

**การศึกษาวัสดุกรองทางชีวภาพ เพื่อใช้ในระบบการเลี้ยงปลาตู้ลูกผสม  
ร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์**  
**A STUDY ON BIOLOGICAL FILTER MATERIALS FOR CULTURING HYBRID CATFISH SYSTEM WITH  
HYDROPONIC SYSTEM**

สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย<sup>1</sup>, ประจวบ ฉายบุญ<sup>1</sup>, เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน<sup>1</sup> และอานัฐ ตันโช<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวัสดุกรองชีวภาพ ในระบบการเลี้ยงปลาตู้ลูกผสมร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ โดยเลี้ยงในระบบหมุนเวียนน้ำ จากบ่อเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอนและระบบกรองชีวภาพใช้วัสดุกรองต่างชนิดกันคือ ชุดที่ 1 วัสดุกรองอิฐ ชุดที่ 2 วัสดุกรองถ่าน ชุดที่ 3 วัสดุกรองโฟม และ ชุดที่ 4 วัสดุกรองไม้ไผ่ ตามลำดับ ปล่อยปลาหนักเฉลี่ย 25.60±0.10, 25.55±0.45, 20.55±0.40 และ 22.60±0.07 กรัม/ตัว ตามลำดับ อัตราการปล่อย 67 ตัว/ม<sup>3</sup> ให้อาหารวันละ 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว และปลูกผักสลัดแก้ว 25 ต้น/บ่อ ระยะเวลาทดลอง 60 วัน ผลการทดลองพบว่า อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่าง ส่วนน้ำหนักเมื่อสิ้นสุด อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ผลผลิตรวมของปลาตู้พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดเท่ากับ 47.77±0.12, 41.29±2.96, 39.07±3.57 และ 40.55±0.80 ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.36±0.01, 0.26±0.04, 0.30±0.05 และ 0.22±0.01 ตามลำดับ น้ำหนักรวมเท่ากับ 9.13, 7.58±0.12, 5.97±0.87 และ 8.52±0.34 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ความสูง อัตราการรอด และผลผลิตรวมผักสลัดแก้ว มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยความสูงของผักสลัดแก้วเท่ากับ 24.48±1.61, 19.21±0.52, 16.09±1.34 และ 19.87±0.26 ซม ตามลำดับ อัตราการรอดผักสลัดแก้วเท่ากับ 94.00±2.00, 80.00±4.00, 74.00±6.00 และ 92.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตรวมของผักสลัดแก้วเท่ากับ 9.71±0.40, 6.44±0.12, 7.35±0.87 และ 7.20±0.34 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน บีโอดี การนำไฟฟ้าจำเพาะ และคลอโรฟิล-เอ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) ดังนั้น จากผลการทดลองวัสดุกรองอิฐมีประสิทธิภาพในการกรองมากกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ โดยสรุปได้จากผลการเจริญเติบโต อัตราการรอด ผลผลิตรวมปลาตู้ และผักสลัด

คำสำคัญ วัสดุกรอง, ปลาตู้ลูกผสม, สลัดแก้ว การเลี้ยงปลา และ การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์

#### ABSTRACT

The objective of this study was to determine biological filter materials for hybrid catfish culture in concrete ponds with hydroponic system. The experiment was divided into 4 treatments with three replications each. Treatments 1, 2, 3 and 4 used brick, charcoal, foam and hardwood as filter substrates, respectively. The initial body weight of hybrid catfish were 25.60±0.10, 25.55±0.45 20.55±0.40 and 22.60±0.07 g/catfish. 67 catfishes/m<sup>3</sup> were raised Catfish were fed at 3-5 % weight of body and 25 red coral per pond were planted. The experiments

run for 60 days. The results showed that Feed conversion ratio (FCR) and Survival Rate (SR) of hybrid catfish were not significantly different but final body weight, Average Daily weight gain (ADG) and Total production were significantly different ( $P < 0.05$ ) The final body weights were  $47.77 \pm 0.12$ ,  $41.29 \pm 2.96$ ,  $39.07 \pm 3.57$  and  $40.55 \pm 0.80$  g respectively, Average Daily weight gain (ADG) were  $0.36 \pm 0.01$ ,  $0.26 \pm 0.04$ ,  $0.30 \pm 0.05$  and  $0.22 \pm 0.01$  g/day respectively, Total catfish production were 9.13,  $7.58 \pm 0.12$ ,  $5.97 \pm 0.87$  and  $8.52 \pm 0.34$  kg respectively. For hydroponic system, height, Survival Rate (SR) and Total production of red coral were significantly different ( $P < 0.05$ ) The final height of red coral were  $24.48 \pm 1.61$ ,  $19.21 \pm 0.52$ ,  $16.09 \pm 1.34$  and  $19.87 \pm 0.26$  cm respectively, Survival Rate (SR) were  $94.00 \pm 2.00$ ,  $80.00 \pm 4.00$ ,  $74.00 \pm 6.00$  and  $92.00 \pm 0.00$  % respectively, and Total vegetable production were  $9.71 \pm 0.40$ ,  $6.44 \pm 0.12$ ,  $7.35 \pm 0.87$  and  $7.20 \pm 0.34$  kg respectively. All water quality parameters, Ammonia-nitrogen nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, BOD, conductivity and chlorophyll-a showed significantly different. ( $P < 0.05$ ) In conclusion brick is the best substrate for biological filter used for culturing hybrid catfish system with hydroponic system.

