



ชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบอควาโปนิคส์  
The Suitable Types of Carnivorous Fish for Cultivating with *Anubias*  
*barteri* var. *minima* in the Aquaponics System

นายชยุตพงศ์ เชื้อชาติ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษปีการศึกษา 2565

เรื่อง

รับที่...../.....  
งานทะเบียนและประมวลผล

ชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสในระบบอควาโปนิคส์  
The Suitable Types of Carnivorous Fish for Cultivating with *Anubias*  
*barteri* var. *minima* in the Aquaponics System

ผู้จัดทำ

นายชยุตพงศ์ เชื้อชาติ

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ  
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง

(อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

โครงการพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โครงการพิเศษ

### เรื่อง

ชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบอควาโปนิคส์  
The Suitable Types of Carnivorous Fish for Cultivating with *Anubias*  
*barteri* var. *minima* in the Aquaponics System

โดย

นายชยุตพงศ์ เชื้อชาติ

### เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร (หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตการประมงและทรัพยากรทางน้ำ)  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ชื่อเรื่อง	ชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส ในระบบ Aquaponics
โดย	นายชยุตพงศ์ เชื้อชาติ
หลักสูตร	วิทยาศาสตรการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
คณะ	วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรพงษ์ ศรีพนมยม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายภูมิเกียรติ จันทานนท์

### บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ชุดทดลอง (ชนิดปลา) ๔ ละ ๔ ซ้ำ คือ ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลากดเหลือง ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาหมอไทย ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลากดคัง และชุดทดลองที่ 4 เลี้ยงปลาดุก ปล่อน้ำจืดเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสที่อัตราความหนาแน่นปลา 50 ตัว/ถัง และไม้น้ำอโนเบียส 20 ต้น/ถัง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อศึกษาชนิดปลากินเนื้อน้ำจืดที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics ผลการศึกษาพบว่าไม้น้ำอโนเบียสที่เพาะร่วมกับปลาน้ำจืดต่างชนิดกันนั้น โดยชุดที่เลี้ยงด้วยปลากดคังและชุดที่เลี้ยงด้วยปลาดุกมีความกว้างใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $1.47 \pm 0.07$  และ  $1.49 \pm 0.07$  เซนติเมตร ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับชุดที่เลี้ยงด้วยปลากดเหลืองและชุดที่เลี้ยงด้วยปลาหมอไทยที่มีจำนวนใบเฉลี่ย  $1.29 \pm 0.14$  และ  $1.23 \pm 0.11$  เซนติเมตร ตามลำดับ ในส่วนของการเจริญเติบโตของปลาพบว่าปลาที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสมีความยาวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดคือ  $11.96 \pm 0.32$  เซนติเมตร และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุดคือ  $25.97 \pm 1.83$  กรัม ซึ่งแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับความยาวเพิ่มขึ้นและน้ำหนักเพิ่มขึ้นของอีก 3 ชุดทดลองที่เหลือ ในระหว่างการเลี้ยงพบว่าน้ำมีอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และค่าการนำไฟฟ้าในระหว่างการทดลองทั้ง 4 ชุด ตลอด 12 สัปดาห์ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเติบโตและรอดตายของปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดและไม้น้ำอโนเบียส ดังนั้นควรเลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics เพราะปลาจะมีความยาวและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุดและไม้น้ำอโนเบียสมีความกว้างใบและจำนวนใบเพิ่มขึ้นสูงสุด

**ความสำคัญ:** ไม้น้ำอโนเบียส ปลาน้ำจืด คุณภาพน้ำ ระบบ Aquaponics

  
.....  
ลายมือชื่อนักศึกษา

  
.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	The Suitable Types of Carnivorous Fish for Cultivating with <i>Anubias barter</i> var. <i>minima</i> in the Aquaponics System.
<b>Author</b>	Mr. Chayutapong Chueachati
<b>Major</b>	Fishery Science and Aquatic Resources
<b>Faculty</b>	Prince of Chumphon Campus
<b>Advisor</b>	Mr. Jakkrapong Sripanomyom
<b>Co-advisor</b>	Mr. Poomgiad jantananon

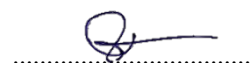
### Abstract

Study carnivorous fish species suitable for raising in a shared-area with *Anubias* aquatic plants in the Aquaponics system. The experiment was the Completely Randomized Design (CRD). Experimental kits were (fish type) 4 repetitions: experiment 1: Yellow Pressure Fish breeding, experiment 2: Motai Fish breeding, experiment 3: Yellow Pressure Fish breeding, experiment 4. Catfish farming. Freshwater was released at a density of 50 fish per barrel along with *Anubias* plants, with 20 fish per barrel for 12 weeks to study the types of freshwater carnivorous fishes suitable for raising in a shared-area with *Anubias* plants in the Aquaponics system. The results showed that *Anubias* aquatic plants cultivated with different species of freshwater fishes in experiment 3 and experiment 4 had the average leaf width of  $1.47 \pm 0.07$  cm. and  $1.49 \pm 0.07$  cm. respectively, but not statistically different ( $p < 0.05$ ). However, *Anubias* cultivated different species of fresh water fishes in experiment 1 and experiment 2 with mean leaf counts of  $1.29 \pm 0.14$  cm. and  $1.23 \pm 0.11$  cm, respectively. Regarding the growth of fish, it was found that fish cultivated with *Anubias* water plant had the highest average length increase of  $11.96 \pm 0.32$  cm. and the highest mean weight gain was  $25.97 \pm 1.83$  g, statistically different ( $p < 0.05$ ) with increasing length and weight of the remaining 3 sets. During the culture, it had been found that the water temperature, acidity – alkalinity, dissolved oxygen content, ammonia-nitrogen content, nitrite-nitrogen content, and electrical conductivity during the 4 series of trials over 12 weeks were suitable for the growth and survival of all 4 species of freshwater fishes and *Anubias* aquatic plants. Therefore, catfish should be raised together with *Anubias* plants in Aquaponics system to obtain the highest length and weight gain and the highest leaf width and number of leaves for *Anubias* plants.

**Key word:** *Anubias*, freshwater fish, water quality, aquaponics system

*Chayutapong*

Student's signature



Advisor's signature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี จากการสนับสนุนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ขอขอบพระคุณอาจารย์ จักรพงษ์ ศรีพนมยม และนายภูมิเกียรติ จันทานนท์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำโครงการพิเศษฉบับนี้ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตร วิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำทุกท่านที่ให้ความรู้และชี้แนะแนวทางในระหว่างการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัวที่ได้ให้กาสนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในการศึกษาและดูแลอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี อุตุน ขยันหมั่นเพียร ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงและทรัพยากรทางน้ำที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนการทำงานและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า และขอบคุณทุกๆ คนที่เกี่ยวข้องตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าได้เริ่มการศึกษาจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ชยุตพงศ์ เชื้อชาติ  
มิถุนายน 2565

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
การตรวจเอกสาร	3
ปลาหมอไทย	3
ปลาดุกบิ๊กอุย	6
ปลากดคัง	8
ปลากดเหลือง	10
สภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา	13
พรรณไม้น้ำอัญเบียด	17
ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน	21
ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำร่วมกับการปลูกพืช	25
รูปแบบการปลูกพืชในระบบ Aquaponics	28
การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Aquaponics	29
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์ผล	38
ผล	38
วิจารณ์	48
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดีและข้อเสียของระบบ DFT (Deep flow technique)	22
2	ข้อดีและข้อเสียของระบบ Sand culture	23
3	ข้อดีและข้อเสียของระบบ DFT (Deep flow technique)	24
4	การเจริญเติบโตของไม้พืชน้ำอเนกประสงค์ที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน	40
5	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)	41
6	ความยาวเฉลี่ยและความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน	41
7	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)	42
8	น้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน	42
9	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน	43
10	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)	44
11	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	44
12	ค่ากรดเป็นด่างเฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	45
13	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	45
14	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	46
15	ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	46
16	ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย (มิลลิซีเมน/เซนติเมตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน	47

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เปรียบเทียบลักษณะระหว่างปลาหมอพันธุ์เดิม กับปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1	5
2	ลักษณะหัวของปลาดุก สามารถสังเกตหัวมันก่อนได้เลย คงดูได้ไม่ยาก เพราะปลาดุกอูย มีกะโหลกที่ต่างจากปลาดุกด้าน รัสเซีย รวมทั้งดุกบึกอูย (บึกอูย เหมือนกับดุกรัสเซีย)	7
3	ปลากดคัง	9
4	ปลากดเหลือง	11
5	ไม้น้ำอูบเปียส ( <i>Anubias heterophylla</i> )	18
6	ระบบ NFT (Nutrient film technique)	23
7	ระบบ DFT (แบบถาดโฟม)	24
8	ระบบ DFT (แบบท่อ)	25
9	หลักการทำงานระบบ Aquaponics System	27
10	ชุดถังกรอง	34

## คำนำ

การเลี้ยงสัตว์แบบกึ่งพัฒนาและแบบพัฒนาทำให้มีการปล่อยน้ำทิ้งที่มีของเสียไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ มีผลทำให้พีชน้ำและจุลสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ ไม่เพียงพอในเวลากลางคืน เกิดการเน่าเสียและส่งผลกระทบต่อสัตว์ในแหล่งน้ำ (ปิยวัฒน์ และคณะ, 2558) ด้วยเหตุนี้การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดที่มีการบำบัดและหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ นอกจากจะควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงได้แล้ว ยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกด้วย

พรรณไม้น้ำมีเป็นประโยชน์ต่อปลาและช่วยกำจัดของเสียที่ขับถ่ายจากตัวปลา โดยการนำไปเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ การเลี้ยงพีชน้ำและสัตว์น้ำในระบบ Aquaponic เป็นระบบการผลิตอาหาร พืช และ ปลา ที่รวม 2 กิจกรรมการผลิตเข้าด้วยกันคือ การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน (recirculation system) และระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (คณะเทคโนโลยีการเกษตร, 2557) กล่าวคือ โดยทั่วไปในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีของเสียจากสิ่งขับถ่าย และอาหารที่เหลือสะสมและละลายอยู่ในน้ำ จะเพิ่มความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เมื่อมีปริมาณมากขึ้น โดยระบบกรองชีวภาพทำ หน้าที่เปลี่ยนรูปของเสียให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ในขบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่ง ระบบ aquaponic มีส่วนในการช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในพืชลง เนื่องจากพีชน้ำได้แร่ธาตุอาหารจากแปรรูปของ เสียจากการเลี้ยงปลาโดยการทำงานแบคทีเรีย ยังช่วยให้คุณภาพน้ำนั้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอีกด้วย

แนวทางการเลี้ยงปลากดเหลือง ปลาทอมไทย ปลากดคัง และปลาดุก ร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ aquaponic เพื่อตรวจวัดการเจริญเติบโตของปลาในน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยชุดระบบกรองร่วมการดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ของไม้น้ำอโนเบียส โดยตรวจวัดการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของไม้น้ำอโนเบียส โดยมุ่งหวังที่จะช่วยบำบัดของเสียในการเลี้ยงปลาร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียสที่ลดต้นทุนจากการเติมปุ๋ยเคมีราคาสูงได้อีกแนวทางหนึ่ง

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดของปลาน้ำจืดกินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic
2. เพื่อศึกษาความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก จำนวนหน่อ และอัตราการรอดตายของไม้น้ำอโนเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิด
3. เพื่อศึกษาความยาวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิดที่เลี้ยงร่วมกับการปลูกไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic
4. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงปลาต่างกัน 4 ชนิด ร่วมกับการปลูกไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบชนิดของปลาน้ำจืดกินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic
2. ทราบความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก จำนวนหน่อและอัตราการรอดตายของไม้น้ำอโนเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิด
3. ทราบความยาวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการรอดตายของปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิดที่เลี้ยงร่วมกับการปลูกไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic
4. ทราบคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงปลาต่างกัน 4 ชนิด ร่วมกับการปลูกไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponic

## การตรวจเอกสาร

### ปลาหมอไทย

ปลาหมอไทย (Climbing perch) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anabas testudineus* เป็นปลาที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สำหรับประเทศไทย พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยธรรมชาติ ปลาหมอสามารถปรับตัวเจริญเติบโตเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อย ที่มีความเค็มได้ถึง 7-10 ppm. และที่ค่อนข้างเป็นกรดจัด เช่น ป่าพรุ เพราะมีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจ จึงอาศัยอยู่ในน้ำน้อยๆ หรือที่ชุ่มชื้นได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน สามารถปรับตัวเข้ากับน้ำกร่อยหรือน้ำที่มีสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรดได้ดี ปลาหมอไทยยังเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ เพราะเป็นที่ต้องการบริโภคอย่างแพร่หลาย จากรายงานในปี พ.ศ.2560 ผลผลิตปลาหมอไทยทั้งหมด 277 ตัน คิดเป็นมูลค่า 423.7 ล้านบาท สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายเมนู อีกทั้งยังเป็นปลาที่ความทนทานสูงและมีอวัยวะพิเศษในการช่วยหายใจ (labyrinth organ) จึงอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่มีน้ำน้อยหรือที่ชุ่มชื้นได้เป็นเวลานาน แต่ผลผลิตส่วนใหญ่ได้จากการเพาะเลี้ยง (กรมประมง, 2537

#### อนุกรมวิธานของปลาหมอไทย

Smith (1945) รายงานการจัดลำดับอนุกรมวิธานปลาหมอ ไว้ดังนี้

Phylum: Chordata

Class: Pisces

Subclass: Teleostomi

Order: Labyrinthici

Family: Anabantidae

Genus: *Anabas*

Species: *testudineus*

#### ปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1

ปลาหมอไทย เป็นที่สนใจของผู้เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดจำนวนมาก เพราะสามารถเลี้ยงและเจริญเติบโตได้ในอัตราความหนาแน่นสูง (กรมประมง, 2541; อนันต์ และคณะ, 2541) ทนทานต่อสภาพที่คุณสมบัติของดินและน้ำที่แปรปรวน (วิทย์ และคณะ, 2533) นิยมเพาะเลี้ยงกันในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งบ่อดิน บ่อคอนกรีต กระชัง หรือร่องสวน เมื่อเลี้ยงไปนานๆ ส่งผลให้ปลาหมอไทยเจริญเติบโตช้าและมีขนาดเล็ก ส่งผลทำให้ราคาลดต่ำลง ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตสูง เสี่ยงต่อการขาดทุน ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดจากการขาดประสิทธิภาพในด้านการปรับปรุงพันธุ์ และการควบคุมเพศ พบเพียงเล็กน้อย (นวลมณี และคณะ, 2541)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัดของสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมงได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ปลาหมอไทยสายพันธุ์ดั้งเดิมมาตั้งแต่ออกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2546 โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมปลาหมอไทย สายพันธุ์ดั้งเดิมมาจากแหล่งน้ำต่างๆ ทั่วทุกภาคของประเทศ มาทดลองเลี้ยงที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพรเพื่อหาสายพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด สำหรับใช้เป็นพันธุ์พื้นฐานในการเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกปลาตัวที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในแต่ละรุ่นเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกพันธุ์รุ่นต่อไป โดยมีชุดควบคุม (Control) หรือชุดที่ไม่มีการคัดเลือกเป็นตัวเลี้ยงเปรียบเทียบในแต่ละรุ่น เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างชุดที่มีการคัดพันธุ์กับชุดที่ไม่ได้คัดพันธุ์ ดำเนินการเป็นระยะเวลา 4 รุ่น (generation) จนได้พันธุ์ปลาที่มีการเจริญเติบโตดีกว่าเดิม จากนั้นก่อนที่จะนำไปเผยแพร่สู่เกษตรกร ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพรได้ดำเนินการทดสอบสายพันธุ์ ทั้งได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพรเอง (on station) และดำเนินการในฟาร์มของเกษตรกร (on farm) ซึ่งผลออกมาในทิศทางเดียวกันคือ ปลาหมอไทยสายพันธุ์ดั้งเดิมที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์หรือที่รู้จักกันในนามของปลาหมอไทยสายพันธุ์ “ชุมพร 1” มีอัตราการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าปลาหมอไทยสายพันธุ์ดั้งเดิมปกติ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพร) การขอตั้งชื่อสายพันธุ์หลังจากทดสอบสายพันธุ์จนเป็นที่มั่นใจแล้ว ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพรได้เริ่มดำเนินการศึกษาวิจัยมาตั้งแต่ปี 2546 จนถึงสิ้นปี 2554 รวมระยะเวลาประมาณ 8 ปี โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1.หาพันธุ์พื้นฐานที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง 2.กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ 3.ทดสอบสายพันธุ์ 4.การขอตั้งชื่อสายพันธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพรจึงได้ดำเนินการขออนุมัติกรมประมงเพื่อตั้งชื่อสายพันธุ์เพื่อให้สะดวกต่อการจดจำและนำไปใช้ในกระบวนการส่งเสริมสู่เกษตรกร ซึ่งกรมประมงอนุมัติให้ใช้ชื่อสายพันธุ์ว่าชุมพร1 ในวันที่ 16 สิงหาคม 2554

#### ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1 (ภาพที่ 1)

ส่วนหัวแหลมเล็กมีความยาวและความกว้างน้อยกว่าความกว้างของลำตัว ส่วนลำตัวค่อนข้างแบนแบบ Compressed form ความกว้างลำตัวประมาณ 30-40% ของความยาว ความหนาของลำตัวประมาณ 19-27% ของความยาวลำตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 67.41 กรัม ให้ผลผลิต 2.81 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นจากปลาหมอไทยสายพันธุ์ดั้งเดิม 76.52% มีน้ำหนักเฉลี่ย 77.36 กรัม ให้ผลผลิต 3.18 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นจากปลาหมอไทยสายพันธุ์ดั้งเดิม 74.03% (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำชุมพร, 2555)



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะระหว่างปลาหมอพันธุ์เดิมกับปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1  
ที่มา: <https://www.fisheries.go.th/genetic-chumphon>

### ความสำคัญทางเศรษฐกิจปลาหมอไทยสายพันธุ์ ชุมพร 1

ตามแนวทางแผนยุทธศาสตร์กรมประมงที่จะเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำในแหล่งเพาะเลี้ยง ปรากฏว่าได้มีเกษตรกรหลายพื้นที่นำปลาหมอไทยไปเลี้ยงสามารถสร้างรายได้เป็นอย่างดี บางพื้นที่ปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1 กำลังจะกลายเป็นปลาเศรษฐกิจในพื้นที่หลายจังหวัด ในปัจจุบันได้มีการเผยแพร่ความรู้ให้กับเกษตรกรอีกทั้งแจกจ่ายพันธุ์ปลาหมอสายพันธุ์ชุมพร 1 ให้กับเกษตรกรในหลายช่องทางและตามที่มีสมาชิกของสมาคมชาวเกษตรกร ไปทำข่าวหลายพื้นที่พบว่าปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1 ในบ่อดินมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร ปล่อยปลาได้ 35-50 ตัว เลี้ยง 4 เดือน ได้ขนาด 5-6 ตัว/กิโลกรัม ขายได้ในราคาขายส่งกิโลกรัมละ 80-100 บาท ในท้องตลาดขายในราคากิโลกรัมละ 140-150 บาท ถือว่าเป็นรายได้ที่น่าสนใจ (พรศักดิ์, 2558)

### อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลาหมอไทย

ปลาหมอไทย เป็นปลากินเนื้อ (carnivorous fish) ที่ชอบกินอาหารที่บริเวณผิวน้ำและกลางน้ำ มีนิสัยล่าเหยื่อ (predator) ที่เป็นปลาหรือสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่า โดยหลังจากลูกปลาฟักออกจากไข่ใหม่ๆ ในระยะ 3 วันแรกจะยังไม่กินอาหารแต่ใช้อาหารจากถุงไข่แดง (yolk sac) ที่ติดอยู่บริเวณหน้าท้อง จากนั้นจะเริ่มกินอาหารมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ (zooplankton) พวก protozoa, rotifer, copepod, ostracod, ไรแดง และ ลูกน้ำ เป็นต้น หลังจากพัฒนาสมบูรณ์แล้วสามารถกินตัวอ่อนแมลง สัตว์หน้าดิน (benthos) ลูกกุ้ง และ ลูกปลาวัยอ่อน ตลอดจนอาหารสำเร็จรูป นอกจากนี้สามารถกินเมล็ดข้าว ธัญพืช ปลวก ตัวอ่อนแมลงน้ำ ตั๊กแตน หรือกิ้งฟอย ทั้งที่มีชีวิตหรือตายแล้วเป็นอาหารได้ (ศราวูจ และคณะ, 2547)

### การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยสายพันธุ์ชุมพร 1

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยมีความสำคัญกับเศรษฐกิจมากพอสมควร เนื่องจากปลาหมอไทยกำลังเป็นที่นิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมาก (สุจินต์, 2550) โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบมีขายไปยังประเทศมาเลเซีย เป็นต้น (สุทธิชัย, 2545) เพราะปลาหมอไทยเป็นปลาที่เนื้อีรสชาติดีเนื้อแน่น นุ่ม และสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายอย่างไม่แพ้สัตว์น้ำชนิดอื่น แต่ในการเพาะเลี้ยงปลาหมอไทยนั้นสิ่งสำคัญที่ผู้เลี้ยงควรคำนึงถึงมากที่สุดคือ การตลาด เพราะเกษตรกรยังหาตลาดที่จำหน่ายไม่ได้ ทำให้โอกาสที่จะประสบกับความขาดทุนก็เป็นไปได้สูง (สุจินต์, 2550) ตลาดที่เป็นแหล่งซื้อขายปลาหมอไทยหรือปลาน้ำจืดอื่นๆ ขนาดใหญ่ที่มีการประมูลราคาหรือซื้อขายล่วงหน้า เช่น ตลาดกลางสัตว์น้ำมหาชัย ตลาดกลางหัวเกาะ จังหวัดสมุทรปราการ ตลาดกลางสัตว์น้ำอ่างทอง นอกจากนี้ยังมีตลาดไทรังสิต ตลาดบางประกง ตลาดลาดกระบัง และสะพานปลากรุงเทพฯ ส่วนในภาคเหนือ เช่น ตลาดแม่น้ำจังหวัดพะเยา ตลอดจนตลาดสดประจำตำบล อำเภอ และจังหวัดต่างๆ (ประเทือง, 2536) พบมีการวางปลาหมอไทยจำหน่ายในลักษณะปลามีชีวิตและปลาสดที่ซอดเกล็ด ฝาท้องทำความสะอาด พร้อมนำไปประกอบอาหาร (สุจินต์, 2550)

