



## รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่ม  
มูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ

Eco friendly aquaculture for food safety and value added of fishery resources

โดย

นิวุฒิ หวังชัย และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2557



## รายงานผลการวิจัย

เรื่อง ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่า  
ของทรัพยากรสัตว์น้ำ

Eco friendly aquaculture for food safety and value added of fishery resources

ได้รับจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556

จำนวน 1,965,980 บาท

หัวหน้าโครงการ

นายนิวัติ หวังชัย

ผู้ร่วมโครงการ

นายเทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์

นายจกกล พรมยะ

นายบัญชา ทองมี

นายประเสริฐ ประสงค์ผล

นางสาวสุดาพร ตงศิริ

นายบุญญิต มนเทียรอาสน์

นางวิจิตรา แดงปรก

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 กันยายน 2556

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยชุดโครงการระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ (Eco friendly aquaculture for food safety and value added of fishery resources) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการ การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ อนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการทำวิจัยในการดำเนินการวิจัย และบุคคลอื่นที่มีได้ กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเกื้อหนุนทำให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์เป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

30 กันยายน 2556



## สารบัญ

|                                                           | หน้า                                                                                                                                  |    |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทคัดย่อ                                                  | 1                                                                                                                                     |    |
| Abstract                                                  | 8                                                                                                                                     |    |
| คำนำ                                                      | 14                                                                                                                                    |    |
| วัตถุประสงค์ชุดโครงการวิจัย                               | 16                                                                                                                                    |    |
| เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย                      | 16                                                                                                                                    |    |
| เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด                   | 17                                                                                                                                    |    |
| เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด                 | 17                                                                                                                                    |    |
| กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย                              | 18                                                                                                                                    |    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย                    | 19                                                                                                                                    |    |
| แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงาน                 | 20                                                                                                                                    |    |
| แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย | 20                                                                                                                                    |    |
| กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย                                     | 21                                                                                                                                    |    |
| ระยะเวลา และสถานที่ทำการวิจัย                             | 21                                                                                                                                    |    |
| การตรวจเอกสาร                                             |                                                                                                                                       |    |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1                                   | ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 22 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2                                   | การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม           | 23 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3                                   | การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด                                                | 26 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4                                   | สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล                                                                                           | 28 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5                                   | การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย                            | 30 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6                                   | ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้                                             | 31 |

|                         |                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 | การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาอุก [ <i>Clarias gariepinus</i> (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 33 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 | ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของ สาหร่ายสไปรูลินา ( <i>Spirulina platensis</i> )                                               | 36 |
| อุปกรณ์และวิธีการวิจัย  |                                                                                                                                                     |    |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 | ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยง ปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม              | 38 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 | การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์แม่ ใจ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม                         | 38 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 | การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเลี้ยงร่วมกับปลา และพรรณไม้น้ำบางชนิด                                                            | 40 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 | สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล                                                                                                         | 42 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 | การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหาร เลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย                                         | 42 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 | ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยง ปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้                                                          | 43 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 | การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาอุก [ <i>Clarias gariepinus</i> (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 46 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 | ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของ สาหร่ายสไปรูลินา ( <i>Spirulina platensis</i> )                                               | 49 |
| ผลการวิจัย              |                                                                                                                                                     |    |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 | ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยง ปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม              | 51 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 | การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์แม่ ใจ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม                         | 51 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 | การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเลี้ยงร่วมกับปลา และพรรณไม้น้ำบางชนิด                                                            | 53 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 | สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล                                                                                                         | 53 |

|                                     |                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5             | การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย                                          | 54 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6             | ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้                                                           | 55 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7             | การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [ <i>Clarias gariepinus</i> (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 58 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8             | ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา ( <i>Spirulina platensis</i> )                                                | 60 |
| สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย            |                                                                                                                                                     |    |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1             | ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม               | 61 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2             | การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม                         | 61 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3             | การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด                                                              | 62 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4             | สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล                                                                                                         | 62 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5             | การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย                                          | 62 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6             | ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้                                                           | 63 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7             | การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [ <i>Clarias gariepinus</i> (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 63 |
| งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8             | ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา ( <i>Spirulina platensis</i> )                                                | 64 |
| สรุปผลการวิจัยตามกรอบของแผนงานวิจัย |                                                                                                                                                     | 64 |
| การตีพิมพ์ผลงานการวิจัย             |                                                                                                                                                     | 65 |
| บรรณานุกรม                          |                                                                                                                                                     | 66 |

## โครงการบริหารแผนงานวิจัย

ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่า  
ของทรัพยากรสัตว์น้ำ

Eco friendly aquaculture for food safety and value added of fishery resources

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์<sup>1</sup>, จงกล พรหมยะ<sup>1</sup>, บัญชา ทองมี<sup>1</sup>, ประเสริฐ ประสงค์ผล<sup>1</sup>, สุดาพร ตงศิริ<sup>1</sup>,  
นิวุฒิ หวังชัย<sup>1</sup>, บัญญัติ มนเทียรอาสน์<sup>1</sup>, และ วิจิตรา แดงปรก<sup>2</sup>

Thepparath Ungsethaphand<sup>1</sup>, Jongkon Promya<sup>1</sup>, Buncha Thongmee<sup>1</sup>, Prasert  
prasongphol<sup>1</sup>, Sudaporn Tongsir<sup>1</sup>, Niwooti Whangchai<sup>1</sup>, Banyad Montienart<sup>1</sup>, and  
Wichitra Daengprok<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

<sup>2</sup>คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

<sup>1</sup>Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai

<sup>2</sup>Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University, Chiangmai

### บทคัดย่อ

ชุดโครงการวิจัยระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำมีจุดประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ 2) นำองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากการวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกรและผู้สนใจ 3) สร้างนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและนักวิจัยรุ่นใหม่ 4) สร้างเทคโนโลยีต้นแบบด้านการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยโครงการย่อยจำนวน 8 โครงการ ดังนี้:

(1) การศึกษาผลของการใช้ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) เป็นโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของลูกปลานิลแดง ผลิตอาหารทดลอง โปรตีน 46% 4 สูตร ได้แก่ อาหารเสริมยีสต์ 0.1, 0.5 และ 1.0% ของน้ำหนักอาหาร ใช้อาหารพื้นฐานเป็นกลุ่มควบคุมอนุบาลลูกปลานิลแดงในกระชังอัตราการปล่อย 150 ตัว/ตร.ม. ให้อาหาร 5% ของน้ำหนักตัวเป็นระยะเวลา 75 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าลูกปลานิลแดงที่อนุบาลด้วยอาหารที่เสริมยีสต์ 0.5% และ 1.0% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการรอดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ผลเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของลูก

ปลานิลแดงในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมยีสต์ 0.5% และ 1.0% มีปริมาณเม็ดเลือดขาวและซีรัมไลโซไซม์ สูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

(2) การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ สารสี และคุณภาพน้ำของสาหร่าย สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด ในระบบการเพาะเลี้ยงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ณ ฐานเรียนรู้สาหร่าย และแปลงกักตุน คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองดังนี้ 1) การสำรวจ สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 2) การเพาะเลี้ยง สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิดในบ่อซีเมนต์กลม 3) การเพาะเลี้ยง สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด ในบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) ทั้ง 3 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองๆ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) การเพาะเลี้ยงสไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง ( $T_1$  Spi.CMU1) 2) การเพาะเลี้ยงสไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย ( $T_2$  Spi.MJU1) และ 3) การเพาะเลี้ยง สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ( $T_3$  Spi.MJU2) การทดลองที่ 1 การสำรวจ สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ระยะเวลา 90 วัน พบว่า  $T_3$  Spi. MJU2 ปริมาณเซลล์สาหร่ายที่เป็นเกลียว จำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ ปริมาณผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 0.40 g/l และ ปริมาณสารสีแคโรทีนอยด์ มากกว่า  $T_2$  Spi.MJU1 และ  $T_1$  Spi.CMU1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) การทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยง สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด ในบ่อซีเมนต์กลม เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ สารสี และคุณภาพน้ำ ระยะเวลา 120 วัน พบว่า  $T_3$  Spi. MJU2 มีปริมาณเซลล์ของสาหร่ายที่เป็นเกลียว จำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ ปริมาณผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง  $0.42\pm0.03$  g/l สารสีแคโรทีนอยด์  $706.47\pm53.72$  mg/g สารสี C-phyococyanin 5.10 mg/g และ โปรตีนมีค่า  $43.34\pm1.37\%$  ซึ่งมากกว่า  $T_1$  Spi.CMU1 และ  $T_2$  Spi.MJU1 แต่  $T_2$  Spi.MJU1 มีต้นทุนผันแปรในการผลิตสาหร่ายแห้ง  $517.13\pm27.73$  บาท/กิโลกรัม ปริมาณเถ้า  $3.95\pm0.26\%$  เชื้อไข  $1.89\pm0.06\%$  และคาร์โบไฮเดรต  $31.48\pm1.14\%$  ซึ่งมากกว่า  $T_1$  Spi.CMU1 และ  $T_3$  Spi.MJU2 แต่  $T_1$  Spi.CMU1 มีค่าวัตถุแห้ง  $71.11\pm1.32\%$  ความชื้น  $28.89\pm1.32\%$  ไขมัน  $2.28\pm0.40\%$  มากกว่า  $T_2$  Spi.MJU1 และ  $T_3$  Spi.MJU2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

การทดลองที่ 3 การเพาะเลี้ยง สไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด ในบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ สารสี และคุณภาพน้ำ ระยะเวลา 120 วัน พบว่า  $T_3$  Spi.MJU2 มีปริมาณเซลล์สาหร่ายที่เป็นเกลียว จำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ โปรตีน  $46.91\pm0.80\%$  และต้นทุนผันแปรในการผลิตสาหร่ายแห้ง  $377.80\pm43.38$  บาท/กิโลกรัม ซึ่งมากกว่า  $T_1$  Spi.CMU1 และ  $T_2$  Spi.MJU1 แต่  $T_2$  Spi.MJU1 มีผลผลิตสาหร่ายโดยน้ำหนักแห้ง



0.35±0.05 g/l สารสี C-phyococyanin 9.45±0.84 mg/g ความชื้น 23.87±0.89% คาร์โบไฮเดรต 24.97±1.46% ซึ่งมากกว่า T<sub>1</sub>Spi.CMU1 และ T<sub>3</sub>Spi.MJU2 แต่ T<sub>1</sub>Spi.CMU1 มีสารสี แคโรทีนอยด์ 675.19±22.24 mg/g วัตถุแห้ง 76.13±0.88% ไขมัน 3.17±0.88% เถ้า 4.02±0.19% เยื่อใย 1.97±0.03% ซึ่งมากกว่า T<sub>3</sub>Spi.MJU2 และ T<sub>2</sub>Spi.MJU1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) สรุปได้ว่าการเพาะเลี้ยงโปรตีนแต่ละต้นกำเนิดในห้องปฏิบัติการ บ่อซีเมนต์กลม และบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) พบว่า T<sub>3</sub>Spi.MJU2 ที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และบ่อซีเมนต์กลม มีปริมาณเซลล์สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเกลียว จำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ ผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง 0.40-0.42 g/l สารสีแคโรทีนอยด์ 706.47±53.72 mg/g มากกว่า T<sub>1</sub>Spi.CMU1 และ T<sub>2</sub>Spi.MJU1 แต่การเพาะเลี้ยงสไปรูลิน่า (T<sub>3</sub>Spi.MJU2) ในบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) พบว่ามีโปรตีน 46.91±0.80% และมีสารสี C-phyococyanin 9.36±0.55 mg/g มากกว่า T<sub>1</sub>Spi.CMU1 และ T<sub>2</sub>Spi.MJU1 และคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ในการเพาะเลี้ยงสไปรูลิน่าทั้ง 3 การทดลอง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีค่าต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยง เช่น อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15–50 องศาเซลเซียส pH อยู่ระหว่าง 9.5–10 และอัตราส่วนของ N:P เท่ากับ 7-8:1

(3) การทดลองงานวิจัยเรื่อง การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเลี้ยงร่วมกับปลา และพรรณไม้น้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตและความเป็นไปได้ในการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับสัตว์น้ำบางชนิดในบ่อที่มี และไม่มีพรรณไม้น้ำ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ วิธีการทดลองออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) แยกออกเป็น 2 การทดลองย่อย แต่ละการทดลองย่อยประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ผลการทดลองการทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวและร่วมกับปลานิล ปลาตะเพียนขาว และปลานู พบว่าการเลี้ยงกุ้งแบบเดี่ยวและการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลาบางชนิดมีผลทำให้ผลผลิตกุ้งฝอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยผลผลิตกุ้งฝอยในบ่อที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลมีผลผลิตสูงสุดรองลงมาคือการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลาตะเพียน การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานู การเลี้ยงกุ้งฝอยอย่างเดียว โดยมีน้ำหนัก 83.33±1.96 กรัม 63.67±1.45 กรัม 50.00±1.04 กรัม และ 38.17±1.88 กรัมตามลำดับ ส่วนผลผลิตของปลาที่เลี้ยงร่วมกับกุ้งฝอยพบว่ามีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยผลผลิตปลาในบ่อที่เลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานิลมีผลผลิตสูงสุดรองลงมาคือการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลาตะเพียน การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานู การเลี้ยงกุ้งฝอยอย่างเดียว โดยมีน้ำหนัก 175.67±2.33 กรัม 141.67±1.77 กรัม และ 127.00±1.53 กรัม ตามลำดับ ผลการทดลองการทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับพรรณไม้น้ำ คือผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยผลผลิตกุ้งฝอยในบ่อที่เลี้ยงร่วมกับจอกมีผลผลิตสูงสุดรองลงมาคือการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับผักกระเฉด การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับผักบุ้ง การเลี้ยงกุ้งฝอย

อย่างเดี่ยวโดยมีน้ำหนัก  $39.67 \pm 2.33$  กรัม  $36.17 \pm 2.03$  กรัม  $35.33 \pm 0.88$  กรัม และ  $34.33 \pm 0.67$  กรัม ตามลำดับ

(4) ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่เลี้ยงง่าย และเป็นอาหารหลักของประชากรไทยมาช้านาน มีการเพาะเลี้ยงเพื่อการบริโภคภายในประเทศ 90% และส่งออก 10% มีการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศสูงมากกว่า 2 แสนตันต่อปี ผลผลิตสัตว์น้ำรวมในจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 18 ตัน/วัน แต่ปริมาณความต้องการบริโภคประมาณ 40 ตัน/วัน โดยปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่นิยมบริโภคอันดับแรก อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ผลผลิตในช่วงฤดูหนาวต่ำมาก สาเหตุที่สำคัญ คือ แม่ปลาไม่มีไข่หรือให้ไข่คุณภาพต่ำ และพ่อปลาไม่มีน้ำเชื้อ งานวิจัยนี้ได้ทดลองวิจัยเสริมอาหารด้วยสารสกัดด้วยน้ำและเอทานอลของสมุนไพรไทย 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม (*Allium sativum*) กวาวเครือขาว (*Pueraria candollei*) กวาวเครือแดง (*Butea superba*) และมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) โดยคาดว่าสารสกัดสมุนไพรจะมีประสิทธิภาพต่อการเจริญพันธุ์ของพ่อแม่ปลานิล และสามารถช่วยให้เพาะเลี้ยงลูกปลานิลได้ตลอดทั้งปี ทำการเลี้ยงปลานิลขนาดเฉลี่ย 30 กรัม ด้วยอาหารปลานิล โดยเสริมสารสกัดสมุนไพรที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 % ทำการเลี้ยงในกระชังในบ่อดิน เป็น เก็บตัวอย่างปลาเวลา 1 และ 2 เดือน เพื่อหาค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ (gonadosomatic index, GSI) ของปลาเพศผู้และเพศเมีย ความดกไข่ (fecundity) ของปลาเพศเมีย สำหรับปลาเพศผู้ พบว่ากลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพรแล้วมีค่า GSI สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) มี 4 กลุ่ม ได้แก่ สารสกัดกวาวเครือขาว ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 % สารสกัดกระเทียม ที่ความเข้มข้น 1.0 % และสารสกัดมะขามป้อม ที่ความเข้มข้น 0.5 % โดยมีค่า GSI เท่ากับ 0.521, 0.600, 0.219 และ 0.170 % ตามลำดับ สำหรับปลาเพศเมีย พบว่ากลุ่มปลาทุกกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสมุนไพรไทย 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่า GSI สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มสารสกัดกระเทียมและมะขามป้อม จะมีแนวโน้มของค่า GSI เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่ได้รับเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มสารสกัดกวาวเครือขาวและกวาวเครือแดง จะมีแนวโน้มของค่า GSI เป็นแบบระฆังคว่ำ โดยจะมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นหนึ่ง มีค่าสูงขึ้นที่ความเข้มข้นต่ำและมีค่าลดลงเมื่อได้รับสารสกัดเกินกว่าค่าสูงสุด กลุ่มที่มีค่า GSI สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สารสกัดกวาวเครือแดง ที่ความเข้มข้น 0.5 % สารสกัดมะขามป้อม ที่ความเข้มข้น 3.0 % และสารสกัดกวาวเครือขาว ที่ความเข้มข้น 0.3 % มีค่า GSI เท่ากับ 3.233, 3.180 และ 2.930 % ตามลำดับ ส่วนค่าความดกไข่ของปลานิลเพศเมีย พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดที่มีผลให้ค่าความดกไข่เพิ่มขึ้น ได้แก่ สารสกัดกระเทียม สารสกัดกวาวเครือขาว และสารสกัดมะขามป้อม โดยมีค่าความดกไข่เพิ่มขึ้นในกลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร ดังนี้ สารสกัดกระเทียม เพิ่มขึ้น 4-8 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 – 1.0 % เพิ่มขึ้น 7.95 – 8.38 เท่า สารสกัดกวาวเครือขาว เพิ่มขึ้น 1.7 – 2.1 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 3.0 % เพิ่มขึ้น 2.08 เท่า

และสารสกัดมะขามป้อม เพิ่มขึ้น 1.2 – 2.2 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 % เพิ่มขึ้น 2.2- เท่า ส่วนสารสกัดกวาวเครือแดง มีผลให้ความดกไข่ลดลง 0.4 – 0.8 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 % ลดลง 0.82 เท่า จะเห็นได้ว่าสารสกัดสมุนไพรไทยทั้ง 4 ชนิด มีผลเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิลได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย และยังมีผลเพิ่มความดกไข่ในปลาเพศเมียได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะได้ทำการวิจัยต่อเนื่องจนถึงการนำปลาไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

(5) ปลานิล เป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่มีการบริโภคมากภายในประเทศ และส่งออกจำหน่ายไปยังต่างประเทศ จึงมีการพัฒนาอาหารที่เลี้ยงให้มีต้นทุนต่ำมาโดยตลอด การวิจัยเรื่องนี้มีจุดประสงค์จะศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิล ด้วยวิธีการ *in vitro* digestibility เพื่อคัดเลือกว่าวัตถุดิบที่ย่อยได้ดี โดยศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร โดยใช้วัตถุดิบจำนวน 15 ชนิด คือ กากนมถั่วเหลือง สำหรับสไปรูลิน่า ปลาป่น ใบกระถินป่น ถั่วเขียว รำข้าว บริเวอร์ยีสต์ เมล็ดดอกทานตะวัน ถั่วลิสง ถั่วดำ สำหรับสั้ไก่ ถั่วแดงหลวง กากถั่วเหลือง มูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศและปลายข้าว ผลการทดลอง พบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลวัยอ่อน สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในบริเวอร์ยีสต์ ในขณะที่ ความสามารถในการย่อยโปรตีนสูงสุดในปลายข้าว ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลเต็มวัย พบว่า เอนไซม์จากกระเพาะอาหารย่อยสำหรับสั้ไก่ได้ดีที่สุด เอนไซม์ย่อยอาหารจากสั้ไก่ปลานิลเต็มวัย พบว่า ความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต พบสูงสุดในกากนมถั่วเหลือง และสามารถย่อยโปรตีนได้สูงสุดในสำหรับสั้ไก่

(6) การแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในบ่อเลี้ยงปลาส่งผลให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (off-flavor) ในน้ำและเนื้อปลา จึงได้มีการคิดค้นวิธีกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งการใช้ปลานิลในการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่าใช้สารเคมีในการกำจัดสาหร่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปลานิลต่อการลดแบคทีเรียในน้ำ และการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำ โดยทำการทดลองเลี้ยงปลานิลขนาด  $15.0 \pm 0.95$  กรัม ในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร อัตรา 30 ตัวต่อถัง เป็นระยะเวลา 10 วัน โดยใช้ความเข้มข้นแบคทีเรียในรูปคลอโรฟิลล์ เอ  $138.63 \pm 7.80$ ,  $359.42 \pm 25.80$ ,  $650.07 \pm 27.84$  และ  $1373.33 \pm 53.64$  ไมโครกรัมต่อลิตร และได้ทำการทดลองเลี้ยงปลานิลขนาด  $20.6 \pm 3.4$  กรัม ในกระชังในบ่อเลี้ยงปลาเพาะที่ระดับความหนาแน่นปลานิล 0, 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่าปลานิลสามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ทุกชุดการทดลอง และคลอโรฟิลล์ เอ มีปริมาณลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อเลี้ยงปลาเพาะ โดยปลานิลสามารถกรองกินแบคทีเรียในบ่อได้ ส่งผลให้ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin) ในน้ำลดลง จากผลการวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า

ปลานิลมีประสิทธิภาพในการกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นโคลน และนำไปสู่การลดการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำได้

(7) การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [ *Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนี้ ทำการศึกษานาน 12 เดือน ระหว่างมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2556 โดยใช้บ่อคอนกรีตขนาดเล็กของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 3 ชั่วโมงทั้งหมด 9 ชั่วโมง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 บ่อคอนกรีตไม่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา(บ่อควบคุม) กลุ่มที่ 2 บ่อคอนกรีตใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 30 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 บ่อคอนกรีตใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่า บ่อคอนกรีตที่ใช้เทคนิคชีววิถีทั้งสองกลุ่ม ไม่สามารถตรวจพบสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิด แต่บ่อคอนกรีตที่ไม่ใช้เทคนิคชีววิถีผักตบชวา พบปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนชนิด Geosmin เฉลี่ยระหว่าง 42.85 – 47.23 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ 2-Methyl isoborneol เฉลี่ยระหว่าง 0.781 – 0.915 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

(8) งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงผลของการถนอมรักษาอาหารโดยวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา วิธีการทำแห้งในการวิจัยนี้มีด้วยกัน 5 วิธี ได้แก่ การทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์ การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย และการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ให้สาหร่ายสไปรูลินาแห้งที่ได้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7.0 ซึ่งสอดคล้องตาม มพข. 542/2549 เรื่องสาหร่ายสไปรูลินาแห้ง ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินาแห้งที่ได้ทั้ง 5 ตัวอย่างกับสาหร่ายสไปรูลินาแห้งที่มีจำหน่ายในทางการค้า 2 ตัวอย่าง ได้แก่ สาหร่ายสไปรูลินายี่ห้อ A และยี่ห้อ B พบว่าวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศทำให้มีปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างสาหร่ายสไปรูลินาแห้งที่ทำแห้งโดยวิธีอื่นและที่จำหน่ายในทางการค้า ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่าเท่ากับ 10.30 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม รองลงมาเป็นวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลังงานแสงอาทิตย์และวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน โดยมีค่าเท่ากับ 8.17 และ 7.74 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม ส่วนสาหร่ายสไปรูลินาที่จำหน่ายในทางการค้า ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B มีปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 1.33 และ 0.96 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/น้ำหนักแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ และจากการศึกษาขั้นต้นพบว่า 2 วิธีการทำแห้งที่มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงสุดจะนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศถูกนำมาศึกษาอายุการเก็บร่วมกับสาหร่ายสไปรูลินาที่จำหน่ายในทาง

การค้า ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B และพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปทั้งคุณภาพ ปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีแนวโน้มลดลง

**คำสำคัญ:** ปลานิลแดง, โปรวไบโอติก, การเพาะเลี้ยง, สไปรูลินา, ถิ่นกำเนิด, ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม, กุ้งฝอย, พรรณไม้น้ำ, ปลานิล, การเจริญพันธุ์, สมุนไพร, กระเทียม, กวาวเครือ, มะขามป้อม, การเลี้ยงปลานิล, *in vitro* digestibility, วัตถุดิบพื้นบ้าน, อาหารปลานิล, กลิ่นไม่พึงประสงค์, จีออสมิน-เอ็มไอพี, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, ปลาตุ๊ก, คุณภาพน้ำ, เทคนิคชีววิถี, บ่อคอนกรีต, สไปรูลินา, การต้านออกซิเดชัน, การทำแห้ง, อนุมูลอิสระ, การเก็บรักษา



## ABSTRACT

The main objectives of the research on eco-friendly aquaculture for food safety and value added of fishery resources are 1) to develop the fisheries product to safety level and value added, 2) to transfer the findings to fish farmers both farms and industrial level, 3) to serve on capacity building policy by training graduate students and young researchers and 4) to establish the prototypes on eco-friendly concept. The main project consists of 8 sub projects.