#### บทนำ

การเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นระบบที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่าปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการขับถ่ายของเสียในปลา หากมีการจัดการระบบที่ดี การนำน้ำที่ใช้เลี้ยงปลามาผ่านระบบกรอง และผ่านระบบกรองชีวภาพ พืชก็สามารถนำไปใช้ในขบวนการการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี (Nair et al., 1985) ระบบกรองชีวภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เพราะว่าระบบกรองชีวภาพได้ออกแบบมา เพื่อกำจัดสารอาหารที่เป็นพิษ ให้อยู่ในรูปไม่เป็นพิษ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไปเป็น ไนเตรต-ไนโตรเจน (Wiley, 1992) ระบบกรองชีวภาพจัดเป็นระบบที่ต้องมีวัสดุยึดเกาะที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะต่อหน่วยพื้นที่ค่อนข้างมาก เพื่อเอื้อประโยชน์ต่อการเกาะติดแบคทีเรียโดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่ม nitrifying bacteria ทำให้สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มมวลชีวภาพได้ในอัตราที่ค่อนข้างสูง เพื่อดูดซับ อีออนไนซ์แอมโมเนีย ออกจากระบบ โดยเกิดกระบวนการออกซิไดซ์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนไปเป็นไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยแบคทีเรียสกุล *Nitrosomonas* และ ออกซิไดซ์ไนไตรท์-ไนโตรเจนไปเป็น ไนเตรต-ไนโตรเจน โดยแบคทีเรียสกุล *Nitrobacter* ตามลำดับ (Losordo, 1999) ดังนั้น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบระบบน้ำหมุนเวียนเป็นระบบที่เหมาะสมกับการผสมผสานระหว่างการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ มากที่สุด เพราะระบบนี้ สามารถรักษาความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของระบบการปลูกพืชที่ไม่ใช้ดินได้ โดยในทางทฤษฎีปริมาณธาตุอาหารในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำสามารถปรับปรุง เพื่อให้เกิดความสมดุลกับพืชได้ และความเข้มข้นของสารอาหารที่พืชใช้ มีความเหมาะสมที่สามารถรักษาไว้ได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยไม่จำเป็นต้องมีการเสริมธาตุอาหาร แต่คุณลักษณะของอาหารที่สัตว์กินนั้น ต้องเป็นอาหารที่ทำให้สัตว์น้ำ มีการเจริญเติบโตได้ในอัตราที่ยอมรับได้

การทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุที่นำมาใช้ในระบบกรองชีวภาพต่อผลผลิต อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลาดุกผสมกับการปลูกผักสลัด แบบไฮโดรโปนิกส์ รวมถึง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำในบ่อที่ใช้เลี้ยงปลา ผ่านระบบกำจัดตะกอน ระบบกรองชีวภาพ และผ่านการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกส์

### วิธีการวิจัย

การศึกษาวัดดูกรงทางชีวภาพ เพื่อใช้ในระบบการเลี้ยงปลาอุกผสมร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน จากบ่อเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอน และระบบกรงชีวภาพ ใช้วัดดูกรงต่างชนิดกัน วางแผนการทดลองแบบ CRD เป็น 4 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ตามชนิดของวัดดูกรงคือ ชุดที่ 1 วัดดูกรงอิฐ ชุดที่ 2 วัดดูกรงถ่าน ชุดที่ 3 วัดดูกรงโฟม และ ชุดที่ 4 วัดดูกรงไม้ไผ่ ตามลำดับ โดยใช้เศษอิฐ ถ่าน โฟม ไม้ไผ่ ทบและตัดให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ปล่อยปลาน้ำหนักเฉลี่ย  $25.60 \pm 0.10$ ,  $25.55 \pm 0.45$ ,  $20.55 \pm 0.40$  และ  $22.60 \pm 0.07$  กรัม/ตัว ตามลำดับ อัตราการปล่อย 67 ตัว/ม<sup>3</sup> ให้อาหารวันละ 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว และปลูกผักสลัดแก้ว 25 ต้น/บ่อ ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน

การเตรียมระบบกรงชีวภาพ ใช้กล่องพลาสติก ขนาด 30X30X10 ซม เรียงซ้อนกัน 3 ชั้น/บ่อ จำนวน 12 ชุด เจาะรูขนาดเล็กด้านล่างของกล่อง ชั้นที่ 3 และ 2 เพื่อให้ น้ำไหลลงมายัง ชั้นที่ 1 ใช้ใยสังเคราะห์วางบนตะกร้าพลาสติกที่ขนาดพอดีกับกล่องพลาสติก วางตะกร้าในกล่องพลาสติกชั้นที่ 3 เพื่อใช้กรองตะกอนน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา กล่องพลาสติกชั้นที่ 2 บรรจุพวกวัดดูกรงอิฐ ถ่าน โฟม และ ไม้ไผ่ อย่างละ 3 ซ้ำ ใช้ปั๊มน้ำพร้อมอุปกรณ์สำหรับดูดน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาผ่านใยสังเคราะห์กรองส่วนที่เป็นตะกอนออกในชั้นที่ 3 จากนั้น จะไหลลงสู่วัดดูกรงชีวภาพ ชั้นที่ 2 ผ่านลงชั้นที่ 1 น้ำจะไหลผ่านระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์และไหลกลับลงบ่อเลี้ยงปลาตามเดิม

