

เอกสารวิชาการฉบับที่ /๒๕๖๗



Technical Paper No. /2024

การควบคุมอุณหภูมิเพื่อเพิ่มอัตราการรอดในการขนส่งปลาสด
Temperature Control for Increasing Survival Rate
of Snakeskin Gourami, *Trichogaster pectoralis* (Regan, 1910)
During Transportation

เอมวาลี แก้วพิลา

Aemwalee Kaewpila

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

Inland Aquaculture Research and Development
Division

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ /๒๕๖๗



Technical Paper No. /2024

การควบคุมอุณหภูมิเพื่อเพิ่มอัตราการรอดในการขนส่งปลาสด
Temperature Control for Increasing Survival Rate
of Snakeskin Gourami, *Trichogaster pectoralis* (Regan, 1910)
During Transportation

เอมวาลี แก้วพิลา

Aemwalee Kaewpila

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

กรมประมง

๒๕๖๗

Sing buri Inland Aquaculture
Research and Development Center
Inland Aquaculture Research and
Development Division
Department of Fisheries
2024

รหัสทะเบียนวิจัย 66-1-2-0436-66014-03

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. การวางแผนการศึกษา	4
2. วิธีดำเนินการทดลอง	5
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	13
ผลการศึกษา	14
สรุปและวิจารณ์ผล	53
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	14
2	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	15
3	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	16
4	ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	18
5	ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	19
6	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	19
7	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	20
8	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ (mg NH ₃ -N/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	20
9	ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ (mg-N/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	21
10	อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังการลำเลียงขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	22
11	ต้นทุนการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	24
12	อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	27
14	อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	28
15	ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	30
16	ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	31
17	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	31
18	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	32
19	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ (mg NH ₃ -N/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกันเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	33
20	ค่าเฉลี่ยของไนไตรท์ (mg-N/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	33
21	อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	34
22	ต้นทุนการขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	37
23	อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของปลาสดขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	39
24	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	40

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	41
26	ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	43
27	ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	44
28	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	44
29	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	45
30	ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ (mg NH ₃ -N/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	45
31	ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนไนโตรเจน (mg-N/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	46
32	ค่าเฉลี่ยของอัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์) ของพลาสติกขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	47
33	ต้นทุนการขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว ร่วมกับการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผ่านวมไยสังเคราะห์ขนาด 115x190x0.5 เซนติเมตร และการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล	6
2	กล่องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร หน้า 2 เซนติเมตร และการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล	7
3	ถุงน้ำแข็งขนาด 13x18 เซนติเมตร น้ำหนัก 500 กรัม	8
4	ถุงเจลเก็บความเย็น ขนาด 13x18 เซนติเมตร น้ำหนัก 500 กรัม	8
5	การลำเลียงขนส่งพลาสติกระยะเวลา 12 ชั่วโมง จัดวางในกระบะรถยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน ที่มีหลังคาคลุม	8
6	ลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว	9
7	ลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว	10
8	พลาสติกขนาดความยาวเฉลี่ย 7.20 ± 0.30 นิ้ว (ขนาด 8-10 ตัว/กิโลกรัม)	11
9	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายจากการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	14
10	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	17
11	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายของลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว หลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	22
12	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายจากการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	26
13	กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	29
14	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายของลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว หลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	35
15	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายจากการขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้วเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง	42
17	กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการตายของพลาสติกขนาด 7 นิ้ว หลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง	47

การควบคุมอุณหภูมิเพื่อเพิ่มอัตราการรอดในการขนส่งปลาสด

เอมวลี แก้วพิลา

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี

บทคัดย่อ

การทดลองขนส่งปลาสด เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นที่ใช้ในการขนส่งปลาสดขนาด 1, 2 และ 7 นิ้ว โดยบรรจุปลาสดในถุงพลาสติก ปริมาตรน้ำ 3 ลิตร เติมน้ำเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และยาเหลือง 2 มิลลิกรัม/ลิตร บรรจุก๊าซออกซิเจนปริมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรน้ำในถุง และบรรจุถุงปลาตามรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง หลังจากสิ้นสุดการขนส่งนำปลาสดไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลกระทบหลังจากการขนส่ง ต่ออัตราการตาย และต้นทุนการขนส่งของปลาสด ดำเนินการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกันยายน 2566

การทดลองที่ 1 บรรจุปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ร่วมกับการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ผ่านลมชุปน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตราการตายเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) พบว่าการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงที่สุด ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้ผ่านลมชุปน้ำ อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด

การทดลองที่ 2 บรรจุปลาสดขนาด 2 นิ้ว ที่อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ร่วมกับการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ผ่านลมชุปน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่ง มีผลทำให้อัตราการตายเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) พบว่าการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง, การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ทุกระดับอัตราความหนาแน่น และการใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้ผ่านลมชุปน้ำ, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และมีค่าต่ำที่สุด

การทดลองที่ 3 บรรจุปลาสดขนาด 7 นิ้ว ที่อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ร่วมกับการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ผ่านลมชุปน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่ง มีผลทำให้อัตราการตายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ต่ออัตราการตาย ($p > 0.05$) พบว่าการใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าการใช้ผ่านลมชุปน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และอัตราความหนาแน่น 2 และ 4 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายไม่แตกต่างกันแต่สูงกว่าอัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้ผ่านลมชุปน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด

คำสำคัญ : เจลเก็บความเย็น การขนส่ง อุณหภูมิ อัตรารอด ปลาสด

*ผู้รับผิดชอบ: 233 หมู่ 4 ต.ม่วงหมู่ อ.เมือง จ.สิงห์บุรี 16000 e-mail : if-singburi@hotmail.com

Temperature Control for Increasing Survival Rate of Snakeskin Gourami, *Trichogaster pectoralis* (Regan, 1910) During Transportation

Aemwalee Kaewpila

Singburi Inland Aquaculture Research and Development Center

Abstract

The experiment on transportation of Snakeskin gourami, *Trichogaster pectoralis* (Regan, 1910) fingerlings stocked in plastic bags (3 liter of freshwater, 0.3 % sodium chloride and 2 ppm acriflavine added) with oxygen at 60-70 % of freshwater in bags and the fish bags are packed in 4 forms of temperature control, at 12 hours of transportation time and reared for 96 hours after the transportation time, were conducted to study the effects of after transportation on survival rates and cost of transportation. The experiments were carried out at Sing buri Inland Aquaculture Research and Development Center during February to September, 2023.

The first experiment, Snakeskin gourami fingerlings (about 1-inch total length) at stocking densities of 200, 300 and 400 fish/l, using 4 forms of temperature control: 1. using a water-soaked duvet 2. using a foam box, 3. using a foam box+ice and 4. using a foam box+cooling gel. The results showed that a forms of temperature control and density had significant effects on survival rate and there were interaction between 2 factors ($p < 0.05$). The survival rate showed that a temperature control of foam using a foam box+cooling gel and a density of 200 fish/l of transportation was significantly higher than other treatments ($p < 0.05$). Using a water-soaked duvet, a density of 400 fish/l of transportation was the lowest cost of transportation.

The second experiment, Snakeskin gourami fingerlings (about 2-inch total length) at stocking densities of 50, 100 and 150 fish/l, using 4 forms of temperature control: 1. using a water-soaked duvet 2. using a foam box 3. using a foam box+ice and 4. using a foam box+cooling gel. The results showed that a forms of temperature control and density had significant effects on survival rate and there were interaction between 2 factors ($p < 0.05$). The survival rate showed that a form of using a foam box+ice, using a foam box+cooling gel, a other density and using a foam box of 50 fish/l had survival rate were not significant ($p > 0.05$), but higher than other treatments ($p < 0.05$). Using a water-soaked duvet, using a foam box+ice and using a foam box+cooling gel a density of 150 fish/l was the not significant of cost ($p > 0.05$) and the lowest cost of transportation.

The third experiment, Snakeskin gourami fingerlings (about 7-inch total length) at stocking densities of 2, 4 and 6 fish/l, using 4 forms of temperature control: 1. using a water-soaked duvet 2. using a foam box 3. using a foam box+ice and 4. using a foam box+cooling gel. The results showed that a forms of temperature control and density had significant effects on survival rate ($p < 0.05$) but there were no interaction between 2 factors on survival rate ($p > 0.05$). The survival rate of using a foam box, using a form box+ice and using a foam box+cooling gel no had significant but higher than of using a water-soaked duvet ($p < 0.05$) and a density of 2 and 4 fish/l had survival rate were not significant ($p > 0.05$), but higher than of 6 fish/l ($p < 0.05$). Using a water-soaked duvet a density of 6 fish/l was the lowest cost of transportation.

Key words: Cool Gel, Transportation, Temperature, Survival Rate, Snakeskin Gourami
Corresponding author: 223 Moo 4, Mounghmuu District, Amphoe Mung, Sing buri Province 16000
e-mail:if-singburi@hotmail.com

คำนำ

ปลาสลิคหรือปลาใบไม้ มีชื่อสามัญว่า Snakeskin Gourami มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichogaster pectoralis* (Regan, 1910) เป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านของประเทศไทยที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีผลผลิตจากฟาร์มเพาะเลี้ยงปลาทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2564 ประมาณ 7,150 ตัน มูลค่า 429.87 ล้านบาท ผลผลิตสูงเป็นอันดับที่ 6 ของสัตว์น้ำจืดที่เพาะเลี้ยงในประเทศไทย (กลุ่มสถิติการประมง, 2565) บริเวณพื้นที่เลี้ยงที่สำคัญของประเทศตั้งอยู่ในเขตภาคกลาง ลูกปลาสลิคที่เกษตรกรนำมาเลี้ยงส่วนใหญ่ได้จากการเพาะพันธุ์และเลี้ยงปลาในบ่อเดียวกัน หรือลำเลียงขนส่งระยะทางไกล ๆ ใช้เวลาเดินทางสั้น ๆ จึงไม่พบปัญหาเรื่องการลำเลียง ซึ่งในปัจจุบันพบมีแนวโน้มว่าเกษตรกรที่ตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาคอื่น ๆ ที่ห่างไกลมีความสนใจเลี้ยงปลาสลิคกันแพร่หลายมากขึ้น โดยหาซื้อพันธุ์ปลาจากฟาร์มเพาะเลี้ยงในเขตภาคกลาง จึงต้องใช้เวลาในการเดินทางหลายชั่วโมง ทำให้ประสบปัญหาพบว่ามีปลาอ่อนแอและตายในถุงลำเลียงเป็นจำนวนมาก เมื่อปล่อยปลาลงบ่อเลี้ยงแล้วยังมีปลาตายจำนวนมาก จึงเกิดความไม่แน่นอนในผลผลิตจากการเลี้ยงด้วยเหตุผลดังกล่าววิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง คือการขนส่งพันธุ์ปลาสดไปยังพื้นที่เหล่านี้ให้เกิดการสูญเสียน้อยลง ตลอดจนมีผลทำให้ปลาที่จัดส่งมีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับจากเกษตรกร เกิดความนิยมเพาะเลี้ยงปลาสลิคกันมากขึ้น แต่บางครั้งความพร้อมและช่วงระยะเวลาที่เกษตรกรขนส่งพันธุ์ปลาก็ประสบปัญหาส่วนใหญ่ขนส่งในช่วงสายถึงบ่ายซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศร้อน

ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ภูมิอากาศของประเทศไทยมีลักษณะร้อนชื้นทั่วประเทศมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 18-40 องศาเซลเซียส ประกอบกับในปัจจุบันได้ประสบปัญหาภาวะโลกร้อนทำให้ภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง บรรยากาศโลกก็เก็บพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติของพลังงานเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลกระทบโดยตรงในเรื่องการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การจัดการระหว่างการเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมถึงการขนส่งสัตว์น้ำ

สำหรับการขนส่งพันธุ์ปลาสลิคหรือปลาชนิดอื่น ๆ ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น การลำเลียงโดยใช้รถยนต์บรรทุกใช้ผ้าคลุมปูพื้นและปิดห่อหุ้มถุงปลาให้สนิทราดน้ำให้ชุ่ม, การใช้เป้ผ้าใบที่ผูกติดตั้งไว้ในกระบะรถยนต์บรรทุกที่เสริมคอกยกสูงขึ้นเพื่อช่วยให้เพิ่มปริมาณการขนส่งพันธุ์ปลาได้มากขึ้น มีการเติมเกลือ น้ำแข็ง และเติมอากาศลงในน้ำขณะขนส่ง แต่วิธีการนี้มักนิยมขนส่งภายในพื้นที่ใกล้เคียงและใช้ระยะเวลาเดินทางสั้น ๆ และวิธีการบรรจุพันธุ์ปลาในถุงพลาสติกและเติมก๊าซออกซิเจน ซึ่งวิธีการนี้เป็นที่นิยมในปัจจุบันเพราะมีความสะดวกและสามารถขนย้ายปลาไปยังพื้นที่ ๆ รถยนต์บรรทุกไม่สามารถเข้าถึงได้ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังได้รับความเสียหายจากการขนส่ง เมื่อขนส่งเป็นระยะเวลานานกว่า 6 ชั่วโมง อากาศ และคณะ (2562) ศึกษาการขนส่งลูกพันธุ์ปลาสลิคขนาด 1 นิ้ว โดยบรรจุพันธุ์ปลาสดในถุงพลาสติกด้วยอัตราความหนาแน่น 150, 200 และ 250 ตัว/ลิตร วางถุงปลาบนพื้นรถยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน ที่มีหลังคาคลุม และไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลาการขนส่ง 6 และ 12 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการขนส่ง 6 ชั่วโมง อัตราอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 99.83 ± 0.29 และ 95.20 ± 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง อัตราอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 95.33 ± 0.67 , 89.50 ± 0.87 และ 80.13 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการทดลองขนส่งลูกพันธุ์ปลาสลิค ขนาด 2 นิ้ว อัตราความหนาแน่น 50, 75 และ 100 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการขนส่ง 6 ชั่วโมง ทุกระดับความหนาแน่นมีอัตราอดตายเฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 100.00 ± 0.00 และที่ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง อัตราอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 100.00 ± 0.00 และ 98.33 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าอัตราความหนาแน่น และระยะเวลาการขนส่งที่เพิ่มขึ้นมีอิทธิพลต่ออัตราอดตายของลูกปลาสลิคซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามปัจจัยที่เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี จึงพิจารณาเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาประสิทธิภาพการขนส่งพันธุ์ปลาสดที่มีคุณภาพไปยังพื้นที่เป้าหมาย นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญของความสำเร็จในการพัฒนาธุรกิจการเพาะเลี้ยงปลาสด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการขนส่ง ขนาดของปลา และอัตราความหนาแน่น จากผลการศึกษาของอาคม และคณะ (2562) ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นและระยะเวลาการขนส่งที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาสดจากการขนส่งโดยใช้ระบบเปิดที่ไม่มีการลดหรือควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้นจึงศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกันเพื่อให้สัตว์น้ำสงบลดการเคลื่อนไหวและช่วยลดหรือยืดระยะเวลาในการสะสมของเสียในช่วงการขนส่ง จัดเป็นข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการให้น้ำที่บรรจุพันธุ์ปลามีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพแวดล้อม โดยพิจารณารูปแบบพัฒนาในขั้นต้นจากการใช้ผ่านลมชุปน้ำรองพื้น และปิดหุ้มถุงปลา การใช้กล่องโฟม การใช้น้ำแข็ง และเจลเก็บความเย็นที่ถือว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้งานได้หลากหลายและจำเป็นต่อกิจกรรมหลายกิจกรรมเพราะเจลเก็บความเย็นสามารถให้ความเย็นได้นานและดีกว่าน้ำแข็ง อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา ปราศจากสารเคมี เมื่อความเย็นหมดสามารถนำไปแช่แข็ง และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ตามต้องการจนกว่าผลิตภัณฑ์จะฉีกขาดหรือชำรุด ซึ่งการศึกษาค้นคว้าเพื่อปรับปรุงวิธีการขนส่งปลาสดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านช่วยลดความบอบช้ำของตัวปลา สามารถเพิ่มความหนาแน่น และระยะเวลาการขนส่งที่ยาวนานขึ้น เพื่อขยายโอกาสไปสู่ส่วนภูมิภาคได้รับพันธุ์ปลาสดที่มีคุณภาพนำไปเลี้ยงแล้วส่งผลให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาสดได้รับผลประโยชน์สูงสุดทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น มีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างมั่นคง ช่วยลดต้นทุน และมีจุดคุ้มทุนสูง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขนส่งพันธุ์ปลาสดขนาดต่าง ๆ หรือสัตว์น้ำชนิดอื่นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของกรมประมง และทุกภาคส่วนที่มีความสนใจในด้านการเพาะเลี้ยงปลาสดในโอกาสต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อทราบผลของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และความหนาแน่นที่เหมาะสมในการขนส่งลูกพันธุ์ปลาสดขนาด 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และปลาสดขนาด 7 นิ้ว (8-10 ตัว/กิโลกรัม) โดยพิจารณาจากอัตราการตาย คุณภาพน้ำ และต้นทุนการขนส่ง

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา ประกอบด้วย 3 การทดลอง ดังนี้

1.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ 4x3 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A (รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ) มี 4 รูปแบบ

- a1: ใช้ผ่านลมชุปน้ำ
- a2: ใช้กล่องโฟม
- a3: ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง
- a4: ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น

ปัจจัย B (ความหนาแน่น) มี 3 ระดับ

- b1: ความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร (600 ตัว/ถุง)
- b2: ความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร (900 ตัว/ถุง)
- b3: ความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร (1,200 ตัว/ถุง)

1.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ 4x3 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A (รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ) มี 4 รูปแบบ

- a1: ใช้ผ้านวมชุบน้ำ
- a2: ใช้กล่องโฟม
- a3: ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง
- a4: ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น

ปัจจัย B (ความหนาแน่น) มี 3 ระดับ

- b1: ความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร (150 ตัว/ถุง)
- b2: ความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร (300 ตัว/ถุง)
- b3: ความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร (450 ตัว/ถุง)

1.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว (8-10 ตัว/กิโลกรัม) โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ 4x3 แฟคตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยมี 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A (รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ) มี 4 รูปแบบ

- a1: ใช้ผ้านวมชุบน้ำ
- a2: ใช้กล่องโฟม
- a3: ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง
- a4: ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น

ปัจจัย B (ความหนาแน่น) มี 3 ระดับ

- b1: ความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร (6 ตัว/ถุง)
- b2: ความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร (12 ตัว/ถุง)
- b3: ความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร (18 ตัว/ถุง)

1.4. สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

การทดลองการขนส่งปลาสด ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี เลขที่ 223 หมู่ 4 ตำบลม่วงหมู่ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกันยายน 2566

2. วิธีดำเนินการ

2.1 น้ำที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมน้ำจืดที่ผ่านการกรองและพักไว้ให้ตกตะกอน ให้อากาศตลอดเวลา 24 ชั่วโมง แล้วหยุดให้อากาศพักน้ำไว้ในบ่อคอนกรีต 3 วัน เติมน้ำจืดที่ได้เตรียมไว้แล้วใส่ถังพลาสติกปริมาตรน้ำ 150 ลิตร ใส่เกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และยาเหลือง 2 มิลลิกรัม/ลิตร และตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำก่อนนำไปใช้ทดลอง ตามวิธีของ อาคม และคณะ (2562)

