

## คำนำ

องค์กรระดับสากลที่มีมาตรฐานการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ชัดเจนคือสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM) ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ (IFOAM Basic Standards, IBS) หน่วยรับรอง (Certification Body, CB) สามารถนำไปกำหนดมาตรฐานให้สูงกว่า IBS ได้แต่กำหนดให้ต่ำกว่าไม่ได้ มาตรฐาน IFOAM ที่ใช้ในปัจจุบัน คือ Version 2005 การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์คือ กระบวนการผลิตสัตว์น้ำ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ ที่เป็นไปตามหลักการ และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ เป็นการรวมกระบวนการทุกขั้นตอนเช่นการจัดการระบบนิเวศ การใช้ปัจจัยการผลิต การเพาะพันธุ์ การเลี้ยง อาหารสัตว์ สุขภาพสัตว์ ความเป็นธรรมในสังคม เป็นต้น วัตถุประสงค์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ เพื่อที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยมีหลักการการผลิตแบบเกษตรผสมผสาน รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ หมุนเวียนการใช้ทรัพยากรภายในฟาร์ม ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ห้ามใช้สิ่งที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม ฮอร์โมน สอร์โมนสังเคราะห์ สารที่นอกเหนือจากรายการที่อนุญาต เนื่องจากพื้นที่ทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนมากของเกษตรกรไทย ผ่านการทำกรเพาะเลี้ยงโดยใช้สารเคมีมาเป็นระยะเวลาาน ทำให้อาจมีปุ๋ยเคมี สารเคมี และสิ่งต้องห้ามสำหรับการทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ตกค้างอยู่ จึงต้องมีระยะการปรับเปลี่ยนอย่างน้อย 1 รอบการผลิต ซึ่งหมายถึงช่วงระยะเวลา ตั้งแต่การเตรียมบ่อจนกระทั่งได้รับการรับรองมาตรฐานอินทรีย์จากหน่วยรับรองด้วย (เชิงใหม่นิวส์, 2552) เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาที่สมดุล ยั่งยืน และมีภูมิคุ้มกัน เพื่อความอยู่ดีมีสุข มุ่งสู่สังคมที่มีความสุขอย่างยั่งยืน (วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี, 2551)

มีการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาน้ำจืดในบ่อดิน และปล่อยปลาชนิดที่ 2 นอกกระชังในบ่อดิน อาศัยเศษอาหารที่เหลือจากปลาในบ่อ ซึ่งสัตว์น้ำชนิดที่ 2 เป็นสัตว์น้ำที่มีการเจริญเติบโตประมาณ 8 เดือน เช่น ปลานิล ปล่อยในอัตราส่วน 2 ตัว/ตารางเมตร (ลูกปลาอายุ 2 เดือน ขนาดปลายาว 3-6 นิ้ว) ซึ่งสัตว์น้ำชนิดที่ 2 ต้องการเพียงเศษอาหารที่มีสารอาหารจำพวกไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหารของสาหร่ายและแพลงก์ตอน ซึ่งสาหร่ายและแพลงก์ตอนเอง สามารถเป็นอาหารแก่ปลานิล เป็นต้น (มานพ, 2536) ซึ่งโครงการการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในกระชังร่วมกับปลานิลในบ่อดินแบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนและมีความปลอดภัยด้านอาหาร โดยปลาชนิดที่ 2 อาศัยอาหารที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ เป็นการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบอินทรีย์ที่ยั่งยืน สามารถเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาแก่เกษตรกร โดยเฉพาะกลุ่มผู้เลี้ยงปลาในกระชังบริเวณ

แม่น้ำปิง ปัจจุบันมีปัญหาเรื่องการระบาดของโรคในโครงการนี้น่าจะเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาที่ดีแก่เกษตรกร และผู้สนใจต่อไป

ดังนั้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่ได้ช่วยให้มีการขับเคลื่อนโครงการ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ของประเทศไทย ทำให้เกิดการพัฒนาที่อย่างยั่งยืน เป็นการจกระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำให้ยั่งยืน และเป็นการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่เป็นรูปธรรม ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำปลานู๋ทรายมาเลี้ยงร่วมกับปลานิลแดง เพื่อให้ปลาช่วยส่งเสริมเกื้อกูลให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศภายในบ่อ โดยกินเศษอาหารที่เหลือพื้นกันบ่อหรืออาหารธรรมชาติที่สร้างมากเกินไป อีกทั้งเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงยังได้ผลผลิตของปลาเพิ่มอีกด้วย