การเตรียมระบบการเลี้ยงปลาแบบน้ำหมุนเวียน โดยใช้บ่อซีเมนต์ขนาด 3 ลบม จำนวน 12 บ่อ เติมน้ำในระดับความลึก 100 ซม พร้อมอุปกรณ์เพิ่มปริมาณออกซิเจน ให้อาหารปลาอุกสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักปลา วันละ 2 ครั้ง ปริมาณอาหารทุก 15 วัน ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำได้แก่ อุณหภูมิในน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ปริมาณสาแหรณลอย บีโอดี การนำไฟฟ้าจำเพาะ และคลอโรฟิลล์-เอ ก่อนปล่อยปลาและทุก ๆ 7 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

การเตรียมระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ เตรียมอุปกรณ์ ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 12 ชุด ประกอบด้วย ข้องอสามทาง ถังเก็บน้ำ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้กรองน้ำ และใช้บำบัดน้ำเสีย ทำการล้างท่อ PVC เพื่อทำความสะอาดประกอบเข้ากับระบบ ต่อท่อ PVC จากบ่อเลี้ยงปลาปล่อยลงในถังพักน้ำ ใช้ปั๊มน้ำดูดน้ำจากถังพักน้ำขึ้นไปที่ชุดอุปกรณ์กรองตะกอน น้ำจะผ่านชั้นกรองตะกอน และผ่านชั้นกรงชีวภาพ เพื่อทำการบำบัด และจะไหลกลับไปยังบ่อซีเมนต์ที่ใช้เลี้ยงปลา

การเตรียมต้นกล้าพืช เตรียมแผ่นฟองน้ำความหนา 1 นิ้ว ขนาดพอดีกับถาดเพาะ กรีดฟองน้ำขนาด 1x1 นิ้ว กรีดไม่ให้ขาดจากกัน ทำรอยบากทแยงมุมความลึกกึ่งกลางของฟองน้ำ แซ่ฟองน้ำก่อนทำการหยอดเมล็ดผักในช่องบาก จากนั้น นำฟองน้ำที่หยอดเมล็ดผักใส่ในถาดเพาะเมล็ด ปิดฝาหรือเก็บไว้ในที่มืด 3 วัน เมล็ดผักจะเริ่มออกเป็นต้นกล้า จากนั้น ปล่อยต้นกล้ามีใบจริง 3 ใบ การปลูกผัก ตัดแผ่นโฟมขนาดพอดีกับท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว เจาะรูขนาด 1X1 นิ้ว ขนาดเท่ากับฟองน้ำ ให้ฉีกฟองน้ำพร้อมต้นกล้าลงในแผ่นโฟมที่เจาะรูวางบนท่อ PVC โดยให้รากกล้าผักแช่ในน้ำที่ผ่านระบบกรงชีวภาพตลอดเวลา

การเก็บข้อมูล ประสิทธิภาพการเลี้ยงปลา ตรวจสอบการเจริญเติบโต โดยการสุ่มชั่งน้ำหนักปลา 20 ตัว/บ่อ เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักปลาต่อตัวเมื่อเริ่มต้นและระหว่างทดลองทุกๆ 15 วัน บันทึกน้ำหนัก และอัตราการรอด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตรารอด อัตราการแลกเนื้อ และน้ำหนักรวม ดังนี้

- น้ำหนักที่เพิ่มเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (WT.GAIN)  
= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง

- อัตราการเจริญเติบโต (ADG) กรัม/วัน  
= น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง-น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง /  
ระยะเวลาในการทำการทดลอง
- อัตรารอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์  
= จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลองX100
- อัตราการแลกเนื้อ (FCR)  
= น้ำหนักของอาหารที่ปลากิน / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น

ทำการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพการผลิตผักจั่นสิ้นสุดการทดลอง โดยการสุ่มวัดความสูง 10 ต้น/บ่อ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้นเมื่อเริ่มต้นและระหว่างทดลองทุก 7 วัน บันทึกข้อมูล เพื่อบริการเปรียบเทียบหาความสูง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และน้ำหนักผลผลิตรวม ดังนี้

- ความสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง  
= ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง
- อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ชม/วัน  
= ความสูงเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง - ความสูงเฉลี่ยเมื่อเริ่มการทดลอง / ระยะเวลา  
ในการทำการทดลอง
- อัตราการรอด (Survival Rate) เปอร์เซ็นต์  
= จำนวนต้นผักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง / จำนวนต้นผักเมื่อเริ่มการทดลอง X 100

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยหาความแปรปรวน เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีเมนต์ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 9.0

#### ผลของการทดลอง

ประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาพบว่าอัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่าง ส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย น้ำหนักเมื่อสิ้นสุด อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยน้ำหนักเมื่อสิ้นสุด ปลาที่เลี้ยงในวัสดุรองอิฐน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาได้แก่ วัสดุรองถ่าน ไม้ไผ่ และโฟม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักรวมปลาที่เลี้ยงในวัสดุรองอิฐได้น้ำหนักรวมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ วัสดุรองถ่าน โฟม และไม้ไผ่ ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

