ผลของการใช้น้ำมันกานพลูร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุและระยะเวลาการขนส่งต่ออัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดง (*Oreochromis spp.*)

Effects of Clove Oil, Stocking Density, and Transportation Duration on the Survival Rate of Red Tilapia (*Oreochromis spp.*)

สาธิต คำผง*[1], ภวัต เจียมจิณณวัตร[2], วรินธร มณีรัตน์[3]

Sathit Khamphong*[1], Bhawat Chiamjinnawat[2], and Warinthorn Maneerat[3]

[1] นักวิชาการประมงชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำเพชรบุรี

[2] รองศาสตราจารย์ วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาเอกการจัดการทรัพยากรเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

*Corresponding author : sathitk@fisheries.go.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำมันกานพลูร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุ และระยะเวลาการขนส่งต่ออัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดง (*Oreochromis spp.*) ขนาดเฉลี่ย 30 กรัม โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นในการบรรจุที่เหมาะสม โดยใช้ระดับความเข้มข้น 0, 15, 25 และ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่น 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง และ (2) การทดลองขนส่งจริงในรถขนส่ง โดยใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่เหมาะสมและความหนาแน่นที่ได้จากการทดลองแรก นำไปประเมินผลในระยะเวลาการขนส่ง 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ผลการทดลองที่ 1 พบว่า ความเข้มข้นน้ำมันกานพลู 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่น 9 ตัวต่อลิตร เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ปลามีอัตรารอดสูงโดยไม่มีผลกระทบด้านลบต่อสุขภาพ ($p>0.05$) ผลการทดลองที่ 2 พบว่า ภายใต้สภาวะการขนส่งจริง ลูกปลานิลแดงมีอัตราการรอดเฉลี่ย 98.47–99.62% ในทุกระยะเวลาการขนส่ง โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังนั้น การใช้น้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่น 9 ตัวต่อลิตร เหมาะสมต่อการขนส่งลูกปลานิลแดงขนาด 30 กรัม ในระยะเวลา 3–12 ชั่วโมง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเสีย และช่วยเป็นแนวทางเชิงปฏิบัติแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ปลานิลแดง น้ำมันกานพลู ความหนาแน่นในการบรรจุ อัตราการรอดตาย

Abstract

This study aimed to investigate the effects of clove oil, containing density, and transportation duration on the survival rate of Red Tilapia (Oreochromis spp.) with an average size of 30 g. The research consisted of two experiments: (1) a preliminary trial to determine the appropriate clove oil concentration and containing density, using concentrations of 0, 15, 25, and 35 mg/L combined with containing densities of 3, 6, and 9 fish/L at durations of 3, 6, 9, and 12 hours; and (2) a practical transportation trial using the optimal concentration and density from the first experiment, tested under actual transport conditions for 3, 6, 9, and 12 hours. The preliminary results indicated that clove oil at 25 mg/L and a containing density of 9 fish/L were optimal, providing the highest survival rate without adverse effects ($p>0.05$). In the actual transportation trial, the survival rate of Red Tilapia ranged between 98.47% and 99.62% across all transportation durations, with no significant differences ($p>0.05$). In conclusion, the application of clove oil at 25 mg/L combined with a containing density of 9 fish/L is suitable for transporting 30 g sized Red Tilapia for 3–12 hours. This method effectively reduces stress and mortality, enhances transportation efficiency, and provides practical guidelines for fish farmers in Red Tilapia aquaculture.

Keywords : Red Tilapia, Clove Oil, Containing Density, Survival Rates

บทนำ

ปลานิลสีแดงเป็นชื่อที่ได้รับการพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2527 แต่ในปัจจุบันนิยมเรียกกันทั่วไปว่า “ปลานิลแดง” (มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ์ และพรรณศรี จริโมภาส, 2530, น. 20) การวิเคราะห์อัลโลไซม์ระบุว่าปลานิลแดงมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมของปลานิลร้อยละ 78 และปลาหมอเทศร้อยละ 22 ซึ่งสะท้อนถึงความเป็นลูกผสมทางพันธุกรรม ปลานิลแดงที่เลี้ยงในประเทศไทยมีความหลากหลายทางสายพันธุกรรม โดยกรมประมงได้ปรับปรุงสายพันธุ์ “ปทุมธานี 1” ในปี พ.ศ. 2552 ให้สามารถเติบโตเร็วในสภาพน้ำเค็มระดับ 25–30 ส่วนในพัน (นวลมณี พงศ์ธนา, นนท์ปวิธ ออกแดง, มัลลิกา ทองสง่า และประจักษ์ บัวเนียม, 2552, น. 412–420)

ปลานิลแดงจัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ มีการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในระบบกระชัง (นวลมณี พงศ์ธนา, 2553, น. 47) อย่างไรก็ตาม การขนส่งลูกปลานิลแดง โดยเฉพาะในช่วงที่มีขนาด 10–30 กรัม มักพบปัญหาด้านความเสียหายเนื่องจากการเคลื่อนไหวของปลาในถุงพลาสติกที่อาจทำให้เกิดการรั่วซึมของถุง การขนส่งลูกปลาขนาดดังกล่าวจึงมักใช้ถังไฟเบอร์ที่มีการเติมออกซิเจนและควบคุมอุณหภูมิ แม้จะได้ผลดีแต่มีต้นทุนสูง การใช้ถุงพลาสติกร่วมกับการสลบปลาโดยใช้น้ำมันกานพลูจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดต้นทุนและความเสี่ยงจากความเสียหายระหว่างการขนส่ง

น้ำมันกานพลู (Clove oil) มีสารออกฤทธิ์สำคัญคือยูจีนอล เป็นยาสลบที่นิยมใช้ในสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ มีความปลอดภัยและต้นทุนต่ำ (วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล, 2556, น. 655) ในประเทศไทย มีการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูต่อปลาหลายชนิด เช่น ปลานิล ปลายี่สกเทศ และปลาเก๋า โดยอุทร เจริญเดช และคณะ (2552, น. 9–18) พบว่า ความเข้มข้นที่ทำให้ลูกปลานิลตาย 50% ภายใน 24 ชั่วโมง (24-hr LC50) คือ 16.95 มก./ลิตร และระดับ 5–20 มก./ลิตร สามารถเหนี่ยวนำให้ปลานิลเข้าสู่ภาวะสลบในระดับต่างๆ ได้ ส่วนภูริภัทร วงษ์แก้ว และทัศนีย์ นลวชัย (2558, น. 208–214) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ทำให้ปลายี่สกเทศขนาด 2 นิ้วสลบได้คือ 22 มก./ลิตร โดยความเข้มข้นที่ 52 มก./ลิตรให้ผลการรอดตาย 100% ภายใน 90 นาที ขณะที่เจนนุช ว่องธวัชชัย และคณะ (2549, น. 1–80) พัฒนาสูตรยาสลบน้ำมันกานพลูที่ใช้ได้ดีในปลานิลและปลาเก๋า โดยความเข้มข้น 50 มก./ลิตร ทำให้ปลานิลสลบและฟื้นภายใน 2 นาที และความเข้มข้น 400–500 มก./ลิตร ทำให้ปลาเก๋าลดความเคลื่อนไหวและสลบภายใน 300 วินาที สามารถฟื้นในเวลาไม่เกิน 60-250 วินาที นอกจากนี้ วิจิตรา ตุ้งซี่ และณัฐพล ราชูภิมนต์ (2561, น. 1–7) ศึกษาน้ำมันกานพลูในปลานิลขนาดต่างๆ พบว่า ปลาขนาดใหญ่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าขนาดเล็ก และระดับความเข้มข้นไม่เกิน 100 มก./ลิตร ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพหรืออัตราการรอดของปลา ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับปลานิลขนาด 5–10 ซม. คือ 40–100 มก./ลิตร และสำหรับขนาด 15–20 ซม. คือ 60–100 มก./ลิตร

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การใช้ยาสลบในปลาให้ผลลัพธ์ที่ดีในการลดความเครียดและอัตราการตายระหว่างการจัดการและขนส่ง อย่างไรก็ตาม ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิด ขนาดของปลา และสภาวะการขนส่ง เช่น ความหนาแน่นของการบรรจุ และระยะเวลาขนส่ง โดยเฉพาะในบริบทของลูกปลานิลแดงขนาด 30 กรัม ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมักใช้ในการเลี้ยงในระบบกระชัง อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ครอบคลุมลูกปลานิลแดงขนาด 30 กรัมในบริบทของการขนส่งในถุงพลาสติก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูร่วมกับความหนาแน่นในการบรรจุและระยะเวลาการขนส่ง ต่ออัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดง ขนาด 30 กรัม พร้อมทั้งทดสอบในสภาวะจริงเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นในการบรรจุลูกปลานิลแดงที่เหมาะสม