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัย “การเพาะเลี้ยงปลานู๋ทรายในกระชังร่วมกับปลานิลแดงในบ่อดินแบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นด้านการเลี้ยง และสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรและผู้สนใจใช้เป็นแนวทางที่จะพัฒนาและขับเคลื่อนโครงการ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ของประเทศไทย ทำให้เกิดการพัฒนาที่อย่างยั่งยืน เป็นการจกระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำให้ยั่งยืน และเป็นการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่เป็นรูปธรรม เป็นการสร้างอาหารปลอดภัยในการเลี้ยงปลาในบ่อดินแบบเศรษฐกิจพอเพียง ได้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเติบโต (ศึกษาในปีที่ 1) ความคดของไข่ (ศึกษาในปีที่ 2) ปลาบุุทราย ในการเลี้ยงร่วมกับปลานิล ในบ่อดิน แบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน
2. เพื่อศึกษาอัตราอาหารผสมสาหร่ายที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปลาบุุทราย อัตราที่เหมาะสมของการเลี้ยงปลาบุุทราย กับการเลี้ยงร่วมกับปลานิลในบ่อดินแบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ศึกษาในปีที่ 1)
3. เพื่อศึกษาอัตราความเข้มข้นของฮอร์โมนจากค่อมได้สมองต่อการฟักออกเป็นตัว อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกปลาบุุทราย (ศึกษาในปีที่ 2)
4. เพื่อศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ ความหลากหลายของแหล่งกักตุน ตลอดจนความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ในระบบการเลี้ยงปลานิลร่วมกับปลาบุุทราย ในบ่อดินแบบเศรษฐกิจพอเพียง (ศึกษาในปีที่ 1 และ 2)
5. เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยทั้งหมดไปเป็นส่วนสำคัญเพื่อการขับเคลื่อน โครงการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์ของประเทศไทย ทำให้เกิดการพัฒนายั่งยืน เป็นการจัดระบบนิเวศน์ในแหล่งน้ำให้ยั่งยืน และเป็นการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่เป็นรูปธรรม

## การตรวจเอกสาร

ปลาบู่ทราย (Sand Goby) ปลาบู่ หรือบู่ทราย บู่จาก บู่ทอง บู่เอื้อย บู่สิงโต มีชื่อสามัญว่า Sand Goby, Marbled Sleepy Goby และชื่อวิทยาศาสตร์ *Oxyleotris mamorata* Bleeker ปลาบู่เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ ได้แก่ ส่องกง สิงคโปร์ มาเลเซีย ฯลฯ ทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายสิบล้านบาท เนื่องจากความต้องการปลาบู่ทรายจากต่างประเทศมีเพิ่มขึ้นทุกปีเป็นผลให้ปลาบู่ทรายมีราคาแพงขึ้น ในอดีตการเลี้ยงปลาบู่ทรายนิยมเลี้ยงกันมากในกระชังแถบลุ่มน้ำ และลำน้ำสาขาบริเวณภาคกลางตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดอุทัยธานี เรื่อยมาจนถึงจังหวัดปทุมธานี โดยมีจังหวัดนครสวรรค์เป็นแหล่งเลี้ยงและส่งออกที่ใหญ่ที่สุด (กรมประมง, 2550)

### 1. รูปร่างลักษณะของปลาบู่ทราย

ปลาบู่ทราย (ภาพที่ 1) มีลักษณะลำตัวกลมยาว ความลึกลำตัวประมาณ 1 ใน 3.5 ของความยาวมาตรฐานของลำตัว ส่วนหัวยาว 1 ใน 2.8 ของความยาวมาตรฐานของลำตัว หัวค่อนข้างโต และด้านบนของหัวแบนราบ ปากกว้าง มุมปากเฉียงลงและยาวถึงระดับกึ่งกลางตา ขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบน ทั้งขากรรไกรบนและล่างมีฟันแหลมซี่เล็ก ๆ ลักษณะฟันเป็นแบบฟันแถวเดียว ลูกตาลักษณะโปนกลมอยู่บนหัวถัดจากริมฝีปากบนเล็กน้อย รูจมูกคู่หน้าเป็นหลอดยื่นขึ้นมาอยู่ติดกับร่องที่แบ่งจะงอยปากกับริมฝีปากบน ครีบหู และครีบหาง มีลักษณะกลมมนใหญ่ มีลวดลายดำสลับขาว มีก้านครีบอกอยู่ 15-16 ก้าน ครีบหลัง 2 ครีบ ครีบอันหน้าสั้นเป็นหนาม 6 ก้าน เป็นก้านครีบสั้นและเป็นหนาม ครีบอันหลังเป็นก้านครีบอ่อน 11 ก้าน ครีบท้องหรือครีบอกอยู่แนวเดียวกับครีบหูและมีก้านครีบอ่อน 5 ก้าน ครีบอกของปลาบู่ใน Subfamily Eleotrinae แยกจากกันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งแตกต่างจากปลาบู่ชนิดอื่นในครอบครัว Gobiidae ซึ่งมีครีบท้องติดกันเป็นรูปจาน ครีบกันอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่สอง มีก้านครีบอ่อน 7 ก้าน และมีอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่สอง และมีความยาวครีบท่อกับครีบหลังอันที่สอง ส่วนของครีบบีลายนี้น้ำตาลดำ แดงสลับขาวเป็นแถบ ๆ และมีจุดสีดำ กระจายอยู่ทั่วไป ลำตัวมีเกล็ดแบบหนามคล้ายซีหวี และมีแถบสีดำขวางลำตัว 4 แถบ ด้านท้องมีสีอ่อน สีตัวของปลาบู่ทรายแตกต่างกันไปตามถิ่นที่อยู่อาศัย (กรมประมง, 2550)