2.2 ภาชนะและวัสดุที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

2.2.1 ชุดการทดลองที่ 1 (ใช้ผ่านลมชุปน้ำ) โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เติมน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ถุงละ 3 ลิตร ใส่ปลาทดลองตามขนาดและอัตราความหนาแน่นที่ระบุไว้ตามชุดการทดลอง และบรรจุก๊าซออกซิเจนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในถุง มัดปากถุงให้แน่น ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลโดยให้หัววัดอุณหภูมิและหน้าจออ่านค่าติดแนบอยู่ข้างถุง แล้วนำถุงปลาจัดวางในกระเบรยยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน ที่มีหลังคาคลุม ปูพื้นกระเบรยยนต์และปิดคลุมถุงปลาด้วยผ้าขนวมขนาด 115x190x0.5 เซนติเมตร ทำการทดสอบการขนส่งปลาสดโดยการขับรถเดินทางเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ผ้าขนวมใยสังเคราะห์ขนาด 115x190x0.5 เซนติเมตร และการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล

2.2.2 ชุดการทดลองที่ 2 (ใช้กล่องโฟม) โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เติมน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ถุงละ 3 ลิตร ใส่ปลาทดลองตามขนาดและอัตราความหนาแน่นที่ระบุไว้ตามชุดการทดลอง และบรรจุก๊าซออกซิเจนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในถุง มัดปากถุงให้แน่น แล้วนำถุงปลาบรรจุในกล่องโฟมกล่องละ 1 ถุง ใช้กล่องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร ความหนาของกล่องโฟม 2 เซนติเมตร ภายในกล่องโฟมติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลโดยให้หัววัดอุณหภูมิอยู่ภายในกล่องและหน้าจออ่านค่าอุณหภูมิอยู่ข้างกล่องด้านนอก จากนั้นนำกล่องโฟมจัดวางในกระเบรยยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน ที่มีหลังคาคลุม ทำการทดสอบการขนส่งปลาสดโดยการขับรถเดินทางเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 กล่องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร และการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล

2.2.3 ชุดการทดลองที่ 3 (ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง) โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เติมน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ฤงละ 3 ลิตร ใส่ปลาทดลองตามขนาดและอัตราความหนาแน่นที่ระบุไว้ตามชุดการทดลอง และบรรจุก๊าซออกซิเจนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในถุง มัดปากถุงให้แน่น แล้วนำถุงปลาบรรจุในกล่องโฟมกล่องละ 1 ถุง ใช้กล่องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร ความหนาของกล่องโฟม 2 เซนติเมตร ภายในกล่องโฟมบรรจุถุงน้ำแข็งจำนวน 1 ถุง น้ำหนัก 500 กรัม (ใช้ถุงซิปล็อคขนาด 13x18 เซนติเมตร) เตรียมโดยใช้น้ำจืด 10 ลิตร เติมเกลือ 10 เปอร์เซ็นต์ (1 กิโลกรัม) ซึ่งน้ำหนักน้ำที่เตรียมไว้ 500 กรัม ใส่ถุงซิปล็อคมัดปากถุงให้แน่นสนิทนำไปแช่ฟรีซจนแข็งใช้เวลา 2 วัน การบรรจุโดยห่อหุ้มถุงน้ำแข็งด้วยกระดาษแล้วนำไปใส่แนบข้างในกล่องโฟม วางถุงปลาให้สัมผัสกับถุงน้ำแข็ง และติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลโดยให้หัววัดอุณหภูมิอยู่ภายในกล่องและหน้าจออ่านค่าอุณหภูมิอยู่ข้างกล่องด้านนอก จากนั้นนำกล่องโฟมจัดวางในกระบะรถยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน ที่มีหลังคาคลุม ทำการทดสอบการขนส่งปลาสดโดยการขับรถเดินทางเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ถุงน้ำแข็งขนาด 13x18 เซนติเมตร น้ำหนัก 500 กรัม

2.2.4 ชุดการทดลองที่ 4 (ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น) โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เติมน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ถุงละ 3 ลิตร ใส่ปลาทดลองตามขนาดและอัตราความหนาแน่นที่ระบุไว้ตามชุดการทดลอง และบรรจุก๊าซออกซิเจนประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในถุง มัดปากถุงให้แน่น แล้วนำถุงปลาบรรจุในกล่องโฟมกล่องละ 1 ถุง ใช้กล่องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร ความหนาของกล่องโฟม 2 เซนติเมตร ภายในกล่องโฟมบรรจุถุงเจลเก็บความเย็นจำนวน 1 ถุง น้ำหนัก 500 กรัม (ถุงเจลขนาด 13.0x18.0 เซนติเมตร) ห่อหุ้มถุงเจลด้วยกระดาษแล้วนำไปใส่แนบข้างในกล่องโฟม วางถุงปลาให้ถุงปลาให้สัมผัสกับถุงเจล ติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ดิจิตอลโดยให้หัววัดอุณหภูมิอยู่ภายในกล่องและหน้าจออ่านค่าอุณหภูมิอยู่ข้างกล่องด้านนอก จากนั้นนำกล่องโฟมจัดวางในกระบะรถยนต์บรรทุกทุกขนาด 1 คัน ที่มีหลังคาคลุม ทำการทดสอบการขนส่งปลาสดโดยการขับรถเดินทางเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ถุงเจลเก็บความเย็น ขนาด 13x18 เซนติเมตร น้ำหนัก 500 กรัม



ภาพที่ 5 การลำเลียงขนส่งปลาสดโดยจัดวางปลาสดทดลองในกระบะรถยนต์บรรทุกทุกขนาด 1 คัน ที่มีหลังคาคลุม เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

2.3 การเตรียมปลาทดลอง

2.3.1 ลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว

ลูกปลาสดที่ใช้ทดลองเป็นลูกปลารุ่นเดียวกัน ซึ่งได้จากการเพาะพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี โดยใช้วิธีการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ให้กับพ่อแม่ปลา ในพ่อแม่ปลาฉีดฮอร์โมนครั้งเดียวโดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม เมื่อฉีดฮอร์โมนให้กับพ่อแม่ปลาแล้วจึงปล่อยลงบ่อเพาะพันธุ์ สำหรับในแม่ปลาฉีดฮอร์โมน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ฉีดฮอร์โมนพร้อมกับพ่อแม่ปลาโดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม แล้วนำแม่ปลาที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนข้างแยกไว้ต่างหาก เว้นระยะเวลาไว้ 14-16 ชั่วโมง จึงฉีดฮอร์โมนครั้งที่ 2 ให้กับแม่ปลา โดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม เมื่อฉีดฮอร์โมนให้แม่ปลาแล้วจึงปล่อยแม่ปลาลงบ่อเพาะพันธุ์ที่มีพ่อแม่ปลาอยู่แล้วปล่อยให้ปลาผสมพันธุ์กันเองตามธรรมชาติในบ่อคอนกรีตขนาดพื้นที่ 6 ตารางเมตร จำนวน 4 บ่อ (เติมน้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ใส่หญ้าให้กระจายทั่วผิวน้ำ ปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลาสดอัตราความหนาแน่นประมาณ 2 คู่/ตารางเมตร, 12 คู่/บ่อ) แม่ปลาจะวางไข่ภายในระยะเวลา 24-36 ชั่วโมง จากนั้นรวบรวมไข่ปลาไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร ไข่ปลาจะฟักเป็นตัวภายในระยะเวลา 24-36 ชั่วโมง เมื่อลูกปลาอายุ 2-3 วัน สังเกตจากลูกปลาคว่ำตัวและว่ายน้ำลงระดับน้ำลึกจึงทำการรวบรวมและย้ายลูกปลาไปอนุบาลในบ่อดินขนาดพื้นที่ 0.5 ไร่ ใช้เวลาอนุบาลประมาณ 30 วัน จะได้ลูกปลาขนาด 1 นิ้ว จึงทำการรวบรวมลูกปลาขึ้นมาฟักไว้ในบ่อคอนกรีตขนาด 2.0X3.0x0.60 เมตร เติมน้ำระดับ 20 เซนติเมตร ปริมาณน้ำ 1,200 ลิตร ให้อากาศผ่านหัวทรายบ่อละ 2 หัว ใส่ยาเหลืองความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาบาดแผลและอาการบอบช้ำที่เกิดจากการรวบรวมโดยแช่ไว้ 2 ชั่วโมง แล้วดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อกำจัดเมือกและของเสียที่ปลาขับถ่ายออกมา จากนั้นย้ายปลาลงบ่อใหม่ระดับความลึกของน้ำ 30 เซนติเมตร ปริมาณน้ำ 1,800 ลิตร อัตราปล่อยลูกปลา 20,000 ตัว/บ่อ ใส่ยาเหลืองความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร แช่ไว้ 2 ชั่วโมง จึงเติมน้ำไหลผ่านในอัตรา 5 ลิตร/นาที่ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จึงทำการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ อาคม และคณะ (2562) ฟักปลาไว้ 2 วัน (โดยไม่ให้ปลากินอาหาร) คัดขนาดลูกปลาสดที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยการสุ่มช่วงวัด 10 เปอร์เซ็นต์ (3,200 ตัว) ลูกปลาสดทดลองมีความยาวเฉลี่ย 1.06 ± 0.57 นิ้ว และน้ำหนักเฉลี่ย 0.29 ± 0.05 กรัม (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 6 ลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว

2.3.2 ลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว

การเตรียมลูกปลาทดลอง โดยนำลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่มีวิธีการเช่นเดียวกับการเตรียมลูกปลาทดลองข้างต้น หลังจากรวบรวมลูกปลาขึ้นจากบ่ออนุบาลมาพักไว้ในบ่อคอนกรีต เป็นระยะเวลา 2 วัน จึงรวบรวมและย้ายลูกปลาไปอนุบาลต่อในบ่อคอนกรีตขนาด $2 \times 3 \times 0.6$ เมตร เติมน้ำที่ระดับ 0.5 เมตร ปริมาตรน้ำ 3.0 ลูกบาศก์เมตร ปล่อยปลาอัตราความหนาแน่น 1,000 ตัว/ลูกบาศก์เมตร (3,000 ตัว/บ่อ) จำนวน 3 บ่อ ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อนโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ (องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร: โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์, ไขมันไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์, ความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์, กากไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าไม่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์) ให้ปลากินอาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 15.00 น. ให้อาหารในอัตรา 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกวันซึ่งใช้เวลาอนุบาลประมาณ 42 วัน ได้ปลาขนาดความยาวเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 2 นิ้ว จึงทำการรวบรวมลูกปลาคัดแยกขนาดปลาแล้วย้ายลงบ่อใหม่ในอัตรา 2,000 ตัว/บ่อ ให้อากาศผ่านหัวทรายบ่อละ 2 หัว ใส่ยาเหลืองความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาบาดแผลและอาการบอบช้ำที่เกิดจากการรวบรวม โดยแช่ไว้ 2 ชั่วโมง จึงเติมน้ำไหลผ่านในอัตรา 5 ลิตร/นาที่ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จึงทำการดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ อาคม และคณะ (2562) พักปลาทดลองไว้ 2 วัน โดยไม่ให้ปลากินอาหาร (เพื่อป้องกันการขับถ่ายของปลาในช่วงของการขนส่งที่จะมีผลต่อคุณภาพน้ำในถุงปลา) คัดขนาดลูกปลาสดที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยการสุ่มช่วงวัด 10 เปอร์เซ็นต์ (1,080 ตัว) ลูกปลาสดทดลองมีความยาวเฉลี่ย 2.15 ± 0.08 นิ้ว และน้ำหนักเฉลี่ย 2.72 ± 0.16 กรัม (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 7 ลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว

2.3.3 ปลาสดขนาด 7 นิ้ว (8-10 ตัว/กิโลกรัม)

รวบรวมและลำเลียงปลาสดจากฟาร์มของเกษตรกรจังหวัดสมุทรปราการ มาพักไว้ในบ่อคอนกรีตขนาด $2.0 \times 3.0 \times 0.60$ เมตร เติมน้ำระดับ 20 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำ 1,200 ลิตร อัตราปล่อย 500 ตัว/บ่อ รักษาบาดแผลโดยใช้ยาเหลืองความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ลิตร ร่วมกับเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ แช่ไว้ 2 ชั่วโมง ตามวิธีของ อาคม และคณะ (2562) แล้วทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และย้ายปลาลงบ่อใหม่ เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1,200 ลิตร ใส่ยาเหลืองความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร แช่ไว้ 2 ชั่วโมง แล้วเติมน้ำไหลผ่านอัตรา 5 ลิตร/นาที่ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำเติมน้ำเท่าระดับเดิม ติดต่อกัน 5-7 วัน

สังเกตจนปลาที่มีลักษณะปกติไม่มีบาดแผล (ช่วงเตรียมปลาทดลองก่อนนำปลามาทดลอง 2 วัน) คัดขนาดปลาสดที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยชั่งวัดปลาที่ใช้ทดลองทุกตัว ปลาทดลองมีขนาดความยาวเฉลี่ย 7.20 ± 0.30 นิ้ว และน้ำหนักเฉลี่ย 111.67 ± 6.24 กรัม (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 8 ปลาสดขนาดความยาวเฉลี่ย 7.20 ± 0.30 นิ้ว (ขนาด 8-10 ตัว/กิโลกรัม)

2.4 การจัดการทดลองและเตรียมปลาสดขนาด 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 7 นิ้ว (8-10 ตัว/กิโลกรัม)

รวบรวมและคัดขนาดปลาสดจากการเตรียมในข้อ 2.3 ไปใช้ในการทดลองตามแผนการทดลอง โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ซ้อนทับกัน 2 ชั้น เติมน้ำสะอาดที่จัดเตรียมไว้แล้วปริมาตร 3 ลิตร/ถุง บรรจุปลาในอัตราความหนาแน่นตามแผนการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ถุง บรรจุก๊าซออกซิเจนในอัตราประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำในถุง มัดปากถุงให้แน่นเช็ดถุงให้แห้ง ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลนำไปจัดเรียงในกระเบรยยนต์บรรทุก ขนาด 1 ตัน เริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จึงทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในถุงทดลอง และนับจำนวนลูกปลาสดที่เหลือรอดตายจากการทดลองขนส่ง จากนั้นนำลูกปลาสดในแต่ละชุดการทดลองไปเลี้ยงต่อในถังพลาสติกขนาดความจุปริมาตรน้ำ 200 ลิตร ใส่ปลาทดลองซ้ำละ 1 ถึง ตรวจสอบอัตราการตายของปลาทดลองทุก 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลกระทบหลังจากการขนส่งที่มีต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาสด เปลี่ยนถ่ายน้ำวันละครั้งเวลา 09.00 น. ในอัตรา 80 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรน้ำในถัง ให้ปลากินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง เวลา 10.00 น. และ 15.00 น. เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 96 ชั่วโมง จึงดำเนินการตรวจสอบจำนวนลูกปลาที่เหลือรอดทุกชุดการทดลอง

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.1 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาสดขนาด 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 7 นิ้ว (8-10 ตัว/กิโลกรัม) โดยนับจำนวนปลาที่เหลือรอดหลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทุกชุดการทดลอง แล้วนำปลาสดไปเลี้ยงต่อในถังพลาสติกเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง นับจำนวนปลาทดลองที่ตายสะสมทุกวัน และนับจำนวนปลาที่เหลือรอดอีกครั้งเมื่อครบระยะเวลา 96 ชั่วโมง เพื่อดูว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งต่างกัน มีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายของปลาสดหลังสิ้นสุดการขนส่งหรือไม่

2.5.2 คุณภาพน้ำ

โดยทุกชุดการทดลองทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิในภาชนะทดลองทุกชั่วโมง

ปัจจัยคุณภาพน้ำที่ศึกษาดังนี้
 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) วัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
 ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดโดยใช้ pH meter รุ่น Digital Instruments Model pH-222
 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) (mg/L) ด้วยวิธีโทรเตรท ตามวิธี standard method ที่อ้างในไมตรี และจารุวรรณ (2528)
 คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/L) ด้วยวิธีโทรเตรท ตามวิธี standard method ที่อ้างในไมตรี และจารุวรรณ (2528)
 แอมโมเนียรวม (TAN : mg NH₃-N/L) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ HACH DR-2800 ตามวิธี Nessler method
 แอมโมเนียอิสระ (UIA : mg NH₃-N/L) คำนวณจาก ค่าแอมโมเนียรวม ความเป็นกรดเป็นด่าง และอุณหภูมิ โดยใช้ตาราง Ammonia ionization (Emerson *et al.*, 1975)
 ไนโตรที่ไนโตรเจน (NO₂ : mg-N/L) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ HACH DR-2800 ตามวิธี Nessler method

2.5.3 ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนการขนส่งพันธุ์ปลาสด โดยพิจารณาจากต้นทุนรวมทั้งหมด ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ส่วนต้นทุนคงที่การคิดค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน ส่วนค่าเสียโอกาสเงินลงทุนคิดจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ปี 2566 ของการลงทุนทุกประเภทของธนาคารกรุงไทยจำกัด มหาชน ตามวิธีของสมศักดิ์ (2530)

ต้นทุนการขนส่ง

ต้นทุนทั้งหมด	= ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร
ต้นทุนคงที่	= ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน
ต้นทุนผันแปร	= ค่าสารเคมี + ค่าบรรจุภัณฑ์ + ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน
ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	= คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยของเงินฝากประจำ 12 เดือน ปี 2566 อัตราร้อยละ 1.40 ของการลงทุนทุกประเภทของธนาคารกรุงไทยจำกัดมหาชน (KTB. http://www.ktb.co.th)
ค่าเสื่อมราคา	= คิดโดยวิธีเส้นตรงโดยกำหนดมูลค่าซากเป็นศูนย์เมื่อหมดอายุการใช้งาน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการขนส่งปลาสดขนาด 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 7 นิ้ว (ขนาด 8-10 ตัว/กิโลกรัม) โดยนำข้อมูลของอัตราการรอดตายจากการขนส่ง คุณภาพน้ำ และอัตราการรอดตายหลังจากสิ้นสุดการทดลองขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk Test เมื่อพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติจึงนำไปตรวจสอบค่าความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Levene's test เมื่อค่าแปรปรวนของทุกกลุ่มเท่ากันจึงวิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยวิธี two way analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (อนันต์ชัย, 2542)

