

## ผลของความหนาแน่นต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลากาดำในระบบน้ำ หมุนเวียนโดยใช้ฟองอากาศขนาดเล็ก

เอกชัย ดวงใจ<sup>1</sup>\*

<sup>1</sup> ภาควิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านน่าน  
59 หมู่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

รับบทความ กรกฎาคม 2561 ตอรับบทความ พฤศจิกายน 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 15 พฤษภาคม 2563

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลากาดำในระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็ก แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ 2 ซ้ำ ปลอกปลาที่ความหนาแน่นต่างกัน 4 ระดับ คือ 20 30 40 และ 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ การทดลองใช้ปลากาดำอายุ 5 เดือน น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 5 กรัมต่อตัว ตลอดระยะเวลาการทดลอง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านน่าน ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2561 ให้ปลากินอาหารเม็ดสำเร็จรูปโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักตัวต่อวัน กระทั่งสิ้นสุดการทดลอง 80 วัน จึงทำการสุ่มปลาทดลองออกแต่ละกลุ่ม ๆ ละ 30 ตัว บันทึกน้ำหนักและจำนวนปลาที่เหลือ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ย (ADG) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (PWG) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (SGR) และอัตราการตายเฉลี่ย รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ผลการศึกษาพบว่า ปลาทดลองกลุ่มที่ 1 (20 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร) ปลามีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด ( $p < 0.05$ ) เท่ากับ  $75.05 \pm 30.36$  กรัมต่อตัว  $0.75 \pm 0.29$  กรัมต่อตัวต่อวัน  $1364.55 \pm 603.20$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และ  $3.12 \pm 0.38$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ ในขณะที่อัตราการตายของปลาทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มทดลอง เช่นเดียวกับผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทั้ง 3 ค่า พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มทดลอง

**คำสำคัญ:** ปลากาดำ ระบบน้ำหมุนเวียน การเจริญเติบโตและอัตราการรอด

**The effect of stocking density on the growth and survival of *Labeo chrysophekadion* fish in the recirculating system using micro bubbles water**

**Ekachai Duangjai<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Animal and Fisheries Science, Faculty of Science and Agriculture Technology,  
Rajamangala University of Technology Lanna Nan  
59 Moo 13, Fai Kaeo, Phu Phiang District, Nan, Thailand 55000

Receive: July 2018 Accepted: November 2018 Published online: 15 May 2020

© 2018 Rajamangala University of Techonoly Lanna. All right reserved.

---

**Abstract**

This study was aimed to examine growth and survival of *Labeo chrysophekadion* (Bleeker, 1849) fish in the recirculating system using micro bubbles water. The experiment were assigned as four experimental groups using 20, 30, 40 and 50 fish m<sup>-3</sup> for group1, 2, 3 and 4, respectively with two replications in each group. The average initial body weights of fish were about 5 g fish<sup>-1</sup>. Fish were reared in fish tank (3 m<sup>3</sup>) at Rajamangala University of Technology Lanna Nan during July – August, 2018. Fish were fed by 32% protein commercial diets at 3% gbw day<sup>-1</sup>. At the end of culturing (80 days), 30 fish group<sup>-1</sup> were collected to examine growth and survival of fish. The results were evaluated of growth of fish demonstrated that fish of group1 were highest of average daily gain (75.05±30.36 gfish<sup>-1</sup>), percentage of weight gain (1364.55±603.20 %day<sup>-1</sup>) and specific growth rate (0.75±0.29 g/fish/day) followed by fish in group 4, 3 and 2, respectively. While they were not significantly different in survival of fish as well as three water quality parameters were not significantly different (p>0.05) in each experimental group.