### ปลาดุกบิ๊กอุย

ปลาดุกบิ๊กอุย เป็นปลาที่ได้จากการผสมปรับปรุงพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) มีชื่อสามัญว่า Hybrid catfish จากข้อมูลส่งออกล่าสุดในปี 2551 พบว่าปริมาณการส่งออกของปลาดุกสูงถึง 5992.5 ตัน และจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งปลาดุกเป็นปลาที่ทนต่อสภาพที่มีน้ำน้อยๆ ผู้บริโภคจึงสามารถเลือกซื้อปลาสดและอาหารแปรรูปได้ เช่น เนื้อปลาดุกสดและแช่เย็น เนื้อปลาดุกบดแช่แข็ง ปลารมควัน ปลาตากแห้งและอาหารกระป๋อง ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญคือ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ฮองกง ญี่ปุ่น และสิงคโปร์พื้นถิ่น (กรมประมง, 2551) ปลาดุก เป็นปลาพื้นเมืองของไทยในประเทศไทยมีพันธุ์ปลาจำพวกปลาดุกอยู่ 5 ชนิด แต่ที่รู้จักกันแพร่หลายมีอยู่ 2 ชนิด คือ ปลาดุกด่าน (*Clarias batrachus*) และปลาดุกอุย (*C. Macrocephalus*) ปัจจุบันปลาทั้งสองชนิดสามารถจะผลิตขึ้นได้จากการเพาะเลี้ยงและมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ มีผู้เลี้ยงปลาดุกทั่วประเทศรวม 2,550 ราย (กรมประมง, 2528)

#### อนุกรมวิธานของปลาดุกบิ๊กอุย

(Na-Nakorn et al., 2004) รายงานการจัดลำดับอนุกรมวิธานปลาดุกบิ๊กอุยไว้ ดังนี้

Phylum: Chordata

Class: Actinopterygii

Subclass: Neopterygii

Order: Siluriformes

Family: Clariidae

Genus: *Clarias*

#### สายพันธุ์ปลาดุกบิ๊กอุย (ภาพที่ 2)

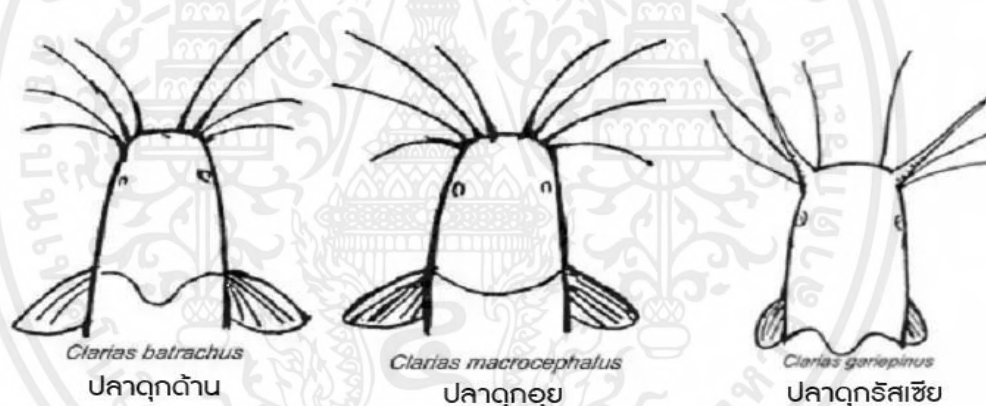
ปลาดุกที่นิยมเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย คือ ปลาดุกอุยและปลาดุกด่าน ต่อมาประมาณปี พ.ศ.2528 มีเกษตรกรนำพันธุ์ปลาดุกเทศหรือปลาดุกรัสเซีย เข้ามาเลี้ยงเป็นปลาที่มีการเจริญเติบโต

รวดเร็ว มีความต้านทานโรคและสภาพแวดล้อมสูง แต่เนื้อไม่น่ารับประทาน ทางกลุ่มวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด จึงได้ทำการเพาะขยายพันธุ์โดยผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุยเทศเมียและปลาดุกเทศเพศผู้ ผลปรากฏว่าลูกที่ได้มีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็ว ทนทานต่อโรคสูง และมีรสชาติอร่อย ทางกรมประมงให้ชื่อว่า ปลาดุกอุย-เทศ แต่ชาวบ้านมักเรียกว่า ปลาดุกบึกอุย (กรมประมง, มปป.)

### ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลาดุกบึกอุย

ลักษณะรูปร่างยาวเรียวยาว ไม่มีเกล็ด มีหนวด 4 คู่ ที่ริมฝีปากผิวหนังสีน้ำตาลเนื้อออกสีเหลืองรสชาติอร่อยนุ่มหวาน และเป็นที่ยอมรับโรคของประชาชนทั่วไป เมื่อนำปลาดุกสองพันธุ์มาผสมเทียมข้ามพันธุ์กัน จึงทำให้เกิดปลาดุกลูกผสมใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมสำหรับเลี้ยงเป็นการค้ายิ่งขึ้น

ปลาดุกลูกผสมได้รวมลักษณะที่ดีเด่นของพ่อแม่พันธุ์ไว้ในตัวเดียวกันจึงเป็นปลาที่เลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงได้น้ำหนักมาก เนื้อมีรสชาติอร่อย ทนทานต่อโรคพยาธิและสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี (สันต์, 2548)



ภาพที่ 2 ลักษณะหัวของปลาดุก สามารถสังเกตหัวมันก่อนได้เลย คงดูได้ไม่ยาก เพราะปลาดุกอุยมีกะโหลกที่ต่างจากปลาดุกด้าน รัสเซีย รวมทั้งดุกบึกอุย (บึกอุยเหมือนกับดุกรัสเซีย)

ที่มา: <https://fishingthai.com/difference-clariidae/>

### ความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจปลาดุก

จากข้อมูลการส่งออกปลาน้ำจืดในปี 2545 พบว่ามีปริมาณส่งออกสูงถึง 1,073 ตัน เป็นมูลค่ากว่า 60 ล้านบาท และข้อมูลส่งออกล่าสุดในปี 2551 ส่งออกสูงถึง 5992.5 ตัน คิดเป็นมูลค่า 301.4 ล้านบาท และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งราคาไม่สูงมากนัก ซึ่งสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปปลามีชีวิตและอาหารแปรรูป โดยจากข้อมูลการส่งออกเนื้อปลาดุกสด แช่เย็น รมควัน ในปี 2551 สูงถึง 320,380 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 27.3 ล้านบาท (กรมประมง, 2551)

### อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลาดุก

ปลาดุก กินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) มีนิสัยชอบหาอาหารกินในเวลากลางวันตามบริเวณพื้นก้นบ่อและจะขึ้นมากินอาหารบริเวณพื้นผิวน้ำเป็นบางครั้ง ในบางครั้งก็ถือว่าปลาชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้เป็นพวก Scavengers เนื่องจากเป็นปลาที่มีนิสัยชอบกินอาหารจำพวกเศษเนื้อที่กำลังสลายตัว การให้อาหารอาหารที่ให้อาหารในช่วงที่ลูกปลาคูมีขนาด 2-3 เซนติเมตร ควรให้อาหารผสมคลุกน้ำปั่นเป็นก้อน ให้ลูกปลากิน โดยให้กินวันละ 2 ครั้ง หวานให้กินทั่วบ่อโดยเฉพาะในบริเวณขอบบ่อ เมื่อลูกปลา มีขนาดโตขึ้นความยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร สามารถฝึกให้กินอาหารเม็ดได้หลังจากนั้นเมื่อปลาโตขึ้นจนมีความยาว 15 เซนติเมตรขึ้นไป จะให้อาหารเม็ดเพียงอย่างเดียวหรืออาหารเสริมชนิดต่างๆ ได้ เช่น ปลาเป็ดผสมรำละเอียดอัตรา 9:1 หรือให้อาหารที่ลดต้นทุน เช่น อาหารผสมบดจากส่วนผสมต่างๆ เช่น กระจุกไก่ ไล่ไก่ เศษขนมปังเศษ เส้นหมี่ เศษเลือดหมูเลือดไก่ หรือเศษอาหารต่างๆ เท่าที่สามารถหาได้นำมาบดรวมกันแล้วผสมให้ปลากิน แต่การให้อาหารประเภทนี้จะต้องระวังเรื่องคุณภาพของน้ำในบ่อเลี้ยงให้ดี (กฤษณ์, 2538)

### การเพาะเลี้ยงปลาดุก

ปล่อยลูกปลาดุกขนาด 2 – 3 เซนติเมตร ควรปล่อยในอัตรา 50 – 100 ตัว/ตารางเมตร ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเลี้ยง คือ ชนิดอาหาร ขนาดของบ่อและระบบการเปลี่ยนถ่ายน้ำซึ่งปกติทั่วไป อัตราปล่อยเลี้ยงประมาณ 50 ตัว/ตารางเมตร เมื่อปล่อยลูกปลาวันแรกไม่ต้องให้อาหาร จะเริ่มให้อาหารวันถัดไป อาหารที่ให้เป็นอาหารลูกปลาวัยอ่อน รำพรมน้ำแล้วนวดจนเหนียวปั่นเป็นก้อนแล้วเสียบกับไม้ปักไว้รอบบ่อ ปริมาณที่ให้ต้องให้ปลากินหมดภายในเวลา 30 นาที โดยให้ประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อลูกปลาโตพอ กินอาหารเม็ดได้ก็เริ่มให้อาหารปลาดุกเล็กพิเศษ ให้กินจนลูกปลาอายุ 1 เดือน ให้อาหารปลาดุกเล็กควรฝึกให้ปลากินอาหารเป็นที่โดยให้อาหารจุดเดิมประจำและเคาะหลักไม้ทุกครั้งเมื่อมีการให้อาหาร การให้อาหาร ปลาจะให้ 2 มื้อ/วัน ให้อาหารปลาดุกเล็กจนลูกปลามีอายุ 2 เดือน จึงให้อาหารปลาดุกใหญ่ โดยให้อาหาร 2 มื้อ ในกรณีปลาป่วย หรือกินอาหารลดลงให้ลดปริมาณอาหารลงครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ให้ปกติ ใน กรณีเกิดจากสภาพน้ำ หรือการเปลี่ยนแปลงของอากาศให้ปรับสภาพน้ำโดยทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เมื่อเริ่มเลี้ยงใหม่ๆ ควรมีระดับน้ำประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร เมื่อลูกปลา เจริญเติบโตขึ้นในเดือนแรกเพิ่มระดับน้ำให้สูงประมาณ 50 – 60 เซนติเมตร หลังจากเข้าเดือนที่ 2 ควรเพิ่มระดับน้ำให้สูงขึ้น 10 เซนติเมตร/สัปดาห์ จนระดับน้ำในบ่อลึก 1.20–1.50 เมตร การถ่ายเทน้ำควรเริ่มตั้งแต่ประมาณ 1 เดือน โดย ถ่ายประมาณ 20 % ของน้ำในบ่อ 3 วัน/ครั้ง หรือ ถ้าน้ำในบ่อเริ่มเสีย จะต้องถ่ายน้ำมากกว่าปกติ เมื่อเลี้ยงปลาดุกถึง 90 วัน จะได้ปลาขนาด 100 – 200 กรัม อัตราการรอดตายสูงถึง 80 % สามารถ จับปลาเพื่อใช้ในการบริโภคหรือจำหน่ายได้ (กรมประมง.ม.ป.ป.)

### ปลากดคัง

ปลากดคัง หรือ ปลากดแก้ว (*Hemibagrus wyckioides*) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความนิยมบริโภค เนื่องจากมีลักษณะเนื้อขาวและมีรสชาติดีมี การเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น นับตั้งแต่กรมประมงมีการเพาะอนุบาลปลากดคังได้สำเร็จตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 และมีการส่งเสริมให้เลี้ยงในหลายจังหวัด (สุทธิชัย และ อุบลรัตน์, 2533; วิชญพร และคณะ, 2537)

ปลากดคัง กดแก้ว กดหางแดง กดข้างหม้อ กดเขี้ยว หรือ ปลาคัง มีชื่อสามัญว่า Red tail Mystus และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hemibagrus wyckioides* (Chaux and Fang, 1949) ปลากดคัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นปลาเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและเลี้ยงเป็นปลาสวยงาม ทำให้มีราคาจำหน่ายค่อนข้างสูง พบแพร่กระจายกว้างขวาง มีถิ่นอาศัยในแหล่งน้ำธรรมชาติ บริเวณแม่น้ำลำคลอง ตลอดจนถึงอ่างเก็บน้ำและเขื่อนต่าง ๆ ทั่วไป (คณิต, 2551)

#### อนุกรมวิธานของปลากดคัง

(Fang & Chaux, 1949) รายงานการจัดลำดับอนุกรมวิธานปลากดคัง ไว้ดังนี้

Phylum: Chordata

Class: Pisces

Subclass: Teleostomi

Order: Cypriniformes

Suborder: Siluroidei

Family: Baggridei

Genus: *Hemibagrus*

Species: *wyckioides*

#### ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลากดคัง (ภาพที่ 3)

เป็นปลาน้ำจืดพื้นเมืองที่ไม่มีเกล็ดของไทย มีรูปร่างเพรียวยาว ส่วนหัวแบนกว้าง มีหนวด 4 คู่ ส่วนของลำตัวด้านบนมีสีม่วง เทาปนดำ ส่วนท้องขาว ครีบก้น หูมีสีเทาดำ ครีบหางเว้าลึกมีแถบบนยาวกว่าแถบล่าง และมีสีแดงเข้มมากกว่าครีบอื่นๆ (Xinlou and Yinrui, 1990) พบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำน่าน แม่น้ำโขง เป็นต้น ปลากดแก้วหรือปลากดคังมีอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย เท่ากับ 1: 1.13 ขนาดของปลาที่เริ่มเจริญพันธุ์ขนาดเล็กที่สุดมีความยาว 70 เซนติเมตร น้ำหนัก 2,700 กรัม มีระยะเวลาวางไข่ในระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม แม่พันธุ์ปลากดแก้วมีค่า% GSI เฉลี่ยในระยะเวลาวางไข่เท่ากับ  $3.19 \pm 1.25$  (วิศณุพร และคณะ, 2537)



ภาพที่ 3 ปลากดคัง

ที่มา: <https://pasusat.com>

#### ความสำคัญทางเศรษฐกิจของปลากดคัง

ในประเทศไทยปลากดคังหรือปลากดแก้ว เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากประชาชนนิยมบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาด โดยข้อมูลสำรวจการจับสัตว์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ของหน่วยวิจัยและทรัพยากรประมงน้ำจืดเขื่อนอุบลรัตน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 ถึง กันยายน พ.ศ. 2548 พบว่ามีปริมาณการรับซื้อปลากดคังมาก ถึง 2,021.3 กิโลกรัม ราคาซื้อขายเฉลี่ยประมาณ 130 บาทต่อกิโลกรัม น้ำหนักเฉลี่ยตัวละประมาณ 1 กิโลกรัม (กรมประมง, 2548)

#### อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลากดคัง

ปลากดคัง เป็นปลาที่กินเนื้อเป็นอาหาร โดยกินสัตว์น้ำ ซากสัตว์เป็นอาหาร และสามารถฝึกกินปลาทะเลสาบ อาหารผสม และอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำได้ (กรมประมง, 2542)

#### การเพาะเลี้ยงปลากดคัง

ปลากดคังในอดีตเป็นปลาที่จับได้มากในแม่น้ำ แต่ปัจจุบันเริ่มหายากมากขึ้น หากจับได้จึงมักขายได้ในราคาสูงกิโลละหลายร้อยบาท ดังนั้น จึงมีเกษตรกรเริ่มนำปลากดคังมาเพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายมากขึ้นในปัจจุบัน การเลี้ยงปลากดคังในบ่อดิน จะใช้ลูกปลาความยาว 4-6 นิ้ว บ่อดินขนาด 500-1,000 ตารางเมตร หรือมากกว่าถึง 1 ไร่ อัตราการปล่อย 1-2 ตัว/ตารางเมตร หรือ หากปล่อย 2 ตัว/ตารางเมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ ก็จะปล่อยประมาณ 3,200 ตัว การให้อาหารจะเป็นอาหารปลาตุ๊ก และเสริมด้วยอาหารอย่างอื่น อาทิ กุ้งขนาดเล็ก ไข่เดือน เป็นต้น และความถี่ 2 ครั้ง/วัน โดยเน้นให้ช่วงเย็นหรือช่วงค่ำมากกว่าช่วงกลางวัน เมื่อเลี้ยงนาน 4 เดือน จะได้ปลาหนัก 0.1-0.4 กิโลกรัม/ตัว หากปล่อยเลี้ยงได้ 3,000 ตัว จะได้ผลผลิตประมาณ 300-1,200 กิโลกรัม หรือเฉลี่ยประมาณ 600 กิโลกรัม และเมื่อเลี้ยง 8 เดือน จะได้น้ำหนักปลา 0.4 – 0.70 กิโลกรัม/ตัว หรือคิดเฉลี่ยที่ 0.55 กิโลกรัม/ตัว ที่ 3,000 ตัว จะได้ผลผลิตปลาที่ 1,650 กิโลกรัม

#### ปลากดเหลือง

ปลากดเหลือง *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes, 1893) เป็นปลาน้ำจืดพื้นบ้านที่ไม่มีเกล็ดของไทย พบแพร่กระจายกว้างขวางในแหล่งน้ำธรรมชาติ ตลอดจนอ่างเก็บน้ำและเขื่อนต่าง ๆ รวมทั้งบริเวณปากแม่น้ำที่เป็นน้ำกร่อย ปัจจุบันปลากดเหลืองเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรสนใจทำ การเพาะเลี้ยงเป็นอาชีพ โดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราช บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง เกษตรกรจะนิยมเลี้ยงปลากดเหลืองในกระชังและในบ่อดินที่เคยเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาก่อน ปลากดเหลืองจัดว่าเป็นปลา ชั้นดีในท้องตลาด จึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและนอกประเทศ โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ ปลากดเหลืองจึงเป็นปลาอีกชนิดหนึ่ง ที่คาดว่าจะมีความสำคัญทาง เศรษฐกิจมากในอนาคตและมีศักยภาพที่สามารถพัฒนาการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ต่อไป (เชิดฉั่น และคณะ, 2538)

#### อนุกรมวิธานของปลากดเหลือง

(Cuvier & Valenciennes, 1893) ลักษณะทางชีววิทยาปลากดเหลืองมีชื่อสามัญว่า Yellow mystus โดยอนุกรมวิธานของปลากดเหลืองจัดจำแนกได้ดังนี้

Phylum Chordata

Class Actinopterygii

Order Siluriformes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Family Bagridae

Genus *Mystus*Species *nemurus*

ในประเทศไทยปลากดเหลืองมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น ท้องถิ่นต่างๆ โดยทั่วไปเรียกว่า “ปลากด” ชาวประมงแถบจังหวัด กาญจนบุรี เรียกว่า ปลากดกลาง หรือ ปลากกลาง แถบจังหวัด ฉะเชิงเทรา เรียกว่า ปลากดนา หรือ ปลากดเหลือง แถบจังหวัดสุราษฎร์ธานี เรียกว่า ปลากดคลอง แถบจังหวัด ปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส เรียกว่า อีแกบวง แต่ส่วนใหญ่เรียกปลาชนิดนี้ว่า ปลากดเหลือง โดยมีชื่อสามัญคือ Yellow *Mystus*, Freshwater Catfish และ Green Catfish (เจ็ดฉัน และคณะ, 2538)

**ชีววิทยาและลักษณะทั่วไปของปลากดเหลือง**

ปลากดเหลือง เป็นปลาน้ำจืดที่ไม่มีเกล็ด ลำตัวเรียวยาวหัวค่อนข้างแบนและเรียวเป็นรูปกรวย (conical) กระดุกท้ายทอยยาวถึงโคนครีบหลัง ปากกว้าง ขากรรไกรแข็งแรงมีฟันซี่เล็กสั้น ปลายแหลมเป็นกลุ่มหรือเป็นแผ่นบนขากรรไกรบน ขากรรไกรล่างและบนเพดานปาก มีหนวด 4 คู่ คือบริเวณจมูก 1 คู่ ริมฝีปากบน 1 คู่ ริมฝีปากล่าง 1 คู่ และใต้คาง 1 คู่ หนวดคู่แรกและหนวดคู่สุดท้ายมีความยาวสั้น กว่าหนวดคู่ที่สองและคู่ที่สาม เยื่อปิดเหงือกซ้อนเหลื่อมกันแต่ไม่เชื่อมติดกัน ครีบหลังเป็นครีบเดี่ยว อยู่กลางหลังยาวไม่ถึงครีบไขมันประกอบด้วยก้านครีบแข็ง 1 ก้านและก้านครีบอ่อน 7 ก้าน ครีบไขมัน (adipose fin) อยู่บนหลังตามส่วนท้ายของลำตัวตรงข้ามกับครีบกัน (ศูนย์วิจัยและพัฒนา ประมงน้ำจืดพะเยา, 2559)



ภาพที่ 4 ปลากดเหลือง

ที่มา: <https://l.pstip.cc/.html>

**ความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจปลากดเหลือง**

ปลากดเหลือง เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นที่นิยมเลี้ยงของเกษตรกร ประชาชน นิยมบริโภค มีราคาจำหน่ายค่อนข้างสูงกิโลกรัมละ 120 – 150 บาท เป็นที่ต้องการของตลาดภายในและต่างประเทศ เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ (วสันต์ และ ยุพินท์, 2541, Khan *et al.*, 1990) ในปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติมีสภาพเสื่อมโทรมส่งผลให้พันธุ์ปลากดเหลืองจากแหล่งธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างน่าวิตก เกษตรกรจึงหันมาเพาะเลี้ยงปลาชนิดนี้กันแพร่หลายเพื่อทดแทนการ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวบรวมจากธรรมชาติทั้งในรูปการเลี้ยงกระชังและการเลี้ยงในบ่อดิน ปัจจุบันการเลี้ยงปลาในกระชังเชิงธุรกิจในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้น เกษตรกรมักจะมีความเสี่ยงจากปัญหาการเกิดมลพิษทางน้ำของแหล่งน้ำที่เลี้ยงปลา ทำให้ปลาตายจำนวนมากและประสพภาวะขาดทุน ไม่สามารถประกอบอาชีพเลี้ยงปลาได้อย่างยั่งยืน เกษตรกรส่วนใหญ่จึงนิยมเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินมากยิ่งขึ้น แต่ข้อมูลพื้นฐานด้านการเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินสำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงมีน้อยมาก โดยเฉพาะอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงจนถึงขนาดตลาด (วสันต์ และ ยุพินท์, 2541) ซึ่ง ศรารุช และคณะ (2543) รายงานว่าการเลี้ยงปลากดเหลืองที่อัตราการปล่อยเลี้ยง 5 ตัว/ตารางเมตร มีผลผลิตรายได้และกำไรสุทธิสูง ที่สุด แต่ขนาดปลาที่เก็บเกี่ยวได้มีขนาดเล็กยังไม่สอดคล้องกับขนาดที่ผู้บริโภคต้องการ และเสนอแนะให้ศึกษาอัตราการปล่อยเลี้ยงที่น้อยกว่า 5 ตัว/ตารางเมตร จึงเป็นที่มาให้ผู้วิจัยศึกษาการทดลองเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินด้วยอัตราการปล่อยที่ต่ำลง โดยปกติการเลี้ยงปลากดเหลืองจนถึงขนาดตลาด (400 – 500 กรัมต่อตัว) ต้องใช้ระยะเวลานาน 8 – 9 เดือน เกษตรกรจึงต้องแบกรับภาระและความเสี่ยงเป็นระยะเวลาาน ส่วนใหญ่เกษตรกรมักประสบปัญหาปลาที่เลี้ยงมีอัตราการรอดต่ำ เกษตรกรบางรายมีทุนน้อยไม่สามารถเลี้ยงเป็นระยะเวลาานได้ ดังนั้นการลดระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลงเพื่อให้ได้ผลตอบแทนเร็วขึ้น โดยการใช้ลูกพันธุ์ปลากดเหลืองเริ่มปล่อยเลี้ยงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจากเดิมขนาด 3 – 5 เซนติเมตร เป็นขนาดน้ำหนัก 30 – 40 กรัม และเพิ่มการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงอย่างสม่ำเสมอ การเพิ่มอากาศในบ่อเลี้ยงเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนและปลาจะเจริญเติบโตเร็วขึ้น เป็นต้น ซึ่งการวิจัยนี้จะเป็นการประโยชน์ต่อการพัฒนาการเลี้ยงปลากดเหลือง สามารถนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับส่งเสริมเกษตรกรที่สนใจในการลงทุนเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินเพื่อพัฒนาให้เป็นการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ต่อไป