(1) The aim of this study was to determine the effect of probiotic on growth performances and non-specific immune status of red tilapia fry (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*). Four diets (46% crude protein) were formulated: feed supplemented with 0.1, 0.5 and 1.0% of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and basal diet for control group. Diets were fed for 75 days to red tilapia fry stocked in net cage hapa placed in earthen pond at a density of 150 fish/m<sup>2</sup>. Results indicated that fish fed with diets of yeast 0.5 % and 1.0 % supplementation had greater specific growth rate (SGR), Survival rates and enhanced Serum lysozyme, White Blood Cell than those fed with control diet ( $P < 0.05$ ).

(2) The research aims to comparison: growth, nutrition value, pigments and water quality of *Spirulina platensis* individual habitats, in Eco friendly aquaculture. The Algae and Plankton Knowledge Base, Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University. The three experiments: the first experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in laboratory, the second experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in the cement pond and the third experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in raceway pond. The three experiments conducted CRD divided into three treatment, with 3 replications: 1). *S. platensis* commonly been cultured (T<sub>1</sub> Spi.CMU1) 2) cultivation of *S. platensis* was native of central Thailand (T<sub>2</sub> Spi.MJU1) and 3) the cultivation of *S. platensis* originated from Maejo University (T<sub>3</sub> Spi.MJU2). The first experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in laboratory to compare growth for a 90-day period: showed that T<sub>3</sub> Spi.MJU2 with spiral cell, cell number, optical density, dry weight yield was 0.40 g/l and carotenoid more than T<sub>2</sub> Spi.MJU1 and T<sub>1</sub> Spi.CMU1 statistically significant ( $p \leq 0.05$ ). The second experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in rounded cement pond 100-liter to compare growth, nutrition value, pigments and water quality for a 120-day period: showed that T<sub>3</sub> Spi.MJU2 with spiral cell, cell number,

optical density, dry weight yield  $0.42 \pm 0.03$  g/l, carotenoid  $706.47 \pm 53.72$  mg/g, C-phyococyanin 5.10 mg/g and protein  $43.34 \pm 1.37\%$  more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>2</sub>Spi.MJU1. But T<sub>2</sub>Spi.MJU1 were variable cost  $517.13 \pm 27.73$  baht/kg, ash  $3.95 \pm 0.26\%$ , fiber  $1.89 \pm 0.06\%$  and carbohydrates  $31.48 \pm 1.14\%$  more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>3</sub>Spi.MJU2. But T<sub>1</sub>Spi.CMU1 were dry matter basic  $71.11 \pm 1.32\%$ , moisture  $28.89 \pm 1.32\%$  and fat  $2.28 \pm 0.40\%$  more than T<sub>2</sub>Spi.MJU1 and T<sub>3</sub>Spi.MJU2 statistically significant ( $p < 0.05$ ). The third experiment of *S. platensis* individual habitats cultured in raceway pond 100-liter to compare growth, nutrition value, pigments and water quality for a 120-day period: showed that T<sub>3</sub> Spi.MJU2 with spiral cell, cell number, optical density, protein  $46.91 \pm 0.80\%$ , variable costs  $377.80 \pm 43.38$  baht/kg more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>2</sub>Spi. MJU1. But T<sub>2</sub>Spi.MJU1 were dry weight yield  $0.35 \pm 0.05$  g/l, C-phyococyanin  $9.45 \pm 0.84$  mg/g, moisture  $23.87 \pm 0.89\%$  and carbohydrate more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>3</sub>Spi.MJU2. But T<sub>1</sub>Spi.CMU1 were carotenoid  $675.19 \pm 22.24$  mg/g, dry matter basic  $76.13 \pm 0.88\%$ , fat  $3.17 \pm 0.88\%$ , ash  $4.02 \pm 0.19\%$  and fiber  $1.97 \pm 0.03\%$  more than T<sub>2</sub>Spi.MJU1 and T<sub>3</sub>Spi.MJU2 statistically significant ( $p < 0.05$ ). It can be concluded that the *S. platensis* individual habitats cultured in laboratory, the cement pond and *S. platensis* cultured in raceway pond: found that T<sub>3</sub>Spi.MJU2 cultured in the laboratory and the cement pond with spiral cell, cell number, optical density, dry weight yield 0.40-0.42 g/l, carotenoid  $706.47 \pm 53.72$  mg/g more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>2</sub>Spi. MJU1. But the *S. platensis* cultured in raceway pond: found that T<sub>3</sub>Spi.MJU2 had protein  $46.91 \pm 0.80\%$  and C-phyococyanin  $9.36 \pm 0.55$  mg/g more than T<sub>1</sub>Spi.CMU1 and T<sub>2</sub>Spi. MJU1. The physical and chemical water quality of *S. platensis* individual habitats cultured all three experiments, no significantly difference and standard of *S. platensis* cultured as temperatures between 15-50 °C and pH between 9.5-10 and the ratio of N:P ratio 7-8:1.

(3) A study on riceland prawn (*Macrobrachium lanchesteri*, de Man) cultured in Eco friendly system with some and aquatic plants in concrete tank. The purpose of this study were aim to know the production of riceland prawn and some fish cultured with some fish and some aquatic plants in concrete tank. The experiment was designed in Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Two separate experiments were conducted to evaluate the production of riceland prawn and fish. Experiment 1 to study on the production of riceland prawn cultured without and with some fish. Four treatments were divided with consist of without and

with tilapia, silver barb and sand goby fish. The result of this experiment showed the production of shrimp cultured with tilapia was significance higher ( $P < 0.05$ ) than with silver barb, sand goby and without fish by the total weight of shrimp were  $83.33 \pm 1.96$  g ,  $63.67 \pm 1.45$  g ,  $50.00 \pm 1.04$  g ,  $38.17 \pm 1.88$  g, respectively. Experiment 2 to study on the production of riceland prawn cultured with some aquatic plants. Four treatments were divided with consist of without and with water morning glory, water mimosa, and water lettuce. The result of this experiment showed the production of shrimp cultured with water lettuce was significance higher ( $P < 0.05$ ) than water mimosa and water morning glory and without aquatic plant with the total weight of shrimp were  $39.67 \pm 2.33$  g ,  $36.17 \pm 2.03$  g ,  $35.33 \pm 0.88$  g,  $34.33 \pm 0.67$  g, respectively.

(4) Nile tilapia is a common aquaculture in freshwater fish. Additional, it is the main dish of Thai population for a long time. There are cultured consumption more than 2 million tonnes per year for 90% of domestic consumption and 10% of exports. Total aquaculture production in only Chiangmai is about 18 tons/day, but the demand for consumption is about 40 tons/day. In which, Nile tilapia that is the first popular of freshwater fish. However, the important factor is the very low yield of tilapia in winter. The reason is that female broodstocks have low amount and quality eggs, and male fishes have low milt too. This research performed feed additive with 4 Thai herb extracts by water and ethanol i.e. garlic (*Allium sativum*) white kwao krer (*Pueraria candollei*), red kwao krer (*Butea superba*) and Indian gooseberry (*Phyllanthus emblica*). It was expected to be effective for reproduction of tilapia broodstocks and breeding throughout the year. Groups of juvenile tilapia with average size 30 g were fed with 4-herb extract additives at concentrations of 0, 0.5, 1.0, 3.0, and 5.0% in cages in earth ponds. Sampling was at 1 and 2 months for measured values of maturation index. (gonadosomatic index, GSI) of males and female, and fecundity of female fish. For male tilapia, it was resulted that groups of herb extract additives showed the GSI value significantly higher than the control group ( $p < 0.05$ ). There were in 4 groups: white kwao krer extract at concentration of 0.5 and 1.0 %, garlic extract at concentration of 1.0 %, and Indian gooseberry extract at concentration of 0.5% with the GSI of 0.521, 0.600, 0.219 and 0.170%, respectively. For female tilapia, it was resulted that all treated groups with extract additives of 4 Thai herbs at various concentrations showed higher GSI values than the control group. In group of garlic and Indian gooseberry extracts, GSI values were higher as the increased concentration. In group of red kwao krer extract, GSI values



were as a bell. It has increased and decreased when over the highest value. The 3 top values included red kwao krer extract at concentration of 0.5 %, Indian gooseberry extract at concentration of 3.0 % and white kwao krer extract at concentration of 0.3% with the GSI of 3.233, 3.180 and 2.930 %, respectively. For fecundity of female tilapia, it was resulted that fishes fed with herb extracts showed increasing value in the group of garlic, white kwao krer and Indian gooseberry extracts. In group of garlic extracts, fecundities were increased 4-8 folds. Their values of 0.3 to 1.0 % concentrations were increased 7.95 to 8.38 folds. In group of white kwao krer extracts, fecundities were increased 1.7 to 2.1 folds. Their values of 3.0 % concentration were increased 2.08 folds. In group of Indian gooseberry extracts, fecundities were increased 1.2 to 2.2 folds. Their values of 0.3 % concentration was increased 2.2 folds. Whereas the fecundities in group of red kwao krer were decreased from 0.4 to 0.8 folds. Their values of 0.3 % concentration was decreased 0.82 times. It was obviously showed that the 4 Thai herb extracts were effective to increasing gonad maturation in Nile tilapia, both male and female, and also values of fecundity in female. This research will be continued until breeding with these fish broodstocks.

(5) Nile Tilapia is a fish of economic importance. The cost of feed is the main factor to be considered in the culturing of Nile Tilapia. The culturing process should be improved and developed for the benefits of low-cost farming. This is a study of the digestibility in local material feed for the purpose of developing feed for Nile Tilapia using an *in vitro* digestibility method. The digestibility of 15 types of local material feed: soybean milk meal, Spirulina, fish meal, katin meal, green beans, rice bran, brewer's yeast, sunflower seed, peanuts, black beans, *Enteromopha intestinalis*, red kidney beans, soybean meal, swine manure from anaerobic digestion and broken rice. The results were found that the digestive enzymes from fingerlings could be digesting the highest carbohydrate in brewer's yeast. The highest protein digestion was broken rice. The adult Nile Tilapia enzyme was found that the stomach enzyme could digest *Enteromopha intestinalis*. The intestine enzyme was found that the highest of carbohydrate digestion was soybean milk meal. The highest of protein digestion was *Enteromopha intestinalis*.

(6) The presence of blue-green algae blooms in fish ponds can impart off-flavor to water and fish. The application of Nile Tilapia to control blue green algae is an attractive alternative because it is safer than using chemicals to kill algae. This study evaluated the

effectiveness of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in reducing phytoplankton and off-flavor in algal-rich water contained in twelve 200-L polyethylene tanks for 10 days and in Thai panga ponds using varying densities (0, 0.5 and 1.0 m<sup>-3</sup> density at an initial weight of 20.6±3.4 g) of Nile tilapia in cages for 6 months. Nile tilapias (15.0±0.95 g) were stocked at 30 fish per tank containing algal-rich water at 138.63±7.80, 359.42±25.80, 650.07±27.84 and 1373.33±53.64 µg/L concentrations. Results show that Nile tilapia could filter blue-green algae and reduce chlorophyll-a concentrations in all treatments. Field experiments in Thai hybrid panga earthen ponds similarly showed that Nile tilapia in pond cages can feed on phytoplankton which led to the reduction of geosmin levels in water. These indicate that Nile tilapias are capable of controlling blue-green algae especially those that cause off-flavor, minimizing the accumulation of odors in water.

(7) Use of the “Biological-Ways-of-Life” system (BWL) for earthy-musty odors reducing in the catfish, *Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1958), fillet for food safety and environmental friendly was conducted 12 months between January and December 2013 at the Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resource, Maejo University. The study was divided in 3 treatments and 9 replications; Treatment 1 (control) was designed by without the BWL system, Treatment 2 was designed by the BWL system of 30 percentages of water hyacinth, and Treatment 3 was also designed by the BWL system of 50 percentages of water hyacinth, respectively. Result showed that both of the 2 treatments of BWL system were not detected geosmin and 2-methyl isoborneol. In contrast to Treatment 1, which showed both of geosmin (42.85 – 47.23 microgram per kilogram) and 2-methyl isoborneol concentrations (0.781 – 0.915 microgram per kilogram), respectively.

(8) This research aims to study the effect of preserving food by different drying methods on antioxidant activities of spirulina. The five different drying methods were employed in this study, i.e., solar drying, hot air oven drying, vacuum oven drying, spray drying and freeze drying. The algae, Spirulina is dried until the moisture contents did not exceed 7.0 percent in accordance with TCPS 542/2549 of dried Spirulina powder. The antioxidant activities of five dried spirulina samples were compared with two samples of commercially-available dried spirulina powder, namely brand A and brand B. It was found that dried spirulina powder with vacuum oven drying had the highest total polyphenol contents of 10.30 mg GAE/g dry weight

when compared with others ( $p \leq 0.05$ ) followed by the samples with solar drying and hot air oven with a value equal to 8.17 and 7.74 mg GAE/g dry weight, respectively. The samples of brand A and brand B had the total polyphenol contents of 1.33 and 0.96 mg GAE/g dry sample, respectively. The two best samples, i.e. dried spirulina powder from hot air and vacuum drying, were carried out for keeping quality study compared with two commercial samples namely sample A and B. It was found that the qualities, total phenolic content and antioxidant activity of all dried spirulina samples decreased when storage time increased.

**Key word:** Red tilapia fry, probiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, growth, non-specific immunity, *Spirulina platensis* of cultured, Individual habitats, In Eco friendly aquaculture, *Macrobrachium lanchesteri*, aquatic plants, tilapia, maturation, herb, garlic, white kwao krer, red kwao krer, Indian gooseberry, Nile Tilapia, *in vitro* digestibility, local material feed, Nile Tilapia feed, Off-flavor, Geosmin, MIB, Blue-green algae, Catfish, Water quality, Biological-Ways-of-Life system, Concrete pond, pirulina, *Spirulina platensis*, antioxidant capacity, drying, free radical, storage

## คำนำ

ความต้องการอาหารของประชากรโลกเพิ่มมากขึ้นทุกปีโดยเฉพาะอาหารประเภทสัตว์น้ำเนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และย่อยง่าย การบริโภคปลาทั่วโลกมีระดับการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในสี่ทศวรรษที่ผ่านมา โดยรวมแล้วการบริโภคต่อคนต่อปีได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาจากค่าเฉลี่ย 9.9 กิโลกรัมในปี 1960 เป็น 16.4 กิโลกรัมในปี 2005 และ ในปี 2008 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำก่อให้เกิดผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 46 ของปริมาณผลผลิตทางการประมง ซึ่งคิดเป็นปริมาณการบริโภค 17 กิโลกรัมต่อคนต่อปี แนวโน้มในการบริโภคสัตว์น้ำในอนาคตเพิ่มมากขึ้นนั้น ส่งผลให้การขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงและการแปรรูปสัตว์น้ำ การบริโภคสัตว์น้ำมีความสะดวกเพิ่มขึ้น

จากการขยายตัวดังกล่าว ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงทางสังคมเช่นรายได้เพิ่มขึ้น และการให้ความสนใจต่อสุขภาพ เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าปลามีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนที่มีคุณค่าสูง เป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารจำเป็น กรดไขมันและกรดไขมันที่จำเป็นต่อมนุษย์

อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรมก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการบริโภคอาหารสัตว์น้ำ เนื่องจากการใช้สารเคมีและยาเพื่อป้องกันโรคระบาดขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความต้องการเทคโนโลยีและการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการผลิตทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ปลอดภัย จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อความเจริญก้าวหน้าในอนาคตของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเป็นอาหารปลอดภัย

จากนโยบายอาหารปลอดภัย และการมุ่งสู่ครัวของโลกของรัฐบาล ประกอบกับกระแสสากลในการรักษาสิ่งแวดล้อม ทำให้แนวทางการเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นทางเลือกในการสร้างผลผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและรักษาสิ่งแวดล้อม แต่ในภาวะปัจจุบัน การเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรม และสถานะแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง การใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นสาเหตุให้ยาปฏิชีวนะที่ตกค้างในสัตว์น้ำและถ่ายทอดมายังผู้บริโภค ส่งผลเสียทำให้เชื้อแบคทีเรียพัฒนาตัวเองจนเป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อยาปฏิชีวนะ แนวทางในการผลิตสัตว์น้ำโดยไม่ใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีหรือการใช้สารธรรมชาติจึงเป็นแนวทางสำคัญ เพื่อพัฒนาวิธีการในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำ ป้องกันโรค และได้ผลผลิตที่ปลอดภัย

ผู้บริโภคปัจจุบันได้ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความปลอดภัยและคุณภาพของสินค้า ประเทศไทยมียุทธศาสตร์การผลิตสัตว์น้ำที่ปลอดภัยและมีคุณภาพเพื่อบริโภคในประเทศ และการส่งออก สามารถนำเงินเข้าประเทศมหาศาล มีการขยายตัวของการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิง

อุตสาหกรรมมากขึ้น เช่น การเลี้ยงกุ้ง การผลิตปลานิลเพื่อการส่งออก การผลิตปลาหนังเนื้อขาวเพื่อการส่งออก สินค้าต้องไม่มีสารอันตรายตกค้าง อย่างไรก็ตามการผลิตปลาดังกล่าวในประเทศไทยยังเป็นการผลิตจากบ่อดิน เนื้อปลามีการสะสมของกลิ่นไม่พึงประสงค์ หรือกลิ่นโคลน (off-flavor) และเป็นปัญหาด้านคุณภาพการส่งออก และเกิดได้บ่อยโดยเฉพาะในเขตร้อน และเกิดขึ้นทั้งสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่น เช่น กุ้งขาว ดังนั้นในแง่ของการแข่งขันในตลาดโลก การจัดการควบคุมคุณภาพผู้มาตรฐานจึงเป็นเรื่องจำเป็นมาก

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลให้มีการหาแหล่งอาหารที่มีคุณค่าสูง เช่น โปรตีนสูง สาหร่าย *Spirulina platensis* เป็นสาหร่ายที่เป็นที่รู้จักกันมานานว่ามีโปรตีนสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ และมีสารอาหารที่จำเป็นมากมาย (Venkataraman, 1985) นอกเหนือจากการมีโปรตีนในปริมาณสูงแล้ว สาหร่ายสไปรูลินามีสมบัติในการต้านออกซิเดชันอีกด้วย เหมาะสมที่จะนำมาเป็นอาหารของคนที่ต้องการโปรตีนและผู้บริโภคที่เน้นการสุขภาพ ด้วยทางผู้วิจัยได้มีความรู้ทั้งทางวิชาการและเทคโนโลยีการผลิตส่วนหนึ่งแล้ว ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าสายพันธุ์ สไปรูลินาที่ค้นพบใหม่จะเป็นประโยชน์และเป็นทางเลือกให้เกษตรกรนำไปประกอบอาชีพเป็นการเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งต่อไป

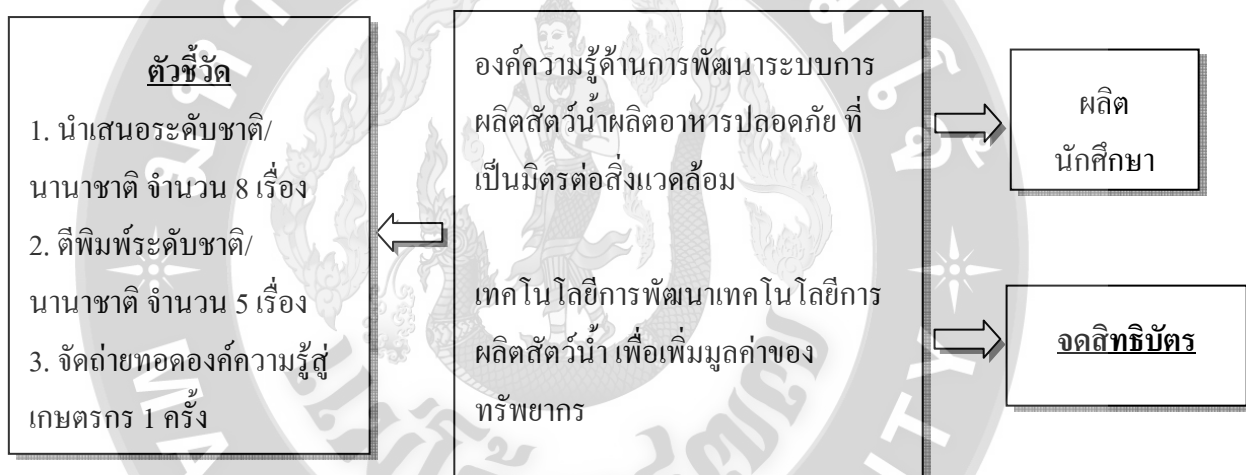
แผนงานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อรองรับยุทธศาสตร์การผลิตอาหารปลอดภัย โดยจะพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัย ได้แก่ การวิจัย (1) ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (2) การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (3) การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด (4) สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล (5) การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย

นอกจากนี้เป้าหมายหลักที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มมูลค่าของทรัพยากร ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก ที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน เทคโนโลยีดังกล่าว ได้แก่ (6) ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้ (7) การใช้ระบบชีววิธีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (8) ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)

### วัตถุประสงค์ชุดโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัย และเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ
2. เพื่อนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากการวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกรและผู้สนใจ
3. เพื่อสร้างนัศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและนักวิจัยรุ่นใหม่
4. เพื่อสร้างเทคโนโลยีต้นแบบด้านการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ

### เป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย



แผนงานวิจัยนี้ มีเป้าหมายหลักเพื่อรองรับยุทธศาสตร์การผลิตอาหารปลอดภัย โดยจะพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัย และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ เพื่อเพิ่มมูลค่าของทรัพยากร ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตสัตว์น้ำเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก ที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน

### เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด

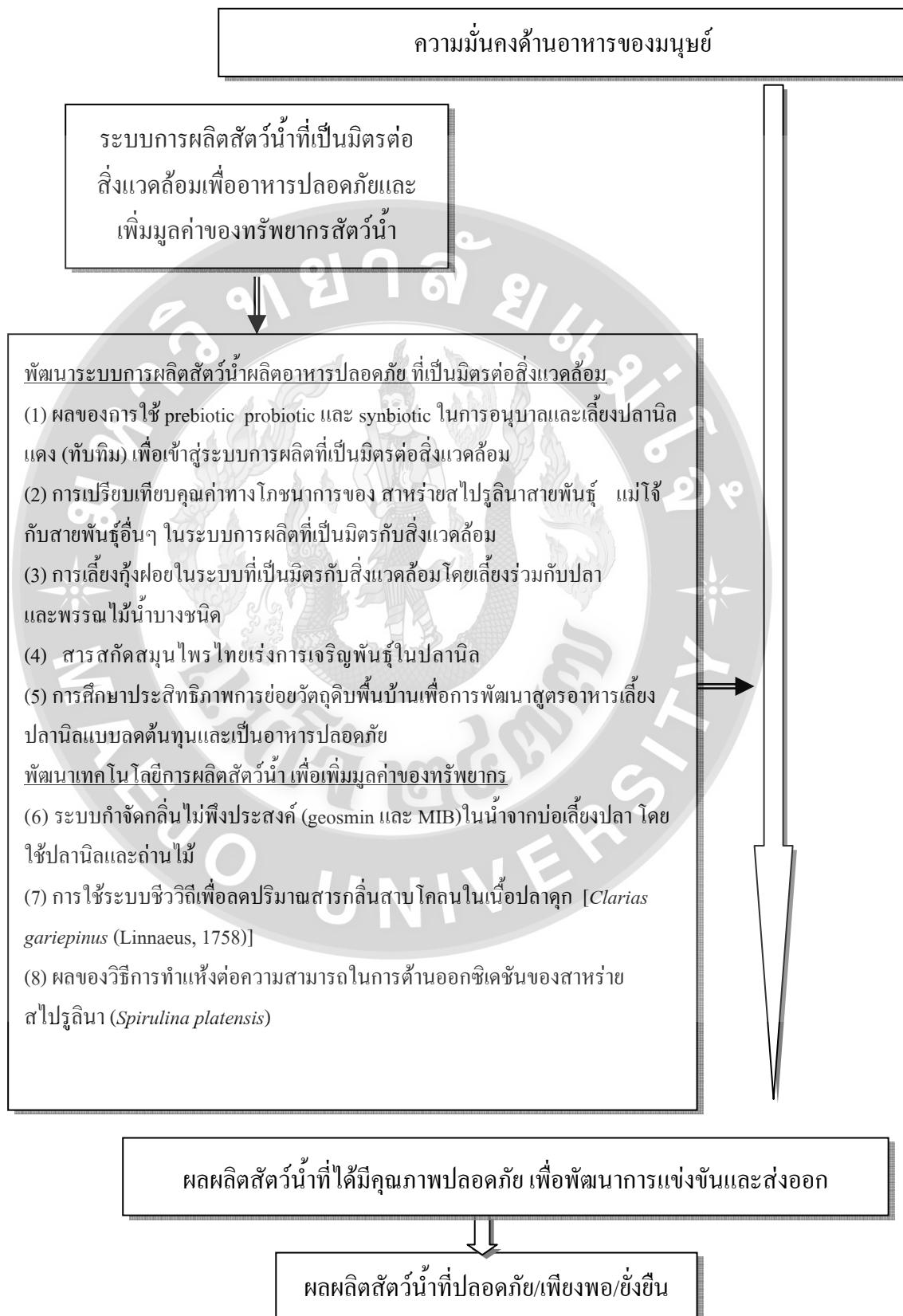
ตารางที่ 1 ผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัย

| ผลผลิต                                                             | ตัวชี้วัด                        |            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|
|                                                                    | เชิงคุณภาพ                       | เชิงปริมาณ |
| 1. จัดฝึกอบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่สำเร็จจากการวิจัย | ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมฝึกอบรม | 100 คน     |
| 2. นำเสนอผลงานการวิจัย ระดับชาติ/นานาชาติ                          | -                                | 8 เรื่อง   |
| 4. ผลิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี                                      | -                                | 8 คน       |
| 5. ผลิตนักศึกษาระดับปริญญาโท/เอก                                   | -                                | 5 คน       |
| 6. ตีพิมพ์ผลงานการวิจัย ระดับชาติ/นานาชาติ                         | -                                | 5 เรื่อง   |
| 7. ต้นแบบเทคโนโลยี/นวัตกรรม                                        | -                                | 3 ชิ้น     |

### เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด

1. มีผลกระทบในแง่บวกต่อยุทธศาสตร์การผลิตสัตว์น้ำปลอดภัยที่เน้นคุณภาพ  
ผลผลิต
2. สร้างอาชีพให้แก่เกษตรกร และชี้แนะให้เกษตรกรมีวิธีการผลิตสัตว์น้ำที่ให้  
ผลตอบแทนสูงขึ้น
3. พัฒนาสัตว์น้ำที่มีศักยภาพการผลิตระดับชุมชน และสร้างวิถีชุมชนเดิมให้รักษา  
ทรัพยากร
4. ปลุกฝังให้เกษตรกรเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบในการผลิตสินค้าสัตว์น้ำที่มี  
คุณภาพและได้มาตรฐาน

## กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย





## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย

### การเผยแพร่ในวารสาร

(1) การใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

(2) การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์ แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

(3) การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด

(4) สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล

(5) การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย

พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำเพื่อนำไปสู่การจดสิทธิบัตร (คาดหมาย)

(6) ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้ปลานิลและถ่านไม้

(7) การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลีนาสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)]

(8) ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)

**แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงาน**

| กิจกรรม                               | ผู้รับผิดชอบ                            | ระยะเวลา/จำนวนครั้ง |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ปีที่ 1         | หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วม                  | ปีที่ 1             |
| จัดส่งความก้าวหน้างานวิจัยให้หน่วยงาน | ผู้อำนวยการชุดวิจัย/ หัวหน้าโครงการย่อย | 2 ครั้ง/ปี          |
| ส่งโครงร่างปีงบประมาณใหม่             | ผู้อำนวยการชุดวิจัย/ หัวหน้าโครงการ     | ปลายปีงบประมาณ      |
| ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ปีที่ 2         | หัวหน้าโครงการ/ผู้ร่วม                  | ปีที่ 2             |
| จัดส่งความก้าวหน้างานวิจัยให้หน่วยงาน | ผู้อำนวยการชุดวิจัย/ หัวหน้าโครงการย่อย | 2 ครั้ง/ปี          |
| จัดทำร่างฉบับสมบูรณ์                  | ผู้อำนวยการชุดวิจัย/ หัวหน้าโครงการ     | ปลายปีงบประมาณ      |
| อบรมเกษตรกร                           | ผู้อำนวยการชุดวิจัย/ หัวหน้าโครงการ     | ปลายปีงบประมาณ      |
| ส่งฉบับสมบูรณ์                        | ผู้อำนวยการชุดวิจัย                     | ปิดโครงการ          |

**แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย**

| รายการ                                                                                                                                   | การสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย |              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|-------|
|                                                                                                                                          | ปริญญาตรี                                              | ปริญญาโท/เอก | อื่นๆ |
| 1. ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม | 1                                                      |              |       |
| (2) การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์ แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม         | 1                                                      | 1            |       |

|                                                                                                                    |   |   |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|
| (3) การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดย<br>เลี้ยง<br>ร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด                 | 1 |   |  |
| (4) สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล                                                                    | 1 |   |  |
| (5) การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุคิบบ้านเพื่อการ<br>พัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหาร<br>ปลอดภัย | 1 | 1 |  |
| (6) ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ใน<br>น้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้                  | 1 | 1 |  |
| (7) การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนใน<br>เนื้อปลาดุก [ <i>Clarias gariepinus</i> (Linnaeus, 1758)]   |   | 2 |  |
| (8) ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้าน<br>ออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา ( <i>Spirulina platensis</i> )       | 1 |   |  |
| รวม                                                                                                                | 7 | 5 |  |

#### กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย

1. ในการทำวิจัยครั้งนี้มีหน่วยงานรับผิดชอบหลักคือ คณะเทคโนโลยีการประมง และทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และมีหน่วยงานสนับสนุนได้แก่ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ ฟาร์มเอกชน จ้างงานฟาร์ม จ.เชียงราย (ผลิตลูกปลานิลแปลงเพศ) นอกจากนี้ ทางนักวิจัยจาก University of Tsukuba, ประเทศญี่ปุ่น ได้ช่วยเหลือเทคนิควิเคราะห์สาร โดย GC/MS (ศูนย์เครื่องมือชั้นสูง)

2. หัวหน้าโครงการย่อมมีนักศึกษาระดับปริญญาตรี/โท/เอก เป็นผู้ช่วยวิจัยทำให้การดำเนินการวิจัยไปได้สมบูรณ์ขึ้น

#### ระยะเวลา และสถานที่ทำการวิจัย

เริ่มโครงการ ตุลาคม 2555-กันยายน 2557 รวม 2 ปี

## สถานที่ทำการวิจัย

1. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
2. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
3. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
4. จ้างฟาร์ม ต.เมืองพาน อ.พาน จ. เชียงราย

## การตรวจเอกสาร

งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Panigrahi และคณะ (2005) ทดลองใช้ probiotic (*Lactobacillus rhamnosus*) ในสภาวะ heat-killed, live-sprayed และ freeze-dried เสริมในอาหารปลา rainbow trout พบว่า probiotic ในสภาวะ live-sprayed และ freeze-dried สามารถช่วยเพิ่ม phagocytic และ plasma immunoglobulin ในปลาได้ นอกจากนี้ Pirarat และคณะ (2006) ใช้ probiotic ชนิดเดียวกันนี้เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่าช่วยเพิ่ม phagocytic และช่วยเพิ่มความต้านทานโรคที่เกิดจาก เชื้อ *Edwardsiella tarda* ได้

Lara-Flores และคณะ (2003) ทดลองใช้ probiotic 3 ชนิด (*Streptococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus* และ yeast ) เสริมในอาหารเลี้ยงปลานิล พบว่า ทั้ง 3 ชนิดช่วยเสริมประสิทธิภาพการเติบโตของปลานิลได้ดีกว่าปลานิลกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ

แต่การใช้ probiotic ให้มีประสิทธิภาพยังคงมีปัญหาในทางปฏิบัติ เพราะประสิทธิภาพของ probiotic นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของ bacteria และปริมาณความหนาแน่นของ cell ในลำไส้ ซึ่งความหนาแน่นของ cell ต้องไม่ต่ำกว่า  $10^7$  CFU/g อาหารที่สัตว์น้ำบริโภคจึงจะได้ผล (Gomes และ Malcata, 1999)

Li และ Gatlin III (2005) ทดลองใช้ prebiotic (GroBiotic) และ probiotic (brewers yeast) เสริมในอาหารเลี้ยงปลา hybrid striped bass เป็นเวลา 21 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่เลี้ยง

ด้วยอาหารทั้งสองสูตรมีการเจริญเติบโตและต้านทานต่อโรคจากเชื้อ Mycobacterial ได้ดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ด้วยความก้าวหน้าของการศึกษา ด้านองค์ประกอบในร่างกายปลา พบว่าชนิดและปริมาณแบคทีเรียในลำไส้ของปลาส่งผลต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานโรคของปลา เช่นเดียวกับมนุษย์ (Irianto และ Austin, 2002) และองค์ประกอบของอาหารส่งผลต่อการเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่มีประโยชน์ในลำไส้ของปลาเช่นกัน (Ringo และ Olsen, 1999) การเสริม prebiotic ลงในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถช่วยเสริมความต้านทานโรค ลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้อีกด้วย (Li และ Gatlin III, 2005) Losada และ Olleros (2002) รายงานว่าการใช้ prebiotic (Fructooligosaccharide, FOS) จะช่วยให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้เพิ่มจำนวนขึ้นได้

ดังนั้นการใช้ prebiotic ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารที่ร่างกาย สัตว์น้ำไม่สามารถย่อยได้แต่มีประโยชน์ในการช่วยการเติบโตและการทำงานของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับที่ประสบความสำเร็จอย่างดีในการใช้กับสัตว์ปีกและสุกรรวมถึงในมนุษย์

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมาก แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้ prebiotic ร่วมกับ probiotic ที่เรียกว่า synbiotic ทำให้แบคทีเรีย probiotic ที่มีประโยชน์ในลำไส้เพิ่มจำนวนมากขึ้น และยังกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันได้ดีขึ้นอีกด้วย อย่างไรก็ตามผลของ synbiotic ในสัตว์น้ำยังมีการวิจัยน้อยมาก (Morelli และคณะ, 2003; El-Dakar และคณะ, 2007; Vitali และคณะ, 2010) ดังนั้นการศึกษาถึงผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลลูกปลานิลแดง (ทับทิม) ซึ่งเป็นปลาที่มีความนิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ ซึ่งมีปริมาณและมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และยังเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีรวมทั้งยาปฏิชีวนะในการป้องกันรักษาโรคระบาดที่เริ่มมีมากขึ้น เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

## งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์ แม็จ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สาหร่ายสไปรูลินา ก็เป็นแพลงก์ตอนพืช ที่มีโปรตีนสูงอยู่ระหว่าง 60-70% ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีรงควัตถุที่มีมูลค่าสูง อีกหลายชนิด เช่น phycocyanin, allophycocyanin, beta-carotene, chlorophyll-a และกรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัว เช่น gamma-linolenic acid ; GLA เป็นกรดไขมันจำเป็นตัวหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจทางการแพทย์ และอุตสาหกรรม รงควัตถุ

phycocyanin และ allophycocyanin สามารถนำมาใช้เป็นสารติดตามในงานด้าน immuno assays microscopy เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเรืองแสง และเป็นสารสร้างภูมิคุ้มกันให้กับสิ่งมีชีวิต (Nakamura, 1982; Venkataraman, 1983) สไปรูลินาเป็นแหล่งที่มาของวิตามิน 10 ชนิด คือ ไบโอดีน วิตามิน บี แคลเซียม แพนโทธีน กรดโฟลิก อินโนซิทอล กรดนิโคตินิก ไพร็อกซิน ไรโบฟลาวิน ไรโซมิน และวิตามินอี โดยเฉพาะวิตามินซี วิตามินบี มีคุณสมบัติ ด้านอนุมูลอิสระ (ยวดี, 2546)

สาหร่าย *Spirulina*, *Chlorella*, *Scenedesmus* มีการเพาะเลี้ยงในระบบเปิด ทั้งแบบ บ่อเปิด (open pond) และบ่อแบบลู่วิ่ง (race way pond) (Milledge, 2010) โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยง สาหร่าย *Spirulina* มีขั้นตอนการเลี้ยง และเก็บผลผลิตค่อนข้างง่าย ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ส่งเสริมการเพาะเลี้ยงแก่เกษตรกร เช่นการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* ในน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 100 % สาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งได้ผลผลิตเท่ากับ 0.70 กรัม/ลิตร มีโปรตีน 48-50 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 10-15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง ด้วยใช้น้ำทิ้งจากโรงอาหาร สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ผลดี (Promya et al., 2006) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กเพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวภาพสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่สามารถแบ่งได้แบบกว้าง ๆ 2 แบบ คือ การเพาะเลี้ยงในระบบปิด (close system) และระบบเปิด (open system) ซึ่งที่เป็นที่นิยมที่สุดในการวิจัยคือการเพาะเลี้ยงแบบปิด โดยอาศัย photobioreactor เนื่องจากสามารถควบคุมสภาวะได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนจาก จุลินทรีย์หรือสาหร่ายชนิดอื่น (Chisti, 2007) แต่มีข้อเสียคือการลงทุนเริ่มต้นที่มีราคาแพงจนไม่คุ้มค่าแก่การใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตน้ำมันชีวภาพ (Lee, 2001) แต่ในทางการผลิตมวลชีวภาพจากสาหร่ายในระดับอุตสาหกรรมในปัจจุบันนิยมใช้การเพาะเลี้ยงในระบบเปิด ทั้งแบบบ่อเปิด (open pond) และบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) (Milledge, 2010) มีการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* ที่ความเข้มข้นของน้ำทิ้งหอพักนักศึกษาที่ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพน้ำทางเคมี ดังนี้  $\text{NH}_3\text{-N}$   $1.44 \pm 0.56$  mg/l,  $\text{NO}_3\text{-N}$   $0.68 \pm 0.07$  mg/l,  $\text{PO}_4\text{-P}$   $0.49 \pm 0.12$  mg/l สาหร่าย *S. platensis* มีโปรตีนมากถึง 48 – 50 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 8-15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง และมี Carotenoids 187.89 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสาหร่ายแห้ง 1 กรัม (จงกล, 2545) และการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* ในน้ำทิ้งจากโรงอาหารที่ระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้ง 100 % สาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งได้ผลผลิตเท่ากับ 0.70 กรัม/ลิตร มีโปรตีน 48 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (Promya et al., 2006)

มีรายงานการวิจัยพบว่า ส่วนสกัดน้ำของสาหร่าย มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบในการทดลองฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH ฤทธิ์กำจัดอนุมูล superoxide และฤทธิ์ยับยั้งการเกิด lipid peroxidation ในหลอดทดลอง (in vitro) สไปรูลินา มีบทบาทในการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์

และระบบภูมิคุ้มกันโรค มีการนำสไปรูลินา มาใช้ในการรักษาโรค เช่น การลดปริมาณโคเลสเตอรอล ป้องกันมะเร็ง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรค เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (*Lactobacillus*) ในลำไส้ และปรับปรุงระบบการย่อยและดูดซึมสารอาหาร เนื่องมาจากมีผนังเซลล์ที่ไม่หนา สัตว์สามารถย่อยได้ง่ายจึงเหมาะในการใช้เป็นอาหารกุ้งและอาหารปลา จะทำให้ปลา มีอัตราการรอดตายสูงและมีอัตราการเจริญเติบโตดี (อมรรัตน์และบุษกร, 2543) สารคาโรทีนอยด์ทำหน้าที่ให้สีแก่สัตว์หลายชนิด มีประโยชน์ในการอำพรางกำบังตัว Astaxanthin และ  $\beta$ -carotene ยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิตวิตามินเอ ในสัตว์ปีกและปลา จากการศึกษาพบว่า Astaxanthin สามารถป้องกันการเหม็นหืนของไขมันได้ดีกว่า  $\beta$ -carotene ถึง 10 เท่า และสูงกว่า วิตามินอี ถึง 100 เท่า นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันโรค และเป็นการเพิ่มสีของเนื้อปลา Salmon (วุฒิพรและอัญชลี, 2548)

มีการใช้สาหร่าย *S. platensis* สดอนุบาล และเลี้ยงปลานิลแดงจนถึงระยะวางไข่ พบว่า ปลานิลมีอัตราการผสมพันธุ์ อัตราการฟักออกเป็นตัว และอัตราการรอดของลูกปลาสูงกว่าการใช้อาหารปลาทั่วไป และสาหร่าย *S. platensis* สดทำให้เนื้อปลา มีกรดไขมันจำพวก linoleic acid, gamma-linolenic acid สูงกว่าเนื้อปลาที่เลี้ยงในอาหารทั่วไป และเราสามารถเลี้ยงสาหร่าย หรือแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติ เพื่อผลิตอาหารปลา และสามารถลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร (Lu *et al.*, 2004) การทดลองของ Nandeesh *et al.* (1998) ได้ทดลองใช้ปลายี่สกเทศ พบว่าการแทนที่ปลาป่นด้วย สาหร่ายสไปรูลินาสูงกว่า 25% ส่งผลต่อ อัตราการแลกเนื้อ ที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และ การทดลอง วุฒิพร และอัญชลี (2548) การทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลินา 10% ผสมในอาหารปลาถูก มีผลให้ปลาถูกมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และปลาถูกมีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น และมีการทดลองใช้สาหร่ายสไปรูลินาผง 10-15 % ผสมในอาหารปลานิลแดง ทดแทนปลาป่นเพื่อให้โปรตีนในอาหารปลาเท่ากับ 30% มีผลให้ปลานิลแดงมีอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด และปลานิลแดง มีปริมาณของคาโรทีนอยด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น (จงกล และคณะ, 2546) มีการนำสาหร่าย *S. platensis* และ *Cladophora* อนุบาลปลาแฟนซีคาร์พ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์พ ที่ให้สาหร่าย *S. platensis* ผง มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย และคาโรทีนอยด์ที่สะสมในเนื้อปลา หลังการทดลอง มากกว่าอาหารผงทั่วไป และ สาหร่าย *Cladophora* ผง (จงกล และ เพ็ญรัตน์, 2546) ซึ่ง Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่า สาหร่าย สไปรูลินาเป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูงอีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามินและเกลือแร่ในปริมาณสูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลล์ลูโลส อย่างไรก็ตาม

ระดับการผสมสาหร่ายสไปรูลิना ในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรม การกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกัน

การทดลอง อนุบาลลูกปลานิลลาย โดยใช้อาหารผสมสาหร่าย ซึ่งมีจำนวนเม็ดเลือดแดงอยู่ระหว่าง  $1.91-2.83 \times 10^6 \text{ cell}/\mu\text{L}$  (Terry *et al.*, 2000) การเพิ่มขึ้นของ จำนวนเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ของภูมิคุ้มกัน อาจมาจากสารสีจำพวก phycocyanin ในสาหร่าย สไปรูลิना ซึ่งเป็นสารช่วยสร้างระบบภูมิคุ้มกัน Vonshak (1997) และ สไปรูลิना มีสารสีที่เรียกว่า คาโรทีนอยด์ ทำให้มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียด ทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้ดีขึ้น (Nakano *et al.*, 2003)

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด

กุ้งฝอย (*Macrobrachium lanchesteri*, De Man; Lanchester 's Freshwater Prawn หรือ Riceland prawn) เป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่พบอยู่ทั่วไปเป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย ใช้เป็นอาหารเพื่อการบริโภคของประชากรทุกระดับทั่วภูมิภาคของประเทศซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงทั้งโปรตีนและแคลเซียม ลำเนาวั (2546) กุ้งฝอยสามารถจำหน่ายได้ดีในปัจจุบัน โดยซื้อประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น พล่า แกงเลียง ทอดมัน ทอดใส่ไข่ โดยกุ้งฝอยมีรสชาติอร่อย นอกจากนี้ยังมีการนำกุ้งฝอยเป็นๆ ใส่ไว้ในตู้ปลาในร้านอาหารหรือร้านค้าภัตตาคารทั่วไปเพื่อจำหน่ายสด ซึ่งเป็นที่นิยมของลูกค้ามากในปัจจุบันหรือตามร้านค้าตลาดเย็น โดยใส่เครื่องให้อากาศไว้ในตู้ มีกุ้งเป็นตลอดเวลาจะทำให้กุ้งฝอยมีราคาสูง โดยเฉพาะในปัจจุบันนี้กุ้งฝอยแบบมีชีวิตราคาสูงมาก ในเขตจังหวัดสุรินทร์ บุรีรัมย์ และนครราชสีมา มีความต้องการอย่างต่ำวันละ 60-100 กิโลกรัมๆ ละ 160-200 บาท ส่วนในเขตภาคเหนือเน้นโดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ ศิริชัย (2549) รายงานว่าความต้องการของผู้บริโภค กุ้งฝอยของจังหวัดเชียงใหม่ มีสูงมากและส่วนใหญ่เป็นการจำหน่ายกุ้งสดที่ได้จากการจับจากแหล่งน้ำธรรมชาติจึงทำให้มีปริมาณกุ้งฝอยลดน้อยลง อีกทั้งราคาจำหน่ายสูง กิโลกรัมละ 200 บาท ถึง 300 บาท สถานที่จำหน่ายกุ้งประจำคือ ตลาดสดและส่งตรงถึงร้านอาหาร

กุ้งฝอยจะอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดทั่วไปทุกภาคของประเทศไทยตามแม่น้ำคลองบึง บ่อ ลำธารเล็กๆ และทะเลสาบที่มีน้ำนิ่งไหลเอื่อยๆ กุ้งฝอยเหล่านี้จะซ่อนตัวอยู่ตามใต้ก้อนหินหรือท่อนไม้ตามรูและระหว่างพรรณไม้น้ำต่างๆ ในแหล่งน้ำตามปกติแล้วจะพบกุ้งฝอยอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำลึกไม่เกิน 1 เมตร ในบริเวณที่มีสารอินทรีย์ (Organic matters) ทับถมกันมากๆ (วิทย์, 2504) นภาพรและสุริยา (2540) รายงานว่า กุ้งฝอยมักพบได้มากในแหล่งน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่



ในน้ำระหว่าง 4.5-5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความกระด้างของน้ำ 100-125 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างประมาณ 180-250 หน่วย และที่อุณหภูมิ 22.5-28.5 องศาเซลเซียส

### พรรณไม้น้ำ

บุญดี (2548); สุกัญญา (2548) รายงานการแบ่งประเภทพรรณไม้น้ำ ได้เป็น 5 ประเภท (ตามแหล่งที่อยู่อาศัยหรือแหล่งที่เจริญเติบโตได้ดี) คือ

1. พรรณไม้น้ำประเภทพืชลอยน้ำ (Floating plants) ได้แก่ จอก แหน ผักตบชวา และกระเจี๊ยบ (*Trapanatans*) เป็นต้น

2. พรรณไม้น้ำประเภทพืชลอยได้ผิวน้ำ (Suspended plant) สาหร่ายพวงกะโศ (*Ceratophyllum demersum*) สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) และต้นตะวาใบหางไก่ (*Blyxa japonica*)

3. พรรณไม้น้ำประเภทพืชท่อน้ำ (Submerged anchored/ Emerged plants) ได้แก่ สาหร่ายคาบอมบ้ำ (*Cabomba* sp.) สาหร่ายฉัตร (*Limnophila heterophylla*) ใส่ปลาไหล (*Bacly longifolia*) และเตป (*Vallisneria*) เป็นต้น

4. พรรณไม้น้ำประเภทพืชครึ่งบกครึ่งน้ำ (Amphibian plants) ได้แก่ พืชที่อยู่ในสกุลคริป (*Cryptocoryne*) บางชนิด สกุลเมซอน (*Echinodorus* sp.) ชนิดต่างๆ เป็นต้น

5. พรรณไม้น้ำประเภทพืชชายน้ำ (Marginal plants) ได้แก่ ผักเป็ดแดง (*Alternanthera sessilis*) รากคำใบยาว (*Microsorium pteropus*) รากคำใบใหญ่ (*Bolbitis heteroclita*) และชวามอส (*Vesicularia dubyana*) เป็นต้น

### ประโยชน์ของพรรณไม้น้ำ

1. ใช้เป็นแหล่งอาหารของคนและสัตว์โดยตรง เช่น ผักบู่ ผือก บอน ใสน้ำ ผักแว่น ผักกูด บัว และกระเจี๊ยบ เป็นต้น

2. เป็นแหล่งวางไข่และหลบภัยของสัตว์น้ำนานาชนิด เช่น รากของผักตบชวา ตามใบมีสาหร่ายมาเกิด และเจริญเติบโตอยู่

3. การเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำ

4. สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียเนื่องจากสามารถดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น ผักตบชวา และรูปถ่าย

5. มีความสำคัญทางเศรษฐกิจใช้เป็นพันธุ์ไม้น้ำสวยงามประดับตู้ปลา ทำให้เกิดธุรกิจพันธุ์ไม้น้ำในประเทศและส่งออกต่างประเทศ

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งในตระกูลปลาหมอสี (Cichidae) ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรก เมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2508 โดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะแห่งประเทศญี่ปุ่น เมื่อครั้งดำรงพระอิสริยยศมกุฎราชกุมารในขณะนั้น ได้ทอดเกล้าฯ ถวายพันธุ์ปลา จำนวน 50 ตัว แต่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ในระยะแรกพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ พระตำหนักจิตรลดารโหฐาน พระราชวังดุสิต และต่อมาได้พระราชทานชื่อว่า ‘ปลานิล’ และทรงพระราชประสงค์ให้มีการเพาะขยายพันธุ์ เพื่อเป็นอาหารของคนไทยมาจนกระทั่งถึงปัจจุบัน

