

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของเอนไซม์ไฟเตสและอนินทรีย์ฟอสเฟตต่อการใช้ฟอสฟอรัสใน  
ปลานิลแปลงเพศ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในระดับ 4,000 หน่วยต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระดับที่มี  
ความเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองครั้งนี้ที่ทำให้มีการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร  
ประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมฟอสฟอรัสดีที่สุด

2. อนินทรีย์ฟอสเฟตรูปที่เหมาะสมต่อการเสริมในอาหารปลานิลคือ ไตรแคลเซียม  
ฟอสเฟตและโมโนแคลเซียมฟอสเฟต เนื่องจากมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้  
อาหารดีกว่าไดแคลเซียมฟอสเฟต

3. ปลานิลในกลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยอนินทรีย์ฟอสเฟตมีการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพ  
การใช้อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ องค์กรประกอบของฟอสฟอรัสในตัวปลาดี  
กว่าปลานิลในกลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสในระดับที่ต่ำกว่า 4,000 หน่วยต่ออาหาร  
1 กิโลกรัม แต่สำหรับปลานิลที่ได้รับการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสในระดับสูง (4,000 หน่วยต่อ  
อาหาร 1 กิโลกรัม) มีการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็น  
เนื้อ องค์กรประกอบของฟอสฟอรัสในตัวปลาใกล้เคียงกับปลานิลในกลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วย  
อนินทรีย์ฟอสเฟต แต่ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการดูดซึมฟอสฟอรัส การสะสมฟอสฟอรัส  
และแคลเซียมในกระดูกของปลานิลในกลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสดีกว่าปลานิล  
ในกลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยอนินทรีย์ฟอสเฟต และการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสจะมี  
ฟอสฟอรัสขับทิ้งผ่านทางมูลน้อยกว่าการเสริมด้วยอนินทรีย์ฟอสเฟต การเสริมด้วยเอนไซม์  
ไฟเตสและอนินทรีย์ฟอสเฟตไม่มีความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับและไต

## ข้อเสนอแนะ

1. สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นสูตรอาหารสำหรับการวิจัยเพื่อให้ทราบผลของประสิทธิภาพของเอนไซม์ต่อการเพิ่มความสามารถใช้ฟอสฟอรัสของปลานิล วัตถุดิบอาหารที่ใช้จึงเป็นวัตถุดิบจากพืชทั้งหมด ซึ่งสูตรอาหารที่ทำการศึกษาครั้งนี้มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์น้ำโดยสามารถลดต้นทุนค่าอาหาร โดยเฉพาะในส่วนของปลาป่นที่ราคาสูงลงได้ เนื่องจากผลการทดลองพบว่าสามารถทดแทนวัตถุดิบสัตว์ด้วยวัตถุดิบพืชได้ เมื่อมีการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส แต่ควรมีการศึกษาและค้นคว้าต่อไป เพื่อเพิ่มความน่ากินของอาหาร การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อที่ดียิ่งขึ้น

2. เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้คาดว่ามีการสลายของเอนไซม์ไฟเตส ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการละลายน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการเคลือบเม็ดอาหารที่ผ่านการเสริมเอนไซม์ไฟเตสแล้วด้วยน้ำมันปลา หรือโคโคซาน เพื่อป้องกันการละลายของเอนไซม์ไฟเตส ในระหว่างการให้อาหาร แม้ว่าการละลายน้ำของเอนไซม์ในระหว่างการให้อาหารจะเกิดขึ้นได้เพียงเล็กน้อยก็ตาม นอกจากนี้ควรมีการศึกษาถึงปริมาณเอนไซม์ไฟเตสที่คงเหลืออยู่หลังจากการเก็บรักษาเอนไซม์ไประยะหนึ่งก่อนนำอาหารนั้นไปใช้เลี้ยงปลา

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีเอนไซม์ไฟเตสในระดับต่างๆ และอนินทรีย์ฟอสเฟต 3 รูปแบบ เป็นเวลา 8 สัปดาห์<sup>1</sup> (หน่วยเป็นกรัม)