2. เพื่อศึกษาอัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดงที่ใช้น้ำมันกานพลูในการทำให้สลบโดยใช้รถขนส่งที่ระยะทางต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์การเตรียมน้ำมันกานพลู

1.1 กระบอกตวงพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.2 บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.3 น้ำมันกานพลูบริสุทธิ์แท้ 100%

1.4 เอทิลแอลกอฮอล์ 95%

1.5 ขวดแก้วสีชา ขนาด 150 มิลลิลิตร

2. วัสดุและอุปกรณ์การเตรียมลูกปลานิลแดง

2.1 ลูกปลานิลแดงขนาด 2-3 เซนติเมตร น้ำหนัก 30 กรัม จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำปทุมธานี

2.2 อาหารชนิดเม็ดสำเร็จรูป

2.3 บ่อคอนกรีต ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 1 เมตร จำนวน 1 บ่อ

2.4 สวิงกลม ขนาดช่องตา 20 ช่องตาต่อตารางนิ้ว จำนวน 2 อัน

2.5 ถังพลาสติก ขนาด 500 ลิตร จำนวน 4 ใบ

2.6 หัวทรายพร้อมสายลม สำหรับให้อากาศ

2.7 กะละมัง สำหรับคัดขนาดลูกปลานิลแดง

3. วัสดุและอุปกรณ์การวิจัยและการบันทึกผลการวิจัย

3.1 ถุงพลาสติก ขนาด 18 นิ้ว x 28 นิ้ว

3.2 ยางวงใหญ่ สำหรับมัดปากถุง

3.3 ออกซิเจนบริสุทธิ์ สำหรับให้อากาศในการบรรจุลูกปลานิลแดง

3.4 แบบบันทึกข้อมูลผลการวิจัย

วิธีการ

1. การเตรียมน้ำมันกานพลู

นำน้ำมันกานพลู (Clove Oil) บริสุทธิ์มาผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ 95% เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยผสมในอัตราส่วน น้ำมันกานพลู 1 ส่วนต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 9 ส่วน ผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุเก็บไว้ในขวดแก้วสีชาหรือขวดทึบแสง จะได้น้ำมันกานพลูสำหรับใช้ในการสลบปลา ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับการนำน้ำมันกานพลูไปใช้

โดยวิธีการคำนวณ ใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

เมื่อ N_1 คือ ระดับความความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ได้จาการเตรียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V_1 คือ ปริมาณของน้ำมันกานพลูที่จะต้องใช้ (มิลลิลิตร)

N_2 คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ต้องใช้ในการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

V_2 คือ ปริมาณของน้ำที่ต้องใช้ในการทดลอง (มิลลิลิตร)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ซึ่งแต่ละการทดลองใช้แผนการทดลอง การเตรียมสัตว์ทดลอง วิธีการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและความหนาแน่นในการบรรจุลูกปลานิลแดงที่เหมาะสม (Preliminary Research)

1) แผนการทดลอง การทดลองนี้ใช้แผนการทดลอง 4x3 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 4 ระดับ (ปัจจัย A) ที่ 0, 15, 25 และ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความหนาแน่นของปลานิลแดง 3 ระดับ (ปัจจัย B) ที่ 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร โดยมี 12 ทรีตเมนต์ผสมๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

1. A1B1 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร
2. A1B2 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 6 ตัวต่อลิตร
3. A1B3 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 9 ตัวต่อลิตร
4. A2B1 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร
5. A2B2 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 6 ตัวต่อลิตร
6. A2B3 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 9 ตัวต่อลิตร
7. A3B1 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร
8. A3B2 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 6 ตัวต่อลิตร
9. A3B3 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 9 ตัวต่อลิตร
10. A4B1 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 3 ตัวต่อลิตร
11. A4B2 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 6 ตัวต่อลิตร
12. A4B3 คือ ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นที่ 9 ตัวต่อลิตร

