

การวิจัยพัฒนาเครื่องฟักไข่ปลาอุกอุยแบบกรวยแมคโดนัลระบบน้ำหมุนเวียน

The Research and Development on Recirculating Water Walking Catfish Incubator System (Mc Donald Type)

อุทร ฤทธิลิก^{1*} สู้ศึก ศิลป์จารู² และ ศรีณยา รักเสรี¹

Utorn Rittiruk^{*}, Suseak Sinjaru and Saranya Rakseree

¹สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

* E-mail : Utorn_ri@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยพัฒนาเครื่องฟักไข่ปลาอุกอุยแบบกรวยแมคโดนัลระบบน้ำหมุนเวียน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปทรงของก้นกรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลให้สามารถรองรับการฟักไข่ปลาอุกได้จำนวนมาก ใช้น้ำปริมาณน้อย และมีประสิทธิภาพการฟักเป็นตัวสูงสุด ดำเนินการวิจัยที่สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก การวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาอุกในกรวยแมคโดนัล 3 แบบคือ กรวยแมคโดนัลมีก้นรูปกรวยลึก 8 เซนติเมตร ก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และก้นรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร กรวยแต่ละแบบมีความจุ 10 ลิตร ฟักไข่ปลาที่ความหนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร ระบบน้ำหมุนเวียน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด มี 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่ากรวยแมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และแมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเท่ากับ 80.53 และ 80.27 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กรวยแมคโดนัลที่มีก้นกรวยให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเท่ากับ 73.60 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแมคโดนัลก้นรูปโค้งทั้ง 2 แบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .01$) (2) การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการฟักไข่ปลาอุกในกรวยแมคโดนัลแบบก้นรูปโค้ง ในระบบน้ำหมุนเวียน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ การทดลองมี 2 บล็อก คือ กรวยแมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 และ 8 เซนติเมตร แต่ละบล็อกมี 4 ชุดทดลอง ได้แก่ ความหนาแน่นของไข่ปลาอุก 5,000, 6,800 และ 9,200 12,000 ฟอง/ลิตร ผลการทดลองพบว่า อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเทียบกับจำนวนไข่ที่ปฏิสนธิของไข่ปลาอุกที่ความหนาแน่น 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.56, 86.14, 84.09 และ 74.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราฟักเป็นตัวของลูกปลาที่ความหนาแน่น 4 ระดับแตกต่างกันทางสถิติ ($P < .01$) ความหนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวสูงสุด และความหนาแน่น 9,200 ฟอง/ลิตร มีความเหมาะสมมากที่สุด

คำสำคัญ : เครื่องฟักไข่ปลาระบบน้ำหมุนเวียน กรวยฟักไข่ปลาแบบแมคโดนัล

Abstract

This research aims to develop the bottom type of McDonald jars which can be supported to hatch lots of walking catfish but use less water with the most effective hatch rate. This research had two experiments as follows: (1) A comparison on the efficacy of hatching walking catfish in 3 incubator types which were McDonald cone bottom depth 8 cm, McDonald concave bottom depth 4 cm and McDonald concave bottom depth 8 cm. Each McDonald jar held a volume of 10 liters and used recirculating water which hatched the eggs density of 5,000 eggs per liters. This experiment was arranged in completely randomized design with 3 replications. The results found that McDonald

concave bottom depth 4 cm and McDonald concave bottom depth 8 cm had the hatching ratio approximately 80.53% and 80.27%, respectively, which were not significantly different together. McDonald cone bottom depth 8 cm had the hatching ratio (73.60%) less than the 2 McDonald concave bottom types ($P < .01$). (2) The study of suitable density of hatching walking catfish in McDonald jars incubator with concave bottom by using recirculating water system is conducted in randomized complete block design. The experiment was done in 2 blocks: McDonald concave bottoms depth 4 and 8 cm. Each blocks had 4 experiment groups that were the density of walking catfish eggs 5,000, 6,800, 9,200 and 12,000 eggs per liters, respectively. The result was found that hatching ratio compared with fertilized catfish eggs which had density of 5,000, 6,800, 9,200 and 12,000 eggs per liters had averagely equal 89.56, 86.14, 84.09 and 74.46%, respectively. The hatching ratios of these 4 densities were significantly different at $P < 0.01$. The walking catfish eggs density of 5,000 eggs per liters received the highest hatchling ratio. However, the density of 9,200 eggs per liters was the most suitable.