**Keywords:** *Labeo chrysophekadion*, Recirculating system, Growth and survival

## 1. บทนำ

ปลากาเป็นปลาน้ำจืดขนาดกลาง นิยมนำมาบริโภคโดยการปรุงเมนูอาหาร โดยเฉพาะปลา เนื่องจากเป็นปลาขนาดใหญ่มีเนื้อมาก ในขณะที่แหล่งผลิตปลาชนิดนี้ ส่วนใหญ่พบตามอ่างเก็บน้ำทางภาคเหนือ รวมทั้งแม่น้ำสายสำคัญของประเทศ เช่น แม่น้ำน่าน แม่น้ำปิง ส่วนใหญ่มีรูปแบบการเลี้ยงแบบกระชังแขวงลอยตามริมแม่น้ำ อย่างไรก็ตาม จากความไม่แน่นอนของธรรมชาติ เช่น ปริมาณน้ำฝน สภาพอากาศหนาว ปริมาณการใช้ยาและสารเคมีทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติลดลง และไม่ปลอดภัยสำหรับการนำเนื้อปลาไปปรุงเป็นอาหารได้ อีกแนวทางการสร้างความเชื่อมั่นด้านอาหารปลอดภัยจากสัตว์น้ำ ในบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น มาเลเซีย และสิงคโปร์ ได้กำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาภัยธรรมชาติดังกล่าวข้างต้น ด้วยการส่งเสริมให้เกษตรกรที่เกี่ยวข้องด้านเกษตรกรรมปรับเปลี่ยนวิธีการเลี้ยงสัตว์น้ำ กลางแจ้ง (outdoor system) เป็นในร่ม (indoor system) ซึ่งข้อดีของการทำเกษตรในร่ม คือ สามารถที่จะจัดการผลผลิตได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เช่น การควบคุมคุณภาพผลผลิต การวางแผนการผลิต รวมทั้งสามารถที่จะพัฒนาระบบฟาร์มเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้พร้อม ๆ กัน อีกหนึ่งเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ เทคโนโลยีการเติมฟองอากาศขนาดเล็ก เทคโนโลยีนี้มีความสามารถในการผลิตฟองอากาศขนาดเล็กระดับ 100-200 ไมโครเมตร มีคงตัวอยู่ในน้ำได้นานและที่สำคัญคือ ช่วยรักษาระดับออกซิเจนในน้ำที่ระดับผิวน้ำกับก้นบ่อใกล้เคียงกัน เนื่องจากฟองอากาศมีขนาดเล็กมากมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมาก ทำให้สามารถละลายหรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว (Takahashi, 2003; Agarwal et al., 2011) โดยเฉพาะน้ำได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำ ซึ่งทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป จึงอยู่ในของเหลวหรือน้ำได้นานกว่าสภาวะปกติ ลดการขุ่นของน้ำจากสารแขวนลอย แสงแดดส่องลงไปได้ลึกในบ่อ

ทำให้แพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นอาหารสัตว์เจริญได้ดี ด้านคุณสมบัติต่อคุณภาพของสัตว์น้ำ (Nobui et al., 2002) เช่น ทำให้สัตว์น้ำสุขภาพดี แข็งแรง เติบโตไว มีภูมิคุ้มกันต่อโรคต่าง ๆ สูง ได้แก่ ลดภาระค่าใช้จ่ายในการป้องกันและยารักษาโรคสัตว์น้ำและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอ ลดระยะเวลาในการเลี้ยงแต่ละรอบการเลี้ยง (Matsuo et al., 2006) จากข้อดีของเทคโนโลยีการเติมฟองอากาศขนาดเล็ก ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ประกอบกับปัจจุบันนักวิจัยกำลังแสวงหาแนวทางในการลดปัญหาด้านความเสี่ยงจากปัญหาภัยธรรมชาติ ยาและสารเคมีทางการเกษตรซึ่งส่งผลกระทบต่อทางด้านลบต่อกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำของไทย ดังนั้นการศึกษารังนี้ จึงได้ทำการศึกษากาเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลากาดำในรูปแบบการเลี้ยงปลากาดำจากเดิมเป็นรูปแบบการเลี้ยงแบบกลางแจ้ง มาเป็นระบบการเลี้ยงปลาในร่ม ทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมผลผลิตปลาให้ได้คุณภาพคงที่ โดยใช้เทคโนโลยีการเติมฟองอากาศขนาดเล็กในระบบเลี้ยง นอกจากกิจกรรมดังกล่าวสามารถที่จะช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนด้านประมงแก่นักศึกษาและบุคลากรมทร.ล้านนา แล้ว การดำเนินงานข้างต้นยังสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้อาชีพทางเลือกของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดน่านและใกล้เคียง ทางด้านการเลี้ยงปลาตามแนวความคิดการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ และนโยบายของรัฐบาลภายใต้โมเดล ไทยแลนด์ 4.0 เน้นในเรื่องการพัฒนาสู่ ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน ด้วยการสร้างเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากาดำและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบางประการในสภาพแวดล้อมการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนโดยใช้ฟองอากาศขนาดเล็ก

## 3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการตายของปลาในระหว่างการเลี้ยงในรูปแบบต่าง ๆ ปัจจุบันไม่ใช่เรื่องที่พบบ่อยหรือเรื่อง