กระเทียม (*Allium sativum*) เป็นไม้ล้มลุกในวงศ์ Alliaceae ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 84.1 สารอินทรีย์ร้อยละ 13.4 และสารอนินทรีย์ร้อยละ 1.5 ส่วนใบมีน้ำร้อยละ 87.1 สารอินทรีย์ร้อยละ 11.3 และสารอนินทรีย์ร้อยละ 1.6 มีสารสำคัญ คือ สารกำมะถันที่ทำให้เกิดรสเผ็ดร้อน ได้แก่ ไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (diallyl disulfide) เป็นสารที่ให้กลิ่นฉุน และเอนไซม์อัลลิเนส (allinase) ที่เปลี่ยนสารอินทรีย์กำมะถันอัลลิอิน (alliin) ให้เป็นน้ำมันหอมระเหยอัลลิซิน (allicin) เป็นสารที่กระตุ้นให้มีรสชาติเอิร์ดอโรย น้ำมันกระเทียม (garlic oil) ที่ได้จากการนำหัวกระเทียมสดมากลั่นด้วยอินูลิน (inulin) เป็นพรีไบโอติกสำหรับแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ และสารอาหารหลายชนิด เช่น เหล็ก แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แมงกานีส สังกะสี แคลเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี เป็นต้น (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; ประเสริฐ, 2550) เมื่อปี พ.ศ. 2548 กระเทียมยังได้ถูกจัดให้เป็นสิ่งที่นิยมนำไปปรุงอาหารเป็นอันดับที่ 6 ของโลก Wadaan (2009) รายงานว่า ให้แม่หนูกินน้ำมันกระเทียมวันละ 0.8 ml และท้องติดต่อกันทันทีหลังคลอดลูก พบว่า ลูกหนูทุกกลอก มีสุขภาพแข็งแรง มีอัตราการรอด Metwally (2009) รายงานว่า การเลี้ยงปลานิลด้วยผสมอาหารกระเทียมสด กระเทียมผง และน้ำมันกระเทียม ช่วยให้อัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น และช่วยให้เลือดและตับมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีขึ้น ในขณะที่ Somasundara และคณะ (2010) รายงานว่า แม่หนูที่กินสารสกัดกระเทียมสดด้วยน้ำร้อนในปริมาณต่ำ จะช่วยเสริมการพัฒนากายของมดลูก รังไข่และฟอลลิเคิล แต่ในแม่หนูที่กินสารสกัดในปริมาณสูง จะยับยั้งการเจริญของมดลูก รังไข่และฟอลลิเคิล อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคาดว่าในสารสกัดกระเทียมนี้ มีสารยับยั้งการทำงานของเอสโตรเจน (anti-estrogenic effect) โดยการจับกับ estrogen receptor

กวาวเครือขาว (*Pueraria candollei*) เป็นไม้เถาในวงศ์ Leguminosae ได้ถูกนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรและเวชสำอางเพื่อรักษาความงาม เนื่องจากส่วนหัวประกอบด้วยสารกลุ่มไฟโตเอสโตรเจน ได้แก่ ไมโรเอสโตรอล (miroestrol) และ ไดออกซีไมโรเอสโตรอล (deoxymiroestrol) และสารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) ได้แก่ พิวราริน (puerarin) คา

อิดซิน (daidzin) เจนิสทิน (genistin) คาอิดเซน (daidzein) และ เจนิสเตน (genistein) มีรายงานว่า ไฟโตเอสโตรเจนจากถั่วเหลืองมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ทั้งเพศผู้และเพศเมีย โดยช่วยเพิ่ม ปริมาณ FSH และ LH ในกระแสเลือด และเพิ่มน้ำหนักรังไข่ของมดลูก (Malaivijitnond et al., 2004) สามารถเพิ่มช่วงการตกไข่และ รอบเดือนในลิงได้ (Trisomboon et al., 2004) และช่วยลดปริมาณ FSH และ LH ในลิงเพศเมียวัยหมดประจำเดือน (Trisomboon et al., 2006) ส่วนสารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีกลไกการทำงานเช่นเดียวกับไฟโตเอสโตรเจน พบว่า มีปริมาณที่แตกต่างกันใน ถั่วเหลืองจากต่างท้องถิ่น (Cherdshewasart et al., 2007) และ พิวราลิน มีประสิทธิภาพในการ ต้านอนุมูลอิสระได้ (Cherdshewasart and Sutjitb, 2007) และได้พบว่า สารสกัดถั่วเหลืองด้วย เอทานอล มีผลกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของ น้ำหนักตัว ความยาวตัว และน้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์ ในกบ นนา และทำให้กบเพศผู้และแสดงลักษณะที่ปนกันของรังไข่และอัณฑะ (ทาร์นิ, 2553) นอกจากนี้ยัง ได้พบว่า สารสกัดถั่วเหลืองสามารถแปลงเพศกบนาให้เป็นเพศเมียได้ (บัญญัติ, 2554)

ถั่วเหลือง (*Butea superba*) ไม้เถาขึ้นต้นขนาดใหญ่ในวงศ์ Leguminosae ประกอบด้วยสารไฟโตแอนโดรเจน และไอโซฟลาโวนอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ butesuperins A และ B (Ma et al., 2005) มีรายงานว่า สารสกัดฟลาโวนอยด์และฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์จากถั่วเหลือง มีฤทธิ์ยับยั้งไซคลิกเอเอ็มพี ฟอสโฟไดเอสเทอเรสอย่างแรง (Roengsumran et al., 2000) จากการทดสอบให้ผู้ป่วยชายที่มีอาการหย่อนสมรรถภาพทางเพศทานผงถั่วเหลือง พบว่า ช่วย รักษาอาการได้ (Cherdshewasart and Nimsakul, 2003) อย่างไรก็ตาม พบว่า ชายที่ได้รับสารสกัด ถั่วเหลืองด้วยน้ำเป็นเวลานาน จะมีผลต่อฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน และ LH (Cherdshewasarta et al., 2008) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) เป็นไม้ยืนต้น ในวงศ์ Euphorbiaceae ผลมะขามป้อม จัดว่ามีวิตามินซีสูงกว่าผลไม้ชนิดใดๆ (Majeed et al., 2009) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสาร ออกฤทธิ์ที่สำคัญ ได้แก่ สารออกฤทธิ์ในกลุ่ม alkaloids, benzenoids, ascorbic acid, furanoloatones, diterpenes, triterpenes, flavonoids, sterols, carbohydrates แทนนินเฉพาะ (emblicanin-A, emblicanin-B, pedunculagin, punigluconin) (สุพนิดาและคณะ, มปป.) และโปรตีนหลายชนิด (glutamic acid, proline, aspartic acid, alanine และ lysine) (Barthakur and Arnold, 1991) มี ประสิทธิภาพทางเภสัชวิทยาในหลายด้าน เช่น แก้อาการปวดท้อง ด้านแบคทีเรีย ต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มภูมิคุ้มกัน (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) และ จำนงค์ บุญเลิศ เจ้าของจำนงค์ฟาร์ม ได้พบว่า การใช้มะขามป้อมผสมอาหาร ช่วยให้พ่อแม่ปลานิลมี น้ำเชื้อและไข่ในฤดูหนาวได้

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย

ปลานิล *Oreochromis nilotica* เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 เป็นต้นมา สามารถเลี้ยงได้ในทุกสภาพ การเพาะเลี้ยงในระยะเวลา 8 เดือน – 1 ปี สามารถเจริญเติบโตได้ถึงขนาด 500 กรัม เนื้อปลามีรสชาติดี มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง ขนาดปลานิลที่ตลาดต้องการจะมีน้ำหนักตัวละ 200 – 300 กรัม จากคุณสมบัติของปลานิลซึ่งเลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว สามารถกินอาหารธรรมชาติได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ มีความสามารถสูงในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี คือ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในอุณหภูมิน้ำ 10-40 องศาเซลเซียส และสามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาพที่ถูกกักขังในที่แคบ เช่น บ่อเลี้ยงหรือกระชังได้ และสามารถเจริญเติบโตได้ดีเหมือนในธรรมชาติ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ปลานิล จึงถูกนำมาเพาะเลี้ยงในบ่อและกระชังในหลายประเทศเกือบทั่วโลก ยกเว้นประเทศที่มีอุณหภูมิหนาวจัดเท่านั้น เพราะปลานิลสามารถเข้ามาทดแทนความขาดแคลนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ในบางประเทศที่ แห้งแล้งทุรกันดารได้เป็นอย่างดี จนได้ชื่อว่า “Aquatic Chicken” ปลานิล จึงกลายเป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงในเกือบทุกประเทศ และเป็นปลาที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของประเทศไทยและของโลกด้วย (เสนห์, 2552)

อาหารเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเพาะเลี้ยงปลานิล โดยระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของปลานิลแต่ละช่วงอายุจะแตกต่างกัน ลูกปลาวัยอ่อนและลูกปลานี้ว จะต้องการอาหารที่มีระดับโปรตีนประมาณ 32-40 % แต่ในปลาใหญ่ต้องการระดับโปรตีนประมาณ 27-34 % เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารได้ทุกชนิด ทำให้สามารถกินอาหารธรรมชาติที่มีอยู่ในบ่อ เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงและสัตว์เล็กๆ ที่อยู่ในบ่อ ตลอดจนสาหร่ายและแพลงก์ตอนได้ด้วยเช่นกัน การให้อาหารจะให้อาหาร 5% ของน้ำหนักปลาที่เลี้ยง เพราะหากให้อาหารมากเกินไป ปลาจะกินไม่หมด เสียค่าอาหารไปโดยเปล่าประโยชน์ และยังทำให้น้ำเน่าเสีย เป็นอันตรายแก่ปลาได้ (กรมประมง, 2551) การศึกษาการย่อยอาหารโดยวิธี *in vitro* digestibility เป็นวิธีการดัดแปลงจาก Rungruangsak-Torissen *et al.*, 2002 มีการศึกษา โดยยุทธนา และ คณะ, 2550 ศึกษาความสามารถในการย่อยอาหารของเอนไซม์ที่มาจาก เฮพาโตแพนเรียส กระเพาะและ ลำไส้ ของกุ้งขาว กุ้งก้ามกราม และ กุ้งกุลาดำ ในการย่อยวัตถุดิบอาหาร จำนวน 12 ชนิด พบว่า วัตถุดิบอาหารที่กุ้งย่อยได้ดี คือ ปลาข้าว wheat gluten *Spirulina* sp. และ ยีสต์

## งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้

กลิ่นโคลน ที่สำคัญซึ่งพบในสัตว์น้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยง คือ กลิ่นโคลน (musty/earthy off-flavor) ส่งผลกระทบต่อการนำเข้าสู่สัตว์น้ำและอุตสาหกรรมทางด้านประมงอย่างมาก เนื่องจากกลิ่นโคลนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสัตว์น้ำไม่ยอมรับ (Persson, 1982) โดยสัตว์น้ำที่พบปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ปลากดอเมริกัน (Martin *et al.*, 1990) ปลาแซลมอน (Farmer *et al.*, 1995) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Form and Horlyck, 1984) ปลาแฮร์ริง และปลาคาร์พ (Yurkowski and Tabachek, 1980) หอยกาบ (Tanchotikul and Hsieh, 1990) กุ้ง (Lovell and Broce, 1985)

กลิ่นโคลนเกิดจากสารที่จำเพาะเจาะจงหลายอย่าง ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ แต่สารที่เป็นตัวหลักที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนมี 2 ชนิด คือ จีออสมิน ( $1\alpha$ ,  $10\beta$ -dimethyl-9  $\alpha$ -decalol: geosmin) และเอ็มไอบี (2-methylisoborneol: MIB) โดยเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (Saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเทอร์ปีน (terpene pathway) โดยสารประกอบจีออสมินสร้างขึ้นจากสารประกอบฟานิล-ไพโรฟอสเฟต (Farnesyl-PP) และสารประกอบเอ็มไอบีสร้างขึ้นจากสารประกอบเจอรานิล-ไพโรฟอสเฟต (Geranyl-PP) จีออสมินเป็นสาร secondary product จากปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ (isoprenoid pathway) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยจีออสมินจะเกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในคาโรทีนอยด์ พาทเวย์ (carotenoid pathway) และขั้นตอนการเกิดโฟโตเทล (phototial) ของคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll *a*) ดังนั้น จีออสมินจึงเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเหตุนี้เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตที่จำกัดสารประกอบจีออสมินจึงถูกสะสมเพิ่มขึ้น แต่ก็พบว่าสัดส่วนของจีออสมินกับคลอโรฟิลล์ เอจะมีความไม่แน่นอน ส่วนสารประกอบเอ็มไอบีถูกสังเคราะห์โดยไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ เช่นเดียวกับจีออสมินในสิ่งมีชีวิตกลุ่ม *Actinomycetes* spp. และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Van Der Ploeg, 1989)

ปัญหากลิ่นโคลนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปลากินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรงหรือมีการปนเปื้อนกับสิ่งที่ปลากิน หรือผ่านเข้าสู่ตัวปลาโดยการดูดซึมในส่วนของอวัยวะต่างๆ (Tanchotikul, 1990) สัตว์น้ำสามารถดูดซึมสารเมแทบอลิต์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนผ่านเหงือกหรือเนื้อเยื่อต่างๆ ที่สัมผัสน้ำ มากกว่าการกินสาหร่ายหรือแบคทีเรียที่ผลิตสารโดยตรง (Form and Horlyck, 1984) ไปสะสมอยู่ในร่างกายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง (Martin *et al.*, 1990) ส่วน Rungreungwudhikrai (1995) ที่พบว่าปลานิลจากบ่อเลี้ยงในภาคกลางมีความเข้มข้นของสารกลิ่นโคลนในเนื้อที่สูง เมื่อใช้อาหารสำเร็จรูปรวมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใส่ปุ๋ยเรียม

ผลให้ปริมาณสารกลืนโคลนในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียว พบว่ามีผลให้สารกลืนโคลนในเนื้อปลาดำ

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสะสมกลืนโคลนในสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสารอาหารในน้ำ โดย Sivonen (1982) รายงานว่า ในสภาวะที่ธาตุอาหารในน้ำสูงมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารสัตว์น้ำที่มากเกินไป ส่งผลทำให้มีอาหารตกค้างภายในบ่อ หรือเกิดจากการเลี้ยงปลาที่หนาแน่นเกินไป และระบบการจัดการในการเลี้ยงที่ไม่ดี ก็เป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ก้นบ่อมาก ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาควรมีการจัดการเกี่ยวกับระบบน้ำที่จะใช้ทำการเพาะเลี้ยง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงชีวภาพ (Yurkowski and Tabachek, 1980) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงช่วง 25–35 °C โดย Martin *et al.* (1987) พบว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 °C จะทำให้ปลามีกลืนโคลนเกิดขึ้นได้ ส่วน Johnsen and Lloyd (1992) กล่าวว่า การดูดซึมและสะสมสารที่ก่อให้เกิดกลืนโคลนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณไขมันในปลา โดยปลาที่มีปริมาณไขมันมากสามารถสะสมสารประกอบกลืนได้มากกว่าปลาที่มีไขมันต่ำ

การป้องกันและกำจัดกลืนไม่พึงประสงค์

1. การป้องกันกลืนโคลนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง ปัญหาการกลืนโคลนที่พบในสัตว์น้ำมักเกิดขึ้นกับฟาร์มที่มีระบบการจัดการที่ไม่ดี ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ดังนั้น ฟาร์มต่างๆ ควรมีระบบการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดกลืนโคลนขึ้น (ทวิทรัพย์, 2542) แต่เนื่องจากการควบคุมการเจริญของสิ่งมีชีวิตที่สร้างสารให้กลืนโคลนเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ถ้าสภาพน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่ผลิตสารให้กลืนโคลนอยู่มาก แต่ก็ได้ Lovell (1976) แนะนำว่า ควรมีวิธีการให้อาหารและการควบคุมปริมาณอาหารให้เหมาะสม และให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลืนโคลนหรือถ้าเป็นไปได้ควรทำการเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงเพื่อกำจัดเศษอาหารที่เหลือในบ่อ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปลาเกิดปัญหามีกลืนโคลนรุนแรงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เกษตรกรจึงหาวิธีการต่างๆ เพื่อที่จะกำจัดและควบคุมไม่ให้ปลามีกลืนโคลน ก็มีการปฏิบัติกันมากในเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา catfish ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต เติมลงในน้ำเพื่อทำลายเซลล์สาหร่าย แต่วิธีนี้ก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อลดลงและเป็นการแก้ปัญหาเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะสารให้กลืนโคลนที่สะสมอยู่ในอนุภาคต่างๆ ของเซลล์แตก และถูกดูดซึมเข้าสู่ตัวปลาอย่างรวดเร็ว (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) อีกทั้ง สารประกอบที่ให้กลืนโคลนทั้งจีโอสมินและเอ็มไอปียังทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีจึงยากที่จะใช้สารเคมีกำจัดให้หมดไป

2. การกำจัดกลิ่นโคลนในปลามีชีวิต ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาวิธีการกำจัดกลิ่นโคลนที่เหมาะสมและให้ผลดี คือ การกักปลาไว้ในบ่อจนกว่ากลิ่น-รสชาติขึ้นหรือย้ายปลามาพักในบ่อที่มีน้ำสะอาดหลังจากจับปลามาในสภาพยังมีชีวิต เพื่อให้ปลากำจัดกลิ่นออกจนกว่าคุณภาพทางด้านกลิ่น-รสชาติเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม ยังคงไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดในการกำจัดกลิ่นโคลนออกจากตัวอย่าง (Johnson *et al.*, 1996) ในปลาคอมเมิร์กันสามารถลดกลิ่นโคลนลงได้ด้วยการพักปลาไว้ในน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองมาแล้วเป็นเวลาหลายวัน แต่ก็พบว่าการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาจะช้าลงเมื่อระดับของสารให้กลิ่นโคลนที่พบมีระดับต่ำลง (Yurkowski and Tabachek, 1980)

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**

“ปลาดุก” เป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีการเลี้ยงโดยกลุ่มเกษตรกรรายย่อยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์และบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย (ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) และถือได้ว่าเป็นปลาอีกชนิดหนึ่งที่เลี้ยงค่อนข้างง่าย แต่ในความง่ายก็ใช่ว่าเมื่อทำการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างจริงจังแล้ว ผู้เลี้ยงปลาดุกทุกรายจะสามารถเลี้ยงแล้วมีกำไร เพราะโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีปัจจัยอันมากกระทบมากขึ้น ชัดเจนที่สุดคือเรื่องต้นทุนการเลี้ยงการจัดการน้ำและสถานการณ์ด้านราคาขาย (นิตยสารธุรกิจสัตว์น้ำ, 2553) อีกทั้งปัจจัยผลกระทบที่มาจากข้อตกลงการเปิดเสรีการค้าไทย-อาเซียน ซึ่งมีผลบังคับใช้มาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2553 โดยการเปิดเสรีรับสินค้าปลาและผลิตภัณฑ์เข้าประเทศในกลุ่มอาเซียนด้วยกันโดยไม่ต้องเสียภาษีนั่น มีผลกระทบโดยตรงต่อกลุ่มผู้เลี้ยงปลาน้ำจืดรายย่อยของไทยที่ยังไม่พร้อมในการแข่งขันระหว่างประเทศได้ (ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) เพราะการทะลักเข้ามาของสินค้าปลาและผลิตภัณฑ์จากประเทศอื่นๆ มายังตลาดภายในประเทศไทยในขณะนี้ ทำให้ราคาจำหน่ายปลาดุกและปลาน้ำจืดอื่นๆ ของเกษตรกรรายย่อยมีราคาสูงกว่าปลาและผลิตภัณฑ์จากประเทศเพื่อนบ้าน หากรัฐบาลไทยไม่ชะลอการเปิดตลาดการค้าเสรีประมงนี้อีกต่อไปนั้น ผลประโยชน์ก็จะเกิดขึ้นเฉพาะกลุ่มบริษัทธุรกิจทางการเกษตรรายใหญ่ของไทยและต่างประเทศเพียงบางกลุ่มเท่านั้น เกษตรกรรายย่อยคงจะต้องปรับตัวเชิงธุรกิจโดยการยอมเข้าเป็นกลุ่มลูกข่ายของบริษัทรายใหญ่เท่านั้นจึงจะอยู่รอดได้ ในลักษณะแบบจำยอมให้เขาเอารัดเอาเปรียบอีกต่อไปอย่างไม่มีทางเลือก เพราะเมื่อเกษตรกรรายย่อยเข้าร่วมเป็นลูกข่ายในเครือบริษัทใหญ่นั้นจะมีต้นทุนการผลิตปลาดุก เช่น ค่าลูกพันธุ์ ค่าอาหาร ค่ายาและสารเคมีอื่นๆ ประมาณกิโลกรัมละ 27-28 บาท บริษัทจะรับซื้อผลผลิตปลาดุกที่ได้ขนาดตามกำหนดไว้ราคาปากบ่อกิโลกรัมละ 33 บาท (วารสารทำมาหากิน,

2548) นั้นหมายความว่าเกษตรกรจะได้รับเงินส่วนต่างที่ 4-5 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ในขณะที่ราคาจำหน่ายปลาสดเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2552 มีราคาเฉลี่ยทั้งประเทศที่กิโลกรัมละ 38-41 บาท (สถานการณ์การผลิต การตลาดและราคาปลาในประเทศ, 2552 ; ภูมิไทยฟาร์ม, 2554) แต่ทั้งนี้เกษตรกรยังไม่ได้คิดค่าการใช้ที่ดิน (เพราะเป็นของตนเองและครอบครัวไม่ต้องเช่าซื้อเพื่อลงทุน) ค่าเสื่อมสภาพอุปกรณ์ ค่าการเสียโอกาสการใช้ที่ดินสร้างประโยชน์อย่างอื่นและค่าความเสี่ยงจากภัยพิบัติธรรมชาติ ฯลฯ ดังนั้นถ้าหากเกษตรกรรายย่อยรายใด ที่ต้องการเลี้ยงปลาดุกแบบลดต้นทุนเพื่อผลิตปลาดุกขายในราคาที่อยู่ในตลาดได้ต่อไปนั้น การนำระบบชีววิถีเข้ามาประยุกต์ใช้นับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยรักษาอาชีพอิสระของตนเองและชุมชนเกษตรกรรายย่อยไว้ได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ระบุตรงกันว่า ระบบชีววิถีหรือเทคนิคชีววิถีสามารถช่วยลดต้นทุนเสริมประสิทธิภาพการผลิต และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ( บุญญติ และคณะ, 2552 ; บุญญติ และ ขจรเกียรติ, 2553 ; ประพัฒน์พงศ์, 2553 ; พัทรี, 2552 ) .

