

ผลของการใช้ 17β -estradiol ในการเปลี่ยนเพศลูกปลาช่อน

นางสาวเอมวลี แก้วพิลา*

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี

รหัสทะเบียนวิจัย 63-1-0315-63035-03

บทคัดย่อ

การทดลองใช้และไม่ใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง อนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนที่มีอายุ 6 วัน เป็นเวลา 21 วัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองอนุบาลแล้วนำลูกปลาช่อนไปเลี้ยงต่อในกระชัง เป็นเวลา 180 วัน ลูกปลาช่อนวัยอ่อนเมื่อเริ่มทดลองมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 1.35 ± 0.18 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ± 0.00 กรัม ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564

จากผลการทดลอง พบว่า ลูกปลาช่อนมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 ± 0.17 , 2.96 ± 0.04 , 2.92 ± 0.05 , 2.92 ± 0.05 , 2.86 ± 0.07 และ 2.83 ± 0.03 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 ± 0.05 , 0.30 ± 0.03 , 0.31 ± 0.05 , 0.29 ± 0.01 , 0.31 ± 0.04 และ 0.27 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 10.67 ± 0.87 , 10.95 ± 0.43 , 11.08 ± 0.76 , 10.83 ± 0.19 , 11.19 ± 0.63 และ 10.51 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์/วัน เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความยาว น้ำหนัก และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตรารอดเฉลี่ยเท่ากับ 59.53 ± 0.42 , 58.00 ± 1.00 , 57.67 ± 1.53 , 56.20 ± 1.59 , 56.07 ± 1.36 และ 55.67 ± 3.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อาหารผสมฮอร์โมน 0, 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ไม่ทำให้อัตรารอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอาหารผสมฮอร์โมน 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ไม่ทำให้ลูกปลามีอัตราอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

หลังจากนำลูกปลาที่ได้จากการทดลองเลี้ยงนาน 180 วัน จนสามารถแยกเพศได้ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์เพศเมีย 48.67 ± 0.58 , 49.00 ± 1.00 , 49.00 ± 1.00 , 51.00 ± 1.00 , 53.00 ± 1.00 และ 54.67 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อาหารผสมฮอร์โมนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์เพศเมียสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p < 0.05$) ต้นทุนการผลิตลูกปลาขนาด 2-3 เซนติเมตร คือ 0.69, 0.73, 0.74, 0.77, 0.78 และ 0.80 บาท/ตัว ตามลำดับ

คำสำคัญ : ปลาช่อน, 17β -estradiol, สัดส่วนเพศ

ผู้รับผิดชอบ : 223 หมู่ 4 ตำบลม่วงหมู่ อำเภอเมืองสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16000 โทร 0 3655 1011

E-mail : if-singburi@hotmail.com

Effect of 17β -estradiol on Sex Reversal of Snakehead (*Channa striata*)

Aemwalee Kaewpila*

Sing Buri Inland Aquaculture Research and Development Center

Research ID: 63-1-0315-63035-03

Abstract

The experimental of 17β -estradiol at 6 different dosages (0, 20, 40, 60, 80 and 100 mg/1 kg of feed) were conducted to evaluate the effect of hormone on sex reversal of snakehead. The 6 days fry were fed with hormonal treated feed for 21 days and reared for 180 days after hormonal treatments in order to distinguish sexes. The experiment were carried out at Singburi Inland Aquaculture Research and Development Center from October 2020 to September 2022. The initial length and weight of fish were 1.35 ± 0.18 cm and 0.003 ± 0.001 g, respectively.

Average final lengths were 2.98 ± 0.17 , 2.96 ± 0.04 , 2.92 ± 0.05 , 2.92 ± 0.05 , 2.86 ± 0.07 and 2.83 ± 0.03 cm, respectively. Average final weights were 0.28 ± 0.05 , 0.30 ± 0.03 , 0.31 ± 0.05 , 0.29 ± 0.01 , 0.31 ± 0.04 and 0.27 ± 0.01 g, respectively. Specific growth rates were 10.67 ± 0.87 , 10.95 ± 0.43 , 11.08 ± 0.76 , 10.83 ± 0.19 , 11.19 ± 0.63 and 10.51 ± 0.14 %/day, respectively. Statistical analysis showed that there were not significant different ($p>0.05$) of growth among these treatments. Survival rates were 59.53 ± 0.42 , 58.00 ± 1.00 , 57.67 ± 1.53 , 56.20 ± 1.59 , 56.07 ± 1.36 and 55.67 ± 3.05 %, respectively. Statistical analysis showed that survival rates of 0, 20 and 40 mg/1 kg of feed were not significant difference ($p>0.05$) and survival rates of 20, 40, 60, 80 and 100 mg/1 kg of feed were not significant difference ($p>0.05$). Sex reversal to female of fish (after rearing 180 days) were 48.67 ± 0.58 , 49.00 ± 1.00 , 49.00 ± 1.00 , 51.00 ± 1.00 , 53.00 ± 1.00 and 54.67 ± 0.58 %, respectively. The result showed that 100 mg/kg of feed provided more female than other treatments ($p<0.05$).

Cost of productions were 0.69, 0.73, 0.74, 0.77, 0.78 and 0.80 Baht/fingerling.

Key words : Striped snakehead, 17β -estradiol, Sex Reversal

Corresponding author : 223 Moo 4, Muang Mu, Mueang District, Sing Buri Province 16000

Tel. 0 3655 1011 E-mail: if-singburi@hotmail.com

คำนำ

ปลาช่อน (*Channa striata*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีรสชาติดี ก้างน้อย สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ปลาช่อนเผา ปลาช่อนแดดเดียว ต้มยำปลาช่อน จึงทำให้การบริโภคปลาช่อนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจุบันปริมาณปลาช่อนที่จับได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติมีจำนวนลดน้อยลง เนื่องจากการทำประมงเกินศักยภาพการผลิตตลอดจนสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำเสื่อมโทรมขึ้น ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ทำให้ปริมาณปลาช่อนในธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการบริโภคและความต้องการบริโภคในปัจจุบัน การเลี้ยงปลาช่อนจึงเป็นอาชีพที่น่าสนใจ กล่าวคือ มีการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างกว้างขวาง เพื่อบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ แต่การเพาะเลี้ยงปลาช่อนของเกษตรกรยังประสบปัญหาหลาย ๆ ด้าน เช่น การผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ เทคนิคการเลี้ยง ต้นทุนการผลิต ตลอดจนการจำหน่ายผลผลิตของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบด้านราคาจากการนำเข้าปลาช่อนจากประเทศเพื่อนบ้านผ่านด่านชายแดนของประเทศ

จากความสำเร็จในการเพาะพันธุ์และการอนุบาลลูกปลาช่อนด้วยอาหารสำเร็จรูปที่ผ่านมา ทำให้การเลี้ยงปลาช่อนมีความสะดวกมากยิ่งขึ้นและสามารถส่งเสริมให้เลี้ยงได้อย่างแพร่หลายทั่วไป การพัฒนาเริ่มต้นจากสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี ประสบความสำเร็จในการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลาช่อนจนได้ปริมาณมากในเชิงพาณิชย์ (ทวี และ จินตนา 2538; จินตนา และคณะ, 2542; สมพงษ์ และ วินัย, 2546) เพื่อให้ปริมาณปลาช่อนเพียงพอความต้องการของผู้บริโภค ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรีได้ให้ความสำคัญกับปลาช่อน มีการศึกษาวิจัยในเรื่องของการเพาะพันธุ์ รวมไปถึงการอนุบาล ทั้งนี้เนื่องจากปลาช่อนเป็นปลาประจำหน่วยงาน เป็นปลาประจำจังหวัดสิงห์บุรี และเป็นปลาเศรษฐกิจที่กรมประมงให้ความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งกองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้มีการจัดทำแผนปฏิบัติการพัฒนาปลาช่อน พ.ศ. 2563-2565 การจัดทำแผนดังกล่าวจัดทำภายใต้กลไกของคณะทำงานมีการจัดประชุมหารือของคณะทำงานให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาปลาช่อนตลอดห่วงโซ่อุปทาน เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาช่อน นอกจากนี้ ยังมีการสำรวจตลาดอาหารสด ร้านอาหารรวมถึงภัตตาคารในจังหวัดสิงห์บุรี เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาช่อนในพื้นที่ภาคกลาง พบว่า ผู้ประกอบการมีความต้องการปลาช่อนเพศเมียมากกว่าเพศผู้ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตดีกว่า ขนาดใหญ่ เนื้อเยื่อ มีพวงไข่ สามารถนำไปประกอบอาหารได้อย่างหลากหลาย ผู้บริโภคให้ความนิยมสูง เมนูที่ผู้บริโภคให้ความนิยมเมนูหนึ่งคือต้มยำพวงไข่ปลาช่อน ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาช่อนมีความต้องการเลี้ยงปลาช่อนเพศเมียสูงขึ้น เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรีจึงมีแนวความคิดที่จะหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตปลาช่อนเพศเมีย โดยการเปลี่ยนเพศปลาช่อนให้เป็นเพศเมียโดยการทดลองใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดผงในระดับความเข้มข้นต่างกัน ซึ่งฮอร์โมน 17β -estradiol เป็นฮอร์โมนในกลุ่มสเตียรอยด์ที่สามารถชักนำให้เกิดกระบวนการ Vitellogenesis และพัฒนารังไข่ หากสามารถพัฒนาองค์ความรู้ได้จะทำให้สามารถผลิตปลาช่อนเพศเมียเพื่อรองรับความต้องการของเกษตรกรและผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β - estradiol ที่เหมาะสมในการแปลงเพศลูกปลาช่อน โดยพิจารณาจากสัดส่วนเพศเมีย การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และดัชนีความสมบูรณ์เพศ
2. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตปลาช่อนที่แปลงเพศโดยใช้ฮอร์โมน 17β - estradiol

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 การเพาะพันธุ์ปลา

ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate เพื่อฉีดกระตุ้นแม่ปลาสร้อยลูกกล้วยให้ตกไข่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) กำหนดเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้พ่อแม่ ปลา 1 คู่ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 2 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 5 ฉีดด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

สำหรับฟอสฟอรัสร้อยละ 100 ทุกชุดการทดลอง ฉีดด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

1.1 การศึกษาผลของการใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศลูกปลาช่อน วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลอง (Treatment) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (Replication) ปัจจัยที่ศึกษาคือระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 5 ระดับความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 6 ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

การทดลองผลของการใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ในการเปลี่ยนเพศลูกปลาช่อน ด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดผงผสมฮอร์โมน อนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนเป็นระยะเวลา 21 วัน และนำลูกปลาช่อนเมื่อสิ้นสุดการอนุบาลไปเลี้ยงต่อในกระชังที่ทางในบ่อดินเป็นระยะเวลา 180 วัน

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดลอง

ใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 200 ลิตร ล้างทำความสะอาดถังพลาสติกและคว่ำตากไว้ 1 วัน จำนวน 18 ถัง เติมน้ำผ่านถังกกรองให้ได้ปริมาตรน้ำ 150 ลิตร ติดตั้งระบบการให้อากาศด้วยหัวทรายถังละ 1 จุด ตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนทำการทดลอง

2.2 การเตรียมบ่อดินและกระชังทดลอง

เตรียมบ่อดินขนาด 800 ตารางเมตร โดยการกำจัดวัชพืชบริเวณโดยรอบขอบบ่อ สูบน้ำออกจนแห้ง โรยปูนขาว 60 กิโลกรัม/บ่อ เพื่อกำจัดศัตรูปลาและปรับสภาพพื้นบ่อ ตากบ่อจนแห้งสนิทใช้เวลา 7 วัน ซึ่งกระชังขนาด $2 \times 3 \times 1.5$ เมตร ขนาด 10 ช่องตา สูงจากพื้นบ่อ 30 เซนติเมตร จำนวน 18 กระชัง เติมน้ำผ่านถังกกรองมุ้งเขียวขนาด 16 ช่องตา เข้าบ่อให้ได้ระดับน้ำในกระชังสูง 1 เมตร (ปากกระชังสูงจากผิวน้ำ 0.5 เมตร) ปากกระชังปิดด้วยสแลนพรางแสงเพื่อป้องกันปลากระโดด และคลุมบ่อด้วยตาข่ายเพื่อป้องกันนกกินปลา ระยะเวลาทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชังนาน 180 วัน

2.3 การเตรียมลูกปลาทดลอง

ลูกปลาช่อนที่ใช้ในการทดลอง เป็นลูกปลารุ่นเดียวกันที่ได้จากการเพาะพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรี ด้วยวิธีการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ Buserelin acetate (BUS) ร่วมกับ Domperidone (DOM) เพียงครั้งเดียว โดยปลาเพศเมียฉีด BUS ในอัตรา 30 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับ DOM 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ปลาเพศผู้ ฉีด BUS ในอัตรา 15 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม ร่วมกับ DOM 10 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักปลา 1 กิโลกรัม แล้วปล่อยให้ปลาผสมพันธุ์กันเองในถังพลาสติกถังละ 1 คู่ ปลาวางไข่ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการรวบรวมไข่ปลาช่อนจากถังเพาะพันธุ์โดยใช้สวิงผ้าโอลอนแก้วช้อนตักไข่ครั้งละ 1 แม่ ใส่กะละมังที่เติมน้ำไว้แล้วนำไปฟักในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 2,000 ลิตร เติมน้ำปริมาตร 1,800 ลิตร ถังละ 10 แม่ ไข่ปลาฟักเป็นตัวภายในระยะเวลา 24-36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ น้ำ 28-32 องศาเซลเซียส ช่วงฟักไข่หมั่นตักไข่เสียออก เมื่อลูกปลาอายุได้ 2 วัน จึงทำการเปิดน้ำไหลผ่านในอัตรา 5 ลิตร/นาที และเติมอากาศโดยใช้หัวทรายถังละ 2 หัว เริ่มให้ไข่แดงขี้ผ่านผ้าขาวบางให้ลูกปลากิน วันละ 3 ครั้ง เวลา 08.00, 12.00 และ 16.00 น. เมื่อลูกปลามีอายุครบ 6 วัน ทำการรวบรวมลูกปลาลงถังใบเดียวกัน เพื่อเตรียมทดลอง สุ่มชั่งน้ำหนักรวมของลูกปลา

และวัดความยาวลูกปลาจำนวน 3 ครั้ง ๆ ละ 400 ตัว ตามตารางสำเร็จรูป Yamane (1973) เพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยของลูกปลาก่อนเริ่มต้นการทดลอง (สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย) โดยลูกปลาที่ใช้ทดลองมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.35 ± 0.18 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.03 ± 0.00 กรัม จากนั้นนับจำนวนลูกปลาปล่อยลงถึงทดลองที่เตรียมไว้แล้ว ถึงละ 500 ตัว (ใช้ลูกปลาทดลองทั้งหมด 9,000 ตัว)

2.4 การเตรียมอาหารสำหรับการทดลอง

ใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อนปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ เตรียมฮอร์โมน 17β -estradiol น้ำหนัก 1,000 มิลลิกรัม ผสมกับเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้ฮอร์โมนละลายเข้ากันจะได้สารละลายฮอร์โมนเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นทำการเจือจางสารละลายฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ในปริมาตร 240 มิลลิลิตร โดยแต่ละความเข้มข้นใช้สารละลายฮอร์โมนเท่ากับ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นผสมเอธิลแอลกอฮอล์เพิ่มอีก 240, 238, 236, 234, 232 และ 230 มิลลิลิตร ตามลำดับ จะได้สารละลายฮอร์โมนทุกระดับความเข้มข้นในปริมาตร 240 มิลลิลิตร เพื่อให้สามารถผสมกับอาหารได้อย่างทั่วถึง สำหรับชุดควบคุมที่ไม่ใช้ฮอร์โมนจะใช้เอธิลแอลกอฮอล์ผสมกับอาหารทดลอง โดยผสมฮอร์โมนเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลอง นำอาหารที่ผสมฮอร์โมนในแต่ละระดับความเข้มข้นนี้ใส่ลงในถังที่พร้อมและมีการถ่ายเทสะดวกจนแอลกอฮอล์ระเหยหมด ทั้งไว้เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เก็บรวบรวมอาหารใส่กล่องพลาสติกที่มีฝาปิดแล้วนำไปแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาคุณภาพอาหารตลอดการทดลอง

2.5 วิธีการให้อาหาร และการจัดการทดลอง

2.5.1 การอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน ตามชุดการทดลอง ในถังพลาสติกที่เตรียมไว้และปิดปากฝาถังพลาสติกเจาะรูระบายอากาศสำหรับป้องกันปลากระโดดออก ให้ลูกปลากินอาหารผสมฮอร์โมน 17β -estradiol จนอิ่มวันละ 5 ครั้ง เวลา 06.00, 09.00, 12.00, 15.00 และ 18.00 น. โดยดูจากช่วงแรกลูกปลาเริ่มรวมกลุ่มแย่งกินอาหาร เมื่อลูกปลาไม่กินอาหารให้หยุดให้อาหาร จดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ต่อมื้อจนครบ 21 วัน เพื่อเป็นข้อมูลปริมาณอาหารรวมที่ใช้ในการอนุบาลแต่ละชุดการทดลอง เมื่อครบกำหนดนำลูกปลาไปเลี้ยงต่อในกระชังที่กางในบ่อดิน ในระหว่างทดลองทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวัน วันละ 1 ครั้ง เวลา 05.00 น. และเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.5.2 การเลี้ยงปลาในกระชัง คัดขนาดลูกปลาที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกันในแต่ละชุดการทดลองแล้วนำลูกปลาไปเลี้ยงต่อในกระชัง อัตราปล่อย 100 ตัว/กระชัง ชุดการทดลองละ 3 ช้าง ระยะเวลาเลี้ยง 180 วัน ช่วงแรกตั้งแต่ปล่อยลูกปลาลงเลี้ยงในกระชังจนถึงอายุ 15 วัน ให้ปลากินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำขนาดเม็ดจิ๋ว โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 16-60 ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาช่อน เบอร์ 1 โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 61-90 ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาช่อน เบอร์ 2 โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่ 91-180 ให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาช่อน เบอร์ 3 โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาเลี้ยงปลาในกระชังให้ปลากินอาหารในอัตรา 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และ 15.00 น. ตรวจสอบการกินอาหารของปลาภายในระยะเวลา 30 นาที ปรับปริมาณอาหารตามผลการตรวจสอบการกินอาหารของปลา จดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละครั้ง ในระหว่างการเลี้ยงปลาในกระชังเปลี่ยนถ่ายน้ำเดือนละ 1 ครั้ง อัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ของระดับน้ำในบ่อเลี้ยง และงดให้อาหารปลาวันที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.6.1 ช่วงอนุบาลตรวจสอบการเจริญเติบโตทางด้านความยาวที่ความละเอียด 1 มิลลิเมตร และน้ำหนักที่ความละเอียด 0.01 กรัม ทุก ๆ 7 วัน (สุ่มตัวอย่างแบบปล่อยกลับ) จนสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 21 วัน แล้วนับจำนวนปลาที่เหลือรอดทุกชุดการทดลอง เพื่อหาค่าอัตราการรอดตายจากการอนุบาล การเจริญเติบโตทางด้านความยาวและน้ำหนัก อัตราการแลกเนื้อ.

2.6.2 ช่วงเลี้ยงปลาในกระชังตรวจสอบการเจริญเติบโต ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักปลาที่ความละเอียด 0.01 กรัม และวัดความยาวปลาที่ความละเอียด 1 มิลลิเมตร จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ เดือนละ 1 ครั้ง และเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ เดือนละครั้ง และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำเดือนละครั้ง เมื่อครบกำหนด 180 วัน นับจำนวนปลาที่เหลือรอดทุกชุดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวปลาที่เหลือรอดทั้งหมด ตรวจสอบเพศโดยดูภายในของปลา และเก็บตัวอย่างอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมีย (Gonad) ทั้งหมด เพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์ต่อน้ำหนักตัว (GSI) การเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

2.7 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ช่วงอนุบาลในถังพลาสติก วิเคราะห์ทุกวัน เก็บตัวอย่างน้ำเวลา 05.00 น. ช่วงเลี้ยงในกระชังทุกสัปดาห์เก็บตัวอย่างน้ำเวลา 08.00 น. วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังนี้

2.7.1 อุณหภูมิ (water temperature) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

2.7.2 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) วัดโดยใช้เครื่องวัดค่าออกซิเจนในน้ำยี่ห้อ WA-2017 SD มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร (mg/L)

2.7.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Digital Instrument รุ่น pH-222

2.7.4 ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) วัดโดยใช้วิธีไทเทรต มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/L as CaCO_3) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1995)

2.7.5 ค่าความกระด้าง (hardness) วัดโดยใช้วิธีไทเทรต มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/L as CaCO_3) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1995)

2.7.6 แอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen) วัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ HACH DR- 2800 ตามวิธี Nessler Method มีหน่วยเป็น mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$

2.7.7 ไนไตรท์ (nitrite) วัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ HACH DR-2800 ตามวิธี Diazotization มีหน่วยเป็น mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$

2.7.8 ไนเตรต (nitrate) วัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ HACH DR-2800 ตามวิธี Cadmium reduction method มีหน่วยเป็น mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่คำนวณได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way analysis of variance เนื่องจากการกระจายของข้อมูลเป็นปกติจึงไม่มีการแปลงค่าก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (อนันต์ชัย, 2542) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ข้อมูลที่วิเคราะห์มี ดังนี้

3.1 การเจริญเติบโตทั้งความยาวและน้ำหนัก ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR; เปอร์เซ็นต์/วัน) น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Daily Weight Gain, DWG; กรัม/วัน) และความยาวเพิ่มต่อวัน (Daily Length Gain, DLG; เซนติเมตร/วัน)

3.2 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio, FCR)

3.3 อัตรารอด (Survival rate; เปอร์เซ็นต์)

3.4 ดัชนีความสมบูรณ์ของปลาเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

3.5 สัดส่วนเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

3.6 ต้นทุนการผลิตของการอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนโดยใช้ฮอร์โมน $17\beta\text{-estradiol}$ ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ และการเลี้ยงปลาช่อนในแต่ละชุดการทดลองเพื่อหารูปแบบการอนุบาลลูกปลาช่อนที่เหมาะสมต่อต้นทุนการผลิต โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.7 รายได้และผลตอบแทน ได้แก่ รายได้ทั้งหมด รายได้สุทธิ กำไรสุทธิ ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนต่อการลงทุน (เปอร์เซ็นต์)

ผลการศึกษา

การทดลองเปลี่ยนเพศลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน โดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 21 วัน และนำลูกปลาช่อนหลังสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงในกระชัง เป็นระยะเวลา 180 วัน ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

1. การอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อน อายุ 6 วัน โดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูป ชนิดผง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ

1.1 การเจริญเติบโต

1.1.1 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน ในถังพลาสติกโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เมื่อเริ่มต้นอนุบาลลูกปลาช่อนมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 1.35 ± 0.18 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า ลูกปลาช่อนมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 ± 0.17 , 2.96 ± 0.04 , 2.92 ± 0.05 , 2.92 ± 0.05 , 2.86 ± 0.07 และ 2.83 ± 0.03 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1)

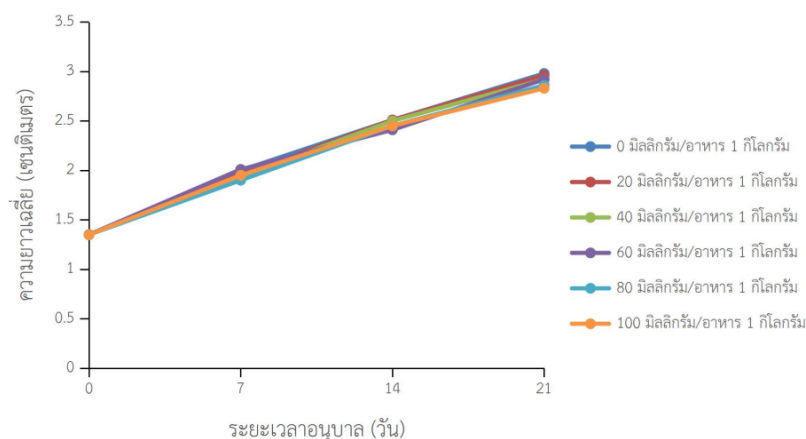
ตารางที่ 1 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมใน

อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

ระยะเวลา อนุบาล (วัน)	ความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
	0	20	40	60	80	100
0	1.35 ± 0.18^a	1.35 ± 0.18^a	1.35 ± 0.18^a	1.35 ± 0.18^a	1.35 ± 0.18^a	1.35 ± 0.18^a
7	2.00 ± 0.04^a	1.96 ± 0.07^a	1.94 ± 0.12^a	2.01 ± 0.09^a	1.90 ± 0.04^a	1.95 ± 0.02^a
14	2.51 ± 0.11^a	2.51 ± 0.02^a	2.50 ± 0.09^a	2.41 ± 0.07^a	2.45 ± 0.09^a	2.45 ± 0.02^a
21	2.98 ± 0.17^a	2.96 ± 0.04^a	2.92 ± 0.05^a	2.92 ± 0.05^a	2.86 ± 0.07^a	2.83 ± 0.03^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่า

มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมใน

อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

1.1.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

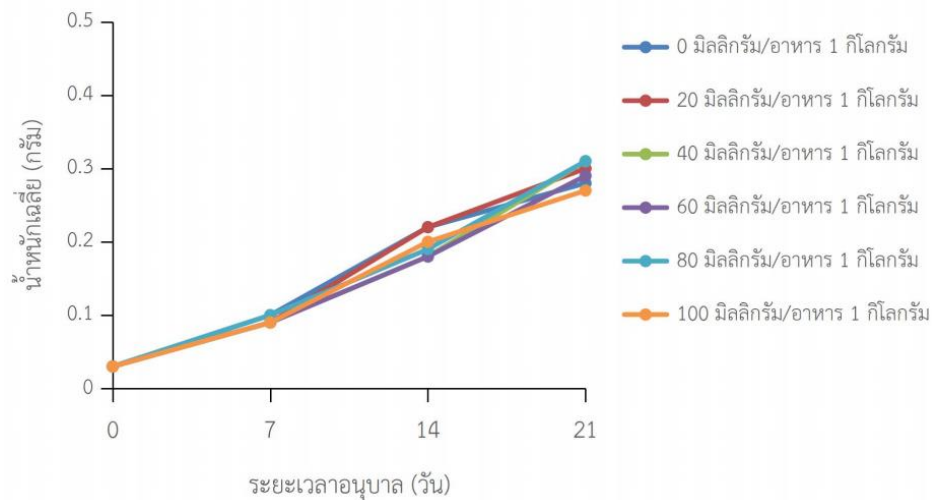
จากการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน ในถังพลาสติกโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เมื่อเริ่มต้นอนุบาลลูกปลาช่อนมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ± 0.00 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า ลูกปลาช่อนมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 ± 0.05 , 0.30 ± 0.02 , 0.31 ± 0.07 , 0.29 ± 0.01 , 0.31 ± 0.04 และ 0.27 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อน ที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมใน

อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

ระยะเวลา	ความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
อนุบาล (วัน)	0	20	40	60	80	100
0	0.03 ± 0.00^a	0.03 ± 0.00^a	0.03 ± 0.00^a	0.03 ± 0.00^a	0.03 ± 0.00^a	0.03 ± 0.00^a
7	0.10 ± 0.01^a	0.09 ± 0.01^a	0.09 ± 0.01^a	0.09 ± 0.01^a	0.10 ± 0.02^a	0.09 ± 0.01^a
14	0.22 ± 0.03^a	0.22 ± 0.03^a	0.18 ± 0.00^a	0.18 ± 0.00^a	0.19 ± 0.02^a	0.20 ± 0.00^a
21	0.28 ± 0.05^a	0.30 ± 0.02^a	0.31 ± 0.07^a	0.29 ± 0.01^a	0.31 ± 0.04^a	0.27 ± 0.01^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมใน

อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

1.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ลูกปลาช่อนมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 10.67 ± 0.87 , 10.95 ± 0.43 , 11.08 ± 0.76 , 10.83 ± 0.19 , 11.19 ± 0.63 และ 10.51 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

1.1.4 ความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Daily Length Gain, DLG)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ลูกปลาช่อนมีความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.08 ± 0.01 , 0.08 ± 0.00 , 0.07 ± 0.00 , 0.07 ± 0.00 , 0.07 ± 0.00 และ 0.07 ± 0.00 เซนติเมตร/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

1.1.5 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Daily Weight Gain, DWG)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าลูกปลาช่อนมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.01 ± 0.00 , 0.01 ± 0.00 , 0.01 ± 0.01 , 0.01 ± 0.00 , 0.01 ± 0.01 และ 0.01 ± 0.00 กรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

1.2 อัตรารอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ลูกปลาช่อนมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 59.53 ± 0.42 , 58.00 ± 1.00 , 57.67 ± 1.53 , 56.20 ± 1.59 , 56.07 ± 1.36 และ 55.67 ± 3.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า อัตรารอดของลูกปลาช่อนที่อนุบาลในชุดการทดลองที่ไม่ใช้ฮอร์โมน มีค่าอัตราอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใช้ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p > 0.05$) และชุดการทดลองที่ใช้ฮอร์โมน 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าอัตราอดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

1.3 น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากิน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.019 ± 0.00 , 0.019 ± 0.00 , 0.020 ± 0.00 , 0.019 ± 0.00 , 0.019 ± 0.00 และ 0.019 ± 0.00 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักอาหารที่กินเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ความยาวเพิ่มต่อวัน น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราแลกเนื้อ

และอัตราการรอดของลูกปลาช่อน ที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง สำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
	0	20	40	60	80	100
ความยาวสุดท้าย(เซนติเมตร)	2.98 ± 0.17^a	2.96 ± 0.04^a	2.92 ± 0.05^a	2.92 ± 0.05^a	2.86 ± 0.07^a	2.83 ± 0.03^a
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	0.28 ± 0.05^a	0.30 ± 0.02^a	0.31 ± 0.07^a	0.29 ± 0.01^a	0.31 ± 0.04^a	0.27 ± 0.01^a
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	10.67 ± 0.87^a	10.95 ± 0.43^a	11.08 ± 0.76^a	10.83 ± 0.19^a	11.19 ± 0.63^a	10.51 ± 0.14^a
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัม/วัน)	0.01 ± 0.00^a	0.01 ± 0.01^a	0.01 ± 0.01^a	0.01 ± 0.00^a	0.01 ± 0.01^a	0.01 ± 0.00^a
ความยาวเพิ่มต่อวัน(เซนติเมตร/วัน)	0.08 ± 0.01^a	0.08 ± 0.00^a	0.07 ± 0.00^a	0.07 ± 0.00^a	0.07 ± 0.00^a	0.07 ± 0.00^a
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	59.53 ± 0.42^a	58.00 ± 1.00^{ab}	57.67 ± 1.53^{ab}	56.20 ± 1.59^b	56.07 ± 1.36^b	55.67 ± 3.05^b
น้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ปลากิน (กรัม/ตัว/วัน)	0.019 ± 0.00^a	0.019 ± 0.01^a	0.020 ± 0.01^a	0.019 ± 0.00^a	0.091 ± 0.01^a	0.019 ± 0.00^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.4 คุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปลาช่อนโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 29.70-31.80 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 7.50-8.30 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 3.10-7.27 มิลลิกรัม/ลิตร ความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 145-160 mg/l as CaCO_3 ความกระด้างมีค่าระหว่าง 220-260 mg/l as CaCO_3 ปริมาณแอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) มีค่าระหว่าง 0.01-0.35 mg $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ไนโตรที่มีค่าระหว่าง 0.01-0.02mg $\text{NO}_2\text{-N/l}$ และไนเตรทมีค่าระหว่าง 0.01-0.05 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปลาช่อนโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง สำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

คุณสมบัติของน้ำ	ความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
	0	20	40	60	80	100
อุณหภูมิน้ำ (°C)	29.7-31.8	29.7-31.8	29.7-31.8	29.7-31.8	29.7-31.8	29.7-31.8
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.50-8.20	7.50-8.25	7.50-8.30	7.50-8.30	7.50-8.25	7.50-8.30
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	3.47-7.27	3.43-7.27	3.30-7.27	3.10-7.27	3.47-7.27	3.43-7.27
ความเป็นด่าง (mg/l as CaCO ₃)	145-160	146-160	146-160	146-160	146-160	145-160
ความกระด้าง (mg/l as CaCO ₃)	220-260	220-260	220-260	220-260	220-260	220-260
แอมโมเนียรวม (mg NH ₃ -N/l)	0.01-0.35	0.01-0.32	0.01-0.30	0.01-0.33	0.01-0.32	0.01-0.33
ไนไตรท์ (mg NO ₂ -N/l)	0.01-0.10	0.01-0.10	0.01-0.10	0.01-0.10	0.01-0.12	0.01-0.2
ไนเตรท (mg NO ₃ -N/l)	0.01-0.03	0.01-0.04	0.01-0.02	0.01-0.03	0.01-0.03	0.01-0.05