ลักษณะเกล็ด ลำตัวมีเกล็ด 2 ลักษณะ คือ เกล็ดกลมขอบเรียบ และเกล็ดมีปลายแหลมเป็นหนาม บริเวณส่วนหัวจะมีเกล็ดกลมขอบเรียบ ส่วนบริเวณลำตัวเป็นเกล็ดมีปลายแหลมเป็นหนาม เส้นข้างลำตัวจะมีเกล็ดประมาณ 70-90 เกล็ด ลำตัวมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเทา ส่วนบนของตัวมีจุด

สีคำประปราย ด้านท้องมีลักษณะสีขาวจาง ส่วนหลังและด้านข้างลำตัวจะมีสีขาวปนเหลือง แถบจะเห็นได้ชัดบริเวณหาง ครีบทุกครีบจะมีลายดำพาดขวาง ยกเว้นครีบหลังจะมีสีน้ำตาลปนดำ ปลาบุ๋มทรายจัดเป็นปลาน้ำจืดและเป็นปลาชนิดเดียวในครอบครัวนี้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ปกติมีขนาดประมาณ 30 เซนติเมตร เคยพบยาวถึง 60 เซนติเมตร (กรมประมง, 2550)



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของปลาบุ๋มทราย

ที่มา : <http://www.geocities.com/welcometonica121/new-29.htm>

## 2. การแพร่กระจาย

ปลาบุ๋มทราย เป็นปลาที่เราสามารถพบได้ทั่วไปในน้ำจืดและน้ำกร่อยเล็กน้อย ในหลายประเทศ โดยเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และหมู่เกาะมลายู ไคแก่ บอร์เนียว เกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย มาเลเซีย จีน ไทย สำหรับในประเทศไทยพบปลาบุ๋มทรายพันธุ์ทั่วไปตามแม่น้ำ ลำคลอง และสาขาทั่วทุกภาคตามหนองบึง และอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา ปากน้ำโพ บึงบอระเพ็ด แม่น้ำลพบุรี แม่น้ำท่าจีน อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น อ่างเก็บน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ อ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี อ่างเก็บน้ำเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิจิตร จังหวัดพิษณุโลก และทะเลน้อย จังหวัดสงขลา (กรมประมง, 2550; ทวี และยุพินท์, 2544) โดยสามารถอาศัยในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนตั้งแต่ 3 mg/L ขึ้นไป ความเป็นด่าง (Alkalinity) 35-221 mg/L ความกระด้าง (Hardness) 23-164 mg/L ความเป็นกรดต่าง 6.3-8.6 (<http://www.geocities.com/welcometonica121/new-29.htm>) ปลาบุ๋มชอบอาศัยอยู่ที่มืด ตามซอกหิน โพงรงไม้ รากหญ้าหนา ๆ ชอบฝังตัวอยู่ในพื้นดินอ่อนหรือพื้นทราย เป็นปลาที่ชอบอยู่กับที่นิ่ง ๆ เชื่องช้า แต่จะมีความว่องไวมากเมื่อเจอโจมตีเข้าหาเหยื่อ และเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น (ปิยากร, 2546)

ปลาบุ๋มทรายเป็นปลากินเนื้อเป็นอาหาร เช่น ลูกกุ้ง ลูกปลา แมลงในน้ำ หอย ฯลฯ ซึ่งปลาบุ๋มทรายวัยแตกต่างกัน จะมีนิสัยการกินที่แตกต่างกัน เช่น ในช่วงที่ฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ จะกิน

สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร ต่อจากนั้นจะกินแพลงก์ตอนสัตว์ ที่มีขนาดเล็กที่ถูกปลาสามารถกินได้ จากการวิเคราะห์นิสัยการกินอาหารของปลาบู่ทราย พบว่า ปลาบู่ทรายที่มีขนาด 1.0-10.0 เซนติเมตร อาหารที่พบเป็นกุ้ง 75% และปลา 25% ส่วนปลาบู่ทรายที่มีขนาด 10.1-20.0 เซนติเมตรอาหารที่พบเป็นกุ้ง 58% ปลา 40% และปู 2% และปลาบู่ทรายที่มีขนาด 20.1 เซนติเมตรอาหารที่พบเป็นปลา 72% และกุ้ง 28% (<http://www.geocities.com/welcometonal21/new-29.htm>) โดยปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวันจะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของตัวปลา (ยูพินท์, 2536)