Keywords : recirculating water incubator, McDonald type incubator

1. บทนำ

ความสำเร็จของการเพาะพันธุ์ปลาตู้ที่จะให้ได้ลูกปลาจำนวนมากและมีอัตราการรอดตายสูง ขึ้นกับเทคโนโลยีการเพาะฟักไข่ปลาและการจัดการคุณภาพน้ำควบคู่กัน นอกจากนี้ความหนาแน่นของไข่ในระบบฟักไข่ปลาต้องเหมาะสมกับความสามารถรองรับของระบบ สำหรับการฟักไข่ปลาตู้ที่แพร่หลายในประเทศไทยทุกวันนี้เลือกใช้การฟักไข่บนตะแกรงแบบวางเอียง หนาแน่น 40000-50000 ฟอง/ตารางเมตร ระบบน้ำไหลผ่าน แต่ด้วยข้อจำกัดใช้น้ำฟักไข่เป็นปริมาณมาก การโรยไข่หนาแน่นมากเกินไป พื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซของผิวไข่ลดลง และมีของเสียจากการหายใจและการสลายตัวของไข่เสียมีปริมาณมาก มีผลยับยั้งการพัฒนารูปร่างของไข่ที่ปฏิสนธิให้หยุดชะงักและตายไปในที่สุด นอกจากนี้ไข่เสียหลุดจากตะแกรงลงมาปนกับลูกปลาจำนวนมากทำให้ลูกปลาติดเชื้อโรคได้ง่าย จึงเป็นที่มาของพัฒนาเครื่องมือฟักไข่ปลาตู้ที่มีประสิทธิภาพฟักเป็นตัวสูง ใช้น้ำปริมาณไม่มากนัก และมีศักยภาพสูงในการแยกลูกปลาจากไข่เสีย

กรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลด์นับเป็นเครื่องฟักไข่มาตรฐานสำหรับฟักไข่ปลาประเภทจุมเพราะออกแบบให้น้ำไหลจากก้นกรวย บังคับทิศทางการไหลของน้ำโดยออกแบบก้นกรวยเป็นรูปโค้งหรือรูปกรวย แรงผลักดันของน้ำที่เหมาะสมกับน้ำหนักของไข่ปลาทำให้กลุ่มไข่ปลาที่ฟักในกรวยเคลื่อนที่หมุนเวียนขึ้นๆ ลงๆ ในห้วงน้ำระดับกลางของกรวยฟักไข่โดยไม่ล้นออกมา แต่สารอินทรีย์และไข่เสียที่มีน้ำหนักเบากว่าไข่จะถูกผลักดันด้วยแรงน้ำให้ไหลออกทางปากกรวย มีผลทำให้น้ำฟักไข่มีคุณภาพดีตลอดเวลาและไข่ปลาได้รับออกซิเจนเพียงพอต่อการพัฒนารูปร่างของตัวปลาที่อยู่ใน (Bardach *et al.*, 1972 ; Piper *et al.*, 1982) กรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลด์มาตรฐานมีขนาดความจุ 6 ลิตร รองรับไข่ปลาได้จำนวน 100,000 - 150,000 ฟอง (Rees and Herrel, 1998) อัตราการไหลของน้ำในกรวยแมคโดนัลด์ที่คงที่และสม่ำเสมอ จะเกิดการเปลี่ยนถ่ายน้ำในกรวยฟักไข่เป็นหลายร้อยครั้งต่อวัน ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังคงมีอยู่ในระดับสูง และสารพิษต่างๆ ได้แก่ แอมโมเนีย และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำฟักไข่ปลามีอยู่ปริมาณต่ำ แต่อัตราการไหลของน้ำในกรวยที่คงที่สามารถรองรับจำนวนไข่ปลาสูงสุดระดับหนึ่งเท่านั้น การฟักไข่ปริมาณที่หนาแน่นเกินขีดความสามารถรองรับของกรวย ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงหรือปริมาณสารพิษในน้ำมีระดับสูงขึ้น ทำให้ไข่ปลามีอัตราการฟักเป็นตัวต่ำลงเนื่องจากคุณภาพน้ำไม่เหมาะสม อัตราการไหลของน้ำเข้าในกรวยมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและจำนวนของไข่ และความต้องการออกซิเจนของไข่ (Spade and Briston, 1999) อัตราการไหลของน้ำเข้าในกรวย

เพิ่มขึ้นหลังจากไข่ฟักเป็นตัวเข้าระยะตัวอ่อนที่มีถุงไข่แดงจากลูกปลา มีน้ำหนักมากขึ้นและความต้องการออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น (Harboe *et al.*, 1994)