1.5 ต้นทุนการผลิต

การทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน โดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า มีค่าต้นทุนการอนุบาลเฉลี่ยระหว่าง 208.26-221.75 บาท/ถัง แยกเป็นต้นทุนคงที่เฉลี่ยระหว่าง 33.24-35.40 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนผันแปรเฉลี่ยระหว่าง 64.60-66.76 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต้นทุนการอนุบาลเฉลี่ยเท่ากับ 0.69, 0.73, 0.74, 0.77, 0.78 และ 0.80 บาท/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ต้นทุนการอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อน อายุ 6 วัน โดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง สำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน

รายละเอียดต้นทุน (บาท)	ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม											
	0		20		40		60		80		100	
	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ
1. ต้นทุนคงที่												
- ค่าเสื่อมราคากัง	14.58	7.00	14.58	6.91	14.58	6.83	14.58	6.74	14.58	6.66	14.58	6.58
พลาสติก												
- ค่าเสื่อมราคาปั้มน้ำ	23.33	11.21	23.33	11.06	23.33	10.92	23.33	10.79	23.33	10.66	23.33	10.58
- ค่าเสื่อมราคาปั้ลม	35.00	16.82	35.00	16.60	35.00	16.39	35.00	16.19	35.00	15.99	35.00	15.79
- ค่าเสื่อมราคาสายแอร์	0.17	0.08	0.17	0.08	0.17	0.08	0.17	0.08	0.17	0.08	0.17	0.08
- ค่าเสื่อมราคาหัวทราย	0.58	0.28	0.58	0.28	0.58	0.27	0.58	0.27	0.58	0.26	0.58	0.26
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
รวมต้นทุนคงที่	73.68	35.40	73.68	34.94	73.68	34.50	73.68	34.07	73.68	33.65	73.68	33.24
2. ต้นทุนผันแปร												
- ค่าอาหารปลาผสม	17.76	8.53	20.47	9.71	23.19	10.86	25.86	11.96	28.55	13.04	31.24	14.10
ฮอร์โมน 17β -estradiol												
- ค่าแรงงาน	116.67	56.05	116.67	55.33	116.67	54.63	116.67	53.95	116.67	53.29	116.67	52.64
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
รวมต้นทุนผันแปร	134.46	64.60	137.17	65.06	139.89	65.50	142.56	65.93	145.25	66.35	147.94	66.76
3. รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/ถัง)	208.14		210.85		213.57		216.24		218.93		221.62	
4. จำนวนปลาที่เหลืรอดจากการอนุบาล (ตัว/ถัง)	300		290		288		281		280		278	
5. ต้นทุนการอนุบาล (บาท/ตัว)	0.69		0.73		0.74		0.77		0.78		0.80	

หมายเหตุ 1. อาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน กิโลกรัมละ 68 บาท
2. ถังพลาสติกปริมาตรน้ำ 200 ลิตร ราคาใบละ 500 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี

3. หัวทรายใหญ่ ราคาหัวละ 10 บาท อายุการใช้งาน 1 ปี
4. สายแอร์ ม้วนละ 300 บาท ยาว 100 เมตร อายุการใช้งาน 2 ปี
5. ปัมลม เครื่องละ 3,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี
6. ปัมน์น้ำ เครื่องละ 2,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี
7. ฮอโมน 17β -estradiol ขวดละ 5 กรัม ราคา 3,500 บาท
8. เอธิลแอลกอฮอล์ ถึงละ 15 ลิตร ราคาถึงละ 1,300 บาท
9. ราคาจำหน่ายลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ราคาตัวละ 0.80 บาท ตามราคาประกาศกรมประมง พ.ศ. 2559
10. ค่าเสียโอกาสในการลงทุน คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน อ้างอิงค่าดอกเบี้ยฝากประจำ 12 เดือน 2564 ร้อยละ 0.40 (ธนาคารกรุงไทย) 1 พฤษภาคม 2564

2. การศึกษาการเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง

จากผลการทดลองอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน โดยใช้ฮอโมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับคือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ทดลองเป็นระยะเวลา 21 วัน หลังจากนั้นจึงนำปลาช่อนทุกชุดการทดลองไปเลี้ยงต่อในกระชังเป็นระยะเวลา 180 วัน ลูกปลาช่อนเริ่มทดลองมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 ± 0.17 , 2.96 ± 0.04 , 2.92 ± 0.05 , 2.92 ± 0.05 , 2.86 ± 0.07 และ 2.83 ± 0.03 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักเริ่มตันเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 ± 0.05 , 0.30 ± 0.02 , 0.31 ± 0.07 , 0.29 ± 0.01 , 0.31 ± 0.04 และ 0.27 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ลูกปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีความยาวเฉลี่ย และน้ำหนักเฉลี่ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

2.1 การเจริญเติบโต

2.1.1 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

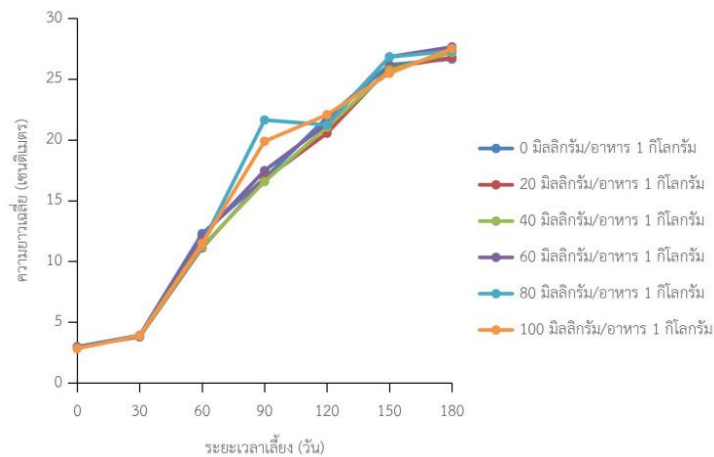
เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 26.65 ± 0.52 , 26.77 ± 0.58 , 27.20 ± 0.66 , 27.64 ± 0.33 , 27.31 ± 0.96 และ 27.50 ± 0.61 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าความยาวสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 3)

ตารางที่ 6 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในกระชัง จากลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอโมน

17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 180 วัน

ระยะเวลาเลี้ยง(วัน)	ความเข้มข้นของฮอโมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
	0	20	40	60	80	100
0	2.98 ± 0.17^a	2.96 ± 0.04^a	2.92 ± 0.05^a	2.92 ± 0.05^a	2.86 ± 0.07^a	2.83 ± 0.03^a
30	3.92 ± 0.05^a	3.79 ± 0.01^a	3.83 ± 0.08^a	3.84 ± 0.11^a	3.87 ± 0.07^a	3.89 ± 0.05^a
60	12.28 ± 1.13^a	11.12 ± 1.00^a	11.23 ± 0.75^a	12.05 ± 1.59^a	11.44 ± 0.37^a	11.47 ± 0.73^a
90	16.84 ± 0.25^c	16.75 ± 0.69^c	16.57 ± 0.40^c	17.47 ± 2.11^{bc}	21.63 ± 2.37^a	19.88 ± 0.63^{ab}
120	21.84 ± 1.74^a	20.55 ± 1.51^a	21.05 ± 0.82^a	21.32 ± 1.41^a	21.23 ± 2.06^a	22.06 ± 0.50^a
150	26.17 ± 0.53^a	25.93 ± 1.98^a	25.75 ± 1.02^a	26.83 ± 2.65^a	26.82 ± 1.17^a	25.48 ± 1.10^a
180	26.65 ± 0.52^a	26.77 ± 0.58^a	27.20 ± 0.66^a	27.64 ± 0.33^a	27.31 ± 0.96^a	27.50 ± 0.61^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 3 ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในกระชัง จากลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เลี้ยงในกระชังเป็นระยะเวลา 180 วัน

2.1.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 187.08 ± 16.60 , 187.64 ± 13.90 , 197.28 ± 13.24 , 211.32 ± 10.28 , 209.50 ± 20.94 และ 217.87 ± 19.09 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 4)

ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาช่อนที่เลี้ยงในกระชัง จากลูกปลาช่อนที่อนุบาลโดยใช้ฮอร์โมน

17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 180 วัน

ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	ความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม					
	0	20	40	60	80	100
0	0.28±0.05 ^a	0.30±0.02 ^a	0.31±0.07 ^a	0.29±0.01 ^a	0.31±0.04 ^a	0.27±0.01 ^a
30	2.99±0.07 ^a	3.29±0.12 ^a	3.32±0.12 ^a	3.23±0.10 ^a	3.34±0.13 ^a	3.54±0.11 ^a
60	10.03±2.78 ^a	10.33±4.04 ^a	12.00±2.45 ^a	14.11±4.94 ^a	13.18±1.19 ^a	12.89±1.77 ^a
90	35.21±1.04 ^b	33.56±2.75 ^b	30.28±1.82 ^b	39.37±11.61 ^b	63.15±18.68 ^a	58.49±4.94 ^a
120	87.27±25.46 ^a	76.98±20.36 ^a	78.43±12.83 ^a	84.29±11.98 ^a	81.71±29.09 ^a	91.31±6.62 ^a
150	157.07±13.94 ^a	158.90±29.86 ^a	161.53±9.67 ^a	195.93±55.41 ^a	199.77±30.12 ^a	188.77±31.38 ^a
180	187.08±16.60 ^a	187.64±13.90 ^a	197.28±13.24 ^a	211.32±10.28 ^a	209.50±20.94 ^a	217.87±19.09 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate, SGR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงในกระชังมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 ± 0.09 , 3.58 ± 0.03 , 3.58 ± 0.05 , 3.66 ± 0.05 , 3.62 ± 0.13 และ 3.71 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.4 ความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Daily Length Gain, DLG)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.13 ± 0.00 , 0.13 ± 0.00 , 0.13 ± 0.01 , 0.14 ± 0.00 , 0.13 ± 0.01 และ 0.14 ± 0.01 เซนติเมตร/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปลาช่อนชุดการทดลองที่ใช้ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 40, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

($p>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 0 และ 20 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p<0.05$) สำหรับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 0, 20, 40, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.5 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (Daily Weight Gain, DWG)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 1.04 ± 0.09 , 1.04 ± 0.08 , 1.10 ± 0.07 , 1.17 ± 0.06 , 1.16 ± 0.12 และ 1.21 ± 0.11 กรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.6 อัตรารอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 81.67 ± 2.89 , 76.67 ± 5.77 , 77.33 ± 2.08 , 75.67 ± 5.86 , 80.00 ± 5.00 และ 81.67 ± 5.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.7 อัตราแลกเนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่าปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าอัตราแลกเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 1.38 ± 0.10 , 1.46 ± 0.04 , 1.37 ± 0.12 , 1.31 ± 0.05 , 1.25 ± 0.16 และ 1.17 ± 0.03 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราแลกเนื้อของปลาช่อนที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 60 และ 80 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p>0.05$) แต่ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0, 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p<0.05$) สำหรับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 80 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าอัตราแลกเนื้อ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 0, 40 และ 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p>0.05$) แต่ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 20 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 0, 20, 40 และ 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าอัตราแลกเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.8 สัดส่วนเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าสัดส่วนเพศเมียเฉลี่ยเท่ากับ 48.67 ± 0.58 , 49.00 ± 1.00 , 49.00 ± 1.00 , 51.00 ± 1.00 , 53.00 ± 1.00 และ 54.67 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปลาช่อนการทดลองที่ถูกปลาได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสัดส่วนเพศเมียสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 80 และ 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และที่ระดับความเข้มข้น 0, 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้น 0, 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าสัดส่วนเพศเมียเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.9 ดัชนีความสมบูรณ์เพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง 180 วัน พบว่า ปลาช่อนที่เลี้ยงมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยเท่ากับ 8.45 ± 0.60 , 6.80 ± 0.72 , 6.81 ± 1.19 , 7.17 ± 1.10 , 8.24 ± 0.84 และ 8.20 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปลาช่อนทุกชุดการทดลองมีค่าดัชนีความสมบูรณ์เพศเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

2.1.11 ต้นทุนการเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง

การทดลองเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง จากลูกปลาช่อนที่ได้รับฮอร์โมน 17β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ ระยะเวลาเลี้ยงในกระชัง 180 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่ามีค่าต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 1,567.37, 1,576.49, 1,575.49, 1,577.50, 1,578.51 และ 1,580.52 บาท/กระชัง ตามลำดับ คิดเป็นต้นทุนคงที่ 150.30 บาท/กระชัง (เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 9.51-9.59) และต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 1,417.07, 1,426.19, 1,425.19, 1,427.20, 1,428.21 และ 1,430.22 บาท/กระชัง ตามลำดับ ต้นทุนผันแปรเฉลี่ยระหว่างร้อยละ 90.41-90.49 โดยเฉพาะต้นทุนผันแปรค่าอาหารปลาคิดเป็นร้อยละ 42.71-43.38 ต้นทุนเฉลี่ย/กก. เท่ากับ 102.78, 110.02, 103.18, 98.90, 94.07 และ 89.19 บาท/กก. ตามลำดับ และผลผลิต/กระชังเท่ากับ 15.25, 14.33, 15.27, 15.95, 16.78 และ 17.73 กิโลกรัม/กระชัง ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ต้นทุนการเลี้ยงปลาช่อนในกระชัง จากลูกปลาที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 180 วัน

รายละเอียดต้นทุน (บาท)	ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม											
	0		20		40		60		80		100	
	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ	บาท	ร้อยละ
1. ต้นทุนคงที่												
- ค่าเสื่อมราคากระชัง	125.00	7.98	125.00	7.93	125.00	7.93	125.00	7.92	125.00	7.92	125.00	7.91
- ค่าเสื่อมราคาบ่อดิน	5.00	0.32	5.00	0.32	5.00	0.32	5.00	0.32	5.00	0.32	5.00	0.32
- ค่าเสื่อมราคาไม้ไผ่	20.00	1.28	20.00	1.27	20.00	1.27	20.00	1.27	20.00	1.27	20.00	1.27
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	0.30	0.02	0.30	0.02	0.30	0.02	0.30	0.02	0.30	0.02	0.30	0.02
รวมต้นทุนคงที่	150.30	9.59	150.30	9.53	150.30	9.54	150.30	9.53	150.30	9.52	150.30	9.51
2. ต้นทุนผันแปร												
- ค่าพันธุ์ปลา	69.00	4.40	73.00	4.63	74.00	4.70	77.00	4.88	78.00	4.94	80.00	5.06
- ค่าเตรียมบ่อดิน และสร้างอาหารธรรมชาติ	18.61	1.19	18.61	1.18	18.61	1.18	18.61	1.18	18.61	1.18	18.61	1.18
- ค่าน้ำมันสูบน้ำ (ถ่ายน้ำ+เติมน้ำ)	146.67	9.36	146.67	9.30	146.67	9.31	146.67	9.30	146.67	9.29	146.67	9.28
- ค่าอาหารปลาเฉลี่ย	680.00	43.38	678.00	43.01	676.00	42.91	675.00	42.79	675.00	42.76	675.00	42.71
- ค่าแรงงาน	500.00	31.90	500.00	31.72	500.00	31.74	500.00	31.70	500.00	31.68	500.00	31.64
- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	2.79	0.18	9.91	0.63	9.91	0.63	9.92	0.63	9.93	0.63	9.94	0.63
รวมต้นทุนผันแปร	1,417.07	90.41	1,426.19	90.47	1,425.19	90.46	1,427.20	90.47	1,428.21	90.48	1,430.22	90.49
3. รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท/กระชัง)	1,567.37		1,576.49		1,575.49		1,577.50		1,578.51		1,580.52	
4. ผลผลิต (กก./กระชัง)	15.25		14.33		15.27		15.95		16.78		17.73	
5. ต้นทุนการเลี้ยง (บาท/กก.)	102.78		110.01		103.18		98.90		94.07		89.14	

- หมายเหตุ**
1. อาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำสำหรับปลาช่อนเฉลี่ย กิโลกรัมละ 32.50 บาท
 2. ค่าเสื่อมราคาบ่อดิน ราคาปรับปรุงบ่อดิน 5,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี (แขวนกระชังได้ 10 กระชัง/บ่อขนาด 800 ตารางเมตร)
 3. กระชังพลาสติก ขนาด 3x2x1.5 เมตร + ฝาปิดกระชัง ราคาใบละ 500 บาท อายุการใช้งาน 2 ปี

4. ไม่ไผ่ปักหลักกระชัง ต้นละ 10 บาท อายุการใช้งาน 1 ปี
5. น้ำมันดีเซล ลิตรละ 33 บาท
6. ปูนขาว กิโลกรัมละ 5 บาท
7. ปุ๋ยเคมี กิโลกรัมละ 17 บาท
8. ค่าแรงงาน ชั่วโง่งละ 50 บาท
9. ราคาจำหน่ายลูกปลาช่อนขนาด 2-3 เซนติเมตร ราคาตัวละ 0.80 บาท ตามราคาประกาศ กรมประมง พ.ศ. 2559
10. ค่าเสียโอกาสในการลงทุน คำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน อ้างอิง
ค่าดอกเบี้ยฝากประจำ 12 เดือน 2564 ร้อยละ 0.40 (ธนาคารกรุงไทย) 1 ธันวาคม 2564

สรุปและวิจารณ์ผล

การทดลองเปลี่ยนเพศลูกปลาช่อนให้เป็นเพศเมียโดยใช้ฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ ผลในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงที่ใช้เลี้ยงลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน เป็นระยะเวลา 21 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของฮอร์โมน 17β -estradiol ทุกระดับไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกปลา แต่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปลาโดยชุดการทดลองที่ไม่ใช้ฮอร์โมนมีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยไม่ต่างกับชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p>0.05$) แต่มีค่าอัตราการรอดสูงกว่าชุดการทดลองที่ระดับความเข้มข้น 60, 80 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ($p<0.05$) สำหรับชุดการทดลองที่ใช้ฮอร์โมนทุกระดับความเข้มข้นทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ที่ระดับความเข้มข้นฮอร์โมนต่ำจะมีอัตราการรอดเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้นสูง เช่นเดียวกันกับผลการทดลองของสมศรี (2539) ที่ทดลองใช้อาหารผสมฮอร์โมน 17 เบต้า-เอสตราไดอล และไดเอทิลสเตลเบสเตรอล ในปลาสดวัยอ่อนอายุ 10 วัน เป็นระยะเวลา 30 วัน ที่ระดับความเข้มข้น 0, 40, 80 และ 160 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีอัตราการรอดระหว่าง 15.75-28.33 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับการทดลองของ Johnstone *et al.* (1978), Johnstone *et al.* (1979) ทดลองในปลา rainbow trout และในปลา brook trout พบว่า 17β -estradiol ที่ระดับสูงขึ้นมีผลทำให้อัตราการรอดต่ำลง โดยกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้น 400, 200, 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม จะมีอัตราการตาย 59.33, 3.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับฮอร์โมนจะมีอัตราการตายเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ พบว่าอัตราการรอดของลูกปลาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการอนุบาลลูกปลาช่อนของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสิงห์บุรีในบ่อดินที่มีอัตราการรอดประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ จากระยะเวลา 14 วัน เนื่องจากการอนุบาลในถังพลาสติกไม่มีศัตรูปลาตามธรรมชาติ แตกต่างกับในบ่อดินที่พบศัตรูปลาหลายชนิดรวมถึงปลาช่อนรุ่นเดียวกันตัวที่ใหญ่กว่าสามารถกินปลาที่ตัวเล็กกว่า และลูกปลาช่อนที่อนุบาลในบ่อดินมีเจริญเติบโตสูงกว่า ใช้เวลาอนุบาลเพียง 14 วัน ได้ลูกปลาที่ขนาดความยาวเฉลี่ย 2-3 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจจะมาจากปัจจัยอาหารธรรมชาติในบ่อดิน สำหรับการอนุบาลในถังให้อาหารสำเร็จรูปผสมฮอร์โมนเพียงอย่างเดียวจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตเนื่องจากนิสัยของปลาช่อนเป็นปลากินเนื้อโดยเฉพาะลูกปลาวัยอ่อนต้องได้รับอาหารที่เกิดจากแพลงก์ตอนสัตว์จำพวกไรติเฟอร์และไรแดงอย่างเพียงพอจนกว่าปลาจะเริ่มรับอาหารสมทบเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ บัญชา (2538) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากการทำการทดลองหลายครั้งแล้ว จึงอาจสรุปในครั้งนี้ได้ว่าการใช้อาหารผสมฮอร์โมนเลี้ยงลูกปลาช่อนวัยอ่อนในระยะนี้ ลูกปลารับอาหารสำเร็จรูปได้น้อยจึงทำให้การเจริญเติบโตช้า เห็นได้จากชุดการทดลองที่ไม่ใช้ฮอร์โมนซึ่งมีการเจริญเติบโตต่ำเช่นกัน

ผลของฮอร์โมนต่อการเปลี่ยนเพศ จากผลการทดลองฮอร์โมน 17β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้นสูง (100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) มีผลต่อการเปลี่ยนเพศได้มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า ซึ่งตรงตามที่ Sower *et al.* (1984) พบในการทดลองกับปลา Atlantic salmon แต่ในการทดลองนี้เมื่อใช้ ความเข้มข้นของฮอร์โมน 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม จะมีผลต่อการเปลี่ยนเพศเมียสูงสุด และรองลงมาจากความเข้มข้น 80 และ 60 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับความเข้มข้น 0, 20 และ 40 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อัตราส่วนเพศเมียไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจจะอธิบายได้บนพื้นฐานของขบวนการการสังเคราะห์ steroid ได้ดังนี้คือ ในขบวนการสังเคราะห์สารดังกล่าวในสิ่งมีชีวิตนั้นเริ่มต้นจาก cholesterol ซึ่งเปลี่ยนไปเป็น pregnenolone และ testosterone จากนั้น testosterone ถูกส่งต่อไปยัง granulosa cell และเปลี่ยนเป็น

17 β -estradiol ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวนี้อยู่ภายใต้การควบคุมของ gonadotropin ซึ่งหลังจากต่อมใต้สมอง แต่หากเมื่อเกิดผลตรงข้ามกล่าวคือระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสูงเกินไปจากสภาวะปกติ ทำให้เกิดขบวนการที่เรียกว่า Aromatization โดยมีน้ำย่อยที่ชื่อว่า Aromatase เปลี่ยน estradiol ให้เป็น testosterone ได้ มีผลให้เพศเมียลดน้อยลงได้ การทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าหากใช้ฮอร์โมน 17 β -estradiol ที่ระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม อาจสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นเพศเมียได้สูงกวานี้ สำหรับดัชนีความสมบูรณ์เพศจากการทดลองในครั้งนี้จากการใช้ฮอร์โมนทุกระดับความเข้มข้น และไม่ใช้ฮอร์โมนพบว่าไม่แตกต่างกัน รวมทั้งการเจริญเติบโตและอัตราการรอด

สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำในการทดลองครั้งนี้ พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำตามที่กล่าวอ้างโดย ไมตรี และจารุวรรณ (2528) ซึ่งระบุไว้ว่าอุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างควรมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5 - 9.0 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นด่างและความกระด้างที่เหมาะสมควรมีค่าระหว่าง 120 - 400 mg/l as CaCO₃ Piper *et al.* (1982) และค่าปริมาณแอมโมเนียรวมที่ตรวจพบมีค่าระหว่าง 0.003 - 0.26 mg NH₃-N/l ทั้งนี้หากคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย หากมีการสะสมของไนโตรเจนและแอมโมเนียสูงจะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดตายมีค่าต่ำ ในน้ำที่มีแอมโมเนียสูงทำให้ออกซิเจนที่สัตว์น้ำได้รับพิษจากแอมโมเนียเป็นอันตรายต่อเหงือกเพิ่มขึ้น และลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน เกิดผลกระทบต่อบริบทของสิ่งมีชีวิตเนื่องจากแอมโมเนียลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ทำให้สมดุลเมตาบอลิซึมของร่างกายสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป

ต้นทุนการผลิตการอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อนอายุ 6 วัน โดยการใช้ฮอร์โมน 17 β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาช่อนวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนการอนุบาลเฉลี่ยระหว่าง 208.26-221.75 บาท/ถัง แยกเป็นต้นทุนคงที่เฉลี่ยระหว่าง 33.24-35.40 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนผันแปรเฉลี่ยระหว่าง 64.60-66.76 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต้นทุนการอนุบาลเฉลี่ยเท่ากับ 0.69, 0.73, 0.74, 0.77, 0.78 และ 0.80 บาท/ตัว ตามลำดับ พบว่าเมื่ออนุบาลลูกปลาโดยมีอัตราความเข้มข้นของฮอร์โมนเพิ่มมากขึ้นจะมีสัดส่วนของต้นทุนคงที่ลดลงและมีสัดส่วนของต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีต้นทุนค่าฮอร์โมนเพิ่มขึ้นตามอัตราความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และต้นทุนการเลี้ยงปลาช่อนในกระชังจากลูกปลาช่อนที่ได้รับฮอร์โมน 17 β -estradiol ผสมในอาหารสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับลูกปลาช่อนวัยอ่อน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ ระยะเวลาเลี้ยงในกระชัง 180 วัน พบว่ามีค่าต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 1,579.23, 1,577.24, 1,576.24, 1,578.25, 1,579.26 และ 1,581.27 บาท/กระชัง ตามลำดับ คิดเป็นต้นทุนคงที่ 151.05 บาท/กระชัง (เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 9.32-9.42) และต้นทุนผันแปรเฉลี่ยเท่ากับ 1,424.18, 1,426.19, 1,425.19, 1,427.20, 1,428.21 และ 1,430.22 บาท/กระชัง ตามลำดับ ต้นทุนผันแปรเฉลี่ยระหว่าง ร้อยละ 89.19-89.15 โดยเฉพาะต้นทุนผันแปรทางด้านค่าอาหารปลาคิดเป็นร้อยละ 47.20-47.38 ต้นทุนเฉลี่ย/กก. เท่ากับ 105.52, 112.16, 105.12, 100.58, 95.60 และ 90.48 บาท/กก. ตามลำดับ และผลผลิตปลาเฉลี่ย/กระชังเท่ากับ 15.25, 14.33, 15.27, 15.95, 16.78 และ 17.73 กิโลกรัม/กระชัง ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอายุที่เหมาะสมของลูกปลาช่อนก่อนให้อาหารผสมฮอร์โมน 17 β -estradiol เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและอัตราการเจริญเติบโต เนื่องจากการทดลองนี้ใช้ลูกปลาช่อนอายุ 6 วัน ซึ่งลูกปลาค่อนข้างบอบช้ำได้ง่าย และยังไม่ทราบว่าการให้อาหารเท่าไรจึงจะมีการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์
2. ควรมีการศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมน 17 β -estradiol ในระดับที่สูงขึ้น เพราะผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ยังเปลี่ยนเพศปลาช่อนให้เป็นเพศเมียมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการแปลงเพศปลาชนิดอื่น ๆ เช่น ปลานิล และปลาสลิด

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา โตรณะโกคา มะลิ ลาน้ำเที่ยง และทวี วิพทุธานูมาศ. 2542. การเปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ในการอนุบาลลูกปลาช่อนวัยอ่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2542. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 20 หน้า.
- ณพัชร สงวนงาม และ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม. 2553. ผลของขนาดถังอนุบาลและอัตราปล่อยที่แตกต่างกันต่อการอนุบาลลูกปลาช่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2553. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- ทวี วิพทุธานูมาศ และ จินตนา โตรณะโกคา. 2538. การเพาะพันธุ์ปลาช่อนโดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์และยาเสริมฤทธิ์. รายงานประจำปี 2538. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสิงห์บุรี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. หน้า 62-79.

- บัญชา ทองมีเอียด. 2538. ผลของ 17 เบต้า-เอสตราไดออล และ 11 เบต้า-ไฮดรอกซีแอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กรุงเทพมหานคร. 115 หน้า.
- สมศักดิ์ เพียบพร้อม. 2530. หลักและวิธีการจัดการธุรกิจฟาร์ม. โอ.เอส. พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพมหานคร. 240 หน้า.
- สมพงษ์ สุวรรณทศ และ วินัย จันทับทิม. 2546. การเพาะพันธุ์และอนุบาลปลาช่อนเชิงพาณิชย์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2546. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 57 หน้า.
- สมศรี งามวงศ์ชน. 2539. การทดลองแปลงเพศปลาสดเป็นเพศเมีย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22/2539. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดชลบุรี. 15 หน้า.
- อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสถิติ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 374 หน้า.
- APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard methods for the examination of water and waste water. 15thed American Publishers. New York. 1,134 pp.
- Johnstone, R., T. H. Simpson and A. F. Youngson. 1978. Sex Reversal in Salmonid Culture Aquaculture. 13:115-134.
- Johnstone, R., T. H. Simpson and A. F. Walker. 1979. Sex Reversal in Salmonid Culture Part III The Production and Performance of all-female population of brook trout Aquaculture 18:241-252.
- 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.
- Sower S. A., W. W. Dickhoff, T. A. Flagg, J. L. Michell and C. V. W. Mahnkon. 1984. Effects estradiol and diethylstilbestrol on sex Reversal and Mortality in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Aquaculture 43 75-81
- Taro Yamane. (1973). Statistics: an introductory analysis. New York: New York: Harper & Row.

การเพาะและอนุบาลปลาสร้อยลูกกล้วย

นายชิงชัย วุฒิวงศ์วณิช^{1*} นายไพฑูรย์ รัชตะภูติ²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสุพรรณบุรี, ²ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครสวรรค์

รหัสทะเบียนวิจัย 64-3-0514-64096

บทคัดย่อ

การเพาะและอนุบาลปลาสร้อยลูกกล้วย *Labiobarbus siamensis* (Sauvage, 1881) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate (Bus) ที่ต่างกันต่อการเพาะพันธุ์โดยพิจารณาจาก อัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตายของลูกปลา พัฒนาการของคัพภะและลูกปลาวัยอ่อน และเปรียบเทียบการเจริญเติบโต การรอดตายของลูกปลาที่อนุบาลในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน โดยดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนธันวาคม 2564 สรุปได้ว่า

การฉีดกระตุ้นแม่ปลาด้วย Bus ในอัตราที่ต่างกัน 10, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone (Dom) 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ชุดการทดลองที่ 1-4 ตามลำดับ) และฉีดด้วยน้ำกลั่น (ชุดการทดลองที่ 5) พ่อปลาในทุกชุดการทดลองฉีดด้วย Bus อัตรา 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับ Dom 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า Bus มีผลต่อการตกไข่ของแม่ปลาต่างจากฉีดด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ Bus ในอัตราที่ต่างกันมีอัตราปฏิสนธิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 2 มากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของ Bus มีผลต่อการเพาะพันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วย และระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่เหมาะสมในการฉีดแม่ปลาเพื่อการเพาะพันธุ์ คือ Bus 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับ Dom 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยอายุ 5 วัน ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยและน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เป็นระยะเวลา 30 วัน ในตู้กระจกขนาด 45×90×45 เซนติเมตร ระดับความลึกของน้ำ 24.7 เซนติเมตร (100 ลิตร) ด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 ตัวต่อลิตร พบว่า ลูกปลาที่อนุบาลในอัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักที่สุด และมากกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อลิตร ($p < 0.05$) ลูกปลาสร้อยลูกกล้วยที่อนุบาลในอัตราความหนาแน่น 10 และ 20 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายมากกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่า อัตราการปล่อยที่เหมาะสมที่สุดเมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย คือ 10 ตัวต่อลิตร

คำสำคัญ : ปลาสร้อยลูกกล้วย การเพาะพันธุ์ การอนุบาล ความหนาแน่น

ผู้รับผิดชอบ : 8 หมู่ 5 ตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 72000

E-mail : chingchai791@gmail.com

Breeding and Nursing of *Labiobarbus siamensis* (Sauvage, 1881)

Chingchai Wuttiwongwanich^{1*} Pathai Rungcaputi²

^{1*}Suphanburi Inland Aquaculture Research and Development Center,

²Nakhonsawan Inland Fisheries Research and Development Center

Research ID : 64-3-0514-64096

Abstract

Study on breeding of *L. siamensis* had objectives to evaluate the effect buserelin acetate (Bus) (T1 = 10 , T2 = 15 , T3 = 20 , T4 = 25 , T5 = 0 microgram/kg) + Dom 10 mg/kg on spawning, fertilization, survival rate of larvae. This experiment also study on embryonic development and nursing larvae at different stocking densities (10, 20 and 30 larvae/l)

The result showed that spawning of fish injected with Bus 10, 15, 20 and 25 microgram/kg + domperidone 10 mg/kg was significant difference ($P < 0.05$) from control (o) . Fertilization rates of eggs were not significant difference among treatment 1 – 4 . Hatching rate of egg in T1 and T4 were not significant difference ($P > 0.05$) and hatching rate of eggs in T1 ,T2 ,T3 were not significant difference ($P > 0.05$) but hatching rate of T2 and T3 were significantly higher than T4 ($P < 0.05$) . Survival rate in T1 ,T3 ,T4 were not significant difference ($P > 0.05$) and Survival rate in T1 ,T2 , T3 were not significant difference ($P > 0.05$) but survival rate in T2 were significantly higher than T4 ($P < 0.05$) . Consideration from this experiment indicate that Bus 15 microgram/kg + domperidone 10 mg/kg is the most suitable for breeding this fish.