### 3. การเลี้ยงปลานู๋

ปลานู๋มีราคาแพงจึงเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ทำให้มีผู้สนใจเลี้ยงปลานู๋อย่างกว้างขวาง การเลี้ยงปลานู๋มีเลี้ยงกันในบ่อซีเมนต์ บ่อดิน และกระชัง แต่ที่นิยมเลี้ยงกันมากเป็นการเลี้ยงในกระชัง ส่วนบ่อดินก็มีผู้เลี้ยงกันอยู่บ้างทั้งในรูปแบบการเลี้ยงแบบเดี่ยว แบบรวม และแบบผสมผสาน สำหรับการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์มีการเลี้ยงอยู่น้อยมากเพราะลงทุนสูงและต้องการน้ำสะอาดในการเลี้ยง (กรมประมง, 2550)

#### การเลี้ยงปลานิลแดง

ปลานิลแดงสายพันธุ์ของไทย (ภาพที่ 2) จากการตรวจสอบทางเทคนิคคืออิเล็กโตรโฟรีซิส (Electrophoresis) โดยมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์และมหาวิทยาลัยสเตอร์ลิง สรุปได้ว่า ปลานิลแดงเป็นปลาสายพันธุ์ของไทย เป็นลูกผสมระหว่างปลานิล (*Oreochromis niloticus*) และปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) โดยมีความถี่ของยีนส์ปลานิล 78 เปอร์เซ็นต์ และปลาหมอเทศ 22 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ปลานิลแดงจึงมีลักษณะของปลานิลและปลาหมอเทศรวมกัน คือ มีปากเฉียงขึ้นคล้ายกับปลาหมอเทศ ลำตัวคล้ายปลานิล (มานพ และคณะ, 2530) ปลานิลแดงหรือปลาทับทิม เป็นปลาเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่ตลาดต้องการสีสันสดใสมีสีแดงเข้ม จึงมีนักวิจัยคิดค้นพืช และสาหร่ายเร่งสีปลาก่อนจำหน่ายสู่ตลาด

จากการศึกษาปลาในธรรมชาติ พบว่า ปลาจะเริ่มมีการสะสมคาโรทีนอยด์มากในช่วงการวางไข่ แอสตาแซนทินจะมีการถ่ายทอดมาทางรังไข่ของเพศเมีย ส่วนในเพศผู้ก็จะมีการสะสมคาโรทีนอยด์ เพื่อเพิ่มสีที่ผิวในช่วงการสืบพันธุ์ เพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจจากเพศเมีย และยังพบการสะสมคาโรทีนอยด์ที่เนื้อเยื่อและตับด้วย คาโรทีนอยด์ยังมีบทบาทสำคัญที่ทำให้การพัฒนาของปลาในระยะวัยอ่อนเป็นไปอย่างปกติ มีรายงานว่าแอสตาแซนทินที่พบในไข่จะทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนในการกระตุ้นให้เกิดการปฏิสนธิของปลา Rainbow Trout นอกจากนี้ยังทำให้ เซลล์ของปลาเกิดพฤติกรรม Chemotaxis เพิ่มขึ้น มีรายงานว่าการใช้แอสตาแซนทินเสริมในอาหาร

จะสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต อัตราการสมบูรณ์เพศ และความคดของไขในปลา Rainbow Trout และความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดสีของไขกับอัตราการตายในช่วงพัฒนาตัวอ่อน โดยจะทำให้ตัวอ่อนมีความทนทานต่อสภาพที่มีออกซิเจนต่ำ อุณหภูมิ และแอมโมเนียในระดับสูง ๆ ได้ดี (Tacon, 1981 อ้างโดย ชลธิชา, 2541) การศึกษาผลของแอสตาแซนทินต่อสี และการเจริญเติบโตของปลานิลสีแดง พบว่าปลานิลสีแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับ 300 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า ลำตัวปลานิลสีแดงมีความเข้มกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ภายในระยะเวลา 1 เดือน แต่เมื่อเลี้ยงปลานิลสีแดงเพิ่มขึ้นเป็นเวลา 3 เดือน ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมแอสตาแซนทินทุกระดับมีความเข้มของสีไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากปลาที่ไม่ได้เลี้ยงด้วยแอสตาแซนทิน (ชลธิชา, 2541)