ในการจัดทรีตเม้นท์ข้างต้นได้อ้างอิงจากงานวิจัยของอุทร เจริญเดช และคณะ (2552, น. 9–18) ที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำมันการพลูในการสลบลูกปลานิลที่ระดับ 5-20 มก./ลิตร ในงานวิจัยนี้เพิ่มช่วงการทดสอบเป็น 0-35 มก./ลิตร ส่วนความหนาแน่นเนื่องจากไม่มีข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยอื่นในกรณีลูกปลานิล จึงได้ทำการทดลองศึกษาเบื้องต้นที่ความหนาแน่น 2, 3 และ 4 ตัวต่อลิตร พบว่าอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นจึงได้จัดระดับความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร

2) สัตว์ทดลอง สำหรับการทดลองที่ 1 นำลูกปลานิลแดงขนาด 2-3 เซนติเมตร มาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 8 เมตร ลึก 1 เมตร ให้อาหารชนิดเม็ดสำเร็จรูป จำนวน 2 มื้อต่อวัน อนุบาลลูกปลานิลแดงประมาณ 60 วัน จากนั้นทำการคัดขนาดลูกปลานิลแดงให้มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 30 กรัมต่อตัว โดยนับจำนวนปลานิลแดงเพื่อใช้สำหรับการทดลองที่ 1 จำนวน 3,456 ตัว และนำไปพักในถังพลาสติกขนาดบรรจุ 500 ลิตร จากนั้นเตรียมถุงพลาสติกขนาด 18 นิ้ว x 28 นิ้ว โดยใช้ถุงซ้อนกันสองใบ เติมน้ำปริมาณ 4 ลิตรต่อถุงและเติมอากาศ 2 ส่วนใน 3 ส่วนของถุง แล้วจึงบรรจุลูกปลานิลแดงในแต่ละทรีตเมนต์ผสม จากนั้นมัดปากถุงให้แน่นด้วยยาง

3) วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล จัดวางถุงพลาสติกที่บรรจุลูกปลานิลในทุกทรีตเมนต์ผสมไว้ในพื้นที่โล่งภายนอกอาคารโดยใช้ตาข่ายสีดำสำหรับพลางแสง 80 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเก็บข้อมูลอัตราการรอดชีวิตของลูกปลานิลแดงใน 4 ระยะเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยเมื่อครบกำหนดในแต่ละระยะเวลาจะนำถุงบรรจุลูกปลานิลแดงไปลอยน้ำในถัง เพื่อให้อุณหภูมิน้ำในถุงและอุณหภูมิน้ำในถังใกล้เคียงกัน จากนั้นเปิดปากถุงและทำการนับจำนวนปลานิลแดงที่ตายและบันทึกข้อมูล เพื่อคำนวณอัตราการรอดตาย (Survival Rate : SR%) ตามวิธีของ (วิมล จันทรโรทัย, 2536, น. 323-328) โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

ทั้งนี้ ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 1 (Preliminary Research) คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูและระดับความหนาแน่นของลูกปลานิลแดงที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในการทดลองที่ 2 เพื่อทำการทดลองขนส่งจริงต่อไป

4) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลานิลแดงในแต่ละทรีตเมนต์ผสม โดยวิธี Tukey HSD Multiple comparisons ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดงที่ใช้น้ำมันกานพลูในการทำให้สลบโดยใช้รถขนส่งที่ระยะทางต่างๆ

1) แผนการทดลอง จากผลการทดลองที่ 1 (Preliminary Research) พบว่า ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับความหนาแน่นของลูกปลานิลแดง 9 ตัวต่อลิตรเหมาะสมต่อการใช้ทำให้ลูกปลานิลสลบ จึงได้นำผลการทดลองดังกล่าวมาทำการทดลองที่ 2 ซึ่งทำการขนส่งจริง โดยใช้ระยะเวลาในการขนส่ง 4 ระยะเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ทั้งนี้ การทดลองที่ 2 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 20 ซ้ำ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ระยะเวลาในการขนส่ง 3 ชั่วโมง (T1)
ทรีตเมนต์ที่ 2 ระยะเวลาในการขนส่ง 6 ชั่วโมง (T2)
ทรีตเมนต์ที่ 3 ระยะเวลาในการขนส่ง 9 ชั่วโมง (T3)
ทรีตเมนต์ที่ 4 ระยะเวลาในการขนส่ง 12 ชั่วโมง (T4)