แปลกใหม่ เหตุการณ์ดังกล่าวเริ่มเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่การเริ่มกิจกรรมการเพาะเลี้ยงปลา เพียงแต่จำนวนปลาที่ตายจะมากหรือน้อย ขึ้นกับรูปแบบการจัดการของผู้เพาะเลี้ยงเป็นสำคัญ คุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงปลา เป็นปัจจัยสำคัญและมีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโต พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์ การเกิดโรค และปรสิต การผสมพันธุ์วางไข่ และการตายของปลา ซึ่งกิจกรรมการเลี้ยงปลาที่มุ่งหวังจะให้มีประสิทธิภาพ ผลผลิตเกิดขึ้นในระดับสูงนั้น จำเป็นต้องมีการจัดการให้น้ำในบ่อปลามีคุณภาพดี และมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาเป็นสำคัญ (Boyd, 1990) ในรายงานการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลานั้นมีมากมาย เช่น อาหาร ความหนาแน่นของปลา แนวโน้มการเกิดโรคและปรสิต สภาพภูมิอากาศ คุณภาพของน้ำ เป็นต้น และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยผันแปรหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ ปริมาณอินทรีย์และปริมาณอินทรีย์สารในน้ำ (ชโล ลิมสุวรรณ, 2546; Boyd, 1987, 1990) โดยทั่วไประดับน้ำเมื่อเริ่มเลี้ยงปลาควรจะประมาณ 50 เซนติเมตร เมื่อเริ่มอนุบาลไปได้ระยะหนึ่งจึงเพิ่มระดับน้ำให้สูงจากเดิมวันละ 5-10 เซนติเมตร ในแต่ละวันนั้น ควรมีการดูดสิ่งขับถ่ายตลอดจนเศษอาหารทิ้งทุกวัน คุณสมบัติของน้ำ นอกจากนั้น ยังพบการรายงานเพิ่มเติมด้านคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 3 ส่วนในล้านส่วน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับปลาในเขตร้อนควรอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส ระดับความขุ่นน้ำไม่ควรเกิน 20,000 หน่วย (Unit) ระดับความเข้มข้นคาร์บอนไดออกไซด์อิสระไม่ควรสูงเกิน 5 ส่วนในล้านส่วน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ควรมีค่า 6.5-9.0 ค่าความกระด้างโดยตัวมันเอง ไม่ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ แต่กลับช่วยลดพิษของสารพิษในน้ำอีกด้วย ความกระด้างของน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ควรอยู่ในระดับ 75-300 ส่วนในล้านส่วน (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528; ชโล ลิมสุวรรณ, 2546; Boyd,

1990) สอดคล้องในรายงานการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ จำแนกได้ 4 ด้าน คือ ด้านเคมี ด้านชีววิทยา ด้านกายภาพ และด้านการจัดการ ปัจจัยเหล่านี้จะก่อให้เกิดความเครียดต่อสัตว์น้ำ ซึ่งจะส่งผลให้สัตว์น้ำเกิดความผิดปกติในร่างกาย (McAnulty et al. 2003) ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปัจจุบัน โดยเฉพาะเทคโนโลยีการเติมฟองอากาศขนาดเล็ก ลงในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งจะช่วยรักษาค่าออกซิเจนของน้ำที่ระดับผิวน้ำกับก้นบ่อใกล้เคียงกันเนื่องจากฟองอากาศมีขนาดเล็กมาก ในปัจจุบันมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การบำบัดน้ำเสีย (พลสินธุ์ วิวัฒน์, 2560) และมีความสมบัติพิเศษต่างจากฟองอากาศทั่วไป เช่น การทำความสะอาดพื้นผิว (Matsuo et al., 2006) และเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Endo et al., 2008) ทำให้ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการเติมฟองอากาศขนาดเล็กมาประยุกต์ใช้ในการช่วยเสริมการผลิตสัตว์น้ำ (Matsuo et al., 2006; Nobui et al., 2002) ช่วยกำจัดการสะสมของเสียในบ่อเลี้ยง (Wu et al., 2007) เช่นเดียวกับผลการศึกษาในพืชเศรษฐกิจ Oshita and Liu (2013) ได้รายงานไว้ว่า การเติมฟองอากาศขนาดเล็กลงส่งเสริมให้ความสูงของลำต้นและมีความยาวรากพัฒนาดีกว่าการใช้น้ำทั่วไป เช่นเดียวกับ Ikeura et. al. (2014) พบว่า ฟองอากาศขนาดเล็กสามารถให้เกิดกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ โดยกิจกรรมการออกพีชข้างต้น Davies (2004) ได้กล่าวไว้ว่า การเติมฟองอากาศขนาดเล็กในระบบการเพาะขยายพันธุ์พืชอาจสนับสนุนกิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์ แอลฟา อะไมเลส นอกจากนั้น Agarwal et al. (2011) ได้กล่าวไว้ว่า ฟองอากาศขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมาก ทำให้ความสามารถละลายในตัวกลางที่เป็นของเหลวโดยเฉพาะน้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำ ซึ่งทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป จึงมีคุณสมบัติพิเศษต่างจากฟองอากาศทั่วไป อาทิเช่น การทำความ

สะอาดพื้นผิวบ่อ (Matsuo et al., 2006) การผ่อนคลายกล้ามเนื้อ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (Endo et al., 2008; Tanaka et al., 2004) เป็นต้น

