). วารสารสงขลานครินทร์ วท. 18(4): 413-420.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2540. ผลของวิตามินซีระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายของปลาหลดเหลือง (*Mystus nemurus*). วารสารสงขลานครินทร์. 18(4). 413-420.
- สโรชา หรุ่นศิริ. 2540. การเปรียบเทียบผลของวิตามินซีรูปแบบต่างๆ ในอาหารปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุชาวดี กสิสุวรรณ และ วสันต์ ศรีวัฒนะ. 2538. การทดลองเลี้ยงปลาหลดเหลืองในกระชัง. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2538. กรมประมง. กรุงเทพฯ.
- หทัยรัตน์ กษมาวุฒิ. 2541. การศึกษาพัฒนาการของกระเพาะอาหารและการอนุบาลลูกปลากดเหลือง (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. กรุงเทพฯ.
- Blanco, O. and Meade, T. 1980. Effect of dietary scorbic acid on the susceptibility of Steelhead trout (*Salmo gairdneri*) to nitrite toxicity. *Revue Biologie Tropical* 28:91-107.
- Boonyaratpalin, M., Unprasert, N. and Buranapanidgit, J. 1989. Optimal supplementary vitamin C level in seabass fingerling diet. In "The Proceeding of the Third International Symposium on Feeding and Nutrition in Fish, 28 August - 1 September, 1988, Toba, Japan" (ed. By M. Takeda and T. Watanabe), Tokao, Japan, pp. 149-157.

- Boonyaratpalin, M. 1991. Vitamin B6 requirement of juvenile seabass, *Lates calcarifer*. In "Fish Nutrition (Thailand) Project" National Institute of Coastal Aquaculture, Department of Fisheries, Songkhla, Thailand, pp. 78-91.
- Chavez de Martinez, M.C., Escobar, B.L. and Olvera-Novoa, M.A. 1990. The requirement of *Cichlamaurophthalmus* (Gunther) fry for pantothenic acid and the pathological signs of deficiency. *Aqua. Fish. Manage.*, 21: 145-156.
- Dabrowski, K. and Kock, G. 1989. Absorption of ascorbic acid and ascorbic sulfate and their interaction with mineral in digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46:1952-1957.
- Dabrowski, K., El-Fiky, N., Kock, G., Frigg, M. and Wises, W. 1990. Requirement and utilization of ascorbic acid and ascorbic sulfate in juvenile rainbow trout. *Aquaculture* 91:317-337
- El Naggar, G.O. and Lovell, R.T. 1991. Effect of source and dietary concentration of ascorbic acid on tissue concentration of ascorbic acid in channel catfish. *J. World. Aqua. Soc.* 2(24):201-206.
- Gouillou-Coustans, M.-F., Bergot, P. and Kaushik, S.J. 1998. Dietary ascorbic acid needs of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture* 161:453-461.
- Halver, J.E. 1979. Vitamin requirement of fin fish, pp.45-58. In J.E. Halver and K. Tiews(eds.). *Proc. World Symp. On Fish Nutrition and Fish Feed Technology*, Hambury. 1978. Vol. 1 Heenemann, Berlin.
- Halver, J.E. 1985. Recent advances in vitamin nutrition and metabolism in fish. In "Nutrition and Feeding in Fish" (ed. By C.B. Cowey), A.M. Mackie and J.E. Bell, Academic Press, New York. Pp. 415-429.
- Halver, J.E., Ashley, L.M. and Smith, R.R. 1969. Ascorbic acid requirement of coho salmon and rainbow trout. *Trans. Am. Fish. Soc.* 98:762-767.
- Halver, J.E., Smith, R.R., Tolbert, M. and Baker, E.M. 1975. Utilization of ascorbic acid in fish. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 258:81-102.