การฟักไข่ประเภทจมน้ำไม่ติดกับวัตถุด้วยกรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลด์ เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1950 โดยทดลองกับไข่ปลา Channel Catfish แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จมากนักจากไข่ปลาเกาะติดกันเป็นก้อนและไม่เคลื่อนที่ในกรวย ผลทำให้ไข่ปลาได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอและมีเชื้อราเกิดขึ้นทำให้ไข่เสียหายเป็นจำนวนมาก แต่หลังการค้นพบวิธีทำลายสารเหนียวที่ผิวไข่ด้วยสารเคมี โดยการใช้น้ำยาคาร์บาไมด์หรือสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 1.5 เปอร์เซ็นต์ แช่ไข่ปลาเพื่อลดความเหนียวของเมือกไข่ปลาและไข่ปลาแยกออกจากกัน กลับใช้ฟักไข่ปลาประเภทจมน้ำเกาะติดวัตถุได้ผลดี จำนวนไข่เสียหายที่เกิดจากเชื้อราหรือเชื้อแบคทีเรียลดลงมาก อัตราการฟักเป็นตัวของลูกปลาเพิ่มมากขึ้น การฟักไข่ปลากลุ่มปลาหนัง (Catfish) หรือปลากลุ่มที่มีไข่ประเภทเหนียวเกาะติดวัสดุในกรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลด์จึงได้รับความนิยมมาถึงปัจจุบัน (Chappell, 2008)

การศึกษาการวิจัยพัฒนาเครื่องฟักไข่ปลาตุ๋นแบบกรวยแมคโดนัลด์ระบบน้ำหมุนเวียน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปทรงของกันกรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลด์ให้สามารถรองรับการฟักไข่ปลาตุ๋นได้จำนวนมากแต่ใช้น้ำปริมาณน้อย และศึกษาอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมของการฟักไข่ปลาตุ๋นในกรวยแมคโดนัลด์กันกรวยรูปโค้งที่ให้ประสิทธิภาพการฟักเป็นตัวสูงสุด

2. วิธีการวิจัย

1. แผนการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาตุ๋นของกรวยแมคโดนัลด์แบบที่มีกันแตกต่างกัน 3 แบบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด มี 3 ชุดทดลอง คือ กรวยแมคโดนัลด์แบบกันรูปกรวยลึก 8 เซนติเมตร แบบกันรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และแบบกันรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร แต่ละชุดทดลองมี 3 ซ้ำ ฟักไข่หนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร หรือ 50,000 ฟอง/กรวย

2. การศึกษาความหนาแน่นที่เหมาะสมของการฟักไข่ปลาตุ๋นในกรวยแมคโดนัลด์แบบกันรูปโค้ง ในระบบน้ำหมุนเวียน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก การทดลองมี 2 บล็อก คือ กรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 และ 8 เซนติเมตร แต่ละบล็อกมี 4 ชุดทดลอง ได้แก่ ความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๋น 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร

2. การเตรียมระบบทดลอง

1. ระบบฟักไข่ประกอบด้วยกรวยแบบแมคโดนัลด์ 12 ใบ ความจุ 10 ลิตรบำบัดน้ำหมุนเวียน รับน้ำจากถังสูง จะไหลเข้ากรวยฟักไข่ ตามลักษณะ Gravity flow นาที่ โดยผ่าน Flowmeter เข้ากรวยฟักไข่แต่ละใบในอัตราการไหล 4-6 ลิตรต่อนาที กรวยฟักไข่ปลาทำจากไฟเบอร์ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกรวย 16 เซนติเมตร ความสูงจากกันถึงปากกรวย 60 เซนติเมตร ปากถังมีร่องน้ำยื่นออกไป 15 เซนติเมตร ความลึกของร่อง 2 เซนติเมตร มีกันกรวย 3 แบบ คือกันรูปทรงกรวย ความลึกกันกรวย 8 เซนติเมตร กันรูปโค้งความลึกของกันกรวย 4 เซนติเมตร และกันรูปโค้งความลึกของกันกรวย 8 เซนติเมตร มีความจุเฉลี่ย 10 ลิตร

2. ระบบการเตรียมน้ำประกอบด้วย บ่อคอนกรีตปริมาตรความจุ 20 ลบ.ม. จำนวน 2 บ่อ น้ำที่นำเข้าบ่อแรกผ่านการกรอง ฆ่าเชื้อโดยใส่คลอรีน 10 ppm น้ำส่วนใสที่ผ่านการฆ่าเชื้อและตกตะกอนสุบไปเก็บในบ่อที่ 2 ปรึบค่าความกระด้างและสภาพด่างด้วยปูนขาวและปูนยิบซั่ม จากนั้นเมื่อต้องการนำน้ำเข้าบ่อคอนกรีตฟักน้ำสำหรับใช้ฟักไข่ขนาด 9 ลูกบาศก์เมตรปลาภายในโรงเรือน