การใช้สาหร่าย *Spirulina* สดอนุบาล และเลี้ยงปลานิลแดงจนถึงระยะวางไข่ พบว่า ปลานิลมีอัตราการผสมพันธุ์ อัตราการฟักออกเป็นตัว และอัตราการรอดของลูกปลาสูงกว่าการใช้อาหารปลาทั่วไป และสาหร่าย *Spirulina* สด ทำให้เนื้อปลามีกรดไขมันจำพวก linoleic acid, Gamma-linolenic acid (GLA) และ  $\Sigma n-6$  สูงกว่าในเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมทั่วไป และเนื้อปลามีโปรตีนสูง สีสันดี จากนั้นนำเนื้อปลาที่ได้ไปทำซาซิมิ (Sashimi) ปรากฏว่าได้รับความนิยมในญี่ปุ่น (Lu and Toshio, 2003) การผสมสาหร่าย *Spirulina* sp. และสาหร่าย *Cladophora* sp. ในอาหารผสมเพื่อเลี้ยงปลานิลสีแดง จะทำให้มีปริมาณคาโรทีนอยด์สะสมในเนื้อมากกว่าการใช้อาหารผสมธรรมดา ซึ่งคาโรทีนอยด์จะช่วยทำให้เนื้อปลามีสีแดงอมชมพูน่ารับประทาน และยังเป็นแหล่งโปรวิตามินเอ (สุรศักดิ์, 2544)

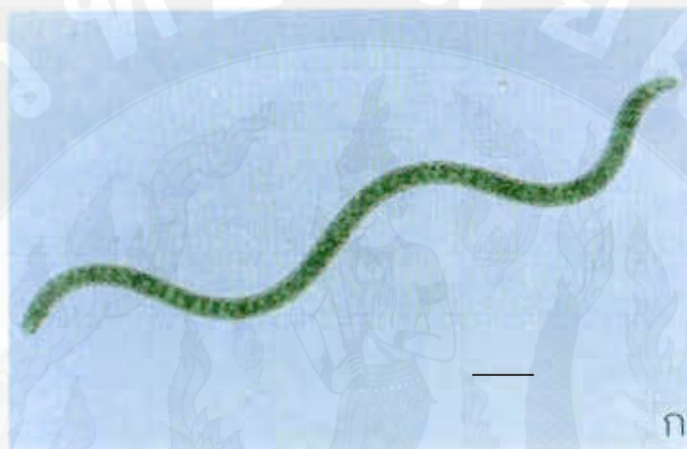


ภาพที่ 2 ปลานิลแดง

ที่มา : Promya (2008)

## สาหร่ายสไปรูลินา

การจัดจำแนกสาหร่ายสไปรูลินา *Spirulina platensis* (ภาพที่ 3) ในแง่ของอนุกรมวิธาน ได้ยึดตามหลักของ Bold and Wynne (1978) และ Venkataraman (1983) ดังนี้ Kingdom Monera, Division Cyanophyta, Class Cyanophyceae, Order Oscillatoriales, Family Oscillatoriaceae, Genus *Spirulina*, Species *Spirulina platensis*



ภาพที่ 3 สาหร่าย *Spirulina platensis* ขนาด scale 20  $\mu\text{m}$

### 1. คุณประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูลินา

สาหร่ายสไปรูลินา จัดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ อุดมไปด้วยโปรตีนที่มีอยู่ประมาณสูงถึง 50–70% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ ร้อยละ 12–20 นอกจากนี้สาหร่ายสไปรูลินา ยังเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการผลิตสารเคมีสำคัญซึ่งไม่ค่อยพบในสิ่งมีชีวิตหรือแหล่งอาหารอื่น โดยประกอบไปด้วยกรดอะมิโน ที่จัดเรียงกันอย่างได้สัดส่วน สมดุลถึง 18 ตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายพันธะ (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยเฉพาะกรดแกมมาลิโนเลนิก หรือ GLA ( $\gamma$ -linolenic acid, 18:3 w 6) มีวิตามินที่มีคุณค่าหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1, 2, 3 และ บี 12 วิตามินซี และวิตามินอี นอกจากนี้ยังประกอบด้วยรงควัตถุธรรมชาติ เช่น ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) และแคโรทีนอยด์ชนิด Myxoxanthophyll, Zeaxanthin และสารพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) เป็นต้น (มารศรี, 2549)

จงกล และขจรเกียรติ (2548) ได้ทำการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของสาหร่ายสไปรูลินาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. สารสีหรือรงควัตถุ (Pigment)