| สูตรอาหาร | ระยะเวลา (สัปดาห์ที่)  |                        |                        |                          |                         |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
|           | 0                      | 2                      | 4                      | 6                        | 8                       |
| 1         | 3.49±0.06 <sup>a</sup> | 4.16±0.26 <sup>a</sup> | 5.65±0.37 <sup>a</sup> | 6.73±0.11 <sup>a</sup>   | 7.76±0.06 <sup>a</sup>  |
| 2         | 3.39±0.10 <sup>a</sup> | 4.01±0.1 <sup>a</sup>  | 5.34±0.35 <sup>a</sup> | 6.71±0.32 <sup>a</sup>   | 8.11±0.35 <sup>a</sup>  |
| 3         | 3.47±0.01 <sup>a</sup> | 4.02±0.09 <sup>a</sup> | 5.32±0.15 <sup>a</sup> | 6.60±0.12 <sup>a</sup>   | 8.09±0.23 <sup>a</sup>  |
| 4         | 3.47±0.03 <sup>a</sup> | 4.12±0.06 <sup>a</sup> | 5.48±0.06 <sup>a</sup> | 6.90±0.12 <sup>ab</sup>  | 8.51±0.28 <sup>ab</sup> |
| 5         | 3.42±0.12 <sup>a</sup> | 4.34±0.18 <sup>a</sup> | 5.95±0.49 <sup>a</sup> | 7.63±0.60 <sup>bc</sup>  | 9.76±0.82 <sup>bc</sup> |
| 6         | 3.45±0.07 <sup>a</sup> | 4.24±0.18 <sup>a</sup> | 5.97±0.48 <sup>a</sup> | 7.76±0.73 <sup>bc</sup>  | 10.20±1.09 <sup>c</sup> |
| 7         | 3.48±0.06 <sup>a</sup> | 4.20±0.21 <sup>a</sup> | 5.79±0.47 <sup>a</sup> | 7.22±0.64 <sup>abc</sup> | 8.80±1.21 <sup>ab</sup> |
| 8         | 3.47±0.05 <sup>a</sup> | 4.32±0.11 <sup>a</sup> | 6.07±0.22 <sup>a</sup> | 7.98±0.52 <sup>c</sup>   | 10.35±0.67 <sup>c</sup> |

<sup>1</sup> ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 5 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตายของปลานิล ที่ได้รับอาหารที่มี เอนไซม์ไฟเตสระดับต่างๆ และอนินทรีย์ฟอสเฟต 3 รูปแบบเป็นเวลา 8 สัปดาห์<sup>1</sup>

| สูตรอาหาร | น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น <sup>2</sup> (%) | อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ <sup>3</sup><br>(% ต่อวัน) | อัตราการกินอาหาร <sup>5</sup><br>(% ต่อตัวต่อวัน) | อัตราการรอดตาย <sup>4</sup><br>(%) |
|-----------|--------------------------------------|--|---|------------------------------------|
| 1         | 122.18±4.07 <sup>a</sup>             | 1.43±0.03 <sup>a</sup>                               | 3.38±0.10 <sup>a</sup>                            | 100 <sup>a</sup>                   |
| 2         | 139.28±9.86 <sup>a</sup>             | 1.56±0.07 <sup>a</sup>                               | 3.56±0.10 <sup>a</sup>                            | 98.33±2.89 <sup>a</sup>            |
| 3         | 133.07±7.82 <sup>a</sup>             | 1.51±0.06 <sup>a</sup>                               | 3.31±0.07 <sup>a</sup>                            | 98.33±2.89 <sup>a</sup>            |
| 4         | 145.08±8.52 <sup>a</sup>             | 1.60±0.06 <sup>a</sup>                               | 3.38±0.11 <sup>a</sup>                            | 100 <sup>a</sup>                   |
| 5         | 185.77±29.50 <sup>bc</sup>           | 1.87±0.19 <sup>bc</sup>                              | 3.50±0.28 <sup>a</sup>                            | 100 <sup>a</sup>                   |
| 6         | 195.55±28.17 <sup>c</sup>            | 1.93±0.18 <sup>c</sup>                               | 3.53±0.11 <sup>a</sup>                            | 96.67±2.89 <sup>a</sup>            |
| 7         | 153.18±33.24 <sup>ab</sup>           | 1.65±0.23 <sup>ab</sup>                              | 3.24±0.44 <sup>a</sup>                            | 100 <sup>a</sup>                   |
| 8         | 198.61±15.30 <sup>c</sup>            | 1.95±0.09 <sup>c</sup>                               | 3.64±0.45 <sup>a</sup>                            | 98.33±2.89 <sup>a</sup>            |

<sup>1</sup> ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (p>0.05)

<sup>2</sup> น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น = (น้ำหนักสุดท้าย-น้ำหนักเริ่มต้น) x100/น้ำหนักเริ่มต้น

<sup>3</sup> อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ = ln น้ำหนักสุดท้าย-ln น้ำหนักเริ่มต้น x100 / เวลา(วัน)

<sup>4</sup> อัตราการรอดตาย = จำนวนปลาที่เหลือ x 100/จำนวนปลาเริ่มต้น

<sup>5</sup> อัตราการกินอาหาร = น้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน x 100/ {(น้ำหนักปลาเฉลี่ยเริ่มต้น+น้ำหนักปลาเฉลี่ยสุดท้าย)/2} x ((จำนวนปลาเริ่มต้น+จำนวนปลาสุดท้าย)/2 x ระยะเวลาที่ปลาได้รับอาหารทดลอง)}