#### 4. วิธีการวิจัย

##### 4.1 การวางแผนการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง (treatment) ชุดการทดลองละ 2 ซ้ำ (replication) ปัจจัยที่ต้องการศึกษา คือ อัตราความหนาแน่นของการเลี้ยงปลาในบ่อทดลอง โดยแบ่งชุดการทดลองที่ 1 2 3 และ 4 ปลอยปลาที่อัตราความหนาแน่น 20 30 40 และ 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดำเนินการทดลอง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2561 เป็นระยะเวลา 80 วัน

##### 4.2 การเตรียมปลาทดลอง

เตรียมปลากาดำ อายุ 5 เดือน ขนาดน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย ประมาณ 3 กรัม ที่ได้จากการเพาะพันธุ์ในรุ่นเดียวกัน จากนั้นล้างเสียมาช้อนในบ่อพลาสติก ขนาด 3 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยให้อาหารเม็ดสำเร็จรูประดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 น. และ 17.00 น. ใช้ระยะเวลาในการช้อน ประมาณ 2 เดือน ให้ได้ปลาขนาดน้ำหนักประมาณ 5 กรัม จากนั้นสุ่มปลาทดลองที่มีขนาดใกล้เคียงกันนำมาทดลอง โดยสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเฉลี่ย จำนวน 30 เปอร์เซ็นต์ของปลาทั้งหมดในแต่ละชุดการทดลอง และชั่งน้ำหนักปลารวมในแต่ละชุดการทดลอง ก่อนปลอยลงเลี้ยงตามแผนการทดลอง



รูปที่ 1 ลักษณะปลาทดลองเริ่มต้นการทดลอง

##### 4.3 การเตรียมหน่วยทดลอง

ใช้ถังน้ำพลาสติก ขนาดน้ำ 3,000 ลิตร เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรความจุทั้งหมด ใช้ตาข่ายพลาสติก ขนาดตา 2 เซนติเมตร คลุมปิดปากบ่อเพื่อป้องกันศัตรูปลา จากนั้นติดตั้งปั้มน้ำขนาด 90 วัตต์ อัตราไหล 4,000 ลิตรต่อชั่วโมง ตำแหน่งตรงกลางบ่อ สูบ จ่ายน้ำให้เกิดการหมุนวนน้ำและรวบรวมตะกอนสารอินทรีย์ที่เกิดในบ่อทดลอง ส่งน้ำไปไหลเวียนไปยังถังกรองชีวภาพ ปลอยให้น้ำไหลผ่านรากพืชย้อนกลับมายังบ่อเลี้ยงปลาทดลองตามแนวดิ่ง ซึ่งแต่ละบ่อทดลองจะทำการแยกกระบอกการปั้มน้ำออกจากกัน ในขณะที่ระบบตัวกรองชีวภาพใช้กระบอกพลาสติกสีส้ม ปริมาตร 400 ลิตร ด้านในบรรจุด้วยใยกรองชนิดหยาบ และพืชหน้า จากนั้นนำมาเลี้ยงด้วยน้ำปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง กระทั่งพืชมีระบบรากที่แข็งแรงจึงย้ายมาตั้งบนถังเลี้ยงปลา



รูปที่ 2 ลักษณะของหน่วยทดลอง ณ มทร.ล้านนา น่าน

##### 4.4 การให้อาหารและการจัดการคุณภาพน้ำ

ให้อาหารสำเร็จรูปเม็ดจมน้ำระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ปลากินจนอิ่ม วันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 น. และเวลา 17.00 น. ต่อเนื่อง 80 วัน ควคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาทั้ง 4 กลุ่มทดลอง โดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่มีควบคุมอุณหภูมิ

#### 4.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

สิ้นการทดลองทำการวัดคุณภาพน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ เวลา 07.00 น. จากนั้น นำไปวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และวัดอุณหภูมิ น้ำ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำสำเร็จรูป ยี่ห้อ Horiba U-50 (Horiba, Japan)

#### 4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าน้ำหนักเริ่มต้น ค่าน้ำหนักสุดท้าย ค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (PWG) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และค่าจำนวนปลาที่รอดตาย ค่าอุณหภูมิของน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (กัลยา, 2543) และทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาทดลอง ดังนี้

- อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน = ( น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย - น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น) / จำนวนวันที่เลี้ยง,
- เปอร์เซนต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น = [(น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย - น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น) / น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น] x 100
- อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) =  $[(\ln \text{ น้ำหนักปลาสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเริ่มต้น}) / \text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}] \times 100$
- อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์) =  $[\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเริ่มต้นการทดลอง}] \times 100$

#### 5. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของปลาทดลองทั้ง 4 กลุ่มทดลอง พบว่า ปลามีค่าน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย คือ  $5.14 \pm 0.09$ ,  $5.16 \pm 0.18$ ,  $5.19 \pm 0.10$  และ  $5.12$