#### **อาหารและนิสัยการกินอาหารของปลากดเหลือง**

ในธรรมชาติปลากดเหลืองสามารถเติบโตและอยู่อาศัยตามพื้นที่ตื้นน้ำที่เป็นแอ่งหินและพื้นดินแข็ง น้ำค่อนข้างใส ปลากดเหลืองเป็นปลากินเนื้อ (carnivorous fish) ที่หากินในเวลากลางวันได้ดีกว่าเวลากลางคืนและหากินได้ดีในช่วงฤดูฝน อาหารของปลาเป็นปลาขนาดเล็ก ตัวอ่อนแมลงหรือแมลงในน้ำ กุ้งน้ำจืดและหอยฝาเดียว (กรมประมง, 2537)

#### **การเพาะเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดิน**

บ่อดินที่ใช้ในการเลี้ยงปลากดเหลืองควรมีขนาดประมาณ 2 ไร่ ก่อนการเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินควรปรับสภาพบ่อโดยการตากพื้นบ่อให้แห้ง ทำความสะอาดกันบ่อ ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพดิน ใส่ปุ๋ยคอกเพื่อให้เกิดอาหารจากธรรมชาติและปล่อยน้ำเข้าบ่อให้ระดับน้ำลึก 30-40 เซนติเมตร จึงปล่อยปลาลงเลี้ยง การปล่อยลูกปลาลงบ่อเลี้ยงต้องปรับสภาพอุณหภูมิของน้ำในบ่อและ น้ำในบ่อให้เท่ากันก่อน โดยแช่ถุงบรรจุลูกปลาในน้ำประมาณ 30 นาที จึงปล่อยลูกปลา เวลาที่เหมาะสมในการปล่อยลูกปลาควรเป็นช่วงเช้าหรือช่วงเย็น การเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินใช้พันธุ์ปลากดเหลืองที่ผ่านการอนุบาลในบ่อดินประมาณ 1 เดือน เป็นปลาที่มีขนาด 5-7 เซนติเมตร หรือมีน้ำหนักกระหว่าง 22-42 กรัม โดยปล่อยในอัตรา 1,600 ตัว/ไร่ อาหารเป็นปลาเป็ดสับผสมวิตามินและแร่ธาตุ ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 7 เดือนจะได้ปลาน้ำหนักเฉลี่ย 400-500 กรัม (กรมประมง, 2537)

## สภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา

(กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (ม.ป.ป.) รายงานว่าการเลือกสถานที่เลี้ยง เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะส่งผลให้การเลี้ยงปลาหม่อไทยประสบความสำเร็จหรือไม่ ดังนั้นการเลือกสถานที่เลี้ยงและการออกแบบบ่อเลี้ยงปลา ควรทำด้วยความรอบคอบโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะดิน ควรเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย น้ำไม่รั่วซึม สามารถเก็บกักน้ำได้ 4-6 เดือน ไม่ควรเลือกพื้นที่ที่เป็นดินทรายหรือดินปนกรวด
2. ลักษณะน้ำ พื้นที่เลี้ยงควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ที่มีน้ำตลอดปีหรืออยู่ใน 6 เขตชลประทาน หากเป็นพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวควรพิจารณาปริมาณน้ำฝนที่ตกในรอบปีด้วย
3. แหล่งพันธุ์ปลา เพื่อความสะดวกในการลำเลียงปลามาเลี้ยง พื้นที่เลี้ยงไม่ควรอยู่ห่างไกลจากแหล่งพันธุ์ปลา
4. ตลาด แม้ว่าหลังจากจับปลาขายจะมีพ่อค้ามารับซื้อถึงปากบ่อ แต่หากพื้นที่เลี้ยงอยู่ใกล้ตลาด จะทำให้ได้เปรียบในการขนส่งผลผลิตเพื่อการจำหน่าย อย่างไรก็ตามบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำจืดสามารถนำมาใช้เป็นบ่อเลี้ยงปลาหม่อไทยได้

## คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา

### 1. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ ของน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อปลา (Lawson, 1995) เพราะปลาเป็นสัตว์เลือดเย็น ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ได้ ดังนั้นสัตว์เลือดเย็นเหล่านี้จะทนต่อสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันได้ในช่วงที่แคบกว่าสัตว์เลือดอุ่น ผลที่เกิดขึ้นจากการที่อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันทำให้สัตว์น้ำอาจช็อคถึงตายได้ (Thermaldeath) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (สุภาพร, 2538) หากอุณหภูมิของน้ำต่ำหรือสูงกว่าช่วงที่เหมาะสมนี้จะส่งผลให้การกินอาหารของปลาหยุดชะงัก มีการเจริญเติบโตช้าลง และมีผลต่อการฟักไข่ของปลาอีกด้วย (ไมตรี, 2530; Tucker and Robinson, 1990)

### 2. ความเป็นกรดต่างของน้ำ (Positive potential of Hydrogen ions)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ หรือเรียกว่า pH เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่าน้ำหรือสารละลายนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง บอกถึงความเข้มข้นของ  $H^+$  ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0- 14 น้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6-9 สำหรับบ่อเลี้ยงปลาค่า pH ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยในช่วงบ่ายแพลงก์ตอนพืชและพีชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง ค่า pH ของน้ำจะมีค่าสูงขึ้น ส่วนในช่วงเช้ามืดเนื่องจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำแต่ไม่มีกิจกรรมในการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูงขึ้น มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำลดลง ค่า pH ที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาหม่อไทยไม่ควรมีความเป็นด่างมาก ซึ่งอยู่ในช่วง pH ที่ 6.5-8.5 (กรมประมง, 2548) และค่า pH ของน้ำควรจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วยในรอบวันระดับ pH ในบ่อปลามีความสำคัญมากเนื่องจากเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปลา ความเป็นกรดต่างของน้ำนอกจากจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังมีผลทางอ้อม เช่น ทำให้สารพิษชนิดอื่นๆ มีการแตกตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่า pH ที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544; Lawson, 1995)

### 3. ความโปร่งใสของน้ำ (transparency depth)

ค่าความโปร่งใสของน้ำ เป็นความสามารถในการวัดการส่องผ่านของแสงในการทะลุผ่านลงไปใต้น้ำ ความโปร่งใสของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรมีค่าอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร ถ้าค่าความโปร่งใสต่ำกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าน้ำมีความขุ่นหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป แต่ถ้าน้ำมีความโปร่งใสมากกว่า 60 เซนติเมตร ขึ้นไปแสดงว่าน้ำนั้นไม่มีความอุดมสมบูรณ์ซึ่งไม่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (มงคล, 2533)

### 4. ความขุ่น (turbidity)

ขุ่นในน้ำ เกิดขึ้นจากการที่น้ำมีสารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ดิน ทราย สารอินทรีย์ขนาดเล็ก แพลงก์ตอน จุลชีพขนาดเล็ก เป็นต้น โดยมีผลต่อการยอมให้แสงส่องผ่านลดลง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำจะปกคลุมร่างกายของสัตว์มีผลทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดประสิทธิภาพลง ค่าความขุ่นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาควรอยู่ระหว่าง 5-10 มิลลิกรัม (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544)

### 5. ของแข็งทั้งหมด (total solid; TS)

ของแข็งทั้งหมด คือ ปริมาณของแข็งในน้ำสามารถคำนวณจากการระเหยของน้ำ ได้แก่ ของแข็งละลายในน้ำทั้งหมด (total dissolved solid:TDS) จะมีขนาดเล็กผ่านขนาดกรองมาตรฐานคำนวณได้จากการระเหยน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองออกไป ของแข็งแขวนลอย (suspended solids:SS) หมายถึง ของแข็งที่อยู่บนกระดาษกรองมาตรฐานหลังจากการกรองแล้วนำมาอบเพื่อระเหยน้ำออกของแข็งระเหยง่าย (volatile solids:VS) หมายถึง ส่วนของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์แต่ละลายน้ำ สามารถคำนวณได้โดยการนำกระดาษกรอง วิเคราะห์เอาของแข็งที่แขวนลอยออก แล้วนำของแข็งส่วนที่ละลายทั้งหมดระเหยอุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส น้ำหนักที่ยังหลงการกรองลบน้ำหนักหลังจากการเผา น้ำหนักที่ได้ คือ ของแข็งส่วนที่ระเหยไป (ประเทือง, 2534)

### 6. ค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation reduction potential)

ค่าศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน คือ ค่าจากการวัดปริมาณความเข้มข้นของอิเล็กตรอนในน้ำ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเพิ่มออกซิเจน (oxidation) กับกระบวนการลดออกซิเจน (reduction) โดยใช้หน่วยวัดเป็นมิลลิโวลต์ (milli Volt หรือ mV) ซึ่งค่าสุทธิที่ได้อาจออกมาเป็นผลบวก (+) ก็ได้ หรือเป็นผลลบ (-) ก็ได้แต่ละจุด ของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันนั้นจะมีการแปรเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาเมื่อวัดผ่านมวลน้ำในบ่อ เพราะเกี่ยวข้องกับกระบวนการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน ซึ่งดำเนินการโดยจุลินทรีย์ เป็นกระบวนการทางชีวเคมี มีความสัมพันธ์ที่หลากหลายกับธาตุต่างๆมากมาย โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับก๊าซออกซิเจน และสารประกอบที่มี ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่นไนเตรท แอมโมนิออสออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และซัลเฟต สุดท้าย คาร์บอนไดออกไซด์ ค่า ORP ที่สูงบ่งบอกสถานะออกซิเดชันในทางตรงกันข้ามค่าที่ต่ำบ่งบอกสถานะขาดออกซิเจน ทำให้ในน้ำและดินอาจจะมีการสะสมสารพิษเนื่องจากการวัดค่าดังกล่าวเป็นสถานะของการให้และ รับอิเล็กตรอน ที่เกี่ยวข้องกับการมีและไม่มีออกซิเจนในกลางวันต่อเนื่องไปถึงกลางคืน ค่าของ ORP บ่อ เดียวกันอาจจะไม่เท่ากันก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะค่าเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และยังไม่มีเกณฑ์ที่ชัดเจนในการนำมาใช้ จัดการเหมือนตัว อื่นๆ (พรรณนภา และคณะ, 2555)

## 7. สารอาหารต่างๆ

### 7.1 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส ในน้ำธรรมชาติมีปริมาณไม่สูงมากแต่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็น สารอาหารที่กำหนดปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในบ่อ การขาดแคลนฟอสฟอรัสมี ผลทำให้ผลผลิตต่ำฟอสฟอรัสในน้ำมีความสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสในดินก้นบ่อ (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544) ฟอสฟอรัสอาจพบในรูปสารละลายน้ำหรืออนุภาคแขวนลอยในบ่อเลี้ยงปลา ฟอสฟอรัสที่ ละลายน้ำได้มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้มักเกิดจากการเน่าเปื่อยของ พืชหรือ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ส่วนสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้มักเป็นออร์โธฟอสเฟต อนุภาค แขวนลอยที่มีฟอสฟอรัส ได้แก่ แพลงก์ตอนต่างๆ แบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่ อยู่ในรูปของสารละลายหรือตะกอนแขวนลอยให้กลายเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ปริมาณออร์โธฟอสเฟต ในน้ำของบ่อเลี้ยงปลาควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.50 มิลลิกรัม/ลิตร (วัดในรูปของฟอสฟอรัส) ถ้าน้ำ ในบ่อเป็นน้ำกระด้าง

### 7.2 ไนโตรเจนไนโตรเจนละลายน้ำ

มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ถ้าก๊าซไนโตรเจนละลายอยู่ในน้ำเกินจุด อิ่มตัวอาจมีผลทำให้เกิดโรคฟองก๊าซในเลือด (gas bubble disease ) (Lawson, 1995) เมื่อปลา อาศัยอยู่ในน้ำที่มีไนโตรเจนละลายน้ำสูงเกินจุดอิ่มตัวปกติ กระแสเลือดในตัวปลาจะดูดซับไนโตรเจน จากน้ำ เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างไนโตรเจนในน้ำและในเลือด ปลาจึงมีไนโตรเจนละลายอยู่ในเลือด มากเกินกว่าปกติ หากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจนมีผลทำให้ไนโตรเจนบางส่วนในเลือดกลายเป็น ฟองก๊าซจะทำให้เกิดสภาวะอุดตันในหลอดเลือดทำให้การหมุนเวียนของเลือดเกิดติดขัดปลาจะตายได้ (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544)

## 8. ก๊าซในน้ำต่างๆ

### 8.1 ออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจน เป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทั้งที่ อาศัยอยู่บนพื้นดินและในน้ำสิ่ง มีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ปล่อย ออกซิเจนอิสระออกมา ละลายอยู่ในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ (เวียง, 2525) บ่อปลาที่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่น้อย เป็นเวลานานๆ อาจเป็นอันตรายต่อปลาได้ ภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวปลาอาจติดเชื้อโรคจากแบคทีเรียได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำ ที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูงเกินระดับอิ่มตัวก็เป็นโรคได้ง่าย โรคที่เกิดจาก น้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ มากเกินไปเรียกว่า โรคฟองอากาศในเลือด ซึ่งเกิดจากการเกิดฟองก๊าซในเลือดใน ขณะที่ปลาเคลื่อน ตัวจากน้ำที่มีออกซิเจนสูงมายังน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ โรคดังกล่าวทำให้ปลาตายในขณะที่ เคลื่อนที่ไปมา อยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อย (มันสิน และ มันรักษ์, 2547) การศึกษาอิทธิพลของ ออกซิเจน ละลายน้ำในบ่อเลี้ยง พบว่าค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ แต่ไม่เกินระดับอิ่มตัว (มันสิน และ ไพพรรณ, 2544)

## 8.2 ก๊าซไนโตรเจนละลายน้ำ

สัตว์น้ำเกือบทุกชนิดขับถ่ายของเสียที่เป็นสารไนโตรเจนมากกว่า 50% อยู่ในรูปของแอมโมเนีย ปริมาณแอมโมเนียเข้าสู่ปลาโดยผ่านทางปุยและอาหารปลา ซึ่งสิ่งขับถ่ายของปลาและการเน่าเปื่อยของสารประกอบไนโตรเจน (มันซิน และ ไพพรรณ, 2544) แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3$ ) หรือ แอมโมเนียอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) แอมโมเนียอิสระเป็นพิษอย่างมากต่อปลา แต่แอมโมเนียอออนไม่เป็นพิษ สัดส่วน ของ  $\text{NH}_3$  และ  $\text{NH}_4^+$  ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิ และ ปริมาณเกลือแร่ ปริมาณ  $\text{NH}_3$  จะเพิ่มตามระดับ pH และอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Lawson, 1995) pH มีอิทธิพลต่อเคมีของแอมโมเนียในน้ำมากกว่าอุณหภูมิ ปริมาณเกลือแร่ในน้ำมีอิทธิพลน้อยเช่นเดียวกับอุณหภูมิแต่มีอิทธิพลในทางตรงกันข้ามคือ แอมโมเนียจะมีน้อยลงถ้ามีปริมาณเกลือแร่เพิ่มขึ้น

## 8.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มีความสามารถละลายน้ำได้ดี คาร์บอนไดออกไซด์มีปรากฏอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไปในระดับปกติไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร และสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าออกซิเจนประมาณ 200 เท่า แต่เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์น้อย จึงมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับก๊าซอื่นๆ คาร์บอนไดออกไซด์จะละลายน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (เวียง, 2525) ในบ่อเลี้ยงปลา คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะถูกใช้โดยพืชขนาดเล็กเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ในขณะที่เดียวกันบ่อปลาจะได้คาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์และการเน่าเสียของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรีย คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ จำนวนแบคทีเรีย และอุณหภูมิ (ประเทือง, 2534) ในตอนกลางวันคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงมักมี ปริมาณสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ จึงทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อเลี้ยงปลาลดลง ในบ่อเลี้ยงปลาที่มีแพลงก์ตอนมากจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อาจถูกใช้ไปจนหมดตั้งแต่เช้า เมื่อถึงเวลากลางคืนซึ่งไม่มีการสังเคราะห์แสงแต่ยังคงมีกระบวนการหายใจและคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ดีเนื่องจากอุณหภูมิลดลง จึงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงรุ่งเช้าของวันใหม่จากนั้นปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆ ลดน้อยลงจนกระทั่งถึงตอนสายหรือตอนบ่าย เนื่องจากพืชโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (เวียง, 2525)

## 9. สารพิษต่างๆในน้ำ

### 9.1 พิษของแอมโมเนีย

แอมโมเนียจะทำให้ปลาไม่สามารถขับถ่ายแอมโมเนียออกจากกระแสเลือดถ้า  $\text{NH}_3$  ในน้ำมีปริมาณสูง เกินไปในขณะที่ระดับแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อยลงและระดับแอมโมเนียในเลือด และในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ทำให้ pH ของเลือดมีค่าสูงขึ้นและเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ทำให้มีความ ต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดอันตรายต่อเหงือกและลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ความเข้มข้นเพียงประมาณ 0.025 มิลลิกรัม/ลิตร ก็สามารถส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของปลา ถ้าจำกัดปริมาณ ของแอมโมเนียอิสระไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัม/ลิตร (เพื่อไม่ให้เป็น พิษต่อปลา) หากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของ แอมโมเนียทั้งหมดจะสูงถึง 3.1 มิลลิกรัม/ลิตร ได้โดยไม่เป็นพิษต่อปลาในน้ำที่มี pH 7 แต่ถ้า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำสูงถึง 9 แอมโมเนียทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.056 มิลลิกรัม/ลิตร มิฉะนั้นแล้วปลาจะเป็นอันตรายเนื่องจากแอมโมเนียเป็นพิษ (มันลิน และ ไพพรรณ, 2544) ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ เมื่อวัดในรูปของแอมโมเนียรวมจะอยู่ในช่วง ระหว่าง 1.0-1.2 มิลลิกรัม/ลิตร (Lawson, 1995; Macintyre et al., 2008)

### 9.2 พิษของไนไตรท์

ไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินได้ ทำให้เมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ไม่สามารถขน ถ่ายออกซิเจนได้ ปลาที่ได้รับไนไตรท์จึงมีเมทฮีโมโกลบินในเลือด ซึ่งเห็นได้เป็นสีน้ำตาล ปลาที่มีอาการเช่นนี้ไม่ สามารถมีชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากไม่สามารถใช้ออกซิเจนในการสะสมตัวของไนไตรท์ เชื่อว่าเกิดจากความไม่ สมบูรณ์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (มันลิน และ ไพพรรณ, 2544)

### 9.3 พิษของโลหะหนัก

ปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะถูกปนเปื้อนด้วยสารชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดย เกิดจากการทิ้งของ โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย เป็นต้น เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องอาศัยแหล่งน้ำจากธรรมชาติ (ประเทือง, 2534) สารพิษเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยตรง สารพิษที่กล่าวมามี 2 ประเภท คือ

- 1) โลหะหนัก เป็นสารที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่นปรอท ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียม สารเหล่านี้ทำอันตรายต่อสัตว์น้ำในระดับความเข้มข้นต่ำและจะสะสม อยู่ในร่างกายของสัตว์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดมายังผู้บริโภคได้
- 2) สารเคมีจากการเกษตรกรรม โดยการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืช สารปราบวัชพืช สารกำจัดเชื้อรา ซึ่งมีมากมายหลายชนิด บางชนิดสลายตัวเร็ว และบางชนิดสลายตัวช้า

### พรรณไม้น้ำอโนเบียส

อโนเบียสเป็นชื่อที่ตั้งตามเทพเจ้าอโนบิส (Anubis) ซึ่งเป็นเทพแห่งเงาของชาวอียิปต์โบราณ พรรณไม้น้ำนี้อยู่ในวงศ์ Araceae (Cook, 1996) มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปแอฟริกาตะวันตก โดยพบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณทุ่ง Savanna และตลอดตามริมแม่น้ำสายหลัก เช่น Zaire และ Ogowe เจริญเติบโตในบริเวณที่ร่มหรือมีแสงสลัวได้ดี (สุกัญญา, 2548)

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

*Anubias barteri* var. *glabra* 'Minima' พันธุ์ไม้น้ำนี้ มักขายกันในชื่อว่า *Anubias minima* ซึ่งในปัจจุบันไม่มีสายพันธุ์ดังกล่าวแล้ว (ชื่อเดิมคือ *A. minima* A. chev พ.ศ.2452)

Crusio (1979) รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพรรณไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias barteri* var. *glabra*) ไว้ดังนี้

Kingdom: Plantae

Division: Angiosperms

Class: Monocots

Order: Alismatales

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Family: Araceae

Genus: *Anubias*

Species: *A. minimar*

อนูเบียส (*Anubias barteri* var. *glabra*) (ชื่อพ้อง: *Anubias lanceolata*, *Anubias minima*) ลักษณะทั่วไปมีใบสีเขียวเข้มลำต้นมีความยาวไม่เกิน 5 เทา กว้าง 1.5-9 เซนติเมตร และยาว 6-15 เซนติเมตร ก้านใบมี 3-3.5 เซนติเมตร ยาว 0.5-15 เซนติเมตร ความยาวเท่าๆ กับใบมีด การเพาะปลูกทำเช่นเดียวกับไม้น้ำอนูเบียสส่วนใหญ่ พืชชนิดนี้จะเจริญเติบโตได้ดีในบางส่วนจมอยู่ใต้น้ำทั้งหมด และเหง้าต้องอยู่เหนือพื้นผิวดินติดกับหินหรือไม้ เจริญเติบโตได้ดีในช่วงของแสงและชอบอุณหภูมิที่ 22-28 องศาเซลเซียส สามารถขยายพันธุ์ได้โดยการแบ่งเหง้าหรือโดยการแยกยอดด้านข้าง เป็นต้น (Crusio, 1979) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 5 ไม่น้ำอนูเบียส *Anubias minima*

ที่มา: <https://www.pro-shrimp.co.uk/aquarium-plants/4493-anubias-minima-aquadip-8717344717496.html>

#### รูปแบบการผลิตไม้น้ำอนูเบียสเชิงพาณิชย์

สุกัญญา (2548) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำสวยงามจะเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีในบริเวณที่ชื้นแฉะ เนื่องจากพรรณไม้น้ำสวยงามส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของประเภทพืชชายน้ำ ดังนั้นลักษณะการขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำสวยงามจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ และการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

การขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศ คือ การนำเมล็ดที่ได้จากผลที่เกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย นำไปเพาะเป็นต้นกล้าให้เจริญเติบโตเป็นต้นใหม่

การขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ คือ การขยายพันธุ์พืชโดยใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช เช่น กิ่ง หน่อ เหง้า ไหล ใบ เป็นต้น โดยนำเอาไปปักชำ ตอน แบ่งแยก ตัดตาจากการเกิดสปอร์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ฯลฯ เพื่อให้เกิดพืชต้นใหม่ขึ้นมา

การขยายพันธุ์อนุเบียดแบบอาศัยเพศเป็นไปได้ยาก เนื่องจากส่วนใหญ่ไม่มีเมล็ด ซึ่งสาเหตุมาจากดอกตัวผู้และดอกตัวเมียเจริญเติบโตเต็มที่ที่ไม่พร้อมกัน โดยดอกตัวเมียมีการเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนดอกตัวผู้ เมื่อดอกตัวผู้เจริญเต็มที่พร้อมที่จะผสมพันธุ์เป็นช่วงเวลาที่ยังมีส่วนกลางของกาบประดับหุ้มปิดดอกตัวเมียแล้ว จึงไม่เกิดการผสมของเกสร (Muhlberg, 1982) ดังนั้นจึงขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อ ตัดแบ่งไรโซม เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (บุญดี, 2548) อนุเบียดจัดเป็นพรรณไม้้ำน้ำที่มีการเจริญเติบโตช้ามาก ต้องการสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสูงในการเจริญเติบโต ดังนั้นการขยายพันธุ์จึงยังทำได้ช้าและได้ปริมาณน้อย (Rataj and Horeman, 1977) เกษตรกรผู้ผลิตพรรณไม้้ำน้ำจึงประสบปัญหาการขาดแคลนต้นพันธุ์อนุเบียด นอกจากนี้ต้นพันธุ์ที่ได้จากการตัดแยกหน่อขยายพันธุ์ไปเรื่อยๆ ยังมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและมีคุณภาพลดลง จึงต้องมีการนำเข้าต้นพันธุ์จากต่างประเทศมาทดแทน ทำให้เสี่ยงต่อการนำโรคเข้ามาติดต่อและเพิ่มต้นทุนการผลิต ปัจจุบันประเทศผู้ซื้อมีมาตรการที่เข้มงวดในเรื่องการตรวจสอบโรคศัตรูพืชในสินค้าพรรณไม้้ำน้ำที่นำเข้า โดยต้องมีใบรับรองปลอดโรคศัตรูพืชและไม่อนุญาตให้มีดินติดไป (พวงผกา, 2546)

### ความต้องการธาตุอาหารของพืชน้ำ

ธาตุอาหารเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะพืชจะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นอยู่กับสูตรอาหารที่ใช้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารแตกต่างกัน ถ้าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เหมาะสมจะทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ สารละลายธาตุอาหารประกอบด้วยธาตุอาหารชนิดต่างๆ พืชจะนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมและสร้างอาหารขึ้นมาใหม่ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมี 16 ธาตุ ซึ่งธาตุอาหารที่พืชได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และไฮโดรเจน ส่วนอีก 13 ธาตุจะเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมากน้อยต่างกัน (อารักษ์, 2544; วิภาวรรณ, 2556) คือ

**1. ธาตุอาหารหลัก** คือ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก (macro nutrient elements) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารจำเป็น ต่อการเร่งใบและลำต้นพืชให้เจริญได้ดี

1) ไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก โคเอนไซม์ และ คลอโรฟิลล์ เสริมสร้างการเจริญของใบและลำต้นพืช โดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก จัดเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช โดยพืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรงโตเร็ว ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสัดส่วนที่เหมาะสมของไนเตรทอออน 75% และแอมโมเนียอออน 25%

2) ฟอสฟอรัส (P) เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก น้ำตาล ฟอสเฟต โคเอนไซม์ ฟอสโฟลิปิด ATP เร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออกดอก ออกผลและ

การสร้างเมล็ด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ระบบรากจะไม่เจริญเติบโต ใบแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและหลุดร่วง ลำต้นแกร็นไม่ผลิดอกออกผล

3) โพแทสเซียม (K) เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เช่น โปรเวทโคเนส ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาล แป้ง และโปรตีน ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปสู่ผลเติบโตเร็วและมีคุณภาพดี ช่วยให้พืชแข็งแรง ต้านทานโรคและแมลงบางชนิด ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะไม่แข็งแรง ลำต้นอ่อนแอ ผลผลิตไม่เติบโต มีคุณภาพต่ำ สีไม่สวย รสชาติไม่ดี

4) แคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ กระตุ้นการเจริญเติบโต และการทำงานของเอนไซม์ การผสมเกสร การงอกของเมล็ด พืชขาดธาตุนี้ใบที่เจริญใหม่จะหงิกงอ ตายอดไม่เจริญ อาจมีจุดดำที่เส้นใบ รากสั้น ผลแตก และมีคุณภาพไม่ดี

5) แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ช่วยสังเคราะห์กรดอะมิโน วิตามิน ไขมัน และน้ำตาล ทำให้สภาพกรดต่างในเซลล์พอเหมาะและช่วยในการงอกของเมล็ด ถ้าขาดธาตุนี้ใบแก่จะเหลืองยกเว้นเส้นใบและใบจะร่วงหล่นเร็ว

6) กำมะถัน (S) เป็นองค์ประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโน โคเอนไซม์ วิตามินไทอามีน ถ้าขาดธาตุนี้ทั้งใบบนและใบล่างจะมีสีเหลืองซีดและต้นอ่อนแอ

**2. ธาตุอาหารรอง** คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณน้อย (micro nutrient element) ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน สูตรอาหารแต่ละสูตรไม่สามารถใช้ได้ดีกับพืชทุกชนิดเพราะความต้องการธาตุอาหารมีช่วงกว้าง รวมทั้งพืชมีความสามารถในการปรับตัวตามความแตกต่างของธาตุอาหารอีกด้วย

1) เหล็ก (Fe) ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบของ ไซโตโครมเพอริดอกซิน และกระตุ้นเอนไซม์ชนิดอื่นๆ มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงและหายใจ ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเขียวซีด ในขณะที่ใบแก่ยังเขียวสด

2) แมงกานีส (Mn) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างกรดไขมัน และกระตุ้นการแตกตัวของน้ำในกระบวนการสังเคราะห์แสงและช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองในขณะที่เส้นใบยังเขียว ต่อมาใบที่มีอาการดังกล่าวจะเหี่ยวแล้วร่วงหล่น

3) สังกะสี (Zn) ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซินคลอโรฟิลล์และแป้ง ถ้าขาดธาตุนี้ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีเขียวๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว รากสั้น ไม่เจริญตามปกติ

4) ทองแดง (Cu) ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การใช้โปรตีน และแป้ง กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด ถ้าพืชขาดธาตุนี้ตายอดจะชะงักการเจริญเติบโต และกลายเป็นสีดำ ใบอ่อนเหลือง และพืชทั้งต้นจะชะงักการเจริญเติบโต

5) โบรอน (B) ช่วยในการออกดอกและการผสมเกสร มีบทบาทสำคัญในการติดผลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การเคลื่อนย้ายของฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนและการแบ่งเซลล์ ถ้าพืชขาดธาตุนี้ตายอดจะตายแล้วเริ่มมีตาข้าง แต่ตาข้างก็จะตายอีก ลำต้นไม่ค่อยยึดตัว กิ่งและใบจึงชิดกัน ใบเล็กหนาโค้งและเปราะ

6) โมลิบดีนัม (Mo) ช่วยให้พืชใช้ในโตรเจนให้เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับปรากฏจุด เหลืองๆ ตามแผ่นใบ การสังเคราะห์โปรตีน ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะมีการคล้ายขาดไนโตรเจน ใบมีลักษณะโค้งคล้ายถ้วย

7) คลอรีน (Cl) มีบทบาทบางประการเกี่ยวกับฮอร์โมนในพืช ถ้าขาดธาตุนี้พืชจะเหี่ยวง่าย ใบ สีซีด และบางส่วนแห้งตาย

### ระบบการปลูกพรรณไม้น้ำโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic system)

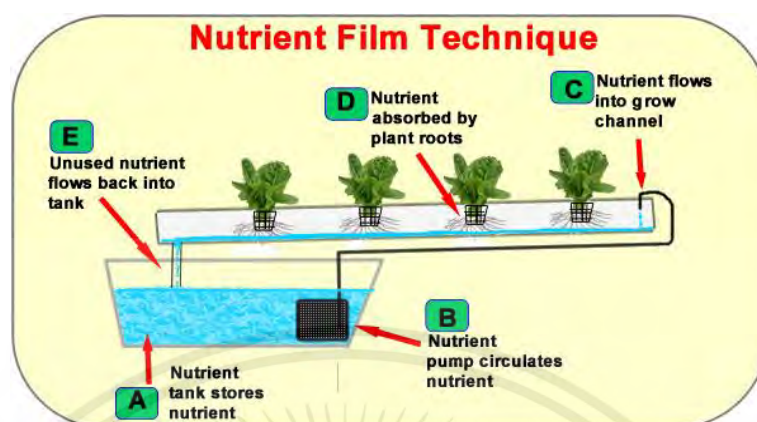
สุกัญญา (2548) กล่าวว่า การปลูกพรรณไม้น้ำสวยงามแบบไร้ดิน หมายถึง การปลูกพรรณไม้น้ำเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยปลูกบนวัสดุปลูกหรือไม่ใช้วัสดุปลูกก็ได้ และพรรณไม้น้ำจะได้รับสารละลายแร่ธาตุอาหารทางระบบรากแบ่งได้ 3 แบบ คือ การปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยระบบ NFT (Nutrient film technique) การปลูกในทรายหยาบ (sand culture) และการปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยระบบ DFT (Deep flow technique) รายละเอียดดังนี้

1. การปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยระบบ NFT (Nutrient film technique) (ภาพที่ 6) เป็นการปลูกที่ใส่สารละลายที่เราเรียกว่า “ไฮโดรโปนิคส์” หรือการปลูกพืชที่มีวัสดุปลูกเป็นของไหลซ้ๆ แบบแผ่นฟิล์มบางๆ 1-3 มิลลิเมตร ผ่านตามรากพืชตามความชันของรางปลูก สารละลายธาตุอาหารพืชถูกน้ำไปใช้แบบหมุนเวียนกลับ โดยมีปั้มน้ำทำให้สารละลายเกิดการไหลเวียนในระบบ ซึ่งเป็นระบบที่นิยมกันมากในต่างประเทศ (ดิเรก, 2550) พรรณไม้น้ำที่นิยมปลูกในระบบนี้ได้แก่ อนุเบียส (*Anubias sp.*) อเมซอล (*Echinodorus horemani Rataj*) เป็นต้นๆ (กาญจนรี และคณะ, 2547)

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของระบบ DFT (Deep flow technique)

ข้อดี	ข้อเสีย
<p>1. ไม่จำเป็นต้องหาค่าการใช้ น้ำของพืช (ETP) เนื่องจากระบบนี้ จะมีการให้น้ำแก่พืชตลอดเวลา</p> <p>2. เป็นระบบให้สารละลายแก่พืชโดยอาศัยรางเป็นตัวให้สารละลายธาตุอาหาร</p> <p>3. ทำการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคพืชต่างๆในสารละลายได้ง่าย</p> <p>4. เป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด</p> <p>5. ไม่ต้องมีการจัดการวัสดุปลูกก่อนปลูกและหลังปลูกที่ต้องกำจัดทิ้ง</p> <p>6. สามารถปลูกพืชได้อย่างต่อเนื่องตลอดปี ไม่เสียเวลาในการเตรียมระบบปลูก</p>	<p>1. ราคาใช้จ่ายในการติดตั้งสูงมากโดยเฉพาะถ้าใช้ขาตั้งทำจากโลหะ</p> <p>2. เป็นระบบที่ต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะมีโอกาสที่ระบบจะเสียได้ง่ายและพืชจะถูกกระทบกระเทือนอย่างรุนแรงและรวดเร็ว</p> <p>3. ต้องใช้น้ำมีสารเจือปนอยู่น้อย (สารละลายต่างๆ) ถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่มากจะเกิดการสะสมของเกลือบางตัวที่พืชใช้น้อยหรือไม่ดูดใช้เลยสะสมอยู่ในสารละลายทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายบ่อยๆทำให้สิ้นเปลือง</p> <p>4. มีปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของอุณหภูมิของสารละลาย โดยเฉพาะในเขตร้อนมีผลต่อการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายลดลง จะทำให้พืชอ่อนแอรากถูกทำลายโดยโรคพืชได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลงจนถึงไม่สามารถปลูกพืชได้เลย</p> <p>5. มีการแพร่กระจายโรคพืชบางชนิดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่โดยสารละลายนั้นมีเชื้อโรคที่อันตรายกับพืชติดมาด้วย</p>

ที่มา : วารินี (2555)



ภาพที่ 6 ระบบ NFT (Nutrient film technique)

ที่มา: <http://hydro-industries.com/>

2. การปลูกในทรายหยาบ (sand culture) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินโดยใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุปลูก ซึ่งทรายหยาบมีสมบัติอุ้มน้ำได้น้อยมาก เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ความพรุนระหว่างก้อนทรายมีมากและมีอายุการใช้งานนาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร และในการปลูกจะใช้ความหนาของทรายหยาบประมาณ 15-20 เซนติเมตร (นงนุช, 2548) มีข้อเสียคือมักมีการอัดตัวกันแน่น จึงมีปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของราก การระบายน้ำและอากาศ (อิทธิสุนทร และคณะ, 2547) พรรณไม้น้ำที่นิยมปลูกในระบบนี้ได้แก่ อะโกลนีมา (*Aglaonema simplex*) (นงนุช และ มัลลิกา, 2548) ลาน ไพลิน (*Bacopa Caroliniana Roxb*) (นงนุช และคณะ, 2549)

#### ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อเสียของระบบ Sand culture

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี 2. มีอายุการใช้งานนาน	1. มักมีการอัดตัวกันแน่นจึงมีปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของราก การระบายน้ำและอากาศส่งผลต่อการเจริญเติบโตของราก 2. มีน้ำหนักมากและมีความพรุนต่ำ

ที่มา : อิทธิสุนทร (2538)

3. การปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยระบบ DFT (Deep flow technique) เป็นการปลูกพรรณไม้น้ำลงในภาชนะบรรจุน้ำที่มีความลึก 5-10 เซนติเมตร ภาชนะที่ใช้อาจเป็นกระเบื้องหรือรูปทรงอื่นๆ (ธรรมศักดิ์, 2553) พรรณไม้น้ำที่นิยมปลูกในระบบนี้ได้แก่ อนุเบียส (*Anubias sp.*) (กาญจนา, 2547) และอื่นๆ

3.1 ระบบ DFT (แบบถาดโฟม) (ภาพที่ 7) เป็นการปลูกรากของพืชแช่อยู่ในสารละลายซึ่งเป็นระบบที่ ดัดแปลงมาจากระบบ NFT ซึ่งใช้แผ่นโฟมเจาะรูเพื่อปลูกพืชตามจำนวนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบ DFT (แบบท่อ) (ภาพที่ 8) เป็นระบบการปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่าน รากของพรรณไม้น้ำสวยงามอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และรากของพรรณไม้น้ำสวยงามจะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชสูงประมาณ 3 เซนติเมตร ระบบนี้จะใช้ท่อปลูกซึ่งทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 นิ้ว ยาวประมาณ 4-18 เมตร และด้านบนของท่อจะเจาะรูเพื่อปลูกต้นพันธุ์พรรณไม้น้ำสวยงาม (ณัฐพร, 2553)

ตารางที่ 3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ DFT (Deep flow technique)

ข้อดี	ข้อเสีย
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ไม่จำเป็นต้องหาค่าการใช้ปุ๋ยของพืช (ETP) เนื่องจากระบบนี้จะมีการให้น้ำแก่พืชตลอดเวลา</li> <li>2. เป็นระบบให้สารละลายแก่พืชโดยอาศัยรางที่มีความลึกของสารละลายมากกว่าระบบ NET และสามารถที่จะนำไปปลูกพืชที่มีรากลึก</li> <li>3. เป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากสามารถนำสารละลายที่ไหลผ่านรางน้ำกลับมาใช้ใหม่</li> <li>4. สามารถปลูกพืชได้ตลอดปี</li> <li>5. อุณหภูมิของสารละลายค่อนข้างคงที่</li> <li>6. ไม่ต้องมีเครื่องมือควบคุมการให้น้ำ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ราคาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในครั้งแรกค่อนข้างมี ราคาสูง</li> <li>2. ใช้น้ำในปริมาณมาก</li> <li>3. บางครั้งต้องใส่เครื่องพ่นอากาศ เนื่องจากรากพืชอาจได้ปริมาณออกซิเจนน้อย ซึ่งจะทำให้เกิดรากเน่าได้</li> <li>4. มีปัญหามากเกี่ยวกับการสะสมของอุณหภูมิของสารละลาย โดยเฉพาะในเขตร้อนมีผลต่อการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายลดลง ซึ่งอาจใช้การลดความยาวของรางปลูกพืชลงหรือการให้อากาศในถังผสมสารละลายเหมือนระบบ NET</li> </ol>

ที่มา : วารินี (2555) และ ณัฐพร (2553)



ภาพที่ 7 ระบบ DFT (แบบถาดโฟม)

ที่มา: <http://thydroponicsfarm.weebly.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ระบบ DFT (แบบท่อ)

ที่มา: <https://www.sanook.com/money/322243/>

### ระบบเลี้ยงสัตว์น้ำร่วมกับการปลูกพืช (aquaponics system)

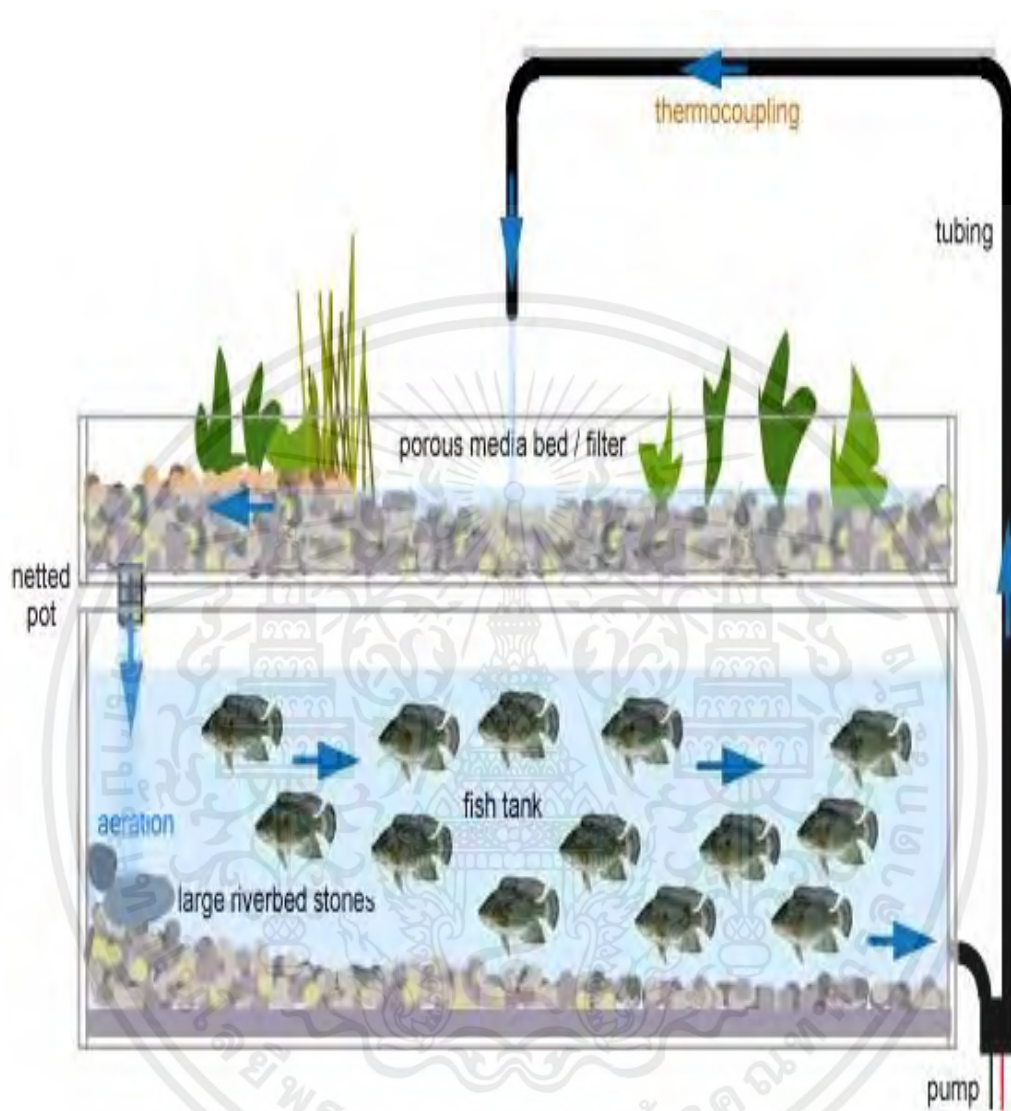
Aquaponics เป็นระบบการผลิตอาหารแบบปิดที่มีประสิทธิภาพด้านทรัพยากรซึ่งเลียนแบบธรรมชาติเอง สิ่งนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบแบบ cradle-to-cradle ซึ่งนำเสนอประสิทธิภาพเชิงนิเวศน์ที่เหนือกว่าการปล่อยมลพิษเป็นศูนย์และผลิตบริการและผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม (McDonough and Braungart, 2002; Braungart et al., 2007; Kumar and Putnam, 2008) ระบบ Aquaponics ส่วนตัว และ/หรือ การศึกษา/วิจัยขนาดเล็ก ได้ถูกสร้างขึ้นในหลายๆ แห่งทั่วโลกและเทคโนโลยีนี้กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ มีความสนใจที่เพิ่มขึ้น สำหรับกรณีอุตสาหกรรมเพื่อทดสอบว่ามันจะเป็นธุรกิจที่ทำกำไรได้หรือไม่ที่จะดำเนินการระบบ Aquaponics ขนาดใหญ่เลี้ยงปลาและพืชพร้อมกัน สำหรับตลาดแม้ว่าจะมีจำนวนจำกัด แต่ก็สามารถพบได้ทั่วโลกที่รวมเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยบนพื้นฐานของการควบคุมอัตโนมัติการปรับปรุงสมดุลของระบบและสุขภาพและความปลอดภัย เจื่อนใจในการดำเนินการอุตสาหกรรม Aquaponics ในยุโรปกำลังได้รับการประเมินและหน่วยนำร่องที่มีขนาดและการออกแบบที่แตกต่างกันได้ถูกสร้างขึ้นในประเทศยุโรป ส่วนใหญ่มีเพียงไม่กี่คนเท่านั้นที่เข้าถึงพื้นที่ผลิตมากกว่าสองสามตารางเมตร อย่างไรก็ตามตอนนี้มีการวางแผนระบบหรือสร้างขึ้นในระดับปานกลางไม่กี่ร้อยและสูงถึงไม่กี่พันเมตร แนวทางเหล่านี้นำเสนอประวัติโดยย่อของ Aquaponics รวมถึงสถานะปัจจุบันของการพัฒนา Aquaponics ในยุโรป ประเภทของการออกแบบระบบ Aquaponics หลักมีการอธิบายไว้พร้อมกับแนวทางสำหรับวิธีการควบคุมพารามิเตอร์สิ่งแวดล้อม การเลือกพืชและสายพันธุ์ปลาที่เหมาะสม มีการหารือเกี่ยวกับสภาพตลาดการรับรองและการกำกับดูแลรวมถึงโอกาสในการสร้างมูลค่าเพิ่มที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์และการท่องเที่ยวเชิงการศึกษา การพัฒนาเทคโนโลยีและผลพลอยได้ เช่น จากการประมวลผลตะกอนในที่สุด เพื่อจะวางแผนพัฒนาเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุธร และคณะ (2556) กล่าวว่า การวิจัยพัฒนาระบบ Aquaponics สำหรับบำบัดน้ำเสียในระบบเลี้ยงปลาปลูกผสมแบบใช้น้ำหมุนเวียน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ ผลผลิตและประสิทธิภาพการผลิตของบ่อเลี้ยงปลาของระบบการเลี้ยงปลาปลูกผสมแบบ Aquaponics ที่มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่บ่อเลี้ยงปลาและพื้นที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกพืชไร้ดินระบบกรวดต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่สัดส่วน 2:1 และ 1:1 ใช้แผนการทดลองแบบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มทดลอง ผลการทดลองพบว่าระบบปลูกพืชไร้ดินในระบบ Aquaponics ที่มีสัดส่วน 1:1 มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาตกผลึกผสมอยู่เทศสูงกว่าระบบปลูกพืชแบบไร้ดินในระบบอควาโพนิกส์ที่มีสัดส่วน 2.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < .05$ ) ผลของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างกันใน 2 กลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและน้ำหนักเฉลี่ยน้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตต่อสัปดาห์ของปลาตกผลึกระหว่างกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ

อควาโพนิกส์ (Aquaponics) คือ ระบบการผลิตอาหาร ผัก และปลาที่รวมเอา 2 กิจกรรมการผลิตเข้าด้วยกัน คือ การเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน (recirculation system) และระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน (soilless agriculture) (คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2557) หลักในการทำงานของระบบ Aquaponics ซึ่งเป็นการรวมระบบของการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกพืชแบบไร้ดิน เข้าด้วยกัน โดยอาศัยหลักที่ว่าบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งอุดมไปด้วยธาตุอาหาร ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน ไม่ว่าจะเป็นแอมโมเนียหรือไนเตรท ถือเป็นสารอาหารหลักสำหรับพืช ซึ่งพืชจะดูดซึมสารเหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ Nitrifying bacteria ที่อาศัยอยู่ในรางปลูก Hydroponic และอยู่ร่วมกับรากพืชจะทำหน้าที่เป็นระบบกรองแบบชีวภาพ โดยเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท (Ragnheidur and Thorarinsdottir, 2015) ทำให้น้ำมีความสะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งหรือถูกนำกลับมาใช้ในการ เลี้ยงสัตว์น้ำด้วยเหตุนี้ นอกจากน้ำเสียจะได้รับการบำบัดแล้ว (ภาพที่ 7) เกษตรกรยังสามารถเก็บเกี่ยวพืชผักที่ปลูกเป็นรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามการนำระบบ Aquaponic ไปใช้งานให้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น สัดส่วนของสัตว์น้ำที่เลี้ยงและพืชที่ปลูกจะต้องมีความสัมพันธ์กัน โดยปริมาณของเสียจากการเลี้ยง เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะต้องมีปริมาณที่มากพอที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้เพียงพอ หากมีการปลูกพืชจำนวนมากแต่มีปริมาณของเสีย น้อยก็จะทำให้พืชไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ในทางตรงข้ามหากปริมาณของเสียมีมากเกินไปจะนำไปใช้ จะส่งผลให้มีของเสียสะสมในระบบจนถึงระดับหนึ่งที่น่าจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ (ปิยวัฒน์ และคณะ, 2558)

Ragnheidur and Thorarinsdottir Aquaponics, (2015) รายงานว่า Aquaponics การผสมผสานระหว่างค่าว่าการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (การเพาะเลี้ยงปลา) และการปลูกพืชไร้ดิน (การปลูกพืชในน้ำที่ไม่มีดิน) และเป็นการรวมกันของสองระบบการผลิต มันถูกขับเคลื่อนด้วยระบบนิเวศของจุลินทรีย์ที่ช่วยในการแปลงน้ำทิ้งจากปลาให้กลายเป็นสารอาหารพืชที่ใช้งานได้ ในขณะที่ช่วยส่งสารอาหารของพืชไปยังผนังเซลล์ราก ในระบบ Aquaponics น้ำจะถูกเก็บไว้ในระบบไหลเวียนน้ำเสียจากปลาถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่พืชใช้สารอาหารที่ได้รับจากปลาและทำความสะอาดน้ำก่อนที่จะถูกส่งกลับไปปลา



ภาพที่ 9 หลักการทำงานระบบ Aquaponics System

ที่มา: <https://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปแบบการปลูกพืชในระบบ Aquaponics

การปลูกพืชในระบบ Aquaponics เป็นการปลูกพืชไร้ดิน ซึ่งจะอาศัยการหมุนเวียนน้ำและธาตุอาหารที่ได้จากการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยรากพืชจะแช่อยู่ในน้ำตลอดเวลา ซึ่งจะมีรูปแบบการปลูก ([www. http://resizeme.club](http://resizeme.club); [www.http://greenvillage-aquaponics.blogspot.com](http://greenvillage-aquaponics.blogspot.com); [www. https://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/](https://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/)) ดังนี้

#### อควาโปนิคส์แบบลอยหรือแบบรากแช่ลึก

(Floating Aquaponics) เป็นแบบที่มวลน้ำทั้งหมดจะไหลเวียนแบบต่อเนื่องจากถังเลี้ยงปลาผ่าน ตัวกรองที่มีขนาดใหญ่และดี้น พืชจะปลูกบนแพที่ลอยอยู่ในภาชนะเหล่านี้ รากของพืชจะแขวนลอยอยู่ในน้ำของเสียที่เป็นของแข็งในถังเลี้ยงปลา ของเสียจะถูกกำจัดออกไปโดยใช้ถังตกตะกอนหรือเครื่องมือกำจัดของแข็งอื่นๆ



#### อควาโปนิคส์แบบรากแช่ตื้น

(Shallow-rooted Aquaponics) ในระบบนี้พืชจะปลูกในรางปลูกพืชแบบต่างๆ น้ำที่มีแร่ธาตุถูกส่งให้ไหลเคลือบรากพืชเป็นเยื่อบางๆ ทำให้รากพืชเปียกชื้นอยู่ตลอดเวลา ข้อดีคือส่วนล่างของรากพืชจะแช่อยู่ในสารละลายแร่ธาตุ ในขณะที่ส่วนบนของรากจะโผล่อยู่เหนือสารละลายทำให้รากได้รับอากาศและช่องสารละลายจะขึ้นแต่จะไม่อุดตัน

#### อควาโปนิคส์แบบรากยึด (Root adhesion

aquaponics)ระบบนี้เป็นแบบที่ทั้งน้ำและตะกอน จากถังเลี้ยงปลาถูกสูบสู่กระบะปลูกพืช ซึ่งกระบะ ปลูกพืชจะเป็นตัวกรองชีวภาพตลอดเวลา ของแข็ง จะถูกสลายในกระบะปลูกพืชจนกลายเป็นแร่ธาตุ ต่างๆที่พืชต้องการ น้ำจากถังเลี้ยงปลาจะถูกพ่นไป จนทั่วกระบะปลูกพืชโดยใช้ท่อพีวีซีเจาะรูเล็กๆ หรืออาจใช้วิธีอื่นๆ จากนั้นจึงไหลกลับสู่ถังเลี้ยงปลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Aquaponics

ปิยวัฒน์ และ ชิวิน (2558) รายงานว่า Aquaponics เป็นการผสมผสานระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกพืชแบบไร้ดิน เข้าไว้ด้วยกัน โดยอาศัยหลักที่ว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงสัตว์น้ำอุดมไปด้วยธาตุอาหาร ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน ไม่ว่าจะเป็นแอมโมเนียหรือไนเตรท ซึ่งถือเป็นสารอาหารหลักสำหรับพืช พืชจะดูดซึมสารเหล่านี้ไปใช้ในการเจริญเติบโตและทำให้น้ำมีความสะอาดเพียงพอที่จะปล่อยทิ้งหรือถูกนำกลับมาใช้เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงได้อย่างไรก็ตามการนำระบบ Aquaponics ไปใช้งานให้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น สัดส่วนของสัตว์น้ำและพืชที่ปลูกจะต้องมีความสัมพันธ์กันโดยปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยง ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะต้องมีปริมาณที่มากพอที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้อย่างเพียงพอ หากมีการปลูกพืชจำนวนมากแต่มีปริมาณของเสียน้อยก็ จะทำให้พืชไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ในทางตรงข้ามหากปริมาณของเสียมีมากเกินไปพืชจะนำไปใช้จะส่งผลให้มีของเสียสะสมในระบบจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ได้งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของปลาและผักกาดหวานที่ปลูกในระบบ Aquaponics ที่มีต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสัดส่วนของพืชที่ปลูกในระบบ Aquaponics มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง โดยการปลูกพืชมากขึ้นจะสามารถดูดซับแอมโมเนียและไนเตรทไปได้มากขึ้น ส่งผลให้คุณภาพน้ำดีขึ้นและทำให้ปลาเจริญเติบโตเร็วขึ้น โดยอัตราการบำบัดไนโตรเจนเฉลี่ยของพืชที่ปลูกในระบบ มีค่าประมาณ 0.34% ของไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบต่อต้น และสัดส่วนที่เหมาะสมของปลาและพืชที่ปลูกซึ่งคำนวณได้จากการทดลองนี้คือปลานิล 2.5 กิโลกรัม ต่อผักกาดหวาน 110 ต้น ซึ่งจะควบคุมคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงไม่ให้เปลี่ยนแปลง

ปฐมพงษ์ และคณะ (2557) กล่าวไว้ว่าทดลองเลี้ยงปลานิลในระบบน้ำหมุนเวียนแบบ Aquaponics ในบ่อซีเมนต์ขนาด 1X1X1.5 เมตร ที่คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2555 รวมระยะเวลา 3 เดือน แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด ละ 3 ซ้ำ ให้ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวที่อัตราความหนาแน่น 50 ตัว/บ่อ (เป็นชุดควบคุม) โดยใช้บ่มน้ำให้หมุนเวียนผ่านระบบ Aquaponics และเติมอากาศตลอดเวลา ส่วนชุดทดลองที่ 2, 3 และ 4 เลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักกาดหอม โดยปล่อยปลานิลตามความหนาแน่น 50, 100 และ 150 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักปลานิลเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $149.94 \pm 14.38$ ,  $162.22 \pm 7.03$ ,  $149.09 \pm 9.58$  และ  $143.89 \pm 614.14$  กรัม ตามลำดับ ปลานิลในชุดทดลองที่ 3 ให้น้ำหนักเพิ่มสูงสุดที่  $78.39 \pm 9.98$  กรัม ส่วนชุดทดลองที่ 1, 2 และ 4 ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น  $66.57 \pm 3.09$ ,  $75.12 \pm 8.81$  และ  $76.38 \pm 2.19$  กรัม ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโต/วันมีค่าเฉลี่ย  $0.73 \pm 0.77$ ,  $0.83 \pm 0.29$ ,  $0.87 \pm 0.33$  และ  $0.85 \pm 0.39$  กรัม/วัน ตามลำดับ อัตราการรอดตายของปลานิลในชุดทดลองที่ 1 สูงสุดคือ 98.25% ในขณะที่ชุดทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 97.6, 97.41 และ 97.26 ตามลำดับ ในด้านผลผลิตผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผักกาดหอมของชุดทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ย 457.00, 401.33 และ 437.33 กรัม (ตามลำดับ) ในด้านคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าค่าไนโตรเจนที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.972 - 1.384 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในด้านอุณหภูมิของน้ำ ค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสฟอรัส ของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกพืชผักอยู่ที่ 100 ตัว/ตารางเมตร พบว่าปลานิลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุดและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุด ซึ่งเหมาะที่จะนำอัตราส่วนนี้ไปเป็นแนวทางส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงปลานิลให้กับเกษตรกร

ปฐมพงษ์ และคณะ (2556) กล่าวว่าการศึกษาวัสดุกรองเพื่อใช้บำบัดคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลร่วมกับระบบ Aquaponics โดยเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน จากบ่อเข้าสู่ระบบกำจัดตะกอนและผ่านวัสดุกรอง ทำการทดลองในบ่อซีเมนต์ขนาด 1X1X1.5 เมตร แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด ละ 3 ซ้ำ ใช้วัสดุกรองต่างชนิดกัน คือ ชุดทดลองที่ 1 วัสดุกรองเศษตาข่ายพรางแสง ขนาด 70% ชุดทดลองที่ 2 วัสดุใยมะพร้าวชุดทดลองที่ 3 วัสดุใยหญ้าแฝก และชุดทดลองที่ 4 วัสดุผ้าอวนถัก ตามลำดับเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวร่วมกับการปลูกพืชที่อัตราความหนาแน่น 100 ตัว/บ่อ ร่วมกับปลูกผักกาดหอม 30 ต้น/บ่อ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักปลานิลมีค่าเฉลี่ย  $97.72 \pm 0.40$ ,  $96.47 \pm 1.67$ ,  $96.05 \pm 1.24$  และ  $98.80 \pm 1.43$  กรัม ตามลำดับ ปลานิลในชุดทดลองที่ 4 ให้น้ำหนักเพิ่มสูงสุดที่  $73.18 \pm 1.77$  กรัม ส่วนชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 ให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ  $71.87 \pm 0.48$ ,  $70.50 \pm 1.77$  และ  $70.20 \pm 1.17$  กรัม ตามลำดับ ความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ  $17.57 \pm 0.02$ ,  $17.53 \pm 0.03$ ,  $17.47 \pm 0.09$  และ  $17.73 \pm 0.11$  เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโต/วัน มีค่าเฉลี่ย  $0.80 \pm 0.01$ ,  $0.78 \pm 0.02$ ,  $0.78 \pm 0.01$  และ  $0.81 \pm 0.02$  กรัม/วัน ตามลำดับ อัตราการรอดตายของปลานิลในชุดทดลองที่ 4 สูงสุด คือ 94.33% ในขณะที่ชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 94.00, 93.67 และ 93.33% ตามลำดับในด้านผลผลิตผักกาดหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผักกาดหอม 828.07, 810.17, 818.58 และ 820.14 กรัม ตามลำดับในด้านคุณภาพน้ำตลอดการทดลองพบว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ฟอสฟอรัส และความขุ่นในระหว่างชุดทดลอง 4 ชุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในชุดทดลองที่ 1 และชุดทดลองที่ 4 มีความแตกต่างกันกับชุดทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าเฉลี่ยทางสถิติ 2.99-3.13 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจนของชุดทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกับชุดทดลองที่ 1, 2 และ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สรุปได้ว่าวัสดุกรองตาข่ายพรางแสง 70% และผ้าอวนถักมีประสิทธิภาพที่ดีในการทดลองครั้งนี้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. วัสดุ

- 1.1 สัตว์ทดลอง ได้แก่ ปลาหมอไทย ปลากดเหลือง ปลากดคัง ปลาดุก  
-ปลากดเหลือง ปลาดุก และปลาหมอไทย ได้จากฟาร์มเขาปีปพันธ์ปลาชุมพร  
(ขนาด 2-3 นิ้ว อายุ 2 เดือน)  
-ปลากดคัง ได้จากตลาดกลางปลาสวยงามและสัตว์เลี้ยงฟิซิลเลจ ราชบุรี  
(ขนาด 2-3 นิ้ว อายุ 2 เดือน)

1.2 พืชทดลอง คือ พรรณไม้ใต้น้ำอนุเบียสขนาดประมาณ 3-4 ใบ อายุ 2.5 เดือน ได้จากการเพาะเลี้ยงที่ Smart Inland Aquaculture Farm สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

1.3 อาหารปลาดุกเล็กยี่ห้อ Fish First 4641 ชนิดเม็ดลอย ซึ่งโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25% มีไขมันไม่ต่ำ 4% มีกากไม่สูงกว่า 8% มีความชื้นไม่สูงกว่า 12%

#### 2. อุปกรณ์/ เครื่องมือ

##### 2.1 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงปลา

- ถังพลาสติกทรงกลมขนาด 300 ลิตร จำนวน 16 ใบ
- ถังพลาสติกทรงกลมขนาด 500 ลิตร จำนวน 1 ใบ
- สายยาง สายอากาศ 16 ชุด
- Air rifle จำนวน 16 ตัว
- ตัวพ่นน้ำรุ่น SONIC AP 1600 (900 ลิตร/ชั่วโมง) จำนวน 16 ตัว
- มุ้งไนลอน/ตาข่าย 16 ผืน

##### 2.2 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยงพรรณไม้ใต้น้ำอนุเบียส

- ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ยาว 1 เมตร จำนวน 32 ท่อน (เจาะ 10 รู/ท่อน)
- ข้องอ (90องศา) ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 47 ชิ้น
- กระถางพลาสติก สีดำกลมขนาด 1 นิ้ว (สำหรับปลูก) จำนวน 320 กระถาง
- ฟองน้ำสำหรับปลูก 30 ชิ้น

##### 2.3 อุปกรณ์สำหรับระบบกรอง

- ถังคลอรีนทรงกระบอก (ถังเก่า) จำนวน 32 ใบ
- ใยกรองละเอียด 16 ชิ้น และ ใยกรองหยาบ 16 ชิ้น
- ลูกโป๊บอลชีวภาพ จำนวน 16 ลูก
- เปลือกหอยนางรม จำนวน 16 ลูก
- หินภูเขาไฟ 16 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดคุณภาพน้ำ

- เครื่องวัดอุณหภูมิ
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
- เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ
- เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

### 3. สารเคมี

สารใช้สำหรับเตรียมน้ำ

- เกลือแกง
- ปูนขาว
- ยาเหลือง
- วัดค่าไนเตรท Nitrite Test Kit
- วัดค่าแอมโมเนีย Ammonium test kit

## วิธีการ

### 1. แผนการทดลอง

การศึกษาชนิดของปลากินเนื้อที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 ชุดทดลอง (treatments) ละ 4 ซ้ำ (replications) รวม 16 หน่วยทดลอง (experimental units)

#### กำหนดให้

- ชุดทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics
- ชุดทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics
- ชุดทดลองที่ 3 เลี้ยงปลากดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics
- ชุดทดลองที่ 4 เลี้ยงปลากดเหลืองร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics

### 2. การเตรียมการทดลอง

2.1 โรงเรือน ใช้โรงเรือนเพาะปลูกไม้น้ำอโนเบียสในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT การเตรียมโรงเรือนและติดตั้งระบบให้ละอองน้ำ โครงสร้างโรงเรือนทำจากเหล็กดัดด้านข้างและด้านบนพรางแสงด้วย ตาข่ายพรางแสง 70% 2 ชั้น ติดตั้งหัวพ่นหมอกโดยนำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว มาต่อเป็นโครง และติดตั้งเครื่อง ควบคุมเวลาเปิด-ปิดได้ไว้ ติดตั้งระบบให้ละอองน้ำจำนวน 5 ครั้ง/วัน แต่ละครั้งพ่นน้ำเป็นเวลา 1 นาที

2.2 การเตรียมน้ำ เตรียมน้ำโดยใช้น้ำเปิดใส่คลอรีนผึ่งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน ให้ตกตะกอนแล้ว ดูตะกอนทิ้ง ใช้สายยางดูดน้ำที่เตรียมไว้ใส่ถังขนาด 500 ลิตร ภายในโรงเรือนเพาะปลูกไม้น้ำอโนเบียส

2.3 การเตรียมภาชนะทดลอง เตรียมถังพลาสติกกลมขนาด 300 ลิตร มาล้างทำความสะอาด โดยใช้ฟองน้ำถูทำความสะอาดและผึ่งลมให้แห้ง เตรียมถังคลอรีนเก่า มาล้างทำความสะอาดด้วย ผงซักฟอกโดยใช้ฟองน้ำถูและผึ่งลม ให้แห้ง และเตรียมท่อ PVC

2.4 การเตรียมต้นพันธุ์ไม้น้ำอโนเบียส คัดเลือกต้นพันธุ์ไม้น้ำอโนเบียสที่มีขนาดเท่ากัน ใบสมบูรณ์ ไม่ฉีกขาด มีสี เขียวเข้ม ไม่แสดงอาการขาดสารอาหาร จำนวน 320 ต้น จากโรงเรือนเพาะพันธุ์ไม้น้ำอโนเบียส ล้างทำความสะอาดต้นพันธุ์ไม้น้ำอโนเบียส ตัดแต่งรากและใบ นำลงปลูกในกระถางพลาสติกสีด่างกลมขนาด 1.5 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูกคือ ฟองน้ำเพาะปลูกในน้ำสะอาดก่อน 3 วัน

2.5 การเตรียมลูกพันธุ์ปลา โดยจะใช้ลูกปลาที่มีอายุประมาณ 2 เดือน (ปฐมพงษ์, 2557) ปลากดเหลืองจำนวน 300 ตัว ปลาหมอไทย 300 ตัว ปลากดคัง 300 ตัว ปลาดุก 300 ตัว ที่เอามาพัก โดยคัดตัวสมบูรณ์แข็งแรง มีครีบครบ ไม่ผอม ไม่มีบาดแผล แล้วนับมาพักในกระชังกลางแจ้ง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อปลาปรับตัวเข้าน้ำใหม่และระบบทดลองน้ำใหม่

2.6 อาหารทดลอง โดยจะใช้อาหารปลาดุกเล็กยี่ห้อ Fish First 4641 ชนิดเม็ดลอย ซึ่งมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 25% มีไขมันไม่ต่ำกว่า 4% มีกากไม่สูงกว่า 8% มีความชื้นไม่สูงไปกว่า 12 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบชุดกรอง ใช้ระบบกรองแบบผสมคือ กรองกายภาพ (ใยกรองหยาบ+ใยแก้ว+หินกรวด) และกรองชีวภาพ (เปลือกหอย+ไบโอบอล)



ภาพที่ 10 ชุดถังกรอง

2.8 วัสดุเกาะของแบคทีเรีย นำวัสดุเกาะ เช่น ลูกบอลชีวภาพ หินภูเขาไฟ เปลือกหอยนางรม มาแช่ในน้ำเลี้ยงปลาตกเป็นเวลา 30 วัน (เบญจมาศ, 2557) ให้อากาศผ่านหัวทรายตลอดเวลา

### 2.9 ระบบ Aquaponics

- ต่อระบบชุดทดลอง โดยใช้ ถัง 300 ลิตร (สำหรับเลี้ยงปลา) + ถังคลอรีนเก่า 2 ถัง (ถังระบบกรอง) + ราง PVC (สำหรับปลูกไม้เนื้ออ่อนเป็ยส) + ปั้มน้ำ
- รางปลูก ทำจากท่อ PVC ยาว 1.5 เมตร เจาะรูขนาด 1.5 นิ้ว (จำนวน 10 รู/ราง)
- เติมน้ำเข้าระบบปริมาตร 250 ลิตร เพื่อเริ่มการทำงานของระบบน้ำหมุนเวียน
- นำวัสดุกรองที่แช่เตรียมไว้ให้แบคทีเรียเกาะมาใส่ในกรองน้ำ
- นำปลาที่พักเตรียมไว้ มาใช้ในชุดทดลอง (ชุดละ 50 ตัว/ตาราง) เป็นเวลา 1 สัปดาห์
- หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ นำต้นไม้เนื้ออ่อนเป็ยสมาใส่ชุดทดลองละ 20 ต้น

## 3.การทดลอง

### 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

#### 3.1.1 การเลี้ยงปลา

-นำปลา จำนวน 800 ตัวแต่ละชนิดที่พักไว้ในถังพัก คัดเลือกตัวที่แข็งแรงที่สุด ในถังมาใส่ถังทดลองที่เตรียมไว้มาใส่ในถังพลาสติกวงกลม 300 ลิตร โดยใส่ลูกปลา 50 ตัว/ตารางเมตร (พรณิชา, 2558) จำนวน 16 ถัง แล้วใส่เกลือ 1 กำมือลงไปในถังเลี้ยงปลา

-ให้อาหารวันละ 2 มื้อ

-วัดขนาดยาว น้ำหนัก ของลูกปลาก่อนใส่ชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 การเพาะปลูกไม้หน่อเบียด

- นำต้นหน่อเบียดที่เตรียมไว้ มาใส่กระถางเล็กแล้วนำไปใส่ในท่อ PVC ที่ได้ทำการเจาะรูไว้แล้ว โดยใส่ 10 ต้น/ท่อ
- วัดขนาดต้นหน่อเบียด ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความยาวรากเฉลี่ย จำนวนราก ก่อนลงรางปลูก
- ตั้งเวลาเปิด/ปิด การพ่นสเปรย์หมอก โดยจะสเปรย์ 5 ครั้ง/วัน (ครั้งละ 1 นาที) โดยมีช่วงเวลาดังนี้ 08.00 น. 11.00 น. 14.00 น. 17.00 น. 21.00 น.