ผลการศึกษา

1. การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

1.1 อัตราการรอดตายหลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

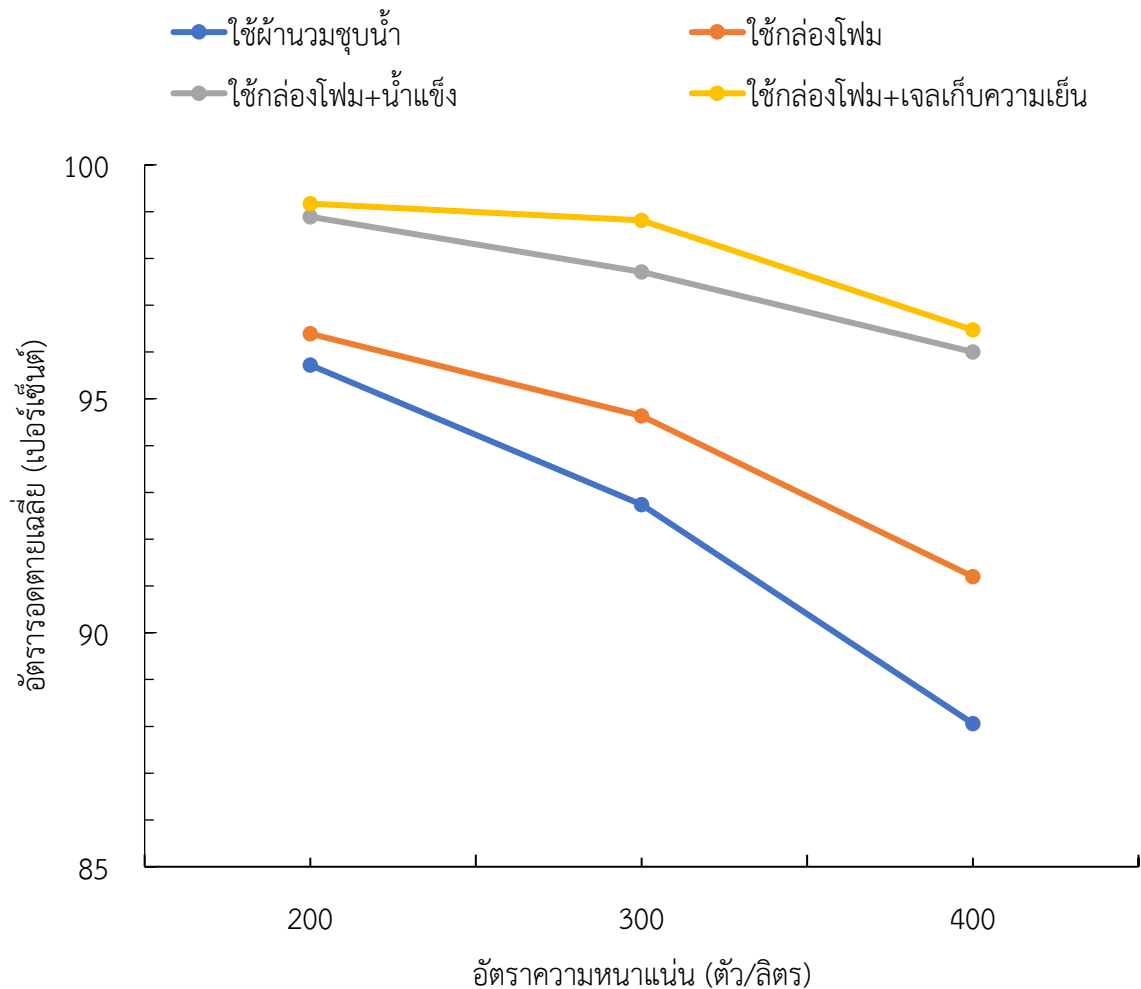
ผลการทดลองการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. ใช้ฝ้านวมชุบน้ำปูบนพื้นรถยนต์บรรทุกและปิดทับบนถุงปลาให้สนิทและรดน้ำให้ชุ่มในฝ้านวม 2. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟมโดยไม่ใช้น้ำแข็งหรือเจลเก็บความเย็น 3. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+น้ำแข็ง 0.5 กก. และ 4. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+เจลเก็บความเย็นขนาด 0.5 กก. ร่วมกับอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตราการรอดตายของลูกปลาสดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) ดังนี้

โดยชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 95.72 ± 1.55 , 92.74 ± 0.28 และ 88.06 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 96.39 ± 0.35 , 94.63 ± 0.32 และ 91.20 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 98.89 ± 0.25 , 97.71 ± 0.06 และ 96.00 ± 2.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 99.17 ± 0.29 , 98.81 ± 0.56 และ 96.47 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าลูกปลาสดที่ขนส่งด้วยการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัว/ลิตร และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร แต่สูงกว่า Treatment Combination อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร มีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ จากภาพที่ 8 พบว่าการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราการรอดตายมีแนวโน้มสูงกว่าการใช้ฝ้านวมชุบน้ำและการใช้กล่องโฟมเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 1 อัตรารอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	200	300	400
ใช้ผ่านววมชุนน้ำ	95.72±1.55 ^{cd}	92.74±0.28 ^e	88.06±0.24 ^s
ใช้กล่องโฟม	96.39±0.35 ^{bc}	94.63±0.32 ^d	91.20±0.50 ^f
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	98.89±0.25 ^a	97.71±0.06 ^{ab}	96.00±2.41 ^{cd}
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	99.17±0.29 ^a	98.81±0.56 ^a	96.47±0.21 ^{bc}

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
-มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการรอดตายจากการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

1.2 คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังจากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ร่วมกับอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง ปรากฏผลดังนี้

อุณหภูมิน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมิผลทำให้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ, การใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ตามลำดับ ($p < 0.05$) และอัตราความหนาแน่นไม่ทำให้อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยต่างกัน ($p > 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่ออุณหภูมิน้ำ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

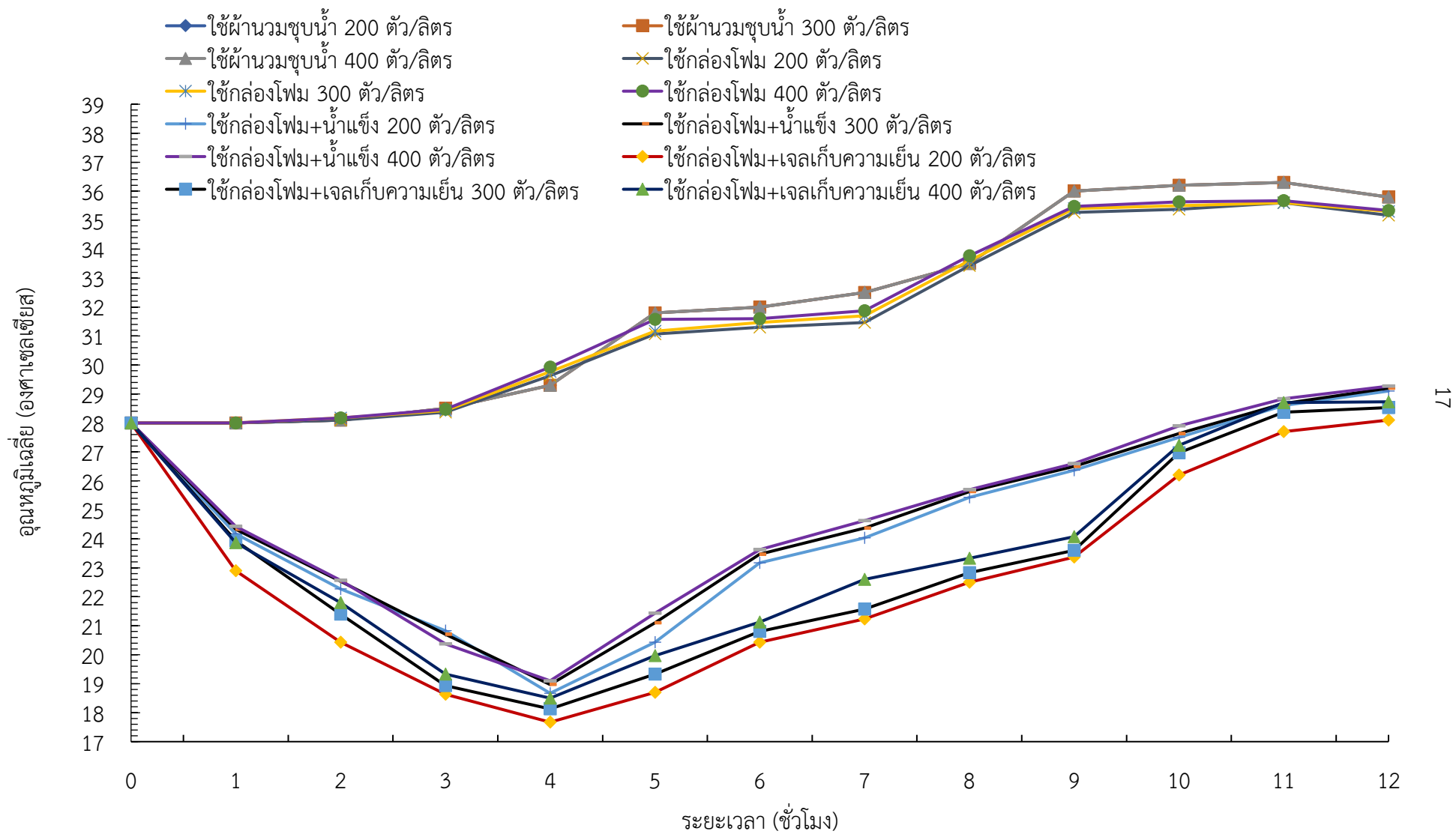
ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		200	300	400	
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	28.00±0.00	34.67±0.11	34.70±0.17	34.77±0.06	34.71±0.12 ^a
ใช้กล่องโฟม	28.00±0.00	34.40±0.36	34.47±0.06	34.53±0.06	34.47±0.19 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	28.00±0.00	27.90±0.30	28.10±0.10	27.57±0.40	27.86±0.35 ^c
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	28.00±0.00	27.20±0.10	27.43±0.06	27.50±0.10	27.38±0.16 ^d
ค่าเฉลี่ย	28.00±0.00	31.04±3.66 ^{ns}	31.17±3.57 ^{ns}	31.09±3.72 ^{ns}	

หมายเหตุ

- ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมงที่)	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	ชุดการทดลอง											
		ใช้ผ่านวามซุบน้ำ			ใช้กล่องโฟม			ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง			ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
		อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		200	300	400	200	300	400	200	300	400	200	300	400
0	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00
1	28.50±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	28.00±0.00	24.17±0.13	24.33±0.15	24.43±0.12	22.90±0.10	23.93±0.06	23.87±0.29
2	28.50±0.00	28.10±0.00	28.10±0.00	28.10±0.00	28.10±0.10	28.17±0.06	28.17±0.06	22.27±0.06	22.53±0.06	22.57±0.12	20.43±0.15	21.40±0.10	21.80±0.26
3	29.00±0.00	28.50±0.00	28.50±0.00	28.50±0.00	28.37±0.15	28.43±0.06	28.47±0.15	20.83±0.64	20.70±0.62	20.37±0.12	18.63±0.11	18.93±0.21	19.33±0.15
4	31.50±0.00	29.30±0.00	29.30±0.00	29.30±0.00	29.63±0.15	29.77±0.21	29.93±0.23	18.67±0.06	18.97±0.06	19.10±0.10	17.67±0.21	18.13±0.30	18.50±0.10
5	32.80±0.00	31.80±0.00	31.80±0.00	31.80±0.00	31.07±0.40	31.17±0.15	31.57±0.11	20.43±0.15	21.10±0.36	21.43±0.06	18.70±0.30	19.33±0.06	19.97±0.15
6	33.00±0.00	32.00±0.00	32.00±0.00	32.00±0.00	31.30±0.17	31.47±0.15	31.60±0.10	23.17±0.15	23.47±0.06	23.63±0.61	20.43±0.11	20.80±0.10	21.13±0.11
7	33.20±0.00	32.50±0.00	32.50±0.00	32.50±0.00	31.47±0.15	31.70±0.10	31.87±0.11	24.03±0.15	24.37±0.21	24.63±0.23	21.23±0.15	21.57±0.21	22.60±0.10
8	35.50±0.00	33.50±0.00	33.50±0.00	33.50±0.00	33.43±0.06	33.60±0.10	33.77±0.06	25.43±0.21	25.63±0.06	25.70±0.10	22.50±0.35	22.83±0.15	23.33±0.32
9	37.20±0.00	36.00±0.00	36.00±0.00	36.00±0.00	35.27±0.21	35.40±0.20	35.47±0.15	26.37±0.15	26.50±0.10	26.60±0.10	23.37±0.38	23.60±0.10	24.07±0.15
10	37.50±0.00	36.20±0.00	36.20±0.00	36.20±0.00	35.37±0.21	35.50±0.10	35.63±0.06	27.50±0.17	27.63±0.23	27.90±0.30	26.20±0.70	26.97±0.15	27.23±0.15
11	38.60±0.00	36.30±0.00	36.30±0.00	36.30±0.00	35.60±0.17	35.60±0.10	35.67±0.15	28.60±0.10	28.67±0.06	28.83±0.64	27.70±0.10	28.37±0.25	28.70±0.10
12	37.00±0.00	35.80±0.00	35.80±0.00	35.80±0.00	35.17±0.15	35.30±0.10	35.33±0.06	29.10±0.10	29.20±0.17	29.27±0.06	28.10±0.26	28.53±0.11	28.73±0.25
ค่าเฉลี่ย ระหว่าง	28.00-38.60	28.00-36.30	28.00-36.30	28.00-36.30	28.00-35.60	28.00-35.60	28.00-35.67	18.67-29.10	18.97-29.20	19.10-29.27	17.67-28.10	18.13-28.53	18.50-28.73



ภาพที่ 10 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่าการใช้กล่องโฟม และการใช้ผ้าคลุมชุบน้ำ ตามลำดับ ($p<0.05$) และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ตามลำดับ ($p<0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		200	300	400	
ใช้ผ้าคลุมชุบน้ำ	8.00±0.00	7.53±0.06	7.43±0.06	7.37±0.06	7.44±0.09 ^c
ใช้กล่องโฟม	8.00±0.00	7.63±0.06	7.50±0.00	7.37±0.06	7.50±0.12 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	8.00±0.00	7.73±0.06	7.57±0.06	7.43±0.06	7.58±0.14 ^a
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	8.00±0.00	7.77±0.06	7.63±0.06	7.47±0.06	7.62±0.14 ^a
ค่าเฉลี่ย	8.00±0.00	7.67±0.11 ^a	7.53±0.09 ^b	7.41±0.07 ^c	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment Combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร ซึ่งมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้ผ้าคลุมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		200	300	400
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	25.00±0.00	5.47±0.15 ^c	4.57±0.06 ^d	3.30±0.10 ^f
ใช้กล่องโฟม	25.00±0.00	5.70±0.44 ^{bc}	4.70±0.46 ^d	3.23±0.23 ^f
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	25.00±0.00	7.97±0.15 ^a	5.77±0.67 ^{bc}	3.90±0.36 ^e
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	25.00±0.00	8.23±0.31 ^a	6.13±0.21 ^b	4.13±0.21 ^{de}

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยสูงกว่า Treatment Combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		200	300	400
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	3.20±0.00	19.73±0.64 ^f	35.33±0.58 ^c	48.00±2.00 ^a
ใช้กล่องโฟม	3.20±0.00	19.73±1.55 ^f	32.17±0.86 ^d	43.73±2.05 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	3.20±0.00	15.73±0.23 ^g	22.80±0.53 ^e	33.20±0.72 ^d
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	3.20±0.00	15.53±0.50 ^g	22.80±0.53 ^e	33.13±0.90 ^d

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

แอมโมเนียรวม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ผ่านวชบุน้ำมีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยสูงสุด ($p<0.05$) รองลงมาได้แก่การใช้กล่องโฟม และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ซึ่งมีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำ

ให้ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยแตกต่างกันทุกระดับจากมากไปน้อยได้แก่อัตราความหนาแน่น 400, 300 และ 200 ตัว/ลิตร ตามลำดับ ($p < 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อแอมโมเนียรวม ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม ($\text{mg NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		200	300	400	
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	0.20 ± 0.00	5.87 ± 0.42	8.07 ± 0.90	14.70 ± 0.26	9.54 ± 4.01^a
ใช้กล่องโฟม	0.20 ± 0.00	5.13 ± 0.31	7.80 ± 0.90	13.17 ± 0.58	8.70 ± 3.59^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.20 ± 0.00	2.30 ± 0.26	5.53 ± 0.76	10.80 ± 0.20	6.21 ± 3.74^c
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.20 ± 0.00	2.10 ± 0.26	5.47 ± 0.67	10.33 ± 0.47	5.97 ± 3.61^c
ค่าเฉลี่ย	0.20 ± 0.00	3.85 ± 1.77^c	6.72 ± 1.45^b	12.25 ± 1.89^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

แอมโมเนียอิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้ค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อปริมาณแอมโมเนียอิสระ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟมที่ระดับอัตราความหนาแน่น 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า Treatment Combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัว/ลิตร ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร ซึ่งมีค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ ($\text{mg NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		200	300	400
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	0.013 ± 0.00	0.230 ± 0.01^b	0.251 ± 0.02^b	0.398 ± 0.04^a
ใช้กล่องโฟม	0.013 ± 0.00	0.224 ± 0.06^b	0.335 ± 0.06^a	0.370 ± 0.06^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.013 ± 0.00	0.083 ± 0.02^{de}	0.142 ± 0.03^{cde}	0.200 ± 0.03^{bc}
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.013 ± 0.00	0.080 ± 0.01^e	0.137 ± 0.01^{cde}	0.147 ± 0.02^{cd}

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

ไนโตรเจนไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าไนโตรเจนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใช้ผ่านวชบุน้ำ และการใช้กล่องโฟม มีค่าไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ย ไม่แตกต่างกับการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ($p < 0.05$) แต่สูงกว่าการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ($p < 0.05$) แต่การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง มีค่าไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ($p > 0.05$) และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ระดับอัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีค่าไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ยไม่แตกต่างกับที่ระดับอัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร ($p < 0.05$) แต่ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 และ 300 ตัว/ลิตร มีค่าไนโตรเจนไนโตรเจนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อไนโตรเจนไนโตรเจนของน้ำ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน (mg-N/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		200	300	400	
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	0.10±0.00	0.15±0.05	0.21±0.01	0.23±0.03	0.20±0.04 ^a
ใช้กล่องโฟม	0.10±0.00	0.17±0.06	0.22±0.03	0.22±0.03	0.20±0.04 ^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.10±0.00	0.15±0.04	0.17±0.06	0.18±0.03	0.17±0.04 ^{ab}
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.10±0.00	0.13±0.06	0.13±0.06	0.17±0.06	0.14±0.05 ^b
ค่าเฉลี่ย	0.10±0.00	0.15±0.04 ^b	0.18±0.05 ^{ab}	0.20±0.04 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวดิ่งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

1.3 อัตรารอดตายหลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

การทดลองการขนส่งลูกปลาสด ขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. ใช้ผ่านวชบุน้ำปูบนพื้นรถยนต์บรรทุกและปิดท้ายบนถุงปลาให้สนิทและรดน้ำให้ชุ่มในผืนผ้าขาว 2. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟมโดยไม่ใช้น้ำแข็งหรือเจลเก็บความเย็น 3. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+น้ำแข็ง 0.5 กก. และ 4. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+ถุงเจลเก็บความเย็นขนาด 0.5 กก. ร่วมกับอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตรารอดตายเฉลี่ยของลูกปลาสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) ดังนี้