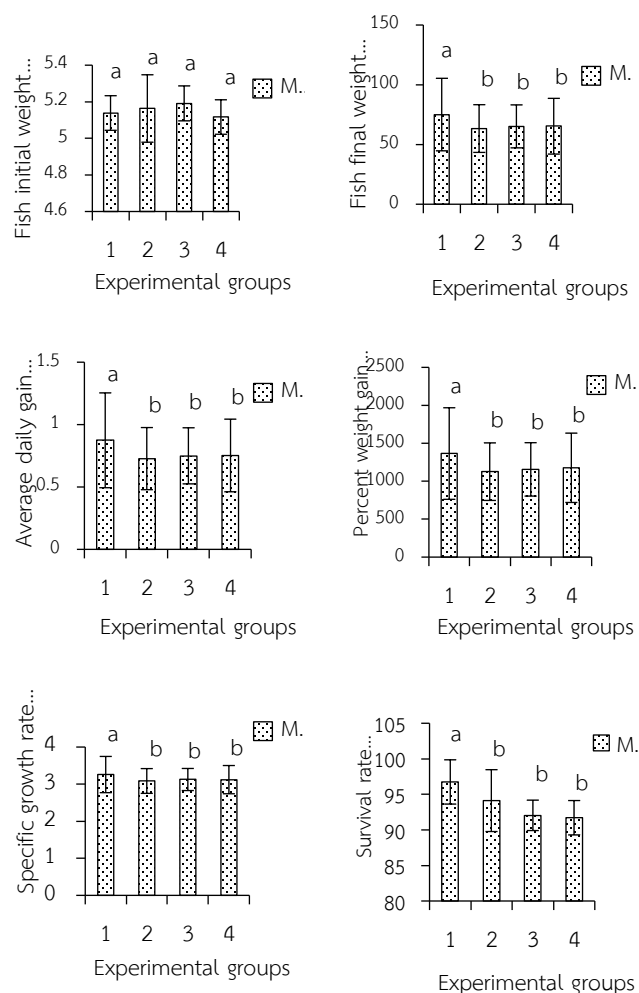
$\pm 0.09$  กรัมต่อตัว ในกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย คือ  $75.05 \pm 30.36$ ,  $63.34 \pm 19.96$ ,  $65.15 \pm 17.98$ , และ  $65.32 \pm 23.30$  กรัมต่อตัว ในกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันเฉลี่ย (ADG) (กรัมต่อตัวต่อวัน) ( $n=30$ ) พบว่า ปลาทดลองกลุ่มทดลองที่ 1 ( $0.87 \pm 0.38$  กรัมต่อตัวต่อวัน) มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด ( $p>0.05$ ) รองลงมาปลาทดลองกลุ่มที่ 4 ( $0.75 \pm 0.29$  กรัมต่อตัวต่อวัน) ปลาทดลองกลุ่มที่ 3 ( $0.75 \pm 0.22$  กรัมต่อตัวต่อวัน) และปลาทดลองกลุ่มที่ 2 ( $0.73 \pm 0.25$  กรัมต่อตัวต่อวัน) ตามลำดับ ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ( $n=30$ ) พบว่า ปลาทดลองกลุ่มที่ 1 ( $3.26 \pm 0.49$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) มีค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงสุด ( $p>0.05$ ) รองลงมาปลาทดลองกลุ่มที่ 4 ( $3.12 \pm 0.38$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ปลาทดลองกลุ่มที่ 3 ( $3.12 \pm 0.30$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) และปลาทดลองกลุ่มที่ 2 ( $3.08 \pm 0.33$  เปอร์เซ็นต์ต่อวัน) ตามลำดับ ค่าอัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) พบว่า ปลาทดลองกลุ่มที่ 1 ( $96.75 \pm 3.11$  เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยสูงสุด ( $p<0.05$ ) รองลงมาปลาทดลองกลุ่มที่ 2 ( $94.12 \pm 4.35$  เปอร์เซ็นต์) ปลาทดลองกลุ่มที่ 3 ( $92.05 \pm 2.14$  เปอร์เซ็นต์) และปลาทดลองกลุ่มที่ 4 ( $91.71 \pm 2.42$  เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อปลาทดลอง จำนวน 4 กลุ่มทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยในแต่ละบ่อทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) โดยค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ดังนี้ บ่อทดลองกลุ่มที่ 1 ( $29.95 \pm 0.04$  องศาเซลเซียส) รองลงมา คือ ค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อทดลองกลุ่มที่ 3 ( $28.98 \pm 0.06$  องศาเซลเซียส) บ่อทดลองบ่อกลุ่มที่ 4 ( $29.02 \pm 0.05$  องศาเซลเซียส) บ่อทดลองบ่อกลุ่มที่ 2 ( $28.98 \pm 0.06$  องศาเซลเซียส) ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย ในแต่ละบ่อทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยสูงสุด ดังนี้ บ่อทดลองกลุ่มที่ 2 ( $8.87 \pm 0.06$ ) รองลงมา คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในบ่อทดลองกลุ่มที่ 5 ( $8.87 \pm 0.05$ ) บ่อ