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และประสิทธิภาพการดูดซึมฟอสฟอรัสของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีเอนไซม์ไฟเตส ระดับต่างๆ และอนินทรีย์ฟอสเฟต 3 รูปแบบ เป็นเวลา 8 สัปดาห์<sup>1</sup>

| สูตรอาหาร | ประสิทธิภาพการย่อย (%)   |                          |                         |                           |                           | ประสิทธิภาพการดูดซึมฟอสฟอรัส (%) |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
|           | วัตถุดิบแห้ง             | โปรตีน                   | ไขมัน                   | ฟอสฟอรัส                  | แคลเซียม                  |                                  |
| 1         | 32.43±3.03 <sup>ab</sup> | 54.49±1.30 <sup>a</sup>  | 48.43±0.77 <sup>a</sup> | 24.26±2.31 <sup>bc</sup>  | 92.09±0.72 <sup>abc</sup> | 55.00±4.32 <sup>c</sup>          |
| 2         | 43.27±3.30 <sup>c</sup>  | 75.19±3.44 <sup>c</sup>  | 59.08±1.66 <sup>b</sup> | 20.91±7.61 <sup>ab</sup>  | 90.23±0.68 <sup>a</sup>   | 55.18±3.46 <sup>c</sup>          |
| 3         | 47.26±1.10 <sup>cd</sup> | 79.31±0.56 <sup>cd</sup> | 63.23±1.28 <sup>b</sup> | 31.46±4.90 <sup>bcd</sup> | 90.71±0.85 <sup>ab</sup>  | 57.14±4.75 <sup>c</sup>          |
| 4         | 53.34±1.89 <sup>d</sup>  | 81.60±0.64 <sup>d</sup>  | 64.32±1.20 <sup>b</sup> | 34.09±1.76 <sup>cd</sup>  | 93.02±0.65 <sup>bc</sup>  | 58.83±2.78 <sup>c</sup>          |
| 5         | 46.29±6.54 <sup>cd</sup> | 78.68±2.63 <sup>cd</sup> | 63.30±3.65 <sup>b</sup> | 37.00±6.62 <sup>d</sup>   | 90.49±2.70 <sup>ab</sup>  | 59.74±3.40 <sup>c</sup>          |
| 6         | 38.97±3.70 <sup>bc</sup> | 76.31±1.19 <sup>c</sup>  | 49.22±4.47 <sup>a</sup> | 22.98±9.16 <sup>abc</sup> | 90.81±0.96 <sup>ab</sup>  | 35.96±5.46 <sup>a</sup>          |
| 7         | 29.42±7.91 <sup>a</sup>  | 67.18±3.79 <sup>b</sup>  | 46.69±3.85 <sup>a</sup> | 11.10±7.39 <sup>a</sup>   | 93.04±2.05 <sup>bc</sup>  | 30.20±4.39 <sup>a</sup>          |
| 8         | 42.06±4.11 <sup>c</sup>  | 77.33±1.06 <sup>c</sup>  | 60.09±2.68 <sup>b</sup> | 25.24±8.55 <sup>bcd</sup> | 94.17±0.23 <sup>c</sup>   | 43.27±1.83 <sup>b</sup>          |

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (p>0.05)

ตารางที่ 11 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง 8 สัปดาห์<sup>1</sup>

| สูตรอาหาร | อุณหภูมิ<br>(องศาเซลเซียส) | ความเป็นกรด<br>เป็นด่าง | ความกระด้าง<br>(มิลลิกรัมต่อลิตร) | ความเป็นด่าง<br>(มิลลิกรัมต่อลิตร) | ฟอสฟอรัส<br>(มิลลิกรัมต่อลิตร) | ออกซิเจนละลายน้ำ<br>(มิลลิกรัมต่อลิตร) |
|-----------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--|
| 1         | 26.62±0.52                 | 7.02±0.19               | 54.56±11.58                       | 40.21±14.63                        | .0011±0.00                     | 5.48±0.20                              |
| 2         | 26.37±0.48                 | 6.86±0.09               | 52.36±8.30                        | 42.37±15.68                        | .0033±0.00                     | 5.32±0.20                              |
| 3         | 26.44±0.43                 | 6.94±0.22               | 52.71±12.65                       | 39.41±12.45                        | .0008±0.00                     | 5.54±0.76                              |
| 4         | 26.38±0.48                 | 6.92±0.20               | 50.23±10.20                       | 37.01±9.22                         | .0011±0.00                     | 5.63±0.71                              |
| 5         | 26.44±0.43                 | 6.93±0.23               | 50.79±8.75                        | 39.95±14.14                        | .0011±0.00                     | 5.48±0.98                              |
| 6         | 26.44±0.43                 | 7.07±0.41               | 50.93±10.01                       | 39.28±14.32                        | .001±0.00                      | 5.63±0.62                              |
| 7         | 26.44±0.43                 | 6.90±0.12               | 50.68±11.43                       | 39.68±14.36                        | .0019±0.00                     | 5.32±0.12                              |
| 8         | 26.44±0.43                 | 6.89±0.23               | 49.86±11.15                       | 39.29±17.16                        | .0013±0.00                     | 5.52±0.35                              |
| 9         | 26.44±0.43                 | 6.91±0.29               | 50.99±11.94                       | 38.06±16.08                        | .0014±0.00                     | 4.98±0.93                              |
| บ่อพักน้ำ | 26.5±0.5                   | 7.61±0.40               | 51.13±14.94                       | 34.34±12.63                        | .001±0.00                      | 5.93±1.36                              |
| บ่อพักน้ำ | 26.5±0.5                   | 8.19±0.12               | 60.00±16.61                       | 43.47±13.42                        | .002±0.00                      | 6.12±1.04                              |

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