สาหร่ายสไปรูลินามีองค์ประกอบของสารสีหรือรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ แคลโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน (phycobilin) และแคโรทีน (carotene) โดยสาหร่ายสไปรูลินามีแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 1.7 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง สามารถแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้ เบต้าแคโรทีน (beta -carotene) 26 เปอร์เซ็นต์, เบต้าแคโรทีน 5, 6 อีพ็อกไซด์ (beta carotene-5,6-epoxide) 5 เปอร์เซ็นต์, เอคิโนน (echinenone) 7 เปอร์เซ็นต์, คริปโตแซนทิน (cryptoxanthin) 23 เปอร์เซ็นต์, มิกโซแซนโทฟิลล์ (myxoxanthophyll) 24 เปอร์เซ็นต์ และซีแซนทิน (xexanthin) 9 เปอร์เซ็นต์ รงควัตถุเหล่านี้เป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม หรือสีแดง จึงสามารถช่วยเพิ่มสีส้มในปลาโดยเฉพาะปลาสวยงามให้มีสีสวยงาม

### 2. โปรตีน (Protein)

โดยทั่วไปสาหร่ายสไปรูลินา (*S. platensis*) แห้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ระหว่าง 50-70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีหรือสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง โดยประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน (isoleucine), ลิวซีน (leucine), ไลซีน (lysine), เมทไธโอนีน (methionine), ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine), ซีรีโอนีน (threonine), ทริปโตเฟน (tryptophan), วาลีน (valine), อาร์จินีน (arginine) และฮิสติดีน (histidine) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในสาหร่ายสไปรูลินากับแหล่งอาหารอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

### 3. ไขมัน (lipids) และกรดไขมัน (fatty acid)

สาหร่ายสไปรูลินามีเปอร์เซ็นต์ไขมันระหว่าง 2-7.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และไขมันในสาหร่ายสไปรูลินาส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดลิโนเลนิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดที่จำเป็นต่อปลา ซึ่งสภาวะแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินามีส่วนสำคัญ ในการควบคุมการสังเคราะห์ไขมัน และกรดไขมันของสาหร่าย สไปรูลินา ปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการสังเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณสารอาหาร เช่น ปริมาณไนโตรเจน คือ ปริมาณไนโตรเจนในสารอาหารลดลง ปริมาณไขมันในเซลล์สาหร่ายก็จะลดลงภายในระยะเวลา 2-3 วัน การเสริมสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารในการเลี้ยงปลาน้ำจืดจะมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ และการเจริญพันธุ์ (สมศักดิ์, 2547)

### 4. วิตามินและเกลือแร่

สาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่หลายชนิด โดยสาหร่ายสไปรูลินาแห้งประกอบไปด้วยวิตามิน 10 ชนิด ปริมาณต่อกิโลกรัม คือ ไบโอดีน (biotin) 0.4 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 มิลลิกรัม แคลเซียมแพนโทธีเนต (Ca-pantothenate) 11 มิลลิกรัม กรดโฟลิก (folic acid) 0.5 มิลลิกรัม อินโนซิทอล (inosital) 350 มิลลิกรัม กรดนิโคตินิก (nicotinic acid) 118

มิลลิกรัม ไพริดอกซิน (pyridoxine) 3 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (ryboflavine) 0 มิลลิกรัม ไชอะมีน (thiamine) 55 มิลลิกรัม และวิตามินอี 190 มิลลิกรัม สำหรับสาหร่ายสไปรูulina แห่งจะประกอบไปด้วยเกลือแร่หลายชนิด คือ แคลเซียม 1,315 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 8,942 มิลลิกรัม เหล็ก 580 มิลลิกรัม โซเดียม 412 มิลลิกรัม คลอไรด์ 4,400 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 1,915 มิลลิกรัม แมงกานีส 25 มิลลิกรัม สังกะสี 39 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 15,400 มิลลิกรัม (Vankataraman, 1983 อ้างโดย ขจรเกียรติ, 2550)

### แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอนหมายถึง สิ่งมีชีวิตซึ่งลอยอยู่ในน้ำสุดแต่คลื่นลมจะพาไป (ลัดดา, 2542) มีการศึกษาแพลงก์ตอนในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษากำลังผลิตของแหล่งน้ำ ห่วงโซ่อาหาร สายใยอาหารและลำดับชั้นการกินอาหารของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยเริ่มจากแพลงก์ตอน นอกจากนี้แพลงก์ตอนบางกลุ่มเป็นตัวชี้ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) ไนโตรเจน (N) และซิลิกอน (Si) เป็นต้น (สมพงษ์, 2538)

ลัดดา (2542) สามารถแบ่งแพลงก์ตอนออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามความสามารถในการสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้ คือ

1. แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) คือ แพลงก์ตอนที่มีความสามารถสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้ ได้แก่ พืชขนาดเล็กและสาหร่ายต่าง ๆ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) สาหร่ายสีเขียว (Green algae) ไดอะตอม (Diatom) โปรโตซัวที่สามารถสังเคราะห์แสงได้บางชนิด (Photosynthetic protozoa) เป็นต้น
2. แพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) คือ แพลงก์ตอนที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้เหมือนแพลงก์ตอนพืช เช่น โปรโตซัว (Protozoa) ตัวอ่อนของสัตว์ (Animal larvae) สิ่งมีชีวิตพวกกุ้ง ปู แมงกะพรุน และลูกปลาขนาดเล็ก เป็นต้น