การใช้เทคนิคชีววิถีโดยนำผักตบชวามาช่วยดูดซับธาตุอาหารส่วนเกินในแหล่งน้ำนี้ มีการศึกษาโดยนักวิจัยต่างมาเป็นเวลานานแล้ว ( American Public Health Association, 1989 ; Abdelhamid and Gabra, 1991; Abdel-Hamid et al., 1992; Agami et al., 1990; Ahmed et al., 1995 ; Akcin et al., 1994; Aoyama et al., 1993; Babu et al., 1988; Baldwin et al., 1974; Baldwin, 1975; Bashmacova, 1990; Benicio et al., 1993 ; Berto et al., 1988; Bierman and Dolan, 1981; Biobaku and Ekpenyong, 1991; Biswas and Mandal, 1988; Biswas and Mandal, 1989; Blachier, 1990; Bloesch, 1977; Bolenz et al., 1990; Borhami et al., 1995; Borhami et al., 1995; Bratli, 1994; Bucka and Zurek, 1992; Maden et al., 1998; Sesli and Tuzen 1999 ) ทั้งนี้เนื่องจากระบบรากของผักตบชวาสามารถกรองตะกอนแขวนลอย ดูดซับธาตุอาหาร และเป็นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตใต้น้ำต่างมากมาย โดยเฉพาะสิ่งมีชีวิตในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ จะช่วยทำให้น้ำเลี้ยงปลาดุกเน่าเสียน้อยลงได้จากการย่อยเศษอาหารและปฏิภูมิดังกล่าวเร็วขึ้น โดยทั่วไปคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกควรมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 3 ppm ( Swingle, 1969 ) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำควรอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 ( เมฆ, 2530 ) ค่าความเป็นด่าง ( Alkalinity ) และค่าความกระด้างของน้ำ ( Hardness ) ควรอยู่ในช่วง 20 -300 ppm และระดับค่าความเป็นด่าง-ค่าความกระด้างควรมีระดับใกล้เคียงกัน ( ไมตรี, 2524 ) ปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลาดุกควรควบคุมให้อยู่ต่ำกว่า 2.5 ppm ( ปกรณ์, 2530 ; ไมตรี, 2524 ) Colman *et al.* ( 1981 ) รายงานว่า ไนโตรดจะเป็นพิษกับปลา Channal catfish โดยจะไปจับตัวกับ Haemoglobin ในเลือดทำให้เลือดปลาจับออกซิเจนได้น้อยลง Boyd ( 1979 ) รายงานว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติมักไม่เกิน 1.0 ppm แต่ปริมาณฟอสเฟตที่พบในบ่อเลี้ยงปลา มักมีปริมาณสูง ไมโครไบโอเทค ( 2536 )



รายงานถึงการสะสมของของเสียและสิ่งขับถ่ายที่พื้นก้นบ่อปลาทำให้เกิดสภาพเน่าเสียและมีก๊าซพิษเช่น แอมโมเนีย ก๊าซไข่เน่า และก๊าซไนไตรต์เป็นต้น อันมีผลทำให้ปลาเครียด กินอาหารลดลง เติบโตช้า อ่อนแอและมีโอกาสเป็นโรคสูง ดังนั้นนักวิจัยของไมโครไบโอเทคจึงพยายามนำเทคนิคชีววิถีมาปรับใช้โดยการเติม “แบคโตเซล” (Bactocell) ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ช่วยกำจัดของเสียที่พื้นก้นบ่อปลา พร้อมทั้งปรับสภาพน้ำและกำจัดแอมโมเนีย โดยมีอัตราการใช้ประมาณ 500 กรัม/1 ไร่ และใช้ติดต่อกันทุกๆ 15 – 30 วัน นอกจากนี้ยังการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์กลุ่ม Probiotic ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อช่วยขจัดสารพิษแอมโมเนีย ไนไตรต์ และก๊าซไข่เน่าจากทั้งน้ำและดินตะกอน (Grommen และ Verstraete, 2002 ; Gross *et al.*, 2003) การใช้เทคนิคชีววิถีโดยเน้นการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่เพาะเลี้ยงขึ้นโดยตรงมาใช้ในบ่อดานนั้นมักพบว่าราคาต้นทุนมักสูงกว่าการทำให้เป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพ ดังนั้น ในช่วงเวลาต่อมาเกษตรกรจึงประยุกต์การทำปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อผลิตจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ดังกล่าวขึ้นเอง โดย สุริยา (2542) รายงานถึงการให้ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่อุดมไปด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์นี้ไปใช้บำบัดน้ำเสียและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือแม้กระทั่งการนำไปผสมอาหารให้สัตว์น้ำกินโดยตรง ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติวิเศษ (2537) ได้เผยแพร่องค์ความรู้การใช้จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ (EMs) ทางการประมงชีววิถีว่า สามารถใช้เพื่อรักษาคุณภาพน้ำและสุขภาพสัตว์น้ำได้เป็นอย่างดี โดยแนะนำให้ใช้ในอัตรา 1 : 10,000 หรือใช้จุลินทรีย์ 1 ลิตร / น้ำ 10 ลบ.ม. ใส่ทุกๆ 7-10 วัน แล้วแต่สภาพน้ำและอัตราความหนาแน่นของสัตว์น้ำ การผสมจุลินทรีย์ในอาหารสัตว์น้ำแนะนำให้ใช้ 1 ส่วน / น้ำ 50-100 ส่วน คลุกเคล้ากับอาหาร (ประมาณ 1 ลิตร / อาหาร 10-15 กก.) การใช้จุลินทรีย์ดังกล่าวนอกจากจะช่วยมิให้น้ำเน่าเสียเร็วแล้ว ยังช่วยให้สุขภาพสัตว์น้ำดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับ อาณัฐ (2549) ที่รายงานว่า จุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ทางการเกษตรมีหลายกลุ่ม ในทางการประมงนั้นมักนิยมเลือกจุลินทรีย์กลุ่มที่มีความสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์หรือเซลลูโลสได้ดี ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้มักประกอบไปด้วยแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิต และโปรโตซัว เช่น *Bacillus* , *Aspergillus* , *Trichoderma* , *Penicilium* และ *Thermoactinomyces* เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้พบได้ทั่วไปในระหว่างการสลายตัวของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ซากพืช ซากสัตว์ ใบไม้ กิ่งไม้ เศษหญ้า และขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆทำให้เกิดปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ น้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น ในปุ๋ยหมักที่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ค่อนข้างดีจะพบว่าในทุกๆ 1 กรัมของปุ๋ยหมักจะมีแบคทีเรีย 150-300 ไมโครกรัม และพบแบคทีเรียที่มีกิจกรรมสูง (Active) ประมาณ 15-30 ไมโครกรัม มีเชื้อรา 150-200 ไมโครกรัม เชื้อราที่มีกิจกรรมสูง 2-10 ไมโครกรัม มีโปรโตซัวประมาณ 10,000 ตัว/ 1 กรัมของน้ำปุ๋ยหมัก นอกจากนี้ยังมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายฟอสเฟสได้ เช่น *Bacillus* , *Aspergillus* , *Thiobacillus* , *Penicilium* และ *Rhizopus* เป็นต้น

ระบบชีววิถีโดยการใช้ผักตบชวานี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลในการดูดซับแคดเมียมในบ่อกักน้ำเสียของคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้ได้อีกทางหนึ่งด้วย ( บัญญัติ และคณะ, 2549 ; Bunyat et al, 2007 ) โดยพบว่าทั้งปลานิลและผักตบชวาสามารถใช้เนื้อเยื่อร่างกายดูดซับแคดเมียมได้ ปลานิลจากบ่อกักน้ำเสียนี้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ตามปกติ ถึงแม้ว่าปลานิลจากบ่อกักน้ำเสียจะไม่สามารถนำมารับประทานได้ แต่เราก็สามารถนำปลานิลจากบ่อกักน้ำเสียที่มีปริมาณสะสมแคดเมียมในเนื้อเยื่อประมาณ 54.06 มิลลิกรัม/กรัม นี้ไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารเลี้ยงจระเข้ น้ำจืดให้มีขนาดลำตัวยาวกว่าปกติได้ ( Bunyat, 2008 )

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)

การทำแห้ง (drying) เป็นกระบวนการแปรรูปที่ช่วยในการถนอมรักษาอาหารให้เก็บได้ยาวนาน การทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำอิสระในอาหาร เป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร และช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารได้เป็นอย่างดี ผลของการทำแห้งต่ออาหารได้รับความสนใจศึกษาเป็นอย่างมาก

วิธีการทำแห้งสาหร่ายเกลียวทองของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาทำโดยการนำสาหร่ายเกลียวทองที่ผ่านการกรอง มาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชม. หลังจากนั้นจึงนำไปบดละเอียด บรรจุในถุงฟอยล์ และส่งไปห้องบรรจุแคปซูลต่อไป ยังสามารถทำแห้งโดยวิธีอื่น ๆ ได้อีก ได้แก่ การตากแดด (Sun-drying) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar-drying) การอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum-drying) การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-drying) และการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze-drying) (ไพบรมา, 2546) การตากแดดเป็นวิธีที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่ไม่ถูกสุขลักษณะและขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ วิธีนี้มักใช้กับสาหร่ายที่ต้องการนำมาเป็นอาหารสัตว์ วิธีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ทำง่าย ๆ โดยใช้ไม้ทำเป็นกล่องภายในทาสีดำและปิดด้วยกระจกหนา 2 มม. เพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในประมาณ 60-65 องศาเซลเซียสจากการศึกษาพบว่าได้ผลดีเมื่อใช้กับสาหร่ายเกลียวทองซึ่งแผ่ให้หนาประมาณ 2-3 มม. ใช้เวลา 5-6 ชั่วโมง วิธีการอบแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นการทำแห้งโดยให้สาหร่ายสัมผัสกับพื้นผิวโลหะที่ร้อนโดยตรงทำให้ความชื้นในสาหร่ายระเหยไปประกอด้วยลูกกลิ้งโลหะเดี่ยวหรือคู่ภายในกลวง และมีไอน้ำร้อนไหลเวียนอยู่ลูกกลิ้งถูกตรึงให้หมุนรอบแกนในแนวนอนด้วยความเร็วที่สามารถปรับได้ตามต้องการมีเครื่องป้อนสาหร่ายให้เป็นชั้นบางๆบนผิวลูกกลิ้งมีใบมีดติดอยู่ที่ตำแหน่ง

หนึ่งบนลูกกลิ้ง สำหรับบุญสมฟาร์ม ได้ทำการอบแห้งสาหร่ายสไปรูลินาในตู้อบ โดยควบคุมอุณหภูมิการอบที่  $70 \pm 5$  องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบประมาณ 8-12 ชม. การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาจทำให้เกิดการสลายตัวของรงควัตถุได้มากยิ่งขึ้น อาทิเช่น การอบแห้งเปลือกทับทิมที่ 40, 60 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่าสีแดง ( $a^*$ ) และปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ฤทธิ์ชัยและคณะ, 2554)

ในทางตรงกันข้ามพบว่าการอบแห้งมีผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ในตระกูลกระเพรา (*Lamiaceae*) ได้แก่ โรสแมรี่ ออริกาโน มาจอแรม เสง เบซิลและไธม์ พบว่าการทำแห้งมีผลให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงกว่าพืชสดเมื่อคำนวณค่าเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้งเหมือนกัน เนื่องจากการทำแห้งทำให้เซลล์พืชเกิดลักษณะแห้งกรอบ ช่วยให้การปลดปล่อยสารต้านออกซิเดชันออกมาจากเซลล์พืชเกิดได้ดียิ่งขึ้น (Hossain et al., 2010)

การออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับออกซิเจนที่มีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และพลังงานแก่ร่างกาย แต่ในเวลาเดียวกันจะเกิดสารอื่นที่ร่างกายไม่ต้องการด้วย เช่น สารซูเปอร์ออกไซด์ ออกซิเจนที่มีฤทธิ์แรงทางเคมี เป็นต้น ที่เป็นที่ยู้งักกันโดยทั่วไปว่าเป็น อนุมูลอิสระ (free radical) อนุมูลอิสระจะไปแย่งอิเล็กตรอนของโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียง และเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น เมื่ออนุมูลอิสระรวมกับโมเลกุลไขมันในเซลล์เยื่อใด โมเลกุลของไขมันนั้นจะกลายเป็นโมเลกุลที่สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนอื่น ๆ เกิดเป็นอนุมูลไขมันเปอร์ออกไซด์ ในเวลาเดียวกันอนุมูลที่อยู่ใกล้เคียงก็ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในรูปแบบเดียวกันอย่างต่อเนื่อง จนในที่สุดทำให้เซลล์ของไตถูกทำลายอย่างถาวร (พิสิฐ, 2547)

โรคที่มีความเกี่ยวข้องกับอนุมูลออกซิเจน ได้แก่ โรคหลอดเลือดแดงแข็ง โรคแทรกซ้อนโรคเบาหวาน มะเร็ง การอักเสบ การบาดเจ็บซ้ำซ้อน ความแก่ โรคตา และโรคอื่น ๆ สารในอาหารที่มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเจน ได้แก่ วิตามินและแร่ธาตุบางชนิด สารประกอบพอลิฟีนอลที่พบในพืชชนิดต่าง ๆ เช่น สารประกอบฟลาโวนอยด์ เบต้า-แคโรทีน เป็นต้น

## อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1 ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ใช้ลูกปลานิลแดงที่มีขนาดความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ผลิตอาหารทดลอง จำนวน 4 สูตร โดยใช้รำละเอียดผสมปลาป่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 (โปรตีน 46%) เป็นอาหารอนุบาลลูกปลา และกลุ่มควบคุม และ 3 กลุ่มอาหารทดลอง ได้แก่ อาหารที่เสริมด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) 0.1%, 0.5% และ 1.0% ของน้ำหนักอาหาร อนุบาลลูกปลานิลแดงในกระชังด้วยความหนาแน่น 150ตัว/ตร.ม. ปรับปริมาณการให้อาหารทุกๆ 14 วัน และมีการเปิดน้ำเข้าบ่อทดลองทุกๆอาทิตย์ เพื่อเป็นการถ่ายเทน้ำ ตลอดการทดลอง 75 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา และสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากบริเวณโคนครีบท้องของปลา มาทดสอบระบบภูมิคุ้มกันโรคแบบไม่จำเพาะ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดอัดแน่น Hematocrit, จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว, วิเคราะห์ปริมาณไลโซไซม์ในซีรัมตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Puangkaew *et al.* (2004) และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการ Lowry (1951) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.05$

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์ แม็กกับสายพันธุ์อื่นๆในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1. การสำรวจหาพันธุ์สาหร่ายในแหล่งน้ำ การเตรียมอาหารรุ้น วัสดุ/สารอาหารต่างๆ และเครื่องมืออุปกรณ์ นำเชื้อสไปรูลินาแต่ละถิ่นกำเนิด มาเพาะเลี้ยงในอาหารรุ้น และในขวดรูปชมพู่ ใน สูตรอาหาร Zarrouk's medium ตลอดระยะเวลา 3 เดือน (ดังภาพที่ 1) เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงต่อไป

2. การทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา แต่ละถิ่นกำเนิด ในห้องปฏิบัติการวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการเพาะเลี้ยง สาหร่ายในสูตรอาหาร (จกกล และขจรเกียรติ, 2548) ในห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองๆ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 3 เดือน (ภาพที่ 2) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา สายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยงมาคือ *Spirulina platensis* (T<sub>1</sub> Spi. CMU1)

ชุดการทดลองที่ 2 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า สายพันธุ์จากภาคกลางของประเทศไทย *Spirulina* sp. (T<sub>2</sub> Spi.MJU1)

ชุดการทดลองที่ 3 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า สายพันธุ์แม่โจ้ (T<sub>3</sub>Spi.MJU2)

3. การทดลองที่ 2 เพาะเลี้ยงสไปรูลิน่าแต่ละสายพันธุ์ ในบ่อซีเมนต์กลม (ภาพที่ 3) มีระบบลมโดยใช้หัวทราย และวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการเพาะเลี้ยง ในสูตรอาหาร (จกกล และ ขจรเกียรติ, 2548) ระยะเวลา 4 เดือน โดยวางแผนการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆ 3 ชุดดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า สายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยงมาคือ *Spirulina platensis* (T<sub>1</sub> Spi. CMU1)

ชุดการทดลองที่ 2 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย *Spirulina platensis* (T<sub>2</sub> Spi. MJU1)

ชุดการทดลองที่ 3 เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่มีถิ่นกำเนิดใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ *Spirulina platensis* (T<sub>3</sub> Spi. MJU2)

4. การทดลองที่ 3 เพาะเลี้ยงสไปรูลิน่าแต่ละสายพันธุ์ ในบ่อซีเมนต์แบบ raceway pond และวางแผนการทดลองแบบ CRD (ภาพที่ 4) ทำการเพาะเลี้ยง ในสูตรอาหาร (จกกล และ ขจรเกียรติ, 2548) ระยะเวลา 4 เดือน โดยวางแผนการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลองๆ 3 ชุดดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า สายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยงมาคือ *Spirulina platensis* (T<sub>1</sub> Spi. CMU1)

ชุดการทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยง สาหร่ายสไปรูลิน่า ที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย *Spirulina platensis* (T<sub>2</sub> Spi. MJU1)

ชุดการทดลองที่ 3 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ที่มีถิ่นกำเนิดใน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ *Spirulina platensis* (T<sub>3</sub> Spi. MJU2)

โดย ทั้ง 3 การทดลอง ในการทดลองปีที่ 1 นำหัวเชื้อสไปรูลิน่า ในความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายเริ่มต้นที่ค่า OD เท่ากับ 0.30 โดยวัดจากเครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR 2000 ที่ค่า optical density (OD) ที่ความยาวคลื่นแสง 560 นาโนเมตร เมื่อเพาะเลี้ยงประมาณ 10 วัน วัดค่า OD เท่ากับ 0.8-1 วัดการเจริญเติบโต เปรียบเทียบผลผลิต ของสาหร่ายในรูปสด และสาหร่ายแห้งทุกๆ 10 วัน (จกกล และขจรเกียรติ, 2548)

5. นำผลผลิตสไปรูลิน่าแต่ละถิ่นกำเนิด ไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 48 ชั่วโมงนำไปวิเคราะห์ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เกล้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ปริมาณ C- phycocyanin

ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกลุ่มสารที่สำคัญอื่นๆ ตามวิธีของ (AOAC, 1990; Jauncey and Ross, 1982; Berns *et al.*, 1963)

6. วิเคราะห์ คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ก่อน ระหว่าง และหลังการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลอง ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ทุก 3 วัน (ศิริเพ็ญ, 2543)

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด

การทดลองย่อยที่ 1: ศึกษาผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวและร่วมกับปลานิล ปลาตะเพียนขาว และปลานู

#### 1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกุ้งฝอยชนิดเดียว

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานิล

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลาตะเพียนขาว

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานู

#### 1.2 การเตรียมบ่อทดลอง

1.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาดครึ่งมี 0.5 ตารางเมตร ขนาดความสูง 0.5 ตารางเมตรจำนวน 12 บ่อ

1.2.2 เติมน้ำสะอาด นำกุ้งฝอยทะเลเพศละขนาดใส่ในบ่อที่เตรียมไว้ในอัตรา 25 ตัวต่อตารางเมตรและใส่ปลานิล ปลาตะเพียนขาว และปลานู น้ำหนัก 25 กรัมต่อตัว ในอัตรา 2 ตัวต่อตารางเมตรในบ่อทดลองตามที่สุ่มหมายเลขไว้

#### 1.2 อาหารทดลอง

ให้อาหารในอัตรา 5 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน โดยให้อาหาร 2 ครั้ง เช้าและเย็น

ตามชนิดของปลาโดยปลานิลให้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ปลาตะเพียนขาวให้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปลานูฟีกให้อาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ และให้อาหารกึ่งฝอยเป็นอาหารสำเร็จรูปอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์

การทดลองย่อยที่ 2: ศึกษาผลผลิตของกึ่งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับพรรณไม้น้ำ คือผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก

#### 1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงกึ่งฝอยชนิดเดียว

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงกึ่งฝอยร่วมกับผักบุ้ง

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงกึ่งฝอยร่วมกับผักกระเฉด

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงกึ่งฝอยร่วมกับจอก

#### 1.2 การเตรียมบ่อทดลอง

1.2.1 เตรียมบ่อซีเมนต์ขนาดครึ่งมี 0.5 ตารางเมตร ขนาดความสูง 0.5 ตารางเมตรจำนวน 12 บ่อ

1.2.2 เติมน้ำ นำกึ่งฝอยคละเทศขนาดใส่ในบ่อที่เตรียมไว้ในอัตรา 25 ตัวต่อตารางเมตรและนำพรรณไม้น้ำชนิดผักบุ้ง ผักกระเฉดและจอก ใส่ในบ่อทดลองที่เตรียมไว้ โดยกำหนดพื้นที่สำหรับพรรณไม้น้ำ 25 ตารางเมตร

#### 1.3 อาหารทดลอง

อาหารกึ่งฝอยเป็นอาหารสำเร็จรูปอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์

#### ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. เก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งน้ำหนักกึ่งฝอย รวมทั้งพรรณไม้น้ำ ผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก เมื่อทำการทดลองครบ 4 เดือน

2. การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เช่น ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท DO (Dissolved oxygen) อุณหภูมิทุก 2 สัปดาห์

#### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิต โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล

##### 1. วัสดุเกษตร

ปลานิลไม่แปลงเพศ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 30 กรัม จากโครงการพัฒนาพื้นที่ห้วยลาน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลออนใต้ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่

สมุนไพร ได้แก่ กระเทียม กวาวเครือขาว กวาวเครือแดง และมะขามป้อม จากตลาดสดในท้องถิ่น

##### 2. การเตรียมสารสกัดสมุนไพรไทย

ทำการสกัดสารจากสมุนไพร ได้แก่ กระเทียม กวาวเครือขาว กวาวเครือแดง และมะขามป้อม ด้วยน้ำและเอทานอล โดยเขย่าที่  $25^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรอง และนำน้ำสารสกัดไปทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry

##### 3. การเตรียมอาหารผสมสารสกัดสมุนไพร

ทำการผสมอาหารเลี้ยงปลานิลด้วยสารสกัดสมุนไพรไทยที่ 0, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 %

##### 4. การให้อาหารผสมสารสกัดสมุนไพร เพื่อเร่งการเจริญพันธุ์

เลี้ยงปลานิล กลุ่มละ 20 ตัว ในกระชังขนาด  $1 \times 1 \times 1$  ลบ.ม. ในบ่อดิน ให้อาหารผสมสารสกัดสมุนไพรที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยให้อาหาร 3 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน เป็นเวลา 2 – 4 เดือน

##### 5. ศึกษาการเร่งการเจริญพันธุ์ของปลานิล

เก็บตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 เดือน แช่ปลาในน้ำเย็น แล้วทำการผ่าท้อง ตรวจสอบพัฒนาการของ gonad และความคึกไข่

6. บันทึกผล ประมวลผล และวิเคราะห์ผลของสารสกัดสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล นำผลการวิจัยไปใช้ในการวิจัยปีที่ 2

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย

การวิจัยในเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย มีรายละเอียดดังนี้

การศึกษาความสามารถในการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านด้วยเอนไซม์ย่อยอาหาร



เก็บตัวอย่างปลานิลในช่วงระยะการเจริญวัยอ่อน และตัวเต็มวัยเพื่อใช้ในการสกัด เอนไซม์ย่อยอาหาร โดยใช้ปลานิลวัยอ่อน ขนาด 2 เซนติเมตร จำนวน 30 ตัว และตัวเต็มวัยน้ำหนัก 350 – 400 กรัม จำนวน 3 ตัว บันทึกข้อมูลเบื้องต้น ในส่วนของ น้ำหนัก ความยาว

#### การสกัดเอนไซม์ย่อยอาหาร

สกัดเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลระยะวัยอ่อน และตัวเต็มวัย โดยปลานิลระยะวัยอ่อน บดละเอียดปลานิลทั้งตัวด้วยเครื่อง homogenizer ส่วนปลานิลตัวเต็มวัยจะแยกส่วนของ กระเพาะอาหาร และลำไส้ ออกมาบดด้วยเครื่อง homogenizer เช่นกัน ขณะที่ทำการทดลอง และ บด ส่วนของอวัยวะย่อยอาหารทำในอ่างน้ำแข็งตลอดเวลา เติม phosphate buffer pH 8 ลงในอวัยวะย่อยอาหารที่บดได้ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000g นาน 20 นาที ที่ 4 องศาเซลเซียส เก็บ ส่วนใสไว้ที่ -80 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาสภาพของเอนไซม์ และการทำให้เอนไซม์ย่อยอาหารบริสุทธิ์ ด้วยวิธี dialysis

#### ศึกษาความสามารถในการย่อยอาหาร

นำวัตถุดิบอาหารทั้ง 15 ชนิดมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดแบบไฟฟ้า ร่อนด้วย ตะแกรงขนาด 50 mesh เก็บเฉพาะส่วนที่ผ่านตะแกรงได้เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอน *in vitro* digestibility โดยดัดแปลงวิธีการของ Rungruangsak-Torissen et al. (2002)

#### การวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต

นำตัวอย่างจากขั้นตอน *in vitro* digestibility ปริมาตร 500  $\mu$ l เติมสารละลาย DNS 500  $\mu$ l ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นรอให้อุณหภูมิลดลง เติมน้ำกลั่น 2.5 ml นำไปวัดค่าความดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เติมน้ำกลั่นมาตรฐานโดยใช้ maltose

#### การวิเคราะห์หาความสามารถในการย่อยโปรตีน

นำตัวอย่างจากขั้นตอน *in vitro* digestibility ปริมาตร 400  $\mu$ l เติมสารละลาย 0.1 เปอร์เซ็นต์ TNBS 0.5 ml และ phosphate buffer pH 8 ปริมาตร 1 ml ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer บ่มในที่มืด อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เติมสารละลาย 1M HCl ปริมาตร 1 ml วัดค่าความดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เติมน้ำกลั่นมาตรฐาน โดยใช้ DL-Alanine

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำ จากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้**

#### 1.1 การวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของปลานิลต่อการลดปริมาณแพลงก์ตอนพืช

### การเตรียมหน่วยทดลองและสัตว์ทดลอง

การวางแผนงานวิจัยครั้งนี้จะเป็นแบบสุ่มทดลอง (Completely randomized design) ใช้ถังไฟเบอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 12 ถัง การทดลองประกอบด้วย 4 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ชุดการทดลอง ที่ 1, 2, 3 และ 4 คือการเลี้ยงปลานิลที่ความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืชในรูปคลอโรฟิลล์ เอ 100, 400, 700 และ 1100 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักปลา 100 กรัม

### การจัดการระหว่างการทดลอง

ในการทดลองไม่ให้อาหารตลอดการเลี้ยง และปรับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ ทุก 5 วัน ในขณะที่ทดลองมีการเก็บตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ 5 วัน/ครั้ง ได้แก่

- อุณหภูมิ น้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ TOA multimeter รุ่น WQC-22A
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride method ตามวิธีของ Boyd and Tucker (1992)
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี โดยวิธี Phenate method
- ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน โดยวิธี Diazotizing colorimetric method
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid
- คลอโรฟิลล์-เอ คัดแปลงจากวิธี Lee (2000)
- ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์: จีออสมินและเอ็มไอบี ในน้ำ ตามวิธีของ Grimm *et al.*

(2004)

### วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน กรองน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปล่อยให้ไหลออกจากตาข่ายจนเหลือน้ำประมาณ 35 มิลลิลิตร ทำการเทใส่ในขวดเก็บตัวอย่างแล้วเก็บรักษาภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช ตามวิธีของ ลัดดา (2542)

### 1.2 การวิจัยเรื่อง ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จีออสมินและเอ็มไอบี) ในบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้ปลานิล

การทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete randomized design) แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ระยะเวลาการเลี้ยง 6 เดือน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ควบคุม (ไม่มีการเลี้ยงปลานิล)

ชุดการทดลองที่ 2 ปล่อยปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 0.5 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

ชุดการทดลองที่ 3 ปล่อยปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1.0 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

การเตรียมลูกพันธุ์ปลานิล

เตรียมลูกพันธุ์ปลานิล ขนาด 5-10 กรัมต่อตัว ปล่อยลงในกระชังที่ติดตั้งไว้ในบ่อเลี้ยงปลาเพาะลูกผสม เพื่อให้ลูกปลานิลปรับสภาพให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในบ่อปลาเพาะลูกผสมได้ และทำการคัดเลือกลูกปลานิลที่ใช้ทดลองให้ได้ขนาดใกล้เคียง

การให้อาหาร

ปลาเพาะลูกผสมให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับปลานิลไม่มีการให้อาหาร