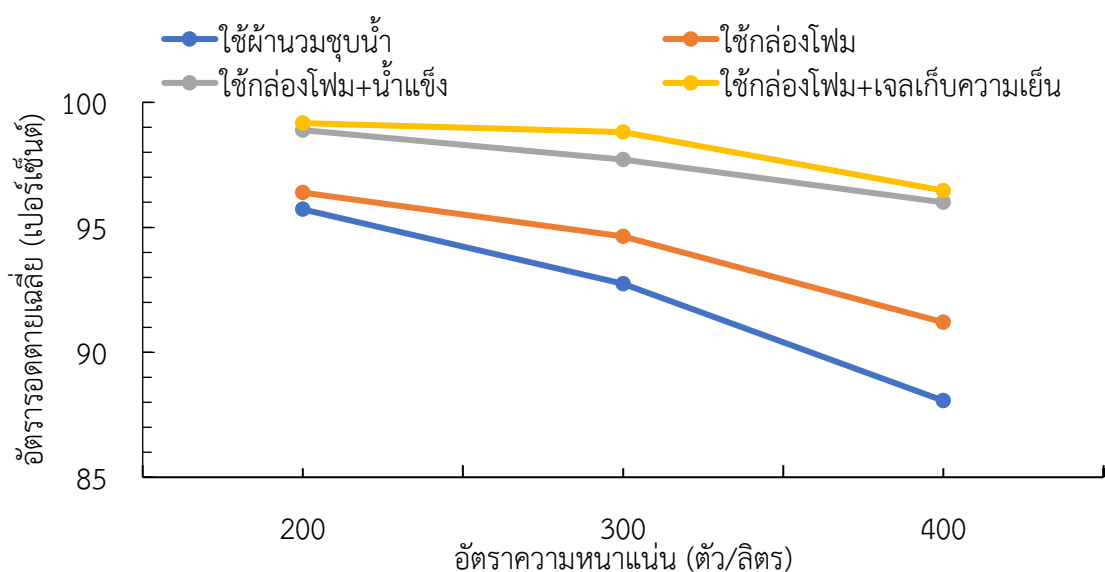
โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 90.28±0.09, 85.04±1.03 และ 78.81±0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 92.61±0.53, 88.70±0.74 และ 82.19±0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความ

หนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 97.11 ± 0.92 , 94.97 ± 0.52 และ 90.72 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 98.11 ± 0.19 , 95.74 ± 0.79 และ 90.83 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าลูกปลาสดที่ขนส่งด้วยการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่า Treatment Combination อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร ซึ่งมีค่าอัตราการตายเฉลี่ยไม่ต่างกับการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ระดับอัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 10)

ตารางที่ 10 อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังการลำเลียงขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	200	300	400
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	90.28 ± 0.09^e	85.04 ± 1.03^g	78.81 ± 0.24^i
ใช้กล่องโฟม	92.61 ± 0.53^d	88.70 ± 0.74^f	82.19 ± 0.27^h
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	97.11 ± 0.92^b	94.97 ± 0.52^c	90.72 ± 0.21^e
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	98.11 ± 0.19^a	95.74 ± 0.79^c	90.83 ± 0.08^e

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
-มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย



ภาพที่ 11 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการตายของลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว หลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

1.4 ต้นทุนการขนส่ง

จากการศึกษาต้นทุนการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่ง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 41.651, 42.491 และ 43.321 บาท/ถุง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 85.352, 86.182 และ 87.012 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 85.435, 86.265 และ 87.105 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนจากการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 85.482, 86.312 และ 87.152 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ซึ่งทุกรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิเดียวกันทุกระดับอัตราความหนาแน่นที่ขนส่งมีค่าต้นทุนคงที่เฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 0.490, 1.130, 1.133 และ 1.180 บาท ตามลำดับ และต้นทุนผันแปรเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นตามรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นในการขนส่ง และมีต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยระหว่าง 0.041 ถึง 0.147 บาท/ตัว พบว่าลูกพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่ำสุด (0.041 บาท/ตัว) รองลงมาได้แก่การใช้ฝ้านวมชุบน้ำที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร (0.051 บาท/ตัว) และ 200 ตัว/ลิตร (0.072 บาท/ตัว) ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

หลังจากสิ้นสุดการขนส่งเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำลูกพลาสติกไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.077, 0.056 และ 0.046 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.154, 0.108 และ 0.088 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.147, 0.101 และ 0.080 บาท/ตัว ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.145, 0.100 และ 0.080 บาท/ตัว ตามลำดับ พบว่าลูกพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด (0.046 บาท/ตัว) รองลงมาได้แก่การใช้ฝ้านวมชุบน้ำที่ระดับความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร (0.056 บาท/ตัว) และ 200 ตัว/ลิตร (0.077 บาท/ตัว) ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ต้นทุนการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	การใช้ผ่านวามชุบน้ำ			การใช้กล่องโฟม			การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง			การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)	200	300	400	200	300	400	200	300	400	200	300	400
รายละเอียดต้นทุน												
1. ต้นทุนคงที่												
-ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก	0.480	0.480	0.480	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060
-ค่าเสื่อมราคากล่องโฟม	0.000	0.000	0.000	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
-ค่าเสื่อมราคาเจลเก็บความเย็น	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.050	0.050
-ค่าผ่านวาม	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสื่อมราคาลูกพลาสติก	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวมต้นทุนคงที่	0.490	0.490	0.490	1.130	1.130	1.130	1.133	1.133	1.133	1.180	1.180	1.180
2. ต้นทุนผันแปร												
-ค่าบรรจุภัณฑ์	4.060	4.060	4.060	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310
-ค่าแรงงานบรรจุภัณฑ์	2.080	2.920	3.750	2.500	3.330	4.160	2.580	3.410	4.250	2.580	3.410	4.250
-ค่ายา+สารเคมี	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
-ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.860	34.860	34.860	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
รวมต้นทุนผันแปร	41.161	42.001	42.831	84.222	85.052	85.882	84.302	85.132	85.972	84.302	85.132	85.972
3. รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ถุง)	41.651	42.491	43.321	85.352	86.182	87.012	85.435	86.265	87.105	85.482	86.312	87.152
4. จำนวนปลาที่เหลือรอดจากการขนส่ง (ตัว/ถุง)	574.320	834.660	1,056.720	578.340	851.670	1,094.280	593.340	879.300	1,152.000	595.020	889.290	1,157.640
5. ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัว)	0.072^c	0.051^b	0.041^a	0.147ⁱ	0.101^g	0.079^e	0.144^h	0.098^f	0.076^d	0.144^h	0.097^f	0.075^d
6. จำนวนปลาที่เหลือรอดหลังการลำเลียงขนส่ง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (ตัว/ถุง)	541.680	765.360	945.720	555.660	798.300	986.280	582.660	854.640	1,088.640	588.660	861.660	1,089.960
7. ต้นทุนเมื่อสิ้นสุดการลำเลียงขนส่ง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (บาท/ตัว)	0.077^c	0.055^b	0.046^a	0.154^j	0.108^g	0.088^e	0.147ⁱ	0.101^f	0.080^d	0.145^h	0.100^f	0.080^d

- หมายเหตุ**
1. ค่ายาเหลือง กิโลกรัมละ 18,000 บาท ใช้ 0.006 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.11 บาท/ถุง
 2. เกลือ กิโลกรัมละ 5 บาท ใช้ 9 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.045 บาท/ถุง
 3. ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก ราคา 620,000 บาท อายุการใช้งาน 25 ปี ค่าเสื่อมราคาปีละ 24,800 บาท ค่าเสื่อมราคาวินละ 67.94 บาท คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 33.97 บาท/12 ชั่วโมง (บรรทุกได้ 32 กล้อง และ 70 ถุง คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 1.06 บาท/กล้อง, 0.48 บาท/ถุง)
 4. ค่ากล้องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร ราคาใบละ 100 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.07 บาท/กล้อง)
 5. ค่าเจลเก็บความเย็นขนาด 500 กรัม ราคา 70 บาท/ถุง อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.05 บาท/ถุง)
 6. ค่าผ่านลมผืนละ 180 บาท (ใช้ 6 ผืน) อายุการใช้งาน 2 ปี (180x6) ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.01 บาท/ถุง)
 7. ค่าทำน้ำแข็ง (ใช้ถุงซิปล็อคใบละ 2 บาท + ค่าไฟฟ้าสูบน้ำลิตรละ 0.002 บาท (0.001 บาท/ถุง) + ค่าเกลือผสมน้ำ ลิตรละ 0.50 บาท (0.25 บาท/ถุง) + ค่าไฟฟ้าสำหรับทำน้ำแข็งลิตรละ 0.20 บาท (0.10 บาท/ถุง) ใช้งานได้ 1 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง รวมเป็นค่าทำน้ำแข็งถุงละ 0.003 บาท/ถุง)
 8. เทปกาติดกล้อง (ม้วนละ 25 บาท ใช้ได้ 20 กล้อง ๆ ละ 1.25 บาท)
 9. ค่าบรรจุภัณฑ์ (ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ราคาใบละ 1.80 บาท ใช้ 2 ใบ ราคา 3.60 บาท, ยางวงใหญ่ กก.ละ 190 บาท 980 เส้น ๆ ละ 0.19 บาท, ออกซิเจน ถังละ 160 บาท อัดได้ 600 ถุง ๆ ละ 0.27 บาท (รวม 4.06 บาท/ถุง)
 10. ค่าจ้างแรงงานบรรจุพันธุ์ปลา ชั่วโมงละ 50 บาท
 11. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ลิตรละ 30.50 บาท ใช้ 1 ลิตร/10 กิโลเมตร อัตราความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะเวลาเดินทาง 12 ชั่วโมง (บรรทุก 2 ชั่วโมง) คิดเป็นระยะทาง 800 กม.) ใช้ น้ำมัน 80 ลิตร ๆ ละ 30.50 บาท เป็นเงิน 2,440 บาท ระวังบรรทุกแบบกล้อง ได้ 32 กล้อง คิดเป็นค่าบรรทุก กล้องละ 76.25 บาท และแบบถุงได้ 70 ถุง คิดเป็นค่าบรรทุกถุงละ 34.86 บาท
 12. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน อัตราร้อยละ 1.40 บาท/ปี ของการลงทุนทุกประเภทของธนาคารกรุงไทยจำกัดมหาชน ประจำปี 2566

2. การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

2.1 อัตรารอดตายหลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ผลการทดลองการขนส่งลูกปลาสด ขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. ใช้ผ่านลมชุบน้ำปูบนพื้นรถยนต์บรรทุกและปิดทับบนถุงปลาให้สนิทและรดน้ำให้ชุ่มในผืนผ้านวม 2. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟมโดยไม่ใช้น้ำแข็งหรือเจลเก็บความเย็น 3. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+น้ำแข็ง 0.5 กก. และ 4. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+เจลเก็บความเย็นขนาด 0.5 กก. และอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตรารอดตายของลูกปลาสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) ดังนี้

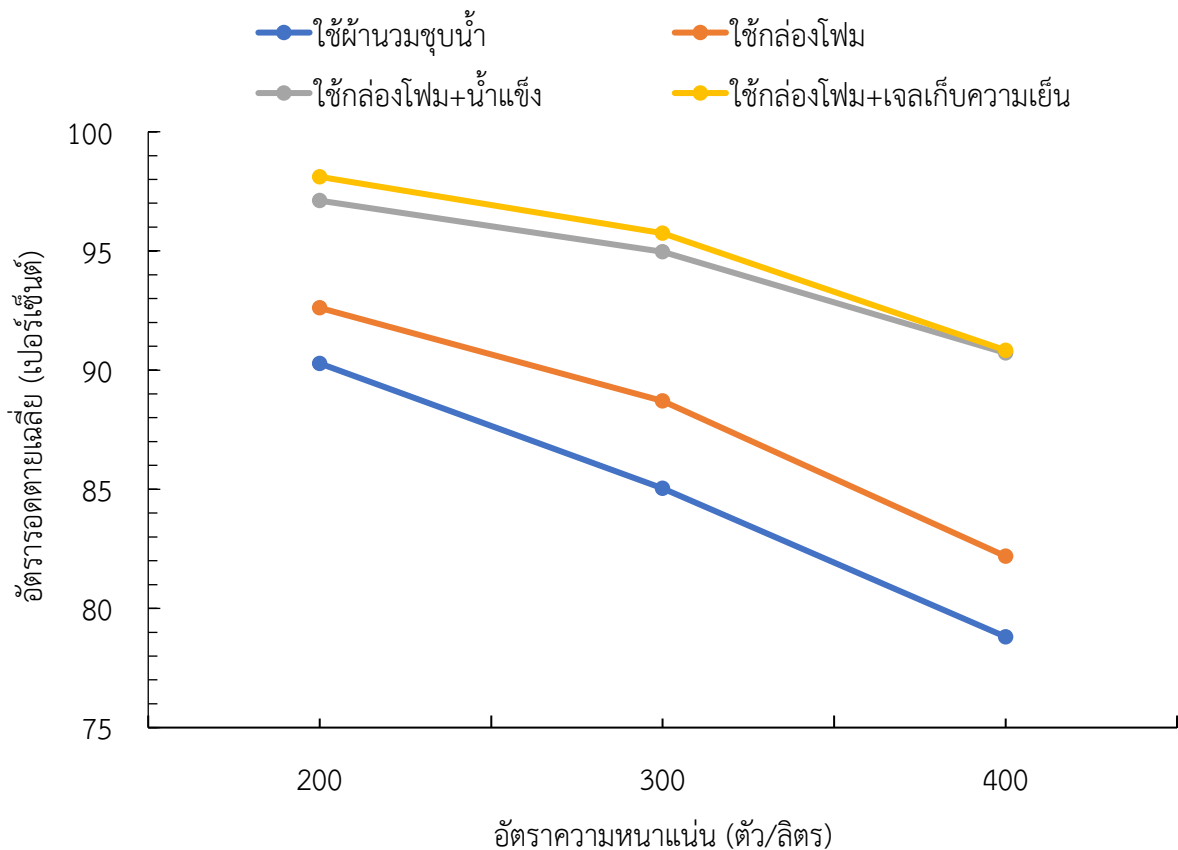
โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านลมชุบน้ำปิดคลุมถุงปลา อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 89.78 ± 1.02 , 85.00 ± 4.41 และ 73.70 ± 0.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 98.22 ± 0.39 , 93.89 ± 0.84 และ 92.96 ± 0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 99.78 ± 0.39 , 99.44 ± 0.51 และ 98.22 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 100.00 ± 0.00 และ 98.37 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าลูกปลาสดที่ขนส่งด้วยการใช้กล่อง

โฟม+น้ำแข็ง และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ทุกระดับอัตราความหนาแน่น มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment Combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 11)

ตารางที่ 12 อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	50	100	150
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	89.78±1.02 ^c	85.00±4.41 ^d	73.70±0.64 ^e
ใช้กล่องโฟม	98.22±0.39 ^a	93.89±0.84 ^b	92.96±0.78 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	99.78±0.39 ^a	99.44±0.51 ^a	98.22±0.22 ^a
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.37±0.46 ^a

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
-มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการตายจากการขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

2.2 คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังจากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการทดลองขนส่ง 12 ชั่วโมง ปรากฏผลดังนี้

อุณหภูมิน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่น มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยต่ออุณหภูมิน้ำ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟมอัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) แต่สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำทุกระดับอัตราความหนาแน่น มีค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 50 และ 100 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) (ตารางที่ 13) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (ตารางที่ 14 และภาพที่ 12)

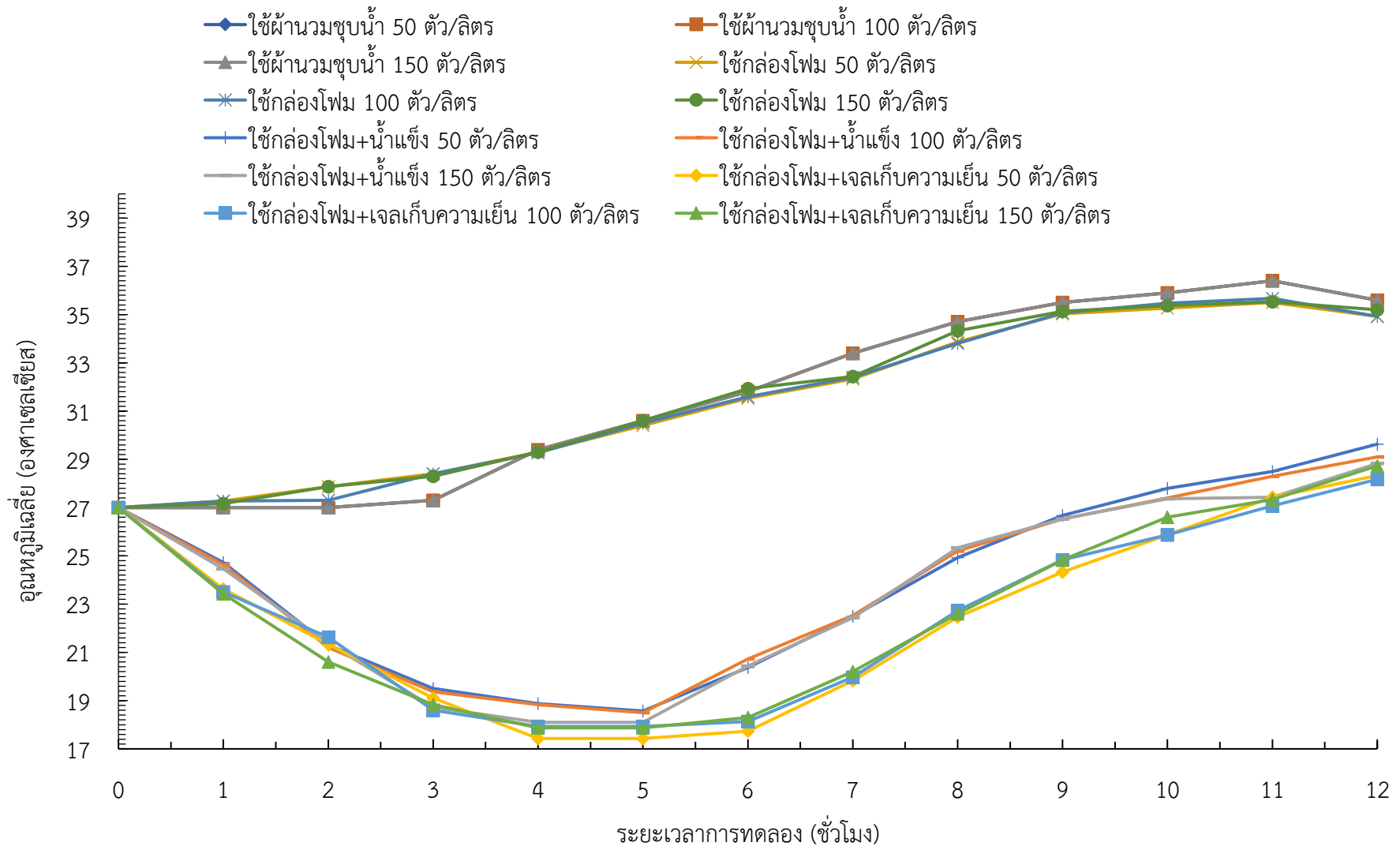
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		50	100	150
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	26.80±0.00	34.77±0.25 ^{ab}	34.80±0.20 ^{ab}	34.87±0.11 ^{ab}
ใช้กล่องโฟม	26.80±0.00	34.63±0.21 ^b	34.67±0.06 ^b	34.97±0.06 ^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	26.80±0.00	28.50±0.10 ^c	28.30±0.10 ^{cd}	28.50±0.10 ^c
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	26.80±0.00	27.37±0.06 ^e	27.63±0.11 ^e	28.07±0.30 ^d