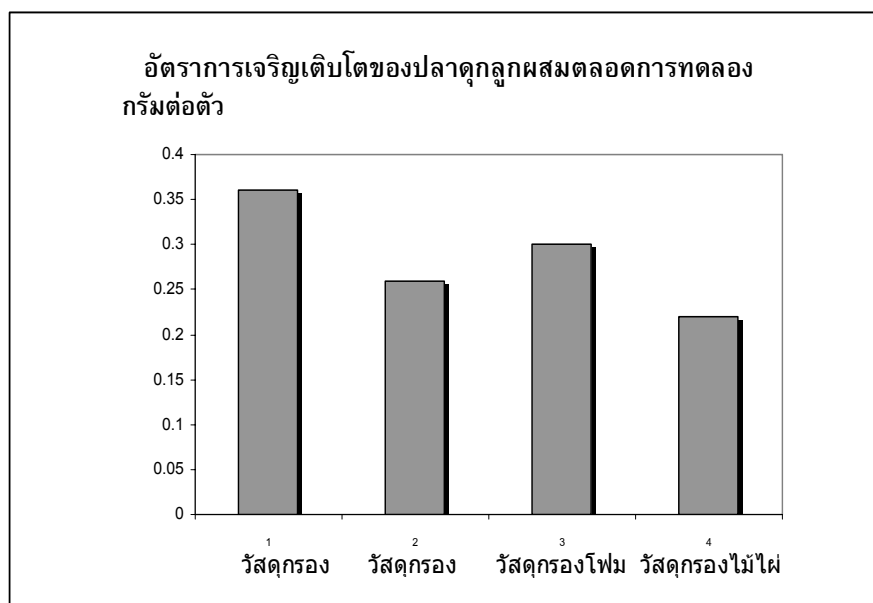
**ตารางที่ 1** น้ำหนักเฉลี่ยปลาทุกกลุ่มผสมที่เลี้ยงในชุดที่ 1 วัสดุรองอิฐ ชุดที่ 2 วัสดุรองถ่าน ชุดที่ 3 วัสดุรองเม็ดโฟม และชุดที่ 4 วัสดุรองไม้ไผ่ โดยใช้อาหารปลาทุกเม็ดสำเร็จรูป ตลอดการทดลอง 60 วัน

ระยะเวลา (วัน)	วัสดุรอง อิฐ	วัสดุรองถ่าน	วัสดุรองโฟม	วัสดุรองไม้ไผ่
เริ่มทดลอง	25.60	25.55	20.55	22.60
15	25.88	26.03	20.90	23.08
30	35.35	35.63	31.00	32.50
45	40.75	39.65	35.05	37.20
60	47.78	41.29	39.08	40.55

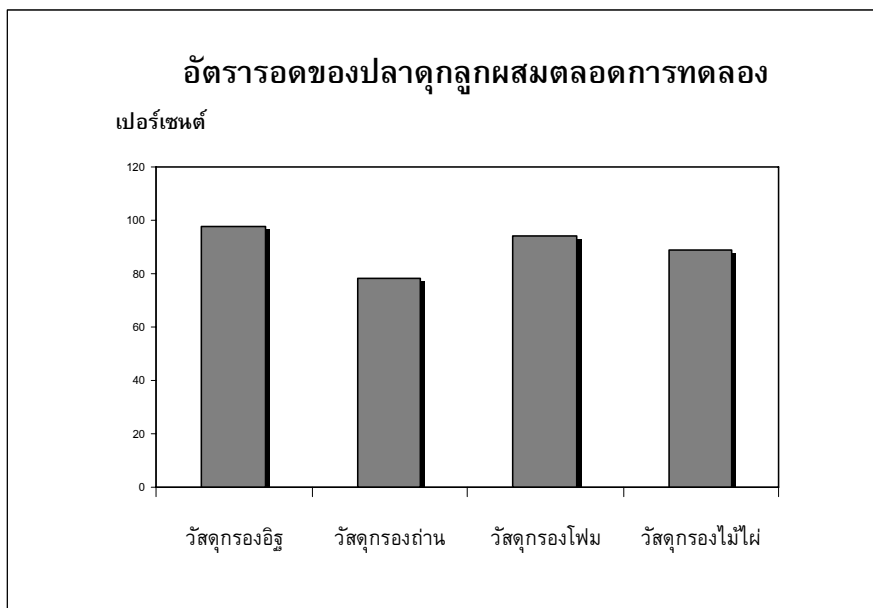
ตารางที่ 2 น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดเฉลี่ย (กรัม) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) อัตราการรอด (%) อัตราการแลกเนื้อ และน้ำหนักรวม (กิโลกรัม) ปลาตุ๊กกลุ่มผสม โดยใช้อาหารปลาตุ๊กเม็ดสำเร็จรูป ตลอดจนการทดลอง 60 วัน

	วัสดุรองอิฐ	วัสดุรองถ่าน	วัสดุรองฟิม	วัสดุรองไม้ไผ่
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	25.60±0.10 <sup>a</sup>	25.55±0.45 <sup>b</sup>	20.55±0.40 <sup>d</sup>	22.60±0.07 <sup>c</sup>
น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	47.77±0.12 <sup>a</sup>	41.29±2.96 <sup>b</sup>	39.07±3.57 <sup>d</sup>	40.55±0.80 <sup>c</sup>
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	22.17±0.22 <sup>a</sup>	15.74 ±2.51 <sup>d</sup>	18.52±3.17 <sup>b</sup>	17.95±0.72 <sup>c</sup>
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.26±0.04 <sup>c</sup>	0.30±0.05 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>d</sup>
อัตราการแลกเนื้อ	1.10±0.034 <sup>a</sup>	1.52±0.15 <sup>d</sup>	1.13±0.19 <sup>b</sup>	1.49±0.49 <sup>c</sup>
อัตราการรอดตาย (%)	97.5±2.0 <sup>a</sup>	78.00±18.0 <sup>d</sup>	94.0±1.0 <sup>b</sup>	88.75±0.25 <sup>c</sup>
น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)	9.71±0.40 <sup>a</sup>	7.58±0.12 <sup>c</sup>	5.97±0.87 <sup>d</sup>	8.52±0.34 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยอักษร เหมือนกันในแนวนอน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) ของปลาตุ๊กกลุ่มผสม ชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 , ชุดที่ 3 และ ชุดที่ 4 โดยใช้อาหารปลาตุ๊กเม็ดสำเร็จรูปตลอดการทดลอง 60 วัน