Nursing of *L. siamensis* at stocking densities of 10 , 20 and 30 larvae/l with powder feed for 30 days. The result showed that fish at a stock density of 10 larvae/l grew better than stocking densities of 20 and 30 larvae/l ($P < 0.05$) and survival rate of fish at stocking densities of 10 and 20 larvae/l were better than 30 larvae/l ($P < 0.05$) and survival rate of fish at stocking densities of 10 and 20 larvae/l were better than 30 larvae/l ($P < 0.05$) . Considering from survival rate, stocking density of 10 larvae/l is suitable.

Key words : *Labiobarbus siamensis* (Sauvage, 1881), breeding, nursing, stocking density

Corresponding author : 8 Moo 5 Ma Lai Man Road, Don Pho Thong Sub-district,

Mueang District, Suphanburi Province 72000

E-mail : chingchai791@gmail.com

คำนำ

ปลาสร้อยลูกกล้วย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Labiobarbus siamensis* (Sauvage, 1881) มีถิ่นกำเนิดและอาศัยในไทย พบได้ทั่วทุกภาค โดยเฉพาะในแม่น้ำสายหลักและสาขาในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำบางปะกง และ ลุ่มน้ำโขง ปลาสร้อยลูกกล้วยมีขนาดยาวประมาณ 10-18 เซนติเมตร ลำตัวเพรียวยาว หัวเล็ก หางคอด และปากเล็ก มีหนวดที่มุมปาก 2 คู่ ยาวเลยขอบหลังตา ต่างจากปลาสร้อยลูกนุ่นหรือปลาหลาวทอง (*Labiobarbus leptocheilus*) ซึ่งมีหนวดมุมปากสั้นกว่า ไม่ถึงขอบหลังตา ลำตัวสีเงินวาว เกล็ดเล็ก มีแถบสีคล้ำ 5-6 แถบ พาดไปตามความยาวของลำตัว เกล็ดใต้ท้องสีขาวนวล ครีบสีจางหรือเหลืองอ่อน ครีบหลังเป็นแผงยาวถึงโคนหาง ครีบหางเว้าลึก สีเหลืองออกแดงเรื่อๆ บางตัวมีแต้มจุดที่หลังครีบบอกและโคนหาง ปลาสร้อยลูกกล้วยอาศัยอยู่ทั้งในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ไม่ว่าจะเป็นหนองบึง หรือแม่น้ำลำธารก็ตาม เป็นปลาที่ชอบอยู่รวมกันเป็นฝูงประมาณ 10-20 ตัวหรือมากกว่านั้น ปลาสร้อยลูกกล้วยเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป นำมาประกอบอาหารได้หลากหลายวิธี เช่น ทอด ย่าง ต้ม แกง หรือแปรรูปเป็นปลาแห้ง ปลาต้ม ปลาร้า ในอดีตก็ยังชุกชุมมีการนำมาทำน้ำปลา นอกจากนี้ยังนิยมเลี้ยงเป็นปลาคู่ เพราะมีความสวยงามและอดทน (สมโภชน์, 2547)

ปัจจุบันสภาพตามธรรมชาติสิ่งแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ทำให้ประชากรปลาหลายชนิดลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ปลาสร้อยลูกกล้วยเป็นสัตว์น้ำอีกชนิดที่ได้รับผลกระทบนี้ จึงจำเป็นต้องจัดการพันธุ์ปลาชนิดนี้ให้เป็นแนวทางในการผลิตพันธุ์ปลาชนิดนี้ให้ได้ปริมาณมากเพียงพอ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการเพาะและขยายพันธุ์ปลาชนิดนี้ให้เป็นผลสำเร็จต่อไป เพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรของสัตว์น้ำจัดของไทยไม่ให้สูญพันธุ์และที่สำคัญหากเพาะพันธุ์ได้ในปริมาณที่มากปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ เพื่อรักษาและอนุรักษ์พันธุ์สัตว์น้ำท้องถิ่นมิให้สูญพันธุ์อันจะนำไปสู่การรักษาไว้ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate (Bus) ต่อการเพาะพันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วย โดยพิจารณาจาก อัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย ของปลาสร้อยลูกกล้วย
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการของคัพภะและลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อน
3. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต การรอดตายของลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนที่อนุบาลในอัตราความหนาแน่น ที่ต่างกัน

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 การเพาะพันธุ์ปลา

ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate เพื่อฉีดกระตุ้นแม่ปลาสร้อยลูกกล้วยให้ตกไข่ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) กำหนดเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้พ่อแม่ ปลา 1 คู่ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 2 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 5 ฉีดด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

สำหรับพ่อแม่ปลาสร้อยลูกกล้วย ทุกชุดการทดลอง ฉีดด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate อัตรา 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ domperidone 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

1.2 การอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน

ศึกษาการอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อน อายุ 5 วัน อนุบาลในตู้กระจกขนาด 45×90×45 เซนติเมตร ระดับความลึกของน้ำ 24.7 เซนติเมตร (100 ลิตร) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 3 ชุดการทดลอง (treatments) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ (replications) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร (1,000 ตัวต่อตู้)

ชุดการทดลองที่ 2 อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อลิตร (2,000 ตัวต่อตู้)

ชุดการทดลองที่ 3 อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร (3,000 ตัวต่อตู้)

สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

1.3 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-เดือนธันวาคม 2564

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์

พ่อแม่พันธุ์ปลาที่ใช้ในการทดลอง เป็นปลาที่รวบรวมจากคลองมะขามล้ม และคลองสองพี่น้องบริเวณบ้านวัดโบสถ์ ตำบลมะขามล้ม อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี ในเดือนมีนาคม 2564 จำนวน 200 ตัว ความยาวประมาณ 14-18 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 28-45 กรัม นำมาเลี้ยงรวมกันในบ่อซีเมนต์กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร ระดับน้ำ 50 เซนติเมตร ให้อาการตลอดเวลา ฝึกให้กินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำขนาดเล็ก โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวปลา วันละ 1 ครั้ง เวลา 14.00 น. เปลี่ยนถ่ายน้ำเดือนละ 2 ครั้ง สุ่มชั่งน้ำหนักจำนวน 30 ตัว ทุก 1 เดือน เพื่อปรับปริมาณอาหาร และเมื่อปลาคุ้นเคยกับสภาพพื้นที่แล้วในเดือนกรกฎาคม 2564 จึงคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อเตรียมการศึกษาความตกไข่และการเพาะพันธุ์ โดยพ่อแม่พันธุ์เมื่อรีดบริเวณท้องเบาๆ มีน้ำเชื้อสีขาวข้นไหลออกมา และแม่พันธุ์บริเวณท้องอูมเป่งและนิ่ม ช่องเพศสีแดงเรื่อๆ

2.2 การเพาะพันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วย

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วยที่มีความสมบูรณ์เพศและมีขนาดใกล้เคียงกัน ใช้สำหรับทำการทดลอง โดยแม่พันธุ์มีลักษณะท้องอูม ช่องเพศมีสีแดงเรื่อๆ พ่อพันธุ์ปลามีรูปร่างเพรียวยาวและมีขนาดเล็กกว่าปลาเพศเมีย เมื่อใช้มือกดบริเวณท้องเบาๆ มีน้ำเชื้อสีขาวข้นไหลออกมา จึงทำการผสมพ่อแม่พันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วยแยกตามชุดการทดลองๆ ละ 10 คู่ นำพ่อแม่พันธุ์ปลาที่คัดเลือกฉีดด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์เข้ากล้ามเนื้อบริเวณโคนครีบท้อง ตามแผนการทดลองที่กำหนด หลังฉีดฮอร์โมนปล่อยพ่อแม่พันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วยลงในตู้กระจกขนาด 45×90×45 เซนติเมตร เติมน้ำสูง 30 เซนติเมตร ให้อาการผ่านหัวทราย 2 จุด ควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำไม่ให้ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปล่อยปลาตู้ละ 1 คู่ สังเกตความพร้อมของแม่พันธุ์โดยดูจากพฤติกรรมของแม่พันธุ์ มีการว่ายน้ำกระวนกระวาย พ่อพันธุ์ว่ายน้ำคดเคลียแม่พันธุ์และเริ่มว่ายน้ำไล่แม่พันธุ์ เมื่อพบว่าแม่พันธุ์พร้อมตกไข่จึงทำการผสมเทียมด้วยวิธีแห้ง (dry method) ตามวิธีการของ Vrascky (อ้างตามอุทัยรัตน์, 2538) จากนั้นรีดไข่ของแม่พันธุ์แต่ละตัวชั่งน้ำหนักและจดบันทึก น้ำไข่ที่ผสมน้ำเชื้อแล้วไปฟักในตู้กระจกตามเดิม และสุ่มไข่ปลาสร้อยลูกกล้วยมาฟักในกระชังผ้าโอลอนแก้วเล็กขนาด 10×20 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร จำนวน 1 กระชังๆ ละ 100 ฟอง แล้วนำไปแขวนในตู้กระจกตามเดิม เพื่อใช้สำหรับประเมินอัตราการปฏิสนธิ (fertilization rate) อัตราการฟัก (hatching rate) และอัตราการรอดตาย (survival rate) ตามอุทัยรัตน์ (2538) ดังนี้

$$\text{อัตราการปฏิสนธิ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่เจริญถึงระยะแกสตรูลา}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{อัตราการฟัก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาที่ฟักเป็นตัว}}{\text{จำนวนไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิ}} \times 100$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาหลังไข่แดงยุบ}}{\text{จำนวนลูกปลาที่ฟักเป็นตัว}} \times 100$$

2.3 ศึกษาพัฒนาการของคัพพะและลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อน

นำไข่ปลาสร้อยลูกกล้วยที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อมาศึกษาพัฒนาการในระยะต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายขนาด 40 เท่า ติดตามพัฒนาการของคัพพะตามขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งฟักออกเป็นตัว บันทึกภาพและระยะเวลา จากนั้นศึกษาต่อไปจนลูกปลาเริ่มพัฒนาการถึงระยะที่มีการเจริญของอวัยวะครบเหมือนตัวเต็มวัย โดยเก็บตัวอย่างลูกปลาครั้งละ 20 ตัว ตั้งแต่อายุ 1 วัน ถึง 40 วัน เก็บรักษาในฟอรัลลินเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (อภิชาติ, 2546) นำตัวอย่างที่ได้มาศึกษาในห้องปฏิบัติการภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยายต่ำที่ประกอบกับเครื่องช่วยในการวาดรูป (Camera Lucida) สำหรับวาดภาพ และวัดขนาดต่างๆ ของลูกปลา นำลูกปลาในระยะที่เริ่มมีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์สามารถกินอาหารได้ไปวัดขนาดของปากลูกปลาภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาขนาดและชนิดของอาหารที่จะใช้อนุบาลลูกปลาอย่างเหมาะสม โดยวิธีของ Shirota (1970)

2.4 การอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนโดยใช้อัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน

ลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนที่ใช้ในการทดลองมีอายุ 5 วัน อนุบาลในตู้กระจกขนาด 45x90x45 เซนติเมตร ระดับน้ำลึก 24.7 เซนติเมตร (100 ลิตร) โดยปล่อยลูกปลาด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 ตัวต่อลิตร ตามแผนการทดลองที่กำหนด คิดเป็นลูกปลาตู้ละ 1,000, 2,000 และ 3,000 ตัว ตามลำดับ ให้อาหารผงสำหรับลูกปลาวัยอ่อน (powder feed) ปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์โดยผสมน้ำแล้วโรยให้ทั่วบริเวณตู้กระจก ให้กินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เวลา 09.00 น. และเวลา 16.00 น. ตลอดการทดลอง ดูดตะกอนเศษอาหาร และเปลี่ยนถ่ายน้ำในอัตรา 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำทั้งหมดทุกวัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำก่อนให้อาหารมื้อแรก 09.00 น. เป็นระยะเวลา 30 วัน

ศึกษาการเจริญเติบโต โดยก่อนการทดลองสุ่มลูกปลาจำนวน 100 ตัว เพื่อวัดความยาวเหยียด (total length) เริ่มต้นด้วย electronic digital caliper ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และชั่งน้ำหนักเริ่มต้นด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง และหลังจากนั้น เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นับจำนวนลูกปลาทั้งหมด และสุ่มลูกปลา จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ ของแต่ละชุดการทดลอง เพื่อนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (Hepher, 1988) และอัตราการรอดตาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความยาวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (daily length gain, DLG) ; มิลลิเมตรต่อวัน

$$= \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$$

น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (daily weight gain, DWG) ; มิลลิกรัมต่อวัน

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (specific growth rate, SGR) ; เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

$$= \frac{\ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}} \times 100$$

อัตราการรอดตาย (survival rate) ; เปอร์เซ็นต์

$$= \frac{\text{จำนวนลูกปลาที่เหลือรอด (ตัว)}}{\text{จำนวนลูกปลาที่เริ่มทดลอง (ตัว)}} \times 100$$

2.5 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำ

ศึกษาคุณสมบัติของน้ำในตู้กระจกและน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกปลา ดังนี้

2.5.1 วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกวัน โดย

1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen) ด้วยวิธีไตเตรท หน่วยเป็น mg/L ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดยไมตรีและจารุวรรณ (2528)

2) อุณหภูมิ (temperature) ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส

2.5.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกสัปดาห์ โดย

1) ความเป็นกรด เบส (pH) ใช้ pH - meter ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI 991001

2) ความกระด้าง (hardness) ด้วยวิธีไตเตรท หน่วยเป็น mg/L as CaCO₃ ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดยไมตรีและจารุวรรณ (2528)

3) ความเป็นด่าง (alkalinity) ใช้วิธีไตเตรท หน่วยเป็น mg/l as CaCO_3 ตามวิธีที่กล่าวอ้างโดยไมตรีและจารุวรรณ (2528)

4) ปริมาณแอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3\text{-N}$) วัดโดยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ HACH รุ่น DR/4000V หน่วยเป็น mg-N/l

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน one way analysis of variance (ANOVA) ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan new's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลการศึกษา

1. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์

พ่อแม่พันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วยที่ใช้ในการทดลอง เมื่อปลาคุ้นเคยกับสภาพพื้นที่แล้วในเดือนกรกฎาคม 2564 จึงคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีความสมบูรณ์เพศ พ่อพันธุ์มีความยาวเฉลี่ย 14.49 ± 0.27 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 27.76 ± 1.10 กรัม แม่พันธุ์มีความยาวเฉลี่ย 15.69 ± 0.36 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 44.88 ± 2.89 กรัม

2. ความตกของไข่

การศึกษาความตกของไข่ปลาสร้อยลูกกล้วยจากตัวอย่างปลาสร้อยลูกกล้วยเพศเมีย จำนวน 15 ตัว มีความยาวเฉลี่ย 15.64 ± 0.27 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 43.75 ± 1.92 กรัม พบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อแม่ เท่ากับ 6.64 ± 0.47 กรัม และจำนวนไข่เฉลี่ยต่อแม่ เท่ากับ $25,302 \pm 2,163$ ฟอง

3. การเพาะพันธุ์

3.1 ศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ busserelin acetate (Bus) ต่อการเพาะพันธุ์ปลาสร้อยลูกกล้วย

โดยฉีดกระตุ้นแม่ปลาสร้อยลูกกล้วยให้ตกไข่ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) มี 5 ชุดการทดลอง (treatments) ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำ (replications) แต่ละซ้ำใช้พ่อแม่ปลา 1 คู่

ผลการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของแม่ปลาในแต่ละชุดการทดลองก่อนการฉีดกระตุ้นตามแผนการทดลองที่วางไว้ พบว่า แม่ปลามีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 43.98 ± 2.31 , 44.07 ± 1.61 , 44.62 ± 2.42 , 46.11 ± 3.09 และ 43.92 ± 1.71 กรัม ตามลำดับ มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 15.64 ± 0.29 , 15.71 ± 0.28 , 15.75 ± 0.46 , 15.69 ± 0.39 และ 15.67 ± 0.40 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของแม่ปลาในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่หลังจากฉีดกระตุ้นแม่ปลาแต่ละชุดการทดลองด้วยความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ busserelin acetate ที่แตกต่างกันตามแผนการทดลองที่วางไว้ พบว่า แม่ปลามีน้ำหนักไข่เฉลี่ย เท่ากับ 6.97 ± 0.27 , 6.97 ± 0.70 , 6.95 ± 0.30 , 6.98 ± 0.39 และ 0.00 ± 0.00 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ยของแม่ปลาในชุดการทดลองที่ 1-4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยของแม่ปลาในชุดการทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.2 การศึกษาอัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย ของปลาสร้อยลูกกล้วย

เมื่อรีดไข่แม่พันธุ์ปลาแต่ละตัวในชุดการทดลองที่ 1-4 มาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก แล้วนำไข่ผสมกับน้ำเชื้อ ดำเนินตามแผนการทดลองที่วางไว้ พบว่า อัตราการปฏิสนธิ (fertilization rate) มีค่าเท่ากับ 75.33 ± 7.51 , 77.00 ± 5.29 , 75.67 ± 2.52 และ 67.33 ± 4.93 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ อัตราการฟัก (hatching rate) มีค่าเท่ากับ 63.67 ± 6.51 , 71.67 ± 4.51 , 72.33 ± 3.21 และ 58.00 ± 4.00 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และอัตราการรอดตาย (survival rate) มีค่าเท่ากับ 61.00 ± 6.56 , 65.00 ± 6.08 , 63.67 ± 4.51 และ 53.93 ± 5.86 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า อัตราปฏิสนธิในชุดการทดลองที่ 1, 2, 3, 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 2 มากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแม่ปลา ความยาวแม่ปลา น้ำหนักไข่ อัตราปฏิสนธิ อัตราฟัก และอัตราการรอดตาย จากการทดสอบประสิทธิภาพของฮอร์โมนต่อการเพาะพันธุ์

	การใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์				
	10	15	20	25	0 (น้ำกลั่น)
น้ำหนักแม่ปลา (กรัม)	43.98±2.31 ^a	44.07±1.61 ^a	44.62±2.42 ^a	46.11±3.09 ^a	43.92±1.71 ^a
ความยาวแม่ปลา (เซนติเมตร)	15.64±0.29 ^a	15.71±0.28 ^a	15.75±0.46 ^a	15.69±0.39 ^a	15.67±0.40 ^a
น้ำหนักไข่ (กรัม)	6.97±0.27 ^a	6.97±0.70 ^a	6.95±0.30 ^a	6.98±0.39 ^a	0.00±0.00 ^b
อัตราปฏิสนธิ (เปอร์เซ็นต์)	75.33±7.51 ^a	77.00±5.29 ^a	75.67±2.52 ^a	67.33±4.93 ^a	-
อัตราฟัก (เปอร์เซ็นต์)	63.67±6.51 ^{ab}	71.67±4.51 ^a	72.33±3.21 ^a	58.00±4.00 ^b	-
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	61.00±6.56 ^{ab}	65.00±6.08 ^a	63.67±4.51 ^{ab}	53.93±5.86 ^b	-

3.3 คุณสมบัติของน้ำในตู้กระจกที่ฟักไข่ปลาสร้อยลูกกล้วย

คุณสมบัติของน้ำในตู้กระจกที่ฟักไข่ปลาสร้อยลูกกล้วย พบว่า มีอุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด เบส 7.2-7.8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 6.1-6.5 mg/l ความเป็นด่าง 45-54 mg/l as CaCO₃ ความกระด้าง 128-156 mg/l as CaCO₃ และปริมาณแอมโมเนียรวม 0.034-0.065 mg-N/l

4. พัฒนาการของคัพพะและลูกปลาสร้อยลูกกล้วย

4.1 พัฒนาการของคัพพะของปลาสร้อยลูกกล้วย

ไข่ปลาสร้อยลูกกล้วยมีลักษณะกลม สีเหลืองใส เป็นไขครึ่งจมน้ำครึ่งลอย เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.71±0.05 มิลลิเมตร เมื่อได้รับการปฏิสนธิ ไข่มีการดูดซับน้ำเข้าไป มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.42±0.09 มิลลิเมตร และมีการพัฒนาของคัพพะในระยะต่างๆ สรุปได้ดังนี้ ระยะ cleavage ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ระยะ blastula ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 35 นาที ระยะ gastrula ใช้เวลา 4 ชั่วโมง 10 นาที พัฒนาจนถึงขั้นเกิด somite ใช้เวลา 8 ชั่วโมง 25 นาที และใช้ระยะเวลาฟักไข่เป็นตัว 17 ชั่วโมง 35 นาที ที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ลูกปลาแรกฟักมีความยาวเฉลี่ย 3.41±0.01 มิลลิเมตร

4.2 พัฒนาการของลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อน

ลูกปลาวัยอ่อนมีการพัฒนาระบบทางเดินอาหาร โดยมีการเจริญของท่อทางเดินอาหารสังเกตได้ชัดเจน และเริ่มกินอาหารได้เมื่ออายุ 3 วัน มีขนาดความกว้างเฉลี่ยของปากลูกปลา 0.60±0.02 มิลลิเมตร หลังจากนั้นมีการพัฒนาอวัยวะต่างๆ จนมีลักษณะเหมือนตัวเต็มวัย ใช้เวลา 40 วัน

5. การอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน

การอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยอายุ 5 วัน ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 5.84±0.01, 5.84±0.01 และ 5.83±0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.0015±0.00002, 0.0015±0.00001 และ 0.0015±0.00001 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยและน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) จากนั้นทำการอนุบาลในตู้กระจก เป็นระยะเวลา 30 วัน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

5.1 การเจริญเติบโต

5.1.1 ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความยาวสุดท้ายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 24.01 ± 0.08 , 20.22 ± 0.01 และ 14.18 ± 0.02 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่า ทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยมากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อลิตร มีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยมากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2)

5.1.2 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.1266 ± 0.0008 , 0.0732 ± 0.0003 และ 0.0379 ± 0.0011 มิลลิกรัม ตามลำดับ น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.00417 ± 0.00003 , 0.00239 ± 0.00001 และ 0.00065 ± 0.00001 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 14.80 ± 0.05 , 12.87 ± 0.04 และ 8.84 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ทั้งน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกชุดการทดลอง ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อลิตร มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2)

5.2 อัตราการรอดตาย

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีอัตราการรอดตาย 82.33 ± 5.51 , 77.33 ± 3.79 และ 71.67 ± 3.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 10 และ 20 ตัวต่อลิตร มีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความยาวเริ่มต้น น้ำหนักเริ่มต้น ความยาวสุดท้าย น้ำหนักสุดท้าย ความยาวเพิ่มต่อวัน

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก และอัตราการรอดตายจากการ

อนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยอายุ 5 วัน ในอัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

ดัชนี	ความหนาแน่น (ตัวต่อลิตร)		
	10	20	30
ความยาวเริ่มต้น (มิลลิเมตร)	5.84 ± 0.01^a	5.84 ± 0.01^a	5.83 ± 0.01^a
น้ำหนักเริ่มต้น (มิลลิกรัม)	0.00150 ± 0.00002^a	0.00150 ± 0.00001^a	0.00150 ± 0.00001^a
ความยาวสุดท้าย (มิลลิเมตร)	24.01 ± 0.08^a	20.22 ± 0.01^b	14.18 ± 0.02^c
น้ำหนักสุดท้าย (มิลลิกรัม)	0.1266 ± 0.0008^a	0.0732 ± 0.0003^b	0.0379 ± 0.0011^c
น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (มิลลิกรัมต่อวัน)	0.00417 ± 0.00003^a	0.00239 ± 0.00001^b	0.00065 ± 0.00001^c
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ	14.80 ± 0.05^a	12.87 ± 0.04^b	8.84 ± 0.01^c
ด้านน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)			
อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	82.33 ± 5.51^a	77.33 ± 3.79^{ab}	71.67 ± 3.51^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p < 0.05$)

5.3 คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลอง

คุณสมบัติของน้ำระหว่างการอนุบาลลูกปลาสร้อยลูกกล้วยวัยอ่อนในอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 ตัวต่อลิตร พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 6.2-7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด เบส มีค่าอยู่ในช่วง 7.12-7.71 ความเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 46-58 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิมีน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 27.0-28.0 องศาเซลเซียส และแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.031-0.092 มิลลิกรัมต่อลิตร

สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate (Bus) ต่อการเพาะพันธุ์ปลาสรร้อยลูกกล้วย โดยฉีดกระตุ้นแม่ปลาสรร้อยลูกกล้วยให้ตกไข่ พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยและความยาวเฉลี่ยของแม่ปลาในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่หลังจากฉีดกระตุ้นแม่ปลาแต่ละชุดการทดลองด้วยความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate ที่แตกต่างกันตามแผนการทดลองที่วางไว้ พบว่า น้ำหนักไข่เฉลี่ยของแม่ปลาในชุดการทดลองที่ 1-4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่ามากกว่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยของแม่ปลาในชุดการทดลองที่ 5 น้ำกลั่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ buserelin acetate (Bus) มีผลต่อการเพาะพันธุ์ปลาสรร้อยลูกกล้วย

อัตราการปฏิสนธิ (fertilization rate) อัตราการฟัก (hatching rate) และอัตราการรอดตาย (survival rate) พบว่า อัตราปฏิสนธิในชุดการทดลองที่ 1-4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อัตราฟักในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อัตราการรอดตายในชุดการทดลองที่ 2 มากกว่าชุดการทดลองที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการพิจารณา อัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก อัตราการรอดตาย ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่เหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์ คือ Bus 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับ Dom 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ไข่ปลาสรร้อยลูกกล้วย มีใช้เวลาฟักเป็นตัวเวลา 17 ชั่วโมง 35 นาที ที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับปลาชนิดอื่นๆ ในวงศ์เดียวกัน เช่น ปลาแก้มขี้ Systemus rubripinnis ใช้เวลาฟักเป็นตัวเวลา 18-19 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส (เชิดศักดิ์ และธนวัฒน์, 2538) ปลาจาก Hypsibarbus malcolmi ใช้เวลาฟักเป็นตัว 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส (อรอนพ และคณะ, 2545) และปลาตะเพียนทราย Puntius brevis ใช้เวลาฟักเป็นตัวเวลา 16 ชั่วโมง 55 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (พงษ์พันธ์ และคณะ, 2551) ปลาสรร้อยเกล็ดถี่ Thynnichthys thynnoides ใช้เวลาฟักเป็นตัวเวลา 13 ชั่วโมง 30 นาที ที่อุณหภูมิ 26-27 องศาเซลเซียส (ชัยศิริ และคณะ, 2544)

การทดลองอนุบาลปลาสรร้อยลูกกล้วยวัยอ่อน อายุ 5 วัน ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ยและน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เป็นระยะเวลา 30 วัน ด้วยอัตราความหนาแน่นที่ต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 ตัวต่อลิตร พบว่า ลูกปลาที่อนุบาลในอัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักดีที่สุด และมากกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อลิตร ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่า การอนุบาลลูกปลาสรร้อยลูกกล้วยด้วยระดับความหนาแน่นที่สูงเกินไป การเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวและน้ำหนักของลูกปลามีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในลูกปลาแก้มขี้วัยอ่อนในถังไฟเบอร์กลาสในอัตราความหนาแน่น 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 45 วัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของลูกปลาแก้มขี้ที่อัตราการปล่อย 1,000 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ดีที่สุดทั้งในด้านความยาวและน้ำหนัก (สุภาพ, 2546) และสอดคล้องกับการทดลองอนุบาลลูกปลาจากน้ำตกวัยอ่อนในตู้กระจกขนาดปริมาตร 100 ลิตร ที่อัตราความหนาแน่น 10, 20, และ 30 ตัวต่อลิตร เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 10 ตัวต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายมากกว่าลูกปลาที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่น 20 และ 30 ตัวต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (พงษ์พันธ์ และคณะ, 2553) อัตราความหนาแน่นมีความสัมพันธ์ผกผันกับการเจริญเติบโต (Allen, 1974; Refstie, 1977; Trzebiatowski *et al.*, 1981; Leatherland and Cho, 1985) จากผลการทดลองอนุบาลลูกปลาสรร้อยลูกกล้วยเป็นเวลา 30 วัน ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน เมื่อพิจารณาจากอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย สรุปได้ว่า การอนุบาลลูกปลาสรร้อยลูกกล้วยในตู้กระจกที่อัตรา 10 ตัวต่อลิตร เป็นอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- เชิดศักดิ์ วงษ์กมลชุนห์ และ ธนวัฒน์ ชัชวาลธาดศรี. 2538. การเพาะพันธุ์ปลาแก้มซ้า. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2538. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดอุบลราชธานี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 29 หน้า.
- ชัยศิริ ศิริกุล, นิภา กาลศรี และ พิมพา อุดมรัตน์. 2544. การเพาะพันธุ์ปลาสร้อยเกล็ดดี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2544. ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดนครสวรรค์, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 41 หน้า.
- พงษ์พันธ์ สุนทรวีภาต, เมธา คชาภิชาติ, สิริฉัตร สุนทรวีภาต, ไชยวัฒน์ รัตนดาตยา และ อภิชาติ เต็มวิซหารกร. 2551. การเพาะและอนุบาลปลาตะเพียนทราย. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 31/2551. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 37 หน้า.
- พงษ์พันธ์ สุนทรวีภาต, สิริฉัตร สุนทรวีภาต, เมธา คชาภิชาติ และ อภิชาติ เต็มวิซหารกร. 2553. การเพาะและอนุบาลปลาจาดน้ำตก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2553. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 35 หน้า.
- ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัลย์วุฒิ, วีระ วัชรกรโยธิน และ นวลมณี พงศ์ธนา. 2539. หลักการเพาะเลี้ยงปลา. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 30/2539. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 124 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- สถานนโยบายวิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. 2560. ยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ๒๐ ปี (พ.ศ. 2560 - 2579). สำนักพิมพ์โคคูณ แอนด์ โค จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 133 หน้า.
- สมโภชน์ อัคระทวีวัฒน์. 2547. ปลาน้ำจืดไทย เล่ม 1. องค์การค้าคุรุสภา กรุงเทพมหานคร. 246 หน้า.
- สันติ พ่วงเจริญ และ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2549. ฤดูกาลและแหล่งวางไข่ของปลาสร้อยขาว *Henicorhynchus siamensis* de Beaufort, 1927) ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 : สาขาประมง วันที่ 30 ม.ค.- 2 ก.พ. 2549. หน้า 21-28.
- สุภาพ แก้วละเอียด. 2546. การอนุบาลลูกปลาแก้มซ้าในความหนาแน่นต่างกัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 11 หน้า.
- อภิชาติ เต็มวิซหารกร. 2546. ลูกปลาวัยอ่อน. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรประมงน้ำจืด, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 130 หน้า.
- อรรณพ อิมศิริป, วิทยา ดินนังวัฒนะ และ มาลัย อิมศิริป. 2545. การเพาะพันธุ์ปลาจาด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2545. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 31 หน้า.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. การเพาะขยายพันธุ์ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 239 หน้า.
- Allen, K. O. 1974. Effects of stocking and water exchange rate on growth and survival of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in circular tanks. *Aquaculture* 4: 29-39.
- Leatherland, J. F. and C. Y. Cho. 1985. Effect of rearing density on thyroid and interregal
- Refstie, T. 1977. Effect of density on growth and survival of rainbow trout. *Aquaculture* 11: 329-334.
- Shirota, A. 1970. Studies on mouth size of fish larvae. *Bull. Job. Soc. Sci. Fish.* 36(4): 353-368.
- Trzebiatowski, R., J. Filipiak and R. Jakubowski. 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 22: 289-295.