### 3.1.3 การติดตั้งและเดินระบบกรอง

- นำวัสดุกรองที่ได้เตรียมไว้มาลงถังคลอรีนทรงกลม (ถังเก่า)

### 3.1.4 ระบบอควาโปนิคส์

- ทำการล้างทำความสะอาดชุดกรอง ทุกๆ 2 สัปดาห์

## 3.2 การจัดการระหว่างการทดลอง

### 3.2.1 การให้อาหารปลา

- ให้อาหารปลาวันละ 2 ครั้ง เวลา 8.00 และ 16.00 น. ทุกวัน
- วัดการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ยของปลา ทุกๆ 2 สัปดาห์

### 3.2.2 ไม้หน่อเบียด

- วัดความกว้างใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) วัดความกว้างใบโดยใช้ไม้บรรทัดวัดบริเวณที่กว้าง ที่สุดของใบ จะใช้ใบที่ 3 นับจากใบที่คลี่เต็มที่จากยอดลงมา (วัดทุกๆ 1 สัปดาห์)
- วัดความยาวใบ (เซนติเมตร) วัดความยาวใบโดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากบริเวณโคนใบ จนถึงปลายใบ จะใช้ใบที่ 3 นับจากใบที่คลี่เต็มที่จากยอดลงมา (วัดทุกๆ 1 สัปดาห์)
- นับจำนวนใบทุกใบที่คลี่เต็มที่แล้ว (นับทุกๆ 4 สัปดาห์) (กฤษฎา และ จูตินันท์, 2550)
- วัดความยาวรากเฉลี่ย (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัดจากบริเวณโคนราก จนถึงปลายราก ที่ยาวที่สุด (อนิสา, 2558) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง (ยุทธนา, 2547)
- นับจำนวนราก (ราก) นับรากที่เกิดขึ้น (อนิสา, 2558) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง (ยุทธนา, 2547)
- จำนวนหน่อเฉลี่ย (หน่อ) นับจำนวนหน่อเกิดใหม่ (มัลลิกา, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตที่ปรากฏ/ความสมบูรณ์ของต้นอนุเป็ยส  
ทุกๆ สัปดาห์ ตรวจวัดและเก็บผลกทดลองของความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวน  
ใบ ค่าการนำไฟฟ้า การเจริญเติบโตและลักษณะภายนอกของต้นอนุเป็ยส

### 3.2.3 ระบบชุดกรอง

-นำชุดกรองดักตะกอนและกรองทรายมาล้างน้ำเอาตะกอนออกให้สะอาด  
ทุกๆ 1 สัปดาห์ (ชาติรี, 2553)

### 3.2.4 ระบบอควาโปนิคส์

-ตรวจเช็คปั้มน้ำ ระบบพ่นหมอก ว่ามีการอุดตันไหม ทุกๆ 1 สัปดาห์  
-เช็คการไหลเวียนน้ำภายในระบบอควาโปนิคส์  
-วัดคุณภาพในระบบ (ส่วนของถังเลี้ยง ส่วนถังกรอง และส่วนของรางเลี้ยง)  
ทุกๆ 4 สัปดาห์

## 4. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

### 4.1 การรวบรวมข้อมูล

4.1.1 วัดการเจริญเติบโตของปลา และการรอดตายปลา ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยสุ่ม  
ปลาจากถัง 300 ลิตร ทุกๆถัง มาทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว

- 1) น้ำหนักเฉลี่ย
- 2) ความยาวเฉลี่ย
- 3) การเจริญเติบโตจำเพาะ

$$\text{การเจริญเติบโตจำเพาะ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักปลาสุดท้าย} - \text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น}) \times 100}{\text{ระยะเวลาทดลอง}}$$

4) การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ตามวิธีการของ Dupree and Sneed (1966)

$$\text{การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น.น.อาหารที่ปลากินทั้งหมด}}{\text{น.น.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}$$

5) การรอดตาย (%) ตามวิธีของ ชัยสิทธิ์ (2547)

$$\text{การรอดตาย (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมื่อสิ้นสุดการทดลอง(ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนเมื่อเริ่มการทดลอง(ตัว)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การเจริญเติบโตของอนุเบียส และการรอดตาย

-วัดการเจริญเติบโตและการรอดตาย (ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก จำนวนหน่อ และอัตราการรอดตาย)

#### 4.1.3 คุณภาพน้ำในระบบน้ำหมุนเวียน

- ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)
- ค่าอุณหภูมิ (Temperature)
- ค่าแอมโมเนีย (Ammonia  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ )
- ไนไตรท์ (nitrite,  $\text{NO}_2^-$ )
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

### 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดทั้งหมดเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Rang Test; DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

### 5. ระยะเวลาการทดลอง

ใช้เวลาในการดำเนินการทดลอง 3 เดือน ตั้งแต่กุมภาพันธ์-เมษายน 2566

### 6. สถานที่ทดลอง

ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและพืชน้ำจืดริยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### 1. ใ้มน้ำอูเบีส

ใ้มน้ำอูเบีสที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่เลี้ยงร่วมกับชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ ปลาตเหลือง ปลาหมอไทย ปลาตคังและ ปลาตูก เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าใ้มน้ำอูเบีสที่เพาะเลี้ยงทั้ง 4 ชุดทดลอง มีการเจริญเติบโตโดยทางใบ ทางราก การให้หน่อ และการรอดตาย ดังนี้

##### 1.2 การเจริญเติบโตทางใบ

###### 1.2.1 ความยาวใบ

ความยาวใบเฉลี่ยของใ้มน้ำอูเบีสที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่เลี้ยงร่วมกับชนิดปลาน้ำจืดต่างกัน มีความยาวใบเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดคือ 4.29-4.62 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ ใ้มน้ำอูเบีสมีความยาวใบเฉลี่ย  $5.49 \pm 0.03$ ,  $5.46 \pm 0.12$ ,  $5.24 \pm 0.51$  และ  $4.64 \pm 1.03$  เซนติเมตร เมื่อเลี้ยงร่วมกับปลาตเหลือง ปลาหมอไทย ปลาตคัง และปลาตูก ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 4 ชุดทดลอง (ตารางที่ 4)

###### 1.2.2 ความกว้างใบ

ใ้มน้ำอูเบีสมีความกว้างใบเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุด คือ 1.17-1.22 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีความกว้างใบเฉลี่ย  $1.29 \pm 0.14$ ,  $1.23 \pm 0.11$ ,  $1.47 \pm 0.07$  และ  $1.49 \pm 0.07$  เซนติเมตร เมื่อเพาะเลี้ยงใ้มน้ำอูเบีสร่วมกับปลาตเหลือง ปลาหมอไทย ปลาตคัง และปลาตูก ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในระหว่าง 4 ชุดทดลอง โดยชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงใ้มน้ำอูเบีสร่วมกับปลาตคังและปลาตูกให้ความกว้างเฉลี่ยสูงสุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

###### 1.2.3 จำนวนใบ

จำนวนใบเฉลี่ยของใ้มน้ำอูเบีสที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิด คือ ปลาตเหลือง ปลาหมอชุมพร ปลาตคัง ปลาตูก มีจำนวนใบเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลอง 4 ชุด คือ 3.60-4.13 ใบ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงใ้มน้ำอูเบีสร่วมกับปลาหมอไทยมีจำนวนใบเฉลี่ยต่ำสุดคือ  $4.36 \pm 0.46$  ใบ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับจำนวนใบของใ้มน้ำอูเบีสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาตคังและปลาตูกที่มีจำนวนใบเฉลี่ย  $5.74 \pm 0.63$  และ  $5.63 \pm 0.69$  ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

### 1.3 การเจริญเติบโตทางราก

#### 1.3.1 ความยาวราก

ไม้น้ำอานูเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดต่างชนิดกัน 4 ชนิด ในระบบ Aquaponics มีความยาวรากเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 3.38-3.83 เซนติเมตร และเมื่อครบ 12 สัปดาห์ พบว่าความยาวรากเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลอง โดยมีค่า 6.85-8.70 เซนติเมตร (ตารางที่ 4)

#### 1.3.2 จำนวนราก

จำนวนรากเฉลี่ยของไม้น้ำอานูเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดต่างชนิดกัน 4 ชนิดในระบบ Aquaponics เมื่อเริ่มการทดลองมีจำนวนรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.47-2.94 ราก เมื่อทดลองครบ 12 สัปดาห์ พบว่ามีจำนวนรากเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลอง คือ 3.85-4.53 ราก (ตารางที่ 4)

#### 1.4 จำนวนหน่อ

ไม้น้ำอานูเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิด ในระบบ Aquaponics มีจำนวนหน่อเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0.95-1.14 หน่อ โดยเริ่มต้นยังไม่มีหน่อ (ตารางที่ 4)

#### 1.5 อัตราการรอดตาย

ไม้น้ำอานูเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาน้ำจืดที่ต่างกัน 4 ชนิดในระบบ Aquaponics เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีอัตราการรอดตาย 100% ทั้ง 4 ชุดทดลอง (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 4** การเจริญเติบโตของไม้เนื้ออ่อนเป็ยสที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ค่าที่ตรวจวัด	ชุดทดลองที่ 1 (ปลากดเหลือง)	ชุดทดลองที่ 2 (ปลาหมอ)	ชุดทดลองที่ 3 (ปลากดคัง)	ชุดทดลองที่ 4 (ปลาดุก)
ความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร) <sup>ns</sup>	4.31±0.14	4.62±0.26	4.46±0.03	4.29±0.12
ความยาวใบเฉลี่ยสิ้นสุด (เซนติเมตร) <sup>ns</sup>	5.49±0.03	5.46±0.12	5.24±0.51	4.64±1.03
ความกว้างใบเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร) <sup>ns</sup>	1.18±0.08	1.22±0.03	1.19±0.03	1.17±0.03
ความกว้างใบเฉลี่ยสิ้นสุด (เซนติเมตร)	1.29±0.14 <sup>b</sup>	1.23±0.11 <sup>b</sup>	1.47±0.07 <sup>a</sup>	1.49±0.07 <sup>a</sup>
จำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น (ใบ) <sup>ns</sup>	3.60±0.49	3.88±0.29	3.90±0.80	4.13±0.22
จำนวนใบเฉลี่ยสิ้นสุด (ใบ)	5.06±0.66 <sup>ab</sup>	4.36±0.46 <sup>b</sup>	5.74±0.64 <sup>a</sup>	5.63±0.69 <sup>a</sup>
ความยาวรากเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร) <sup>ns</sup>	3.38±0.27	3.67±0.78	3.59±0.63	3.83±1.08
ความยาวรากเฉลี่ยสิ้นสุด (เซนติเมตร) <sup>ns</sup>	7.15±0.80	6.85±1.59	8.70±1.37	6.99±0.73
จำนวนรากเฉลี่ยเริ่มต้น (ราก) <sup>ns</sup>	2.59±0.39	2.73±0.23	2.47±0.16	2.94±0.34
จำนวนรากเฉลี่ยสิ้นสุด (ราก) <sup>ns</sup>	4.00±0.45	4.03±0.48	4.53±0.57	3.85±0.78
จำนวนหน่อเฉลี่ยสิ้นสุด (หน่อ) <sup>ns</sup>	0.95±0.25	0.79±0.36	0.90±0.21	1.14±0.14
อัตราการตายเฉลี่ย (%) <sup>ns</sup>	100±0.00	100±0.00	100±0.00	100±0.00

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกัน ( $p>0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p<0.05$ )

## 2.ปลาน้ำจืด

การเลี้ยงปลากินเนื้อ 4 ชนิดที่เลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสในระบบ Aquaponics เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบการเจริญเติบโตและการรอดตาย ดังนี้

### 2.1 ความยาวปลา

ในวันเริ่มต้นทดลองปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดมีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีความยาวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.84-3.96 เซนติเมตร พบความแตกต่างทางสถิติในระหว่างชุดทดลองตั้งแต่เลี้ยง 2 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาตุกร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสมีความยาวเฉลี่ยสูงสุดคือ  $15.92 \pm 0.44$  เซนติเมตร รองลงมาคือชุดที่เลี้ยงปลากดคังร่วมกับไม้น้ำอานูเบียส คือ  $9.53 \pm 0.53$  เซนติเมตร ในขณะที่ชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดเหลืองกับที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอานูเบียส มีความยาวเฉลี่ย  $8.68 \pm 0.45$  และ  $8.70 \pm 0.19$  เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกัน แต่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับความยาวของปลากดคังและปลาตุกที่เลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอานูเบียส (ตารางที่ 5 และ 6)

**ตารางที่ 5** ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)

ชุดทดลอง	ความยาวปลาเฉลี่ย (เซนติเมตร)						
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 10	สัปดาห์ที่ 12
ปลากดเหลือง	$3.87 \pm 0.15$	$4.75 \pm 0.14^c$	$6.53 \pm 0.21^c$	$6.82 \pm 0.11^c$	$7.41 \pm 0.18^c$	$8.04 \pm 0.22^c$	$8.68 \pm 0.45^c$
ปลาหมอไทย	$3.91 \pm 0.05$	$4.12 \pm 0.11^d$	$5.57 \pm 0.17^d$	$6.15 \pm 0.31^d$	$6.75 \pm 0.33^c$	$7.49 \pm 0.49^c$	$8.70 \pm 0.19^c$
ปลากดคัง	$3.84 \pm 0.10$	$6.07 \pm 0.12^b$	$7.62 \pm 0.35^b$	$8.03 \pm 0.38^b$	$8.50 \pm 0.27^b$	$8.96 \pm 0.45^b$	$9.53 \pm 0.53^b$
ปลาตุก	$3.96 \pm 0.12$	$7.41 \pm 0.17^a$	$8.88 \pm 0.40^a$	$9.90 \pm 0.42^a$	$11.39 \pm 0.74^a$	$12.43 \pm 0.74^a$	$15.92 \pm 0.44^a$

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

**ตารางที่ 6** ความยาวเฉลี่ยและความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ความยาวปลาเฉลี่ย (เซนติเมตร)		ความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (เซนติเมตร)
	ความยาว (เริ่มต้น) <sup>ns</sup>	ความยาว (สุดท้าย)	
ปลากดเหลือง	$3.87 \pm 0.15$	$8.68 \pm 0.45^c$	$4.81 \pm 0.31^c$
ปลาหมอไทย	$3.91 \pm 0.05$	$8.70 \pm 0.19^c$	$4.80 \pm 0.14^c$
ปลากดคัง	$3.84 \pm 0.10$	$9.53 \pm 0.53^b$	$5.69 \pm 0.43^b$
ปลาตุก	$3.96 \pm 0.12$	$15.92 \pm 0.44^a$	$11.96 \pm 0.32^a$

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 น้ำหนักของปลา

ในวันเริ่มต้นการทดลองปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิด ที่เลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสมีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.23-2.27 กรัม พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ของน้ำหนักเฉลี่ยปลาทั้ง 4 ชุดทดลองเมื่อเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อทดลองครบ 12 สัปดาห์ พบว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาตุกร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดคือ  $28.24 \pm 1.90$  กรัม ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับน้ำหนักเฉลี่ยในอีก 3 ชุดทดลองที่เหลือ โดยชุดทดลองที่เลี้ยงปลาแคดเหลืองและที่เลี้ยงปลาแคดคังมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำคือ  $6.48 \pm 0.67$  และ  $7.08 \pm 1.13$  กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือ (ตารางที่ 7 และ 8)

ตารางที่ 7 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)

ชุดทดลอง	น้ำหนักปลาเฉลี่ย (กรัม)						
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 10	สัปดาห์ที่ 12
ปลาแคดเหลือง	$2.23 \pm 0.02$	$2.33 \pm 0.02^c$	$2.70 \pm 0.27^c$	$3.12 \pm 0.13^c$	$3.96 \pm 0.27^c$	$5.04 \pm 0.55^c$	$6.48 \pm 0.67^c$
ปลาหมอไทย	$2.26 \pm 0.01$	$2.55 \pm 0.24^c$	$3.74 \pm 0.42^b$	$5.30 \pm 0.87^b$	$6.83 \pm 1.03^b$	$8.23 \pm 0.93^b$	$13.99 \pm 0.91^b$
ปลาแคดคัง	$2.24 \pm 0.03$	$3.77 \pm 0.19^b$	$4.52 \pm 0.41^b$	$4.80 \pm 0.59^b$	$5.86 \pm 0.73^{bc}$	$6.33 \pm 0.97^{bc}$	$7.08 \pm 1.13^c$
ปลาตุก	$2.27 \pm 0.06$	$4.48 \pm 0.24^a$	$6.00 \pm 0.86^a$	$8.08 \pm 1.23^a$	$14.73 \pm 2.52^a$	$16.24 \pm 2.83^a$	$28.24 \pm 1.90^a$

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )  
2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	น้ำหนักปลาเฉลี่ย (กรัม)		น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม)
	ความยาว (เริ่มต้น) <sup>ns</sup>	ความยาว (สุดท้าย)	
ปลาแคดเหลือง	$2.23 \pm 0.02$	$6.48 \pm 0.67^c$	$4.25 \pm 0.66^c$
ปลาหมอไทย	$2.26 \pm 0.01$	$13.99 \pm 0.91^b$	$11.73 \pm 0.90^b$
ปลาแคดคัง	$2.24 \pm 0.03$	$7.08 \pm 1.13^c$	$4.84 \pm 1.10^c$
ปลาตุก	$2.27 \pm 0.06$	$28.24 \pm 1.90^a$	$25.97 \pm 1.83^a$

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )  
2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

### 2.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลาในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทย และในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุก ร่วมกับไม้น้ำอนุเบียส มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยต่ำและ ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $1.06 \pm 0.01$  และ  $1.10 \pm 0.01$  ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลาในชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดเหลืองและชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดคัง ร่วมกับไม้น้ำอนุเบียส ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ  $1.52 \pm 0.01$  และ  $1.50 \pm 0.03$  ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเฉลี่ยของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
ปลากดเหลือง	581.51	$4.25 \pm 0.66^c$	$1.52 \pm 0.01^a$
ปลาหมอไทย	1,116.00	$11.73 \pm 0.90^b$	$1.06 \pm 0.01^b$
ปลากดคัง	654.80	$4.84 \pm 1.10^c$	$1.50 \pm 0.03^a$
ปลาดุก	2,589.00	$25.97 \pm 1.83^a$	$1.10 \pm 0.01^b$

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับแสดงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

### 2.4 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชุดทดลองในวันเริ่มต้นทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบอัตราการรอดตายเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดทดลองตั้งแต่ทดลองครบ 2 สัปดาห์เป็นต้นไปจนจบการทดลองเมื่อทดลองครบ 12 สัปดาห์พบว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทยและชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกมีอัตราการรอดตายสูงเฉลี่ย คือ  $77.50 \pm 5.00$  และ  $72.50 \pm 2.89\%$  ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกัน ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 10)

**ตารางที่ 10** อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%) ของปลาที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน (ตลอด 12 สัปดาห์)

ชุดทดลอง	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (%)			
	ปลากดเหลือง	ปลาหมอไทย	ปลากดคัง	ปลาดุก
สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
สัปดาห์ที่ 2	72.50±8.66 <sup>ab</sup>	82.50±5.00 <sup>a</sup>	68.75±7.50 <sup>b</sup>	78.75±2.50 <sup>ab</sup>
สัปดาห์ที่ 4	72.50±8.66 <sup>ab</sup>	82.50±5.00 <sup>a</sup>	68.75±7.50 <sup>b</sup>	78.75±2.50 <sup>ab</sup>
สัปดาห์ที่ 6	68.75±6.29 <sup>ab</sup>	76.25±6.29 <sup>a</sup>	62.50±5.00 <sup>b</sup>	72.50±2.89 <sup>ab</sup>
สัปดาห์ที่ 8	67.50±6.45 <sup>b</sup>	77.50±5.00 <sup>a</sup>	62.50±5.00 <sup>b</sup>	72.50±2.89 <sup>ab</sup>
สัปดาห์ที่ 10	67.50±6.45 <sup>b</sup>	77.50±5.00 <sup>a</sup>	62.50±5.00 <sup>b</sup>	72.50±2.89 <sup>ab</sup>
สัปดาห์ที่ 12	67.50±6.45 <sup>b</sup>	77.50±5.00 <sup>a</sup>	62.50±5.00 <sup>b</sup>	72.50±2.89 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกัน ( $p>0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p<0.05$ )

### 3. คุณภาพน้ำ

การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในระหว่างการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจน และค่าการนำไฟฟ้า ดังนี้

#### 3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลากินเนื้อต่างชนิดกัน 4 ชนิด ร่วมกับไม้น้ำอนุเบียง พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $17.2\pm 0.00$  องศาเซลเซียส เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกันเหมือนกันทั้ง 3 ช่วงการตรวจวัด คือ 21.3-22.2, 24.2-24.5, และ 24.4-24.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