ในการจัดทรีตเม้นท์ระยะเวลาในการขนส่งทั้ง 4 ระดับ ได้ใช้การประมาณการระยะเวลาตามระยะทางการขนส่งในระยะไกลที่จะส่งผลกระทบต่ออัตราการตายของลูกปลานิล โดยการขนส่งในระยะทางที่ไกลที่สุดจากแหล่งผลิตลูกปลาใช้เวลาไม่เกิน 12 ชั่วโมง

2) สัตว์ทดลอง ทำการเตรียมสัตว์ทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับความหนาแน่นของลูกปลานิลแดง 9 ตัวต่อลิตร (ถุงละ 36 ตัว) ทำการจัดถุงบรรจุลูกปลานิลแดงจำนวน 80 ถุง ขึ้นรถขนส่ง ซึ่งเป็นรถกระบะมีคอกสูงด้านข้างเพื่อทำการขนส่งต่อไป โดยก่อนการขนส่งได้งดการให้อาหารเพื่อไม่ให้กระทบต่อส่งการย่อยอาหารและการขับถ่ายของปลาขณะขนส่ง

3) วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล ในการขนส่งจริงกำหนดระยะเวลาในการขนส่งจากต้นทางไปยังปลายทางฟาร์มของเกษตรกรที่ 4 ระยะเวลา ได้แก่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง การคัดเลือกฟาร์มเกษตรกรดำเนินการโดยพิจารณาระยะเวลาในการขนส่งจากแผนที่ดาวเทียม Google Map เพื่อให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองจริง พร้อมทั้งสำรวจฟาร์มเกษตรกรที่มีความพร้อมของสถานที่สำหรับเลี้ยงปลานิลแดง ทั้งนี้ ลักษณะของฟาร์มไม่มีผลต่อผลการทดลองโดยได้ฟาร์มเกษตรกรจำนวน 2 ฟาร์มต่อระยะเวลา ดังนี้

(1) ระยะเวลาการขนส่งที่ 3 ชั่วโมง ระยะทางจากแผนที่ดาวเทียมประมาณ 124 กิโลเมตร โดยฟาร์มที่คัดเลือกตั้งอยู่ที่ตำบลเขาน้อย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 2 ฟาร์ม ได้แก่ W1 และ W2

(2) ระยะเวลาการขนส่งที่ 6 ชั่วโมง ระยะทางจากแผนที่ดาวเทียมประมาณ 356 กิโลเมตร โดยฟาร์มที่คัดเลือกตั้งอยู่ที่ตำบลหนองลู อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 2 ฟาร์ม ได้แก่ X1 และ X2

(3) ระยะเวลาการขนส่งที่ 9 ชั่วโมง ระยะทางจากแผนที่ดาวเทียมประมาณ 491 กิโลเมตร ฟาร์มที่คัดเลือกตั้งอยู่ที่ตำบลตาจั่น อำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 ฟาร์ม ได้แก่ Y1 และตำบลหนองหว้า อำเภอบัวลาย จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 ฟาร์ม ได้แก่ Y2

(4) ระยะเวลาการขนส่งที่ 12 ชั่วโมง ระยะทางจากแผนที่ดาวเทียมประมาณ 739 กิโลเมตร ฟาร์มที่คัดเลือกตั้งอยู่ที่ตำบลหนองกินเพล อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 2 ฟาร์ม ได้แก่ Z1 และ Z2

ทั้งนี้ เมื่อขนส่งลูกปลานิลแดงไปถึงฟาร์มปลายทางตามระยะเวลาต่างๆ แล้ว จะนำถุงที่บรรจุลูกปลานิลแดงไปลอยน้ำในบ่อเลี้ยง เพื่อให้อุณหภูมิน้ำในถุงและอุณหภูมิน้ำในถังใกล้เคียงกัน จากนั้นเปิดปากถุงและทำการนับจำนวนลูกปลานิลแดงที่ตายและบันทึกข้อมูลเพื่อคำนวณอัตราการรอดตาย (Survival rate : SR%) ตามสูตรในการทดลองที่ 1 ส่วนจำนวนปลานิลแดงที่รอดตายของแต่ละถุง ดำเนินการปล่อยลงบ่อเลี้ยงหรือกระชังของเกษตรกร

4) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (Two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลานิลแดงในแต่ละทรีตเมนต์ โดยวิธี Tukey HSD Multiple comparisons ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1 (Preliminary Research) โดยทำการทดลองภายนอกอาคารแบบเปิด เพื่อหาอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลู 4 ระดับ (ปัจจัย A) ที่ 0, 15, 25 และ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความหนาแน่นของปลานิลแดง 3 ระดับ (ปัจจัย B) ที่ 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร โดยเก็บข้อมูลที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

Table 1 Average survival rate of red tilapia at different clove oil concentrations (A) and red tilapia stocking density (B) at 3, 6, 9 and 12 hours

Duration (hours)	Concentrations (ppm)	Stocking density (fish/ liter)			SR[1]	A x B
		3	6	9		
3	0	97.23±4.79	100.00±0.00	100.00±0.00	99.08±2.77	ns
	15	100.00±0.00	98.60±2.42	100.00±0.00	99.53±1.40	
	25	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	
	35	100.00±0.00	100.00±0.00	99.07±1.62	99.69±0.93	
	SR[2]	99.31±2.40	99.65±1.21	99.77±0.81		
	p-value (A)		0.51			
	p-value (B)		0.26			
	p-value (A x B)		0.32			
6	0	97.23±4.79	98.60±2.42	99.07±1.62	98.30±2.92	ns
	15	100.00±0.00	97.20±2.42	100.00±0.00	99.07±1.85	
	25	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	
	35	97.23±4.79	100.00±0.00	98.13±1.62	98.46±2.81	
	SR[2] (%)	98.62±3.23	98.95±1.90	99.30±1.27		
	p-value (A)		0.40			
	p-value (B)		0.77			
	p-value (A x B)		0.47			
9	0	94.47±4.79	95.80±0.00	97.20±0.00	95.82±2.67^{b}	ns
	15	97.23±4.79	98.60±2.42	100.00±0.00	98.61±2.94^{a}	
	25	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00^{a}	
	35	91.70±0.00	95.80±0.00	99.07±1.62	95.52±3.30^{b}	
	SR[2] (%)	95.85±4.33^{b}	97.55±2.16^{ab}	99.07±1.38^{a}		
	p-value (A)		0.00			
	p-value (B)		0.00			
	p-value (A x B)		0.20			
12	0	91.67±0.00	94.44±2.40	94.44±0.00	93.52±1.83^{bc}	ns
	15	94.45±4.81	97.22±4.81	97.22±0.00	96.30±3.67^{b}	
	25	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00^{a}	
	35	86.11±4.82	93.06±2.40	96.29±1.61	91.82±5.31^{c}	
	SR[2] (%)	93.06±5.98^{b}	96.18±3.75^{a}	96.99±2.20^{a}		
	p-value (A)		0.00			
	p-value (B)		0.00			
	p-value (A x B)		0.08			

The mean ± standard deviation of survival rates in the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$), and in the same column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 1 อัตราการรอดตายเฉลี่ยของลูกปลานิลแดง จากการใช้ความเข้มข้นน้ำมันกานพลูที่ 0, 15, 25 และ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นของการบรรจุที่ 3, 6 และ 9 ตัวต่อลิตร ระยะเวลาการทดลองที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของระดับความเข้มข้นน้ำมันกานพลูและระดับความหนาแน่นของการบรรจุลูกปลานิลแดงต่ออัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดง ($p>0.05$) และที่ระยะการทดลองที่ 9 และ 12 ชั่วโมง มีอัตรารอดตายที่แตกต่างกันทั้งความเข้มข้นน้ำมันกานพลูและระดับความหนาแน่นของการบรรจุ ($p<0.05$) ดังนั้น จึงพิจารณาในแต่ละปัจจัย พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตรในทุกระยะเวลาการทดสอบ สัตว์น้ำไม่มีความเสียหาย ไม่มีการตายระหว่างการทดสอบ ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูสามารถลดการเคลื่อนไหว อาการตื่นตกใจของปลา และลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งจริงได้ และระดับความหนาแน่นของการบรรจุลูกปลานิลแดงที่ 9 ตัวต่อลิตรเป็นระดับความหนาแน่นสูงสุดในการบรรจุที่ได้จากการวิจัยในครั้ง เมื่อพิจารณาจากทั้งสองปัจจัยพบว่ามีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการขนส่งจริง