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน

ในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์

นางอรุณา จันตอง^{1*}, นางปริญดา รัตนแดง², นายวัฒนา รื้อทอง³

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตร*,

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดสุโขทัย, ³สำนักงานประมงจังหวัดร้อยเอ็ด

รหัสทะเบียนวิจัย 61-1-0309-610

บทคัดย่อ

การศึกษา ชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง โดยทำการเก็บตัวอย่าง รวม 4 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2560 มีนาคม มิถุนายน และกันยายน 2561 จำนวน 6 จุดสำรวจ ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืช 3 ดิวิชัน 28 สกุล ได้แก่ Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) จำนวน 7 สกุล Chlorophyta จำนวน 12 สกุล และ Chromophyta จำนวน 9 สกุล มีความชุกชุมเฉลี่ย 330 หน่วยต่อลิตร ซึ่งพบว่า ดิวิชัน Chlorophyta มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด และแพลงก์ตอนสัตว์ ประกอบด้วย 3 ไฟลัม คือ ไฟลัม Rotifera จำนวน 10 สกุล ไฟลัม Arthropoda จำนวน 8 สกุล และไฟลัม Sarcomastigophora จำนวน 1 สกุล รวมจำนวน 19 สกุล ความชุกชุมเฉลี่ย 484 ตัวต่อลิตร ซึ่งพบว่า ไฟลัม Arthropoda มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด ส่วนสัตว์หน้าดินประกอบด้วย 3 ไฟลัม คือ ไฟลัม Arthropoda จำนวน 9 สกุล ไฟลัม Mollusca จำนวน 5 ชนิด และ ไฟลัม Annelida จำนวน 1 ชนิด รวมจำนวน 15 สกุล ปริมาณความชุกชุมเฉลี่ย 2,726 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งพบว่า ไฟลัม Arthropoda มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด ดังนั้นอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง มีดิวิชัน Chlorophyta และไฟลัม Arthropoda เป็นโครงสร้างหลัก มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดินเฉลี่ย เท่ากับ 1.70, 1.30 และ 1.54 ตามลำดับ แสดงว่าอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งมีสภาพน้ำอยู่ในระดับได้รับมลพิษปานกลาง และการแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดินมีการกระจายค่อนข้างดี

คำสำคัญ : ชนิด ปริมาณ การแพร่กระจาย แพลงก์ตอน ห้วยเล้ง

ผู้รับผิดชอบ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพิจิตร อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000

คำนำ

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ เริ่มการก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2555 มีพื้นที่ 906 ไร่ ตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการห้วยเล้ง รายงานว่าเกิดผลผลิตทางการประมง 5,320 กิโลกรัมต่อปี ปัจจุบันพบว่ามีการลักลอบจับสัตว์น้ำแบบผิดกฎหมาย เช่น การใช้เครื่องมือข่ายที่ช่องตาขนาดเล็ก การใช้กระแสไฟฟ้าจับปลาและสัตว์น้ำ การจับสัตว์น้ำในช่วงฤดูปลาวางไข่ รวมทั้งการเข้ามาจับสัตว์น้ำในเขตห้ามทำการประมงทุกประเภทตลอดปี ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อกรรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งวางไข่และเลี้ยงตัวอ่อนของสัตว์น้ำ

เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับชาวประมง และผู้ร่วมใช้ประโยชน์โดยรอบพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ควรเร่งดำเนินการ การจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างถูกต้อง และยั่งยืน ซึ่งจะยังประโยชน์ด้านอาชีพประมงในอนาคต อีกทั้งเพิ่มแหล่งอาหารโปรตีนให้แก่ราษฎรบริเวณโดยรอบ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเสนอแนะรูปแบบในการฟื้นฟูและการบริหารจัดการทรัพยากรประมงในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด และยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช
2. เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์
3. เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน
4. เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน

วิธีดำเนินการ

1. การกำหนดจุดสำรวจ

1.1 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่แหล่งน้ำ ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) กำหนดพื้นที่ศึกษาโดยการวาดตารางครอบคลุมพื้นที่ตามระบบภูมิศาสตร์ (Geographic System) จากแผนที่ดิจิทัลในโปรแกรม Google Earth Map (version 6.0.3) กำหนดช่วงตารางช่องละ 12.96 ฟิลิปดา คิดเป็นพื้นที่ช่องตารางละ 2.25 ตารางกิโลเมตร ดัดแปลงวิธีการตามประมาณ(2541) แล้วจึงกำหนดจุดสำรวจตามช่องตารางให้กระจายครอบคลุมพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยเล้งทั้งหมด ดังนี้ การกำหนดเก็บตัวอย่าง จำนวน 6 จุด ได้แก่ บริเวณอ่างเก็บน้ำตอนต้น จำนวน 1 จุด, บริเวณอ่างเก็บน้ำตอนกลาง จำนวน 4 จุด, บริเวณอ่างเก็บน้ำตอนล่าง จำนวน 1 จุด



ภาพที่ 1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.2 การกำหนดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมฤดูกาลในรอบปี โดยกำหนดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างครอบคลุมฤดูกาลเพื่อเป็นตัวแทนของฤดูกาล ดังนี้ เดือนธันวาคม 2560 เป็นตัวแทนช่วงที่มีระดับน้ำน้อย, เดือนมีนาคม 2561 เป็นตัวแทนช่วงที่เริ่มกักเก็บน้ำ เริ่มมีฝนตก, เดือนมิถุนายน 2561 เป็นตัวแทนช่วงน้ำมากมีฝนตกหนาแน่น, เดือนกันยายน 2561 เป็นตัวแทนช่วงที่มีระดับน้ำสูง สิ้นสุดฤดูฝน

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 คุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

ศึกษาคุณภาพน้ำโดยการวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับผิวน้ำและระดับผิวน้ำดินโดยใช้กระบอกเก็บน้ำแบบKemmerer และวิเคราะห์ตามวิธีของ APHA, AWWA and WPCF (1980) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีคุณภาพน้ำและวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์
1. ความลึกน้ำ (m)	โดยใช้ลูกตุ้มวัดความลึก
2. อุณหภูมิ (°C)	โดยใช้ Thermometer probe รุ่นSOLOMAT 520
3. ความโปร่งแสง(cm)	โดยใช้ Secchi disc plate
4. ความนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	โดยใช้เครื่อง Conductivity meter รุ่นSOLOMAT 520
5. ออกซิเจนละลายน้ำ(mg/l)	โดยวิธี Azide Modification ของ Winkler Method
6. ความเป็นกรดเป็นด่าง	โดยใช้เครื่อง pH meter รุ่นSOLOMAT 520
7. ความเป็นด่าง (mg/l)	โดยวิธี Titrimetric method
8. ความกระด้าง(mg/l)	โดยวิธี Titrimetric method
9. คาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (mg/l)	โดยวิธี Titrimetric method
10. แอมโมเนียรวม (mg/l)	โดยวิธี Nessler method และวัดค่าด้วยเครื่อง HACH DR/4000
11. ไนโตรเจน (mg/l)	โดยวิธี Diazotization method และวัดค่าด้วยเครื่อง HACH DR/4000
12. ไนเตรต (mg/l)	โดยวิธี Cadmium Reduction method และวัดค่าด้วยเครื่อง HACH DR/4000
13. ออร์โทฟอสเฟต (mg/l)	Ascorbic acid method
14. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)	Digestion method
15. ค่าความสกปรกในรูป อินทรีย์สาร (ปริมาณBOD) (mg/l)	โดยวิธี Azide Modification ของ Winkler Method
16. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ($\mu\text{g}/\text{l}$)	โดยวิธี Spectrophotometric method และวัดค่าด้วยเครื่อง HACH DR/4000

2.2 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมครอนลากในแนวตั้งจากระดับความลึกที่ค่าความโปร่งแสงด้วยสองจนถึงผิวน้ำ (Euphotic Zone) จากนั้นใช้กระบอกเก็บน้ำเก็บน้ำบริเวณผิวน้ำจำนวน 20 ลิตร เทลงในถุงลากแพลงก์ตอน เพื่อกรองหาปริมาณแพลงก์ตอนพืช แต่ละจุดสำรวจเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ นำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชมาเก็บรักษาในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้นร้อยละ 5 นำมาจำแนกชนิดภายในห้องปฏิบัติการตามคู่มือจำแนกของลัดดา (2539), Prescott (1962) และNeedham and Needham (1967)

2.3 การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 100 ไมครอน ลากในแนวตั้งจากระดับลึกสุดถึงระดับผิวน้ำ จากนั้นใช้กระบอกเก็บน้ำ เก็บน้ำบริเวณผิวน้ำจำนวน 20 ลิตร เทลงในถุงลากแพลงก์ตอน เพื่อกรองหาปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ ในแต่ละสถานีสำรวจเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ นำตัวอย่าง แพลงก์ตอนสัตว์เก็บรักษาในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้นร้อยละ 10 จากนั้นนำตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์มาจำแนกชนิดและปริมาณภายในห้องปฏิบัติการ ตามคู่มือจำแนกของลัดดา (2538), ธนาภรณ์และวิชัย (2550), Pennak (1953), Needham and Needham (1967) และ Idries (1983)

2.4 การศึกษาชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดิน

เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินโดยใช้เครื่องมือ Ekman Dredge ขนาด 15x15 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ 225 ตารางเซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินที่บริเวณริมน้ำและกลางน้ำ บริเวณละ 3 ซ้ำ ในแต่ละสถานีสำรวจ นำตัวอย่างดินมาร่อนด้วยตะแกรงขนาดช่องตา 420 ไมครอน และนำตัวอย่างสัตว์หน้าดินเก็บรักษาในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้นร้อยละ 10 จากนั้นนำตัวอย่างสัตว์หน้าดินมาจำแนกชนิดและปริมาณภายในห้องปฏิบัติการตามวิธีของ Needham and Needham (1967) และ Brandt (1974)

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 นำข้อมูลคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีแต่ละสถานีสำรวจ และเดือนสำรวจ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

3.2 นำข้อมูลชนิดและปริมาณ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ดัชนีความหลากหลาย (Richness Index) เป็นค่าที่บ่งชี้ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน ที่พบแต่ละจุดสำรวจ และเดือนสำรวจหากมีค่ามากแสดงว่ามีความหลากหลายทางชนิดมากกว่าพื้นฐานการคำนวณจากจำนวนชนิดที่พบทั้งหมดคำนวณตามวิธีการของ Margalef Index (Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 1994) โดยมีสูตรดังนี้

$$R = (S-1)/\ln(n)$$

ดัชนีความเท่าเทียม (Evenness Index) เป็นค่าที่บ่งบอกการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน แต่ละชนิดของแต่ละสถานีสำรวจ และเดือนสำรวจถ้ามีค่าสูงแสดงว่าสถานีสำรวจและเดือนสำรวจนั้นๆ ประกอบด้วยพรรณไม้น้ำ แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน มีจำนวนใกล้เคียงและมีการกระจายตัวที่เหมือนกัน ใช้การคำนวณตามวิธีการของ Pielou's Index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 1994) โดยมีสูตรดังนี้

$$E = H/\ln S \text{ หรือ } H/H_{\max} (H_{\max} = \ln S)$$

ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (Diversity Index) เป็นค่าดัชนีความหลากหลายหรือค่าดัชนีความแตกต่างของชนิดพันธุ์ใช้การคำนวณค่าดัชนีตามสูตรของ Shannon-Wiener Diversity Index (Washington, 1984; Ludwig and Reynolds, 1988; Clarke and Warwick, 1994) ซึ่งสูตรดังกล่าวเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทางนิเวศวิทยาและชีววิทยา ค่าดัชนีที่ได้ใช้ประกอบการพิจารณาความหลากหลายของประชาคมสิ่งมีชีวิตและคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำทั้งภายในสถานีสำรวจและโดยภาพรวมของแหล่งน้ำโดยมีสูตร ดังนี้

$$H = -\sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i)$$

ร้อยละความถี่ของการพบ แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน เป็นค่าที่แสดงถึงลักษณะการกระจายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน ในเชิงพื้นที่ ได้แก่ จุดสำรวจ และระยะทางเชิงเวลา ได้แก่ เดือนสำรวจ โดยคำนวณจากการดัดแปลงสูตร (บุญส่งและคณะ, 2541 อ้างตาม สุภาพ, 2551)

$$\text{ร้อยละความถี่ของการพบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พบชนิดนั้นๆ ในแต่ละการสุ่มตัวอย่าง}}{\text{จำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

3.3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิต โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กับชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน กับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งเป็นวิธีการหรือเทคนิคสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไป

ผลการศึกษา

1. คุณภาพน้ำ

โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีลักษณะเป็นเขื่อนดิน มีพื้นที่ 906 ไร่ ความจุอ่างอยู่ที่ระดับเก็บกัก 13 ล้านลูกบาศก์เมตร สร้างขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาอุทกภัยและสนับสนุนน้ำให้กับฝ่ายห้วยเล้ง เพิ่มศักยภาพในการทำกิจกรรมด้านการประมง อ้างจากการประเมิน (Shoreline Development Coefficient, SDC) ตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการห้วยเล้ง (ก.ค., 2552) รายงานว่าเกิดผลผลิตทางการประมง 5,320 กิโลกรัมต่อปี ผลผลิตทางการประมงในลำน้ำห้วยเล้ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แหล่งน้ำมีความอุดมสมบูรณ์น้อย ประชากรสัตว์น้ำไม่ชุกชุมและขนาดของปลาที่พบนั้นจะค่อนข้างเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับลำน้ำอื่นๆ

จากผลการศึกษาดังตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีแนวโน้มแตกต่างกันระหว่างเดือนสำรวจ แสดงว่าฤดูกาลที่ทำการสำรวจแตกต่างกันมีผลให้คุณภาพน้ำมีค่าต่างกัน แต่คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบางประการสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำที่ไม่เกินระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษประเภทอื่นๆ ที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำโดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และระดับความเข้มข้นของคุณภาพน้ำบางประการที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ดังแสดงไว้ใน (ไมตรี, 2530; จารุวรรณ, 2550 และกรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ตารางที่ 2 ดัชนีคุณภาพน้ำเฉลี่ยในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ตามเดือนสำรวจจากการสำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึง เดือนกันยายน 2561

ดัชนีคุณภาพน้ำ	เดือนสำรวจ				เฉลี่ย
	ธันวาคม 2560	มีนาคม 2561	มิถุนายน 2561	กันยายน 2561	
1. อุณหภูมิของน้ำ (°C)	27.9	29.0	28.2	28.8	28.5
2. ความโปร่งแสง (cm)	35.0	20.0	15.0	15.0	21.3
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.0	8.2	8.2	8.2	8.2
4. ออกซิเจนละลาย (mg/l)	3.6	3.8	4.2	4.8	4.1
5. บีโอดี (mg/l)	3.07	5.70	6.90	6.90	5.64
6. ความเป็นด่าง (mg/l)	113.33	113.83	100.00	114.00	110.29
7. ความกระด้าง (mg/l)	104.17	103.33	96.17	102.83	101.63
8. ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.0599	0.0385	0.0332	0.0332	0.0412
9. ฟอสเฟตทั้งหมด (mg/l)	0.1747	0.1746	0.1064	0.1064	0.1405
10. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	0.6698	1.0654	0.3990	0.3990	0.6333
11. ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.0028	0.0025	0.0177	0.0177	0.0102
12. ไนเตรท (mg/l)	0.0100	0.0239	0.0259	0.0259	0.0214
13. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	13.0911	44.1911	23.5267	23.5267	26.0839

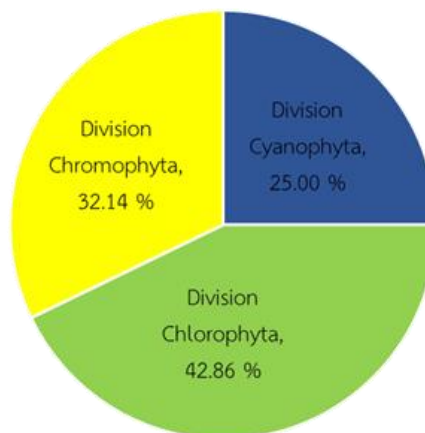
ตารางที่ 3 ดัชนีคุณภาพน้ำเฉลี่ยในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ตามจุดสำรวจจากการสำรวจระหว่าง
เดือนธันวาคม 2560 ถึง เดือนกันยายน 2561

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดสำรวจ						เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
1. อุณหภูมิของน้ำ (°C)	28.2	28.3	28.7	28.5	28.2	28.4	28.4
2. ความโปร่งแสง (cm)	25.0	23.0	22.0	22.0	20.0	15.0	21.2
3. ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.2	8.2
4. ออกซิเจนละลาย (mg/l)	3.8	3.8	4.1	4.1	4.2	4.4	4.1
5. บีโอดี (mg/l)	7.40	5.30	5.05	6.60	5.55	3.95	5.64
6. ความเป็นด่าง (mg/l)	112.00	108.25	107.25	109.50	112.50	112.25	110.29
7. ความกระด้าง (mg/l)	101.25	100.25	101.75	102.25	103.00	101.25	101.63
8. ออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.0282	0.0615	0.0291	0.0294	0.0632	0.0361	0.0412
9. ฟอสเฟตทั้งหมด (mg/l)	0.1314	0.1761	0.1279	0.1283	0.1400	0.1395	0.1405
10. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)	0.3064	0.6147	0.5127	0.9207	0.8885	0.5571	0.6333
11. ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.0046	0.0022	0.0023	0.0021	0.0474	0.0026	0.0102
12. ไนเตรท(mg/l)	0.0238	0.0182	0.0132	0.0133	0.0412	0.0190	0.0214
13. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	35.5717	25.6317	31.8917	29.5175	14.3425	19.5483	26.0839

2. การศึกษาแพลงก์ตอนพืช

2.1 ชนิดของแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชที่พบในอ่างเก็บน้ำห้วยจำแนกได้ 3 ดิวิชัน สกุล 28 สกุล ได้แก่ Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) จำนวน 7 สกุล คิดเป็นร้อยละ 25.00 ของชนิดแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด Chlorophyta จำนวน 12 สกุล คิดเป็นร้อยละ 42.86 ของชนิดแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด ประกอบด้วยกลุ่ม สาหร่ายสีเขียว 7 สกุล คิดเป็นร้อยละ 25.00 ของชนิดแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด และกลุ่มยูกลีนา 5 สกุล คิดเป็นร้อยละ 17.86 ของชนิดแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด Chromophyta จำนวน 9 สกุล คิดเป็นร้อยละ 32.14 ของชนิดแพลงก์ตอนพืชพบทั้งหมด (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจระหว่าง
เดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

2.2 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจพบว่า มีความชุกชุมสูงสุด 642 หน่วยต่อลิตร ที่จุดสำรวจที่ 1 ในเดือนธันวาคม 2560 และพบความชุกชุมต่ำสุด 155 หน่วยต่อลิตร จุดสำรวจที่ 6 ในเดือนมีนาคม 2561 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืช ระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

เดือน	ความหนาแน่น (หน่วย/ลิตร)					
	จุดสำรวจที่ 1	จุดสำรวจที่ 2	จุดสำรวจที่ 3	จุดสำรวจที่ 4	จุดสำรวจที่ 5	จุดสำรวจที่ 6
ธันวาคม 2560	642	575	473	388	327	247
มีนาคม 2561	201	187	175	174	254	155
มิถุนายน 2561	573	540	495	275	267	340
กันยายน 2561	340	220	267	267	267	274

2.3 โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช

ลักษณะโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.82 รองลงมาคือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน คิดเป็นร้อยละ 24.45 สาหร่ายสีทอง คิดเป็นร้อยละ 16.73 (ตารางที่ 5) โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชมีความผันแปรตามช่วงเวลาการสำรวจ ได้แก่ ช่วงเดือนธันวาคม 2560 มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 72.47

ตารางที่ 5 โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช (ร้อยละโดยปริมาตร) ของอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จากการสำรวจ ระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงกันยายน 2561

Division/กลุ่ม	ธันวาคม 2560	มีนาคม 2561	มิถุนายน 2561	กันยายน 2561	เฉลี่ย
Cyanophyceae	72.47	16.93	5.86	2.52	24.45
Chlorophyceae	14.67	57.77	82.25	80.60	58.82
Chromophyta	12.86	25.31	11.89	16.88	16.73

2.4 ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ พบมีค่าสูงสุด 2.41 ที่จุดสำรวจที่ 1 เดือนมิถุนายน 2561 และมีค่าต่ำสุด 0.91 ที่จุดสำรวจที่ 5 เดือนมิถุนายน 2561 (ตารางที่ 5)

ดัชนีความสม่ำเสมอ พบมีค่าสูงสุด 0.97 ที่จุดสำรวจที่ 2 เดือนมีนาคม 2561 และมีค่าต่ำสุด 0.79 ที่จุดสำรวจที่ 5 เดือนกันยายน 2561 (ตารางที่ 6)

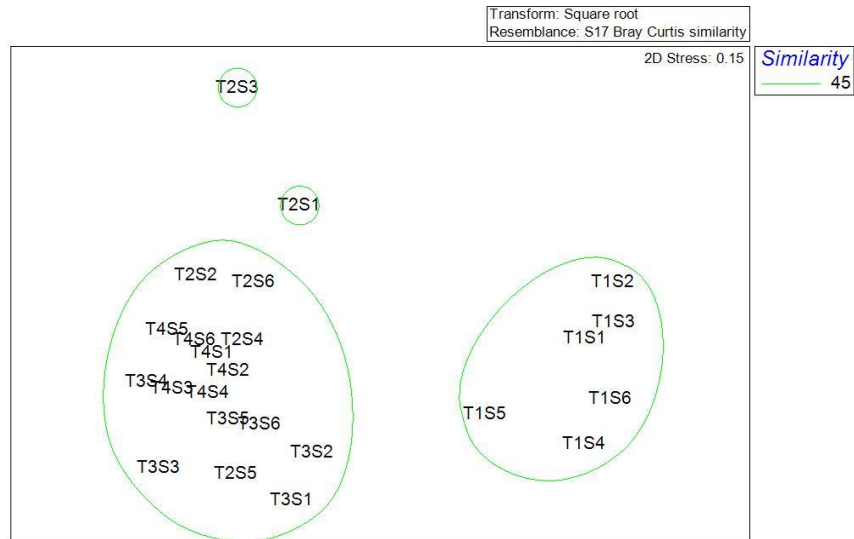
ดัชนีความหลากหลาย พบว่ามีค่าสูงสุด 2.17 ที่จุดสำรวจที่ 1 เดือนมิถุนายน 2561 และมีค่าต่ำสุด 1.28 ที่จุดสำรวจที่ 5 เดือนกันยายน 2561 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ ดัชนีความสม่ำเสมอ และดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช
แต่ละจุดสำรวจและเดือนที่สำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงกันยายน 2561

เดือนสำรวจ	จุดสำรวจ	ดัชนีความอุดมสมบูรณ์	ดัชนีความสม่ำเสมอ	ดัชนีความหลากหลาย
ธันวาคม 2560	1	1.90	0.95	2.08
	2	2.18	0.91	2.10
	3	2.23	0.92	2.11
	4	1.85	0.88	1.83
	5	1.60	0.93	1.82
	6	1.46	0.88	1.57
มกราคม 2561	1	1.94	0.96	2.00
	2	1.45	0.97	1.73
	3	1.48	0.94	1.68
	4	1.23	0.92	1.48
	5	1.64	0.95	1.85
	6	1.79	0.93	1.81
มิถุนายน 2561	1	2.41	0.91	2.17
	2	1.98	0.90	1.98
	3	1.34	0.85	1.52
	4	1.73	0.84	1.63
	5	0.91	0.85	1.18
	6	0.91	0.85	1.18
กันยายน 2561	1	1.90	0.88	1.82
	1	1.40	0.87	1.55
	2	1.20	0.89	1.43
	3	1.45	0.87	1.55
	4	1.18	0.86	1.39
	5	1.22	0.79	1.28
	6	1.19	0.84	1.35

2.5 การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร

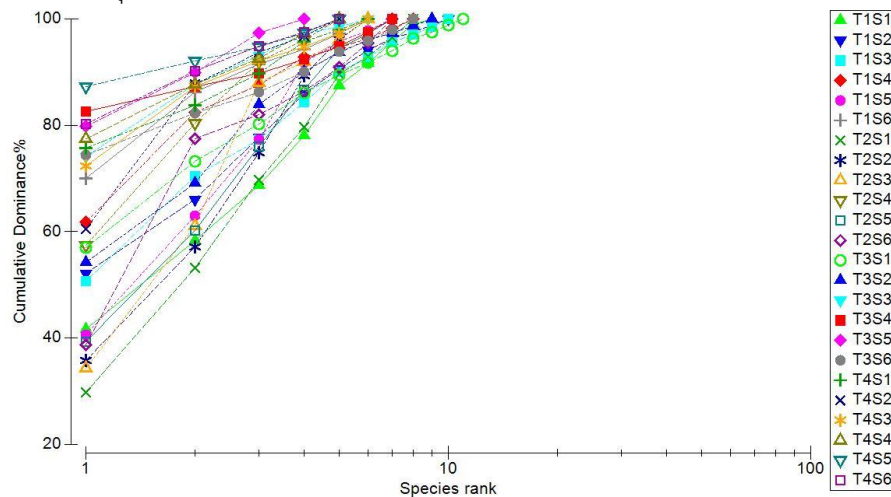
เมื่อนำข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนพืชจาก 6 จุดสำรวจ ทำการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรด้วยการใช้วิธี MDS โดยแปลงข้อมูลด้วยการถดถอยที่ 2 ได้ค่า Stress ที่ 0.15 มีการจัดกลุ่ม (ภาพที่ 3) 4 กลุ่มตัวอย่างชัดเจน โดยกลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนมากที่สุด ในเดือนธันวาคม 2560 กลุ่มที่ 2 มีปริมาณแพลงก์ตอนรองลงมา ในเดือนมกราคม เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน 2561



ภาพที่ 3 ภาพ 2 มิติการจับกลุ่มที่คล้ายคลึงของโครงสร้างแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยเล็ง จากการวิเคราะห์ MDS ของ 6 ตัวอย่าง (T = เดือนสำรวจ, S = จุดสำรวจ)

2.6 การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช

การแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืชตามวิธี Species Abundance Distribution โดยการดูลักษณะเส้นโค้งความสัมพันธ์ร้อยละของปริมาณชนิดแพลงก์ตอนพืชที่พบโดยเรียงลำดับจากหนาแน่นมากไปน้อย ในภาพที่ 4 เส้นโค้งมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติ หรือ Normal Curve แสดงว่าแพลงก์ตอนพืชมีการกระจายค่อนข้างดี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้ง 6 จุดสำรวจ

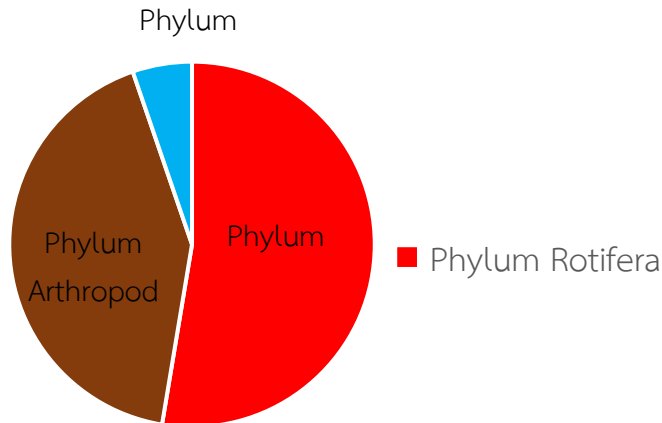


ภาพที่ 4 เปรียบเทียบเส้นโค้งจัดลำดับความชุกชุมแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยเล็ง ค่าเฉลี่ย 6 จุดสำรวจ (T = เดือนสำรวจ, S = จุดสำรวจ)

3. การศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์

3.1 ชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์

แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ถุงแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 100 ไมครอน เก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2560 เดือนมีนาคม มิถุนายน และกันยายน 2561 ในการศึกษาครั้งนี้ทำการนับแพลงก์ตอนสัตว์ จำแนกได้ 3 ไฟลัม คือ ไฟลัม Rotifera จำนวน 10 สกุล ไฟลัม Arthropoda จำนวน 8 สกุล และไฟลัม Sarcomastigophora จำนวน 1 สกุล รวมจำนวน 19 สกุล (ภาพที่ 5)



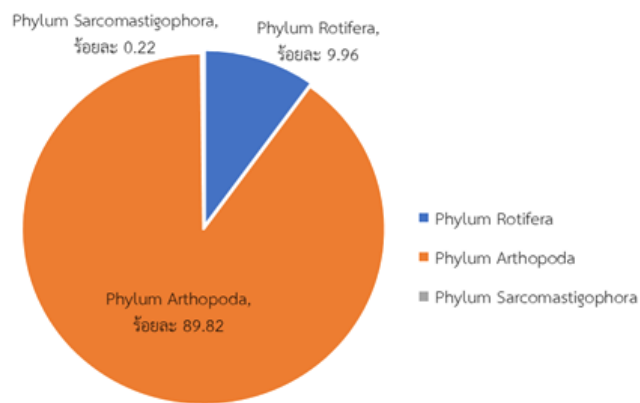
ภาพที่ 5 องค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

3.2 ปริมาณของแพลงก์ตอนสัตว์

ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 6 จุดสำรวจ เก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2560 เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน 2561 พบว่ามีความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ทุกครั้งที่การสำรวจในแต่ละจุดสำรวจ จุดสำรวจที่ 2 เดือนกันยายน 2561 พบความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์สูงสุด 1,360 ตัวต่อลิตร พบความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ต่ำสุด 13 ตัวต่อลิตร ในจุดสำรวจที่ 5 เดือนมีนาคม 2561 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความชุกชุมเฉลี่ยของแพลงก์ตอนสัตว์ ระหว่างเดือนธันวาคม 2560 เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน 2561 แต่ละจุดสำรวจ

เดือน	ความชุกชุม (ตัว/ลิตร)					
	จุดสำรวจที่ 1	จุดสำรวจที่ 2	จุดสำรวจที่ 3	จุดสำรวจที่ 4	จุดสำรวจที่ 5	จุดสำรวจที่ 6
ธันวาคม 2560	321	114	593	260	913	67
มีนาคม 2561	380	707	353	246	13	447
มิถุนายน 2561	247	393	334	380	966	1,140
กันยายน 2561	506	1,360	1,046	220	433	186



ภาพที่ 6 โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืช (ปริมาณ) ของอ่างเก็บน้ำห้วยเล็งจากการสำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

3.3 โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนสัตว์

ลักษณะโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำห้วยเล็ง ประกอบด้วย Phylum Arthropoda มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.82 ซึ่งเป็นโครงสร้างหลัก รองลงมาคือ Phylum Rotifera คิดเป็นร้อยละ 9.96 และ Phylum Sarcomastigophora คิดเป็นร้อยละ 0.22 (ภาพที่ 6)

3.4 ดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์

3.4.1 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์มีดัชนี พบมีค่าสูงสุด 2.76 จุดสำรวจที่ 1 ช่วงเดือนธันวาคม 2560 และมีค่าต่ำสุด 0.00 จุดสำรวจที่ 4 ช่วงเดือนมิถุนายน 2561 (ตารางที่ 8)

3.4.2 ดัชนีความสม่ำเสมอ มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอเฉลี่ย 0.99 พบมีค่าสูงสุด 0.99 ที่จุดสำรวจที่ 6 ในเดือนธันวาคม 2560 และมีค่าต่ำสุด 0.00 ที่จุดสำรวจที่ 5 ช่วงเดือนมีนาคม 2561 (ตารางที่ 8)

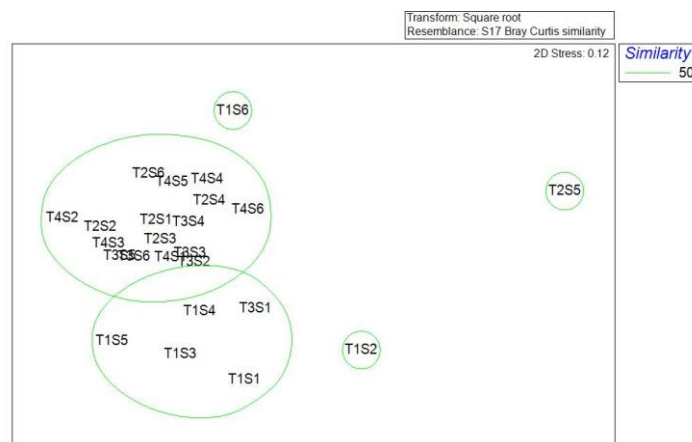
3.4.3 ดัชนีความหลากหลาย พบมีค่าสูงสุด 2.34 ที่จุดสำรวจที่ 1 ในเดือนธันวาคม 2560 และมีค่าต่ำสุด 0.00 ที่จุดสำรวจที่ 5 ในเดือนมีนาคม 2561 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ ดัชนีความสม่ำเสมอ และดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์
แต่ละจุดสำรวจและเดือนที่สำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

เดือนสำรวจ	จุดสำรวจ	ดัชนีความอุดมสมบูรณ์	ดัชนีความสม่ำเสมอ	ดัชนีความหลากหลาย
ธันวาคม 2560	1	2.76	0.94	2.34
	2	1.55	0.97	1.75
	3	1.70	0.93	1.94
	4	1.13	0.98	1.58
	5	0.98	0.92	1.48
	6	0.41	0.99	0.69
มีนาคม 2561	1	0.26	0.87	0.96
	2	0.97	0.84	0.93
	3	0.89	0.89	1.23
	4	1.60	0.89	0.98
	5	1.91	0.00	0.00
	6	1.43	0.74	1.02
มิถุนายน 2561	1	0.25	0.94	1.51
	2	0.83	0.93	1.30
	3	0.24	0.90	1.25
	4	0.00	0.82	1.31
	5	0.30	0.77	1.07
	6	0.49	0.79	1.10
กันยายน 2561	1	1.28	0.86	1.53
	2	0.25	0.85	1.36
	3	0.42	0.85	1.18
	4	1.16	0.91	1.26
	5	0.85	0.90	1.61
	6	0.62	0.95	1.85