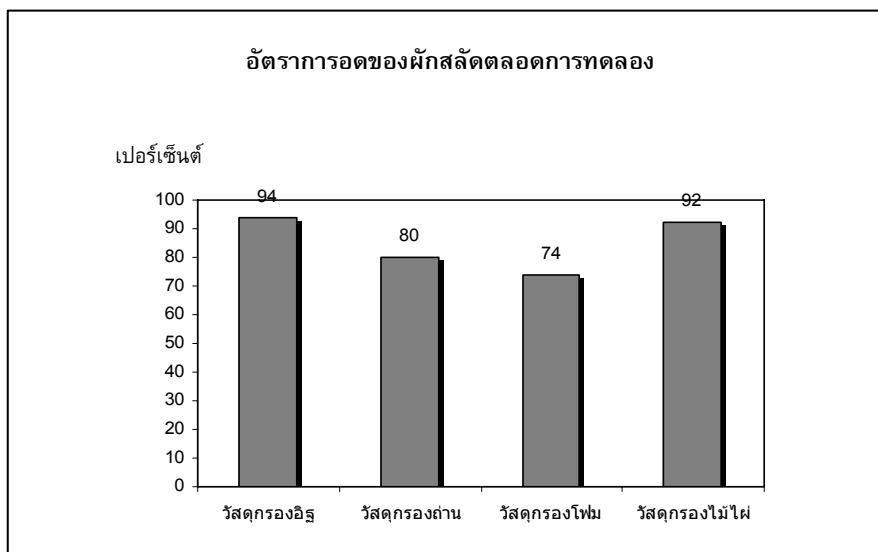


ภาพที่ 2 อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์) ของปลาดุกลูกผสม ชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 , ชุดที่ 3 และ ชุดที่ 4 โดยใช้อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูป ตลอดการทดลอง 60 วัน

สำหรับระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอด ไม่มีความแตกต่าง ส่วนความสูง และ ผลผลิตรวมของผักสลัด มีความ ตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยความสูงของผักสลัดที่ปลูกในวัสดุรองอิฐผลผลิตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ในวัสดุรองถ่าน ฟาง และไม่มี ตามลำดับ ส่วนผลผลิตรวม ผักสลัดที่ปลูกในวัสดุรองอิฐผลผลิตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ วัสดุรองถ่าน ฟาง และไม่มี ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 แสดงความสูงของต้นสลัดแก้ว ตลอดการทดลอง 60 วัน

อายุของผักสลัดแก้ว	ความสูงของต้นเฉลี่ย (cm)			
	วัสดุรองอิฐ	วัสดุรองถ่าน	วัสดุรองฟาง	วัสดุรองไม่มี
เริ่มต้น	2.09	2.14	2.10	2.06
2 สัปดาห์	7.12	4.78	3.18	6.69
4 สัปดาห์	11.39	7.79	6.15	7.94
6 สัปดาห์	14.44	10.64	8.01	10.54
8 สัปดาห์	24.48	19.20	16.09	19.86



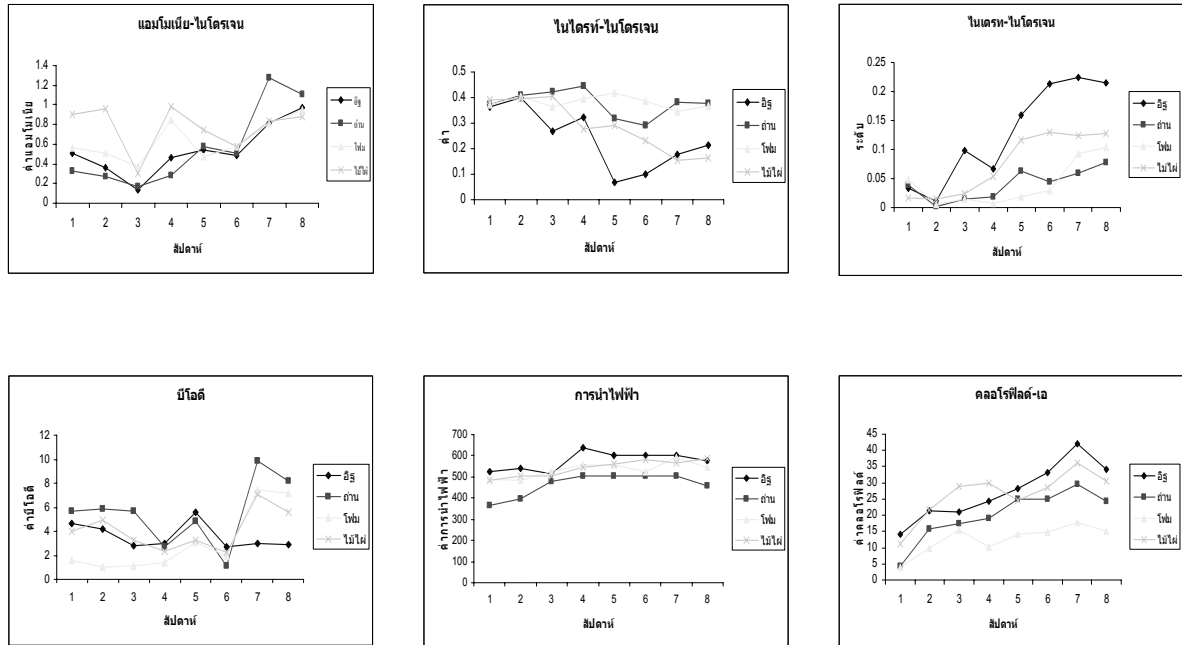
**ภาพที่ 3** อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์) ของผักสลัด ชุดที่ 1, ชุดที่ 2, ชุดที่ 3 และ ชุดที่ 4 โดยใช้อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูปตลอดการทดลอง 60 วัน