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต

สุ่มวัดความยาว และน้ำหนัก ในแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 30 วัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต เพื่อทำการประเมินจากการกินอาหารที่ให้และเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิต ดังนี้

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว)

$$= \text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}$$

จำนวนวัน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

ผลผลิต

$$= \text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} \times \text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}$$

การวิเคราะห์ถ้อยคำไม่พึงประสงค์ในน้ำและเนื้อปลา

1. เก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 1 ลิตรต่อหน่วยการทดลอง และปลานิลในกระชังในบ่อเลี้ยงปลาเพาะลูกผสม จำนวน 3 ตัวต่อกระชัง ทุกๆ 30 วัน เพื่อนำมาตรวจสอบกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จีโอสมินและเอ็มไอบี) โดยเตรียมตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร และเนื้อปลานิลที่ป่นละเอียดนำไปใส่ในขวดไวอัล 5 กรัม พร้อมกับเติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร

2. นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์ มาเติมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม และใส่ magnetic bar จากนั้นปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม นำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า และถาดให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วแทงเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารจีโอสมิน และเอ็มไอบีในตัวอย่างน้ำ และเนื้อปลานิล

3. นำชุดอุปกรณ์ SPME นิดเข้ากับเครื่อง GC/MS (Agilent Technologies 6890 N Network GC system) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ฉีดสารของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคปิลลารีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m.×0.32 mm,  $\mu$ m. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา ด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของเตาอบตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที และจดบันทึกผลจากเครื่อง GC/MS (Grimm *et al.*, 2004)

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การใช้ระบบชีววิธีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**

1. การทดลองที่ 1 : ทดสอบการลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตระบบปิด (ปีที่ 1: พ.ศ.2556)

เป็นการทดลองโดยใช้บ่อทดลองคอนกรีตกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เมตร สูงประมาณ 0.80 เมตร จำนวน 9 บ่อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test ) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

1.1. กำหนดกลุ่มทดลอง (Treatments ) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดเชิงพาณิชย์ทั่วไป ไม่มีการใช้ระบบชีววิธี ไม่ใช้ผักคตขวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปีระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากั้นคอกปล่อย 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปีระบบชีววิถี ใช้ผักตบชวากั้นคอกปล่อย 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

1.2. มีการควบคุมปริมาณผักตบชวาในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยการกั้นคอกตามพื้นที่ที่กำหนดอย่างคงที่ตลอดการทดลอง หากผักตบชวามีการตายลงจะไม่มี การเก็บออกทิ้ง และ ไม่มีการนำผักตบชวาชุดใหม่มาใส่แทนที่

1.3. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

1.4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ( Water quality analysis ) วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกบ่อทดลอง วันเว้นวัน ที่เวลาประมาณ 10.00 น. โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางบ่อ จำนวน 1 จุด/บ่อ การควบคุมระดับน้ำในบ่อทดลองจะรักษาระดับน้ำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง คุณภาพน้ำที่จะวิเคราะห์ได้แก่ กลุ่มไนโตรเจน ( Inorganic nitrogen ;  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  และ  $\text{NO}_3\text{-N}$  ), ฟอสฟอรัส ( Orthophosphate,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ), pH, ออกซิเจนละลายน้ำ ( Dissolved oxygen, DO ) ตามวิธีของ American Public Health Association (1989) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองเลี้ยงปลาดุก ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละกลุ่มทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00

1.5. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

1.6. ตรวจสอบสารกลิ่นสาปโคลนทั้ง Geosmin และ 2-methy lisoborneol ในเนื้อปลาดุกโดย Headspace Gas Chromatography( SPME-GC/MS) ตามวิธีของ วรพงษ์ และคณะ (2548)

1.7. ทำการทดลองในบ่อคอนกรีตจำนวน 2 ครั้งๆละ 4 เดือน รวมเป็น 8 เดือน หลังจากนั้นจะทำการทดลองต่อเนื่องในบ่อดินต่อไปอีก 2 ครั้งๆละ 4 เดือน รวมต่อเนื่องเป็น 16 เดือน เวลานั้นนอกจากนี้เป็นการดำเนินการทางด้านการเตรียมสถานที่และวิเคราะห์ข้อมูล ( ตามตารางแผนการทดลองด้านล่าง )

2. การทดลองที่ 2 : ทดสอบการลดปริมาณสารกลิ่นสาปโคลนในเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อดินกลางแจ้ง ( ต่อเนื่องในปีที่ 2 : พ.ศ.2557 )

เป็นการทดลองในบ่อดินกลางแจ้งขนาดประมาณ 5.0 x 10.0 x 1.0 เมตร. จำนวน 3 บ่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Random Design ; CRD) และหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ตามโปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistic 6.0

2.1. กำหนดกลุ่มทดลอง ( Treatments ) จำนวน 3 กลุ่มๆละ 3 ซ้ำ (Replications) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดิน ไม่ใช้ระบบชีววิถี ไม่ใช้ผักตบชวา

กลุ่มทดลองที่ 2 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดในบ่อดินระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 30% ของพื้นที่ผิวน้ำ

กลุ่มทดลองที่ 3 บ่อเลี้ยงปลาดุกแบบปิดระบบชีววิถี ปล่อยผักตบชวา 50% ของพื้นที่ผิวน้ำ

2.2. มีการควบคุมปริมาณผักตบชวาในแต่ละกลุ่มทดลอง โดยการกั้นคอกตามพื้นที่ที่กำหนดอย่างคงที่ตลอดการทดลอง หากผักตบชวามีการตายลงจะไม่มีเก็บออกทิ้ง และไม่มีการนำผักตบชวาชุดใหม่มาใส่แทนที่

2.3. ใช้ปลาดุกอายุประมาณ 21-23 วัน ขนาดประมาณ 3-5 ซม. จำนวน 60 ตัว / ตร.ม. ให้อาหารเม็ดลอยน้ำปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

2.4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ( Water quality analysis ) วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกบ่อทดลอง วันเว้นวัน ที่เวลาประมาณ 10.00 น. โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดกึ่งกลางบ่อ จำนวน 1 จุด/บ่อ การควบคุมระดับน้ำในบ่อทดลองจะรักษาระดับน้ำให้ใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง คุณภาพน้ำที่จะวิเคราะห์ได้แก่ กลุ่มไนโตรเจน ( Inorganic nitrogen ;  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  และ  $\text{NO}_3\text{-N}$  ), ฟอสฟอรัส ( Orthophosphate,  $\text{PO}_4\text{-P}$  ), pH, ออกซิเจนละลายน้ำ ( Dissolved oxygen, DO ) ตามวิธีของ American Public Health Association (1989) การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำของบ่อทดลองเลี้ยงปลาดุก ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Sirichai Statistics 6.00

2.5. ตรวจสอบผลผลิตปลาดุก เช่น ขนาด น้ำหนัก อัตรารอด ทุกๆสัปดาห์

2.6. ตรวจสอบสารกลิ่นสาปโคลนทั้ง Geosmin และ 2-methy lisoborneol ในเนื้อปลาคุกโดย Headspace Gas Chromatography( SPME-GC/MS) ตามวิธีของ วรพงษ์ และคณะ (2548)

### **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)**

1.1 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา

ประกอบด้วยขั้นตอนการทดลองดังนี้

1.1.1 ศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งสาหร่ายสไปรูลินาโดยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray drying) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) ให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5

1.1.1 ทำการทำให้แห้งสาหร่ายตามสภาวะที่ได้จากข้อที่ 13.1.1 แล้วนำสาหร่ายอบแห้งที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันเพื่อดูว่าการทำแห้งวิธีไหนที่จะทำให้ได้ผงสาหร่ายที่จะทำให้ยังคงมีสารต้านออกซิเดชันสูงที่สุด โดยมีรายการวิเคราะห์ดังนี้คือ ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity) ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยการวัดค่าความสามารถในการเป็นสารรีดิวซ์ (reducing power) การวัดความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH และค่า ORAC (oxygen radical absorbance capacity)

- ค่าสี โดยการวัดด้วยเครื่องวัดค่าสี แสดงค่าออกมาเป็นค่า L\*, a\*, b\*
- ปริมาณความชื้น โดยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน
- ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity) โดยการวัดด้วยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ
- ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด โดยวิธีการใช้สาร Folin-Ciocalteu reagent ตามวิธีของ Singleton *et al.* (1999) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน

- การวัดค่าความสามารถในการรีดิวซ์ (reducing power) ทำตามวิธีของ Yen and Chen (1995) โดยการดูความสามารถในการรีดิวซ์สารประกอบเฟอร์ริก แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นแสดงว่ามีความสามารถในการรีดิวซ์ได้มากขึ้น

- การวัดความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH ทำตามวิธีของ Shimada *et al.* (1992) โดยนำตัวอย่างไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงแสดงว่ามีความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระได้มากขึ้น

- ค่า FRAP (ferric ion reducing antioxidant power) ทำตามวิธีของ Stratil *et al.* (2006) เปรียบเทียบกับ Trolox

1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา

นำตัวอย่างสาหร่ายอบแห้งที่มีคุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ดีมา 2 ตัวอย่าง บรรจุในแคปซูล แล้วบรรจุในขวดแก้วสีชา เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 8 เดือน โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างประเภทเดียวกันที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหรือจากบริษัทผู้ผลิตอย่างน้อย 1 ราย

คุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่วัดมีดังนี้ ค่า pH ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity) ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยการวัดค่าความสามารถในการเป็นสารรีดิวซ์ (reducing power) การวัดความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ DPPH และค่า ORAC (oxygen radical absorbance capacity)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป



## ผลการวิจัย

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1** ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

พบว่า ลูกปลานิลแดงที่อนุบาลด้วยสูตรอาหารเสริมโปรไบโอติกยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) 0.5% และ 1.0% มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และอัตราการรอดสูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการทดลอง รัช นนท์ และสมเกียรติ (2552) ที่พบว่า การเสริมบริเวอรี่ีสต์ 1.0% ส่งผลทำให้ปลากระพงขาวมีอัตราการรอดสูงสุด

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ลูกปลานิลแดงที่อนุบาลด้วยสูตรอาหารเสริมโปรไบโอติกยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) 1.0 % มีค่าฮีมาโตคริตและปริมาณโปรตีนในซีรัม สูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ส่วนซีรัมไลโซไซม์ และปริมาณเม็ดเลือดขาวของลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารเสริมยีสต์ 0.5 % และ 1.0 % มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ตารางที่ 2 สอดคล้องกับการทดลอง He *et al.* (2009) ที่พบว่า การเสริม ยีสต์ *S. cerevisiae* ทำให้ปลานิลมีซีรัมไลโซ-ไซม์สูงขึ้น

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2** การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินา สายพันธุ์ แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1. การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา แต่ละถิ่นกำเนิดในห้องปฏิบัติการ

แต่ละชุดการทดลอง พบว่าปริมาณเซลล์สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเกลียว (%) จำนวนเซลล์ของสาหร่าย (cell/mL) ความหนาแน่น (optical density; Units) ปริมาณผลผลิตของสาหร่ายโดยน้ำหนักแห้ง (g/l) และปริมาณสารสี แคโรทีนอยด์ (mg/g) พบว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัย แม่โจ้ (*T<sub>3</sub>Spi. MJU2*) มีค่ามากกว่า สไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง (*T<sub>1</sub>Spi. CMU1*) และสไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย (*T<sub>2</sub>Spi. MJU1*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )

2. การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา แต่ละถิ่นกำเนิด ในบ่อซีเมนต์กลม (Cement pond)

2.1 ปริมาณเซลล์สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเกลียว (%) จำนวนเซลล์ของสาหร่าย (cell/mL) และ ความหนาแน่น (optical density; Units) ปริมาณผลผลิตของสาหร่ายโดยน้ำหนักแห้ง (g/l) ปริมาณสารสี แคโรทีนอยด์ (mg/g) ปริมาณสารสี C-phyococyanin (mg/g) และต้นทุนผันแปร

ในการผลิตสาหร่ายแห้ง (บาท/กก.) พบว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (T<sub>3</sub>Spi. MJU2) ดีกว่า สไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง (T<sub>1</sub>Spi. CMU1) และ สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย (T<sub>2</sub>Spi. MJU1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

2.2 โปรตีน (%) พบว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีค่าเท่ากับ  $43.34 \pm 1.37\%$  มากกว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของไทย ( $38.88 \pm 1.51\%$ ) และ สไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง ( $37.75 \pm 0.92\%$ ) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สำหรับวัตถุแห้ง (Dry matter basic;%) ความชื้น (%) ไขมัน (%) เกล็ด (%) เยื่อใย (%) และคาร์โบไฮเดรต (%)

2.3 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลม ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ  $26.75 \pm 0.00$  °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ มีค่าตั้งแต่  $25.42 \pm 0.43$ - $25.58 \pm 0.29$  °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่  $9.68 \pm 0.02$ - $9.71 \pm 0.02$  ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen) มีค่าตั้งแต่  $5.50 \pm 0.24$ - $5.54 \pm 0.12$  mg/L แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen; NH<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่  $0.58 \pm 0.02$ - $0.62 \pm 0.03$  mg/L ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่  $14.05 \pm 0.58$ - $14.64 \pm 0.82$  mg/L สารอินทรีย์-ไนโตรเจน (Organic-N) มีค่าตั้งแต่  $2.05 \pm 0.06$ - $2.17 \pm 0.03$  mg/L ฟอสฟอรัสรวม (total-phosphorus) มีค่าตั้งแต่  $2.47 \pm 0.11$ - $2.74 \pm 0.14$  mg/L และอัตราส่วน ไนโตรเจน/ ฟอสฟอรัส มีค่าตั้งแต่ 6:1- 7:1 คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ในบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

### 3. การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา แต่ละถิ่นกำเนิด ในบ่อ raceway pond

3.1 ปริมาณเซลล์สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเกลียว (%) จำนวนเซลล์ของสาหร่าย (cell/mL) และ ความหนาแน่น (optical density; Units) ปริมาณผลผลิตของสาหร่ายโดยน้ำหนักแห้ง (g/l) ปริมาณสารสี แคโรทีนอยด์ (mg/g) ปริมาณสารสี C-phyococyanin (mg/g) และต้นทุนผันแปรในการผลิตสาหร่ายแห้ง (บาท/กก.) พบว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (T<sub>3</sub>Spi. MJU2) ดีกว่า สไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง (T<sub>1</sub>Spi. CMU1) และ สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของประเทศไทย (T<sub>2</sub>Spi. MJU1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

3.2 โปรตีน (%) พบว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ( $46.91 \pm 0.81$ ) มีค่ามากกว่า สไปรูลินาที่มีถิ่นกำเนิดจากภาคกลางของไทย และ สไปรูลินาสายพันธุ์ปกติที่เคยเพาะเลี้ยง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สำหรับวัตถุแห้ง (Dry matter basic;%) ความชื้น (%) ไขมัน (%) เกล็ด (%) เยื่อใย (%) และคาร์โบไฮเดรต (%)

3.3 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในบ่อ Raceway pond ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ  $26.75 \pm 0.00$  °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ มีค่าตั้งแต่  $25.42 \pm 0.43$ -

25.58±0.29 °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 9.68±0.02-9.70±0.02 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen) มีค่าตั้งแต่ 5.14±0.11-5.23±0.10 mg/L แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen; NH<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 0.56±0.04-0.57±0.05 mg/L ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 16.27±0.76-17.31±0.86 mg/L สารอินทรีย์-ไนโตรเจน (Organic-N) มีค่าตั้งแต่ 2.30±0.12-2.40±0.18 mg/L ฟอสฟอรัสรวม (total-phosphorus) มีค่าตั้งแต่ 2.85±0.12-3.02±0.16 mg/L และอัตราส่วน ไนโตรเจน/ ฟอสฟอรัส มีค่าตั้งแต่ 6:1- 7:1 คุณภาพน้ำใน Raceway pond ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด

การทดลองย่อยที่ 1: ศึกษาผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวและร่วมกับปลานิล ปลาตะเพียนขาว และปลานู

การศึกษาค้นคว้าผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวและร่วมกับปลานิล ปลาตะเพียนขาว และปลานู พบว่าแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของผลผลิตกุ้งฝอยได้ 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลซึ่งมีค่าสูงสุด โดยมีค่า 83.33±1.96 กรัม กลุ่มที่ 2 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลาตะเพียน โดยมีค่า 63.67±1.45 กรัม กลุ่มที่ 3 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลานู โดยมีค่า 50.00±1.04 กรัม กลุ่มที่ 4 กุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวซึ่งมีค่าต่ำสุด โดยมีค่า 38.17±1.88 กรัม

การทดลองย่อยที่ 2: ศึกษาผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับพรรณไม้น้ำ คือผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก

การศึกษาค้นคว้าผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับพรรณไม้น้ำ คือผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก พบว่าแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของผลผลิตกุ้งฝอยได้ 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับจอกซึ่งมีค่าสูงสุด โดยมีค่า 39.67±2.33 กรัม กลุ่มที่ 2 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับผักกระเฉด โดยมีค่า 36.17±2.03 กรัม กลุ่มที่ 3 กุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยว โดยมีค่า 35.33±0.88 กรัม กลุ่มที่ 4 กุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับผักบุ้งซึ่งมีค่าต่ำสุด โดยมีค่า 34.33±0.67 กรัม

### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล

ทำการเลี้ยงปลานิลขนาด 30 กรัม ด้วยอาหารปลาสด โดยเสริมสารสกัดสมุนไพรไทย 4 ชนิด ได้แก่ ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 3.0 และ 5.0 % ทำการเลี้ยงในกระชังในบ่อดิน เป็น

เก็บตัวอย่างปลาเวลา 1 และ 2 เดือน เพื่อหาค่าดัชนีสมบูรณเพศ (gonadosomatic index, GSI) ของปลาเพศผู้และเพศเมีย ความดกไข่ (fecundity) ของปลาเพศเมีย

สำหรับปลาเพศผู้ พบว่ากลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพรแล้วมีค่า GSI สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) มี 4 กลุ่ม ได้แก่ สารสกัดกวาวเครือขาว ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 % สารสกัดกระเทียม ที่ความเข้มข้น 1.0 % และสารสกัดมะขามป้อม ที่ความเข้มข้น 0.5 % โดยมีค่า GSI เท่ากับ 0.521, 0.600, 0.219 และ 0.170 % ตามลำดับ

สำหรับปลาเพศเมีย พบว่ากลุ่มปลาทุกกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสมุนไพรไทย 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ มีค่า GSI สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มสารสกัดกระเทียมและมะขามป้อม จะมีแนวโน้มของค่า GSI เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่ได้รับเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มสารสกัดกวาวเครือขาวและกวาวเครือแดง จะมีแนวโน้มของค่า GSI เป็นแบบระฆังคว่ำ โดยจะมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นหนึ่ง มีค่าสูงขึ้นที่ความเข้มข้นต่ำและมีค่าลดลงเมื่อได้รับสารสกัดเกินกว่าค่าสูงสุด กลุ่มที่มีค่า GSI สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ สารสกัดกวาวเครือแดง ที่ความเข้มข้น 0.5 % สารสกัดมะขามป้อม ที่ความเข้มข้น 3.0 % และสารสกัดกวาวเครือขาว ที่ความเข้มข้น 0.3 % มีค่า GSI เท่ากับ 3.233, 3.180 และ 2.930 % ตามลำดับ

ส่วนค่าความดกไข่ของปลานิลเพศเมีย พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดที่มีผลให้ค่าความดกไข่เพิ่มขึ้น ได้แก่ สารสกัดกระเทียม สารสกัดกวาวเครือขาว และสารสกัดมะขามป้อม โดยมีค่าความดกไข่เพิ่มขึ้นในกลุ่มปลาที่ได้รับสารสกัดสมุนไพร ดังนี้ สารสกัดกระเทียม เพิ่มขึ้น 4-8 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 – 1.0 % เพิ่มขึ้น 7.95 – 8.38 เท่า สารสกัดกวาวเครือขาว เพิ่มขึ้น 1.7 – 2.1 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 3.0 % เพิ่มขึ้น 2.08 เท่า และสารสกัดมะขามป้อม เพิ่มขึ้น 1.2 – 2.2 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 % เพิ่มขึ้น 2.2- เท่า ส่วนสารสกัดกวาวเครือแดง มีผลให้ค่าความดกไข่ลดลง 0.4 – 0.8 เท่า ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.3 % ลดลง 0.82 เท่า

จะเห็นได้ว่าสารสกัดสมุนไพรไทยทั้ง 4 ชนิด มีผลเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิลได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย และยังมีผลเพิ่มความดกไข่ในปลาเพศเมียได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะได้ทำการวิจัยต่อเนื่องจนถึงการนำปลาไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

## **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย**

ผลการศึกษาเอนไซม์ย่อยอาหาร

พบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลวัยอ่อน สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในบริเวณรียัสต์ และรองลงมาเป็น ถั่วลิสง และ ถั่วเขียว ในขณะที่ ความสามารถในการย่อยโปรตีน

สูงสุดปลายข้าว และ รองลงมาเป็นมูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ กากถั่วเหลือง และ ถั่วลิสง ตามลำดับ

ในขณะที่เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลเต็มวัย พบว่า เอนไซม์จากกระเพาะอาหารย่อยสาหร่ายไส้ไก่ได้ดีที่สุด ที่สุด รองลงมา คือ กากถั่วเหลือง และ มูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากไส้ปลาปลานิลเต็มวัย พบว่า ความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต พบสูงสุดในกากถั่วเหลือง รองลงมาเป็น รำข้าว กากถั่วเหลืองตามลำดับ และสามารถย่อยโปรตีนได้สูงสุดในสาหร่ายไส้ไก่ รองลงมาเป็น กากถั่วเหลือง และ ถั่วลิสงเป็นลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า สามารถแยกวัตถุดิบอาหารเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นวัตถุดิบอาหาร และ กลุ่มวัตถุดิบเสริมในท้องถิน และ พบว่า วัตถุดิบเสริมในท้องถินที่เหมาะสมในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการทดลองนี้ คือ ถั่วลิสง เพราะ ผลการทดลองที่ได้มีความสามารถในการย่อยโดยเอนไซม์ย่อยอาหารปลานิลวัยอ่อน และ เต็มวัย ได้ดี

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้

##### 1. ประสิทธิภาพของปลานิลต่อการลดปริมาณแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่าปลานิลสามารถลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชได้ ซึ่งดูได้จากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ โดยทุกชุดการทดลองมีปริมาณน้อยลงในวันที่ 2 แต่หลังจากวันที่ 2 ชุดการทดลองที่ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 138, 359 และ 650 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากมีสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต อย่างเช่น อุณหภูมิระหว่างการทดลองมีค่าเฉลี่ย 29-33 องศาเซลเซียส ซึ่งสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถสังเคราะห์แสงและ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส (Jöhnk *et al.* 2008) รวมทั้งยังมีสารอาหารที่เพียงพอในการเจริญเติบโต ในขณะที่ชุดการทดลองที่ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 1373 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงตามระยะเวลาการทดลอง เนื่องจากชุดการทดลองนี้มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในปริมาณสูงอยู่แล้ว ทำให้มีข้อจำกัดในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียในวันที่ 5 และ 10 มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าไนเตรท นอกจากนี้แล้วปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมดและค่าความขุ่นมีปริมาณลดลงทุกชุดการทดลอง เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีการให้อาหารปลานิล ซึ่งปลานิลได้รับอาหารจากธรรมชาติ และ

Jauncey (2000) ได้กล่าวไว้ว่าพลาณิสสามารถใช้อาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืช พืชน้ำ สัตว์ขนาดเล็ก ตะกอนสารอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี

สำหรับชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 138, 359, 650 และ 1373 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่ามีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ *Anabaena* sp., *Calothrix* sp., *Cylindrospermopsis* sp., *Cyanobacterium* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp., *Planktolyngbya* sp., *Pseudanabaena* sp. และ *Synechococcus* sp. ปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 138, 359, 650 และ 1373 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณอยู่ในช่วง  $82.5-1982.5 \times 10^4$  cell/ml,  $82.5-4195 \times 10^4$  cell/ml,  $265-22990 \times 10^4$  cell/ml และ  $357.5-211103.7 \times 10^4$  cell/ml ตามลำดับ และชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ *Microcystis* sp. โดยพลาณิสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 138 และ 359 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 9 ชนิดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่พบ 10 ชนิด โดยชนิดที่ไม่สามารถกรองกินได้คือ *Synechococcus* sp. (ตารางที่ 12) พลาณิสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 650 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 ชนิด ส่วนพลาณิสที่เลี้ยงในความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 1373 ไมโครกรัมต่อลิตร สามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 ชนิด (ตารางที่ 13) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ 1373 ไมโครกรัมต่อลิตร พลาณิสสามารถกรองกินได้มากกว่าที่ความเข้มข้น 650, 359 และ 138 ไมโครกรัมต่อลิตร และสามารถสังเกตได้ว่า *Synechococcus* sp. พลาณิสไม่สามารถกรองกินได้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง แต่ถึงอย่างไรการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าพลาณิสสามารถลดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Microcystis* sp. ในน้ำ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Teferi et al. (2000) ที่ศึกษาเกี่ยวกับ การกินอาหารของพลาณิสในทะเลสาบ Chamo, Ethiopia จากกระเพาะอาหารของปลา พบว่า พลาณิสกินแพลงก์ตอนพืชเป็นหลักโดยเฉพาะจำพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และเมื่อทดลองในห้องปฏิบัติการพลาณิสสามารถลดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ได้ดี เช่น *Microcystis* sp. *Pseudanabaena* sp. และ *Cyanobacterium* sp. ยกเว้น *Synechococcus* sp. และ *Planktolyngbya* sp. โดยพลาณิสจะกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีรูปร่างขนาดใหญ่ได้มากกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีรูปร่างขนาดเล็ก และจากการทดลองของ Turker et al. (2003c) พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ในบ่อปลาสาวย พลาณิสสามารถลดได้ทุกชนิดที่พบ เช่น *Anabaena* sp. *Aphanothece* sp. *Chroococcidiopsis* sp. *Cylindrospermum* sp. *Eucapsis* sp. *Merismopedia* sp. *Microcystis* sp. *Oscillatoria* sp. *Planktolyngbya* sp. *Pseudanabaena* sp. *Scytonema* sp. *Synechococcus* sp. ซึ่ง