#### 1. แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton)

แพลงก์ตอนพืช จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้มีความสามารถในการสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้ ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชจึงจัดเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (Primary producers) ของห่วงโซ่ (Food chain) และสายใยอาหาร (Food web) เราสามารถพบแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งในระบบนิเวศน้ำจืด ระบบนิเวศน้ำเค็ม ตลอดจนในระบบนิเวศน้ำกร่อย โดยแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งมีชีวิตพวกสาหร่ายไม่ว่าจะเป็นสาหร่ายที่เป็นโปรคาริโอตหรือสาหร่ายที่เป็นยูคาริโอต โดยพบว่าในทะเล (Sea) และทะเลสาป (Lake) จะพบแพลงก์ตอนพืช

ในกลุ่มไดอะตอม (Diatoms) และกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลท (Dinoflagellates) เป็นกลุ่มหลัก (Dominant group) ส่วนในแหล่งน้ำจืด (Freshwater) จะพบสาหร่ายสีเขียว (Green algae) โดยเฉพาะพวกเดสมิด (Desmids) เป็นกลุ่มหลัก (Boney, 1975)

จกกล (2552) การจัดหมวดหมู่ตาม Bold and Wynne (1985) มีทั้งหมด 6 Division

1. Division Cyanophyta
2. Division Chlorophyta
3. Division Euglenophyta
4. Division Chrysophyta
5. Division Pyrrophyta
6. Division Cryptophyta

## 2. แพลงก์ตอนสัตว์ (ลัดดา, 2540)

แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่ไม่สามารถสร้างอาหารพวกสารอินทรีย์ได้ด้วยตัวเอง จึงจัดว่าเป็นสัตว์ประเภท heterotrophic หรือกลุ่ม secondary production ในระบบนิเวศของน้ำ แพลงก์ตอนสัตว์มีจำนวนมากกว่าแพลงก์ตอนพืชมาก (แพลงก์ตอนพืชมีไม่น้อยกว่า 3 Divisions) และในกลุ่มแพลงก์ตอนยังแบ่งออกเป็นกลุ่มแพลงก์ตอนใหญ่ ๆ อีก 2 กลุ่ม คือแพลงก์ตอนถาวร (holoplankton) และแพลงก์ตอนชั่วคราว (meroplankton) ในกลุ่มแพลงก์ตอนถาวร Copepoda เป็นกลุ่มแพลงก์ตอนที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ มีจำนวนชนิดมาก ปริมาณของแต่ละชนิดมาก และมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวาง พวกแพลงก์ตอนชั่วคราว ได้แก่ ตัวอ่อนของพวกเบนโทสหลายไฟลัม เช่น Platyhelminthes, Nemertinea, Bryozoa, Brachiopoda, Phoronida, Echinodermata, Hemichordata เป็นต้น บางไฟลัมประกอบด้วยทั้งแพลงก์ตอนชั่วคราวและแพลงก์ตอนถาวร ได้แก่ Rotifera, Annelida, Mollusca และ Chordata แพลงก์ตอนสัตว์บางกลุ่มมีความสามารถพิเศษ คือสามารถอพยพย้ายถิ่นอาศัยในแนวตั้ง (vertical migration)

## องค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์

แพลงก์ตอนสัตว์ประกอบด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จำนวน 16 ไฟลัม ดังนี้

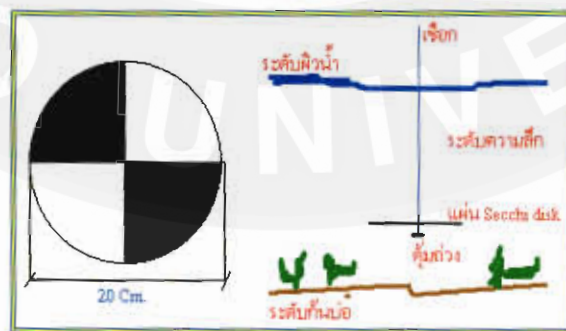
1. Phylum Protozoa (Protozoans)
2. Phylum Cnidaria (Jellyfishes, sea anemones)
3. Phylum Ctenophora (Comb-jellies)
4. Phylum Platyhelminthes (Flat worms)