**ตารางที่ 4** ความสูงเมื่อสิ้นสุดเฉลี่ย (เซนติเมตร) อัตราการรอด (%) น้ำหนักรวมทั้งหมด (กิโลกรัม) ของผักสลัด โดยใช้น้ำจากการเลี้ยงปลาผ่านระบบราก ตลอดการทดลอง 60 วัน

	วัสดุรองอิฐ	วัสดุรองถ่าน	วัสดุรองฟาง	วัสดุรองไม้ไผ่
ความสูงเมื่อสิ้นสุด (ซม.)	24.48±1.61 <sup>a</sup>	19.21±0.04 <sup>c</sup>	16.09±1.34 <sup>d</sup>	19.87±0.26 <sup>b</sup>
อัตราการรอดตาย (%)	94.00±2.00 <sup>a</sup>	80.00±4.00 <sup>c</sup>	74.00±6.00 <sup>d</sup>	92.00±0.00 <sup>b</sup>
น้ำหนักรวมทั้งหมด (กิโลกรัม)	9.71±0.40 <sup>a</sup>	6.44±0.12 <sup>d</sup>	7.35±0.87 <sup>b</sup>	7.20±0.34 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยอักษร เหมือนกันในแนวนอน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการทดลองทั้ง 4 ชุด พบว่า อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ฟอสฟอรัส และตะกอนแขวนลอย ไม่มีความแตกต่าง ส่วนปริมาณ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน บีโอดี การนำไฟฟ้าจำเพาะ และคลอโรฟิลล์-เอ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน บีโอดี การนำไฟฟ้าจำเพาะและ คลอโรฟิลล์-เอ ในชุดที่ 1 วัสดุกรองอิฐ ชุดที่ 2 วัสดุกรองถ่าน ชุดที่ 3 วัสดุกรองโฟม และ ชุดที่ 4 วัสดุกรองไม้ไผ่ ตลอดการทดลอง 60 วัน  
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำใน ชุดที่ 1 ,ชุดที่ 2 , ชุดที่ 3 และ ชุดที่ 4 โดยใช้อาหารปลาถูกเม็ดสำเร็จรูป ตลอดการทดลอง 60 วัน

	วัสดุกรองอิฐ	วัสดุกรองถ่าน	วัสดุกรองโฟม	วัสดุกรองไม้ไผ่
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	22.63±0.19	22.71±0.68	22.66±0.21	22.65±0.20
ความเป็นกรดต่าง	7.01±0.10	7.10±0.10	7.11±0.12	7.16±0.13
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	5.55±0.49	6.27±0.58	5.89±0.47	6.05±0.57
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/l)	0.463±0.074 <sup>a</sup>	0.480±0.401 <sup>b</sup>	0.610±0.107 <sup>d</sup>	0.564±0.212 <sup>c</sup>
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (mg/l)	0.240±0.035 <sup>a</sup>	0.378±0.015 <sup>c</sup>	0.382±0.010 <sup>d</sup>	0.289±0.03 <sup>b</sup>
ไนเตรท-ไนโตรเจน (mg/l)	0.134±0.027 <sup>c</sup>	0.049±0.012 <sup>b</sup>	0.040±0.011 <sup>a</sup>	0.072±0.016 <sup>c</sup>
ฟอสฟอรัส (mg/l)	1.877±0.181	1.435±0.167	1.638±0.204	1.892±0.229
บีโอดี (mg/l)	3.60±0.305 <sup>b</sup>	5.49±0.688 <sup>d</sup>	3.09±0.693 <sup>a</sup>	4.13±0.653 <sup>c</sup>
ปริมาณสารแขวนลอย (mg/l)	0.371±0.055	0.287±0.044	0.356±0.040	0.383±0.037
การนำไฟฟ้าจำเพาะ (µS/cm)	580.63±11.56 <sup>a</sup>	471.25±18.03 <sup>d</sup>	533.75±15.57 <sup>c</sup>	542.50±17.31 <sup>b</sup>
คลอโรฟิลล์-เอ (mg/l)	28.07±2.605 <sup>a</sup>	21.31±2.463 <sup>c</sup>	13.18±1.398 <sup>d</sup>	27.62±2.497 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ตามด้วยอักษร เหมือนกันในแนวนอน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