ผลการทดลองที่ 2 ทำการขนส่งถุงพลาสติกบรรจุลูกปลานิลแดงด้วยรถขนส่งจริง โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และระดับความหนาแน่นของการบรรจุลูกปลานิลแดงที่ 9 ตัวต่อลิตร ไปยังฟาร์มเกษตรกรปลายทางที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ได้ผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Average survival rate of red tilapia at 3, 6, 9 and 12 hours using clove oil concentration of 25 mg/L and packing density of red tilapia fry of 9 fish/ liter

study factors	Transportation time (hours)				p-value
Average survival rate (%)	3	6	9	12	
	99.03±1.36	98.47±1.91	99.58±1.02	99.62±0.94	0.22

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า การขนส่งลูกปลานิลแดงที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง โดยการใช้ความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และความหนาแน่นของการบรรจุ 9 ตัวต่อลิตร อัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดงมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราการรอดตายของลูกปลานิลแดงเฉลี่ยที่ระยะเวลาการขนส่งที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง ลูกปลานิลแดงมีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 99.03±1.36, 98.47±1.91, 99.58±1.02 และ 99.62±0.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้ทั้ง 2 การทดลองจากงานวิจัยในครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้น้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 25 มก./ลิตร และความหนาแน่นในการบรรจุที่ 9 ตัวต่อลิตร เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการขนส่งลูกปลานิลแดงขนาด 30 กรัม ระยะเวลาการขนส่ง 3-12 ชั่วโมง

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองเพื่อหาความเหมาะสมของความเข้มข้นน้ำมันกานพลู พบว่าความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถทำให้ลูกปลานิลแดงสลบได้โดยไม่เกิดความเสียหายหรือตายในทุกระยะเวลาทดสอบ (3–12 ชั่วโมง) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hisaka et al. (1986) และ Wildgoose (2001) ที่ระบุว่าน้ำมันกานพลูมีประสิทธิภาพในการทำให้ปลาสลบที่ระดับ 25–100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดจนงานของดนัย สมใจ และคณะ (2551) ที่ชี้ว่าความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตรเหมาะสมต่อการขนส่งปลากัดจีนมากที่สุด ส่วนผลของความหนาแน่นในการบรรจุ จากผลการทดลองพบว่าระดับความหนาแน่น 9 ตัวต่อลิตรเป็นระดับสูงสุดที่ยังสามารถคงอัตราการรอดได้สูง โดยไม่มีความแตกต่างจากระดับต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญในบางระยะเวลา การใช้ความหนาแน่นระดับนี้จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อการรอดตายของลูกปลา โดยผลของการสลบปลาต่อการลดความเครียดและการตาย และยังช่วยลดพฤติกรรมตื่นตกใจ ลดการเคลื่อนไหว และทำให้อัตรา

การใช้ออกซิเจนต่ำลงในระหว่างการขนส่ง จึงช่วยป้องกันการบาดเจ็บและการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง สอดคล้องกับ ส่งศรี มหาสวัสดิ์ (2532) ที่รายงานว่ายาสลบช่วยลดความบอบช้ำและการเกิดบาดแผล และเกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน (2543) ที่อธิบายว่าการตื่นตกใจทำให้สัตว์น้ำมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและตายมากขึ้น อย่างไรก็ตามแม้การใช้น้ำมันกานพลูและความหนาแน่นที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มอัตราการรอดได้ แต่ยังจำเป็นต้องพิจารณาการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติกที่หนาหรือการซ้อนหลายชั้น เพื่อป้องกันการรั่วซึมระหว่างการขนส่ง โดยเฉพาะในกรณีการขนส่งระยะทางไกลหรือต้องผ่านพื้นที่ทุรกันดาร

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้น้ำมันกานพลูที่ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นการบรรจุที่ 9 ตัวต่อลิตร เหมาะสมต่อการขนส่งลูกปลานิลแดงขนาดประมาณ 30 กรัม ในระยะเวลาการขนส่ง 3–12 ชั่วโมง ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยลดความเครียด ลดอัตราการตาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเชิงปฏิบัติสำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลแดงได้โดยตรง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูที่สูงกว่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่น 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับความหนาแน่นของการบรรจุที่สูงขึ้น เพื่อประเมินความสามารถในการรองรับสถานการณ์การใช้ระยะเวลานานขึ้น