ทดลองบ่อที่ 1 ( $8.86 \pm 0.04$ ) บ่อทดลองบ่อที่ 3 ( $8.85 \pm 0.05$ ) บ่อทดลองบ่อที่ 4 ( $8.84 \pm 0.06$ ) ตามลำดับ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในแต่ละบ่อทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยสูงสุดดังนี้ บ่อทดลองกลุ่มที่ 3 ( $7.96 \pm 0.05$  มิลลิกรัมต่อลิตร) รองลงมา คือ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในบ่อทดลองกลุ่มที่ 1 ( $7.94 \pm 0.06$  มิลลิกรัมต่อลิตร) บ่อทดลองบ่อกลุ่มที่ 4 ( $7.76 \pm 0.05$  มิลลิกรัมต่อลิตร) บ่อทดลองบ่อกลุ่มที่ 2 ( $7.86 \pm 0.06$  มิลลิกรัมต่อลิตร) ตาม ลำดับ

## 6. อภิปรายผลการวิจัย

การเลี้ยงปลากาดำในระบบน้ำกึ่งหมุนเวียนโดยใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็ก ด้วยอัตราความหนาแน่นต่างกัน 4 ระดับ คือ 20 30 40 และ 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ในบ่อทดลองกลางแจ้ง (outdoor system) เป็นระยะเวลา 80 วัน สิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลากาดำที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 20 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ปลามีการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงสุด ( $P < 0.05$ ) ผลข้างต้นสอดคล้องกับ Thienchareon et al. (1990) and Chabjinda et al. (1992) ได้รายงานไว้ว่า ปลาน้ำจืดซึ่งอยู่ในวงศ์ปลาตะเพียน การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ตรงกันข้ามกับอัตราความหนาแน่นที่ปล่อยเลี้ยง โดยที่อัตราปล่อยความหนาแน่นที่สูงขึ้น ปลาจะมีความเครียดมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง และอาจส่งผลให้อัตราการรอดของปลาลดลงตามมา เช่นเดียวกับในรายงานการศึกษาของ สมปอง และคณะ (2534) ได้รายงานไว้ว่า ปลานิลที่เลี้ยงที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ปลามีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงกว่าการเลี้ยงปลานิลที่อัตราความหนาแน่น 100 และ 150 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร Chabjinda et al. (1992) พบว่า การปล่อยปลาลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูง แม้ว่าจะจัดเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตปลาต่อหน่วย แต่ควรพิจารณาถึงอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสม ที่จะทำให้ปลาที่มีการเจริญเติบโตดีและอัตราการรอดที่สูง รวมทั้งตรงตามวัตถุประสงค์ของการ

เลี้ยง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับรูปแบบการเลี้ยง ระยะเวลาการเลี้ยง ชนิดของปลา อายุและขนาดปลาที่เริ่มเลี้ยง ขนาดของบ่อที่ใช้เลี้ยง และอัตราการเปลี่ยนน้ำ รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เลี้ยงปลา (Chabjinda et al., 1992; Gorda, 2001 และ Leelapatra et al., 2000) เช่นเดียวกับผลการทดสอบความแตกต่างของค่าการเจริญเติบโตของปลาทดลอง 4 ด้าน คือ ค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันเฉลี่ย (ADG) ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (SGR) และค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (PWG) พบว่า การเลี้ยงปลาทดลองที่อัตราความหนาแน่นต่างกัน 4 ระดับ มีผลต่อค่าการเจริญเติบโตของปลาทดลอง 4 ด้าน แตกต่างกัน กล่าวคือ ชุดการทดลองที่อัตราความหนาแน่นต่ำ (20 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร) จะพบว่า มีค่าการ





รูปที่ 4 ลักษณะปลากาดำเมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละกลุ่ม