### วิจารณ์ผลการทดลอง

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบหมุนเวียนน้ำ จากบ่อเลี้ยงเข้าสู่การกำจัดตะกอน และกรองชีวภาพใช้วัสดุกรองชีวภาพต่างชนิดกัน พบว่า อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตาย ไม่มีความแตกต่าง โดยอัตราการแลกเนื้อมีค่าระหว่าง 1.10–1.51 สอดคล้องกับ อุทัยรัตน์, 2544 รายงานว่า ปลาดุกลูกผสมการเจริญเติบโตได้ดี อัตราการแลกเนื้อ ไม่แตกต่างกัน อัตราการแลกเนื้อสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหาร ส่วนอัตราการรอดพบว่า ปลาที่เลี้ยงในวัสดุกรองอิฐ มีอัตราการรอดตายสูงสุด ค่าอัตราการรอดเท่ากับ 97.50 % อัตราการรอดอยู่ระหว่าง 78.00–97.50 % ส่วนน้ำหนักเมื่อสิ้นสุด อัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักรวม พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยวัสดุกรองอิฐมีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดมากที่สุดคือ  $47.77 \pm 0.12$  กรัม/ตัว รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองถ่าน ไม้ไผ่ และโฟม ตามลำดับ ค่าน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดเท่ากับ  $41.29 \pm 2.96$ ,  $40.55 \pm 0.80$  และ  $39.07 \pm 3.57$  กรัม/ตัว ตามลำดับ สำหรับอัตราการเจริญเติบโต วัสดุกรองอิฐ มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุกรองอื่น ค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.36 กรัม/วัน รองลงมาได้แก่ โฟม ถ่าน และไม้ไผ่ ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ  $0.30 \pm 0.05$ ,  $0.26 \pm 0.04$  และ  $0.22 \pm 0.01$  กรัม/วัน ตามลำดับ สอดคล้องกับ จันทร์สว่าง (2538) ได้ทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิดโดยใช้บ่อคอนกรีตกลมขนาด 5 ลบม. ปล่อยปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) ขนาด 1.57 กรัม ในอัตรา 200 ตัวต่อตารางเมตร ปรากฏว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีอัตราการรอด 89.11 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิต 336.7 กิโลกรัมต่อ 15 ลูกบาศก์เมตร และ อัตราแลกเนื้อ 1.28 และ Tarnchalanukit et al., (1982) ได้รายงานว่าการเจริญเติบโตของปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ขนาด 1 กรัม เลี้ยงในระบบบ่อคอนกรีตแบบน้ำหมุนเวียนที่อัตราความหนาแน่นแตกต่างกันคือ 330, 500 และ 666 ตัวต่อตารางเมตร เป็นเวลา 84 วัน ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตดังนี้ 381.49, 607.32 และ 775.04 กิโลกรัมต่อ 15 ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้โดย วัสดุกรองแต่ละชนิดจะไม่มีผลต่อ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอด แต่จะมีผลต่อผลผลิตรวมของปลา น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราแลกเนื้อ

สำหรับประสิทธิภาพการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์พบว่า ความสูงของผักสลัดเมื่อสิ้นสุด อัตราการผักสลัด และน้ำหนักรวม มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยความสูงของผักสลัดเมื่อสิ้นสุด ผักสลัดที่ผ่านวัสดุกรองอิฐมีความสูงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ  $24.48 \pm 1.61$  ซม รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองไม้ไผ่ ถ่าน และโฟม ตามลำดับ ค่าความสูงเท่ากับ  $19.87 \pm 0.26$ ,  $19.21 \pm 0.52$  และ  $16.09 \pm 1.34$  ซม ตามลำดับ ส่วนอัตราการ ผักสลัดที่ผ่านวัสดุกรองอิฐมีอัตราการดีที่สุด มีค่าเท่ากับ  $94.00 \pm 2.00$  เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ไม้ไผ่ ถ่าน และโฟม ตามลำดับ ค่าอัตราการเท่ากับ  $92.00 \pm 0.00$ ,  $80.00 \pm 4.00$  และ  $74.00 \pm 6.00$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่าอุณหภูมิ ออกซิเจนละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ฟอสฟอรัส และ ปริมาณสาขานลอย ไม่มีความแตกต่าง ส่วน ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน บีโอดี การนำไฟฟ้า จำเพาะ และ คลอโรฟิลล์-เอ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน วัสดุกรองอิฐมีปริมาณน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ  $0.463 \pm 0.074$  mg/l รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองถ่าน ไม้ไผ่ และ โฟม ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $0.480 \pm 0.401$ ,  $0.564 \pm 0.212$  และ  $0.610 \pm 0.107$  ตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนวัสดุกรองอิฐมีปริมาณน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ  $0.240 \pm 0.035$

mg/l รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองไม้ไผ่ ถ่าน และ โฟม ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $0.289 \pm 0.03$ ,  $0.378 \pm 0.015$  และ  $0.382 \pm 0.010$  mg/l ตามลำดับ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน วัสดุกรองอิฐมีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $0.134 \pm 0.027$  mg/l รองลงมาได้แก่