- Halver, J.E., Felton, S. and Palmisano, A.N. 1991. Efficacy of L-ascorbyl-2-sulfate as a vitamin C source for Rainbow trout. *Fish Nutrition in Practice*. Pp. 24-27
- Hilton, J.W., Cho, C.Y. and Slinger, S.T. 1977. Factors affecting the stability of supplemental ascorbic acid in practical diets. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35:638-678.
- Ikeda, S. 1989. Issues on vitamin C utilization in aquaculture feeds. *ASA Technical Bulletin. AQ* 44:1-13.
- Khajarearn, J. and Khajarearn, S. 1997. Stability and bioavailability of vitamin C- glucose in *Clarias* hybrid catfish (*Clarias gariepinus* X *Clarias macrocephalus*). *Aquaculture* 151:219-224.
- Lehninger, L.A. 1982. *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers Inc., New York. 500 p.
- Lovell, R.T. and Lim, C. 1978. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) *J. Nutri.* 108 (7):1,137-1,146.

- Matusiewicz, M., Dabrowski, K., Volker, L. and Matusiewicz, K. 1995. Ascorbate polyphosphate is a bioavailable vitamin C source in juvenile rainbow trout : tissue saturation and compartmentalization model. *J. Nurt.* 125:3055-3061.
- Murai, T., Andrews, J.W. and Bauernfeind, J.C. 1978. Use of L-ascorbic acid, ethocel coated ascorbic acid and ascorbic-2-sulfate in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) *J. Nurt.* 108:1761-1766.
- New, M.B. 1987. Feed and feeding of fish and shrimp. ADGP/REP/87/26. FAO/Rome, Italy. 275 p.
- Sakaguchi, H., Takeda, F. and Tang, K. 1969. Study on vitamin requirements by yellowtail. 1 Vitamin B6 and C deficiency symptoms. *Bull. Jpn. Soc. Fish.* 35:1201-1206.
- Sato, M., Yoshinaka, R. and Ikeda, S. 1978. Dietary ascorbic acid requirement of rainbow trout for growth and collagen formation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 44:1029-1035.
- Sato, M., Kendo, T., Yoshimaka, R. and Ikeda, S. 1983. Effect of water temperature on the skeleton deformity in ascorbic acid deficient rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 49:443-446.
- Shiau, S.Y. and Hsu, T.S. 1994. Vitamin C requirement of grass shrimp, *Penaes monodon*. As determined with L-ascorbyl-2-monophosphate. *Aquaculture* 122-347-357.
- Shiau, S.Y. and Hsu, T.S. 1995. L-ascorbyl-2-sulfate has equal antiscorbutic activity as L-ascorbyl-2-monophosphate for tilapia, (*Oreochromis niloticus* X *O. Aureus*). *Aquaculture* 133:147-157.
- Soliman, A.K., Jauncey, K. and Roberts, R.I. 1978. Stability of L-ascorbic acid (vitamin) and its forms in fish feeds during processing storage and leaching. *Aquaculture* 60:73-83.
- Soliman, A.K., Jauncey, K. and Roberts, R.I. 1986. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, Survival rate and Performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture* 59:197-208.
- Stryer, L. 1988. Biochemistry. W.H. Freeman and Company, New York. 1089 p.
- Teshima, S.I., Kanazawa, A., Koshio, S. and Itoh, S. 1991. L-ascorbyl-2-phosphate-Mg as vitamin C source for the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish Nutrition in Practice, Biarritz, June 24-27, France* pp. 157-166.
- Tolbert, B.M. 1979. Ascorbic acid Metabolism and physiological function. *Int. J. Vit. Nurt. Res., Suppl.* 19:127-142.
- Tucker, B.W. and Halver, J.E. 1986. Utilization of ascorbate-2-sulfate in fish. *Fish Physio Biochem.* 2:151-160.
- Wilson, R.P., Poe, W.E. and Robinson, E.H. 1989. Evaluation of L-ascorbyl-2-polyphosphate (AsPP) as a dietary ascorbic acid source for channel catfish. *Aquaculture* 84:129-136