3. ระบบบำบัด ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาดความจุ 90 ลิตร จำนวน 2 ใบรับน้ำที่ไหลผ่านกรวยเพาะฟัก และระบายเข้าสู่ถังกรองความจุ 60 ลิตร 4 ใบ ภายในถังบรรจุตัวกรอง 3 ชั้น ชั้นบนและชั้นล่างเป็นใยกรอง

หยาบ ชั้นกลางเป็นใยกรองละเอียดขนาด 200 micron หนา 12 ชั้น น้ำที่ผ่านการกรองผ่านการกรองไหลลงบ่อคอนกรีต พักน้ำสำหรับใช้ฟักไข่ขนาด 9 ลูกบาศก์เมตร แล้วสูบน้ำขึ้นสู่ถังสูงด้วยแรงส่งของปั๊ม

3. การเตรียมไข่ปลาทดลอง

1. แม่พันธุ์ปลาดุกอายุ คัดจากปลาที่มีไข่และน้ำเชื้อสมบูรณ์ ขนาด 300 กรัมขึ้นไป พ่อพันธุ์ใช้ปลาดุกอัฟริกัน ขนาด 2 กิโลกรัม

2. กระตุ้นการวางไข่แม่ปลาด้วยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ซุปรีเพ็ค 25 มคก./กก. ร่วมกับโมทีเลียม 5 มก./กก. ฉีดครั้งเดียว ปลาเพศผู้ให้ฮอร์โมนครั้งหนึ่งของปลาเพศเมีย หลังฉีดฮอร์โมน 14 ชั่วโมง ปฏิสนธิไข่ด้วยวิธีผสมเทียม หลังไข่ปฏิสนธิทำลายสารเหนียวที่เคลือบผิวไข่เพื่อไม่ให้ไข่เกาะติดกันด้วยน้ำยาคาร์บาไมด์ เตรียมจาก ยูเรีย 30 กรัม และเกลือแกง 40 กรัม ละลายน้ำ 10 ลิตร

4. การสุ่มจำนวนไข่

1. การสุ่มจำนวนไข่ปลาใช้วิธีวัดปริมาตร โดยในการทดลองที่ 1 ฟักไข่จำนวนกรวยละ 50,000 ฟอง หรือ คิดเป็นปริมาณ 196 มล. (จำนวนไข่ปลา 255 ฟอง/มล.) การทดลองที่ 2 ในชุดทดลองที่ 1 ฟักไข่จำนวนกรวยละ 50,000 ฟอง คิดเป็นปริมาณ 199 มล. ในชุดทดลองที่ 2 จำนวนกรวยละ 68,000 ฟอง คิดเป็นปริมาตร 270 มล. ในชุดทดลองที่ 3 จำนวนกรวยละ 92,000 ฟอง คิดเป็นปริมาณ 365 มล. และในชุดทดลองที่ 3 จำนวนกรวยละ 120,000 ฟอง คิดเป็นปริมาตร 476 มล. (จำนวนไข่ปลา 252 ฟอง/มล.)

2. วัดอัตราปฏิสนธิของไข่ปลาโดยการโรยไข่ปลาชุดเดียวกับไข่ปลาที่นำมาทดลองบนตะแกรงฟักไข่ สุ่มนับไข่ปลาใช้ห้วงโลหะเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร วางบนตะแกรงฟักไข่จำนวน 3 ห้วง นับไข่ทั้งหมดในห้วงโลหะที่เวลา 0 ชม. และนับไข่ดีในห้วงโลหะที่เวลา 6 ชม. อัตราปฏิสนธิเท่ากับ จำนวนไข่ดีหารจำนวนไข่ทั้งหมด

4. เปิดน้ำลงกรวยควบคุมอัตราการไหลของน้ำ การทดลองที่ 1 ใช้อัตราการไหล 4 ลิตร/นาที่ การทดลองที่ 2 กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 ใช้อัตราการไหล 4, 5, 6 และ 6.5 ลิตรต่อนาที่ ให้ไข่เคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่ในกรวยโดยยอดของกลุ่มไข่สูงประมาณครึ่งหนึ่งของระดับน้ำในกรวย

5. ตรวจสอบวัดคุณภาพน้ำทุกหน่วยทดลอง ทุกๆ 6 ชั่วโมง

6. ประเมินจำนวนปลาทุกหน่วยทดลอง ด้วยการวัดปริมาตรลูกปลาหลังฟักเป็นตัวแล้ว 6 ชั่วโมง