2. ควรมีการศึกษาการขนส่งปลานิลแดงขนาดที่ใหญ่ขึ้นสำหรับเป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยเน้นศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับยาสลบ ความหนาแน่นที่ปลอดภัย และระยะเวลาการขนส่ง เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายปลาระหว่างแหล่งเพาะเลี้ยง

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุงพลาสติกชนิดหนาพิเศษ หรือการใช้วัสดุป้องกันแรงกระแทก ร่วมกับการสลบ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่ง

4. ควรศึกษาผลของฤดูกาล หรืออุณหภูมิแวดล้อมต่างกันต่อประสิทธิภาพของยาสลบและอัตรารอด เพื่อรองรับการใช้งานจริงในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. (2543). หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เจนนุช ว่องธวัชชัย, พรชัย โรจน์สิทธิศักดิ์, นุชนารถ ทิพย์มงคลศิลป์ และณัฐพล จงอรุณงามแสง. (2549). การพัฒนาสูตรตำรับสารละลายน้ำมันกานพลูเป็นยาสลบในสัตว์น้ำ (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชกูล. (2547). อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: บริษัทเมจิคพับบลิเคชั่น จำกัด. 206 น.

ดนัย สมใจ, อรอุมา พาลเสือ และสมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ. (2551). ความเป็นพิษและประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลากัดจีน. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 11*(2), 30-38.

นวลมณี พงศ์ธนา, นนท์ปวิธ ออกแดง,มัลลิกา ทองสง่า และประจักษ์ บัวเนียม. (2552). การคัดพันธุ์ปลานิลแดงให้ทนทานต่อความเค็ม). *วารสารการประมง, 62*(5), 412-420.

นวลมณี พงศ์ธนา. (2553). ปัจจัยการเพาะเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดงให้ประสบผลสำเร็จ. ปทุมธานี: สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง.

นิคม ละอองศิริวงศ์, คมน์ ศิลปาจารณ์ และลักขณา ละอองศิริวงศ์. (2554). แอมโมเนียกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. *วารสารการประมง, 64*(5), 441-445.

ภูริภัทร วงษ์แก้ว และทัศนีย์ นลวชัย. (2558). ระดับความเข้มข้นของน้ำมันกานพลูเพื่อใช้ในการสลบปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*). *วารสารแก่นเกษตร, 43*(1), 208-214.

มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, สุภัทรา อุไรวรรณ์ และพรรณศรี จริโมภาส. (2530). ปลานิลสีแดง. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. (2528). คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กรุงเทพฯ: สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล. (2556). ปรสิตวิทยาของสัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจิตรา ตุ้งซี่ และณัฐพล ราชูภิมนต์. (2561). ประสิทธิภาพของน้ำมันกานพลูในการสลบปลานิล *(Oreocromis nilloticus)*. สงขลา: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

วิมล จันทรโรทัย. (2536). การวงแผนวิจัยด้านอาหารปลา. *วารสารการประมง, 45*(4), 323-328.

ส่งศรี มหาสวัสดิ์. (2532). การใช้เกลือแกงและยาสลบ MS-222 ในการขนส่งปลากัดขนาดวัยรุ่น. *วารสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 23*(4), 349-357.

อุทร เจริญเดช, นนทวิทย์ อารีย์ชน, ประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ และดวงดาว ฉันทศาสตร์. (2552). “ประสิทธิภาพของสารยูจีนอลสังเคราะห์ในการสลบลูกปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.)” ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Boyd, C.E. and C.S. Tucker. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Massachusettes. 700 pp.

Hikasa, Y., K. Takase, T. Ogasawara and S. Ogasawara. (1986). Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp (*Cyprinus carpio*). Jpn.J.Vet.Sci, 48(2), 341-351.

Lawson, T. B. (1995). Fundamentals of aquaculture engineering. Chapman & Hall, New York. 355 pp.

Wildgoose, W.H. (2001). BSAVA Manual of Ornamental fish 2nd ed British Small Animal Veterinary Association. Hampshire: England.