วัสดุกรองอิฐ ไม้ไผ่ และ ถ่าน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $0.072 \pm 0.016$ ,  $0.049 \pm 0.012$  และ  $0.040 \pm 0.011$  mg/l ตามลำดับ สอดคล้องกับ มูทิตา วุฒิกัมพล และคณะ ได้ศึกษาผลของตัวกรองชีวภาพต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาที่ระบบปิดในบ่อ ดินพบว่า ตัวกรองชีวภาพสามารถช่วยลดแอมโมเนียในน้ำ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียในบ่อชุดทดลองต่ำกว่าชุดควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน ส่วนคุณภาพน้ำอื่นๆ ของทั้งสองบ่ออยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ และผลผลิตปลาที่บ่อที่ได้จากบ่อทดลองทั้งสองบ่อ ไม่แตกต่างกัน Chen and Lin (1995) รายงานว่า สัตว์น้ำจะขับถ่ายของเสีย ในรูปของสารละลายต่างกันหลายรูป แต่ที่ขับถ่ายออกมามากที่สุดจะอยู่ในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยคิดเป็น 60-70 % รองลงมาคือ ยูเรีย ยูริค ไนโตรท-ไนโตรเจนและไนเตรต-ไนโตรเจน โดยแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนโตรท-ไนโตรเจน มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แต่ไนเตรต-ไนโตรเจนมีความเป็นพิษต่ำและยังเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับพืชชั้นสูงอีกด้วย ส่วนปริมาณบีโอดีวัสดุกรองอิฐมีปริมาณน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ  $3.09 \pm 0.693$  mg/l รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองไม้ไผ่ ถ่าน และโฟม ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $3.60 \pm 0.305$ ,  $4.13 \pm 0.653$  และ  $5.49 \pm 0.688$  mg/l ตามลำดับ ปริมาณการนำไฟฟ้าจำเพาะ วัสดุกรองอิฐมีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $580.63 \pm 11.56$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองไม้ไผ่ โฟม และ ถ่าน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $542.50 \pm 17.31$ ,  $533.75 \pm 15.57$  และ  $471.25 \pm 18.03$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  ตามลำดับ ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ วัสดุกรองอิฐมีปริมาณมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $28.07 \pm 2.605$  mg/l รองลงมาได้แก่ วัสดุกรองไม้ไผ่ โฟม และ ถ่าน ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ  $27.62 \pm 2.497$ ,  $21.31 \pm 2.463$  และ  $13.18 \pm 1.398$  mg/l ตามลำดับ

### สรุปผลการทดลอง

จากศึกษาวัสดุกรองชีวภาพต่างชนิดกันเพื่อใช้ในระบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอนและระบบกรองชีวภาพ สรุปได้ว่า วัสดุกรองอิฐเป็นวัสดุกรองที่ใช้เข้ากับระบบกรองชีวภาพดีกว่าวัสดุกรองชนิดอื่นๆ เนื่องจากอิฐที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสจำเพาะต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มมวลชีวภาพได้ในอัตราที่สูงกว่า และมีแนวโน้มทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนที่ไม่เป็นอันตรายต่อปลา และช่วยลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนโตรท-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจนได้ดีกว่า รวมถึงการเจริญเติบโตของปลาดุก และผักสลัดแก้วดีกว่า โดยเปรียบเทียบกับวัสดุกรองทั้ง 4 ชนิด

### เอกสารอ้างอิง

- จันทร์สว่าง งามผ่องใส. 2538. คุณภาพน้ำและการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนแบบกึ่งปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ถาวร จิระโสภณรักษ์. 2530. การเลี้ยงปลาดุกด้านในบ่อคอนกรีตแบบน้ำไหลผ่าน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดระยอง, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 16. หน้า
- อัมร อมรสกุล. 2528. คุณสมบัติของน้ำในบ่อคอนกรีตกลมระบบน้ำหมุนเวียนที่เลี้ยงปลาดุกด้าน ในระบบการปล่อยที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นงนุช เลาหะวิสุทธิ. 2539. การเพิ่มรายได้ธุรกิจปลาสวยงาม ร่วมกับการผลิตพรรณไม้น้ำแบบไร้อินในระบบปิด. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มูทิตา วุฒิกัมพล และคณะ. 25450. ผลของตัวกรองชีวภาพต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาหับทิมระบบปิดในบ่อดิน.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อานัฐ ตันโซ . 2542. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสาร โครงการหลวง 3 (1) : 1-4.

Chen, J.C. and C.Y, Lin. 1995. Responses of oxygen consumption, Ammonia –N excretion and Urea-N excretion of *Penaeus chinensis* exposed to ambient ammonia at different salinity and pH level. Aquaculture. 136 : 243-255.

Panayotou, T., S. Wattanutchariya, S. Lsvilanonda and R. Tokrisna. 1985. The Economics of Catfish Farming in Central Thailand. ICLAR Technique Reports. Kasetsart University Research and development institute, Bangkok, Thailand and International Center for Living a Aquatic Resources of Animal Science. 58: 882-886.

Sethteethunyathan, R. 1998. Recycling Wastewater from Intensive Hybrid Catfish (*Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus*) Culture for Semi-Intensive Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Culture in Cement Tank. AIT-Thesis, Bangkok, Thailand.

Tarnchalanukit, W.,W. Chuapoehuk, P. suraniranat and U.N.Nakron. 1982. Pla Duk Dan Culture in circulation concrete pond with water recirculating system. In : The Seminar on inland and Coastal Aquaculture, 6-9 April, 1982 Food and Fertilized Technology Center for the Asian and Pacific Region, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, pp.59-73.