3.5 การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร

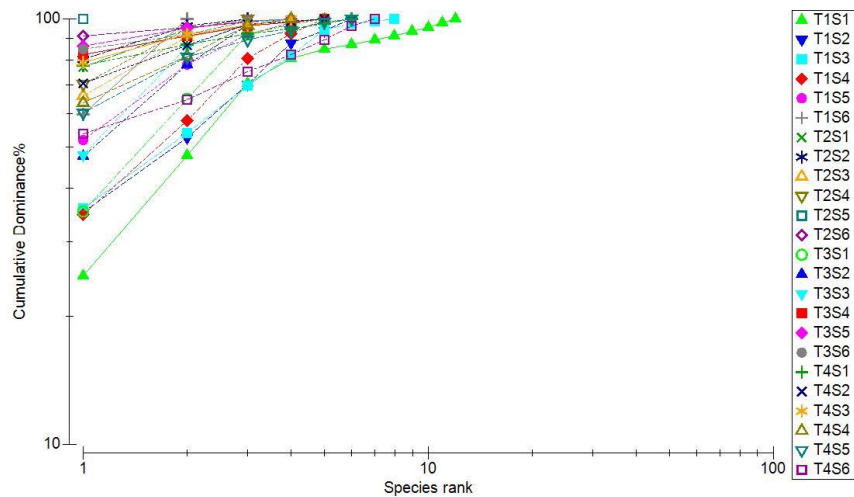
เมื่อนำข้อมูลปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จาก 6 จุดสำรวจ ทำการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรด้วยการใช้วิธี MDS โดยแปลงข้อมูลด้วยการถอกรากที่ 2 ได้ค่า Stress ที่ 0.12 มีการจัดกลุ่ม (ภาพที่ 7) 2 กลุ่มตัวอย่างชัดเจน โดยกลุ่มที่ 1 มีชนิดแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบมากชนิดที่สุด ได้แก่ จุดสำรวจที่ 2, 5 และ 6 กลุ่มที่ 2 มีชนิดแพลงก์ตอนสัตว์น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ได้แก่จุดสำรวจที่ 1, 3 และ 4



ภาพที่ 7 ภาพ 2 มิติการจับกลุ่มที่คล้ายคลึงของโครงสร้างแพลงก์ตอนสัตว์ จากการวิเคราะห์ MDS ของ 6 ตัวอย่าง (T = เดือนสำรวจ และ S = จุดสำรวจ)

3.6 การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์

การแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนสัตว์ตามวิธี Species Abundance Distribution โดยการดูลักษณะเส้นโค้งความสัมพันธ์ร้อยละสะสมของปริมาณชนิดแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบโดยเรียงลำดับจากหนาแน่นมากไปน้อย ในภาพรวมของอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งจากภาพที่ 15 เส้นโค้งมีลักษณะใกล้เคียง โค้งปกติ หรือ Normal Curve แสดงว่า แพลงก์ตอนสัตว์มีการกระจายค่อนข้างดี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้ง 6 จุดสำรวจ จากภาพที่ 13 จุดสำรวจที่ 1 ในเดือนธันวาคม 2560 เส้นโค้งมีจุดเริ่มต้นต่ำสุด และมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติที่สุด แสดงว่าในจุดสำรวจที่ 1 ในเดือนธันวาคม 2560 มีการแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนสัตว์ดีที่สุด

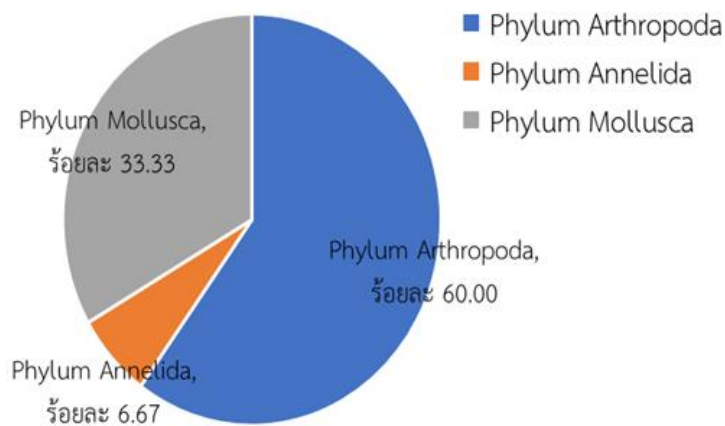


ภาพที่ 8 เปรียบเทียบเส้นโค้งจัดลำดับความชุกชุมแพลงก์ตอนสัตว์ในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ค่าเฉลี่ย 6 จุดสำรวจ

4. การศึกษาสัตว์หน้าดิน

4.1 ชนิดของสัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดินที่พบในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการศึกษาสัตว์หน้าดินครั้งนี้ จำแนกได้ 3 ไฟลัม คือ ไฟลัม Arthropoda จำนวน 9 สกุล ไฟลัม Mollusca จำนวน 5 ชนิด และ ไฟลัม Annelida จำนวน 1 ชนิด รวมจำนวน 15 สกุล (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจระหว่าง เดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

4.2 ปริมาณของสัตว์หน้าดิน

ผลการศึกษาปริมาณสัตว์หน้าดิน พบมีความชุกชุมสูงสุด 2,726 ตัวต่อตารางเมตรจุดสำรวจที่ 1 ในเดือนมีนาคม 2561 และพบความชุกชุมต่ำสุด 281 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อพิจารณาในแต่ละเดือนสำรวจพบว่า จุดสำรวจที่ 4 มีความชุกชุมของสัตว์หน้าดินสูงสุด 1,734 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมา คือ จุดสำรวจที่ 3 และจุดสำรวจที่ 2 มีความชุกชุมของสัตว์หน้าดิน 1,393, 1,348 ตัวต่อตารางเมตร (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความชุกชุมเฉลี่ยของสัตว์หน้าดิน ระหว่างเดือนธันวาคม 2560 เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน 2561 แต่ละจุดสำรวจ

เดือน	ความชุกชุม (ตัวต่อตารางเมตร)					
	จุดสำรวจที่ 1	จุดสำรวจที่ 2	จุดสำรวจที่ 3	จุดสำรวจที่ 4	จุดสำรวจที่ 5	จุดสำรวจที่ 6
ธันวาคม 2560	965	1,348	1,393	1,734	281	534
มีนาคม 2561	2,726	1,704	2,134	1,378	1,333	223
มิถุนายน 2561	652	681	1,762	1,319	1,644	430
กันยายน 2561	2,104	1,896	1126	919	1,304	460

ตารางที่ 10 โครงสร้างประชาคมสัตว์หน้าดิน (ร้อยละโดยปริมาตร) ของอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จากการสำรวจระหว่างเดือน ธันวาคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2561

Phylum/กลุ่ม	ธันวาคม 2560	มีนาคม 2561	มิถุนายน 2561	กันยายน 2561	เฉลี่ย
Arthropoda	98.80	92.16	97.71	94.47	95.79
Mollusca	1.20	7.84	2.06	5.53	4.16
Annelida	0.00	0.00	0.23	0.00	0.06

4.3 โครงสร้างประชาคมสัตว์หน้าดิน

ลักษณะโครงสร้างประชาคมสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ประกอบด้วย Phylum Arthropoda มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.79 ซึ่งเป็นโครงสร้างหลัก รองลงมาคือ Phylum Mollusca คิดเป็นร้อยละ 4.16 และ Phylum Annelida คิดเป็นร้อยละ 0.06 (ตารางที่ 10)

4.4 ดัชนีความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน

4.4.1 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ พบมีค่าสูงสุด 1.70 ที่จุดสำรวจที่ 2 ในเดือนกันยายน 2561 และมีค่าต่ำสุด 0.55 ที่จุดสำรวจที่ 1 ช่วงเดือนมิถุนายน 2561 (ตารางที่ 11)

4.4.2 ดัชนีความสม่ำเสมอ พบมีค่าสูงสุด 0.98 ที่จุดสำรวจที่ 4 เดือนธันวาคม 2560 และจุดสำรวจที่ 3 เดือนมิถุนายน 2561 และมีค่าต่ำสุด 0.84 ที่จุดสำรวจที่ 1 ในเดือนมิถุนายน 2561 (ตารางที่ 11)

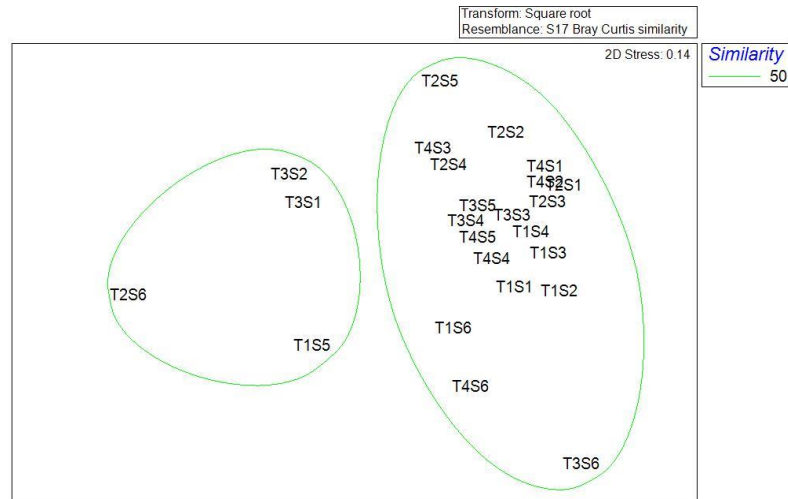
4.4.3 ดัชนีความหลากหลาย พบมีค่าสูงสุด 1.99 ที่จุดสำรวจที่ 2 เดือนกันยายน 2561 และมีค่าต่ำสุด 0.93 ที่จุดสำรวจที่ 1 ในเดือนมิถุนายน 2561 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ ดัชนีความสม่ำเสมอ และดัชนีความหลากหลายของสัตว์หน้าดิน
แต่ละจุดสำรวจและเดือนที่สำรวจระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงกันยายน 2561

เดือนสำรวจ	จุดสำรวจ	ดัชนีความอุดมสมบูรณ์	ดัชนีความสม่ำเสมอ	ดัชนีความหลากหลาย
ธันวาคม 2560	1	1.39	0.95	1.84
	2	1.35	0.92	1.80
	3	1.13	0.95	1.70
	4	0.89	0.98	1.58
	5	0.87	0.94	1.31
	6	1.27	0.94	1.69
มีนาคม 2561	1	1.25	0.91	1.77
	2	1.33	0.88	1.72
	3	1.28	0.92	1.79
	4	0.93	0.90	1.45
	5	0.92	0.97	1.56
	6	1.16	0.96	1.54
มิถุนายน 2561	1	0.55	0.84	0.93
	2	0.80	0.85	1.18
	3	0.68	0.98	1.36
	4	0.94	0.90	1.45
	5	0.70	0.93	1.30
	6	0.83	0.92	1.27
กันยายน 2561	1	1.52	0.86	1.79
	2	1.70	0.91	1.99
	3	0.73	0.90	1.25
	4	0.96	0.96	1.54
	5	0.93	0.94	1.51
	6	1.28	0.96	1.73

4.5 การวิเคราะห์แบบหลายตัวแปร

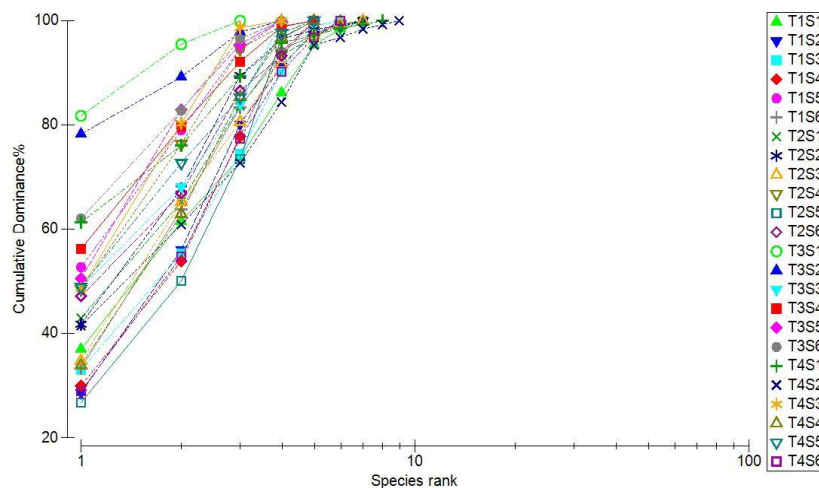
เมื่อนำข้อมูลปริมาณสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จำนวน 6 จุดสำรวจ จากการสำรวจมาทำการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรด้วยการใช้วิธี MDS โดยแปลงข้อมูลด้วยการถอตรงที่ 2 ได้ค่า Stress ที่ 0.14 มีการจัดกลุ่ม (ภาพที่ 10) 2 กลุ่มตัวอย่างชัดเจน โดยกลุ่มที่ 1 มีชนิดสัตว์หน้าดินที่พบมากชนิดที่สุด ได้แก่ เดือนกันยายน 2561 และกลุ่มที่ 2 มีชนิดแพลงก์ตอนสัตว์น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ได้แก่ เดือนธันวาคม 2560 เดือน มีนาคม และเดือนมิถุนายน 2561



ภาพที่ 10 ภาพ 2 มิติการจับกลุ่มที่คล้ายคลึงของโครงสร้างสัตว์หน้าดิน จากการวิเคราะห์ MDS ของ 6 ตัวอย่าง (T = เดือนสำรวจ และ S= จุดสำรวจ)

4.6 การแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน

การแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมสัตว์หน้าดินตามวิธี species abundance distribution โดยการดูลักษณะเส้นโค้งความสัมพันธ์ร้อยละสะสมของปริมาณชนิดสัตว์หน้าดินที่พบโดยเรียงลำดับจากหนาแน่นมากไปน้อย ในภาพรวมของอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งจากภาพที่ 11 เส้นโค้งมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติ หรือ normal curve แสดงว่าสัตว์หน้าดินมีการกระจายค่อนข้างดี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้ง 6 จุดสำรวจ จากภาพที่ 18 จุดสำรวจที่ 5 ในเดือนมีนาคม 2561 เส้นโค้งมีจุดเริ่มต้นต่ำสุด และมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติที่สุด แสดงว่าในจุดสำรวจที่ 5 ในเดือนมีนาคม 2561 มีการแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมสัตว์หน้าดินดีที่สุด



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบเส้นโค้งจัดลำดับความชุกชุมสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง ค่าเฉลี่ย 6 จุดสำรวจ

สรุปผลการศึกษา

คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจพบว่า อุณหภูมิน้ำ (Water Temperature) พบว่า ในการสำรวจเดือนธันวาคม 2560 อุณหภูมิน้ำที่ได้มีค่าต่ำกว่าการสำรวจเดือนอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 27.9 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย โดยอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศ, ความโปร่งแสง (Transparency)) มีค่าความโปร่งแสงต่ำมากในการสำรวจเดือนมิถุนายน 2561 และกันยายน 2561 มีค่าเท่ากับ 15.0 เซนติเมตร สอดคล้องกับเป็นช่วงน้ำหลากอาจได้รับอิทธิพลจากตะกอนดิน, ความเป็นกรดเป็นด่าง (Potential of Hydrogen ion ,pH) มีค่าเฉลี่ยตามเดือนสำรวจ และจุดสำรวจเท่ากับ 8.1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำระหว่าง 5.0 - 9.0, ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (Total Phosphate) มีค่าเฉลี่ยตามเดือนสำรวจ และตามจุดสำรวจมีค่าเท่ากับ 0.1405 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว, คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) ในอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งมีความอุดมสมบูรณ์ระดับมากในเดือนสำรวจมีนาคม 2561 มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 44.1911 มิลลิกรัมต่อลิตร ความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางในเดือนสำรวจมิถุนายน และกันยายน 2561 ซึ่งมีค่าคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 23.5267 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีระดับความอุดมสมบูรณ์น้อยในเดือนสำรวจ ธันวาคม 2560 มีค่าเท่ากับ 13.0911 มิลลิกรัมต่อลิตร

อ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยแพลงก์ตอนพืช จำแนกได้ 3 ดิวิชัน สกุล 28 สกุล จาก 3 ดิวิชัน ได้แก่ Cyanophyta (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน) จำนวน 7 สกุล Chlorophyta จำนวน 12 สกุล และ Chromophyta จำนวน 9 สกุล มีความชุกชุมเฉลี่ย 330 หน่วยต่อลิตร ซึ่งพบว่า ดิวิชัน Chlorophyta มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด และแพลงก์ตอนสัตว์ ประกอบด้วยไฟลัม Rotifera จำนวน 10 สกุล ไฟลัม Arthropoda จำนวน 8 สกุล และไฟลัม Sarcomastigophora จำนวน 1 สกุล รวมจำนวน 19 สกุลความชุกชุมเฉลี่ย 484 ตัวต่อลิตร ซึ่งพบว่า ไฟลัม Arthropoda มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด ส่วนสัตว์หน้าดินประกอบด้วย 3 ไฟลัม คือ ไฟลัม Arthropoda จำนวน 9 สกุล ไฟลัม Mollusca จำนวน 5 ชนิด และ ไฟลัม Annelida จำนวน 1 ชนิด รวมจำนวน 15 สกุล ปริมาณความชุกชุมเฉลี่ย 2,726 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งพบว่า ไฟลัม Arthropoda มีความชุกชุมเฉลี่ยสูงสุด ดังนั้นอ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง มี ดิวิชัน Chlorophyta และ ไฟลัม Arthropoda เป็นโครงสร้างหลัก

อ่างเก็บน้ำห้วยเล้ง มีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดินเฉลี่ย เท่ากับ 1.70, 1.30 และ 1.54 ตามลำดับ แสดงว่าอ่างเก็บน้ำห้วยเล้งมีสภาพน้ำอยู่ในระดับได้รับมลพิษปานกลาง การแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน มีการกระจายค่อนข้างดี ที่จุดสำรวจ 1, จุดสำรวจที่ 6 และจุดสำรวจที่ 5

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำมีแนวโน้มแตกต่างกันระหว่างเดือนสำรวจ แสดงว่าฤดูกาลที่ทำการสำรวจแตกต่างกันมีผลให้คุณภาพน้ำมีค่าต่างกัน แต่ไม่เกินระดับความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษประเภทอื่นๆ ที่ยินยอมให้มีอยู่ในน้ำโดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ และระดับความเข้มข้นของคุณภาพน้ำบางประการที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ส่งผลให้การแพร่กระจายความหนาแน่นของประชาคมแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์หน้าดิน มีการกระจายค่อนข้างดี

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ได้รับอิทธิพลจากการการชะล้างของตะกอนในรูปของสารแขวนลอยที่แพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายสีเขียวสามารถใช้ในการเจริญเติบโต โดยตะกอนที่เกิดอาจมาจากการชะล้างของธาตุอาหารต่างๆ ของสารเคมีจากการเกษตรกรรม ควรได้รับการ

ควบคุมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการปล่อยของเสียจากการเกษตรกรรม หากเลยให้มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำโดยไม่มีการควบคุมอาจส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำและทรัพยากรสัตว์น้ำได้

เอกสารอ้างอิง

- ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์, อภิชาติ สองเมืองสุข, วิษมัย โสมจันทร์ และสุญานี ชัยชนะกลีกรรม. 2551. ประชาคมแพลงก์ตอนสัตว์ในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 41 หน้า.
- ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์, อรินทร์ จรกรรม และวิษมัย โสมจันทร์. 2551. ประชาคมแพลงก์ตอนพืชในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 57/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 31 หน้า.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). แพลงก์ตอนสัตว์. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2543). แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2548. สาหร่ายน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย Freshwater Algae in Northern Thailand).
- โครงการพัฒนางานรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย. [15 กุมภาพันธ์ 2564].
- Whitton, B. A. 1975. River Ecology. Blackwell scientific publication, London. p 375-402.

การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอเมซอน “อะเฟลม”

อุไรวรรณ ชำนาญเวช

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

รหัสทะเบียนวิจัย 63-3-0302-63043

บทคัดย่อ

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอเมซอน “อะเฟลม” ในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด ได้แก่ ไซโตไคนิน BA และออกซิน NAA ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นอ่อนในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า อาหารที่มี BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรเพียงอย่างเดียว ให้สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนเฉลี่ย 3.30 ± 2.18 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ การทดลองที่ 2 ศึกษาจำนวนครั้งของการให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝดที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณพรรณไม้น้ำอเมซอน “อะเฟลม” โดยนำต้นอ่อนปลอดเชื้อไปเลี้ยงในระบบอาหารแข็ง และระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด ที่ให้อาหาร 2, 4, 6 และ 8 ครั้งต่อวัน พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวแบบขวดแฝด ที่ให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวัน มีจำนวนต้นอ่อนสูงที่สุดคือ 2.43 ± 1.96 และ 2.61 ± 1.59 ต้น ตามลำดับ

คำสำคัญ : อเมซอน “อะเฟลม”, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, สารควบคุมการเจริญเติบโต, ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว

ผู้รับผิดชอบ : 50 เกษตรกลางจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Using a Temporary Immersion Bioreactor System for Aquatic Plant Tissue Culture of
Amazon Sword Plant *Echinodorus* sp. “Aflame”

Uraiwan Chamnanwech

Technology and Innovation Research and Development Group,

Inland Aquaculture Research and Development Division

Research ID : 63-3-0302-63043

Abstract

This study on the micropropagation of Amazon Sword Plant *Echinodorus* sp. “Aflame” in Temporary Immersion Bioreactor (TIB), was divided into two experiments. Experiment 1 studied on the types and concentration of plant growth regulators such as cytokinins (BA) and auxins (NAA) which may affect the multiplication rate of plantlets *in vitro*. Results indicated that medium containing 1.0 mg/L BA without NAA gave a highest number of plants/explants was 3.30 ± 2.18 plantlets. Meanwhile, Experiment 2 studied on the frequency of feeding of temporary immersion bioreactor system in comparison with solid media (2 times/day, 4 times/day, 6 times/day and 8 times/day, respectively) on Amazon Sword Plant *Echinodorus* sp. “Aflame” multiplication. It was found that plantlets fed 6 times/day and 8 times/day gave a highest number of plants/explants were 2.43 ± 1.96 and 2.61 ± 1.59 plantlets, respectively.

Key words : Amazon Sword Plant *Echinodorus* sp. “Aflame”; tissue culture; Temporary Immersion Bioreactor, plant growth regulators

Corresponding author : 50 Kasetsart Klang, Chatuchak, Bangkok 10900

คำนำ

“พรรณไม้น้ำสวยงาม” จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในปัจจุบันเนื่องจากได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก พรรณไม้น้ำที่เป็นที่นิยมส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดในประเทศเขตร้อนของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทวีปแอฟริกา และทวีปอเมริกาใต้ ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพรรณไม้น้ำสวยงามหลายชนิด อีกทั้งลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทยมีความเหมาะสมสำหรับการแพร่ขยายพันธุ์ของพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดในต่างประเทศอีกหลายชนิด (วันเพ็ญ และกาญจนา, 2543)

อเมซอนจัดอยู่ในวงศ์ Alismataceae สกุล *Echinodorus* มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ (Allgayer and Teton, 1987) พบมีมากกว่า 50 ชนิด เป็นพืชมีดอก ใบเลี้ยงเดี่ยว ต้นเป็นเหง้าฝังอยู่ในพื้นน้ำที่เป็นทรายหรือดินปนทราย รากจะงอกลงไปตามพื้นทรายบริเวณริมของสระน้ำตื้นๆ คุณลักษณะที่โดดเด่นของอเมซอนได้แก่ มีใบที่หนา แข็งแรง และมีลักษณะรูปร่างสีสนของใบที่หลากหลาย สวยงาม สามารถเจริญเติบโตในสภาพใต้น้ำแต่จะไม่เกิดดอกเมื่ออยู่ใต้น้ำ อเมซอนสามารถขยายพันธุ์โดยใช้วิธีการตัดต้นอ่อนบนก้านช่อดอกไปปลูกบางชนิดเกิดดอกและต้นอ่อนยากจึงต้องใช้วิธีการตัดแบ่งโรโซมไปเพาะชำ หรือบางชนิดใช้วิธีการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด (วันเพ็ญ และกาญจนา, 2543) สำหรับตลาดพรรณไม้น้ำสวยงามในปัจจุบันมีการขยายตัวมากขึ้น ซึ่งพรรณไม้น้ำสกุลอเมซอนเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามชนิดหนึ่งที่มีสีสนสวยงาม นิยมใช้ประดับตกแต่งในตู้ปลาและจัดสวนน้ำ จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ มูลค่าการส่งออกพรรณไม้น้ำเฉพาะที่ขอใบรับรองปลอดศัตรูพืชเพื่อการส่งออก พบว่า ในปี 2559 มีการส่งออก จำนวน 11,851,886 ต้น คิดเป็นมูลค่า 41.01 ล้านบาท ในปี 2560 มีการส่งออก จำนวน 11,617,700 ต้น คิดเป็นมูลค่า 49.86 ล้านบาท และในปี 2561 มีการส่งออก จำนวน 12,694,980 ต้น คิดเป็นมูลค่า 46.09 ล้านบาท ตลาดนำเข้าพรรณไม้น้ำจากประเทศไทยที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป เป็นต้น

อเมซอน “อะเฟลม” *Echinodorus* sp. “Aflame” ลักษณะต้นเป็นเหง้าฝังอยู่ในพื้นน้ำที่เป็นทรายหรือดินปนทราย ลำต้นตั้งตรง มีความสูงของต้นอยู่ระหว่าง 20-40 เซนติเมตร ก้านใบมีความยาวอยู่ระหว่าง 8-10 เซนติเมตร ใบอ่อนมีสีน้ำตาลเข้ม สีม่วงแดงจนถึงสีแดง ใบแก่มีสีเขียวอมน้ำตาลถึงแดง ขอบใบมีลักษณะเป็นคลื่น แผ่นใบมีลักษณะเป็นรูปไข่ ปลายใบแหลม มีความยาวอยู่ระหว่าง 20-30 เซนติเมตร และมีความกว้างอยู่ระหว่าง 7-10 เซนติเมตร (<https://www.aquaplants.biz/plants/en/echinodorus-aflame.html>) ราคาจำหน่ายอยู่ระหว่าง 8-17 เหรียญสหรัฐต่อต้น (<https://www.aquasabi.com/Echinodorus-Aflame>) สำหรับอเมซอน “อะเฟลม” มีการเกิดดอกและต้นอ่อนได้จำนวนน้อยเมื่อปลูกในแปลงเพาะขยายพันธุ์ จึงทำให้การขยายปริมาณผลผลิตทำได้ช้า ได้ปริมาณน้อย และไม่สม่ำเสมอ

การเพาะขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำแบบพัฒนา เช่น วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำโดยนำชิ้นส่วนของพืชมาชักนำให้เป็นต้นหรืออวัยวะอื่นๆ โดยการนำมาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว และนำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่มีส่วนประกอบที่มีความจำเป็น และส่งเสริมการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืชที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อ โดยจะได้ต้นตรงตามพันธุ์ (นพมณี, 2549) นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ ได้แก่ ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราว (Temporary Immersion Bioreactor; TIB) ซึ่งเป็นระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแบบกึ่งอัตโนมัติที่มีการให้อาหารเหลวในการเพาะเลี้ยงเป็นช่วงเวลาเพื่อไม่ให้ต้นพืชจมอยู่ในอาหารเหลวตลอดเวลา ระบบนี้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น (Etienne and Berthouly, 2002) มีหลักการทำงาน คือ มีภาชนะแยกระหว่างอาหารกับชิ้นส่วนของพืชออกเป็น 2 ภาชนะ

เชื่อมด้วยท่อซิลิโคน โดยการให้อาหารแก่ชิ้นส่วนพืชนั้น ใช้แรงดันอากาศดันอาหารจากภาชนะใส่อาหารไปยัง ภาชนะเลี้ยงต้นพืชเพื่อให้พืชได้รับอาหารเหลวเพียงชั่วคราว เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดจะใช้แรงดันดันอาหาร กลับสู่ภาชนะเก็บอาหารเช่นเดิม ซึ่งสภาพภายในขวดต้องเป็นสภาพที่ปลอดเชื้อ ดังนั้น อากาศที่ผ่านเข้าออกใน ระบบไบโอรีแอคเตอร์จะถูกกรองด้วยแผ่นกรองอากาศ (Alvard *et al.*, 1993) ทำให้พรรณไม้น้ำเจริญเติบโต ได้เร็วกว่า เพิ่มปริมาณต้นพันธุ์ได้มากในระยะเวลาที่น้อยกว่าระบบการเลี้ยงแบบเดิม (Etienne and Berthouly, 2002) ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดการฉ่ำน้ำของต้นพืช และสามารถเปลี่ยนอาหารได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องมีการย้ายขวด นอกจากนี้ ยังสามารถลดค่าแรงงานในการย้ายเนื้อเยื่อรวมถึงลดภาชนะและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลดพื้นที่ห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ถึงร้อยละ 80 (นพมณี และ คณะ, 2549) และสามารถควบคุมคุณภาพพรรณไม้น้ำอเมซอนส่งออกให้ได้มาตรฐาน ดังนั้น การศึกษาขั้นตอนการเพาะเลี้ยง เนื้อเยื่อในระบบ TIB ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตพรรณไม้น้ำอเมซอน “อะเฟลม” จะช่วยลดต้นทุนการผลิต และสามารถควบคุมคุณภาพพรรณไม้น้ำอเมซอนส่งออกให้ได้มาตรฐาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินและออกซินที่มีต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อน ของชิ้นเนื้อเยื่อ อเมซอน “อะเฟลม” ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งในสภาพปลอดเชื้อ
2. เพื่อทราบความถี่ในการให้อาหารของระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวที่มีต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อน ของชิ้นเนื้อเยื่ออเมซอน “อะเฟลม”

วิธีดำเนินการ

1. การทดลองที่ 1 การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA) ร่วมกับออกซิน (NAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน “อะเฟลม”

1.1 การวางแผนการทดลอง

นำชิ้นส่วนต้นอ่อนปลอดเชื้ออเมซอน “อะเฟลม” มาศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อ การชักนำให้เกิดต้นอ่อนในสภาพปลอดเชื้อ โดยวางแผนการทดลองแบบ 5×4 factorial experiment in completely randomized design (ตารางที่ 1) ศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการชัก นำให้เกิดต้นอ่อนของอเมซอน “อะเฟลม” ในสภาพปลอดเชื้อ จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ สารควบคุม การเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มไซโตไคนิน คือ BA ระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และปัจจัย B คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มออกซิน คือ NAA ระดับ ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0.0, 0.5, 1.0, และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมทั้งหมด 20 ชุดการทดลอง (Treatment combination) (ตารางที่ 1) แต่ละชุดการทดลองมี 20 ซ้ำ (Replication) (20 ขวด) ตามแผนผัง การทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 1 แผนการทดลองชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA) ร่วมกับ ออกซิน (NAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน “อะเฟลม”

ปัจจัย A (BA, มิลลิกรัมต่อลิตร)	ปัจจัย B (NAA, มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	0.0	0.5	1.0	2.0
0.0	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂	a ₁ b ₃	a ₁ b ₄
0.5	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃	a ₂ b ₄
1.0	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃	a ₃ b ₄
2.0	a ₄ b ₁	a ₄ b ₂	a ₄ b ₃	a ₄ b ₄
4.0	a ₅ b ₁	a ₅ b ₂	a ₅ b ₃	a ₅ b ₄

1.2 วิธีดำเนินการ

1.2.1 เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอน “อะเฟลม” โดยการพอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนยอดตามวิธีการของวรณดาและคณะ (2552) ซึ่งใช้วิธีการพอกฆ่าเชื้อ *E. horemanii* โดยการล้างชิ้นส่วนยอดด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นนำไปพอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ความเข้มข้น 2% นาน 15 นาที แล้วนำไปพอกฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ด้วยสารละลายเมอคิวริกคลอไรด์ (HgCl₂) ความเข้มข้น 1% นาน 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว แช่วและเขย่านาน 5 นาที ล้างซ้ำอีกจนครบ 3 ครั้ง นำชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของอเมซอน “อะเฟลม” เลี้ยงในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige and Skoog (1962) ที่มีน้ำตาลซูโครส 3% (w/v) และวุ้น (agar) 0.7% (w/v) (ตารางที่ 2) หลังจากนั้น นำไปเลี้ยงในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ให้แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เมื่อเนื้อเยื่อเจริญพัฒนาเกิดต้นอ่อนปลอดเชื้อจึงทำการเพิ่มปริมาณต้นอ่อนโดยการ subculture ทุก 4 สัปดาห์ จนกระทั่งได้ต้นอ่อนปลอดเชื้อปริมาณเพียงพอสำหรับการทดลอง

1.2.2 นำชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของอเมซอน “อะเฟลม” จากต้นอ่อนปลอดเชื้อจากข้อ 1 ไปทดลองเลี้ยงในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่มีน้ำตาลซูโครส 3% (w/v) และวุ้น (agar) 0.7% (w/v) โดยใส่สารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด ตามแผนการทดลองที่วางไว้ ชุดการทดลองละ 20 ขวดๆ ละ 1 ชิ้นเนื้อเยื่อ นำไปเลี้ยงในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง ความเข้มแสง 2,500-3,000 ลักซ์ บันทึกผลการทดลองทุกสัปดาห์ ระยะเวลาการเลี้ยง 4 สัปดาห์ ดังนี้ 1) จำนวนต้นอ่อน มีหน่วยเป็นต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และ 2) จำนวนราก มีหน่วยเป็นรากต่อต้น