แสดงให้เห็นว่าปลานิลสามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ โดยการกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืชในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาและขนาดของปลานิล

## 2. ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จืออสมินและเอ็มไอบี) ในบ่อเลี้ยงปลาโดยใช้ปลานิล

จากการศึกษาการเลี้ยงปลาเพาะลูกผสมและปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน คือ 0, 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และผลผลิตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในขณะที่อัตราการรอดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) โดยชุดการทดลองที่ใส่ปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 0.5 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร มีอัตราการรอดดีกว่าที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีการให้อาหารเฉพาะปลาเพาะ จึงทำให้ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังที่ระดับความหนาแน่นสูงมีอัตราการรอดน้อยกว่าการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่ำ เนื่องจากไม่ได้ให้อาหารแก่ปลานิล โดยปลานิลสามารถใช้อาหารธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืช พืชน้ำ สัตว์ขนาดเล็ก ตะกอนสารอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี (Jauncey, 2000) อีกทั้งปลานิลยังสามารถลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชและช่วยปรับปรุงสภาพน้ำในการเลี้ยงปลา channel catfish ที่เลี้ยงแบบหนาแน่น (Perschbacher, 1995)

สำหรับปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จืออสมินและเอ็มไอบี) ในเนื้อปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน คือ 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบปริมาณสารจืออสมินในเนื้อปลานิลมีปริมาณน้อย คือ  $0.07\pm0.02$  และ  $0.02\pm0.01$  ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลมีปริมาณสูงกว่าปริมาณจืออสมิน คือ  $0.47\pm0.21$  และ  $0.30\pm0.15$  ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปลาจากการวิจัยครั้งนี้มีการสะสมของกลิ่นไม่พึงประสงค์สะสมอยู่ในปริมาณต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งปัจจุบันระดับที่ยอมรับได้ (threshold level) ของปริมาณสารจืออสมิน คือ 0.9 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Robertson *et al.*, 2006) และสารเอ็มไอบี คือ 0.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (Persson, 1980) และปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จืออสมินและเอ็มไอบี) ในน้ำพบว่าปริมาณจืออสมินในน้ำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) โดยก่อนที่จะใส่ปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 0, 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรมีค่า  $0.46\pm0.33$ ,  $0.36\pm0.06$  และ  $0.39\pm0.02$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณจืออสมินมีค่าลดลง ซึ่งปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรมีค่า  $0.18\pm0.04$  และ  $0.12\pm0.02$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณเอ็มไอบีในน้ำไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) นอกจากปลานิลจะช่วยลดปริมาณแพลงก์

ตอนพืชแล้ว ปลานิลยังช่วยลดปริมาณจืออสมินในน้ำให้น้อยลงด้วย ซึ่งจะส่งผลดีต่อปลาเศรษฐกิจ อย่างเช่น ปลานิล ปลาเผาะลูกผสม และปลาดุก เป็นต้น

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชตลอดการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงปลา พบว่ามี ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ยรวมทั้งหมดยุคในกระชังที่ระดับความหนาแน่น 0, 0.5 และ 1 ตัวต่อ ลูกบาศก์เมตร มีค่าเท่ากับ  $10,555 \times 10^3$ ,  $5,540 \times 10^3$  และ  $4,601 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ มีชนิดของแพลงก์ตอนพืชรวมทั้งหมดยุค 63 ชนิด อย่างเช่น *Oscillatoria* spp., *Microcystis* spp., *Cylindrospermopsis* sp., *Merismopedia* spp., *Anabaena* spp., *Gloeocapca* sp., และ *Chroococcus* sp. เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Tabachek และ Yurkowski (1976); Lovell และ Broce, (1985); ชลอ (2536) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ประกอบด้วยสกุล *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Phormidium* sp. เช่นเดียวกับ Van Der Ploeg and Boyd (1991) กล่าวว่าวิธีการสะสมของสารสร้างกลิ่นไม่พึง ประสงค์มาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินโดยเฉพาะสกุล *Anabaena* sp., *Symploca* sp. ถ้าในบ่อ เลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจืออสมินหรือเอ็มไอบีใน น้ำก็จะมีค่าความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน จากผลการวิจัยในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง สามารถกรองกินและลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นโคลน และนำไปสู่การ ลดการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำได้

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การใช้ระบบชีววิธีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อ ปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งชนิด Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ตรวจพบได้เฉพาะในเนื้อปลาดุกที่ถูกเลี้ยงในบ่อควบคุม ซึ่งไม่ใช้ระบบ ชีววิธีฟักตบขาว ในปริมาณระหว่าง 42.85 – 47.23 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 0.781 – 0.915 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่สารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดนี้ กลับไม่สามารถตรวจพบใน เนื้อปลาดุก ที่ถูกเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ที่ใช้ระบบชีววิธีฟักตบขาวนี้เลย ทั้งนี้ อาจเกิดจาก การทดลองครั้งนี้ใช้บ่อคอนกรีตขนาดเล็กและตื้นมากประมาณ 80 เซนติเมตรเท่านั้น ดังนั้น ปริมาณฟักตบขาวทั้ง 30 และ 50 เปอร์เซนต์ ที่ใช้ปกคลุมผิวน้ำนี้ ระบบรากของฟักตบขาวจึง สามารถแผ่ขยายคลุมในส่วนใต้ท้องน้ำได้ค่อนข้างสมบูรณ์ จึงอาจจะมีผลต่อการกำจัดสารกลิ่นสาบ โคลนทั้งสองชนิดได้อย่างเต็มที่ ดังนั้น จึงควรมีการทดลองต่อไปในบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ที่มี ความลึกมากกว่า 2 เมตร ซึ่งระบบรากของฟักตบขาวจะไม่สามารถแผ่ปกคลุมไปถึงก้นน้ำเบื้องล่าง



ได้ ปริมาณสารกลั่นสาบโคลนดังกล่าว จึงอาจจะสามารถตกค้างมากขึ้นจนถึงระดับที่สามารถจะตรวจพบได้

จากผลการเลี้ยงปลาอุกทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ตามที่วางแผนการทดลองไว้ที่ 4 เดือนในแต่ละช่วงนั้น พบว่า ปลาอุกมีอัตราการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยสังเกตว่า น้ำหนักปลาอุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต กลุ่มทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด ( 223.99 กรัม ) รองลงไปที่กลุ่มทดลองที่ 2 ( 220.95 กรัม ) และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยสุดคือ กลุ่มทดลองที่ 1 ( 217.30 กรัม ) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติวิจัยแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญใดๆ

จากผลการเลี้ยงปลาอุกทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก ตามที่วางแผนการทดลองไว้ที่ 4 เดือนในแต่ละช่วงนั้น พบว่า ปลาอุกมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยสังเกตว่า ความยาวปลาอุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีต กลุ่มทดลองที่ 2 มีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด ( 5.87 ซม. ) รองลงไปที่กลุ่มทดลองที่ 3 ( 5.74 ซม. ) และน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นน้อยสุดคือ กลุ่มทดลองที่ 1 ( 5.36 ซม. ) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติวิจัยแล้ว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญใดๆ

คุณภาพน้ำด้านปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 3 มีปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนมากที่สุด (0.088 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 (0.066 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 2 (0.046 มก/ล) ตามลำดับ ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนมากที่สุด (0.183 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 3 (0.175 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 1 (0.156 มก/ล) ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมากที่สุด(7.193 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (6.801 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (6.731 มก/ล) ตามลำดับ การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณออร์โธฟอสเฟต( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตมากที่สุด(5.514 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (5.220 มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (5.192 มก/ล) ตามลำดับ คุณภาพน้ำด้านความเป็นกรด-เบส(pH) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-เบสมากที่สุด(7.31) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (7.27) และกลุ่มทดลองที่ 3 (7.26) ตามลำดับ ปริมาณกาซออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ในน้ำเลี้ยงปลาอุก บ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่ามากที่สุด(5.15 มก/ล) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 2 (4.57

มก/ล) และกลุ่มทดลองที่ 3 (4.04 มก/ล) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำเลี้ยงปลาตกในบ่อคอนกรีต พบว่า กลุ่มทดลองที่ 3 มีค่ามากที่สุด (26.05 องศาเซลเซียส) รองลงไปได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 (26.02 องศาเซลเซียส) และกลุ่มทดลองที่ 2 (25.83 องศาเซลเซียส) ตามลำดับ

### **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้าน**

#### **ออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)**

จากการศึกษาคุณภาพของสาหร่ายสไปรูลินา การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าตัวอย่างที่มีสารประกอบฟีนอลิก และมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ คือ ตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ หลังจากนั้นได้นำ 2 ตัวอย่างนี้ รวมถึงตัวอย่างทางการค้า 2 ยี่ห้อ มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยจะเริ่มตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 8 (ปัจจุบันทำการศึกษาถึงเดือนที่ 3) โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินาอบแห้ง พบว่า ปริมาณความชื้น (moisture content) และ ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity) มีค่าสูงขึ้น สำหรับค่าสี (color value) พบว่า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีแนวโน้มลดลง ค่าความเป็นสีเขียว ( $a^*$ ) และ ค่าความเป็นสีน้ำเงิน ( $b^*$ ) มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน

สำหรับปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินาอบแห้ง พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปจะทำให้สารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างจะพบว่าตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ จะมีปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ตัวอย่างทางการค้ายี่ห้อ A และ ตัวอย่างทางการค้ายี่ห้อ B ตามลำดับ

## สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยในปีแรก สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละชุดโครงการได้ดังนี้

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 1** ผลของการใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง (ทับทิม) เพื่อเข้าสู่ระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การทดลองในครั้งนี้พบว่าการเสริมโปรไบโอติก ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ลงในอาหารอนุบาลลูกปลานิลแดงในอัตราอย่างน้อย 0.5% โดยน้ำหนัก ทำให้ลูกปลานิลแดงมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) และอัตราการรอด รวมทั้งส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะ เช่น ซีรัมไลโซไซม์ และปริมาณเม็ดเลือดขาวสูงกว่าลูกปลาที่อนุบาลด้วยอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) แต่ควรมีการศึกษาถึงชนิดของโปรไบโอติกให้มีความหลากหลาย และควรมีการศึกษาการเสริมโปรไบโอติกร่วมกับพรีไบโอติก ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันโรคแบบไม่จำเพาะในการอนุบาลลูกปลานิลแดงให้ดียิ่งขึ้น เพื่อการเลี้ยงที่ปลอดภัยและสามารถขยายผลในเชิงพาณิชย์ต่อไป

**งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 2** การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินา สายพันธุ์ แม็กกับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา แต่ละต้นกำเนิด ในห้องปฏิบัติการ บ่อซีเมนต์กลม และบ่อแบบลู่วิ่ง (raceway pond) พบว่า T<sub>3</sub> Spi. MJU2 ที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และบ่อซีเมนต์กลม มีปริมาณเซลล์สาหร่ายที่มีลักษณะเป็นเกลียว จำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ ผลผลิตโดยน้ำหนักแห้ง 0.40-0.42 g/l สารสี แคโรทีนอยด์ 706.47±53.72 mg/g มากกว่า T<sub>1</sub> Spi. CMU1 และ T<sub>2</sub> Spi. MJU1 แต่การเพาะเลี้ยงสไปรูลินา (T<sub>3</sub> Spi. MJU2) ในบ่อซีเมนต์แบบ raceway pond พบว่ามีโปรตีน 46.91±0.80% และมีสารสี C-phycoerythrin 9.36±0.55 mg/g มากกว่า T<sub>1</sub> Spi. CMU1 และ T<sub>2</sub> Spi. MJU1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยง เช่น อุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ 26.75±0.00 °C อุณหภูมิอากาศ มีค่าตั้งแต่ 25.42±0.43-25.58±0.29 °C ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าตั้งแต่ 9.68±0.02-9.71±0.02 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen) มีค่าตั้งแต่ 5.50±0.24-5.54±0.12 mg/L แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen; NH<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 0.58±0.02-0.62±0.03 mg/L ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO<sub>3</sub>-N) มีค่าตั้งแต่ 14.05±0.58-14.64±0.82 mg/L สารอินทรีย์-ไนโตรเจน (Organic-N) มีค่าตั้งแต่ 2.05±0.06-2.17±0.03 mg/L

ฟอสฟอรัสรวม (total-phosphorus) มีค่าตั้งแต่  $2.47 \pm 0.11$ – $2.74 \pm 0.14$  mg/L และค่าต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

### **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 3 การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด**

1. ผลผลิตของกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลมีค่าสูงสุดรองลงมาคือกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลาตะเพียนและกุ้งฝอยที่เลี้ยงร่วมกับปลานูและกุ้งฝอยที่เลี้ยงอย่างเดียว
2. การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับพรรณไม้น้ำ การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับจอกมีผลผลิตสูงสุดรองลงมาคือการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับผักกระเฉดและกุ้งฝอยที่เลี้ยงเดี่ยวและการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับผักบุ้ง
3. การเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับปลานิลและการเลี้ยงกุ้งฝอยร่วมกับจอกมีค่าต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด

### **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 4 สารสกัดสมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล**

สารสกัดสมุนไพรไทยทั้ง 4 ชนิด มีผลเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิลได้ทั้งเพศผู้และเพศเมีย และยังมีผลเพิ่มความดกไข่ในปลาเพศเมียได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะได้ทำการวิจัยต่อเนื่องจนถึงการนำปลาไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

### **งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 5 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย**

สรุปผลการศึกษาเอนไซม์ย่อยอาหาร พบว่า เอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลวัยอ่อน สามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในบริเวอร์ยีสต์ และรองลงมาเป็น ถั่วลิสง และ ถั่วเขียว ในขณะที่ ความสามารถในการย่อยโปรตีนสูงสุดในปลายข้าว และ รองลงมาเป็นมูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ กากถั่วเหลือง และ ถั่วลิสง ตามลำดับ

ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากปลานิลเต็มวัย พบว่า เอนไซม์จากกระเพาะอาหารย่อยสาหร่ายไส้ไก่ได้ดีที่สุด ที่สุด รองลงมา คือ กากถั่วเหลือง และ มูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศ ส่วนเอนไซม์ย่อยอาหารจากลำไส้ปลานิลเต็มวัย พบว่า ความสามารถในการย่อยคาร์โบไฮเดรต พบสูงสุดในกากนมถั่วเหลือง รองลงมาเป็น ไร่ข้าว กากถั่วเหลืองตามลำดับ และสามารถย่อยโปรตีนได้สูงสุดในสาหร่ายไส้ไก่ รองลงมาเป็น กากถั่วเหลือง และ ถั่วลิสงเป็นลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า สามารถแยกวัตถุดิบอาหารเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นวัตถุดิบอาหาร และ กลุ่มวัตถุดิบเสริมในท้องถื่น และ พบว่า วัตถุดิบเสริมในท้องถื่น ที่เหมาะสมในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการทดลองนี้ คือ ถั่วลิสง เพราะ ผลการทดลองที่ได้มีค่าความสามารถในการย่อยโดยเอนไซม์ย่อยอาหารปลานิลวัยอ่อน และ เติบโต ได้ดี

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 6 ระบบกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้

1. ปลานิลสามารถลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชได้ ซึ่งดูได้จากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ แสดงให้เห็นว่าปลานิลสามารถกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ โดยการกรองกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืชในน้ำในบ่อเลี้ยงปลาและขนาดของปลานิล
2. การเลี้ยงปลาเพาะลูกผสมและปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน คือ 0, 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จีโอสมินและเอ็มไอบี) ในเนื้อปลานิลในกระชังที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน คือ 0.5 และ 1 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร พบปริมาณสารจีโอสมินในเนื้อปลานิลมีปริมาณน้อย คือ  $0.07 \pm 0.02$  และ  $0.02 \pm 0.01$  ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลมีปริมาณสูงกว่าปริมาณจีโอสมิน คือ  $0.47 \pm 0.21$  และ  $0.30 \pm 0.15$  ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปลาจากการวิจัยครั้งนี้มีการสะสมของกลิ่นไม่พึงประสงค์สะสมอยู่ในปริมาณต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้

#### งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 7 การใช้ระบบชีววิถีเพื่อลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาดุก [*Clarias gariepinus* (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1. การเลี้ยงปลาดุกในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก โดยใช้ระบบชีววิถีผักตบชวาทั้งสองกลุ่มทดลองในครั้งนี้ ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดคือ Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ได้ จึงยังไม่สามารถสรุปผลในการศึกษาครั้งนี้ได้ว่า ระบบชีววิถีผักตบชวาจะสามารถช่วยลดหรือกำจัดสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดดังกล่าวได้จริงหรือไม่ จึงควรมีการทดลองในบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ที่มีความลึกมากกว่า 2 เมตรต่อไป
2. เนื้อปลาดุกที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาดเล็ก โดยไม่ใช้ระบบชีววิถีผักตบชวา พบว่า มีปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนทั้งสองชนิดคือ Geosmin และ 2-Methyl isoborneol ในช่วงระหว่าง 42.85-47.23 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 0.781-0.915 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

## งานวิจัยย่อยเรื่องที่ 8 ผลของวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้าน

### ออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*)

จากการวิจัยพบว่าทั้งคุณภาพและความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสาหร่ายสไปรูลินาอบแห้ง เมื่อทำการเก็บรักษาหรือระยะเวลาผ่านไปจะพบว่ามีคุณภาพ สารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง แต่ตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ ก็ยังมีประสิทธิภาพสูงที่สุดสำหรับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

### สรุปผลการวิจัยตามกรอบของแผนงานวิจัย

จากการดำเนินในปีแรก แผนงานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยงานที่ได้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ และสร้างเทคโนโลยีต้นแบบด้านการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ เช่น การใช้ prebiotic probiotic และ synbiotic ในการอนุบาลและเลี้ยงปลานิลแดง และการใช้สมุนไพรไทยเร่งการเจริญพันธุ์ในปลานิล เพื่อลดการใช้ยาและสารเคมี หาแนวทางในการลดต้นทุนอาหารปลา โดยการย่อยั่ววัตถุดิบพื้นบ้านเพื่อการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงปลานิลแบบลดต้นทุนและเป็นอาหารปลอดภัย การเลี้ยงกุ้งฝอยในระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยเลี้ยงร่วมกับปลาและพรรณไม้น้ำบางชนิด การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ (geosmin และ MIB) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้ปลานิลและถ่านไม้ และการลดปริมาณสารกลิ่นสาบโคลนในเนื้อปลาคู [Clarias gariepinus (Linnaeus, 1758)] เพื่ออาหารปลอดภัยและความพึงพอใจของผู้บริโภค การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ สาหร่ายสไปรูลินาสายพันธุ์ แม่โจ้ กับสายพันธุ์อื่นๆ ในระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และปลอดภัย สามารถส่งขายไปยังต่างประเทศได้ และยังสามารถนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากการวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกรและผู้สนใจ

ระบบการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่ออาหารปลอดภัยและเพิ่มมูลค่าของทรัพยากรสัตว์น้ำ ประกอบไปด้วยโครงการวิจัยย่อยจำนวน 8 โครงการ โดยแต่ละโครงการจะมุ่งเน้นการผลิตสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ลดการใช้ยาและสารเคมี

## การตีพิมพ์ผลงานการวิจัย

1. ตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการเรื่อง “ผลของโปรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะของลูกปลานิลแดง” Effects of Probiotic on Growth and Non-specific Immunity of Red Tilapia Fry (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย 1(พิเศษ): 1-4 (2557)
2. นำเสนอผลงานทางวิชาการภาคโปสเตอร์ เรื่อง “The efficiency of raw materials digestibility by using enzymes extracted from Nile tilapia” ระหว่างวันที่ 19 – 21 ตุลาคม 2555 ในงานประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (38<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand) ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่
3. นำเสนอผลงานทางวิชาการภาคบรรยาย เรื่อง “ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารเมื่อใช้เอนไซม์ย่อยอาหารของปลานิล” ในงานประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3 วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 ณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. ตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการเรื่อง “ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารเมื่อใช้เอนไซม์ย่อยอาหารของปลานิล” ในวารสารงานประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 3
5. ตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการเรื่อง “Reduction of Phytoplankton Community in Water using Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)” The Sixth International Fisheries Conference 4 December 2013, Maejo University, Chiangmai, Thailand
6. นำเสนอผลงานทางวิชาการภาคบรรยาย เรื่อง “Effect of Drying Method on Antioxidant Activities of Spirulina (*Spirulina platensis*)” ระหว่างวันที่ 28 – 30 สิงหาคม 2557 ในงานประชุมวิชาการ International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being ณ Apsara Angkor Resort & Conference, Siem Reap, Kingdom of Cambodia

## บรรณานุกรม

กรมประมง. 2540. ผลของความหนาแน่นและความขุ่นของน้ำต่อการผลิตกุ้งฝอยในบ่อซีเมนต์.

กรมประมง. หน้า 3-39.

กรมประมง. 2546. การเพาะเลี้ยงปลานิล. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th>  
(20 สิงหาคม 2548)

กรมประมง. 2551. การเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน. เข้าถึงที่ [http://gms.oae.go.th/Z\\_Show.asp?](http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID=198)  
ArticleID=198 สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2553

จกมล พรหมยะ. 2543(ก). การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพ  
มูลสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จกมล พรหมยะ. 2543. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร.  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2545. รายงานผลงานวิจัย  
การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* (Nordsted) Geiteler เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ  
จากบ่อบำบัดน้ำเสียจากหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

จกมล พรหมยะ. 2545. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อ  
บำบัดน้ำเสีย หอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้.  
เชียงใหม่

จกมล พรหมยะ และขจรเกียรติ แซ่ตัน. 2548. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อสุขภาพ.ภาค  
เทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

จกมล พรหมยะและศิริเพ็ญ ตรีชัยภาพ. 2553. การผลิตตรงควัตถุ กรดไขมัน คุณค่าทางโภชนาการ  
และต้นทุนการผลิต ในการเพาะเลี้ยง *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler : โดยใช้น้ำ  
ทิ้งจากโรงอาหาร. วารสารวิจัยคณะเทคโนโลยีการประมง, ปีที่ 4 ฉบับที่ 2. 44 – 53

ชลอ ลิมสุวรรณ. 2536. แนวทางการเลี้ยงกุ้งหน้าฝน. วารสารอะควาฟาร์มมิ่ง 5: 30-36.

ชาติชาย คงประเสริฐ. 2543. การเลี้ยงปลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์เกษตรบุ๊ค, นนทบุรี. 233 น.