เจริญเติบโตของปลาทดลองสูงกว่า ( $P < 0.05$ ) ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่น 30 40 และ 50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาข้างต้นอาจเนื่องมาจากการเลี้ยงปลาทดลองที่อัตราความหนาแน่นต่ำ อาจจะมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในบ่อทดลอง ส่งผลให้บ่อทดลองมีระดับออกซิเจนที่เพียงพอสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ในบ่อทดลองและถึงกรองชีพภาพ สอดคล้องในรายงานของ Boyd (1990) ได้รายงานไว้ว่า ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และยังเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในน้ำ โดยอัตราการใช้ออกซิเจนของสัตว์น้ำจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิด เช่น ปลาทองและปลาไนที่ถูกกระตุ้นให้เคลื่อนไหวจะใช้ออกซิเจนในอัตรา 237 และ 885 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (Basu, 1959) ปลานิลใช้ออกซิเจนในอัตรา 220 – 458 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง (Farmer and Beamish, 2011) อย่างไรก็ตาม ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ในระดับต่ำหรือสูงเกินไป แม้ว่าจะไม่ทำให้สัตว์อ่อนแอติดโรคง่าย แต่ปริมาณออกซิเจนที่สูงระดับ 150 เปอร์เซ็นต์ของจุดอิ่มตัว มีผลให้ปลาเป็นโรคมามากขึ้น (Boyd, 1990) เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำพบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยสูงสุดปรากฏในบ่อทดลองกลุ่มที่ 3 ( $7.96 \pm 0.05$  มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่โดยภาพรวมพบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยจะไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ใน 4 กลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราความหนาแน่น

ของปลาในแต่ละกลุ่มทดลอง จะพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 (20 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร) ปลามีการปลดปล่อยของเสียในรูปของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) เข้าสู่ น้ำต่ำสุด นั้นหมายถึงแหล่งน้ำมีประสิทธิภาพในการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชันสูงสุด จึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียน้อยสุดในบ่อทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ปลาในกลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าการเจริญเติบโตสูงสุด สอดคล้องกับ Boyd (1990) ได้รายงานไว้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการกำจัดปริมาณของแอมโมเนียในแหล่งน้ำ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสาร อินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ปริมาณออกซิเจน พีเอชน้ำ (6.5-8.5) และอุณหภูมิมีผลกระทบต่อกระบวนการดีไนตริฟิเคชันมาก โดยอุณหภูมิที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 25 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า ปฏิกริยายังอยู่ในอัตราที่เร็วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นไปจนถึงระดับประมาณ 60 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยสูงสุด ปรากฏในบ่อทดลองกลุ่มที่ 1 ( $29.95 \pm 0.04$  องศาเซลเซียส) ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5–8.5 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ทั้ง 4 กลุ่มทดลอง

## 7. สรุป

ปลาทดลองในกลุ่มที่ 1 ปลามีค่าน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย ค่าอัตราการเจริญเติบโตวันเฉลี่ยค่าเปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงสุด ( $p < 0.05$ ) ผลการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในแต่ละหน่วยทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่าคุณภาพน้ำทั้ง 3 พารามิเตอร์ ในแต่ละหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยค่าอุณหภูมิ น้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.98 -29.95 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง (8.84-8.87) และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง (7.86 -7.96 มิลลิกรัมต่อลิตร) ผลการศึกษาข้างต้นสามารถนำรูปแบบการศึกษานี้ไปใช้ในปลาชนิดนี้ต่างที่ช่วงอายุอื่น

ปลาชนิดอื่น ระบบการเลี้ยง สภาพแวดล้อมที่แตกต่าง กัน รวมทั้งควรทำการศึกษาในระดับความหนาแน่น เพิ่มขึ้น เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลง ของคุณภาพน้ำในระบบน้ำหมุนเวียน โดยใช้เทคโนโลยี ฟองอากาศขนาดเล็กต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยโครงการนี้ได้รับการสนับสนุน งบประมาณจากโครงการเมืองนวัตกรรมเกษตรและ อาหารล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2561 คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มทร. ล้านนา ภายใต้โครงการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดเล็กเพื่อ เพิ่มผลผลิตปลาต่อหน่วยพื้นที่ในระบบน้ำกึ่ง หมุนเวียน รวมทั้งได้รับการสนับสนุนเครื่องมือตรวจวัด คุณภาพน้ำ และเครื่องผลิตฟองอากาศขนาดเล็ก จาก ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านการประยุกต์ใช้ ไฟฟ้าแรงสูงพลาสมาและไมโครนาโนบีเบิ้ลเพื่อ การเกษตรและการประมงขั้นสูง มทร.ล้านนา

### เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2543). การใช้ **SPSS for Windows** ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ห้างหุ้นส่วน จากัด ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ, กรุงเทพฯ. 594 หน้า.
- ชลอ ลิ้มสุวรรณ. (2546). แนะนำเทคนิคบางจุดในการเลี้ยง แวนนาไมเพื่อความสำเเร็จ. นิตยสารสัตว์น้ำ ฉบับที่ 161. หน้า 75 -78.
- พลสินธุ์ วิวัฒน์. (2561). นาโนบีเบิ้ลทางเลือกใหม่ใน การเพาะเลี้ยง [ออนไลน์] ได้จาก : <http://www.Nica online.com>
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. (2528). คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับงานวิจัย ทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรม ประมง. 115 หน้า.