**ตารางที่ 11** อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงปลาในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดแตกต่างกัน

ชุดทดลอง	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 8 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 12 <sup>ns</sup>
ปลากดเหลือง	17.2±0.04	22.1±1.00	24.3±0.18	24.5±0.48
ปลาหมอไทย	17.2±0.04	22.2±0.96	24.4±0.47	24.8±0.62
ปลากดคัง	17.2±0.04	21.4±0.47	24.2±0.74	24.4±0.15
ปลาดุก	17.2±0.05	21.3±0.13	24.5±0.50	24.8±0.56

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p>0.05$ )

### 3.2 ความเป็นกรดต่าง

ความเป็นกรดต่างของน้ำที่เลี้ยงปลากินเนื้อต่างชนิดกัน 4 ชนิดร่วมกับไม้้ำอานูเบียส พบว่ามีความเป็นกรดต่างเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ  $7.10 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกันเหมือนทั้ง 3 ช่วงการตรวจวัดคือ  $7.10-7.14$ ,  $7.14-7.16$  และ  $7.10 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่ากรดเป็นต่างเฉลี่ยของน้ำที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ความเป็นกรดเป็นต่างเฉลี่ย			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 8 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 12 <sup>ns</sup>
ปลากดเหลือง	7.10±0.00	7.11±0.04	7.14±0.02	7.10±0.00
ปลาหมอไทย	7.10±0.00	7.10±0.04	7.15±0.04	7.10±0.00
ปลากดคัง	7.10±0.00	7.12±0.03	7.14±0.03	7.10±0.00
ปลาดุก	7.10±0.00	7.14±0.04	7.16±0.04	7.10±0.00

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

### 3.3 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยของน้ำที่เลี้ยงปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้้ำอานูเบียส พบว่าในวันเริ่มต้นการทดลองมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากันคือ  $4.53 \pm 0.00$  มิลลิกรัมต่อลิตร พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในน้ำที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้้ำอานูเบียส คือ  $7.71 \pm 0.53$  มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้้ำอานูเบียส คือ  $7.13 \pm 0.37$  มิลลิกรัม/ลิตร แต่แตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
ปลากดเหลือง	4.53±0.00	4.80±0.26 <sup>ab</sup>	5.43±0.23 <sup>b</sup>	5.97±0.60 <sup>b</sup>
ปลาหมอไทย	4.53±0.00	5.30±0.50 <sup>a</sup>	6.26±0.44 <sup>a</sup>	7.13±0.37 <sup>a</sup>
ปลากดคัง	4.53±0.00	4.53±0.38 <sup>b</sup>	5.03±0.54 <sup>b</sup>	5.82±0.57 <sup>b</sup>
ปลาดุก	4.53±0.00	5.02±0.51 <sup>ab</sup>	6.22±0.41 <sup>a</sup>	7.71±0.53 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงปลาชนิดต่างชนิดกัน 4 ชนิด ร่วมกับไม้น้ำอานูเบียส พบว่ามีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $0.00 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติกันเหมือนทั้ง 3 ช่วงการตรวจวัด คือ 0.00, 0.00, และ 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 8 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 12 <sup>ns</sup>
ปลากดเหลือง	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
ปลาหมอ	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
ปลากดคัง	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
ปลาดุก	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

### 3.5 ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงปลาชนิดต่างชนิดกัน 4 ชนิด ร่วมกับไม้น้ำอานูเบียส พบว่ามีปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $0.00 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติกันเหมือนกันทั้ง 3 ช่วงการตรวจวัดคือ 0.13-0.14, 0.13-0.14, และ  $0.10 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรทเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ปริมาณไนโตรทเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 8 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 12 <sup>ns</sup>
ปลากดเหลือง	0.00±0.00	0.13±0.01	0.13±0.02	0.10±0.00
ปลาหมอ	0.00±0.00	0.13±0.02	0.13±0.01	0.10±0.00
ปลากดคัง	0.00±0.00	0.13±0.01	0.13±0.02	0.10±0.00
ปลาดุก	0.00±0.00	0.14±0.02	0.14±0.02	0.10±0.00

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )

### 3.6 ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเฉลี่ยในวันเริ่มต้นการทดลองของทั้ง 4 ชุดทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0.39-0.42 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร พบความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดเมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาตุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสมีค่าสูงสุด คือ  $0.75 \pm 0.07$  มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันกับค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในชุดที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส คือ  $0.71 \pm 0.04$  มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือ (ตารางที่ 16 )

ตารางที่ 16 ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย (มิลลิซีเมน/เซนติเมตร) ของน้ำที่เพาะเลี้ยงในระบบ Aquaponics ที่มีชนิดปลาน้ำจืดที่แตกต่างกัน

ชุดทดลอง	ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย (มิลลิซีเมน/เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 0 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
ปลากดเหลือง	0.39±0.04	0.48±0.03 <sup>ab</sup>	0.54±0.02 <sup>b</sup>	0.60±0.06 <sup>b</sup>
ปลาหมอ	0.41±0.03	0.53±0.05 <sup>a</sup>	0.61±0.04 <sup>a</sup>	0.71±0.04 <sup>a</sup>
ปลากดคัง	0.38±0.03	0.45±0.04 <sup>b</sup>	0.50±0.05 <sup>b</sup>	0.58±0.06 <sup>b</sup>
ปลาดุก	0.42±0.06	0.50±0.05 <sup>ab</sup>	0.62±0.04 <sup>a</sup>	0.75±0.07 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1. ns คือ non-significant แสดงความไม่แตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p > 0.05$ )  
 2. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันกำกับแสดงถึงความแตกต่างกันระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

## วิจารณ์

จากการศึกษาชนิดของปลาที่กินเนื้อที่เหมาสมต่อการเลี้ยงร่วมกับไม้น้ำอานูเบียสในระบบ Aquaponics โดยเลี้ยงปลาน้ำจืดจำนวน 4 ชนิด ปล่อยปลาจำนวน 50 ตัว/ถัง ร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส 20 ต้น/ถัง ภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบ Aquaponics เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการเลี้ยงปลากินเนื้อน้ำจืดที่ต่างกัน 4 ชนิด ร่วมกับการเพาะเลี้ยงไม้น้ำอานูเบียส สามารถดำเนินการเลี้ยงได้ภายใต้ระบบการเลี้ยงแบบ Aquaponics ทั้งนี้เพราะปลากินเนื้อน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดและไม้น้ำอานูเบียสมีการเจริญเติบโตและการรอดตายเป็นปกติแม้ว่าจะมีบางค่าการเติบโตและความสมบูรณ์ที่ต่ำกว่าปกติเพียงเล็กน้อยก็ตาม ซึ่งรูปแบบการเลี้ยงแบบ Aquaponics เป็นการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (water reuse หรือ recycle system) จึงเป็นระบบที่ใช้ได้จริงเนื่องจากน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาจะมีธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำอานูเบียส (*Anubias minima*) อยู่เป็นปริมาณมาก และการที่พรรณไม้น้ำสามารถนำแร่ธาตุอาหารไปใช้เพื่อการเติบโตแล้ว ยังจะช่วยบำบัดน้ำให้มีคุณภาพดีสามารถนำกลับมาเลี้ยงปลาได้ใหม่ (นงนุช และคณะ, 2543) โดยระบบการเลี้ยงแบบ Aquaponics จะมีแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการ Nitrification ช่วยลดแอมโมเนีย และการกำจัดของเสีย ควบคุมคุณภาพน้ำในระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Hopkin and Mancini (1989) รายงานว่าอาหารที่ให้ปลากินในที่สุด 80% จะถูกขับถ่ายออกมาในรูปตะกอน ซึ่งตะกอนดังกล่าวสามารถวัดได้ในรูปของสารแขวนลอย การกำจัดตะกอนออกจากระบบน้ำหมุนเวียนเป็นกระบวนการที่สำคัญในการกำจัดของเสียออกจากระบบ ทำให้ตะกอนไม่ไปทับถมที่วัสดุกรอง (Wharton *et al.*, 1996) โดยระบบจะเปลี่ยนสารอาหารที่เป็นพิษไปเป็นสารอาหารในรูปที่ไม่มีพิษ เช่น เปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท ซึ่งประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ และค่าความสกปรกในระบบ (Wiley, 1992) แสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงปลา ร่วมกับการปลูกพืช (aquaponics) ดังกล่าว สามารถนำไปพัฒนาสู่การผลิตในปริมาณมาก และ/หรือผลิตเพื่อการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้คุณภาพน้ำที่ตรวจวัดตลอดการทดลองยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่เป็นพิษต่อปลาน้ำจืดที่เลี้ยงและต่อไม้น้ำที่เพาะเลี้ยง และหากน้ำการเลี้ยงในระบบดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดมลภาวะหากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในทันที (โดยไม่ต้องผ่านระบบบำบัด) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Surit (2009) ที่กล่าวว่าสามารถเลี้ยงปลาปลูกผสมในบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนร่วมกับการปลูกพืชแบบ Hydroponic ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ผลผลิตไม้น้ำอานูเบียสที่ได้จากการเลี้ยงปลากินเนื้อน้ำจืดต่างกัน 4 ชนิด ร่วมกับอานูเบียสในระบบ Aquaponics ก็มีการเจริญเติบโตได้ดี แม้ว่าจะเติบโตช้ากว่าการเพาะเลี้ยงแบบ Hydroponic อยู่เล็กน้อยก็ตาม แต่ปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิด เจริญเป็นปกติ สอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงปลานิลร่วมกับผักกาดหอมห่อ ในระบบ Aquaponics ที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น คุณภาพน้ำ การกำจัดของเสียตลอดทั้งระบบและยังเพิ่มขีดความสามารถในด้านการเลี้ยงให้หนาแน่นเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตได้มากกว่าการเลี้ยงปลานิลในดินและการเลี้ยงปลานิลในกระชัง (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557) ซึ่งการมีระบบกรองน้ำแบบชีวภาพในระบบการเลี้ยง Aquaponics ที่สามารถทำให้ของเสียจากการเลี้ยงปลา (by-product) ซึ่งอยู่ในรูปของไนโตรเจนประมาณ 70-75% ถูกกำจัดออกภายในระบบ และถูกนำไปเป็นสารอาหารที่ใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของพืช แทนการถ่ายเทน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาเพื่อกำจัดของเสียออกไปจากน้ำ โดยพืชจะทำหน้าที่ดูดซึมนิโตรเจนด้วยกลไกต่างๆ เช่น การดูดซึมแอมโมเนียหรือไนเตรท การระเหยของแอมโมเนีย การตกตะกอนของอนุภาคนิโตรเจน ผ่านกระบวนการ Nitrification และกระบวนการ Denitrification (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557) เช่นเดียวกับการศึกษาในผักกาดหอมที่ใช้ น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกผสมที่ผ่านระบบกรองให้ผลผลิตผักกาดหอมได้ดีกว่าน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกผสมที่ไม่ผ่านระบบกรอง ที่พบว่าน้ำที่ใช้เลี้ยงปลาดุกผสมที่ผ่านระบบกรองชีวภาพมีศักยภาพในการผลิตพืชในระบบ Aquaponics ซึ่งในการเลี้ยงปลาดุกผสมที่ผ่านระบบกรองชีวภาพ จะก่อเกิดกระบวนการ Nitrification ในระบบกรองชีวภาพ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแร่ธาตุอาหารในน้ำจากของเสียและเศษอาหารจากปลา ให้พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ (Sikawa and Yakupitiyage, 2010)

ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics ให้ผลดีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงสุด คือ มีความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $11.96 \pm 0.32$  เซนติเมตร มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $25.97 \pm 1.83$  กรัม และมีอัตราการรอดเฉลี่ย  $72 \pm 0.32\%$  และไม้น้ำอโนเบียสที่เพาะเลี้ยงร่วมกับปลาดุกในชุดทดลองดังกล่าวมีความกว้างใบเฉลี่ยและจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด  $1.49 \pm 0.07$  เซนติเมตร และ  $5.63 \pm 0.69$  ใบ ตามลำดับ เนื่องจากเป็นปลาดุกจัดเป็นปลากินเนื้อที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และใช้ระยะเวลาการเลี้ยงเพียง 3-5 เดือนก็จำหน่ายได้ (กรมประมง.ม.ป.ป.) ดังนั้นจึงเป็นปลาน้ำจืดที่เติบโตเร็วกว่าปลาหมอไทย ปลากดเหลือง และปลากดคัง นอกจากนี้ปลาดุกยังเป็นปลาที่มีประสิทธิภาพดูดซึมอาหารที่กินได้สูงมาก (ธีระรัตน์, 2560) ทำให้ของเสียที่ปลาดุกขับออกมามีน้อยส่งผลให้จุลินทรีย์ในน้ำในถังทดลองใช้ออกซิเจนในน้ำเพื่อการย่อยสลายของเสีย (ขี้ปลา) ไม่มากนัก ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำในถังทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทย ปลากดเหลืองและปลากดคัง ส่งผลให้ปลาดุกมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในชุดทดลองครั้งนี้ ยิ่งไปกว่านั้นของเสีย (ขี้ปลา) จากถังทดลองที่เลี้ยงปลาดุก เมื่อผ่านเข้าระบบกรองน้ำแบบกายภาพ + กรองน้ำแบบชีวภาพ ได้เปลี่ยนอินทรีย์สาร (ของเสีย) เป็นอนินทรีย์สาร (นันทิยา, 2560) ที่พร้อมถูกดูดซึมโดยไม้น้ำ อโนเบียส ทำให้ไม้น้ำอโนเบียสในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดไปด้วย

เมื่อพิจารณาเรื่องอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics พบว่ามีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ  $1.06 \pm 0.01$  และ  $1.10 \pm 0.01$  ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ดีกว่าในชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดเหลืองร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics ทั้งนี้เพราะปลาดุกและปลาหมอไทยเป็นปลาที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถเจริญเติบโต ใช้เวลาเลี้ยงสั้น และมีการรอดตายสูง ในขณะที่ปลากดเหลืองและปลากดคังส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ที่ยังไม่ได้ปรับปรุงมากนัก สอดคล้องกับการศึกษาวัสดุกรองชีวภาพที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาดุกผสมร่วมกับระบบการปลูกพืชแบบ Aquaponics ที่ใช้วัสดุกรองชีวภาพ 4 ชนิด คือ อิฐ ถ่าน โฟม และ ไม้ไผ่ ของ สุฤทธิ (2552) ที่พบว่าอัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุด ที่ผลที่ดีและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอัตราการแลกเนื้อที่มีค่าสูงหรือต่ำจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหารเป็นสำคัญ (อุทัยรัตน์, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิด มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ มีความยาวและน้ำหนักที่ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงในบ่อดินเชิงพาณิชย์ (ในอัตราการปล่อยที่ใกล้เคียงกัน) แสดงให้เห็นว่าระบบ Aquaponics เป็นระบบที่นำมาใช้จริงได้ ซึ่งจะลดความเสี่ยงต่อฤดูกาล เช่น ฤดูฝน ซึ่งจะมีผลต่อการตายของปลาที่เลี้ยงในบ่อดินมากขึ้น ซึ่งการเลี้ยงปลานิลในระบบ Aquaponics มีความเสี่ยงน้อยกว่าการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินและในกระชังที่มีความเสี่ยงมากกว่าทั้งด้านการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของคุณภาพน้ำและสภาวะแวดล้อมตามฤดูกาล (รุ่งตะวัน, 2554)

ชุดทดลองที่เลี้ยงปลาสดเหลืองร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาสดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส ในระบบ Aquaponics ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่ำกว่าชุดทดลองที่เลี้ยงปลาสดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส ทั้งนี้เป็นเพราะปลากดเหลือง และปลากดคัง เพราะยังเป็นปลาที่มีความเป็นธรรมชาติสูง ส่วนใหญ่ยังต้องจับจากธรรมชาติมาจำหน่าย (กรมประมง, 2548) ซึ่งเป็นปลาที่อ่อนไหวต่อการเลี้ยงในภาชนะ (ถังพลาสติก) และเลี้ยงในที่แคบ โดยพบการเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อดินมากที่สุดและยังพบเพียงบางจังหวัดเท่านั้น (วสันต์ และ ยุพินท์, 2541) ซึ่งต่างกับปลาดุกและปลาหมอไทย (สายพันธุ์ชุมพร 1) ที่เป็นปลาที่มีการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง ทำให้เติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย ใช้เวลาเลี้ยงสั้น และทนทานต่อโรคพยาธิและสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี (สันต์, 2548) จึงเหมาะสมกับการเลี้ยงในภาชนะและสถานที่ๆ ต่างกัน ได้เป็นอย่างดี เช่น ปลาหมอไทยชุมพร 1 ที่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากสายพันธุ์เดิมถึง 74.03% (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำชุมพร, 2555) และพบเกษตรกรนำไปเลี้ยงแพร่กระจายไปได้หลายจังหวัด (พรศักดิ์, 2558) ทั้งการเลี้ยงในบ่อตดิน ในกระชัง ในบ่อซีเมนต์ และในร่องสวน (นวลมณี และคณะ, 2541) นอกจากนี้ผลการเติบโตที่ต่ำของปลาในชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดเหลืองร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสในระบบ Aquaponics เป็นผลมาจากปริมาณออกซิเจนในน้ำที่ต่ำกว่าในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และชุดทดลองที่เลี้ยงปลาหมอไทยร่วมกับไม้น้ำอโนเบียสนั่นเอง ซึ่งการลดลงของปริมาณออกซิเจนในน้ำใน 2 ชุดทดลองดังกล่าวเกิดจากกระบวนการ nitrification โดยแบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์และเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท ทำให้ต้องมีการใช้ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนจึงลดลงเนื่องจากถูกใช้ในปริมาณมาก (Timmons and Losordol, 1994)

ในส่วนของไม้น้ำอโนเบียส พบว่าอโนเบียสมีการเจริญเติบโตสูงสุดในชุดทดลองที่เลี้ยงปลากดคังร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส และในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาดุกร่วมกับไม้น้ำอโนเบียส ซึ่งมีความกว้างใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $1.47 \pm 0.07$  และ  $1.49 \pm 0.07$  เซนติเมตร และมีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $5.74 \pm 0.64$  และ  $5.63 \pm 0.69$  ใบ ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะระบบกรองแบบผสม (กรองชีวภาพ+กรองกายภาพ) ทำการดักจับของเสียและตะกอนได้ดีทำให้มีปริมาณของเสียที่น้อยทำให้อโนเบียสไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ในทางตรงข้ามหากปริมาณของเสียมีมากเกินไปพืชจะนำไปใช้ จะส่งผลให้มีของเสียสะสมในระบบจนถึงระดับหนึ่งที่อาจเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ (ปิยวัฒน์ และ คณะ, 2558) จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของอโนเบียสในการทดลองนี้ มีขนาดที่ค่อนข้างเล็กกว่าการเพาะเลี้ยงอโนเบียสเพียงอย่างเดียวของ (สุทธิดา, 2563) ที่ศึกษาผลของการฉีดพ่นฮอร์โมนจิบเบอเนลลิกแอซิดและการเติมสารละลายปุ๋ยในอาหารเพาะเลี้ยงไม้น้ำอโนเบียส (*Anubias minima*) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอัตโนมัติ พบว่ามีความยาวใบเฉลี่ย 4.16 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 25.30 ใบ ความสูงต้นเฉลี่ย 5.60 เซนติเมตร และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 10.75 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าในการทดลองนี้ ทั้งนี้ เพราะมีการบำบัดน้ำด้วยระบบกรองชีวภาพ + ระบบกรองกายภาพ จึงช่วยให้สารอาหาร/ธาตุอาหาร อันเกิดจากของเสีย สิ่งขับถ่าย เศษอาหารเหลือภายในถังทดลองลดลง และไม่เพียงพอกับความ ต้องการของอนุเป็ยส ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในน้ำสามารถตรวจสอบได้จากค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ โดยค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดเมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในชุดทดลองที่เลี้ยงปลาตุกร่วมกับไม้น้ำอนุเป็ยส และชุดที่เลี้ยงปลาหมอไทย ร่วมกับไม้น้ำอนุเป็ยสมีค่าสูงคือ  $0.75 \pm 0.07$  และ  $0.71 \pm 0.04$  มิลลิซีเมน/เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าอีก 2 ชุดทดลองที่เหลือ แสดงว่ามีธาตุอาหารในน้ำสูงนั่นเอง ส่งผลให้ไม้น้ำอนุเป็ยสใน 2 ชุดทดลองดังกล่าวเติบโตดีกว่าในที่สุด แต่การเจริญเติบโตของอนุเป็ยสทั้ง 4 ชุดทดลอง ยังค่อนข้างต่ำกว่าปกติ ซึ่งดูได้จากขนาดและจำนวนใบที่พบ สอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้าในน้ำที่ค่อนข้างต่ำ และต่ำกว่าค่าการนำไฟฟ้าในน้ำที่ปลูกผักโขมที่มีค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ 1.4-1.8 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร แต่ก็พบว่าผักโขมเจริญเติบโตได้ไม่ดี แสดงว่าผักโขมต้องการธาตุอาหารปริมาณมากขึ้น จึงควรเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าในน้ำหรือเติมปุ๋ยนั่นเอง (Caruthers, 1998) สอดคล้องกับการศึกษาระบบการเลี้ยงปลานิล ทับทิมร่วมกับการปลูกผัก โดยการใช้ น้ำจากบ่อเลี้ยงผสมกับสารละลายธาตุอาหารพืช เพื่อให้ผักบำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาให้มีคุณภาพน้ำที่ดีขึ้น และน้ำดังกล่าวสามารถนำกลับมาเลี้ยงปลาได้อีก พบว่าผักบุงเงินสามารถเจริญเติบโตร่วมกับการเลี้ยงปลานิลทับทิมได้ แต่ต้องปรับองค์ประกอบของน้ำให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและการเติมสารละลายธาตุอาหารในระบบต้องมีปริมาณที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลานิลทับทิม (นงนุช และคณะ, 2549) เช่นเดียวกับการศึกษาในผักกาดหอมที่เลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงปลาดุกผสมในระบบ Aquaponic ที่พบว่าผลผลิตผักกาดหอมในชุดทดลองที่ไม่ได้ใส่ระบบกรองมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีเท่าที่ควร มีขนาดลำต้นเล็กยาว ใบแคบ ซึ่งเกิดจากสารอาหารแร่ธาตุที่พืชได้รับมีปริมาณน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตผักกาดหอมจากการผลิตเชิงเศรษฐกิจที่มีรูปแบบปลูกในดินหรือในระบบ Hydroponic ดังนั้นในระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกพืชแบบ Aquaponic ควรมีการเพิ่มแร่ธาตุอาหารของพืชทางน้ำหรือทางใบให้กับพืช เพื่อให้ได้ผลผลิตพืชให้มีประสิทธิภาพ แต่จะต้องมีการศึกษาของคุณสมบัติของแร่ธาตุแต่ละชนิดให้ละเอียดเพื่อลดผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยง (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557) สอดคล้องกับการศึกษาของ Schwright *et al.* (1998) ที่รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุอาหารในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียนกับการปลูกพืชแบบ hydroponic และการปลูกพืชแบบ Aquaponic นั้น พบว่าปริมาณแร่ธาตุอาหารบางชนิดมีปริมาณลดลงเกือบ 100% ดังนั้นการเติมแร่ธาตุอาหารพืชชดเชยในระหว่างการเพาะเลี้ยงจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ จะต้องปฏิบัติ (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557)