5. การตรวจวัดคุณภาพน้ำ

1. ตรวจสอบวัดคุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำสำหรับใช้ฟักไข่ วัดเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองแต่ละครั้ง โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ตำแหน่งผิวน้ำ และกลางน้ำ วัดคุณภาพน้ำ 4 พารามิเตอร์ คือ ออกซิเจนละลาย ความเป็นกรดเป็นด่าง สภาพต่าง ความกระด้าง และแอมโมเนียทั้งหมด แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย

2. ตรวจสอบวัดคุณภาพน้ำในกรวยฟักไข่ทุกหน่วยทดลอง ทุก 6 ชั่วโมง เริ่มต้นเวลา 0 ชั่วโมงเมื่อเริ่มฟักไข่ และครั้งสุดท้ายเมื่อเวลา 30 ชั่วโมง วัดคุณภาพน้ำ 3 พารามิเตอร์ คือ ออกซิเจนละลาย ความเป็นกรดเป็นด่าง และแอมโมเนีย ทั้งหมด แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย

3. การวัดค่าออกซิเจนละลายใช้วิธีไฮโดรเจนอิเล็กโทรดแบบปรับปรุง สภาพต่างใช้วิธีอินดิเคเตอร์ ความกระด้างใช้วิธีอินดิเคเตอร์ แอมโมเนียทั้งหมด ใช้วิธี Phenate ความเป็นกรดเป็นด่าง pH meter (METTLER TOLEDO รุ่น MP 120)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาดุกของกรวยแมคโดนัลด์ที่มีก้นกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ โดยวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

2. การศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการฟักไข่ปลาดุกในกรวยแมคโดนัลด์แบบก้นรูปโค้ง โดยวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3. อัตราการฟักไข่เปรียบเทียบกับไข่ทั้งหมดวัดจากจำนวนลูกปลาแรกฟักหารจำนวนไข่ทั้งหมดคูณ 100 อัตราการฟักไข่เปรียบเทียบกับไข่ปฏิสนธิวัดจากอัตราการฟักไข่เปรียบเทียบกับไข่ทั้งหมดหารอัตราปฏิสนธิ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฟักไข่ปลาตุ๊กความหนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร ของแมคโดนัลแบบ ก้นรูปกรวยลึก 8 เซนติเมตร แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และแมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร พบว่า อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ย เท่ากับ 73.60, 80.53 และ 80.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราฟักเป็นตัวลูกปลาที่ฟักจากกรวย แมคโดนัลที่มีก้นกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ แตกต่างกันอย่างสถิติที่ $p < .01$ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) กรวยแมคโดนัล ก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยสูงสุด และผลการฟักไข่ปลาตุ๊กในกรวยแมคโดนัลแบบก้นรูปกรวยลึก 8 เซนติเมตร แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และแมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร ใช้อัตราการไหลของน้ำใช้เฉลี่ย เท่ากับ 2.87 4.23 และ 3.47 ลิตร/นาที่ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < .01$ (ตารางที่ 2) แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยสูงสุด แต่ใช้น้ำฟักไข่อัตราสูงสุด การศึกษาผลการฟักไข่ในกรวยแมคโดนัลที่มีก้นกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ ต่อคุณภาพน้ำฟักไข่ ระหว่างช่วงเวลา 0 – 30 ชั่วโมงของการฟักไข่ พบว่า ค่าเฉลี่ยของออกซิเจน และ ความเป็นกรดเป็นด่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย ทั้งหมด แตกต่างกันอย่างสถิติที่ $p < .01$ (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราฟักเป็นตัวลูกปลาที่ฟักจากกรวยแมคโดนัลที่มีก้นกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ ของทุกหน่วยทดลอง ฟักไข่ที่ความหนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร