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมงที่)	อุณหภูมิอากาศ (องศา เซลเซียส)	ชุดการทดลอง											
		ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ			ใช้กล่องโฟม			ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง			ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
		อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
0	27.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00
1	27.50	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.27±0.06	27.27±0.06	27.17±0.06	24.73±0.12	24.63±0.15	24.47±0.06	23.63±0.15	23.50±0.10	23.43±0.15
2	28.20	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.87±0.11	27.80±0.20	27.87±0.11	21.30±0.10	21.20±0.20	21.37±0.06	21.33±0.38	21.63±0.15	20.60±0.10
3	28.80	27.30±0.00	27.30±0.00	27.30±0.00	28.40±0.10	28.40±0.10	28.30±0.10	19.50±0.20	19.37±0.15	19.33±0.12	19.10±0.66	18.60±0.36	18.83±0.23
4	30.00	29.40±0.00	29.40±0.00	29.40±0.00	29.30±0.30	29.27±0.15	29.30±0.25	18.87±0.15	18.83±0.12	18.73±0.15	18.10±0.44	17.97±0.21	18.13±0.32
5	32.40	30.60±0.00	30.60±0.00	30.60±0.00	30.40±0.10	30.50±0.10	30.60±0.20	18.57±0.15	18.50±0.10	18.10±0.53	17.43±0.75	17.93±0.21	17.87±0.31
6	34.00	31.80±0.00	31.80±0.00	31.80±0.00	31.53±0.31	31.60±0.10	31.93±0.21	20.37±0.06	20.73±0.49	20.43±0.06	17.73±0.61	18.13±0.21	18.30±0.44
7	35.20	33.40±0.00	33.40±0.00	33.40±0.00	32.33±0.11	32.40±0.10	32.43±0.06	22.50±0.20	22.53±0.51	22.43±0.06	19.83±0.75	19.97±0.71	20.20±0.20
8	36.80	34.70±0.00	34.70±0.00	34.70±0.00	33.87±0.11	33.80±0.20	34.33±0.15	24.93±0.31	25.20±0.10	25.33±0.12	22.47±0.40	22.73±0.11	22.60±0.20
9	37.20	35.50±0.00	35.50±0.00	35.50±0.00	35.03±0.06	35.07±0.15	35.13±0.11	26.67±0.35	26.53±0.23	26.53±0.06	24.33±0.31	24.83±0.15	24.83±0.21
10	37.80	35.90±0.00	35.90±0.00	35.90±0.00	35.27±0.25	35.47±0.11	35.73±0.06	27.80±0.36	27.40±0.20	27.37±0.21	25.87±0.40	25.87±0.50	26.60±0.10
11	38.40	36.40±0.00	36.40±0.00	36.40±0.00	35.50±0.17	35.67±0.11	35.53±0.11	28.50±0.53	28.30±0.35	27.43±0.12	27.43±0.11	27.07±0.06	27.33±0.11
12	37.20	35.60±0.00	35.60±0.00	35.60±0.00	34.93±0.11	34.93±0.11	35.20±0.11	29.63±0.32	29.10±0.26	28.83±0.29	28.33±0.11	28.17±0.15	28.73±0.29
ค่าเฉลี่ย ระหว่าง	27.00-38.40	27.00-36.40	27.00-36.40	27.00-36.40	27.00-35.50	27.00-35.67	27.00-35.73	18.57-29.63	18.50-29.10	18.10-28.83	17.43-28.33	17.93-28.17	17.87-28.73



ภาพที่ 13 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยไม่ต่างกับการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ($p>0.05$) แต่สูงกว่าการใช้ผ่านววมซุนน้ำ และการใช้กล่องโฟม ($p<0.05$) แต่การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง, การใช้ผ่านววมซุนน้ำ และการใช้กล่องโฟม มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยที่ระดับอัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 100 และ 150 ตัว/ลิตร ($p<0.05$) แต่ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		50	100	150	
ใช้ผ่านววมซุนน้ำ	8.00±0.00	7.57±0.06	7.50±0.10	7.47±0.11	7.51±0.09 ^b
ใช้กล่องโฟม	8.00±0.00	7.63±0.06	7.47±0.06	7.40±0.10	7.50±0.12 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	8.00±0.00	7.73±0.06	7.53±0.06	7.47±0.06	7.58±0.13 ^{ab}
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	8.00±0.00	7.77±0.06	7.57±0.06	7.50±0.10	7.61±0.14 ^a
ค่าเฉลี่ย	8.00±0.00	7.67±0.10 ^a	7.52±0.07 ^b	7.46±0.09 ^b	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อ DO ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร ซึ่งมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการ ทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		50	100	150
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	24.00±0.00	6.27±0.81 ^c	3.60±0.53 ^e	2.73±0.23 ^f
ใช้กล่องโฟม	24.00±0.00	6.53±0.70 ^c	3.67±0.50 ^e	2.80±0.20 ^f
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	24.00±0.00	9.67±0.23 ^a	7.73±0.11 ^b	4.87±0.23 ^d
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	24.00±0.00	9.87±0.11 ^a	7.80±0.20 ^b	4.93±0.11 ^d

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้คาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ย สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการ ทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		50	100	150
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	3.60±0.00	23.60±0.53 ^{ef}	34.00±2.00 ^d	50.67±1.15 ^a
ใช้กล่องโฟม	3.60±0.00	24.55±0.06 ^e	38.00±0.60 ^c	43.13±0.11 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	3.60±0.00	16.13±0.81 ^h	22.00±2.00 ^{fg}	33.33±1.15 ^d
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	3.60±0.00	15.87±0.61 ^h	21.47±1.28 ^g	33.20±1.06 ^d

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

แอมโมเนียรวม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการใช้ฝ้านวมชุบน้ำมีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยสูงสุด ($p < 0.05$) รองลงมาได้แก่การใช้กล่องโฟม และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ($p > 0.05$) และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทุกระดับอัตราความหนาแน่น จากมากไปน้อย ดังนี้ อัตราความหนาแน่น 150, 100 และ 50 ตัว/ลิตร ตามลำดับ แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อแอมโมเนียรวม ($p > 0.05$) (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม (mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		50	100	150	
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	0.10±0.00	7.87±0.11	13.60±0.53	18.87±1.20	13.44±4.81 ^a
ใช้กล่องโฟม	0.10±0.00	6.73±0.31	11.20±1.56	16.93±1.51	11.62±4.56 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.10±0.00	5.40±0.53	9.33±0.58	16.13±0.81	10.29±4.74 ^c
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.10±0.00	5.33±0.42	9.27±0.83	15.87±0.42	10.16±4.64 ^c
ค่าเฉลี่ย	0.10±0.00	6.33±1.14 ^c	10.85±2.02 ^b	16.95±1.53 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

แอมโมเนียอิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้การใช้อุณหภูมิมีผลทำให้ค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการใช้ฝ้านวมชุบน้ำมีค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยสูงสุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือการใช้กล่องโฟม และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง ซึ่งไม่แตกต่างกับ การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว มีผลทำให้ค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งแตกต่างกันทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ อัตราความหนาแน่น 150, 100 และ 50 ตัว/ลิตร ตามลำดับ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อค่าแอมโมเนียอิสระ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ ($\text{mg NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		50	100	150	
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	0.006±0.00	0.333±0.04	0.502±0.10	0.643±0.13	0.493±0.16 ^a
ใช้กล่องโฟม	0.006±0.00	0.328±0.04	0.387±0.05	0.505±0.07	0.407±0.09 ^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.006±0.00	0.208±0.02	0.227±0.02	0.345±0.06	0.260±0.07 ^c
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.006±0.00	0.207±0.01	0.236±0.04	0.351±0.07	0.265±0.08 ^c
ค่าเฉลี่ย	0.006±0.00	0.269±0.07 ^c	0.338±0.13 ^b	0.461±0.15 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ไนโตรที่ไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ไนโตรที่ไนโตรเจนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยการใช้ฝ้านวมชุบน้ำ และการใช้กล่องโฟมมีค่าไนโตรที่ไนโตรเจนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่าการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าไนโตรที่ไนโตรเจนของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p<0.05$) ทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ อัตราความหนาแน่น 150, 100 และ 50 ตัว/ลิตร ตามลำดับ แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อค่าไนโตรที่ไนโตรเจนของน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของไนโตรที่ (mg-N/L) จากการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		50	100	150	
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	0.05±0.00	0.22±0.02	0.26±0.03	0.28±0.03	0.26±0.04 ^a
ใช้กล่องโฟม	0.05±0.00	0.22±0.03	0.28±0.03	0.30±0.01	0.27±0.04 ^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.05±0.00	0.15±0.05	0.18±0.03	0.25±0.04	0.20±0.06 ^b
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.05±0.00	0.13±0.03	0.18±0.03	0.25±0.05	0.19±0.06 ^b
ค่าเฉลี่ย	0.05±0.00	0.18±0.05 ^c	0.23±0.05 ^b	0.27±0.04 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งและแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

2.3 อัตราการรอดตายหลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

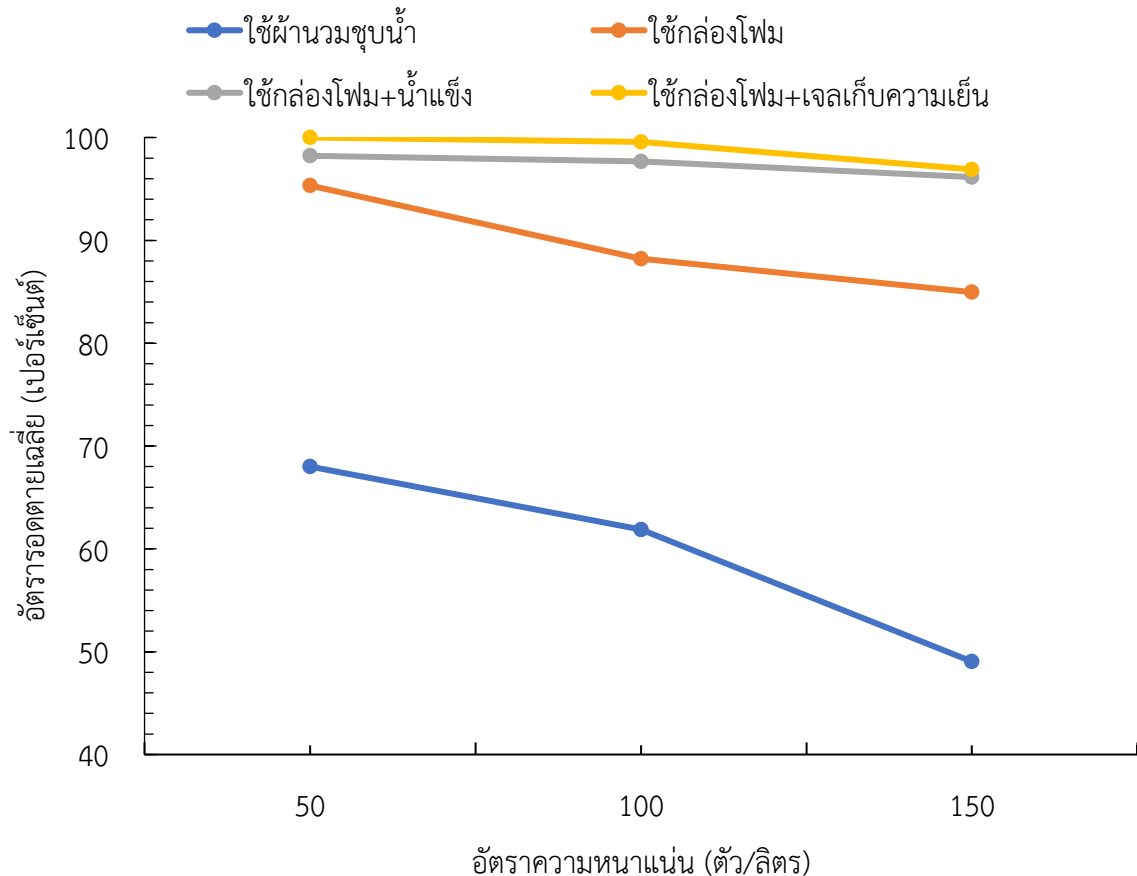
ผลการทดลองการขนส่งลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝั่วนวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตราการรอดตายของลูกปลาสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p<0.05$) ดังนี้

โดยชุดการทดลองที่ใช้ฝั่วนวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 68.00 ± 5.46 , 61.89 ± 6.55 และ 49.04 ± 0.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 95.33 ± 0.66 , 88.22 ± 0.77 และ 84.96 ± 0.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 98.22 ± 0.39 , 97.67 ± 0.88 และ 96.15 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 99.56 ± 0.20 และ 96.89 ± 0.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าลูกปลาสดที่ขนส่งด้วยการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ทุกระดับอัตราความหนาแน่น มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment Combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 21 และ ภาพที่ 13)

ตารางที่ 21 อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	50	100	150
ใช้ฝั่วนวมชุบน้ำ	68.00 ± 5.46^c	61.89 ± 6.55^d	49.04 ± 0.64^e
ใช้กล่องโฟม	95.33 ± 0.66^a	88.22 ± 0.77^b	84.96 ± 0.90^b
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	98.22 ± 0.39^a	97.67 ± 0.88^a	96.15 ± 0.13^a
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	100.00 ± 0.00^a	99.56 ± 0.20^a	96.89 ± 0.80^a

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
-มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย



ภาพที่ 14 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการดูดน้ำของลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว หลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำปลาไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

2.4 ต้นทุนการขนส่ง

จากการศึกษาต้นทุนการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ผ่านววมซุบน้ำ 2. การใช้กล่องโพน 3. การใช้กล่องโพน+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโพน+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่ง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ผ่านววมซุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 40.404, 40.821 และ 41.237 บาท/ถุง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโพน อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.102, 84.518 และ 84.933 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโพน+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.188, 84.604 และ 85.021 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโพน+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนจากการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.235, 84.651 และ 85.068 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ซึ่งทุกรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิเดียวกันทุกระดับความหนาแน่นที่ขนส่งมีค่าต้นทุนคงที่เฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 0.490, 1.130, 1.133 และ 1.180 บาท ตามลำดับ และต้นทุนผันแปรเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นตามรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นในการขนส่ง

และมีต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยระหว่าง 0.124 ถึง 0.571 บาท/ตัว พบว่าลูกพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ผ่านววมชุนน้ำ อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่ำสุด (0.124 บาท/ตัว) รองลงมาได้แก่การใช้ผ่านววมชุนน้ำที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร (0.160 บาท/ตัว) และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และกล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร (0.192 บาท/ตัว) ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

หลังจากสิ้นสุดการขนส่งแล้วนำลูกพลาสติกไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าทุกชุดการทดลองที่ใช้ผ่านววมชุนน้ำ อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.398, 0.221 และ 0.187 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.588, 0.320 และ 0.222 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.571, 0.289 และ 0.196 บาท/ตัว ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.562, 0.283 และ 0.195 บาท/ตัว ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าลูกพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ผ่านววมชุนน้ำ, กล่องโฟม+น้ำแข็ง และกล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีค่าต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ($p<0.05$) (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ต้นทุนการขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำลูกพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	ผ่านลม			กล่องโฟม			กล่องโฟม+น้ำแข็ง			กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)	50	100	150	50	100	150	50	100	150	50	100	150
รายละเอียดต้นทุน												
1. ต้นทุนคงที่												
-ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก	0.480	0.480	0.480	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060
-ค่าเสื่อมราคากล่องโฟม	0.000	0.000	0.000	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
-ค่าเสื่อมราคาเจลเก็บความเย็น	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.050	0.050
-ค่าผ่านลม	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสื่อมราคาลูกน้ำแข็ง	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวมต้นทุนคงที่	0.490	0.490	0.490	1.130	1.130	1.130	1.133	1.133	1.133	1.180	1.180	1.180
2. ต้นทุนผันแปร												
-ค่าบรรจุภัณฑ์	4.060	4.060	4.060	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310
-ค่าแรงงานบรรจุพันธุ์ปลา (บาท/กล่อง)	0.833	1.250	1.666	1.250	1.666	2.081	1.333	1.749	2.166	1.333	1.749	2.166
-ค่ายา+สารเคมี	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
-ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.860	34.860	34.860	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
รวมต้นทุนผันแปร	39.914	40.331	40.747	82.972	83.388	83.803	83.055	83.471	83.888	83.055	83.471	83.888
3. รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ถุง)	40.404	40.821	41.237	84.102	84.518	84.933	84.188	84.604	85.021	84.235	84.651	85.068
4. จำนวนปลาที่เหลือรอดจากการขนส่ง (ตัว/ถุง)	134.670	255.000	331.650	147.330	281.670	418.320	149.670	298.320	442.000	150.000	300.000	442.660
5. ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัว)	0.300^f	0.160^b	0.124^a	0.571^h	0.300^f	0.203^d	0.562^g	0.284^e	0.192^c	0.562^g	0.282^e	0.192^c
6. จำนวนปลาที่เหลือรอดหลังสิ้นสุดการขนส่ง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (ตัว/ถุง)	102.000	185.670	220.680	143.000	264.660	382.320	147.330	293.010	432.670	150.000	298.680	436.000
7. ต้นทุนเมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่ง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (บาท/ตัว)	0.398^e	0.221^b	0.187^a	0.588^g	0.320^d	0.222^b	0.571^{fg}	0.289^c	0.196^a	0.562^f	0.283^c	0.195^a