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล จำนวนต้นอ่อน และจำนวนราก จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Two-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ปกติให้ทำการแปลงข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์

ตารางที่ 2 อาหารสังเคราะห์สูตร Murashige and Skoog (MS) สำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ
(วันเพ็ญและกาญจนา, 2543)

ชื่อสารเคมีที่ใช้	ปริมาณสารในอาหาร (mg/l)
NH_4NO_3 (แอมโมเนียมไนเตรท)	1,650
KNO_3 (โปตัสเซียมไนเตรท)	1,900.000
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (แคลเซียมคลอไรด์)	440.000
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (แมกนีเซียมซัลเฟต)	370.000
KH_2PO_4 (โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต)	170.000
H_3BO_3 (กรดบอริก)	6.200
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (แมงกานีสซัลเฟต)	22.300
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ซิงค์ซัลเฟต)	8.600
KI (โปตัสเซียมไอโอไดด์)	0.830
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (โซเดียมโมลิบเดต)	0.250
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (คอปเปอร์ซัลเฟต)	0.025
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (โคบอลต์คลอไรด์)	0.025
Na_2EDTA (โซเดียมเอธิลีนไดเอมีนเตตราอะซิเตท)	37.250
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (เฟอร์รัสซัลเฟต)	27.850
Glycine (ไกลซีน)	2.000
Nicotinic acid (กรดนิโคตินิก)	0.500
Pyridoxine-HCL (ไพริดอกซีน)	0.500
Thiamine-HCL (ไทอามีน)	0.100
myo-inositol (อินโนซิทอล)	100.000

2. การทดลองที่ 2 การศึกษาความถี่ในการให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นอเมซอน “อะเฟลม”

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยศึกษาความถี่ในการให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีการให้อาหาร 2, 4, 6 และ 8 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที ทั้งหมด 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 20 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง (ชุดควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงในอาหารเหลวระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีการให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที (ทุก 12 ชั่วโมง)
- ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงในอาหารเหลวระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีการให้อาหารวันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที (ทุก 6 ชั่วโมง)
- ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงในอาหารเหลวระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีการให้อาหารวันละ 6 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที (ทุก 4 ชั่วโมง)
- ชุดการทดลองที่ 5 เลี้ยงในอาหารเหลวระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีการให้อาหารวันละ 8 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที (ทุก 3 ชั่วโมง)

2.2 วิธีดำเนินการ

2.2.1 ทำการขยายพันธุ์ต้นอเมซอน “อะเฟลม” โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์สำหรับการทดลอง

2.2.2 เตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอ่อนอเมซอน “อะเฟลม”

- เตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอ่อนอเมซอน “อะเฟลม” เป็นอาหารกึ่งแข็ง สูตร MS ที่มีปริมาตรอาหาร 200 มิลลิลิตร จำนวน 20 ขวด เลี้ยงขวดละ 10 ชิ้น โดยอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 1 เติมน้ำ 7 กรัมต่อลิตร

- เตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอ่อนอเมซอน “อะเฟลม” เป็นอาหารเหลวสูตร MS ที่มีปริมาตรอาหาร 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 ชุดการทดลอง ๆ ละ 20 ขวด เลี้ยงขวดละ 10 ชิ้น โดยอาหารเหลวสูตร MS เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 1

2.2.3 นำต้นอ่อนปลอดเชื้อของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากการทดลองที่ 1 มาตัดแยกชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอด ขนาด 1 เซนติเมตร ลงเลี้ยงในอาหารอาหารกึ่งแข็งและเหลวสูตร MS ในระบบไบโอรีแอคเตอร์ (ภาพที่ 1)

2.2.4 นำไปเลี้ยงในห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาให้แสงวันละ 12 ชั่วโมง ความเข้มแสง 2,500-3,000 ลักซ์

2.2.5 ตั้งเวลาในเครื่องควบคุมเวลา (Timer) กำหนดความถี่ในการให้อาหาร บันทึกผลการทดลอง ตรวจสอบการเจริญเติบโตและการพัฒนาของเนื้อเยื่อทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ดังนี้ 1) จำนวนต้นอ่อน มีหน่วยเป็นต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และ 2) จำนวนราก มีหน่วยเป็นรากต่อต้น



ภาพที่ 1 ระบบไบโอรีแอคเตอร์สำหรับการเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอ่อนอเมซอน “อะเฟลม”

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ได้แก่ จำนวนต้นอ่อนและจำนวนราก ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปตามวิธีการของกัลยา (2544)

ผลการศึกษา

1. ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ไซโตไคนิน (BA) ร่วมกับออกซิน (NAA) ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน “อะเฟลม”

ผลจากการนำชิ้นเนื้อเยื่อส่วนยอดของต้นอเมซอน “อะเฟลม” มาศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดจำนวนต้นอ่อนและจำนวนราก ในการเพาะเลี้ยงต้นอเมซอน “อะเฟลม” ในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ในสภาพปลอดเชื้อ จำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA ระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และปัจจัย B คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มออกซิน ได้แก่ NAA ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0.0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

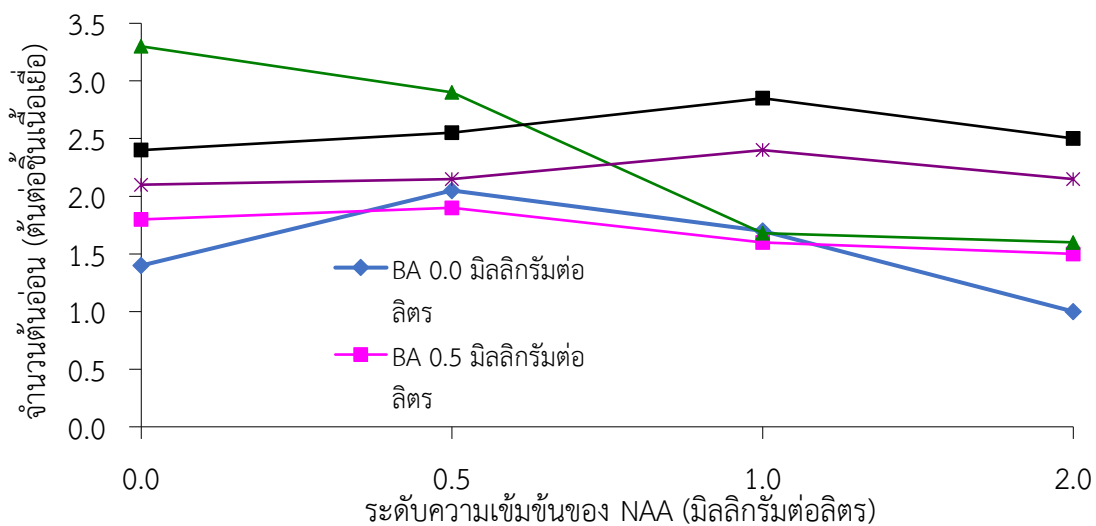
1) จำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีอิทธิพลร่วมกัน (interaction) ระหว่าง 2 ปัจจัยต่อการชักนำให้เกิดจำนวนต้นอ่อนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) BA และ NAA มีอิทธิพลร่วมต่อการชักนำให้เกิดยอดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยประสิทธิภาพการเกิดยอดขึ้นกับระดับความเข้มข้นของ BA ร่วมกับความเข้มข้นของ NAA โดยใช้ BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้จำนวนมากที่สุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 3.30 ± 2.18 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อ มีจำนวนยอดมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3 และภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 จำนวนต้นอ่อนเฉลี่ย (Means $\pm$ SD) ของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่มี BA และ NAA ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

BA (มิลลิกรัมต่อลิตร)	NAA (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	0	0.5	1.0	2.0
0.0	1.40 $\pm$ 0.68 ^{de}	2.05 $\pm$ 0.93 ^{bcde}	1.70 $\pm$ 1.08 ^{bcde}	1.00 $\pm$ 0.73 ^e
0.5	1.80 $\pm$ 2.55 ^{bcde}	1.90 $\pm$ 1.68 ^{bcde}	1.60 $\pm$ 0.82 ^{cde}	1.50 $\pm$ 1.28 ^{de}
1.0	3.30 $\pm$ 2.18 ^a	2.90 $\pm$ 1.94 ^{ab}	1.68 $\pm$ 0.82 ^{bcde}	1.60 $\pm$ 1.14 ^{cde}
2.0	2.40 $\pm$ 3.08 ^{abcd}	2.55 $\pm$ 1.39 ^{abcd}	2.85 $\pm$ 1.60 ^{abc}	2.05 $\pm$ 1.70 ^{bcde}
4.0	2.10 $\pm$ 2.40 ^{abcde}	2.15 $\pm$ 1.57 ^{abcde}	2.40 $\pm$ 1.64 ^{abcd}	2.15 $\pm$ 1.50 ^{abcde}

หมายเหตุ: a...e ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 อิทธิพลของ BA และ NAA ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดต้นอ่อนของต้นอเมซอน “อะเฟลม” เมื่อเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

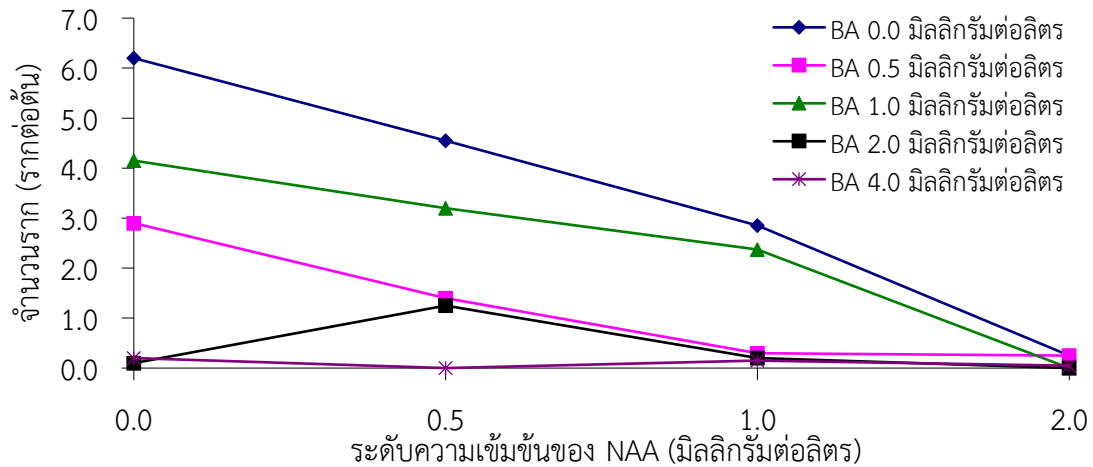
2) จำนวนรากเฉลี่ย

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีอิทธิพลร่วมกัน (interaction) ระหว่าง 2 ปัจจัยต่อการชักนำให้เกิดจำนวนรากเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) BA และ NAA มีอิทธิพลร่วมต่อการชักนำให้เกิดรากอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยประสิทธิภาพการเกิดรากขึ้นกับระดับความเข้มข้นของ BA ร่วมกับความเข้มข้นของ NAA โดยการไม่เติม BA ร่วมกับ NAA สามารถชักนำให้เกิดรากได้สูงที่สุด และมีจำนวนรากที่เกิดขึ้นแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีจำนวนรากเฉลี่ย 6.20 ± 1.85 รากต่อต้น เมื่อเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ในอาหารสังเคราะห์กึ่งแข็งสูตร MS ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบการเกิดราก นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มปริมาณ NAA มีแนวโน้มให้การเกิดรากลดลง (ตารางที่ 4 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 4 จำนวนรากเฉลี่ย (Means $\pm$ SD) ของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ MS ที่มี BA และ NAA ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

BA (มิลลิกรัมต่อลิตร)	NAA (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	0	0.5	1.0	2.0
0.0	6.20 ± 1.85^a	4.55 ± 1.57^b	2.85 ± 2.25^c	0.25 ± 0.64^{ef}
0.5	2.90 ± 2.33^c	1.40 ± 1.84^c	0.30 ± 0.80^{ef}	0.25 ± 0.78^{ef}
1.0	4.15 ± 2.13^b	3.20 ± 2.58^c	2.37 ± 1.34^c	0.00 ± 0.00^f
2.0	0.10 ± 0.30^f	1.25 ± 1.58^{de}	0.20 ± 0.41^f	0.00 ± 0.00^f
4.0	0.20 ± 0.52^f	0.00 ± 0.20^f	0.15 ± 0.15^f	0.05 ± 0.22^f

หมายเหตุ: a...f ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 3 อิทธิพลของ BA และ NAA ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดรากของต้นอะเฟลม “อะเฟลม” เมื่อเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดของต้นอะเฟลม “อะเฟลม” ในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS โดยใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA มีอิทธิพลต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนและจำนวนรากได้มากที่สุดเท่ากับ 3.30 ± 2.18 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และ 4.15 ± 2.13 รากต่อต้น ตามลำดับ โดยต้นอ่อนที่เกิดขึ้นมีลักษณะสมบูรณ์ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ต้นอะเฟลม “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในสภาวะกึ่งแข็งสูตร MS โดยใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

2. ความถี่ในการให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณต้นอเมซอน “อะเฟลม”

จากการทดลองนำเนื้อเยื่อส่วนยอดของต้นอเมซอน “อะเฟลม” มาเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอคเตอร์โดยศึกษาความถี่ในการให้อาหารที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารกึ่งแข็ง (ชุดควบคุม) โดยกำหนดจำนวนครั้งในการให้อาหารที่ 2, 4, 6 และ 8 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 5 นาที เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวัน สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีจำนวนต้นอ่อนเกิดขึ้นเฉลี่ย 2.43 ± 1.96 และ 2.61 ± 1.59 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ตามลำดับ แต่มีจำนวนต้นอ่อนเกิดขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกับระบบระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน 4 ครั้งต่อวัน และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนผลของความถี่ในการให้อาหารที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดรากนั้น พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 2 และ 8 ครั้งต่อวัน สามารถชักนำให้เกิดรากไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) กับความถี่ในการให้อาหาร 6 ครั้งต่อวัน โดยมีจำนวนรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 3.99 ± 1.94 , 3.92 ± 2.24 และ 3.51 ± 2.25 รากต่อต้น ตามลำดับ และพบว่าความถี่ในการให้อาหาร 2 และ 8 ครั้งต่อวัน สามารถชักนำให้มีจำนวนรากเกิดขึ้นเฉลี่ยแตกต่างกับระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 5-9)

ตารางที่ 5 จำนวนต้นอ่อนเฉลี่ยและจำนวนรากเฉลี่ย (Means $\pm$ SD) ของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS และอาหารเหลวสูตร MS ที่ให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ความถี่ในการให้อาหาร	จำนวนต้นอ่อน (ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ)	จำนวนราก (รากต่อต้น)
ชุดควบคุม	1.36 ± 0.79^c	2.48 ± 1.52^c
2 ครั้งต่อวัน	2.04 ± 1.31^b	3.99 ± 1.94^a
4 ครั้งต่อวัน	2.00 ± 1.64^b	3.16 ± 2.21^b
6 ครั้งต่อวัน	2.43 ± 1.96^a	3.51 ± 2.25^{ab}
8 ครั้งต่อวัน	2.61 ± 1.59^a	3.92 ± 2.24^a

หมายเหตุ: a...c ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนยอดของต้นอเมซอน “อะเฟลม” ในอาหารเหลวสูตร MS โดยใช้ BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA เลี้ยงด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนได้มากที่สุดเฉลี่ย 2.43 ± 1.96 และ 2.61 ± 1.59 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ตามลำดับ และมีจำนวนรากเฉลี่ย 3.51 ± 2.25 และ 3.92 ± 2.24 รากต่อต้น ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (ชุดควบคุม) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 6 ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ให้อาหารด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 2 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 7 ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ให้อาหารด้วยระบบ ไบโอรีแอกเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 8 ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ให้อาหารด้วยระบบ ไบโอรีแอกเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 6 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



ภาพที่ 9 ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ที่เจริญพัฒนาขึ้นจากชิ้นส่วนยอดซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ให้อาหารด้วยระบบ ไบโอะรีแอกเตอร์ที่มีความถี่ในการให้อาหาร 8 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการเพิ่มปริมาณยอดและราก โดยนำขึ้นส่วนยอดปลอดเชื้อจุลินทรีย์ของต้นเมซอน “อะเฟลม” มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่ประกอบด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 กลุ่ม คือ กลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA ระดับความเข้มข้นต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มออกซิน คือ NAA ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 กลุ่ม มีอิทธิพลต่อการชักนำให้ขึ้นส่วนยอดเจริญพัฒนาเกิดต้นอ่อนและรากเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ เนื่องจากเนื้อเยื่อหรือชิ้นส่วนพืชส่วนมาก เปลี่ยนแปลงพัฒนาเป็นอวัยวะได้ ถ้าได้รับฮอร์โมน 2 กลุ่ม คือ ออกซินและไซโตไคนินในอัตราส่วนที่เหมาะสม (รังสฤษดิ์, 2540)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ BA ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากที่สุดเฉลี่ย 3.30 ± 2.18 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และมีจำนวนรากเฉลี่ย 4.15 ± 2.13 รากต่อต้น ภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์ เนื่องจากการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน และออกซินในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด มีผลให้ชิ้นส่วนพืชเจริญพัฒนาเกิดยอดจำนวนมาก ผลการทดลองสอดคล้องกับกาญจนา และคณะ (2555) ทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอเมซอนแดง (*Echinodorus osiris* Rataj, 1970) โดยการทดลองเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS พบว่า การใช้ BA เพียงอย่างเดียวในอัตรา 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสมสำหรับการเพิ่มจำนวนต้นอ่อนของอเมซอนแดงในสภาพปลอดเชื้อ โดยสามารถชักนำให้เกิดยอดได้เฉลี่ย 3.31 ± 0.74 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อ มีรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 4.80 ± 1.17 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อ สอดคล้องกับ กาญจนา และณฐกร (2547) ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนุเปียส พบว่า การใช้ BA เพียงอย่างเดียวในระดับความเข้มข้น 8 μM สามารถชักนำให้เกิดยอดสูงสุด โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ย 6.80 ± 0.789 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และเกิดรากเฉลี่ย 2.90 ± 1.370 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ส่วนการศึกษาของ ณฐกร และกาญจนา (2547) ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชบาน้ำ (*Aponogeton madagascariensis*) พบว่า BA ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระดับความเข้มข้นที่สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนของชบาน้ำได้มากที่สุดเฉลี่ย 8.10 ± 0.994 ต้นต่อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ Zhou et al. (2006) ซึ่งเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อติปลิน้ำ (*Potamogeton crispus*) บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IAA ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เนื้อเยื่อสามารถพัฒนาเกิดเป็นต้นอ่อนได้มากที่สุด วันเพ็ญ (2547) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำบอนแดง (*Cryptocoryne blassii*) บนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA และ Kinetin ร่วมกับออกซิน ได้แก่ NAA และ 2, 4-D ระดับความเข้มข้น 0.0 และ 1.0 ไมโครโมลาร์ พบว่า การใช้ BA ระดับความเข้มข้น 4.0 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ NAA ระดับความเข้มข้น 1.0 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้เกิดยอดได้มากที่สุด 5.90 ± 0.867 ยอดต่อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ มีรากเกิดขึ้นเฉลี่ย 2.10 ± 1.370 รากต่อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ ภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์

อย่างไรก็ตามการขยายพันธุ์ด้วยเทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะประสบความสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการขยายให้ได้จำนวนยอดที่มากพอและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถเพิ่มปริมาณต้นอ่อนจำนวนมากได้โดยไม่ต้องเกิดรากปริมาณมาก (รังสฤษดิ์, 2540) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้อาหารสังเคราะห์ที่มีสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินและออกซินในสัดส่วนที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการแบ่งเซลล์ได้ดีขึ้น

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมหัวครวมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากคือ ความถี่ในการให้อาหารที่เหมาะสม จากการ

ทดลองพบว่าความถี่ในการให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวัน ทำให้ต้นอเมซอน “อะเฟลม” สามารถเพิ่มจำนวนต้นอ่อนได้มากที่สุด เนื่องจากต้นอเมซอน “อะเฟลม” เป็นพืชที่ต้องการความชุ่มชื้นในการเจริญเติบโต ซึ่งในชุดควบคุมและชุดการทดลองความถี่ในการให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวันนั้นมีความชุ่มชื้นน้อยเกินไป ทำให้ต้นอเมซอน “อะเฟลม” ได้รับความชุ่มชื้นน้อย และได้รับสารอาหารน้อยจึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตพัฒนาเกิดต้นอ่อนได้น้อย การได้รับปริมาณอาหารเหลวน้อยเกินไป อาจส่งผลให้ต้นมีขนาดเล็กผิดปกติ และใบมีการเหี่ยวแห้งเกิดขึ้นได้ (Shan-Shan *et al.* 2007) และหากถ้าได้รับปริมาณอาหารเหลวในระบบการทดลองมากเกินไป อาจเกิดอาการฉ่ำน้ำของต้นพันธุ์ และทำให้ต้นพันธุ์เสียหายได้ (Shaik *et al.* 2010) โดยระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวสามารถเพิ่มจำนวนต้นได้มากกว่าอาหารแข็ง อาจเป็นเพราะชิ้นส่วนที่อยู่ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวมีการสัมผัสกับอาหารทุกส่วน และพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ทันที (Takayama and Akita, 1994) ในขณะที่ต้นที่เพาะเลี้ยงในระบบอาหารแข็งนั้นชิ้นส่วนจะได้รับอาหารจากรอยตัดบริเวณฐานเท่านั้น และการที่ระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวแบบขวดแฝดที่ให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวันเพิ่มปริมาณต้นอ่อนได้มากกว่าที่ให้อาหาร 2 และ 4 ครั้งต่อวัน แสดงให้เห็นว่าการที่ชิ้นส่วนได้รับอาหารบ่อยครั้งขึ้น ทำให้เพิ่มปริมาณต้นได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ณิชารีย์ และคณะ (2562) ทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออนุเบียสบาร์เทอร์บรอดลีฟ *Anubias barteri* “Broad leaf” พบว่า การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวที่ให้อาหาร 6 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 5 นาที ให้ผลการเจริญเติบโตดีกว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารกึ่งแข็ง โดยสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อน (8.50 ± 0.26 ต้น), จำนวนใบ (4.75 ± 0.25 ใบ) และความสูงต้น (18.14 ± 0.91 มิลลิเมตร) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนต้นอ่อนเป็น 2.48 เท่า ซึ่งมีจำนวนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นพมณี และคณะ (2547) ที่เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Curcuma aismaifolia* ในระบบไบโอรีแอคเตอร์ที่ให้อาหาร 2 และ 6 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 และ 15 นาที พบว่าระบบไบโอรีแอคเตอร์จุ่มชั่วคราวที่ให้อาหาร 6 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 1 นาที ให้จำนวนต้นต่อขวดสูงที่สุด Ahmadian *et al.* (2017) ศึกษาความถี่ในการให้อาหารเนื้อเยื่อ Carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) ในระบบในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวที่ 4, 6 และ 12 ครั้งต่อวัน นานครั้งละ 2 นาที พบว่าการให้อาหาร 6 ครั้งต่อวัน ทำให้เกิดจำนวนต้นอ่อนมากที่สุด พัทธินทร์ (2553) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของอนุเบียสนานาในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวที่มีความถี่ของการให้อาหาร 4 ครั้งต่อวันสามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากที่สุด ส่วนรายงานการทดลองของ Zhao *et al.* (2009) ศึกษาความถี่ในการให้อาหารเนื้อเยื่อ *Rhodiola crenulata* ในระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวที่ 3, 4, 5, 8 และ 24 ครั้งต่อวัน นานครั้งละ 3 นาที พบว่าการให้อาหาร 5 ครั้ง ต่อวัน ทำให้เกิดจำนวนต้นอ่อนมากที่สุด

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอเมซอน “อะเฟลม” เพื่อขยายพันธุ์ให้ได้ในเชิงปริมาณ จำเป็นต้องชักนำให้เกิดต้นอ่อนในปริมาณมากเพื่อเพิ่มจำนวนต้นอ่อนจำนวนมากในห้องปฏิบัติการ ที่เติม BA ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่เติม NAA สามารถชักนำให้เกิดต้นอ่อนได้มากที่สุดเฉลี่ย 3.30 ± 2.18 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และมีจำนวนรากเฉลี่ย 4.15 ± 2.13 รากต่อต้น ภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอเมซอน “อะเฟลม” ด้วยในระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวที่มีความถี่ในการให้อาหาร 6 และ 8 ครั้งต่อวัน ทำให้ต้นอเมซอน “อะเฟลม” สามารถเพิ่มจำนวนต้นอ่อนได้มากที่สุดเฉลี่ย 2.43 ± 1.96 และ 2.61 ± 1.59 ต้นต่อชิ้นเนื้อเยื่อ ตามลำดับ และมีจำนวนรากเฉลี่ย 3.51 ± 2.25 และ 3.92 ± 2.24 รากต่อต้น ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้นอเมซอน “อะเฟลม” ด้วยในระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวควรมีการศึกษาจำนวนต้นเล็กแบบกลุ่มที่เหมาะสมเนื่องจากระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวสามารถเพิ่มการเลี้ยงให้ได้จำนวนต้นต่อภาชนะมากกว่าและมีการทำงานที่ง่ายกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง คือไม่ต้องทำการปักชิ้นส่วนลงอาหารเพาะเลี้ยง และต้นที่เพาะเลี้ยงยังได้รับอาหารอย่างเต็มที่ จึงทำให้ต้นอ่อนที่ทำการเพาะเลี้ยงในระบบไบโอรีแอกเตอร์แบบจุ่มชั่วคราวมีการเจริญได้ดีกว่าต้นที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง นอกจากนั้นยังช่วยลดพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงได้ซึ่งจะส่งผลให้สามารถขยายพันธุ์ได้ในปริมาณมากและลดต้นทุนในการผลิตเพื่อส่งเสริมธุรกิจการผลิตพรรณไม้น้ำ นอกจากนี้ควรศึกษาการปรับสภาพและออกปลูกภายนอกสภาพแวดล้อม เนื่องจากในขวดเลี้ยงเนื้อเยื่อจะมีความชื้นสูงและความเข้มแสงต่ำ ทำให้การสร้างชีวมวลน้อย ปากใบปิดไม่สนิท เมื่อย้ายต้นอ่อนสู่สภาพแวดล้อมภายนอกที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะทำให้ต้นสูญเสียน้ำสูงมาก หรือการที่มีสภาพการให้น้ำตาลสูงและความเข้มแสงต่ำแก่ต้นที่เลี้ยงในขวดอาจทำให้พืชไม่สังเคราะห์แสงหรือสังเคราะห์แสงได้น้อยมาก จึงต้องทำการกระตุ้นให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงเองได้

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2544. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ภาควิชาสถิติ, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 635 หน้า.
- กาญจนรี พงษ์ฉวี และ ณัฐกร ประดิษฐ์สรพร. 2547. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออโนเบียส (*Anubias nana* Engler, 1899). เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 24 หน้า.
- กาญจนรี พงษ์ฉวี, สนธิพันธ์ ผาสุขดี, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรพร และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2555 การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเอมเขอนแดง *Echinodorus osiris* Rataj. รายงานฉบับสมบูรณ์การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2555.
- กาญจนรี พงษ์ฉวี, รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรพร และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2552. การศึกษาความต้องการธาตุอาหารของเอมเขอน *Echinodorus horemanii* Rataj โดยการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ. ใน: รายงานการสัมมนาวิชาการด้านการประมงน้ำจืด ประจำปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง
- ณัฐกร ประดิษฐ์สรพร และ กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2547. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชบาหน้า. เอกสารวิชาการฉบับที่ 33/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง. 25 หน้า.
- ณิชาธิ์ เบียรชาติสกุล, นงนุช เลาหะวิสุทธิ และสมเกียรติ สีสนอง. 2562. การใช้ระบบไบโอรีแอคเตอร์แบบจมชั่วคราวในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออโนเบียสบาร์เทอร์บรอดลีฟ *Anubias barteri* 'Broad leaf'. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37 (1) : 23-31.
- นพมณี โทบุญญานนท์, นรورا ชัยเลิศ และพรศักดิ์ บุญมณี. 2547. การศึกษาระยะเวลาและจำนวนครั้งในการได้รับอาหารของไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝดในการเพิ่มปริมาณต้นจิวปทุมมาลูกผสม CW06. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 36 (56 (พิเศษ). 111-114.
- นพมณี โทบุญญานนท์. 2549. ชว 458 สรีรวิทยาประยุกต์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 133 หน้า.
- พัชรินทร์ สายพัฒนะ. 2553. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออโนเบียส (*Anubias nana* Engler) ในระบบไบโอรีแอคเตอร์จมชั่วคราวแบบขวดแฝด. สาขาวิชาเทคโนโลยีประมง, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 1-92.
- รังษุณี กาวีตะ. 2540. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช : หลักการและเทคนิค. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 219 หน้า.
- วรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย กาญจนรี พงษ์ฉวี และ รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรพร. 2552. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเอมเขอน *Echinodorus horsemannii* Rataj. รายงานประจำปี 2550-2551 สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์. 2547. การขยายพันธุ์บอนแดง (*Cryptocoryne blassii* De wit, 1960) โดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2547. ราชการบริหารส่วนกลาง, กรมประมง. 40 หน้า.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์ และ กาญจนรี พงษ์ฉวี. 2543. พรรณไม้น้ำสวยงาม, กรุงเทพฯ ฯ สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง. 22 หน้า.
- Ahmadian, M., A. Babaei, S. Shokri and S. Hessami. 2017. Micropropagation of Carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) in liquid medium by temporary immersion bioreactor in

- comparison with solid culture. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 15: 309-315.
- Allgayer, R. and J. Teton. 1987. *Aquarium Plants*. London: Worlds Lock Ltd. 157 p.
- Alvard, D., F. Cote and C. Teisson. 1993. Comparison of Methods of Liquid Medium Culture for Banana Micropropagation: Effect of Temporary Immersion of Explants. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 32: 55-60.
- Etienne, H. and M. Berthouly. 2002. Temporary immersion system in plant micropropagation. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 69(3): 215-231.
- <https://www.aquaplants.biz/plants/en/echinodorus-aflame.html>
- <https://www.aquasabi.com/Echinodorus-Aflame>
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- Shaik, S., Y.H. Dewir. N. Singha and A. Nicholasa. 2010. Micropropagation and bioreactor studies of the medicinally important plant *Lessertia (Sutherlandia) frutescens* L. *South African Journal of Botany* 76: 180-186.
- Shan-Shan, H., L. Chun-zhao and K.S. Praveen. 2007. Plant regeneration of an endangered medicinal plant *Hydrastis canadensis* L. *Scientia Horticulturae* 113: 82-86.
- Takayama, S. and M. Akita. 1994. The types of bioreactors used for shoots and embryos. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 39: 147-156.
- Zhao, Y., S. Wel, W. Ying, J.S. Praveen and L. Chun-Zhao. 2009. Improved mass multiplication of *Rhodiola crenulata* shoots using temporary immersion bioreactor with forced ventilation. *Applied Biochemistry Biotechnology* 166: 1480-1490.
- Zhou, C. A., S. Jiang, J. Yin, D. Wang, Z. Fang, C. Sun and C. Qian. 2006. An *in vitro* propagation protocol of two submerged macrophytes for lake revegetation in East China. *Aquatic Botany*. 85: 44-52.