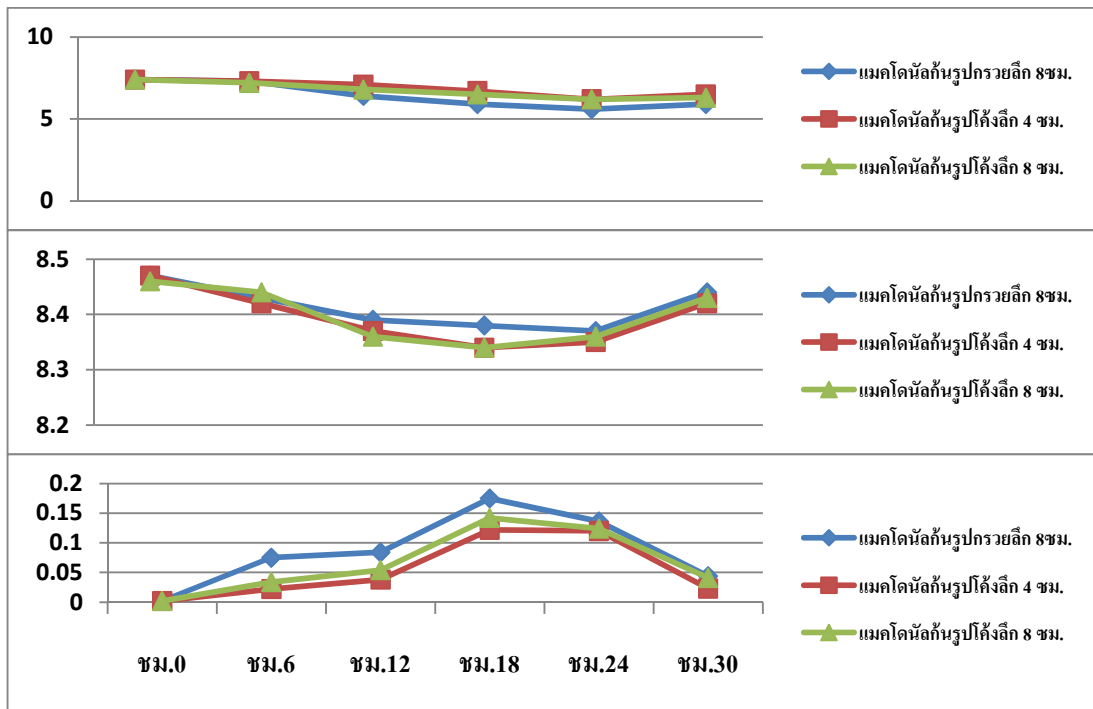
กลุ่มทดลอง	หน่วยทดลอง				Fcal
	1	2	3	เฉลี่ย	
แมคโดนัลก้นรูปกรวยลึก 8 ซม.	74.40	72.80	73.60	73.60 ^a	22.44**
แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 ซม.	80.00	79.20	82.40	80.53 ^b	
แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 8 ซม.	78.40	81.60	80.80	80.27 ^b	

ตารางที่ 2 อัตราการไหลของน้ำในกรวยแมคโดนัลที่มีก้นกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ ฟักไข่ที่ความหนาแน่น 5,000 ฟอง/ลิตร

กลุ่มทดลอง	หน่วยทดลอง				Fcal
	1	2	3	เฉลี่ย	
แมคโดนัลก้นรูปกรวยลึก 8 ซม.	2.7	2.9	3.0	2.87	25.59**
แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 4 ซม.	4.0	4.2	4.5	4.23	
แมคโดนัลก้นรูปโค้งลึก 8 ซม.	3.3	3.5	3.6	3.47	

2. การศึกษาระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมของการฟักไข่ปลาตุ๊กในกรวยแมคโดนัลแบบก้นรูปโค้ง พบว่า จำนวนและอัตราฟักเป็นตัวลูกปลาที่ระดับความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเท่ากับ 86.46, 83.16, 81.18 และ 70.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < .01$ (ตารางที่ 3) ความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 5,000 และ 6,800 ฟอง/ลิตร ให้

อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยสูงสุด ความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 9,200 ฟอง/ลิตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยรองลงมา และความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 12,000 ฟอง/ลิตร ให้อัตราการฟักเป็นตัวต่ำที่สุด และอัตราการฟักเป็นตัวของไข่ปลาในกรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 และ 8 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p < .01$ อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเทียบกับจำนวนไข่ที่ปฏิสนธิ เท่ากับ 89.56, 86.14, 84.09 และ 73.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < .01$ และอัตราการฟักเป็นตัวของไข่ปลาในกรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 และ 8 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ $p < .01$ โดยอัตราปฏิสนธิของไข่ปลาตุ๊กมีค่าเฉลี่ย 96.54 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาผลการฟักไข่ในกรวยแมคโดนัลด์ที่ความหนาแน่นของไข่แตกต่างกันต่อคุณภาพน้ำฟักไข่ ระหว่างช่วงเวลา 0 – 30 ชั่วโมงของการฟักไข่ พบว่าค่าเฉลี่ยของออกซิเจน และ ความเป็นกรดเป็นด่าง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียทั้งหมดแตกต่างกันทางสถิติที่ $p < .05$ (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 1 ออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง และแอมโมเนียทั้งหมด ในน้ำฟักไข่ปลาตุ๊ก ในกรวยแมคโดนัลด์ที่มีกันกรวยแตกต่างกัน 3 แบบ ระหว่างช่วงเวลาฟักไข่ 0 – 30 ชั่วโมง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอัตราฟักเป็นตัวของไข่ปลาตุ๊กเทียบกับจำนวนไข่ที่ปฏิสนธิในกรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 และ 8 ซม. ระดับความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร

บล็อก	5,000	6,800	9,200	12,000	เฉลี่ย	Fcal
แมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 ซม.	91.96	87.60	86.04	75.29	85.22 ^a	321.13 ^{**}
แมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 8 ซม.	87.15	84.67	82.13	71.62	81.39 ^b	
เฉลี่ย	89.56 ^a	86.14 ^{ab}	84.09 ^b	73.46 ^c	83.31	

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบอัตราฟักเป็นตัวของไข่ปลาตุ๊กเทียบกับจำนวนไข่ทั้งหมดในกรวยแมคโดนัลล์ ก้นรูปโค้งลึก 4 และ 8 ซม. ระดับความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร

บล็อก	5,000	6,800	9,200	12,000	เฉลี่ย	Fcal
แมคโดนัลล์ก้นรูปโค้งลึก 4 ซม.	88.78	84.57	83.07	72.69	82.28 ^a	322.37 ^{**}
แมคโดนัลล์ก้นรูปโค้งลึก 8 ซม.	84.14	81.74	79.29	69.15	78.58 ^b	
เฉลี่ย	86.46 ^a	83.16 ^{ab}	81.18 ^b	70.92 ^c	80.43	

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำในกรวยแมคโดนัลล์ก้นรูปโค้งที่ฟักไข่อัตราความหนาแน่น 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตรระหว่างช่วงเวลาฟักไข่ 0 - 30 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	กลุ่มทดลอง	ชั่วโมงที่						เฉลี่ย	Fcal
		0	6	12	18	24	30		
ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)	5,000 ฟอง/ลิตร	7.6	7.4	7.1	6.3	6.1	6.2	6.78	0.47 ^{ns}
	6,800 ฟอง/ลิตร	7.5	7.1	7.0	6.4	5.9	6.2	6.68	
	9,200 ฟอง/ลิตร	7.4	7.2	6.8	5.9	5.8	6.0	6.52	
	12,000 ฟอง/ลิตร	7.3	7.1	6.5	6.0	5.5	5.7	6.35	
ความเป็นกรดเป็นด่าง (หน่วย)	5,000 ฟอง/ลิตร	8.44	8.43	8.41	8.42	8.37	8.44	8.41	0.23 ^{ns}
	6,800 ฟอง/ลิตร	8.45	8.43	8.41	8.42	8.36	8.42	8.41	
	9,200 ฟอง/ลิตร	8.44	8.43	8.40	8.42	8.36	8.42	8.41	
	12,000 ฟอง/ลิตร	8.45	8.40	8.41	8.41	8.35	8.41	8.40	
แอมโมเนียทั้งหมด (มก./ล.)	5,000 ฟอง/ลิตร	0.005	0.027	0.048	0.087	0.099	0.070	0.056	1.90 [*]
	6,800 ฟอง/ลิตร	0.005	0.036	0.074	0.103	0.112	0.110	0.073	
	9,200 ฟอง/ลิตร	0.009	0.042	0.072	0.129	0.212	0.181	0.107	
	12,000 ฟอง/ลิตร	0.012	0.071	0.091	0.178	0.392	0.241	0.164	