- หมายเหตุ**
1. ค่ายาเหลือง กิโลกรัมละ 18,000 บาท ใช้ 0.006 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.11 บาท/ถุง
 2. เกลือ กิโลกรัมละ 5 บาท ใช้ 9 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.045 บาท/ถุง
 3. ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก ราคา 620,000 บาท อายุการใช้งาน 25 ปี ค่าเสื่อมราคาปีละ 24,800 บาท ค่าเสื่อมราคาวินละ 67.94 บาท คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 33.97 บาท/12 ชั่วโมง (บรรทุกได้ 32 กล้อง และ 70 ถุง คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 1.06 บาท/กล้อง, 0.48 บาท/ถุง)
 4. ค่ากล้องโฟมขนาด 28x36x33 เซนติเมตร ราคาใบละ 100 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.07 บาท/กล้อง)
 5. ค่าเจลเก็บความเย็นขนาด 500 กรัม ราคา 70 บาท/ถุง อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.05 บาท/ถุง)
 6. ค่าผ่านลมผืนละ 180 บาท (ใช้ 6 ผืน) อายุการใช้งาน 2 ปี (180x6) ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.01 บาท/ถุง)
 7. ค่าทำน้ำแข็ง (ใช้ถุงซิปล็อคใบละ 2 บาท + ค่าไฟฟ้าสูบน้ำลิตรละ 0.002 บาท (0.001 บาท/ถุง) + ค่าเกลือผสมน้ำ ลิตรละ 0.50 บาท (0.25 บาท/ถุง) + ค่าไฟฟ้าสำหรับทำน้ำแข็งลิตรละ 0.20 บาท (0.10 บาท/ถุง) ใช้งานได้ 1 ปี การใช้งาน 12 ชั่วโมง รวมเป็นค่าทำน้ำแข็งถุงละ 0.003 บาท/ถุง)
 8. เทปกาติดกล้อง (ม้วนละ 25 บาท ใช้ได้ 20 กล้อง ๆ ละ 1.25 บาท)
 9. ค่าบรรจุภัณฑ์ (ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ราคาใบละ 1.80 บาท ใช้ 2 ใบ ราคา 3.60 บาท, ยางวงใหญ่ กก.ละ 190 บาท 980 เส้น ๆ ละ 0.19 บาท, ออกซิเจน ถังละ 160 บาท อัดได้ 600 ถุง ๆ ละ 0.27 บาท (รวม 4.06 บาท/ถุง)
 10. ค่าจ้างแรงงานบรรจุพันธุ์ปลา ชั่วโมงละ 50 บาท
 11. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ลิตรละ 30.50 บาท ใช้ 1 ลิตร/10 กิโลเมตร อัตราความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะเวลาเดินทาง 12 ชั่วโมง (บรรทุก 2 ชั่วโมง) คิดเป็นระยะทาง 800 กม.) ใช้ น้ำมัน 80 ลิตร ๆ ละ 30.50 บาท เป็นเงิน 2,440 บาท ระวังบรรทุกแบบกล้อง ได้ 32 กล้อง คิดเป็นค่าบรรทุก กล้องละ 76.25 บาท และแบบถุงได้ 70 ถุง คิดเป็นค่าบรรทุกถุงละ 34.86 บาท
 12. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน อัตราร้อยละ 1.40 บาท/ปี ของการลงทุนทุกประเภทของธนาคารกรุงไทยจำกัดมหาชน ประจำปี 2566

3. การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว (ขนาด 8-10 ตัว/กก.) เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

3.1 อัตราการรอดตายหลังจากลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ผลการทดลองการขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ผ่านลมชุบน้ำ 2. การใช้กล้องโฟม 3. การใช้กล้องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล้องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการทดลองขนส่ง 12 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตราการรอดตายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ต่ออัตราการรอดตาย ($p < 0.05$) ดังนี้

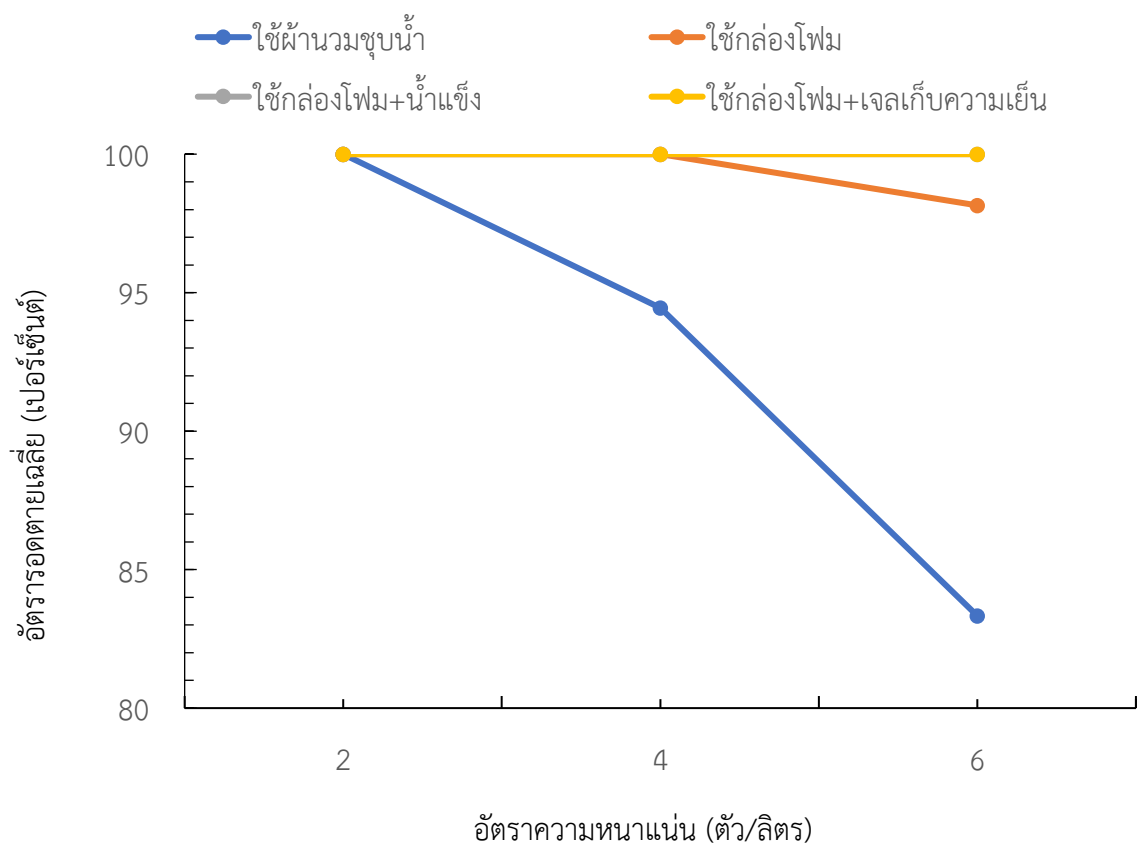
โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านลมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 94.45 ± 4.81 และ 83.33 ± 5.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล้องโฟม อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 100.00 ± 0.00 และ 98.15 ± 3.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล้องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 100.00 ± 0.00 และ 100.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล้องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00 ± 0.00 , 100.00 ± 0.00 และ 100.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าปลาสดขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งด้วยการใช้กล้องโฟม+น้ำแข็ง, ชุดการทดลองที่ใช้กล้องโฟม+เจลเก็บความเย็น ทุกระดับอัตราความหนาแน่น, ชุดการทดลองที่ใช้กล้องโฟม อัตรา

ความหนาแน่น 2, 4 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้ฝันามชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) แต่สูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้ฝันามชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 4 และ 6 ตัว/ลิตร ($p<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 23 และภาพที่ 14)

ตารางที่ 23 อัตราการตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของปลาสลิดขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
	2	4	6
ใช้ฝันามชุบน้ำ	100.00±0.00 ^a	94.45±4.81 ^b	83.33±5.55 ^c
ใช้กล่องโฟม	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	98.15±3.21 ^{ab}
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
-มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย



ภาพที่ 15 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการตายจากการขนส่งปลาสลิดขนาด 7 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

3.2 คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในถังจากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ร่วมกับอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการทดลองขนส่ง 12 ชั่วโมง ปรากฏผลดังนี้

อุณหภูมิน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมิผลทำให้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ, การใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ตามลำดับ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ระดับอัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกับอัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ แต่สูงกว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร ($p < 0.05$) สำหรับอัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับอัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p > 0.05$) ต่ออุณหภูมิ (ตารางที่ 24) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (ตารางที่ 25 และภาพที่ 15)

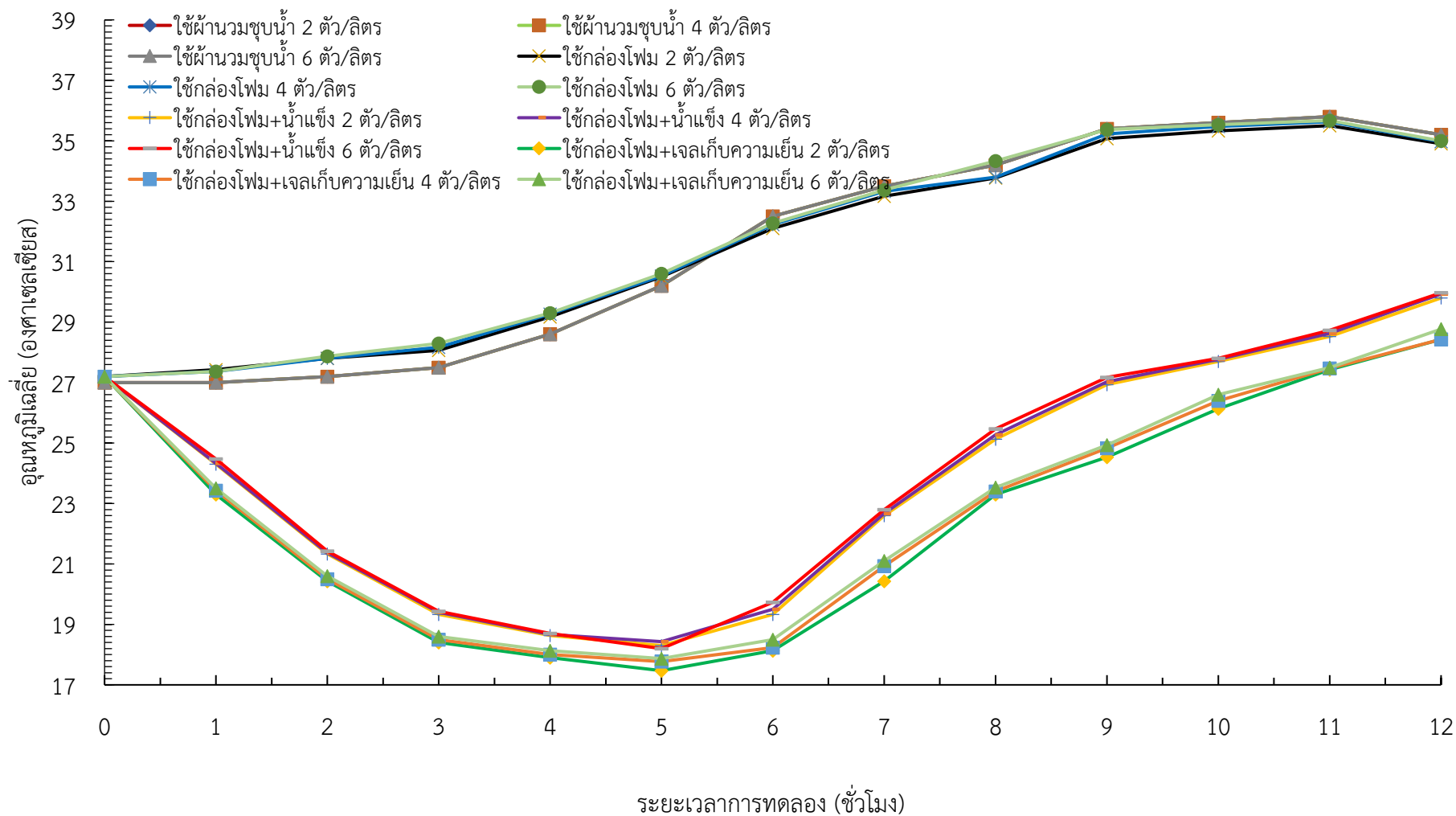
ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		2	4	6	
การใช้ฝ้านวม	27.00±0.00	35.13±0.11	35.27±0.06	35.30±0.10	35.23±0.11 ^a
การใช้กล่องโฟม	27.00±0.00	34.57±0.21	34.73±0.15	35.03±0.06	34.78±0.24 ^b
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	27.00±0.00	28.77±0.25	28.80±0.53	29.07±0.11	28.88±0.33 ^c
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	27.00±0.00	26.97±0.45	27.40±0.36	27.53±0.23	27.30±0.40 ^d
ค่าเฉลี่ย	27.00±0.00	31.36±3.72 ^b	31.55±3.66 ^{ab}	31.73±3.63 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลอง (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมงที่)	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	ชุดการทดลอง											
		ใช้ผ่านวสุบน้ำ			ใช้กล่องโฟม			ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง			ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
		อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0	28.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00
1	28.20	27.00±0.00	27.00±0.00	27.00±0.00	27.43±0.06	27.37±0.11	27.37±0.15	24.30±0.20	24.33±0.15	24.47±0.06	23.30±0.10	23.43±0.06	23.50±0.10
2	28.50	27.20±0.00	27.20±0.00	27.20±0.00	27.80±0.00	27.87±0.20	27.87±0.11	21.33±0.12	21.37±0.06	21.43±0.06	20.43±0.11	20.50±0.10	20.60±0.10
3	29.00	27.50±0.00	27.50±0.00	27.50±0.00	28.07±0.06	28.17±0.06	28.30±0.10	19.33±0.06	19.40±0.10	19.43±0.06	18.40±0.10	18.50±0.10	18.60±0.17
4	30.00	28.60±0.00	28.60±0.00	28.60±0.00	29.17±0.15	29.27±0.15	29.30±0.26	18.63±0.06	18.67±0.06	18.70±0.10	17.90±0.20	18.00±0.20	18.13±0.32
5	31.80	30.20±0.00	30.20±0.00	30.20±0.00	30.50±0.10	30.53±0.06	30.60±0.20	18.30±0.36	18.43±0.06	18.20±0.10	17.47±0.11	17.77±0.06	17.87±0.30
6	34.00	32.50±0.00	32.50±0.00	32.50±0.00	32.10±0.10	32.23±0.06	32.27±0.06	19.33±0.21	19.50±0.10	19.73±0.12	18.13±0.30	18.23±0.06	18.50±0.10
7	35.40	33.50±0.00	33.50±0.00	33.50±0.00	33.17±0.06	33.33±0.11	33.37±0.06	22.60±0.10	22.67±0.38	22.80±0.20	20.43±0.21	20.93±0.30	21.10±0.70
8	36.60	34.20±0.00	34.20±0.00	34.20±0.00	33.77±0.25	33.80±0.20	34.33±0.15	25.13±0.50	25.27±0.15	25.47±0.12	23.30±0.10	23.40±0.20	23.53±0.30
9	37.20	35.40±0.00	35.40±0.00	35.40±0.00	35.07±0.11	35.23±0.06	35.37±0.15	26.93±0.12	27.03±0.25	27.17±0.58	24.53±0.11	24.83±0.15	24.93±0.11
10	38.00	35.60±0.00	35.60±0.00	35.60±0.00	35.33±0.29	35.47±0.11	35.53±0.11	27.70±0.26	27.77±0.15	27.80±0.20	26.13±0.06	26.40±0.10	26.60±0.10
11	38.50	35.80±0.00	35.80±0.00	35.80±0.00	35.50±0.17	35.63±0.06	35.67±0.06	28.53±0.49	28.63±0.12	28.73±0.25	27.43±0.06	27.47±0.15	27.50±0.10
12	37.00	35.20±0.00	35.20±0.00	35.20±0.00	34.90±0.10	34.97±0.06	35.00±0.10	29.80±0.35	29.93±0.12	29.97±0.06	28.33±0.11	28.17±0.15	28.73±0.29
ค่าเฉลี่ย ระหว่าง	28.00-38.50	27.00-35.80	27.00-35.80	27.00-35.80	27.20-35.50	27.20-35.63	27.20-35.67	18.30-29.80	18.43-29.93	18.20-29.97	17.47-28.33	17.77-28.17	17.87-28.73



ภาพที่ 16 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอุปกรณ์ทดลองเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) พบว่าการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่าชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม และการใช้ผ่านวามชุบน้ำ ($p<0.05$) และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากมากไปน้อยตามลำดับ ดังนี้ อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ($p<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเป็นด่าง จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		2	4	6	
การใช้น้ำผ่านวามชุบน้ำ	8.00±0.00	7.63±0.06	7.43±0.06	7.37±0.06	7.48±0.13 ^b
การใช้กล่องโฟม	8.00±0.00	7.67±0.06	7.50±0.00	7.37±0.06	7.51±0.14 ^b
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	8.00±0.00	7.73±0.11	7.57±0.06	7.53±0.06	7.61±0.12 ^a
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	8.00±0.00	7.73±0.06	7.63±0.06	7.57±0.06	7.64±0.09 ^a
ค่าเฉลี่ย	8.00±0.00	7.69±0.08 ^a	7.53±0.09 ^b	7.46±0.11 ^c	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร มีค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/l) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		2	4	6
การใช้ผ่านวชบุน้ำ	24.00±0.00	5.93±0.31 ^c	4.87±0.11 ^d	2.73±0.23 ^e
การใช้กล่องโฟม	24.00±0.00	5.93±0.11 ^c	4.90±0.17 ^d	2.67±0.18 ^e
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	24.00±0.00	12.67±0.43 ^a	8.43±0.21 ^b	6.13±0.31 ^c
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	24.00±0.00	12.83±0.29 ^a	8.53±0.50 ^b	6.07±0.11 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่น มีผลทำให้คาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยสูงสุด ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร และการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ซึ่งมีค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระเฉลี่ยไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		2	4	6
การใช้ผ่านวชบุน้ำ	3.20±0.00	19.93±0.90 ^f	34.00±1.00 ^c	50.00±5.00 ^a
การใช้กล่องโฟม	3.20±0.00	18.87±1.03 ^f	31.00±1.00 ^d	45.33±0.58 ^b
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	3.20±0.00	15.00±1.00 ^g	25.87±0.23 ^e	34.67±0.58 ^c
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	3.20±0.00	14.80±0.72 ^g	24.47±1.10 ^e	34.33±0.58 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

แอมโมเนียรวม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งปลาสด มีผลทำให้ค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ย ($p<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบ น้ำ อัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร ($p > 0.05$) และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียรวม ($\text{mg NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการ ทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		2	4	6
การใช้น้ำผ่านวชบ	0.20±0.00	6.00±0.69 ^{de}	12.87±0.11 ^b	21.00±1.73 ^a
การใช้กล่องโฟม	0.20±0.00	5.77±0.40 ^e	12.53±0.06 ^b	20.50±0.50 ^a
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.20±0.00	4.60±0.40 ^f	7.00±0.20 ^d	10.83±0.29 ^c
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.20±0.00	4.57±0.40 ^f	6.67±0.42 ^{de}	10.60±0.10 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

แอมโมเนียอิสระ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งปลาสด มีผลทำให้ค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบ น้ำ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าแอมโมเนียอิสระเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่า Treatment combination อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบ น้ำ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม ที่ระดับอัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียอิสระ ($\text{mg NH}_3\text{-N/L}$) จากการทดลองขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการ ทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)		
		2	4	6
การใช้น้ำผ่านวชบ	0.012±0.00	0.303±0.07 ^c	0.419±0.06 ^b	0.547±0.02 ^a
การใช้กล่องโฟม	0.012±0.00	0.304±0.03 ^c	0.470±0.00 ^b	0.565±0.07 ^a
การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.012±0.00	0.181±0.05 ^d	0.188±0.02 ^d	0.288±0.06 ^c
การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.012±0.00	0.160±0.04 ^d	0.187±0.02 ^d	0.266±0.03 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย

ไนโตรเจนในโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าไนโตรเจนในโตรเจนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยการใช้ฝ้านวมชุบน้ำ และการใช้กล่องโฟมมีค่าไนโตรเจนในโตรเจนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่าการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น และอัตราความหนาแน่นในการขนส่งพลาสติกมีผลทำให้ค่าไนโตรเจนในโตรเจนของน้ำเฉลี่ยแตกต่างกันทุกระดับจากมากไปน้อย ดังนี้ อัตราความหนาแน่น 6, 4 และ 2 ตัว/ลิตร ตามลำดับ ($p<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่อค่าไนโตรเจนในโตรเจนของน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในโตรเจน (mg-N/l) จากการทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	เริ่มการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
		2	4	6	
ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ	0.10±0.00	0.22±0.03	0.25±0.00	0.29±0.04	0.25±0.04 ^a
ใช้กล่องโฟม	0.10±0.00	0.22±0.03	0.25±0.00	0.28±0.03	0.25±0.03 ^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	0.10±0.00	0.17±0.05	0.21±0.01	0.23±0.03	0.21±0.04 ^b
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	0.10±0.00	0.13±0.06	0.17±0.06	0.23±0.06	0.18±0.07 ^b
ค่าเฉลี่ย	0.10±0.00	0.18±0.05 ^c	0.22±0.04 ^b	0.26±0.04 ^a	

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งและแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วม

3.3 อัตรารอดตายหลังการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ผลการทดลองการขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1. ใช้ฝ้านวมปูบนพื้นรถยนต์บรรทุกและปิดทับบนถุงปลาให้สนิทและรดน้ำให้ชุ่มในฝ้านวม 2. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟมโดยไม่ใช้น้ำแข็งหรือเจลเก็บความเย็น 3. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+น้ำแข็ง 500 กรัม และ 4. บรรจุถุงปลาในกล่องโฟม+ถุงเจลเก็บความเย็นขนาด 500 กรัม และอัตราความหนาแน่นต่างกัน 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำพลาสติกหลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นในการขนส่งมีผลทำให้อัตราการรอดตายเฉลี่ยของพลาสติกขนาด 7 นิ้ว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ($p>0.05$) ดังนี้

โดยชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 94.44±9.62, 91.67±8.33 และ 79.63±6.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 94.44±5.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 96.29±3.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าพลาสติกที่ขนส่งด้วยการใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และชุด

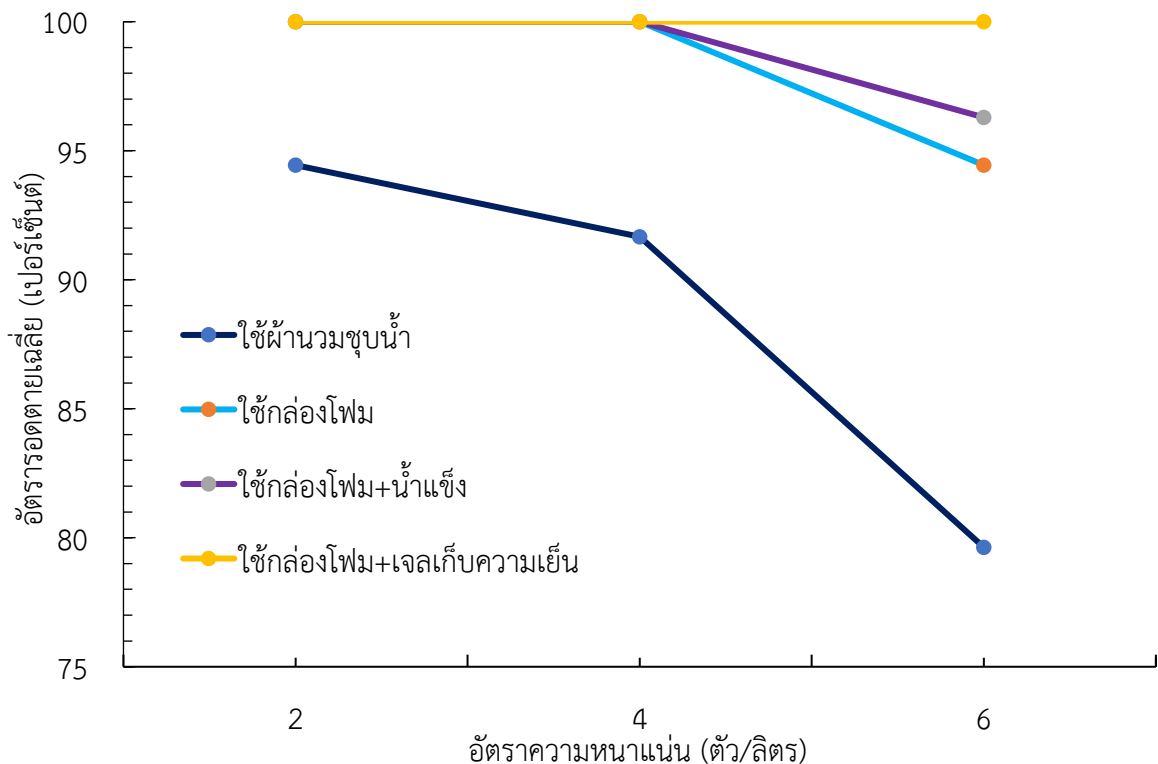
การทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่า ชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และอัตราความหนาแน่นที่ระดับ 2 และ 4 ตัว/ลิตร มีอัตราการตายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูงกว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ($p<0.05$) (ตารางที่ 32 และภาพที่ 16)

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ยของอัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์) ของปลาสดขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	4	6	
ใช้ผ่านวชบุน้ำ	94.44±9.62	91.67±8.33	79.63±6.41	88.58±9.87 ^b
ใช้กล่องโฟม	100.00±0.00	100.00±0.00	94.44±5.55	98.15±3.93 ^a
ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง	100.00±0.00	100.00±0.00	96.29±3.21	98.76±2.45 ^a
ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00 ^a
ค่าเฉลี่ย	98.61±4.81 ^a	97.92±5.18 ^a	92.59±8.97 ^b	

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

-ไม่มีอิทธิพลร่วม



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ที่มีต่ออัตราการตายของปลาสดขนาด 7 นิ้ว หลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำปลาไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

3.4 ต้นทุนการขนส่ง

จากการศึกษาต้นทุนของการขนส่งพลาสติกขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ คือ 1. การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ 2. การใช้กล่องโฟม 3. การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และ 4. การใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ร่วมกับอัตราความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร ระยะเวลาการขนส่ง 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำพลาสติกหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่ง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 40.154, 40.321 และ 40.487 บาท/ถุง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.268, 84.435 และ 84.601 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.438, 84.604 และ 84.771 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนจากการขนส่งรวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 84.485, 84.651 และ 84.818 บาท/ถุง/กล่อง ตามลำดับ ซึ่งทุกรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิเดียวกันทุกระดับความหนาแน่นที่ขนส่งมีค่าต้นทุนคงที่เฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 0.490, 1.130, 1.133 และ 1.180 บาท ตามลำดับ และต้นทุนผันแปรเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นตามรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิและอัตราความหนาแน่นในการขนส่ง และมีต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยระหว่าง 2.707 ถึง 14.081 บาท/ตัว พบว่าพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.707 บาท/ตัว รองลงมาได้แก่การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร เท่ากับ 3.564 บาท/ตัว และการใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร ($p>0.05$) (ตารางที่ 33)

หลังจากสิ้นสุดการขนส่งแล้วนำลูกพลาสติกไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าทุกชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.138, 3.686 และ 2.837 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 14.045, 7.036 และ 4.988 บาท/ตัว ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 14.073, 7.050 และ 4.895 บาท/ตัว ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 14.081, 7.054 และ 4.712 บาท/ตัว ตามลำดับ พบว่าพลาสติกที่ขนส่งโดยใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนตลอดการทดลองรวมเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.837 บาท/ตัว รองลงมาได้แก่การใช้ฝ้านวมชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร เท่ากับ 3.686 บาท/ตัว และการใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ที่ระดับความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีค่าต้นทุนตลอดการทดลองเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 ต้นทุนการขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว ร่วมกับการใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง รวมถึงการนำปลาสดหลังจากสิ้นสุดการขนส่งไปเลี้ยงต่อ เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	ผ่านวนขุนน้ำ			กล่องโฟม			กล่องโฟม+น้ำแข็ง			กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น		
อัตราความหนาแน่น (ตัว/ลิตร)	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
รายละเอียดต้นทุน												
1. ต้นทุนคงที่												
-ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก	0.480	0.480	0.480	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060	1.060
-ค่าเสื่อมราคากล่องโฟม	0.000	0.000	0.000	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
-ค่าเสื่อมราคาเจลเก็บความเย็น	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.050	0.050
-ค่าเสื่อมราคาผ่านวน	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสื่อมราคาลูกน้ำแข็ง	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวมต้นทุนคงที่	0.490	0.490	0.490	1.130	1.130	1.130	1.133	1.133	1.133	1.180	1.180	1.180
2. ต้นทุนผันแปร												
-ค่าบรรจุภัณฑ์	4.060	4.060	4.060	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310
-ค่าแรงงานบรรจุพันธุ์ปลา (บาท/กล่อง)	0.583	0.750	0.916	1.416	1.583	1.749	1.583	1.749	1.916	1.583	1.749	1.916
-ค่ายา+สารเคมี	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
-ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.86	34.860	34.860	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250	76.250
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
รวมต้นทุนผันแปร	39.664	39.831	39.997	83.138	83.305	83.471	83.305	83.471	83.638	83.305	83.471	83.638
3. รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ถุง)	40.154	40.321	40.487	84.268	84.435	84.601	84.438	84.604	84.771	84.485	84.651	84.818
4.จำนวนปลาที่เหลืรอดจากการขนส่ง (ตัว/ถุง)	6.000	11.330	15.000	6.000	12.000	17.670	6.000	12.000	18.000	6.000	12.000	18.000
5. ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัว)	6.692^d	3.564^b	2.707^a	14.045^f	7.036^e	4.782^c	14.073^f	7.050^e	4.710^c	14.081^f	7.054^e	4.712^c
6. จำนวนปลาที่เหลืรอดหลังสิ้นสุดการลำเลียงขนส่งเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (ตัว/ถุง)	5.670	11.000	14.330	6.0000	12.000	17.000	6.000	12.000	17.330	6.000	12.000	18.000
7. ต้นทุนหลังสิ้นสุดการลำเลียงขนส่ง เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง (บาท/ตัว)	7.138^d	3.686^b	2.837^a	14.045^e	7.036^d	4.988^c	14.073^e	7.050^d	4.895^c	14.081^e	7.054^d	4.712^c

- หมายเหตุ
1. ค่ายาเหลือง กิโลกรัมละ 18,000 บาท ใช้ 0.006 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.11 บาท/ถุง
 2. เกลือ กิโลกรัมละ 5 บาท ใช้ 9 กรัม/ถุง เป็นเงิน 0.045 บาท/ถุง
 3. ค่าเสื่อมราคารถยนต์บรรทุก ราคา 620,000 บาท อายุการใช้งาน 25 ปี ค่าเสื่อมราคาปีละ 24,800 บาท ค่าเสื่อมราคาวินละ 67.94 บาท คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 33.97 บาท/12 ชั่วโมง (บรรทุกได้ 32 กล้อง และ 70 ถุง คิดเป็นค่าเสื่อมราคา 1.06 บาท/กล้อง, 0.48 บาท/ถุง)
 4. ค่ากล้องโฟมขนาด 26x36x33 เซนติเมตร ราคาใบละ 100 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.07 บาท/กล้อง)
 5. ค่าเจลเก็บความเย็นขนาด 500 กรัม ราคา 70 บาท/ถุง อายุการใช้งาน 2 ปี ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.05 บาท/ถุง)
 6. ค่าผ่านลมผืนละ 180 บาท (ใช้ 6 ผืน) อายุการใช้งาน 2 ปี (180x6) ใช้งาน 12 ชั่วโมง (ค่าเสื่อมราคา 0.01 บาท/ถุง)
 7. ค่าทำน้ำแข็ง (ใช้ถุงซิปล็อคใบละ 2 บาท + ค่าไฟฟ้าสูบน้ำลิตรละ 0.002 บาท (0.001 บาท/ถุง) + ค่าเกลือผสมน้ำ ลิตรละ 0.50 บาท (0.25 บาท/ถุง) + ค่าไฟฟ้าสำหรับทำน้ำแข็งลิตรละ 0.20 บาท (0.10 บาท/ถุง) ใช้งานได้ 1 ปี การใช้งาน 12 ชั่วโมง รวมเป็นค่าทำน้ำแข็งถุงละ 0.003 บาท/ถุง)
 8. เทปขาวติดกล้อง (ม้วนละ 25 บาท ใช้ได้ 20 กล้อง ๆ ละ 1.25 บาท)
 9. ค่าบรรจุภัณฑ์ (ถุงพลาสติกขนาด 18x28 นิ้ว ราคาใบละ 1.80 บาท ใช้ 2 ใบ ราคา 3.60 บาท, ยางวงใหญ่ กก.ละ 190 บาท 980 เส้น ๆ ละ 0.19 บาท, ออกซิเจน ถังละ 160 บาท อัดได้ 600 ถุง ๆ ละ 0.27 บาท (รวม 4.06 บาท/ถุง)
 10. ค่าจ้างแรงงานบรรจุพันธุ์ปลา ชั่วโมงละ 50 บาท
 11. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ลิตรละ 30.50 บาท ใช้ 1 ลิตร/10 กิโลเมตร อัตราความเร็ว 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง ระยะเวลาเดินทาง 12 ชั่วโมง (พักรถ 2 ชั่วโมง) คิดเป็นระยะทาง 800 กม.) ใช้ น้ำมัน 80 ลิตร ๆ ละ 30.50 บาท เป็นเงิน 2,440 บาท ระวังบรรทุกแบบกล้อง ได้ 32 กล้อง คิดเป็นค่าบรรทุก กล้องละ 76.25 บาท และแบบถุงได้ 70 ถุง คิดเป็นค่าบรรทุกถุงละ 34.86 บาท
 12. ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน อัตราร้อยละ 1.40 บาท/ปี ของการลงทุนทุกประเภทของธนาคารกรุงไทยจำกัดมหาชน ประจำปี 2566

สรุปและวิจารณ์ผล

การทดลองขนส่งพลาสติกขนาด 1 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ 4 รูปแบบ และอัตราความหนาแน่นการขนส่งต่างกัน 3 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำปลาไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลกระทบจากการขนส่งที่มีต่ออัตราการรอดตาย ผลการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ การใช้ผ่านลมชุปน้ำ, การใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 200, 300 และ 400 ตัว/ลิตร พบว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 90.28 ± 0.09 , 92.61 ± 0.53 , 97.11 ± 0.92 และ 98.11 ± 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราความหนาแน่น 300 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 85.04 ± 1.03 , 88.70 ± 0.74 , 94.97 ± 0.52 และ 95.74 ± 0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 78.81 ± 0.24 , 82.19 ± 0.27 , 90.72 ± 0.21 และ 90.83 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีผลทำให้อัตราการรอดตายใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าการใช้กล่องโฟม และการใช้ผ่านลมชุปน้ำ ตามลำดับ ($p < 0.05$) และอัตราความหนาแน่นจากการขนส่งมีผลทำให้แนวโน้มของอัตราการรอดตายลดลงตามปัจจัยที่เพิ่มขึ้น และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการรอดตาย ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อาคม และคณะ (2562) กล่าวว่า การเพิ่มความหนาแน่น และระยะเวลาในการขนส่งพลาสติกขนาด 1 นิ้ว มีอิทธิพลทำให้อัตราการรอดตายลดลง ซึ่งได้ทำการทดลองขนส่งลูกพลาสติกขนาด 1 นิ้ว (โดยใช้รูปแบบไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ) อัตราความหนาแน่น 150, 200 และ 250 ตัว/ลิตร ระยะเวลาขนส่ง 12 ชั่วโมง พบว่าลูกพลาสติกมีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 95.33 ± 0.67 , 89.50 ± 0.87 และ 80.13 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ อาคม และคณะ (2562) ที่ระดับความหนาแน่น 200 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 89.50 ± 0.87 เปอร์เซ็นต์ กับผลการทดลองครั้งนี้จะมีอัตราการรอดใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ใช้ผ่านลมชุปน้ำ (90.28 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์) และการใช้กล่องโฟม (92.61 ± 0.53 เปอร์เซ็นต์) แต่ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น (97.11 ± 0.92 และ 98.11 ± 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่ความหนาแน่นสูงสุดจากการทดลองของ อาคม และคณะ (2562) เท่ากับ 250 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 80.13 ± 0.46 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการทดลองครั้งนี้ความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 400 ตัว/ลิตร (มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 78.81 ± 0.24 , 82.19 ± 0.27 , 90.72 ± 0.21 และ 90.83 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งอัตราความหนาแน่นเพิ่มสูงกว่าการทดลองของ อาคม และคณะ (2560) เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังมีค่าอัตราการรอดตายค่อนข้างสูงอาจส่งผลมาจากรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกันแต่จากการทดลองครั้งนี้ในชุดการทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิโดยการใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น มีผลทำให้อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันแต่สูงกว่าการใช้ผ่านลมชุปน้ำ และกล่องโฟม ($p < 0.05$)

การขนส่งลูกพลาสติกขนาด 2 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ การใช้ผ่านลมชุปน้ำ, การใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ลิตร พบว่าที่ระดับอัตราความหนาแน่น 50 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 68.00 ± 5.46 , 95.33 ± 0.66 , 98.22 ± 0.39 และ 100.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 61.89 ± 6.55 , 88.22 ± 0.77 , 97.67 ± 0.88 และ 99.56 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ

49.04±0.64, 84.96±0.90, 96.15±0.13 และ 96.89±0.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการความหนาแน่นจากการขนส่งมีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาสด และมีอิทธิพลร่วมของทั้ง 2 ปัจจัย ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการรอดตาย ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อาคม และคณะ (2562) จากการทดลองขนส่งลูกพันธุ์ปลาสดขนาด 2 นิ้ว ด้วยอัตราการความหนาแน่น 3 ระดับ คือ 50, 75 และ 100 ตัว/ลิตร และระยะเวลาขนส่ง 12 ชั่วโมง มีค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 98.33±0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว/ลิตร (98.33±0.58 เปอร์เซ็นต์) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการทดลองครั้งนี้ในชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง (97.67±0.88 เปอร์เซ็นต์) และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น (99.56±0.20 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ความหนาแน่นสูงสุดจากการทดลองของ อาคม และคณะ (2562) เท่ากับ 100 ตัว/ลิตร แต่จากการทดลองครั้งนี้ความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 150 ตัว/ลิตร (มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 49.04±0.64, 84.96±0.90, 96.15±0.13 และ 96.89±0.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งอัตราการความหนาแน่นเพิ่มสูงกว่าการทดลองของอาคม และคณะ (2560) เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังมีค่าอัตราการรอดตายค่อนข้างสูงโดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น ทั้งนี้อาจส่งผลมาจากรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกัน

การขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิต่างกัน 4 รูปแบบ คือ การใช้ผ้าคลุมชุบน้ำ, การใช้กล่องโฟม, การใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และการใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 2, 4 และ 6 ตัว/ลิตร พบว่าที่ระดับอัตราการความหนาแน่น 2 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 94.44±9.62, 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราความหนาแน่น 4 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 91.67±8.33, 100.00±0.00, 100.00±0.00 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราการความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 79.63±6.41, 94.44±5.55, 96.29±3.21 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าความหนาแน่น และรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการรอดตาย ($p<0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ต่ออัตราการรอดตาย ($p>0.05$) อาจเป็นผลมาจากปัจจัยของอัตราการความหนาแน่นยังต่ำจึงยังไม่แสดงอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย หรืออาจเป็นผลมาจากความทนทานของปลาสดที่สามารถทนอยู่ในแหล่งที่มีสภาพน้ำไม่เหมาะสมได้เนื่องจากมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ (labyrinth organ) (อุไรวรรณ และคณะ, 2547)

จากภาพรวมของการขนส่งลูกปลาสดขนาด 1, 2 และ 7 นิ้ว พบว่ารูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการความหนาแน่นในการขนส่งมีอิทธิพลต่ออัตราการรอดตาย ($p<0.05$) สอดคล้องกับ ไพบุลย์ และบุรณัตร์ (2547) ศึกษาเปรียบเทียบการขนส่งกุ้งก้ามกรามโดยใช้รถยนต์บรรทุกห้องเย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และรถยนต์บรรทุกในสภาพอากาศแวดล้อมปกติ พบว่าการใช้รถยนต์บรรทุกห้องเย็นสามารถทำให้ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายสูงกว่าการขนส่งโดยใช้รถยนต์บรรทุกในสภาพอากาศแวดล้อมปกติ จากการลดอุณหภูมิน้ำทำให้สัตว์น้ำสงบลดการเคลื่อนไหวและช่วยลดหรือยืดระยะเวลาในการสะสมของปริมาณของเสียในช่วงการขนส่ง จากผลของอุณหภูมิที่ต่ำลงจะมีผลทำให้ขบวนการเมตาโบลิซึมของปลาลดลง ซึ่งมีผลต่อการหายใจ การขับถ่ายของเสียของปลาลดลงและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของแบคทีเรียช้าลง ส่งผลให้คุณภาพน้ำในถุงที่ปลาอาศัยอยู่เสื่อมโทรมช้าลงทำให้ช่วยลดความเครียดของปลาได้ ซึ่งอาจทำให้สามารถขนส่งพันธุ์ปลาในอัตราความหนาแน่น และระยะเวลาการขนส่งที่เพิ่มขึ้นกว่าผลการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอัตราการรอดตายที่มีแนวโน้มลดลงน่าจะมีสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือเกิดจากคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรม และเกิดจากปลาบอบช้ำจากการเสียดสีหรือมีการกัดทำร้ายกันระหว่างการขนส่งอันเกิดมาจากความเครียดของปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีสภาพไม่เหมาะสมเป็นเวลายาวนานจนทำให้ปลาบางส่วนตายในถุงลำเลียงและปลาส่วนที่เหลือจะมีการตายเพิ่มหลังจากสิ้นสุดการทดลองขนส่งภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง เนื่องจากปลาที่บอบช้ำจากการขนส่ง

เกิดบาดแผลเกล็ดปลาหลุดร่อนแต่อาจจะยังไม่ทำให้ปลาตายทันที แต่เกิดการติดเชื้อแบคทีเรียในภายหลังจึงส่งผลให้ปลาอ่อนแอและตายเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่ออัตราการรอดตายในระยะยาวหลังจากปล่อยปลาลงบ่อเลี้ยง โดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวม และชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม จากอัตราความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นจะแสดงผลต่ออัตราการรอดตายลดลงอย่างชัดเจน จากการทดลองขนส่งปลาสดทุกขนาด หลังสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำปลาสดไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่ามีผลทำให้อัตราการรอดตายเฉลี่ยลดลง จากรายงานของเจดฉั่น และคณะ (2538) เชื้อแบคทีเรียที่พบในโรคปลาสดได้แก่ *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella ictaluri* และ *Flavobacterium* sp. แต่จะพบ *Aeromonas hydrophila* มากที่สุด เชื้อเหล่านี้ส่วนใหญ่จะพบบริเวณบาดแผล ตัว และไตบ้างซึ่งปลาที่ป่วยเกิดอาการตกเลือดมีอาการเลือดคั่งในอวัยวะภายใน ท้องปลาจะมีสีแดง มีบาดแผลบนลำตัวทำให้ปลาอ่อนแอและตาย จากการทดลองครั้งนี้ได้ผสมยาเหลืองลงในน้ำที่ใช้บรรจุพันธุ์ปลาในอัตราความเข้มข้น 2 ppm. จึงส่งผลให้ปลาทดลองยังมีอัตราการรอดค่อนข้างสูง สอดคล้องกับ วีระ และคณะ (2552) โดยใช้ยาเหลือง 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และออกซิเตตราไซคลิน 25 มิลลิกรัม/ลิตร ในระหว่างทดลองขนส่งปลาก้างพระร่วงในการส่งออก พบว่าการใช้ยาเหลืองผสมในน้ำในการขนส่งปลาก้างพระร่วงทำให้มีอัตราการรอดสูงสุด และสอดคล้องกับ อาคม และคณะ (2562) จากการศึกษาเปรียบเทียบยาและสารเคมี (ไม่ใช้สารเคมี, เกลือ, ต่างทับทิม, ยาเหลือง และออกซิเตตราไซคลิน) ในการขนส่งลูกพันธุ์ปลาสด ขนาด 1 นิ้ว ผลการทดลองช่วงการขนส่งพบว่าอัตราการรอดตายของลูกปลาสดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่หลังจากนำลูกปลาสดไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าการใช้ยาเหลืองช่วยให้ลูกปลาสดมีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ($p<0.05$) รองลงมาคือการใช้ออกซิเตตราไซคลิน เนื่องจากยาเหลืองมีคุณสมบัติในการป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียจากบาดแผลและยาออกซิเตตราไซคลิน ที่เป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้ฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารเคมีอื่น ๆ นอกจากนี้ อาคม และคณะ (2556) รายงานว่าการใช้ยาเหลืองอัตราความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม/ลิตร กับลูกปลาสดหลังการจับจากบ่ออนุบาล ทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้สารเคมี, เกลือ และต่างทับทิม ซึ่งความเข้มข้นของยาเหลืองที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของปลา ถ้าปลามีขนาดใหญ่จะใช้เวลาเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร แขนาน 2-12 ชั่วโมง การใช้ยาเหลืองเพื่อกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่เข้าสู่บาดแผล รวมทั้งกำจัดปรสิตบางชนิด เช่น *Costia* spp., *Chilodonella* spp. ในอัตราความเข้มข้น 3 มิลลิกรัม/ลิตร แขนาน 4 วัน เพื่อป้องกันการติดเชื้อระยะแรก (ชลอ, 2528; Colt and Armstrong, 1979; Piper et al., 1982; Axelrod, 1989)

คุณภาพน้ำจากผลการทดลองขนส่งลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ในชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ และใช้กล่องโฟม อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.40-34.77 องศาเซลเซียส ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 27.20-28.10 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ใช้ฝ้านวมชุบน้ำ และกล่องโฟม มีค่าสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไมตรี (2530) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส แต่เป็นไปตามเกณฑ์แนวท้ายที่กล่าวว่า ต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.37-7.77 ซึ่ง Boyd (1982) รายงานว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.23-8.23 mg/l จากการทดลองพบว่า DO มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราความหนาแน่น เนื่องจากการเพิ่มอัตราความหนาแน่นทำให้ปลาต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจมากขึ้น แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำคือไม่ต่ำกว่า 3 mg/l ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ CO₂ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 15.53-48.00 mg/l แอมโมเนียรวม (TAN) มีค่าระหว่าง 2.10-14.70 mg NH₃-N/l แอมโมเนียอิสระ (NH₃) มีค่าระหว่าง 0.080-0.398 mg NH₃-N/l และไนโตรเจนไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 0.13-0.23 mg-No₂-N/l

คุณภาพน้ำจากผลการทดลองขนส่งลูกปลาสลิดขนาด 2 นิ้ว ในชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และใช้กล่องโฟม อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.63-34.87 องศาเซลเซียส ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 27.37-28.50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และกล่องโฟม มีค่าสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไมตรี (2530) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.40-7.77 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.73-9.87 mg/L จากการทดลองพบว่า DO ชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และกล่องโฟม มีค่า DO 2.73 และ 2.80 mg/L มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราความหนาแน่นเนื่องจากการเพิ่มอัตราความหนาแน่นทำให้ปลาต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจมากขึ้น สำหรับ CO_2 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 15.87-50.67 mg/L แอมโมเนียรวม (TAN) มีค่าระหว่าง 5.33-18.87 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ แอมโมเนียอิสระ (NH_3) มีค่าระหว่าง 0.207-0.643 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ และไนโตรที่ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 0.13-0.30 mg- $\text{NO}_2\text{-N/L}$

คุณภาพน้ำจากผลการทดลองขนส่งปลาสลิดขนาด 7 นิ้ว ในชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และใช้กล่องโฟม อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.63-34.87 องศาเซลเซียส ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้กล่องโฟม+น้ำแข็ง และใช้กล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 27.37-28.50 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และกล่องโฟม มีค่าสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ไมตรี (2530) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 7.40-7.77 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.73-9.87 mg/L จากการทดลองพบว่า DO ชุดการทดลองที่ใช้ผ่านวชบุน้ำ และกล่องโฟม มีค่า DO 2.73 และ 2.80 mg/L มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราความหนาแน่นเนื่องจากการเพิ่มอัตราความหนาแน่นทำให้ปลาต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจมากขึ้น ช่วงที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำคือ ไม่ต่ำกว่า 3 mg/L ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับ CO_2 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 15.87-50.67 mg/L แอมโมเนียรวม (TAN) มีค่าระหว่าง 5.33-18.87 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ แอมโมเนียอิสระ (NH_3) มีค่าระหว่าง 0.207-0.643 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ และไนโตรที่ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 0.13-0.30 mg- $\text{NO}_2\text{-N/L}$

จากผลของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลจากการหายใจและขับถ่ายของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาแน่น นอกจากนั้นการที่มีปลาสลิดตายมากในชุดการทดลองที่ใช้อัตราความหนาแน่นสูงและไม่ใช้น้ำแข็ง หรือเจลเก็บความเย็นร่วมด้วยในการขนส่งปลาสลิด ก็ทำให้เกิดการสะสมของเสียเพิ่มขึ้นและการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้แอมโมเนียรวม ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น NH_3 (UIA) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (ส่วน NH_4^+ ไม่เป็นพิษ แต่จะอยู่ในรูปใดมากหรือน้อยขึ้นกับค่า pH และอุณหภูมิ) แต่การเพิ่มของ CO_2 ทำให้ pH ลดลง เนื่องจาก CO_2 ที่ละลายน้ำทำให้เกิด H_2CO_3 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนแอมโมเนีย (UIA) จึงไม่สูงมากเกินไป ตัวอย่างเช่น จากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำที่ระดับเริ่มต้น 8.0 ลดลงเหลือประมาณ 7.37 โดยที่อุณหภูมิ น้ำ 34.77 องศาเซลเซียส พบว่า TAN สูงถึง 14.70 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ ซึ่งเมื่อคำนวณในรูป UIA จะมีปริมาณ 0.398 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ จากการทดลองครั้งนี้พบว่า UIA มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.08-0.643 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยระดับที่ทำให้สัตว์น้ำส่วนใหญ่ตายจะสูงกว่า 0.2 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ ซึ่งระดับของ UIA ที่ปลอดภัยกับสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 0.025 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ (Alabaster and Lloyd, 1980) ส่วน CO_2 มีค่ามากขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น โดยพบน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 15.00 mg/L และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 50.67 mg/L อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำส่วนมากสามารถทนอยู่ในน้ำที่มี CO_2 60 mg/L ได้ถ้ามี DO เพียงพอ แต่ในสภาพที่มี DO ต่ำ และมี CO_2 สูง CO_2 จะไปขัดขวางการใช้ DO ของสัตว์น้ำ เนื่องจากถ้ามี CO_2 สูง การกำจัด CO_2 ผ่านเหงือกจะทำได้น้อยลงทำให้มีการสะสม CO_2 ในเลือดและมีผลต่อการขนถ่ายออกซิเจนของฮีโมโกลบินในเลือด ทำให้สัตว์น้ำตาย (ยนต์, 2539) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า CO_2 ที่สูงเกินกว่า 20 mg/L อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ถ้า DO ลดต่ำกว่า 3-5 mg/L (Piper et al., 1982) ส่วนค่าไนโตรที่ไนโตรเจน พบว่ามีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.13-0.30 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคือต่ำกว่า 1 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$

ถ้าปริมาณสูงกว่า 1 mg NO₂⁻-N/L จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ คือทำให้เกิดโรคเลือดสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากไนไตรท์ทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งที่ไม่จับออกซิเจน (ferric) ในเลือดทำให้เลือดนำออกซิเจนไปใช้ไม่ได้ และทำให้ระบบหายใจผิดปกติ ปลาจะแสดงอาการผิดปกติโดยการขึ้นมาหายใจบริเวณผิวน้ำ ขยับเหงือกอย่างรวดเร็ว และเหงือกจะเปลี่ยนสีจากปกติเป็นสีน้ำตาลดำ ปลาที่สัมผัสกับไนไตรท์ระดับต่ำในระยะเวลาสั้น ๆ จะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันต่ำลง และถ้าระดับ ferric ในเลือดสูงขึ้นจะส่งผลต่อดับ เหงือกและ เซลล์เลือด ถ้าไม่มีการแก้ไขโดยลดระดับไนไตรท์ปลาจะตายเพราะขาดออกซิเจน (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

เมื่อพิจารณาจากต้นทุนตลอดการทดลองเฉลี่ยจากการขนส่งปลาสดขนาด 1, 2 และ 7 นิ้ว โดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองขนส่งแล้วนำปลาสดไปเลี้ยงต่อเป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าลูกปลาสดขนาด 1 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ผ่านวามชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 400 ตัว/ลิตร โดยมีต้นทุนตลอดการทดลองขนส่งเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.046 บาท/ตัว, ลูกปลาสดขนาด 2 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ผ่านวามชุบน้ำ, กล่องโฟม+น้ำแข็ง และกล่องโฟม+เจลเก็บความเย็น อัตราความหนาแน่น 150 ตัว/ลิตร โดยมีต้นทุนตลอดการทดลองขนส่งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น และปลาสดขนาด 7 นิ้ว ที่ขนส่งโดยใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ผ่านวามชุบน้ำ อัตราความหนาแน่น 6 ตัว/ลิตร มีต้นทุนตลอดการทดลองขนส่งเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.837 บาท/ตัว

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการขนส่งปลาสดขนาด 7 นิ้ว (ขนาดพ่อแม่พันธุ์ ที่มีความสมบูรณ์เพศเหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์) ในอัตราความหนาแน่นเพิ่มเติมมากกว่า 6 ตัว/ลิตร (จากการทดลองครั้งนี้) และระยะเวลาการขนส่งที่ยาวนานกว่า 12 ชั่วโมง ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดตาย ระยะเวลาการพักฟื้นปลาจากการขนส่งแล้วนำมาเพาะพันธุ์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อศักยภาพของผลผลิต อันได้แก่ อัตราการวางไข่ ปริมาณไข่ อัตราฟัก อัตรารอดตายของลูกปลาวัยอ่อน อายุ 3 วัน และต้นทุน ผลตอบแทน

2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการเลี้ยงปลาสดขนาด 1 และ 2 นิ้ว หลังสิ้นสุดการขนส่ง จากการใช้รูปแบบการควบคุมอุณหภูมิ และอัตราความหนาแน่นต่างกัน ต่อปริมาณผลผลิต ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทน

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติการประมง. 2565. สถิติผลผลิตการเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2564. เอกสารฉบับที่ 13/2565. กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 207 หน้า.
- เจตน์ อมาตยกุล, นิพนธ์ ศิริพันธ์, ธงชัย ธรรมเสถียร, สุรงค์ สุมโนจิตรภรณ์, ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์, ไพบุลย์ วรสายัญห์, ชำนาญ สุขพันธ์, เรณู ปิติพรชัย, ชลธิศักดิ์ ชาวปากน้ำ และอาคม ชุ่มอิ. 2538. ปลาสลิด. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 67 หน้า.
- ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2528. โรคปลา. ภาควิชาประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 227 หน้า.
- ไพบุลย์ วรสายัญห์ และบุรฉัตร จันทกานนท์. 2547. การขนส่งพันธุ์กุ้งก้ามกราม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 75/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 19 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 75/2530. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 38 หน้า.
- ยนต์ มุสิก. 2539. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. ภาควิชาประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 180 หน้า.
- วีระ วัชรกรโยธิน, นนทรี ปานพรหมมินทร์ และสมเกียรติ มณีฉาย. 2552. การบรรจุและขนส่งปลาก้างพระร่วงในการส่งออก. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ, กรมประมง. 31 หน้า.
- สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮาส์, กรุงเทพมหานคร. 240 หน้า.
- อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลภาควิชาสถิติ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 374 หน้า.
- อาคม เล็กน้อย และนภสร จันทกานนท์. 2556. ผลของการเติมน้ำไหลผ่าน ความหนาแน่น และการใช้สารเคมีต่ออัตราการรอดตายของลูกปลาสลิดหลังการจับจากบ่ออนุบาล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2556. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 22 หน้า.
- อาคม เล็กน้อย, ชัยสิทธิ์ เสนา, พรชนก ชุมคง และวีระ วัชรกรโยธิน. 2562. การขนส่งลูกพันธุ์ปลาสลิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2562. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. 50 หน้า.
- อุไรวรรณ สัมพันธ์รักษ์, พรพนม พรหมแก้ว และไพรัตน์ แมลิม. 2547. ผลของความหนาแน่นต่อการเลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่ดินพรุ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 17 หน้า.
- Alabaster, J. S. and R. Lloyd. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. FAO. London-Boston. 297 pp.
- Axelrod, H. R. 1989. Handbook of Fish Diseases. T.F.H. Publications, Inc., Univ. New York. 160 pp.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Company, New York. 318 pp.
- Colt, J. and D. Armstrong. 1979. Nitrogen Toxicity to Fish, crustaceans and Molluscs. Dept. Civil Eng., Univ. California. 30 pp.

Emerson, K., R. C. Russo, R. E. Lund, and R. V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium Calculation : effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 32:2379-2383.

<http://www.ktb.co.th>, May 10, 2023.

Piper, R. G., I. b. McElwain, L. E. Orme, J. P. McCraren, L. G. Fowler and J. R. Leonard. 1982. Fish Hatchery Management. United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service. Washington, D.C. 517 pp