ส่วนของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในระหว่างการทดลองนี้ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน และค่าการนำไฟฟ้าในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุด ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตและการรอดตายของปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดและของไม้น้ำอานูเปียส กล่าวคืออุณหภูมิเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกันเหมือนกัน เมื่อครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ คือ 21.3-22.2, 24.2-24.5 และ 24.4-24.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมเพียงเล็กน้อย เนื่องจากช่วงศึกษาทดลองมีฝนตกบ่อย ปลาทั้ง 4 ชนิดกินอาหารไม่มากในบางวัน จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาเพียงเล็กน้อย โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0-32.0 องศาเซลเซียส (Munsin and Paipan, 1995) ส่วนค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่เลี้ยงปลากินเนื้อต่างชนิดกัน 4 ชนิดร่วมกับไม้น้ำอานูเปียส 7.10-7.16 มิลลิกรัม/ลิตร อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับปลาน้ำจืด เพราะค่าความเป็นกรด-ด่างควรอยู่ในช่วง 6.5-9.0 (Munsin and Paipan, 1995) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในน้ำที่เลี้ยงปลาทุก ร่วมกับไม้น้ำอานูเปียสและชุดที่เลี้ยงปลาหม่อไทยร่วมกับไม้น้ำอานูเปียส คือ  $7.71 \pm 0.53$  และ  $7.13 \pm 0.37$  มิลลิกรัม/ลิตร สูงกว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในชุดทดลองที่เลี้ยงปลา กดเหลือง ร่วมกับไม้น้ำอานูเปียส และในชุดทดลองที่เลี้ยงปลา กดคังร่วมกับไม้น้ำอานูเปียสที่มีค่า  $5.97 \pm 0.60$  และ  $5.82 \pm 0.57$  มิลลิกรัม/ลิตร โดยคุณสมบัติของน้ำในถังเลี้ยงปลาทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณที่สูงและอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตปลา คือมีค่าไม่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (Maitree and Jaruwan, 1985) ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ยในระหว่างชุดทดลองทั้ง 4 ชุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ  $0.00 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดการทดลอง ซึ่งให้เห็นว่าระบบกรองน้ำในชุดทดลองทั้ง 4 ชุด สามารถเปลี่ยนของเสีย (อินทรีย์สาร) ให้เป็นธาตุอาหาร (อนินทรีย์สาร) เนื่องจากปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิด เมื่อเริ่มมีกระบวนการกินอาหาร การหายใจ การขับถ่าย และการย่อยอาหารของปลา จะทำให้มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น (Quillert *et al.*, 1993) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สัตว์น้ำมักมีของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลา ปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรเกิน 0.0125 มิลลิกรัม/ลิตร (Meade, 1985) แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้มีการติดตั้งระบบกรองน้ำกายภาพร่วมกับระบบกรองน้ำแบบชีวภาพในระบบการเลี้ยงแบบ Aquaponic จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำมากจนตรวจวัดไม่พบตลอดการทดลอง ส่วนปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนเฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงปลา กินเนื้อต่างชนิดกัน 4 ชนิด ร่วมกับไม้น้ำอานูเปียส มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกๆ 2 สัปดาห์ที่ตรวจวัด คือ  $0.00 \pm 0.00$ , 0.13-0.14, 0.13-0.14, และ  $0.10 \pm 0.00$  มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อทดลองครบ 4, 8 และ 12 สัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมและเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อยในช่วงของการทดลอง ซึ่งค่ามาตรฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร (Lawson, 1995) ทั้งนี้จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายน้อยมาก เพราะในน้ำมีปริมาณปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในระดับที่สูงมากกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ในทางตรงกันข้ามหากน้ำที่เลี้ยงมีที่สูงเกินจะเป็นพิษ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Ebeling *et al.* (1993) รายงานว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้ความสามารถในการรับออกซิเจนของสัตว์น้ำต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะมีผลเสียมากหากสภาพภายในบ่อเลี้ยงมีออกซิเจนต่ำและอุณหภูมิที่สูง และหากในน้ำมีปริมาณ ไนโตรเจนที่มากกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร จะกลายเป็นพิษต่อปลาส่วนใหญ่ (Midlen and Redding, 1998) จะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำในการทดลองครั้งนี้ ใกล้เคียงกับคุณสมบัติของน้ำในบ่อทดลองของ (ปฐมพงษ์ และคณะ, 2557) ที่รายงานว่าน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลเพียงอย่างเดียวกับน้ำในบ่อที่เลี้ยงปลานิลร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืช มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 25.56-25.66 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ 7.15-7.21 และยังมีสอดคล้องกับที่ มันสิน และ ไพรวรรณ (2538) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำมีค่าอยู่ในช่วง 25.0-32.0 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 เช่นเดียวกับ ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) ที่รายงานว่าคุณสมบัติของน้ำที่อยู่ในระดับปกติที่ปลาในเขตร้อนอาศัยอยู่จะต้องมีความเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยธาตุอาหารจากการเลี้ยงปลา ต้องถูกนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของพืชที่เลี้ยงร่วมได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีวัสดุและอุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำให้เลือกใช้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น การบำบัดน้ำ เป็นต้น ในการกำจัดแอมโมเนียให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น (เบ็ญจมาศ และคณะ, 2557)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

1. ไม้้ำออูเป็ยส มีการเจริญเติบโตสูงสุดใซุดทดลองที่เล็ยงปลาอดคักร่วมกับไม้้ำออูเป็ยส และใซุดทดลองที่เล็ยงปลาอดคักร่วมกับไม้้ำออูเป็ยส ที่มีความกว้างใเบเฉลี่ย  $1.47 \pm 0.07$  และ  $1.49 \pm 0.07$  เซนติเมตร และมีจำนวนใเบเฉลี่ย  $5.74 \pm 0.64$  และ  $5.63 \pm 0.69$  ใเบ ตามลำดับ
2. ปลาน้ำจืด ใซุดทดลองที่เล็ยงปลาอดคักร่วมกับไม้้ำออูเป็ยสมีการเจริญเติบโตสูงสุด คือมีความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $11.96 \pm 0.32$  เซนติเมตร และมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย  $25.97 \pm 1.83$  กรัม และมีอัตราการรอดเฉลี่ย  $72.50 \pm 2.89\%$
3. คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายใน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน และค่าการนำไฟฟ้าใระหว่างทดลอง ทั้ง 4 ซุด ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของปลาน้ำจืดทั้ง 4 ชนิดและของไม้้ำออูเป็ยส

ดังนั้นควรเล็ยงปลาอดคักร่วมกับไม้้ำออูเป็ยสใระบบ Aquaponics เพราะปลาจะมีความยาวที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงสุดและไม้้ำออูเป็ยสมีความกว้างใเบและจำนวนใเบเพิ่มขึ้นสูงสุด

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาชนิดไม้้ำออูเป็ยสที่เหมาะสมต่อการเล็ยงปลาน้ำจืดที่ต่างชนิดใระบบ Aquaponics
2. ควรศึกษาชนิดปลาน้ำจืดที่เหมาะสมใการเล็ยงร่วมกับไม้้ำออูเป็ยสใระบบ Aquaponic

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมประมง. 2537. การเพาะเลี้ยงปลากดเหลือง. แหล่งที่มา [www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/fish/pla\\_kod.pdf](http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/fish/pla_kod.pdf). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- กรมประมง. 2541. การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย. เอกสารเผยแพร่, กรมประมง. 14 หน้า
- กรมประมง.ม.ป.ป. การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุย.เอกสารและคำแนะนำ.กรุงเทพฯ: กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ฝ่ายเผยแพร่ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 7-9 หน้า
- กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. การเลี้ยงปลาหมอไทย. ตีดาอาวุธทางปัญญาเพื่อพัฒนาชุมชนเกษตร. 62-65 หน้า
- กาญจนาธิ พงษ์ฉวี รัฐภัทร ประดิษฐ์สรรพ และ วรณาดดา พิพัฒน์เจริญชัย. ม.ป.ป. พรรณไม้หน้าบริษัทคุณาไทย จำกัด. นนทบุรี. 7-20 หน้า
- กาญจนาธิ พงษ์ฉวี. 2547. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออานูเบียส (*anubias nana engler.*). รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 (สาขาประมงและอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 45-52 หน้า.
- กรมประมง. 2551.การส่งออกปลาน้ำจืด ปี 2545-2551. กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้า ประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1 หน้า
- กฤษณ์ พลอยโสภณ. 2538. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 69-70 หน้า.
- คณะเทคโนโลยีการเกษตร. 2557. การปลูกผักและเลี้ยงปลาในระบบอควาโปนิคส์ (aquaponics). การจัดการความรู้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 1 หน้า.
- ฉัตรน อมาตยกุล มาโนชญ์ เบญจกาญจน์ วสันต์ ศรีวิวัฒน์ สุรงค์ สุมโนจิตราภรณ์ ประดิษฐ์ศรีภัทรประสิทธิ์ ศราวุธ เจาะโล๊ะ อนันต์ สิริหิรวงศ์ สุวิมล สิริหิรวงศ์ สุขาวดี กสิสุวรรณ และ วิศิษฐ์ ลีละวิวัฒน์. 2538. ปลากดเหลือง. กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 30- 70 หน้า.
- ชลฤทัย พิญเดช ประจวบ ฉายบุ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน และ ฐปน ชื่นบาล. 2554. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาน้ำจืดในระบบปิด. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5 (2): 27-37 หน้า.
- ณัฐพร สังขเขต. 2553. ความต้องการธาตุอาหารของอานูเบียส (*anubias nana*) ในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT). โครงการพิเศษปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการ ประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร, ชุมพร. 62 หน้า.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2550. หลักการจัดการการผลิตพืชและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. พิมพ์ดีการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. 816 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีระรัตน์ ชินแสน นภาพร เวชกามา จักรกฤษณ์วรรณวิชิต เมวิกา อันทะลั้ย อภิชาติ ออมอด และ เกศศิริรินทร์ แสงมณี. 2560. ผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหารไม่หมุนเวียน. วารสารเกษตรพระวรุณ 71. ปีที่ 14. ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2560. 5-6 หน้า.

นนุช เลหาหะวิสุทธิ์ รศ.ดร. อินธิสุนทร นันทกิจ และมณิรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ เรียงเรียง. 2543.การเพิ่ม รายได้ธุรกิจปลาสวยงามร่วมกับการผลิตพรรณไม้น้ำแบบไรดิ้นในระบบปิด. คณะ เทคโนโลยีการเกษตร. ประมง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 21 หน้า

นนุช เลหาหะวิสุทธิ์. 2548. เอกสารฝึกอบรมการเพาะเลี้ยงพรรณไม้น้ำ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

นนุช เลหาหะวิสุทธิ์ มณิรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และ นงพะงา เรียงเรียง. 2549. การเปลี่ยนแปลงทาง สันฐานวิทยา ของพรรณไม้น้ำลานไพลินต่อรังสียูวี. รายงานการประชุม 44 (วิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ สาขาประมง.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 900-905 หน้า.

นนุช เลหาหะวิสุทธิ์ รศ.ดร. อินธิสุนทร นันทกิจ และมณิรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ เรียงเรียง. 2543. การ เลี้ยงปลานิลแดงร่วมกับการปลูกผักไทยโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic root Technique (DRFT) ในระบบปิด. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. ประมง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 33-47 หน้า.

นวลมณี พงศ์ธนา มัลลิกา นิโรธ และ ครรชิต วัฒนาติลกกุล. 2541. การควบคุมเพศปลาหมอไทย. เอกสาร วิชาการฉบับที่ 20/2541. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. 22 หน้า.

บุญดี สมที่นิก. 2548. พรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์ประสานมิตร. กรุงเทพมหานคร. 103 หน้า.

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบุลย์กิกกุล สุทธิพันธ์ รอดทอง ชลี ไพบุลย์กิกกุล และ เอกชัย มาลาพล. 2557. ผลของพื้นที่ผิวของตัวกรองชีวภาพที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนีย. แก่น เกษตร. 42 ฉบับพิเศษ 1. 6 หน้า.

ปฐมพงษ์ กาศสกุล ประจวบ ฉายบุ ชนกันต์ จิตมณัส และ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน. 2556. ผลผลิตและ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลานิลในระบบแบบอควาโปนิคส์. วารสารวิจัย เทคโนโลยี การประมง ปีที่ 6. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัย แม่โจ้. เชียงใหม่. 52-63 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปฐมพงษ์ กาศสกุล ประจวบ ฉายบุ ชนกันต์ จิตมนัส และ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน. 2557. ความหนาแน่นที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาในในระบบน้ำหมุนเวียนแบบอควาโปนิคส์. **วารสารวิจัยเทคโนโลยี การประมง ปีที่ 8**. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 29-30 หน้า.
- ประเทือง เซาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 87 หน้า.
- ปิยวัฒน์ เรื่องราย ปิยะบุตร วาณิชพงษ์พันธุ์ และชีวิน อรรถสาสน์. 2558. **การศึกษาผลของสัดส่วนพีชที่ปลูกในระบบอควาโปนิคส์ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ**. บทความวิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวาริชวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร. 110 หน้า.
- พรรณนภา โชคชัยทวี วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี และ สรวิต เผ่าทองสุข. 2555. ผลของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน-ไนโตรเจนต่อการเกิดปฏิกิริยาดีไนริฟิเคชัน ในถังปฏิกรณ์ดีไนริฟิเคชันแบบท่อยาว. **การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: 347-354** หน้า.
- พวงผกา คมสัน. 2546. ขั้นตอนการส่งออกพันธุ์ไม้น้ำและการขอใบรับรองปลอดเชื้อโรคศัตรูพืช. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตพรรณไม้น้ำเพื่อการส่งออก**. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ กรมประมง. กรุงเทพมหานคร. 120-134 หน้า.
- นันทิยา ฉายากุล. 2560. ผลของระดับความเข้มข้นของมูลหมักชีวภาพจากมูลที่บ่อปลาตุ๊กตอยุทธต่อการเจริญเติบโต ของอนุเบียส (*Anubias barteri* var. *nana*) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบบ Deep Flow Technique. **โครงการพิเศษปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร, ชุมพร**. 27-29 หน้า.
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยง ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2530. **เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองทรัพยากรน้ำจืด**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 75** กรุงเทพมหานคร. 104 หน้า.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง.
- รุ่งตะวัน พนากุลชัยวิทย์ ดุสิต เอื้ออานวย นวภัทร์ อินทรพุก และ เบญจมาศ ทวีทรัพย์. 2554. การทำฟาร์มแบบผสมผสานระหว่างเลี้ยงปลาร่วมกับการปลูกผักบุงจิ้นลอยน้ำ. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 5(1) : 37-46** หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วสันต์ ศรีวัฒน์ และ ยุพิน วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. 2541. เอกสารเผยแพร่. **กรมประมง กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์**. 24 หน้า.
- วารินี ธรรมชาติไพศาล. 2555. **ปลูกพืชไร้ดิน (amazing hydroponics)**. ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ เทคโนโลยีการเกษตร. กรุงเทพมหานคร. 100 หน้า.
- วิทย์ ธารชลาณุกิจ ประจิดตร วงศ์รัตน์สุขุม เร้าใจ ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และ ลัดดา วงศ์รัตน์. 2533. **การศึกษาคุณภาพน้ำและทรัพยากรสัตว์น้ำในพื้นที่พรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส คณะประมง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 111 หน้า.
- วิศณุพร รัตนตรัยวงศ์ สมนึก คงรัตน์ นิต์ชนิ์ ทิพย์กองลาศ และพิทยา เพ็ญญาภรณ์. 2537. **ฤดูวางไข่และแหล่งวางไข่ของปลาที่สำคัญทางเศรษฐกิจในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์. รายงานประจำปี 2537**. ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดพิษณุโลก. 99 หน้า.
- วิภาวรรณ วิจิตรจินดา. 2556. **เอกสารประกอบการอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี. 47 หน้า.
- ศราวุธ เจ๊ะเส๊ะ, สันทนา สรรเสริญ และ สุชาติพิทย์ ทิพย์วงศ์. 2543. **วิเคราะห์ผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ของการเลี้ยงปลากดเหลืองในบ่อที่เคยเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 2/2543. กรมประมงน้ำจืด. สงขลา. 18 หน้า.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา. 2559. **การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**.
- สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. **คู่มือการเพาะเลี้ยงและส่งออกพรรณไม้น้ำปลาสวยงาม**. สำนักพิมพ์ นีออนบุ๊กมีเดีย, นนทบุรี. 130 หน้า.
- สุฤทธิ สมบูรณ์ชัย. 2552. **การเลี้ยงปลาดุกกผสมในบ่งซีเมนระบบหมุนเวียนร่วมกับระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 141 หน้า.
- สุดิศา เรืองกุล. 2563. **ผลของความสัมพันธ์ในการเพิ่มและลดระดับน้ำอัตโนมัติในบ่อเพื่อการปรับสภาพไม้น้ำอโนเบียส (anubias barteri var. glabra) ก่อนการส่งจำหน่ายเชิงพาณิชย์**. โครงการพิเศษปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีการ ประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร. ชุมพร. 49-52 หน้า.
- สันต์ นาต๊ะสุวรรณ. 2548. **คู่มือปลาน้ำจืด**. โรงพิมพ์เทพทักซ์วิทยาลัยเกษตรกรรมลพบุรี. กรุงเทพมหานคร. 108 หน้า.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2544. **ปลาดุก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 140 หน้า.
- อุธร ฤทธิสิริ สรรลาภ สงวนดีกุล และศรีธญา รักเสรี. 2553. **การผสมผสานระบบปลูกพืชไร่น้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียในระบบการเลี้ยงปลาแบบใช้น้ำหมุนเวียน**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 28 หน้า
- อารักษ์ ธีรอำพล. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. โชคเจริญมาเกิดตั้ง จำกัด. นครราชสีมา. 130 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อินทสุนทร นันทกิจ. 2538. **การปลูกพืชไม่ใช้ดิน (hydroponics)**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 146 หน้า.
- Cook, C.D.K. 1996. **Aquatic Plant Book**. SPB Academic Publishing, Amsterdam. 228 pages.
- Crusio, W. 1979. A revision of *Anubias schott* (Araceae). **Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. 79(14): 1-48.**
- Ebeling, J. M. Losordo, T. M. and D. P. DeLong. 1993. Engineering design and performance of a model aquaculture recirculating system (MARS) for secondary school aquaculture education programs: pp. 211-220. **In Proceeding of the Aquacultur Engineering Conference. Spokane, Washington, USA. 428 p.**
- Hopkin, T. A., and W. E. Mancini 1989. Feed conversion; waste, and sustainable aquaculture; the fate of the feed. **Aqua. Mag 2: 30-36 p.**
- Khan, M.S., M. A. Ambak, K.J. Ang and A. K. M. Mohsin. 1990. **Reproductive biology of a tropical catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier and Valenciennes) in Chenderon reservoir Malaysia.** *Aquaculture and Fisheries Management. 21(1) : 173-179.*
- Lawson, T.B. 1995. **Fundamental of Aquaculture Engineering.** New York: Chapman and Hall.
- Maitree Duangawat and Jaruwat Somsiri. 1985. **Water Properties and analysis method for Fisheries research.** Inland Fisheries Research Institute, Department of Fisheries. Bangkok. 144 p. [in Thai]
- Meade, J.M. 1985. **Allowable ammonia for fish culture.** *The Progressive Fish-Culturist 47: 135-145 p.*
- Munsin Tuntoolavest and Paipan Phornprapa. 1995. **Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animals.** Vol. 1 Water quality management. Chulalongkorn University Bookshop, Bangkok. 319 p. [in Thai]
- Midlen, A. and T. Redding. 1998. **Environmental Management for Aquaculture.** New York: Chapman & Hall. 486 p.
- MacIntyre, C.M., T. Ellis, B.P. North and J.F. Turnbull. 2008. **The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review;** In *Fish welfare.* Blackwell Publishing Ltd, Singapore. pp 150-159.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Quillert, I., Marie, D., Roux, L., Gosse, F. and Morot-Gaudry, J.F. 1993. "An Artificial Productive Ecosystem Based on a Fish/Bacteria/Plant Association. 1. Design and Management." *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 47(1) : 13-30 p.
- Ragnheidur and. Thorarinsdottir. 2015. **AQUAPONICS GUIDELINES**. Lifelong Learning Program. 57 page.
- Rataj, K. and T.J. Horeman. 1977. **Aquarium Plant: Their Identification, Cultivation and Ecology**. T.F.H publi, Hong. 448 pages.
- Smith, H.M. 1945. **The fresh-water fish of Siam, or Thailand**. Washington: United States Government printing Office.
- Surit Somboochai. 2009. **Cultivation of Hybrid Catfish in Recirculating Concrete Pond with Hydroponic System**. Master of science in Fisheries Technology. Maejo University. Chiangmai. 102 p. [in Thai]
- Tucker, C. S., and Robinson, E. H. (1990). **Channel Catfish Farming Handbook**. NewYork : Van Nostrand Reinhold.
- Timmons, M.B. and Losordol, T.M. 1994. "Aquaculture Water Reuse system : **Enginering Design and Management**." *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*. 27: 102-113 p.
- Wheaton, F. W., Hochheimer, J. N. and G. E. Kaiser. 1996. **Engineering Impact of salmonid Culture**. Amsterdam, Netherland: Elsevier. 375 p.
- [www.https://www.fisheries.go.th/genetic-chumphon](http://www.fisheries.go.th/genetic-chumphon). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- [www.https://fishingthai.com/difference-clariidae/](http://fishingthai.com/difference-clariidae/). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- [www.https://pasusat.com](http://pasusat.com). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- [www.https://l.pstip.cc/html](http://l.pstip.cc/html). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- [www.https://www.pro-shrimp.co.uk/aquarium-plants/4493-anubias-minima-aquadip-8717344717496.html](http://www.pro-shrimp.co.uk/aquarium-plants/4493-anubias-minima-aquadip-8717344717496.html). เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2566.
- [www.http://hydro-industries.com/](http://hydro-industries.com/). เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2566.
- [www.http://thydroponicsfarm.weebly.com](http://thydroponicsfarm.weebly.com). เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2566.
- [www.https://www.sanook.com/money/322243/](http://www.sanook.com/money/322243/). เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2566.
- [www.https://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/](http://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/). เข้าถึงเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2566.
- [www. http://resizeme.club](http://resizeme.club). เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2566.
- [www.http://greenvillage-aquaponics.blogspot.com](http://greenvillage-aquaponics.blogspot.com). เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2566.
- [www.https://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/](http://www.organicfarmthailand.com/what-is-aquaponics/). เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติการศึกษา



ชื่อ	นายชยุตพงศ์ เชื้อชาติ
เกิดวันที่	13 สิงหาคม 2543
สถานที่เกิด	อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา : โรงเรียนชะอำคุณหญิงเนื่องบุรี จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาตรี : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมงและ ทรัพยากรทางน้ำ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้