การทนต่อสารเคมีบางประเภทของกุ้งเครย์ฟิช

นายวชิระ กิตติมศักดิ์¹ นางสาวอ้อมเดือน มีजूย²

¹กลุ่มโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กองโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ

²กลุ่มวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพรรณไม้น้ำสวยงาม กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

รหัสทะเบียนวิจัย 63-1-0304-63033-04

บทคัดย่อ

การทดลองสารเคมีบางประเภทที่มีผลต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิช 2 สายพันธุ์ คือ *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* ในกุ้ง 2 ขนาด คือ ความยาว 1 และ 2.5 ซม. โดยเลี้ยงในตู้ทดลองขนาด 4.5 x 9 x 7.5 นิ้ว เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยเลี้ยงในสารเคมี 4 สาร คือ ต่างทับทิม ฟอร์มาลีน ไทลูอิน และไดบิวทิล พทาเลต ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ (3x2x2 factorial in CRD) ได้ผลการทดลอง ดังนี้ อัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. ที่ทดลองเลี้ยงในสารละลาย ต่างทับทิมที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลอง ในแต่ละความเข้มข้น พบว่าเท่ากับ 36.25±40.63, 6.25±14.94 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลองกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. พบว่ามีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 0.00±0.00, 37.78±42.29 และ 18.89±28.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง *P. clarkeii* ความยาว 1 ซม. มีค่ามากกว่ากุ้ง *P. clarkeii* ความยาว 2.5 ซม. กุ้ง *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) 2.) ฟอร์มาลีนที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลอง ในแต่ละความเข้มข้น พบว่าเท่ากับ 46.25±48.34, 44.58±46.78 และ 32.08±36.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้ว พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลองกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. พบว่า มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 0.00±0.00, 87.22±14.39 และ 76.67±21.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. มีค่ามากกว่ากุ้ง *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) 3.) สารละลายไทลูอินที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลอง ในแต่ละความเข้มข้น พบว่าเท่ากับ 39.58±35.06, 15.42±20.17 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่า 120 และ 120 มีค่ามากกว่า 240 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลองกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. พบว่า มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 8.89±9.28, 34.44±38.85 และ 30.00±30.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. มีค่ามากกว่ากุ้ง *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) 4.) สารละลายไดบิวทิล พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลอง ในแต่ละความเข้มข้น พบว่ามีอัตราการรอดเฉลี่ย 39.17±42.36, 36.25±34.58 และ 38.75±37.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของ

กุ้งเครย์ฟิชที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาอัตราการรอดในวันที่ 14 ของการทดลองกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatu* และ *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. พบว่า มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 10.00 ± 15.00 , 75.56 ± 17.04 และ 66.67 ± 21.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. มีค่ามากกว่ากุ้ง *C. quadricarinatu* ความยาว 1 และ 2.5 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ : กุ้งเครย์ฟิช การทนต่อสารเคมี

ผู้รับผิดชอบ : 50 เกษตรกลาง ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

E-mail: kitimasak@yahoo.com

Tolerance to Some Chemicals of Crayfish

Wachira Kitimasak¹ Oamduen Meejui²

¹Royal Fisheries Initiated Projects, Royal Fisheries Initiated Projects and Special Activities Division

²Aquatic Plant and Ornamental Fish Research And Development Group,

Inland Aquaculture Research and Development Division

Research ID : 63-1-0304-63033-04

Abstract

The experiment of some chemical affected the survival rates of two species of crayfish, *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* in two sizes were 1 and 2.5 cm in length. They were raised in a 4.5 x 9 x 7.5-inch container for two weeks, with four chemicals: potassium permanganate, formalin, tyluin and dibutyl phthalate with 3 different concentrations (3x2x2 factorial in CRD). The results showed that survival rates of both crayfish *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* with 1 and 2.5 cm in length which were reared in solutions of 1.) potassium permanganate at concentrations of 2, 4, and 8 mg/litre. Considering the survival rate on day 14 of each concentration was 36.25+43, 6.25+14.94, and 0.00+0.00 percent. Statistically analysis indicated that the average survival rate at concentrations of 2 mg/litre was significantly greater than of 4 and 8 mg/L ($p<0.05$). The survival rate on the 14th day of the experiment, *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* in two sizes with 1 and 2.5 cm in length, were 0.00+0.00, 0.00+0.00, 37.78+42.29, and 18.89+28.48 percent, respectively. The statistically analyzed indicated that the average of survival rate of *P. clarkeii* with 1 cm length was more than *C. clarkeii* with 2.5 cm length and *C. quadricarinatus* with 1 and 2.5 cm length ($p<0.05$). 2.) Formalin at concentrations of 25, 50 and 100 mg/litre. The survival rates were 46.25+48.34, 44.58+46.78 and 32.08+36.89 percent, respectively. Statistically analysis indicated that the average survival rate was no significant difference ($p>0.05$). The survival rate on the 14th day of the experiment, *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* in two sizes with 1 and 2.5 cm in length, were 0.00+0.00, 0.00+0.00, 87.22+14.39 and 76.67+21.21 percent, respectively. The statistical analysis indicated that the average survival rate of shrimp *P. clarkeii* with 1 and 2.5 cm were more than *C. quadricarinatus* with 1 and 2.5 cm in length ($p<0.05$). 3.) Tylin solutions at 60, 120 and 240 mg/litre. In the 14th day of each treatment, the survival rates were 39.58+35.06, 15.42+20.17 and 0.00+0.00 percent, respectively. Statistical analysis showed that the survival rates at 60 mg/litre were greater than 120 and 240 mg/litre ($p<0.05$). The survival rate on the 14th day of the experiment, *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* in two sizes with 1 and 2.5 cm in length, were 0.00+0.00, 8.89+9.28, 34.44+38.85 and 30.00+30.41 percent, respectively. The statistical analysis indicated that the average survival rate of shrimp *P. clarkeii* with 1 and 2.5 cm were more than *C. quadricarinatus* with 1 and 2.5 cm in length ($p<0.05$). 4.) Dibutyl phthalate solutions at concentrations of 5, 10 and 20 mg/litre. The survival rates on the 14th day of each concentration were 39.17+42.36, 36.25+34.58, and 38.75+37.06 percent, respectively. There were no significant difference of survival rates ($p>0.05$). The survival rate on

the 14th day of the experiment, *C. quadricarinatus* and *P. clarkeii* in two sizes with 1 and 2.5 cm in length, were 0.00+0.00, 10.00+15.00, 75.56+17.04 and 66.67+21.79 percent, respectively. The statistical analysis indicated that the average survival rate of shrimp *P. clarkeii* with 1 and 2.5 cm were more than *C. quadricarinatus* with 1 and 2.5 cm in length ($p<0.05$).

Key words : Crayfish, *Cherax quadricarinatus*, *Procambarus clarkii*, Tolerance to certain chemicals

Corresponding author : 50 Kaset Klang Latyao Jatujak Bangkok 10900

E-mail: kitimasak@yahoo.com

คำนำ

กุ้งเครย์ฟิช เป็นสัตว์น้ำต่างถิ่นที่มีการนำเข้ามาเพาะเลี้ยงในประเทศไทย โดยสายพันธุ์ที่มีความนิยมเพาะเลี้ยง คือ *Procambarus clarkii* มีการนำเข้ากุ้งชนิดนี้เพื่อเลี้ยงเป็นสัตว์น้ำสวยงามเป็นหลัก และ *Cherax quadricarinatus* มีการนำเข้ากุ้งชนิดนี้เพื่อเลี้ยงเป็นกุ้งเนื้อส่งขายตามร้านอาหาร ภัตตาคาร และโรงแรม เนื่องจากกุ้งดังกล่าวสามารถปรับตัวและเลี้ยงในสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยได้เป็นอย่างดี เจริญเติบโตเร็ว ประเทศไทยมีผู้ประกอบการกิจการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามแดงกระจายเกือบจังหวัดทั่วประเทศ จำนวนผู้เพาะเลี้ยงไม่น้อยกว่า 76,000 ราย และมีจำนวนกุ้งก้ามแดงหรือกุ้งเครย์ฟิชในครอบครองประมาณ 26 ล้านตัว (กลุ่มเศรษฐกิจการประมง, 2560)

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบสารเคมีที่เกี่ยวข้องโดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นเพื่อการรักษาโรค และบางส่วนที่นำมาใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ เช่น ด่างทับทิม (Potassium permanganate) และ ฟORMALIN (Formalin) นอกจากนี้ ยังมีการกล่าวถึงสารที่มีพิษต่อลูกกุ้งเครย์ฟิช ได้แก่ ยาทาเล็บ ที่ถูกนำมาอ้างเป็นข้อต้องห้ามในระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช เช่น <https://sites.google.com/site/crayfishfarmajpeeboy/home/body-lotion> มีการระบุถึงข้อควรระวัง ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช คือ กุ้งแพ้สารเคมีทุกชนิด ต้องระวังไม่ให้มีสารเคมีลงในตู้เด็ดขาด และระบุว่าถ้าหากนิ้วมือมีสารเคมีติดอยู่ เช่น ยาทาเล็บ ห้ามแหย่นิ้วลงในตู้เด็ดขาด

ด่างทับทิม หรือโปแตสเซียมเปอร์มันกาเนต (Potassium permanganate) มีลักษณะเป็นเกล็ดหรือผลึกสีม่วงเข้ม สามารถละลายน้ำได้ดี มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ และมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิเดชัน (Oxidation) อย่างแรง เป็นสารที่นำมาใช้เพื่อกำจัดพยาธิภายนอก ใช้ในอัตรา 2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแบบแช่ตลอด รวมทั้งเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการฆ่าเชื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งใช้ล้างบ่อปูนสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นสารที่มีราคาถูก และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

ฟORMALIN (Formalin) เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจำพวกโปรโตซัว และปรสิตภายนอก ความเข้มข้นของฟORMALIN ที่นำมาใช้ในการเลี้ยง ใช้ในอัตรา 25-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแบบแช่ตลอด

ยาทาเล็บที่มีจำหน่ายในประเทศไทย พบมีส่วนประกอบที่หลากหลาย แต่พบว่ามีส่วนผสมที่เป็นส่วนผสมหลักและจัดเป็นสารอันตราย (สารพิษ, 2560) คือ

1. โทลูอิน (toluene) เป็นสารไม่มีสี นิยมใช้เป็นตัวทำละลาย และส่วนผสมของสีทาบ้าน สีพ่น และหมึกพิมพ์ แต่นิยมใช้ผสมในสีทาเล็บเช่นกัน เพื่อใช้เป็นตัวทำละลายสารสี และช่วยให้เนื้อสีทาเล็บเนียน และแห้งเร็ว สารชนิดนี้ มักพบผลกระทบต่อสุขภาพในขณะใช้ คือ เมื่อเปิดใช้จะได้กลิ่นฉุน แสบจมูก ระคายเคืองตา ระคายเคืองคอ และหากสูดดมเข้าไปจะเกิดอาการวิงเวียนศีรษะ หากสูดดมมากจะเกิดการระคายเคืองที่ตับ และไต มีผลต่อการทำงานของระบบประสาท นอกจากนั้น ยังแพร่เข้าสู่ทารกจนเป็นอันตรายแก่ทารกในครรภ์ได้

2. ฟORMALดีไฮด์ (formaldehyde) เป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสีทาเล็บ เพราะเป็นสารที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเล็บ และสีที่ทาแล้วได้ดี อีกทั้งมีราคาถูก สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี แต่มีพิษต่อร่างกาย คือ เมื่อเปิดใช้จะมีไอระเหย หากสูดดมเข้าไปจะทำให้แสบจมูก แสบคอ แสบตา ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน และยังทำลายภูมิคุ้มกัน

3. ไดบิวทิล พทาเลต (dibutyl phthalate) (DBP) เป็นสารที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตสี ยาฆ่าแมลง และพลาสติก ส่วนในสีทาเล็บนิยมใช้เพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะของสีกับเล็บให้ทนทานแข็งแรง ทนต่อน้ำ และการขูดขีด แต่สารนี้จัดเป็นสารก่อมะเร็งอีกชนิด รวมถึงเป็นพิษต่ออวัยวะภายใน ทั้งตับ ไต ปอด รวมถึงมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ และสามารถแพร่ทำอันตรายต่อทารกในครรภ์ได้

การศึกษาการทนต่อสารเคมีบางประเภทของกุ้งเครย์ฟิช จะทำให้ทราบถึงความเป็นพิษของสารเคมีในแต่ละประเภทที่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกกุ้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินงานด้านการเพาะเลี้ยงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์

เพื่อทราบผลของ ต่างทับทิม พอร์มาลีน ไทลูอิน และ ไดบิวทิล พทาเลต ต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิช

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3x2x2 แฟคทอเรียล แบบสุ่มตลอด (3x2x2 factorial in CRD)

ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารเคมี 3 ระดับ คือ ระดับต่ำสุดตามกำหนด ระดับกลางตามกำหนด และระดับสูงสุดตามกำหนด

ปัจจัยที่ 2 ชนิดของกุ้งเครย์ฟิช จำนวน 2 ชนิด คือ *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii*

ปัจจัยที่ 3 ขนาดของกุ้ง 2 ขนาด คือ ความยาวตัว 1 เซนติเมตร และ 2.5 เซนติเมตร

รวม 12 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยทำการลองกับสารเคมี 4 สาร คือ ต่างทับทิม พอร์มาลีน ไทลูอิน และไดบิวทิล พทาเลต ในช่วงเวลาต่างกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 8 (พระนครศรีอยุธยา) ระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึงเดือน สิงหาคม 2563 เป็นระยะเวลา 3 เดือน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การทดลองครั้งที่ 1 ผลของต่างทับทิมต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชใน 3 ระดับความเข้มข้น

2.1.1 การเตรียมตู้ทดลอง ใช้ตู้ขนาด 4.5x9x7.5 นิ้ว จำนวน 36 ใบ เติมน้ำระดับความสูง 10 เซนติเมตร จากพื้นตู้ โดยจัดตู้ทดลองออกเป็น 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 จำนวน 12 ตู้ เติมต่างทับทิม ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว

ชุดที่ 2 จำนวน 12 ตู้ เติมต่างทับทิม ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 10 ตัว

ชุดที่ 3 จำนวน 12 ตู้ เติมต่างทับทิม ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

ใช้เลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 ซม. จำนวน 3 ตู้ ตู้ละ 20 ตัว

2.1.2 สุ่มวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก กุ้งแต่ละชนิด แต่ละขนาด ก่อนนำลงเลี้ยงในตู้ทดลอง ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับ กุ้งก้ามกราม เพอร์เซ็นต์โปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยหว่านให้กินอย่างทั่วถึง วันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าให้เวลา 9.00 น. และเย็นให้เวลา 16.00 น.

2.1.3 ตรวจสอบอัตราการรอดของกุ้งในตู้ทดลองทุกวัน กรณีพบกุ้งทดลองตายให้นำซากมาตรวจสอบสาเหตุการตาย ว่าเกิดจากการลอกคราบและกีดกันกันหรือเป็นผลจากการสารที่ได้รับโดยตรวจสอบผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พร้อมทำการจดบันทึก

2.1.4 ถ่ายน้ำในตู้ทดลองและเติมต่างทับทิมความเข้มข้นเท่าระดับเริ่มต้น ทุกวันตลอดช่วงการทดลอง

- 2.1.5 วิเคราะห์คุณสมบัติน้ำที่ใช้ในการเตรียมสาร และน้ำในตู้เลี้ยง โดยวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติของน้ำ ดังนี้
อุณหภูมิ น้ำ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

ความเป็นกรดเป็นด่าง	วัดด้วยเครื่อง pH meter
ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ในน้ำ	วิธีไตเตรท ตามวิธีกล่าวอ้างโดยไมตรี และจารุวรรณ (2528) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)
ความเป็นด่าง	วิธีไตเตรท ตามวิธีกล่าวอ้างโดยไมตรี และจารุวรรณ (2528) หน่วยเป็น (mg/l)
ความกระด้าง	วิธีไตเตรท ตามวิธีกล่าวอ้างโดยไมตรี และจารุวรรณ (2528) หน่วยเป็น (mg/l)
แอมโมเนียรวม	วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hack รุ่น DR2000 หน่วยเป็น (mg/l)

2.2 การทดลองครั้งที่ 2 ผลของฟอร์มาลีนต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชใน 3 ระดับความเข้มข้น

ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยในข้อ 2.1.1 ใช้ฟอร์มาลีนที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

- ชุดที่ 1 จำนวน 12 ตัว เติมฟอร์มาลีน ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 2 จำนวน 12 ตัว เติมต่างหับทิม ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 3 จำนวน 12 ตัว เติมต่างหับทิม ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 การทดลองครั้งที่ 3 ผลของไทลูอินต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชใน 3 ระดับความเข้มข้น

ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยในข้อ 2.1.1 ใช้ไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

- ชุดที่ 1 จำนวน 12 ตัว เติมไทลูอิน ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 2 จำนวน 12 ตัว เติมไทลูอิน ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 3 จำนวน 12 ตัว เติมไทลูอิน ความเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4 การทดลองครั้งที่ 4 ผลของไดบิวทิล พทาเลตต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชใน 3 ระดับความเข้มข้น

ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยในข้อ 2.1.1 ใช้ไดบิวทิล พทาเลตที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ

ดังนี้

- ชุดที่ 1 จำนวน 12 ตัว เติมไดบิวทิล พทาเลต ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 2 จำนวน 12 ตัว เติมไดบิวทิล พทาเลต ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ชุดที่ 3 จำนวน 12 ตัว เติมไดบิวทิล พทาเลต ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เปรียบเทียบค่าอัตราการรอดของกุ้งแต่ละชนิด ในแต่ละขนาด วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบหลายทางหรือแบบมีหลายปัจจัย (multiple-factors ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง โดย Duncan's new multiple range test โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

จากการทดลองสารเคมีบางประเภทที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของกุ้งเครย์ฟิช 2 สายพันธุ์ คือ *C. quadricarinatus* และ *P. clarkeii* โดยแต่ละชนิดทดลองในกุ้ง 2 ขนาด คือ ความยาว 1 ซม. และ ความยาว 2.5 เซนติเมตร โดยเลี้ยงในตู้ทดลอง ขนาด 4.5x9x7.5 นิ้ว ระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยทดลองเลี้ยงในสารเคมี 4 สาร คือ ด่างทับทิม ฟอมาลิน ไทลูอิน และ ไดบิวทิล พทาเลต ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ทดสอบ ในช่วงเวลาต่างกัน ดังนี้

1. การทดลองครั้งที่ 1 ผลของสารละลายด่างทับทิมต่ออัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชใน 3 ระดับความเข้มข้น

1.1 ขนาดกุ้งทดลอง

กุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายด่างทับทิม ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 0.98 ± 0.03 , 0.98 ± 0.05 และ 0.98 ± 0.03 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.02 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.50 ± 0.22 , 2.53 ± 0.26 และ 2.60 ± 0.28 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.47 ± 0.12 , 0.46 ± 0.16 และ 0.48 ± 0.16 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1 และ 2)

กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายด่างทับทิม ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 1.03 ± 0.06 , 1.03 ± 0.04 และ 1.04 ± 0.05 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.03 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.50 ± 0.28 , 2.51 ± 0.24 และ 2.55 ± 0.20 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.37 ± 0.11 , 0.36 ± 0.09 และ 0.38 ± 0.08 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความยาวของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายด่างทับทิม ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.
2	0.98 ± 0.03^a	2.50 ± 0.22^a	1.03 ± 0.06^a	2.50 ± 0.28^a
4	0.98 ± 0.05^a	2.53 ± 0.26^a	1.03 ± 0.04^a	2.51 ± 0.24^a
8	0.98 ± 0.03^a	2.60 ± 0.28^a	1.04 ± 0.05^a	2.55 ± 0.20^a
เฉลี่ย	0.98 ± 0.04	2.54 ± 0.24	1.04 ± 0.05	2.52 ± 0.23

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายด่างทับทิม ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.
2	0.02 ± 0.01^a	0.47 ± 0.12^a	0.03 ± 0.01^a	0.37 ± 0.11^a
4	0.03 ± 0.01^a	0.46 ± 0.16^a	0.03 ± 0.01^a	0.36 ± 0.09^a
8	0.03 ± 0.01^a	0.48 ± 0.16^a	0.03 ± 0.01^a	0.38 ± 0.08^a
เฉลี่ย	0.03 ± 0.01	0.47 ± 0.14	0.03 ± 0.01	0.37 ± 0.09

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1.2 อัตราการรอด

การทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร และ กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร ในสารละลายต่างทึบที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า

เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารละลายต่างทึบที่ระดับ 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 2 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 85.42 ± 16.71 , 76.67 ± 19.11 และ 69.58 ± 35.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 72.50 ± 32.44 , 53.75 ± 33.72 และ 44.17 ± 38.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 63.33 ± 42.07 , 46.25 ± 32.55 และ 24.58 ± 38.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 48.75 ± 43.80 , 27.92 ± 32.71 และ 11.67 ± 25.17 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 42.92 ± 45.95 , 10.42 ± 17.38 และ 3.33 ± 11.55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 38.33 ± 42.39 , 6.25 ± 14.94 และ 0.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 36.25 ± 40.63 , 6.25 ± 14.94 และ 0.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยพบว่าในวันที่ 2, 4, 10, 12 และ 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่อัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในวันที่ 6 และ 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และที่ความเข้มข้น 4 มีค่าอัตราการรอดมากกว่าที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาชนิดและขนาดของกุ้งเครย์ฟิช คือ *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (C1), *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5), *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (P1) และ *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5) ในวันที่ 2 ของการทดลอง พบมีอัตราการรอดเฉลี่ย 47.78 ± 28.30 , 71.11 ± 12.69 , 96.67 ± 5.00 และ 93.33 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 10.00 ± 13.69 , 61.11 ± 17.64 , 65.00 ± 34.37 และ 91.11 ± 7.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 40.00 ± 30.82 , 52.22 ± 41.39 และ 86.67 ± 7.07 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 5.56 ± 11.30 , 44.44 ± 42.39 และ 67.78 ± 23.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 0.00 ± 0.00 , 42.22 ± 43.74 และ 33.33 ± 35.71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 0.00 ± 0.00 , 39.44 ± 43.76 และ 20.00 ± 30.41 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 0.00 ± 0.00 , 37.78 ± 42.29 และ 18.89 ± 28.48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยพบว่า ในวันที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 และกุ้ง C2.5 มีอัตราการรอดมากกว่ากุ้ง C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวันที่ 4 พบว่า กุ้ง P2.5 มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่ากุ้ง P1, C1 และ C2.5 ในขณะที่ กุ้ง P1 และ C2.5 มีอัตราการรอดมากกว่ากุ้ง C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) วันที่ 6 พบว่า กุ้ง P2.5 มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่ากุ้ง P1, C1 และ C2.5 ในขณะที่ กุ้ง P1 มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 กุ้ง C2.5 มีอัตราการรอดมากกว่ากุ้ง C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) วันที่ 10 กุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าในวันที่ 8, 12 และ 14 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 มีค่ามากกว่ากุ้ง P2.5, C1 และ C2.5 กุ้ง P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยกุ้ง C1 แตกต่างจากกุ้ง C2.5 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

โดยพบว่า กุ้ง C1 ที่เลี้ยงในสารละลายต่างทึบเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 4 วันหลังทดลองเลี้ยง และที่เลี้ยงในสารละลายต่างทึบเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 6 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง C2.5 ที่เลี้ยงในสารละลายต่างทึบเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง และที่เลี้ยงในสารละลายต่างทึบเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด

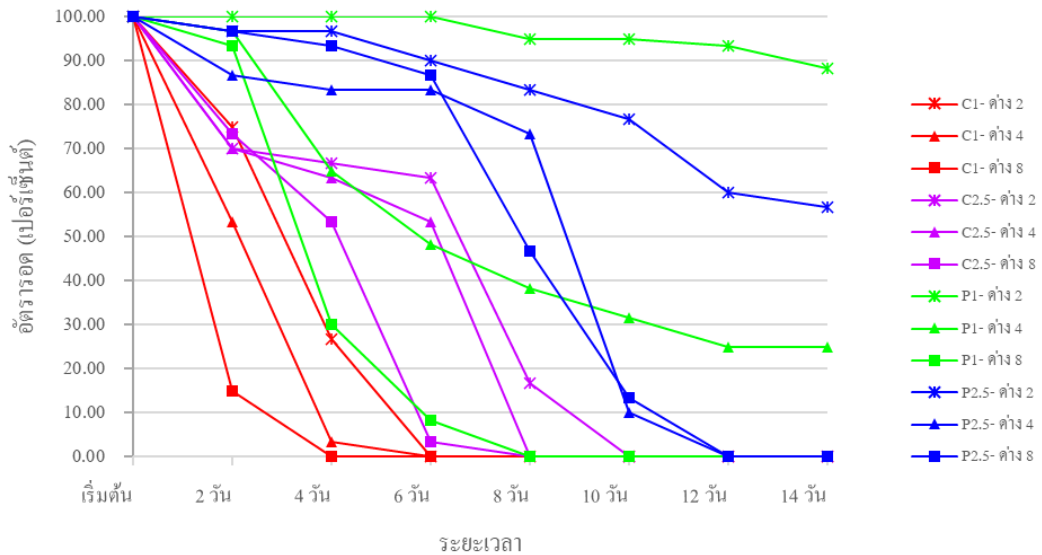
0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 10 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง P1 ที่เลี้ยงในสารละลายต่างหัตถิมเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง และกุ้ง P2.5 ที่เลี้ยงในสารละลายต่างหัตถิมเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 12 วันหลังทดลองเลี้ยง (ตารางที่ 3 ภาพที่ 1)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายต่างหัตถิม ที่ความเข้มข้นระดับต่างกันตลอดช่วงการทดลอง

ระยะ เวลา	ความเข้มข้น สาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง				ค่าเฉลี่ย
		<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 1 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 2.5 ซม.	
เริ่มต้น	2	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	
	4	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	
	8	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	
2 วัน	2	75.00±13.23	70.00±17.32	100±0.00	96.67±5.77	85.42±16.71 ^x
	4	53.33±5.77	70.00±17.32	96.67±2.89	86.67±5.77	76.67±19.11 ^y
	8	15.00±15.00	73.33±5.77	93.33±7.64	96.67±5.77	69.58±35.13 ^y
	ค่าเฉลี่ย	47.78±28.30 ^c	71.11±12.69 ^b	96.67±5.00 ^a	93.33±7.07 ^a	
4 วัน	2	26.67±10.41	66.67±20.82	100±0.00	96.67±5.77	72.50±32.44 ^x
	4	3.33±2.89	63.33±15.28	65.00±22.91	83.33±5.77	53.75±33.72 ^y
	8	0.00±0.00	53.33±20.82	30.00±22.91	93.33±5.77	44.17±38.07 ^y
	ค่าเฉลี่ย	10.00±13.69 ^c	61.11±17.64 ^b	65.00±34.37 ^b	91.11±7.82 ^a	
6 วัน	2	0.00±0.00	63.33±23.09	100±0.00	90.00±10.00	63.33±42.07 ^x
	4	0.00±0.00	53.33±11.55	48.33±17.56	83.33±5.77	46.25±32.55 ^y
	8	0.00±0.00	3.33±5.77	8.33±14.43	86.67±5.77	24.58±38.23 ^z
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^d	40.00±30.82 ^c	52.22±41.39 ^b	86.67±7.07 ^a	
8 วัน	2	0.00±0.00	16.67±15.28	95.00±8.66	83.33±11.55	48.75±43.80 ^x
	4	0.00±0.00	0.00±0.00	38.33±16.07	73.33±5.77	27.92±32.71 ^y
	8	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	46.67±32.15	11.67±25.17 ^z
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	5.56±11.30 ^c	44.44±42.39 ^b	67.78±23.86 ^a	
10 วัน	2	0.00±0.00	0.00±0.00	95.00±8.66	76.67±15.28	42.92±45.95 ^x
	4	0.00±0.00	0.00±0.00	31.67±23.63	10.00±10.00	10.42±17.38 ^y
	8	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	13.33±23.09	3.33±11.55 ^y
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	42.22±43.74 ^a	33.33±35.71 ^a	
12 วัน	2	0.00±0.00	0.00±0.00	93.33±11.55	60.00±10.00	38.33±42.39 ^x
	4	0.00±0.00	0.00±0.00	25.00±22.91	0.00±0.00	6.25±14.94 ^y
	8	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00 ^y
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	39.44±43.76 ^a	20.00±30.41 ^a	
14 วัน	2	0.00±0.00	0.00±0.00	88.33±20.21	56.67±5.77	36.25±40.63 ^x
	4	0.00±0.00	0.00±0.00	25.00±22.91	0.00±0.00	6.25±14.94 ^y
	8	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00 ^y

ค่าเฉลี่ย 0.00 ± 0.00^c 0.00 ± 0.00^c 37.78 ± 42.29^a 18.89 ± 28.48^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 แสดงอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายต่างทบที่ความเข้มข้นระดับต่างกันตลอดช่วงการทดลอง

2. การทดลองครั้งที่ 2 ทดลองเลี้ยงในฟอร์มาลีน 3 ระดับความเข้มข้น

2.1 ขนาดกุ้งทดลอง

กุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 0.97 ± 0.02 , 0.98 ± 0.03 และ 0.98 ± 0.03 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.02 ± 0.01 , 0.02 ± 0.01 และ 0.02 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.50 ± 0.12 , 2.51 ± 0.33 และ 2.50 ± 0.28 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.42 ± 0.17 , 0.43 ± 0.15 และ 0.43 ± 0.10 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 และ 5)

กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 1.04 ± 0.05 , 1.04 ± 0.06 และ 1.04 ± 0.03 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.03 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.41 ± 0.23 , 2.40 ± 0.26 และ 2.40 ± 0.28 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.32 ± 0.12 , 0.31 ± 0.07 และ 0.30 ± 0.07 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความยาวของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 1 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 2.5 ซม.
25	0.97±0.02 ^a	2.50±0.12 ^a	1.04±0.05 ^a	2.41±0.23 ^a
50	0.98±0.03 ^a	2.51±0.33 ^a	1.04±0.06 ^a	2.40±0.26 ^a
100	0.98±0.03 ^a	2.50±0.28 ^a	1.04±0.03 ^a	2.40±0.28 ^a
เฉลี่ย	0.98±0.03	2.54±0.25	1.04±0.04	2.41±0.24

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 1 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 2.5 ซม.
25	0.02±0.01 ^a	0.42±0.17 ^a	0.03±0.01 ^a	0.32±0.12 ^a
50	0.02±0.01 ^a	0.43±0.15 ^a	0.03±0.01 ^a	0.31±0.07 ^a
100	0.02±0.01 ^a	0.43±0.10 ^a	0.03±0.01 ^a	0.30±0.07 ^a
เฉลี่ย	0.02±0.01	0.44±0.14	0.03±0.01	0.31±0.09

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 อัตราการรอด

การทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร และ กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร ในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า

เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารละลายฟอร์มาลีน ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในวันที่ 2 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 85.83 ± 26.87 , 82.92 ± 27.17 และ 87.50 ± 17.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 79.58 ± 28.00 , 72.08 ± 32.92 และ 74.58 ± 22.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 66.25 ± 39.38 , 65.42 ± 36.34 และ 60.42 ± 38.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 60.83 ± 45.02 , 60.42 ± 42.98 และ 55.00 ± 40.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 57.92 ± 46.10 , 51.67 ± 45.84 และ 47.50 ± 43.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 54.17 ± 45.77 , 47.92 ± 45.80 และ 32.92 ± 37.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 46.25 ± 48.34 , 44.58 ± 46.78 และ 32.08 ± 36.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลีนที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในแต่ละวัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาชนิดและขนาดของกุ้งเครย์ฟิช คือ *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (C1), *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5), *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (P1) และ *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5) ในวันที่ 2 ของการทดลอง พบมีอัตราการรอดเฉลี่ย 79.44 ± 11.02 , 65.56 ± 37.45 , 98.89 ± 2.20

และ 97.78 ± 6.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 52.78 ± 14.81 , 54.44 ± 29.63 , 98.89 ± 2.20 และ 95.56 ± 7.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 15.56 ± 10.44 , 48.89 ± 24.21 , 97.22 ± 6.67 และ 94.44 ± 8.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 1.11 ± 3.33 , 44.44 ± 24.55 , 96.11 ± 6.51 และ 93.33 ± 8.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 24.44 ± 25.06 , 95.00 ± 6.12 และ 90.00 ± 13.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 12.22 ± 21.08 , 88.89 ± 14.95 และ 78.89 ± 20.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00 ± 0.00 , 0.00 ± 0.00 , 87.22 ± 14.39 และ 76.67 ± 21.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ในวันที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกุ้ง C1 วันที่ 4, 12 และ 14 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวันที่ 6, 8 และ 10 ของการทดลอง พบว่า กุ้ง P1 และ P2.5 มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกุ้ง C2.5 มีค่าอัตราการรอดเฉลี่ยมากกว่า C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

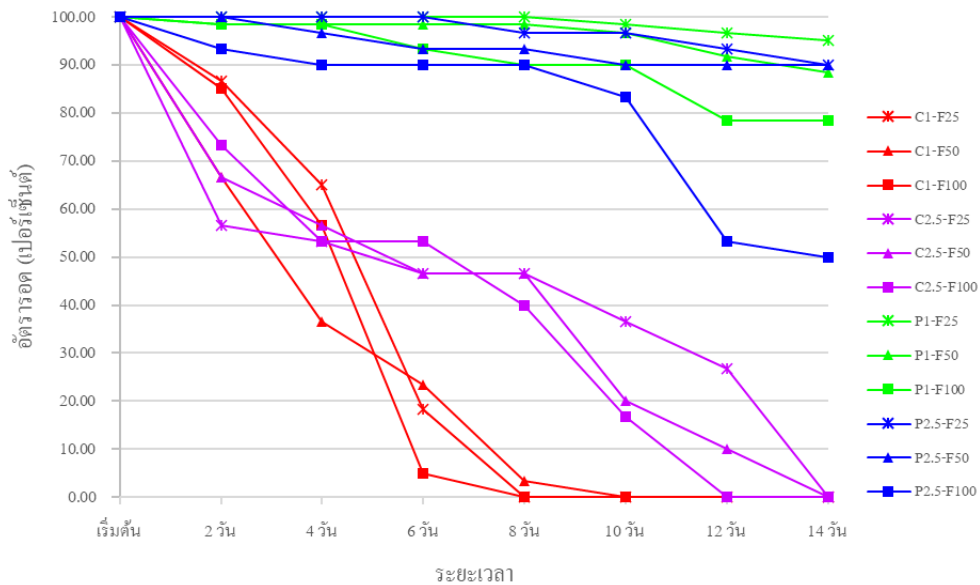
โดยพบว่า กุ้ง C1 ที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง และที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 10 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง C2.5 ที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 12 วันหลังทดลองเลี้ยง และที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 14 วันหลังทดลองเลี้ยง ในส่วนของกุ้ง P1 และ P2.5 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งยังมีอัตราการรอดสูงในทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 6 ภาพที่ 2)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งแคร์ฟิซที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลิน ที่ความเข้มข้นระดับต่างกันตลอดช่วงการทดลอง