กรวยฟักไข่แบบแมคโดนัลล์ก้นรูปโค้งให้อัตราการฟักสูงกว่ากรวยฟักไข่แมคโดนัลล์แบบก้นกรวยเพราะน้ำที่ไหลเข้าทางก้นกรวยถูกบังคับด้วยก้นทรงโค้งกระจายออกด้านข้างก่อนไหลขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้ต้องใช้น้ำปริมาณมากในการผลักดันไข่ และการกระจายของกลุ่มไข่มีทรงแบบดอกเห็ด ผลการใช้ฟักไข่ปริมาณมากทำให้น้ำในกรวยมีคุณภาพดี ส่วนก้นทรงกรวยของกรวยฟักไข่แมคโดนัลล์แบบก้นกรวยให้ชั้นผิวน้ำที่ การไหลของน้ำเพียงเล็กน้อยก็ผลักดันไข่ให้สูงขึ้น การใช้ฟักไข่ปริมาณน้อยหากฟักไข่จำนวนมากทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม การเปรียบเทียบอัตราฟักเป็นตัวของไข่ปลาตุ๊กเทียบกับจำนวนไข่ที่ปฏิสนธิในกรวยแมคโดนัลล์ก้นรูปโค้งลึก 4 และ 8 ซม. ความหนาแน่นของไข่ปลาตุ๊ก 5,000, 6,800, 9,200 และ 12,000 ฟอง/ลิตร เพื่อหาความหนาแน่นที่ดีที่สุดของการฟักไข่ในกรวยกรวยแมคโดนัลล์ก้นรูปโค้ง พบว่าความหนาแน่นของไข่ 9,200 ฟอง/ลิตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ จรีภรณ์ และอุธร (2554) เป็นอัตราความหนาแน่นเหมาะสม แต่อย่างไรก็ตาม กรวยฟักไข่ยังมีสิ่งต้องปรับปรุงแก้ไขหลายประการ อาทิ ขนาดท่อน้ำเข้ากรวยซึ่งใช้ท่อขนาด 3/8 นิ้ว อาจมีผลความทำให้ความเร็วของน้ำปลายท่อมากเกินไป หากใช้ท่อขนาด 6/8

ทำให้ได้ความเร็วเหมาะสมกว่า และระยะห่างระหว่างปากท่อน้ำเข้ากรวยกับก้นกรวยก็มีผลต่อลักษณะการกระจายตัวของน้ำในกรวยเช่นเดียวกัน ความเร็วลักษณะการกระจายตัวของน้ำของน้ำล้นมีผลต่อการกระจายตัวของกลุ่มไข่

4. สรุปผลการวิจัย

1. อัตราฟักเป็นตัวของลูกปลาตุ๊กที่ฟักจากกรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 4 เซนติเมตร และแมคโดนัลด์กันรูปโค้งลึก 8 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกัน มีอัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ย เท่ากับ 80.53 และ 80.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรวยแมคโดนัลด์ที่มีก้นกรวยให้อัตราการฟักเป็นตัวต่ำกว่าแมคโดนัลด์กันรูปโค้งทั้ง 2 แบบ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$ โดยอัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ย เท่ากับ 73.60 เปอร์เซ็นต์

2. อัตราการฟักเป็นตัวเฉลี่ยเทียบกับจำนวนไข่ที่ปฏิสนธิของไข่ปลาตุ๊กในกรวยแมคโดนัลด์กันรูปโค้ง 2 แบบที่ความหนาแน่นของไข่ 5,000 6,800 และ 9,200 ฟอง/ลิตร มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 89.56 86.14 84.09 และ 74.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติที่ $p < .01$ โดยอัตราปฏิสนธิของไข่ปลาตุ๊กมีค่าเฉลี่ย 96.54 เปอร์เซ็นต์

5. เอกสารอ้างอิง

- จรีภรณ์ มีศรี และ อูธร ฤทธิสิทธิ์. 2554. การพัฒนาระบบฟักไข่ปลาตุ๊กอุยแบบใช้น้ำหมุนเวียน. วารสารการประมง 64(6): 525-535.
- Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. Mc Larney. 1972. **Aquaculture : The farming and of freshwater and marine organism.** John Willey and Sons, Inc., New York. 868 pp.
- Chappell, J.A. 2008. **Incubating and hatching catfish eggs in McDonald jars.** Extension fisheries specialist, Assistant professor, Auburn university. Available Source: <http://www.Extension.Org/.../incubation and hatching catfish egg...> July 27, 2011.
- Harboe, T., S. Tuene, A. Mangoe – Jensen, H. Rabben and I. Huse. 1994. **Design and operation of and incubator for yolk – sac larvae of Atlantic Halibut.** The Progressive Fish – 188 - 193.
- Piper, R.G., I.B. Mc Elwain, L.E. Orme, J.P. Mc Craren, L.G. Fowler and J.R. Leonard. 1982. **Fish hatchery Management.** U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 517pp.
- Rees, R. A., and R. M. Harrell. 1990. **Artificial spawning and fry production of striped bass and hybrids.** Pages 43-72 in R. M. Harrell, J. H. Kerby, and R. V. Minton, editors. Culture and propagation of striped Bass and its hybrids. American Fisheries Society, Southern Division, Striped Bass Committee, Bethesda, Maryland.
- Spade, S. and B. Bristow. 1999. **Effects of increasing water hardness on egg diameter and hatch rates of striped bass eggs.** North American Journal of Aquaculture 61:263-265.