ยนต์ มุสิก. (2542). คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อ ปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สมปอง หิรัญวัฒน์ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม และ เรณู พิ ดิพรชัย. (2534). การเลี้ยงปลานิลในกระชังใน อ่างเก็บน้ำดอกกราย จ.ระยอง. เอกสาร วิชาการฉบับที่ 133. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 36 หน้า.

Agarwal, A., Ng, W. J. and Liu, Y. (2011). Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. **Chemosphere** 84 (9): 1175–1180.

Basu, S. P. (1959). Active Respiration of Fish in Relation to Ambient Concentrations of Oxygen and Carbon Dioxide. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada** 16 (2) : 175–212.

Bleeker, P. (1849). Bijdrage tot de kennis der ichthyologische fauna van Midden- en Oost-Java, met beschrijving van eenige nieuwe species. **Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen** 23 (12) : 1-23.

Boyd. C. E. 1990. **Water Quality in Pond for Aquaculture.** Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Alabama, USA. 482 pp.

Chabjinda, K., Tienchareon, P. and Jittakorn, A. (1992). Monitoring of stocking of black shark, *Morulius chrysophekadion* (Bleeker) in Mae Ngad Somboonchon Reservoir, Chiang Mai Province. Technical Paper No. 10. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 14 pp.

- Davies, P. J. (2004). A introduction: the plant hormones: their nature, occurrence and functions. pp. 1-15. In P. J. Davies (Edited), *Plant Hormones Biosynthesis, Signal Transduction, Action!*. Kluwer Academic Publishers. New York. 750 p.
- Endo, A., Srithongouthai, S., Nashiki, H., Teshiba, I., Iwasaki, T., Hama, D. and Tsutsumi, H. (2008). DO-increasing effects of a microscopic bubble generating system in a fish farm. **Marine Pollution Bulletin** 54 (1-5) : 78-85.
- Farmer, G. J. and Beamish, F. W. H. (2011). Oxygen Consumption of *Tilapia nilotica* in Relation to Swimming Speed and Salinity. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada** 26 (11) : 2807-2821.
- Gorda, S. (2001). **Fish Propagation and Nursing Techniques**. LARReC Research Report No 0012, Vientiane. 56 pp.
- Ikeura, H., Kobayashi, F. and Tamaki, M. 2014. Hydropriming treatment of rice seeds with microbubble water. **Journal of Agricultural Science** 6 (6) : 189-194.
- Leelapatra, W.P., Srisakultiew, P. and Sukumasavin, N. (2000). **Biology and Breeding of Indigenous Mekong Fish Species in Thailand**. Management of Reservoir Fisheries in the Mekong Basin II, Vientiane.
- Matsuo, K., Maeda, K., Onari, H., Tsunami, Y. and Onari, H. (2006). Water purification of a dam lake using micro bubble technology. In: *Progress in multiphase flow research* Osaka, pp. 279–286.
- McAnulty, S. R., McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Morrow, J.D., Utter, A.C., Henson, D.A., et al. (2003). Influence of carbohydrate ingestion on oxidative stress and plasma antioxidant potential following a 3 h run. **Free Radic. Res.** 37 (8) : 835–840.
- Nobui, B., Onari, H., Onari, H., Shimose, T. and Maeda, K. (2002). Study on pearl cultivation by using micro bubble technique. *Proceeding of Annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers, JSCE* 7 (57): 499–500.
- Onari, H., Maeda, K., Matsuo, K., Yamahara, Y., Watanabe, K. and Ishikawa, N. (2002). Effect of micro-bubble technique on oyster cultivation. **Annual Journal of Hydraulic Engineering** 46 1163.
- Oshita, S. and Liu, S. (2013). Nanobubble characteristics and its application to agriculture and foods. *Proceedings of AFHW 2013. International Symposium on Agri-Foods for Health and Wealth August 5-8, 2013, Golden Tulip Sovereign Hotel, Bangkok, Thailand.*
- Takahashi, M. (2003). Constriction and collapse of micro-bubble. In: *Lecture series of the Japanese society for multiphase flow*, 28: 15–19.
- Tanaka, M., Sasaki, J., Shibayama, T. and Isobe, M. (2004). On the effect of microbubble aeration on remediation of hypoxic water in a coastal trench. *Annual Journal of Coastal Engineering, JSCE* 51, 1161–1165,
- Thienchareon, P., Ounsrisong, G., Jittakorn, A. and Sriwatanawarunyu, S. (1990). A study on production of *Morulus chrysophekadion* grown in earthy ponds. *Annual Report 1990. Chiangmai Inland Fisheries development*

Center. Inland Fisheries Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 100-113 pp.

Wu, R. S. S. , ( 1995) . The environmental impact marine fish culture: Towards a sustainable future. **Marine Pollution Bulletin** 31: 159–166.