ระยะ เวลา	ความเข้มข้น สาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง				เฉลี่ย
		<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkei</i> 1 ซม.	<i>P. clarkei</i> 2.5 ซม.	
0	25	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	50	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	100	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	ค่าเฉลี่ย	79.44±11.02 ^{ab}	65.56±37.45 ^b	98.89±2.20 ^a	97.78±6.67 ^a	
2 วัน	25	86.67±7.64	56.67±45.09	100±0.00	100±0.00	85.83±26.87 ^x
	50	66.67±5.77	66.67±49.33	98.33±2.89	100±0.00	82.92±27.17 ^x
	100	85.00±5.00	73.33±30.55	98.33±2.89	93.33±11.55	87.50±17.25 ^x
	ค่าเฉลี่ย	79.44±11.02 ^{ab}	65.56±37.45 ^b	98.89±2.20 ^a	97.78±6.67 ^a	
4 วัน	25	65.00±8.66	53.33±40.41	100±0.00	100±0.00	79.58±28.00 ^x
	50	36.67±10.41	56.67±40.41	98.33±2.89	96.67±5.77	72.08±32.92 ^x
	100	56.67±7.64	53.33±15.28	98.33±2.89	90.00±10.00	74.58±22.41 ^x
	ค่าเฉลี่ย	52.78±14.81 ^b	54.44±29.63 ^b	98.89±2.20 ^a	95.56±7.26 ^a	
6 วัน	25	18.33±7.64	46.64±32.15	100±0.00	100±0.00	66.25±39.38 ^x
	50	23.33±10.41	46.67±32.15	98.33±2.89	93.33±11.55	65.42±36.34 ^x
	100	5.00±0.00	53.33±15.28	93.33±11.55	90.00±10.00	60.42±38.34 ^x
	ค่าเฉลี่ย	15.56±10.44 ^c	48.89±24.21 ^b	97.22±6.67 ^a	94.44±8.82 ^a	
8 วัน	25	0.00±0.00	46.67±32.15	100±0.00	96.67±5.77	60.83±45.02 ^x
	50	3.33±5.77	46.67±32.15	98.33±2.89	93.33±11.55	60.42±42.98 ^x
	100	0.00±0.00	40.00±17.32	90.00±8.66	90.00±10.00	55.00±40.51 ^x
	ค่าเฉลี่ย	1.11±3.33 ^c	44.44±24.55 ^b	96.11±6.51 ^a	93.33±8.66 ^a	
10 วัน	25	0.00±0.00	36.67±35.12	98.33±2.89	96.67±5.77	57.92±46.10 ^x
	50	0.00±0.00	20.00±26.46	96.67±2.89	90.00±10.00	51.67±45.84 ^x
	100	0.00±0.00	16.67±15.28	90.00±8.66	83.33±20.82	47.50±43.04 ^x
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	24.44±25.06 ^b	95.00±6.12 ^a	90.00±13.23 ^a	
12 วัน	25	0.00±0.00	26.67±30.55	96.67±2.89	93.33±5.77	54.17±45.77 ^x

	50	0.00±0.00	10.00±17.32	91.67±2.89	90.00±10.00	47.92±45.80 ^x
	100	0.00±0.00	0.00±0.00	78.33±24.66	53.33±5.77	32.92±37.20 ^y
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^b	12.22±21.08 ^b	88.89±14.95 ^a	78.89±20.28 ^a	
14 วัน	25	0.00±0.00	0.00±0.00	95.00±0.00	90.00±0.00	46.25±48.34 ^x
	50	0.00±0.00	0.00±0.00	88.33±2.89	90.00±10.00	44.58±46.78 ^x
	100	0.00±0.00	0.00±0.00	78.33±24.66	50.00±10.00	32.08±36.89 ^y
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	87.22±14.39 ^a	76.67±21.21 ^a	

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 2 แสดงอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆกันตลอดช่วงการทดลอง

3. การทดลองครั้งที่ 3 ทดลองเลี้ยงในไทลูอิน 3 ระดับความเข้มข้น

3.1 ขนาดกุ้งทดลอง

กุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 0.99 ± 0.01 , 0.98 ± 0.04 และ 0.98 ± 0.02 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.02 ± 0.01 , 0.02 ± 0.01 และ 0.02 ± 0.00 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.57 ± 0.26 , 2.59 ± 0.13 และ 2.58 ± 0.26 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.45 ± 0.13 , 0.46 ± 0.12 และ 0.44 ± 0.14 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7 และ 8)

กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ที่ใช้ในการทดลองความยาว 1 เซนติเมตร มีความยาวเฉลี่ย 1.02 ± 0.06 , 1.02 ± 0.04 และ 1.02 ± 0.04 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.03 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ที่ใช้ในการทดลองความยาว 2.5 เซนติเมตร มีความยาวเฉลี่ย 2.53 ± 0.20 , 2.53 ± 0.11 และ 2.52 ± 0.21 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.42 ± 0.06 , 0.41 ± 0.02 และ 0.41 ± 0.08 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7 และ 8)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยความยาวของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอิน ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.

60	0.99±0.01 ^a	2.57±0.26 ^a	1.02±0.06 ^a	2.53±0.20 ^a
120	0.98±0.04 ^a	2.59±0.13 ^a	1.02±0.04 ^a	2.53±0.11 ^a
240	0.98±0.02 ^a	2.58±0.26 ^a	1.02±0.04 ^a	2.52±0.21 ^a
เฉลี่ย	0.98±0.02	2.58±0.21	1.02±0.05	2.53±0.17

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอิน ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.
60	0.02±0.01 ^a	0.45±0.13 ^a	0.03±0.01 ^a	0.42±0.06 ^a
120	0.02±0.01 ^a	0.46±0.12 ^a	0.03±0.01 ^a	0.41±0.02 ^a
240	0.02±0.00 ^a	0.44±0.14 ^a	0.03±0.01 ^a	0.41±0.08 ^a
เฉลี่ย	0.02±0.00	0.45±0.12	0.03±0.01	0.41±0.05

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 อัตราการรอด

การทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร และ กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร ในสารละลายไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่า

เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารละลายไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในวันที่ 2 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 95.00±6.74, 71.67±34.20 และ 60.83±38.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 84.58±14.05, 62.08±32.30 และ 24.58±34.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 73.33±25.08, 48.33±37.80 และ 16.67±27.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 57.50±36.15, 44.17±37.83 และ 2.50±6.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 53.75±35.36, 42.08±36.52 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 47.08±33.88, 20.42±26.15 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 39.58±35.06, 15.42±20.17 และ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ตั้งแต่วันที่ 2 จนถึงวันที่ 14 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดที่ระดับความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาชนิดและขนาดของกุ้งเครย์ฟิช คือ *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (C1), *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5), *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (P1) และ *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5) ในวันที่ 2 ของการทดลอง พบมีอัตราการรอดเฉลี่ย 86.11±15.77, 81.11±10.54, 40.56±47.33 และ 95.56±5.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 41.11±31.50, 57.78±32.32, 40.56±47.33 และ 88.89±7.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 15.56±18.28, 48.89±32.57, 40.00±46.57 และ 80.00±18.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 1.11±2.20, 42.22±33.83, 35.56±40.42 และ 60.00±38.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 38.89±31.00, 34.44±38.85 และ 54.44±41.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 17.78±17.16, 34.44±38.85 และ 37.78±37.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 8.89±9.28, 34.44±38.85 และ 30.00±30.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

พบว่าในวันที่ 2 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P2.5 มีค่าแตกต่างจาก C2.5 และ P1 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กุ้ง C1 แตกต่างกับ P1 แต่ไม่ต่างกับ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 4 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P2.5 มีค่าแตกต่างจากกุ้ง C1, C2.5 และ P1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และกุ้ง C1 มีค่าแตกต่างจาก C2.5 แต่ไม่แตกต่างจาก กุ้ง P1 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันที่ 6, 8 และ 10 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P2.5 มีค่าแตกต่างจาก C1, C2.5 และ P1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และกุ้ง P2.5 มีค่าแตกต่างจาก C1 แต่ไม่ต่างจาก C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วันที่ 12 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และกุ้ง C2.5 มีค่าแตกต่างจากกุ้ง C1 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วันที่ 14 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

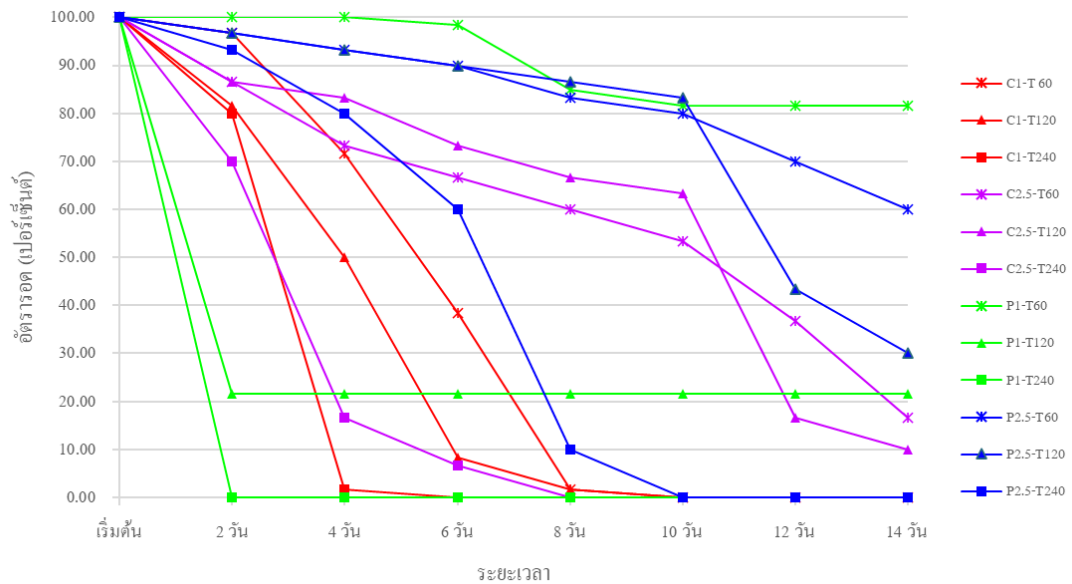
โดยพบว่า กุ้ง C1 ที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอินเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ในระยะเวลา 6 วันหลังทดลองเลี้ยง และที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอินเข้มข้น 60 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ในระยะเวลา 10 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง C2.5 ที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอินเข้มข้น 240 กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง P1 ที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอินเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ในระยะเวลา 10 วันหลังทดลองเลี้ยง (ตารางที่ 9 ภาพที่ 3)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไทลูอินที่ความเข้มข้นระดับต่างกันตลอดช่วงการทดลอง

ระยะ เวลา	ความเข้มข้น สาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง				เฉลี่ย
		<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 1 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 2.5 ซม.	
0	60	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	120	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	240	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
2 วัน	60	96.67±5.77	86.67±5.77	100±0.00	96.67±5.77	95.00±6.74 ^x
	120	81.67±23.09	86.67±5.77	21.67±25.66	96.67±5.77	71.67±34.20 ^y
	240	80.00±13.23	70.00±10.00	0.00±0.00	93.33±5.77	60.83±38.43 ^z
	ค่าเฉลี่ย	86.11±15.77 ^{ab}	81.11±10.54 ^b	40.56±47.33 ^c	95.56±5.27 ^a	
4 วัน	60	71.67±2.89	73.33±11.55	100±0.00	93.33±5.77	84.58±14.05 ^x
	120	50.00±10.00	83.33±11.55	21.67±25.66	93.33±5.77	62.08±32.30 ^y
	240	1.67±2.89	16.67±5.77	0.00±0.00	80.00±0.00	24.58±34.21 ^z
	ค่าเฉลี่ย	41.11±31.50 ^c	57.78±32.32 ^b	40.56±47.33 ^c	88.89±7.82 ^a	
6 วัน	60	38.33±7.64	66.67±5.77	98.33±2.89	90.00±10.00	73.33±25.08 ^x
	120	8.33±7.64	73.33±11.55	21.67±25.66	90.00±0.00	48.33±37.80 ^y
	240	0.00±0.00	6.67±5.77	0.00±0.00	60.00±17.32	16.67±27.41 ^z
	ค่าเฉลี่ย	15.56±18.28 ^c	48.89±32.57 ^b	40.00±46.57 ^b	80.00±18.03 ^a	
8 วัน	60	1.67±2.89	60.00±17.32	85.00±5.00	83.33±5.77	57.50±36.15 ^x
	120	1.67±2.89	66.67±15.28	21.67±25.66	86.67±5.77	44.17±37.83 ^y
	240	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	10.00±10.00	2.50±6.22 ^z
	ค่าเฉลี่ย	1.11±2.20 ^c	42.22±33.83 ^b	35.56±40.42 ^b	60.00±38.08 ^a	
10 วัน	60	0.00±0.00	53.33±15.28	81.67±2.89	80.00±10.00	53.75±35.36 ^x
	120	0.00±0.00	63.33±11.55	21.67±25.66	83.33±5.77	42.08±36.52 ^y
	240	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00 ^z
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	38.89±31.00 ^b	34.44±38.85 ^b	54.44±41.26 ^a	
12 วัน	60	0.00±0.00	36.67±11.55	81.67±2.89	70.00±10.00	47.08±33.88 ^x
	120	0.00±0.00	16.67±5.77	21.67±25.66	43.33±40.41	20.42±26.15 ^y

	240	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00 ^z
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	17.78±17.16 ^b	34.44±38.85 ^a	37.78±37.01 ^a	
14 วัน	60	0.00±0.00	16.67±5.77	81.67±2.89	60.00±17.32	39.58±35.06 ^x
	120	0.00±0.00	10.00±10.00	21.67±25.66	30.00±26.46	15.42±20.17 ^y
	240	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00 ^z
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^b	8.89±9.28 ^b	34.44±38.85 ^a	30.00±30.41 ^a	

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 3 แสดงอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไคโรอิน ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆกันตลอดช่วงการทดลอง

4. การทดลองครั้งที่ 4 ทดลองเลี้ยงในไคโรอิน พทาเลต 3 ระดับความเข้มข้น

4.1 ขนาดกุ้งทดลอง

กุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายไคโรอิน พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 0.98 ± 0.03 , 0.98 ± 0.05 และ 0.98 ± 0.03 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.02 ± 0.01 , 0.02 ± 0.01 และ 0.02 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.71 ± 0.21 , 2.70 ± 0.19 และ 2.71 ± 0.15 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.46 ± 0.09 , 0.46 ± 0.10 และ 0.46 ± 0.07 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 10 และ 11)

กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลองในสารละลายไคโรอิน พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวเฉลี่ย 1.04 ± 0.04 , 1.04 ± 0.04 และ 1.04 ± 0.04 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.03 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของกุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่ใช้ในการทดลอง มีความยาวเฉลี่ย 2.59 ± 0.11 , 2.60 ± 0.12 และ 2.59 ± 0.16 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.37 ± 0.07 , 0.38 ± 0.05 และ 0.38 ± 0.06 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 10 และ 11)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความยาวของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไคโรอิน พทาเลต ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.

5	0.98±0.03 ^a	2.71±0.21 ^a	1.04±0.04 ^a	2.59±0.11 ^a
10	0.98±0.05 ^a	2.70±0.19 ^a	1.04±0.04 ^a	2.60±0.12 ^a
20	0.98±0.03 ^a	2.71±0.15 ^a	1.04±0.04 ^a	2.59±0.16 ^a
เฉลี่ย	0.98±0.03	2.71±0.18	1.04±0.04	2.59±0.12

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไดบิวทิล พทาเลต ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง			
	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>C. quadricarinatus</i>	<i>P. clarkeii</i>	<i>P. clarkeii</i>
	1 ซม.	2.5 ซม.	1 ซม.	2.5 ซม.
5	0.02±0.01 ^a	0.46±0.09 ^a	0.03±0.01 ^a	0.37±0.07 ^a
10	0.02±0.01 ^a	0.46±0.10 ^a	0.03±0.01 ^a	0.38±0.05 ^a
20	0.02±0.01 ^a	0.46±0.07 ^a	0.03±0.01 ^a	0.38±0.06 ^a
เฉลี่ย	0.02±0.01	0.46±0.09	0.03±0.01	0.38±0.06

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 อัตราการรอด

การทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช *C. quadricarinatus* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร และ กุ้งเครย์ฟิช *P. clarkeii* ความยาว 1 และ 2.5 เซนติเมตร ในสารละลายไดบิวทิล พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 14 วัน พบว่า

เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของสารละลายไดบิวทิล พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในวันที่ 2 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 94.17±4.69, 90.42±10.97 และ 86.67±14.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 75.42±24.16, 74.17±21.93 และ 76.25±24.32 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 61.67±39.91, 62.08±35.77 และ 65.42±39.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 57.50±40.93, 58.75±38.03 และ 58.75±37.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 51.25±41.46, 54.17±36.23 และ 53.33±36.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 46.25±40.63, 48.33±36.58 และ 47.08±36.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง กุ้งเครย์ฟิชมีอัตราการรอดเฉลี่ย 39.17±42.36, 36.25±34.58 และ 38.75±37.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไดบิวทิล พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาชนิดและขนาดของกุ้งเครย์ฟิช คือ *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (C1), *C. quadricarinatus* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5), *P. clarkeii* ขนาดความยาว 1 เซนติเมตร (P1) และ *P. clarkeii* ขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร (C2.5) ในวันที่ 2 ของการทดลอง พบมีอัตราการรอดเฉลี่ย 83.89±10.24, 88.89±15.37, 97.78±2.64 และ 91.11±9.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 46.67±9.01, 68.89±20.28, 96.67±3.54 และ 88.89±9.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 6 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 50.0±5.59, 67.78±19.86, 95.00±5.59 และ 84.44±13.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 8 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 60.00±17.32, 91.11±8.58 และ 82.22±13.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 10 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 47.78±23.33, 87.22±10.93 และ 76.67±15.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 31.11±19.00, 85.56±13.33 และ 72.22±16.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในวันที่ 14 ของการทดลอง มีอัตราการรอดเฉลี่ย 0.00±0.00, 10.00±15.00, 75.56±17.04 และ 66.67±21.79 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยพบว่าในวันที่ 2 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับค่าเฉลี่ยอัตราการรอด

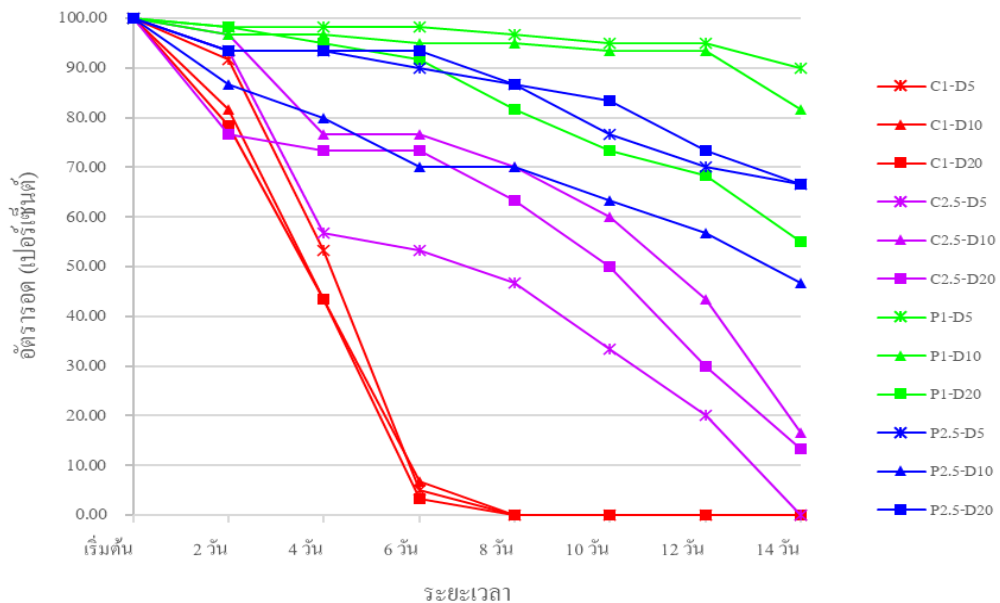
ของกุ้ง C2.5 และ P2.5 ในวันที่ 4, 6, 8 และ 10 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่าอัตราการรอดมากกว่า กุ้ง C1, C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และกุ้ง C2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วันที่ 12 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งทั้ง 4 ชุดทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วันที่ 14 ของการทดลอง ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้ง P1 และ P2.5 มีค่ามากกว่ากุ้ง C1 และ C2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

โดยพบว่า กุ้ง C1 ที่เลี้ยงในสารละลายไคบิวทิล พทาเลต ทุกระดับความเข้มข้น กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง C2.5 ที่เลี้ยงในสารละลายไคบิวทิล พทาเลต เข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซนต์ ในระยะเวลา 14 วันหลังทดลองเลี้ยง ในส่วนของกุ้ง P1 และ P2.5 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งยังมีอัตราการรอดสูงในทุกระดับความเข้มข้น (ตารางที่ 12 ภาพที่ 4)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไคบิวทิล พทาเลต ที่ความเข้มข้นระดับต่างกัน ตลอดช่วงการทดลอง

ระยะเวลา	ความเข้มข้น สาร (ppm)	ชนิด/ขนาดกุ้งทดลอง				เฉลี่ย
		<i>C. quadricarinatus</i> 1 ซม.	<i>C. quadricarinatus</i> 2.5 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 1 ซม.	<i>P. clarkeii</i> 2.5 ซม.	
เริ่มต้น	5	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	10	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
	20	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00
2 วัน	5	91.67±2.89	93.33±5.77	98.33±2.89	93.33±5.77	94.17±4.69 ^x
	10	81.67±11.55	96.67±5.77	96.67±2.89	86.67±15.28	90.42±10.97 ^x
	20	78.33±11.55	76.67±23.09	98.33±2.89	93.33±5.77	86.67±14.97 ^x
	ค่าเฉลี่ย	83.89±10.24 ^b	88.89±15.37 ^{ab}	97.78±2.64 ^a	91.11±9.28 ^{ab}	
4 วัน	5	53.33±2.89	56.67±25.17	98.33±2.89	93.33±5.77	75.42±24.16 ^x
	10	43.33±7.64	76.67±15.28	96.67±2.89	80.00±10.00	74.17±21.93 ^x
	20	43.33±12.58	73.33±20.82	95.00±5.00	93.33±5.77	76.25±24.32 ^x
	ค่าเฉลี่ย	46.67±9.01 ^c	68.89±20.28 ^b	96.67±3.54 ^a	88.89±9.28 ^a	
6 วัน	5	5.00±8.66	53.33±20.82	98.33±2.89	90.00±10.00	61.67±39.91 ^x
	10	6.67±5.77	76.67±15.28	95.00±5.00	70.00±10.00	62.08±35.77 ^x
	20	3.33±2.89	73.33±20.82	91.67±7.64	93.33±5.77	65.42±39.57 ^x
	ค่าเฉลี่ย	50.0±5.59 ^c	67.78±19.86 ^b	95.00±5.59 ^a	84.44±13.33 ^a	
8 วัน	5	0.00±0.00	46.67±15.28	96.67±5.77	86.67±15.28	57.50±40.93 ^x
	10	0.00±0.00	70.00±17.32	95.00±5.00	70.00±10.00	58.75±38.03 ^x
	20	0.00±0.00	63.33±15.28	81.67±5.77	90.00±10.00	58.75±37.73 ^x
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	60.00±17.32 ^b	91.11±8.58 ^a	82.22±13.94 ^a	
10 วัน	5	0.00±0.00	33.33±30.55	95.00±5.00	76.67±15.28	51.25±41.46 ^x
	10	0.00±0.00	60.00±17.32	93.33±2.89	63.33±5.77	54.17±36.23 ^x
	20	0.00±0.00	50.00±20.00	73.33±2.89	90.00±10.00	53.33±36.70 ^x
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^c	47.78±23.33 ^b	87.22±10.93 ^a	76.67±15.00 ^a	
12 วัน	5	0.00±0.00	20.00±17.32	95.00±5.00	70.00±10.00	46.25±40.63 ^x
	10	0.00±0.00	43.33±25.17	93.33±2.89	56.67±5.77	48.33±36.58 ^x
	20	0.00±0.00	30.00±10.00	68.33±2.89	90.00±10.00	47.08±36.71 ^x
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^d	31.11±19.00 ^c	85.56±13.33 ^a	72.22±16.41 ^b	
14 วัน	5	0.00±0.00	0.00±0.00	90.00±5.00	66.67±15.28	39.17±42.36 ^x
	10	0.00±0.00	16.67±20.82	81.67±10.41	46.67±15.28	36.25±34.58 ^x
	20	0.00±0.00	13.33±15.28	55.00±5.00	86.67±15.28	38.75±37.06 ^x
	ค่าเฉลี่ย	0.00±0.00 ^b	10.00±15.00 ^b	75.56±17.04 ^a	66.67±21.79 ^a	

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4 แสดงอัตราการรอดของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงในสารละลายไคบิวทิว ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆกันตลอดช่วงการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการทดลองสารเคมีบางประเภทที่มีผลต่อการอยู่รอดของกุ้งเครย์ฟิช 2 สายพันธุ์ คือ *C. quadricarinatus* และ *P. clarkei* โดยแต่ละชนิดทดลองในกุ้ง 2 ขนาด คือ ความยาว 1 เซนติเมตร และ ความยาว 2.5 เซนติเมตร ที่เลี้ยงในตู้ทดลองขนาด 4.5 x 9 x 7.5 นิ้ว ระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยทดลองเลี้ยงในสารเคมี 4 สาร คือ ต่างทับทิม ฟอรัมาลีน ไทลูอิน และไคบิวทิล พทาเลต ที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ ตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ทดสอบ ในช่วงเวลาต่างกัน พบว่า

การทดลองในสารละลายต่างทับทิม ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในกุ้ง *C. quadricarinatus* มีความทนต่อสารละลายต่างทับทิมค่อนข้างต่ำ โดยกุ้งขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 วัน ในกุ้งทดลองขนาด 2.5 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 วัน สำหรับกุ้ง *P. clarkei* มีความทนต่อสารละลายต่างทับทิมมากกว่ากุ้ง *C. quadricarinatus* โดยพบว่า กุ้ง *P. clarkei* ขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 88.33 ± 20.21 และ 25.00 ± 22.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกุ้งขนาด 2.5 เซนติเมตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 4 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 12 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 56.67 ± 5.77 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ สารละลายต่างทับทิมเป็นสารเคมีมีการนำมาใช้ในการรักษาโรค รวมทั้งใช้กำจัดปรสิตในอาหารสัตว์น้ำมีชีวิตร และ ใช้ฆ่าเชื้อโรคสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง กรมประมง (2553); สุตาและคณะ (2556) การใช้สารละลายต่างทับทิมในการรักษาโรค ที่ระดับความเข้มข้น

2-4 มิลลิกรัมต่อลิตร รักษาโดยการแช่ตลอด ซึ่งการรักษาดังกล่าวเน้นการรักษาในปลา ทั้งนี้หากนำมาใช้ในการรักษาสัตว์น้ำจำพวกกุ้ง การรักษาโดยการแช่ตลอดอาจไม่สามารถทำได้

การทดลองในสารละลายฟอร์มาลีน ที่ระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในกุ้ง *C. quadricarinatus* มีความทนต่อสารละลายต่างทึบที่ค่อนข้างต่ำ โดยกุ้งขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 วัน ในกุ้งทดลองขนาด 2.5 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 12 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 14 วัน สำหรับกุ้ง *P. clarkeii* มีความทนต่อสารละลายฟอร์มาลีนได้ค่อนข้างมาก โดยพบว่า กุ้งขนาด 1 เซนติเมตร ที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 95.00 ± 0.00 , 88.33 ± 2.89 และ 78.33 ± 24.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกุ้งขนาด 2.5 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 90.00 ± 0.00 , 90.00 ± 10.00 และ 50.00 ± 10.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้สารละลายฟอร์มาลีน เป็นสารเคมีมีการนำมาใช้ในการรักษาโรคทั้งโรคที่เกิดจากปรสิตภายนอก และการติดเชื้อแบคทีเรียภายนอก กรมประมง (2553); สุตาและคณะ (2556) รายงานว่าการใช้สารละลายฟอร์มาลีนในการรักษาโรค ที่ระดับความเข้มข้น 25-50 มิลลิกรัมต่อลิตร รักษาโดยการแช่นาน 24-48 ชั่วโมง และที่ระดับความเข้มข้น 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร รักษาโดยการแช่นาน 1 ชั่วโมง

การทดลองในสารละลายไทลูอิน ที่ระดับความเข้มข้น 60, 120 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในกุ้ง *C. quadricarinatus* มีความทนต่อสารละลายไทลูอินได้น้อยกว่ากุ้ง *P. clarkeii* โดยกุ้งขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 60 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 วัน สำหรับกุ้งขนาด 2.5 เซนติเมตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 240 เป็นเวลา 10 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 60 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 16.67 ± 5.77 และ 10.00 ± 10.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกุ้ง *P. clarkeii* ขนาด 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอดเป็น 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 240 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 วัน และที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้น 60 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 81.67 ± 2.89 และ 21.67 ± 25.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กุ้งขนาด 2.5 เซนติเมตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้น 240 เป็นเวลา 10 วัน และ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 60.00 ± 17.32 และ 30.00 ± 26.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Dange and Masurekar (1980) ทดสอบความเป็นพิษของไทลูอินที่มีผลต่อปลา tilapia (*Sarotherodon mossambicus*) โดยเลี้ยงปลาในน้ำที่มีไทลูอิน 25 หรือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีผลต่อการตายของสัตว์ทดลองแต่มีผลกระทบต่อระบบประสาท

การทดลองในสารละลายไดบีทิล พทาเลต ที่ระดับความเข้มข้น 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า กุ้ง *C. quadricarinatus* 1 เซนติเมตร ที่เลี้ยงในสารละลายไดบีทิล พทาเลต ทุกระดับความเข้มข้น กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 8 วันหลังทดลองเลี้ยง กุ้ง *C. quadricarinatus* 2.5 เซนติเมตร ที่เลี้ยงในสารละลายไดบีทิล พทาเลต เข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งมีอัตราการรอด 0 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 14 วันหลังทดลองเลี้ยง ในส่วนที่เลี้ยงในความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 16.67 ± 20.82 และ 13.30 ± 15.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับกุ้ง *P. clarkeii* มีความทนต่อสารละลายไดบีทิล พทาเลต ได้ค่อนข้างมาก โดยพบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้ง *P. clarkeii* 1 เซนติเมตร มีอัตราการรอด 90.00 ± 5.00 , 81.67 ± 10.41 และ 55.00 ± 5.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ กุ้ง *P. clarkeii* 2.5 เซนติเมตร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน กุ้งมีอัตราการรอด 66.67 ± 15.28 , 46.67 ± 15.28 และ 86.67 ± 15.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Shen et al (2019) ทดสอบความเป็นพิษของไดบีทิลที่มีต่อ *Daphnia magna* พบว่า มีค่า LC50 ที่ 4.92 และ 4.31 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพระนครศรีอยุธยา ที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณสิรินภา จันทรรัตน์ คุณพิมพ์ขวัญ จุลรัชเสียร คุณวิสาชา ปุณยกรณ และ คุณปรีชา นทีมณฑล ที่ทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2553. การป้องกันและกำจัดโรคปลา. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำจืด, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 33 หน้า.
- กลุ่มเศรษฐกิจการประมง. 2560. กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง กรมประมง.
<https://sites.google.com/site/crayfishfarmajpeeboy/home/body-lotion>. 2562.
 การเริ่มต้นเลี้ยงกุ้งก้ามแดง.
- สุดา ตัณฑวนิช, เต็มดวง สมศิริ, พุทธิรัตน์ เป้าประเสริฐกุล และ เบญจพร สัมฤทธิ์เวช. 2556. ยาและสารเคมีเพื่อการป้องกัน และรักษาโรคสัตว์น้ำ. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 25 หน้า.
- เสาวลักษณ์. 2560. อันตรายจากน้ำยาทาเล็บ. https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/64774/-blog-blog_wombeaoth-blog_wombea-blog_wom- (28 ธันวาคม 2560).
- Dange A. D. and Masurekar V. B. 1980. Toluene toxicity: Effects of sublethal levels on enzyme activities in seawater adapted tilapia (*Sarotherodon mossambicus* Peters). Department of Zoology, Institute of Science, Madam Cama Road, Bombay. p 129-134.
- Shen C., Wei J., Wang T. and Wang Y. 2019. Acute toxicity and responses of antioxidant systems to dibutyl phthalate in neonate and adult *Daphnia magna*. Laboratory of Hydrobiology in Liaoning Province, Dalian Ocean University, Dalian, China. 20 pp.