ทวีทรัพย์ศรีนาค. 2542. การกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ทาริณี โลหุชิต. 2553. ผลของสารสกัดกวาวเครือขาว *Pueraria mirifica* ต่อการเจริญของอวัยวะ

สืบพันธุ์และการเติบโตของกบนา *Hoplobatrachus rugulosus*. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



- เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ บัญชา ทองมี กระสินธุ์ หังสพฤกษ์และสุกฤษฎ์ สมบูรณ์ชัย. 2544. การใช้  
หอยเชอรี่อบแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารปลาคุกกี้กบ. วารสารการประมง. 54(6) :  
497-501
- รวิชฌนที พุ่มโกศล และ สมเกียรติ ปิยะธินธิวรกุล. 2552. ผลของบริเวอรี่ไซด์และนิวคลีโอไทด์  
ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*). น. 444-  
452 ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47: สาขาประมง. กรุง  
เทพ.มหาวิทยาลัยเกษตร- ศาสตร์.
- นภาพร ศรีพุฒนิพนธ์ และสุริยา จงโยธา. 2540. ชีวิตวิทยาบางประการของกุ้งฝอย *Macrobrachium*  
*lanchesteri* de Man ในบึงทุ่งสร้าง จังหวัดขอนแก่น. เอกสารวิชาการฉบับที่ 35/2540. กอง  
ประมงน้ำจืด กรมประมง. 35 น.
- บัญชา ทองมี. 2549. ผลของความขุ่นของน้ำต่อการเจริญและอัตราการรอดของลูกปลานิลในบ่อ  
ซีเมนต์. น.44 .ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ  
สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- บัญญัติ มนเทียรอาสน์. 2554. ใช้กาวเครือฯ. เปลี่ยนเพศกบ วิจัยและพัฒนาฟอ-แม่. ไทยรัฐ,  
คอลัมน์ หลายชีวิตวันอังคารที่ 30 สิงหาคม 2554.
- บุญดี สมที่นั่ง. 2548 . พรรณไม้ น้ำ. สำนักพิมพ์ ประสานมิตร (ปสม.) บจก.สนพ.
- ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2532. การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ประชาชน. 193 น.
- ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ, วิรุพระนอง ศรีณรงค์ และ อาภรณ์ ภูนิคม. 2541. การเพาะเลี้ยงปลานิล.  
[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th> (13 มีนาคม 2548)
- ประเสริฐ ทองเจริญ. 2550. กระเทียม. พืชจีนราชเวชสาร 24 (1) : 88-92.
- ไพบรมา ยงมานิตชัย. 2546. สหราชอาณาจักรกับสาหร่ายน้ำจืด. Available [http://www.ku.ac.th/e-](http://www.ku.ac.th/e-magazine/july46/agri/seaweed.html)  
[magazine/july46/agri/seaweed.html](http://www.ku.ac.th/e-magazine/july46/agri/seaweed.html) (14/9/54).
- พินิจ ลิพิทักษ์เกียรติและโยธิน ลีลานนท์. 2527. ชีวิตประวัติการเพาะเลี้ยงปลาตะเพียนขาว. เอกสาร  
วิชาการฉบับ 39/2527 สถาบันประมงน้ำจืด กรมประมง. หน้า 1-12.
- พิสิฐ วงศ์วัฒน์ (ผู้แปล). 2547. วิตามิน. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน กรุงเทพฯ. 608น.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ ภาณุ เทวรัตน์มริกุล พรรณศรี จริโมภาส สุจินต์ หนูขวัญ กำชัย ลาวัฒนวุฒิ วิ  
ระวัชรกรโยธิน และวิมล จันทรโรทัย. 2536. การพัฒนาการเลี้ยงปลานิล. สถาบันวิจัยการ  
เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกรมประมง. กรุงเทพฯ.
- ยุทธนา เอียดน้อย อรุณี อิงคกุล อุทัยวรรณ โกวิทาทิ และ สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ. 2550. คุณลักษณะ  
และประสิทธิภาพของเอนไซม์ย่อยอาหารในกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon*, กุ้งขาว *Penaeus*

- vannamei, และกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii*. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 1(2):248-260.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2546. สหราชอาณาจักรไประลูณา. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 76 หน้า.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. **แพลงก์ตอนพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 787 น.
- ศิริชัช ะโลดม. 2549. **ปริมาณความต้องการและการทำประมงกุ้งฝอยในจังหวัดเชียงใหม่**. คณะเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 44 หน้า
- ศิริเพ็ญ ตรีชัยพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมศักดิ์ เพ็ชรปานกัน. 2542. **การศึกษาการใช้หอยเชอรี่บดตากแห้งทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่ไข่: ช่วงอายุ 36-45 สัปดาห์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 123 น.
- เสน่ห์ ผลประสิทธิ์. 2552. เทคโนโลยีกับการประมง. เทคโนโลยีชาวบ้าน, วันที่ 01 พฤษภาคม 2552. 21 ฉบับที่ 454.
- สุกัญญา พริกจำรูญ. 2548. **คู่มือการเพาะเลี้ยงและการส่งออกพันธุ์ไม้น้ำ-ปลาสวยงาม**. นีออนบุ๊กส์มีเดีย. นนทบุรี. 135 หน้า
- สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. **พรรณไม้น้ำ**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 311 น.
- สุชิน ทองมี. 2516. **การศึกษาชีวประวัติบางประการของกุ้งฝอย**. รายงานประจำปีสถานีบึงบอระเพ็ดจังหวัดนครสวรรค์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง. หน้า 40-46.
- สุพนิดา วินิจฉาย, นคร เหลืองประเสริฐ, นวลปรารถ ไชยกุล และ จันทิมา หอมกลบ. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดเอทิลอะซิเตตจากผลมะขามป้อมจากแหล่งในประเทศไทย. มปป. เข้าถึงได้จาก
- สุพรรณษา ทับทิมหิน วิทยา ทาวงศ์ สุปราณี วิกรัยบุรณ สุดาพร ตงศิริ และนิวุฒิ หวังชัย. 2551. **ผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไขมันในปลิงประมงในปลาบึก**. ประชุมวิชาการ “เสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2” มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สำเนาวิ เสาวกุล. 2546. **กุ้งฝอยราคาดีเกินคาดตลาดกำลังต้องการ**. สัตว์น้ำเศรษฐกิจ. ปีที่ 2. ฉบับที่ 14. หน้า 23

- อนันต์ ตันสุตะพานิช และพจนีย์ แพงไพรี. 2524. แนวทางเพิ่มผลผลิตลูกกุ้งก้ามกราม. วารสารการ  
ประมง 34 (6) : 601-613.
- อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2538. การเพาะเลี้ยงพันธุ์ปลา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 253 น.
- Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., and Ismael N.E.M. 2008. Evaluation of commercial  
live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry  
Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*.  
Aquaculture 280: 185–189.
- Akiyama, D.M. and A.M. Anggawa, A. 1999. Polyculture of shrimp and tilapia in East Java.  
American Soybean Association (ASA). **Technical Bulletin AQ 47-1999**. 7 pp.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis of the Association of official Analytical Chemists.  
Washington D.C. 1015p.
- Aslaksen, M.A., Kraugerud, O.F., Penn, M., Svihus, B., Denstadli, V., Jorgensen, H.Y., Hillestad,  
M., Krogdahl, A. and Storebakken, T. 2007. Screening of nutrient digestibilities and  
intestinal pathologies in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with legumes, oilseeds,  
or cereals. Aquaculture, 272:541-555.
- Barthakur N.N. and Arnold N.P. 1991. Chemical analysis of the emblic (*Phyllanthus emblica* L.)  
and its potential as a food source. Scientia Horticulturae 47(1-2) : 99-105.
- Bombero-Tuburan, I., S. Fucumoto and S. Rodriguez. 1995. Use of golden apple snail, cassava,  
and maize as feeds for tiger shrimp, *Penaeus monodon*, in pond. **Aquaculture** 131 :  
91-100.
- Boyd, C.E. and C. S. Tucker. 1992. **Water quality and soil analyses for Aquaculture**. Alabama  
agriculture experiment station, Auburn University, Alabama, USA. 183 p.
- Casey, C. G., W.L. Steven, and V.Z. Paul. 2004. **Instrumental versus sensory detection of off-  
flavors in farm-raised channel catfish**. Aquaculture, 236: 309-319.
- Cherdshewasarta W., Bhuntakua P., Panriansaen R., Dahlan W., Malaivijitnond S. 2008.  
Androgen disruption and toxicity tests of *Butea superba* Roxb., a traditional herb used  
for treatment of erectile dysfunction, in male rats. Maturitas 60 : 131–137.
- Cherdshewasart W. and Nimsakul N. 2003. Clinical trial of *Butea superba*, an alternative herbal  
treatment for erectile dysfunction. Asian Journal of Andrology 2003 Sep; 5: 243-246
- Cherdshewasart W., Subtang S. and Dahlan W. 2007. Major isoflavonoid contents of the

- phytoestrogen rich-herb *Pueraria mirifica* in comparison with *Pueraria lobata*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 43 : 428–434.
- Cherdshewasarta W. and Sutjitb W. 2008. Correlation of antioxidant activity and major isoflavonoid contents of the phytoestrogen-rich *Pueraria mirifica* and *Pueraria lobata* tubers. *Phytomedicine* 15 : 38–43.
- Cousin, M., Cuzon, G., Guillaume, J. and AQUACOP. 1996. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: in vivo and in vitro study on eight samples of various origin. *Aquaculture*, 140:361-372.
- D'Abramo, L.R. and W. H. Daniels, 1994. Sterol requirement of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* In : Abstracts of the World Aquaculture' 94. 14– 18 January 1994. New Orleans p.200. **World Aquaculture Society**. BatonRouge, LA USA.
- D'Abramo, L.R. and R. Louis, 1995. **Nutritional requirement of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* : Comparison with species of Penaeiid shrimp**. Presented at the fifth international working group on crustacean nutrition symposium, Kagoshima 890, Japan 22 –24 April 1995. 7 p.
- D'Abramo, L.R. and S.S Sheen, 1992. Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. ***Aquaculture*** 115 : 63 –68.
- Dionigi, C. P., T.E. Lawlor, J.E.M. Farland and P.B. Johnsen. 1993. **Evaluation of geosmin and 2-methylisoborneol on the histidine dependence of TA98 and TA100 *Salmonella typhimurium* tester strain**. *Water Research*. 27: 1615-1618.
- Farmer, L.J., J.M. McConnell, T.D.J. Hagan and D.B. Harper. 1995. Flavor and off-flavor in wild and farmed Atlantic salmon from locations around Northern Ireland. *Water Science and Technology*. 31(11): 259-264.
- Form, J. and V. Horlyck. 1984. **Site of uptake geosmin a cause of earthy-flavor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)**. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1224-1226.
- Garcia-Perez, A., D. Alston, and R. Cortes-Maldonado, 2000. Growth, survival, yield and size distribution of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, and tilapia, *Oreochromis niloticus*, in polyculture and monoculture systems in Puerto Rico. ***Journal of World Aquaculture Society***, 31(3): 446-451.

- Grimm, C. C., W.L. Steven and V.Z. Paul. 2004. **Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish**. *Aquaculture* 236(1-4): 309-319.
- Hansen A., Rosenlund, G., Karlsen, O., Koppe, W. and Hemre, G. 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.)- Effects on growth and protein retention. *Aquaculture*, 272:599-611.
- He, S., Zhou, Z., Liu, Y., Shi, P., Yao, B., Ringo, E. and Yoon, I. 2009. Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Aquaculture* 294: 99-107.
- Hillestad, M., Asgard, T. and Berge G.M. 1999. Determination of digestibility of commercial salmon feeds. *Aquaculture*, 179:81-94.
- Hossain, M.B., C. Barry-Ryan, A.B. Martin-Diana and N.P. Brunton. 2010. Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. *Fod Chemistry*. 123: 85-91.
- Hu, A., Wang, Y., Wang, Q., Zhao, M., Xiong, B., Qian, X., Zhao, X and Luo, Z. 2008. Replacement of fish meal by rendered animal protein ingredients with lysine and methionine supplementation to practical diets for gibel carp. *Aquaculture*, 275:260-265.
- Hung, L.T. 1989. Evaluation of soybean meal as a supplementary feed for red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). M.Sc. Thesis, Asian Institute of Technology, 110 pp.
- Izaguirre, G., C. J. Hwang, S.W. Krasner and J. Micheal. 1982 . Geosmin and 2-methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply system. *App. Envi. Micro.* 43(3): 708-714.
- James, M.C. and Abu-Reseq, S.T. 1988. Effect of different cell densities of *Chlorella capsulata* and a marine *Chlorella* sp. for feeding rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 69, 43-56.
- Jauncey, K.J. and Ross. B. 1982. **guide totilapia feed and feeding**. Institute of Aquaculture University of Stirling, Scotland. 111 p.
- Jauncey, K.. 2000. Nutritional requirement. In: Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Bds.), *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers, London, UK, pp.327-

375.

Jöhnk, K.D., J. Huisman, J. Sharples, B. Sommeijer, P.M. Visser and J.M. Stroom. 2008.

**Summer heat waves promote blooms of harmful cyanobacteria.** Glob. Change Biol., 14: 495–512.

Johnsen, P.B. and P.C. Dionigi. 1994. **Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** J. World Aqua. Soc. 27(1): 15-20.

Johnsen, P.B. and S.W. Lloyd. 1992. **Influence of fat content on uptake and depuration of the off-flavor 2-methylisoborneol by channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 : 2406-2411.

Johnsen, P.B., S.W. Lloyd, B.T. Vingad and P.C. Dionigi. 1996. **Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** J. World Aqua. Soc. 27(1): 15-20.

Jüttner, F. and S.B. Watson. 2007. **Biochemical and Ecological Control of Geosmin and 2-Methylisoborneol in Source-Waters.** New York: American Society for Microbiology.

Kim, J.D., Breque, J. and Kaushik, S.J., 1998. Apparent digestibilities of feed components from fish meal or plant protein based diets in common carp as affected by water temperature. Aquatic Living Resources, 11:269-272.

Lall, S.P. 1990. Concepts in the formulation and preparation of a complete fish diet. pp. 1-12. In S.S. De Silva (ed.) Fish Nutrition Research in Asia. Proceedings of the Fourth Asian Fish Nutrition Workshop. Asian Fish. Soc. Spec. Publ. 5. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 205 p

Lee, T. G. 2000. Development of ultrasonic irradiation process for the control of cyanobacteria bloom in eutrophic lake. Doctoral dissertation. Tsukuba University. 130 pp.

Lim, C. and Webster, C. 2006. Tilapia biology, culture, and nutrition. Food products press. 678 p.

Lovell, R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 pp.

Lovell, R.T. 1976. Flavor Problems in Fish Culture. FAO. Technical Conference on Aquaculture Kyoto, Japan. 9 p.

- Lovell, R.T. and D. Broce. 1985. **Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp. Aquaculture penaeid shrimp.** Aquaculture. 50: 169-174.
- Lovell T. 1989. **Nutrition and feeding of fish.** Van Nostrand Reinhold. 260 pp.
- Lowry, O.H., N.J. Rosenbrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin Phenol Reagent. The Journal of Biological Chemistry 193: 265-275.
- Ma K., Ishikawa T., Seki H., Furihata K., Ueki H., Narimatsu S., Higuchi Y., Chaichantipyuth C. 2005. Isolation of new isoflavonolignans, butesuperins A and B, from a Thai miracle herb, *Butea superb.* Heterocycles 65(4) : 893-900.
- Majeed M., Bhat B., Jadhav A.N., Srivastava J.S. and Nagabhushanam K. 2009. Ascorbic Acid and Tannins from *Emblica officinalis* Gaertn. FruitssA Revisit. Journal of Agricultural Food Chemistry 57 : 220–225.
- Malaivijitnond S., Kiatthaipipat P., Cherdshewasart W., Watanabe G. and Taya, K. 2004. Different effects of *Pueraria mirifica*, a herb containing phytoestrogens, on LH and FSH secretion in gonadectomized female and male rats. Journal of Pharmacological Science 96 : 428–435.
- Martin, J.F., C.P. McCoy, W. Greenleaf and L.W. Bennett. 1987. **Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial culture ponds in Mississippi.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 909-912.
- Martin, J.F., M.S. Plakas, H.J. Holley, J.V. Kitzman and A.M. Guaino. 1990. **Pharmacokinetics and tissue disposition of the off-flavor compound 2-methylisoborneol in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** Can. J. Fish. Aqua. Sci. 47: 544-547.
- Matsuyasu, N., O. Takahoro, K. Yoshiyuki, I. Noriyuki, I. Taichi, A. Akihiro, S. Toshiaki, H. Euichi and S. Michio. 1996. **Inhibitory effects of odor substances, geosmin and 2-methylisoborneol, on early development of sea urchins.** Elsevier Science Ltd. PII: S0043-1354(96)00104-2.
- Metwally M.A.A. 2009. Effects of Garlic (*Allium sativum*) on Some antioxidant activities in tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*). World Journal of Fish and Marine Sciences 1 (1) : 56-64.

- Milie, D.F., M.C. Baker, C.S. Tucker, B.T. Vinyard and C.P. Dionigi. 1992. High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton. *J. of Phytocology*. 28: 28-290.
- Milledge, J.J. 2010. Commercial application of microalgae other than as biofuels : a brief review. Review in Environmental Science Biotechnology. Publish online 19 August 2010.
- Mwangamilo, J. J. and N.S. 2003. Nutritional Studies and Development of a Practical Feed for Milkfish (*Chanos chanos*) Culture in Zanzibar, Tanzania. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, (2):137-146.
- Nakamura, H. 1982. *Spirulina* : Food for Hungry World. University of the Tress. Prss, Boulder Creek., California.
- Nieto-Iopez, M., Tapia-Salazar, M., Ricque-Marie, D., Villarreal-Cavazos, D., Lemme, A. and Cruz-Suarez, L.E. 2011. Digestibility of different wheat products in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, 319:369-376.
- Pavasovic, A., Anderson, A.J., Mather, P.B. and Richardson, N.A. 2007. Effect of a variety of animal, plant and single cell-based feed ingredients on diet digestibility and digestive enzyme activity in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868). *Aquaculture*, 272:564-572.
- Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). *Journal of Fisheries Technology Research*, 1(1) : 71-81.
- Pei, P. 2003. Methyl Isoborneol (MIB) and geosmin removal during ozone biofiltration treatment. Master's thesis , University of Arizona state.
- Perschbacher, P.W. 1995. **Algal management in intensive channel catfish production trials.** *World Aquaculture*. 26(3): 65-68.
- Persson, P.E. 1980. **Sensory properties and analysis of two muddy of two muddy odour compounds geosmin and 2-methylisoborneol in water and fish.** *Water Research* 14: 1113-1118.
- Persson, P.E. 1982. **Muddy odor: a problem associated with extreme eutrophication.** *Hydrobiologia* 89: 161 p.



- Pirbazari, M., B.N. Badriyha and V. Ravindran. 1992. Microfiltration-Powder Activated Carbon (MF-PAC) for the treatment of waters containing natural and synthetic organics. American Water Works Association. 84(13) : 95-103.
- Promya J. and S. Traichaiyaporn. 2001. Some nutritional value of *Spirulina platensis* cultivated in waste water from pig manure biogas digester, 26<sup>th</sup> congress on Technology of Thailand 18-20 October 2000 Queen Sirikit National convention center, Bangkok, Thailand.
- Promya j., S. Traichaiyaporn and R. L. Deming. 2006. Phytoremediation of domestic and industrial wastewater by *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler, 40<sup>th</sup> Western Regional Meeting American Chemical Society, 22-25 January 2006 Double Tree Hotel Anaheim/Orange, CA, USA.
- Puangkaew, J., V. Kiron, T. Somamoto, N. Okamoto, S. Satoh, T. Takeuchi and T. Watanabe. 2004. Nonspecific immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) in relation to different status of vitamin E and highly unsaturated fatty acids. Fish & Shellfish Immunology 16: 25-39.
- Rezk, M.A., Kamel, E.A., Ranadan, A.A. and Dunham, R.A., 2002. Comparative growth of Egyptian tilapias in response to declining water temperature. Aquaculture, 207: 239-247.
- Ringø E., Olsen R.E., Gifstad T.Ø., Dalmo R.A., Amlund H., Hemre G-I., Bakke A.M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. Aquaculture Nutrition 16(2) : 117–136.
- Robertson, L.A., C.E. Kleinschmidt, D.G. White, G.A. Payne, C.M. Maragos, and J.B. Holland. 2006. **Heritabilities and correlations of Fusarium ear rot resistance and fumonisin contamination resistance in two maize populations.** Crop Sci. 46:353–361.
- Roengsumran S., Petsom A., Ngamrojanavanich N., Rugsilp T., Sittiwicheanwong P., Khorphueng P., Cherdshewasart W. and Chaichantipyuth C. 2000. Flavonoid and Flavonoid glycoside from *Butea superba* Roxb. and their cAMP Phosphodiesterase Inhibitory Activity. Journal of Science Research Chulalongkorn University 25(1) : 169-176.
- Rong Yue, Y. and Cun Zhou, Q. 2008. Effect of replacing soybean meal with cottonseed seed on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. Aquaculture, 284: 185-189.

- Rungruangsak-Torissen, K., Rustad, A., Sunde, J., Eiane, S.A., Jensen, H.B., Opstvedt, J., Nygard, E., Samuelsen, T.A., Mundheim, H., Luzzana, U. and Venturini, G. 2002. *In vitro* digestibility based on fish crude enzyme extract for prediction of feed quality in growth trial. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82:644-654.
- Rungreungwudhikrai, E. 1995. **Characterization and classification of off-flavor of Nile tilapia**. M.S. Thesis no. AE-95-24. Bangkok: Asian Institute of technology.
- Serra, A.B. 1998. The use of golden snail (*Pomacea sp.*) as animal feed in the Philippines. *VoedingsMagazine*. 11 (6) :40-43.
- Shiau, S., J. Chuang. and C. Sun. 1987. Inclusion of soybean meal in Tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* diets at two protein levels. *Aquaculture*. 65 :251-261.
- Shimada, K., K. Fujikawa, K. Yahara and T. Nakamura. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40: 945-948.
- Siangdung, W., Bunnag, B. and Tanticharoen, M. 1996. Effect of temperature and NAD<sup>+</sup> on D – 12 desaturase of *Spirulina platensis*. Poster present at the 1st European Phycological Congress, Aug 11 – 18, 1996, Cologne, Germany.
- Singelton, V.L., R. Orthofer and R.R. Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrate and oxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*. 299: 152-178.
- Sivonen, K. 1982. **Factor influencing odor production by actinomycetes**. *Hydrobiologia*. 86: 165-170.
- Smith, H. M. 1965. **The Fresh-water Fishes of Siam, or Thailand**. United States Government printing office Washington. 622 p.
- Smith, D.M., Tabrett, S.J., Glencross, B.D., Irvin, S.J. and Barclay, M.C. 2007. Digestibility of lupin kernel meals in feeds for the black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 264:353-362.
- Somasundara V. N., Asad M. and Chandy V. 2010. Pharmacological evaluation of extracts of *Allium sativum* Linn bud for anti-fertility activity in female rats. *Research and Reviews in Biomedicine and Biotechnology* 1(1) : 12-15.
- Stratil, P., B. Klejdus and V. Kuban. 2006. Determination of total content of phenolic compounds

- and their antioxidant activity in vegetable-evaluation of spectrophotometric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 607-616.
- Tabachek, J.L. and M. Yurkowski. 1976. **Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites and 2-methylisoborneol in saline lake in Monitoba.** J. Fish Res. Board Can. 33: 25-35.
- Tanchotikul, U. 1990. Studies on important volatile flavor compounds in Louisiana rangia clam (*Rangia cuneata*). Doctoral dissertation. Louisiana state university. 96 p.
- Tanchotikul, U. and T.C.Y. Hsieh. 1990. **Methodology for quantification of geosmin and Levelin raggia clam (*Rangia cuneata*).** J. Food Sci. 55(5): 235-312.
- Teferi, Y., D. Admassu and S. Mengistou. 2000. **The food and feeding habit of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) in Lake Chamo, Ethiopia.** Ethiopian J. Science. 23(1): 1-12.
- Terrazas-Fierro, M., Civera-Cerecedo, R., Ibarra-Martinez, L., Goytortua-Bores, E., Herrera-Andrade, M. and Reyes-Becerra, A. 2010. Apparent digestibility of dry matter, protein, and essential amino acid in marine feedstuffs for juvenile whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 308:166-173.
- Traichaiyaporn. S. 2000. "Water quality analysis" (a textbook in Thai), Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University.
- Trisomboon H., Malaivijitnond S., Watanabe G., Cherdshewasart W. and Taya K. 2006. The estrogenic effect of *Pueraria mirifica* on gonadotrophin levels in aged monkeys. Endocrinology 29(1) : 129–134.
- Tucker H., A. G Eversole and D. E Brune. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848602001333> - AFF2#AFF2. 2003. Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. Aquaculture. 215: 1-4, 93-101.
- Turker H., A.G. Eversole and D.E. Brune, 2003c. Comparative Nile tilapia and silver carp filtration rates of the PAS phytoplankton. Aquaculture. 220:449-457.
- Van Der Ploeg, M. 1989. **Seasonal trends in flavor quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial pond in Mississippi.** J. of Applied Aquaculture. 2(3): 22-31.

- Van Der Ploeg, M. and C.E. Boyd. 1991. **Geosmin production in cyanobacteria (blue green algae) in fish pond at Auburn.** Alabama: J. of the World Aquaculture Society. 22(4): 207-216.
- Venkataraman, L.V. (1983). A monograph on *Spirulina platensis*. Central Food Technological Research Institute, Mysore .
- Wadaan M.A.M. 2009. Long-term effects of black seed and garlic oil on the offspring of two consecutive pregnancies in rats. Journal of King Saud University (Science) (2009) 21, 155–161.
- Wang, Y., Kong, L., Li, C. and Bureau, D.P. 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). Aquaculture, 261:1307-1313.
- Wee, K. L., 1992. And overview of fish digestibility physiology and the relevance to the formulation of artificial fish feed. P. 17-27. In Allan, G.L. and Dall, W. (editors), Proc. Aquaculture Nutrition workshop, 15-17 April 1991, Salamander Bay, Australia.
- Yamada, N., N. Marakami, N. Kawamura and J. Sakakibara. 1994. Mechanism of an early lysis by fatty acid from *Axenic Phormidium tenue* (Musty odor-producing cyanobacterium) and its growth prolongation by bacteria. Biol. Pharm. Bull. 17(9): 1277-1281.
- Yamprayoom, J. and A. Noomhorm. 2000. **Geosmin and Off-flavor in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).** J. of Aquatic product technology 9(2): 29-41.
- Yap, W. G., 2001. The lowdown on world shrimp culture II. **INFOFISH International** 2001(3): 20-27.
- Yen, G.C. and H.Y. Chen, 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 43: 27-32.
- Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 1980. **Geosmin and 2-methylisoborneol implicated as a cause of muddy odor and flavor in commercial fish from Cedar Lake.** Manitoba. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1449-1450.
- Zhang, W., liu, S., Wang, Y., Zheng L., Liu, F., Han, X., Ren, Y., Long, Q., Zhao, Z., Jiang, L. and Wan, J. 2010. A study of the *in vitro* protein digestibility of *indica* and *japonica* cultivars. Food Chemistry, 122:1199-1204.