5. Phylum Nemertinea (Ribbon worms)
6. Phylum Rotifera (Rotifers)
7. Phylum Chaetognatha (Arrow worms)
8. Phylum Annelida (Segmented worms)
9. Phylum Arthropoda (Arthropods)
10. Phylum Phoronida (Phoronids)
11. Phylum Ectoprocta (Bryozoa) (Moss animals)
12. Phylum Brachiopoda (Lamp shells)
13. Phylum Mollusca (Mollusks)
14. Phylum Echinodermata (Spiny-skinned animals)
15. Phylum Hemichordata (Hemichordates)
16. Phylum Chordata (Chordates)

### คุณภาพน้ำสำหรับการประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

#### 1. ความโปร่งใส (Transparency)

วัดเป็นระยะความลึกของน้ำสามารถมองเห็นวัตถุเป็นแผ่นวงกลม (Secchi disc) ที่หย่อนลงไปใต้น้ำจนถึงความลึกที่มองไม่เห็นแผ่นวัตถุดังกล่าว หากแหล่งน้ำใดมีค่าความโปร่งใสอยู่ระหว่าง 30-60 ซม. นับว่ามีความเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ หากมีค่าต่ำกว่า 30 ซม. แสดงว่าน้ำมีความขุ่นมากเกินไปหรือมีปริมาณแพลงก์ตอนมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะขาดแคลนออกซิเจนขึ้นได้ แต่ถ้าค่ามีความโปร่งใสสูงกว่า 60 ซม. ขึ้นไป แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่ค่อยสมบูรณ์ (อนุพงศ์, 2554)



ภาพที่ 4 แผ่นวงกลม (Secchi Disc) ใช้วัดความขุ่นใสของน้ำ  
ที่มา: โกสินทร์(2544)

## 2. อุณหภูมิ (Temperature)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิตสัตว์น้ำ อุณหภูมิของร่างกายสัตว์น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ แต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม ปลาจะสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำในช่วงจำกัด เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตก็จะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลงกิจกรรมเหล่านั้นก็จะลดลงไปด้วยตามกฎของ (Van Hoff's Law) ซึ่งกล่าวว่าขบวนการ เมตาโบลิซึม (Metabolic rate) ของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มเป็น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส เช่น การหายใจ การว่ายน้ำ การกิน การย่อยของอาหาร การขับถ่าย และการเต้นของหัวใจ เป็นต้น ปลาในเขตร้อน เช่น ประเทศไทยชอบอาศัยอยู่ในน้ำอุณหภูมิ 25-32°C บ่อเลี้ยงปลาธรรมชาติโดยทั่วไปเนื่องจากมีปริมาณแร่ธาตุสารแขวนลอย แผลงกักตอน และความขุ่นค่อนข้างสูง ดังนั้น ตอนกลางวันที่มีแดดจัดผิวน้ำชั้นบนจะดูดซับความร้อนไว้ได้มาก อาจมีอุณหภูมิสูงกว่า 35°C ส่วนน้ำชั้นล่างที่มีอุณหภูมิต่ำอาจเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิกว้าง (Thermal stratification) แต่มักปรากฏในแหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่ ส่วนในบ่อเลี้ยงปลามีพื้นที่น้อย ความลึกไม่เกิน 2 เมตร จะไม่ค่อยเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว โดยสรุป การป้องกันผลกระทบอุณหภูมิที่มีต่อสัตว์น้ำควรป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือผิดปกติไปจากสภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือฤดูกาล และไม่ควรเกินในช่วงอุณหภูมิปกติในการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (อนุพงศ์, 2554)

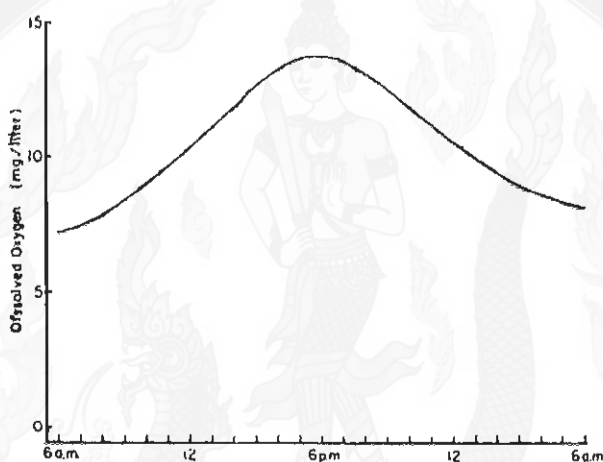
## 3. ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH)

สภาพกรดหรือด่างของน้ำเป็นค่าแปรที่บ่งบอกปริมาณของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ในน้ำ ค่าที่ใช้ในการวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 น้ำที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีค่าสภาพกรดหรือด่างเท่ากับ 7 จัดว่าน้ำดังกล่าวอยู่ในสภาพที่เป็นกลาง น้ำตามธรรมชาติจะมีค่าสภาพกรดหรือด่างแปรผันอยู่ระหว่าง 5.0 ถึง 10.0 โดยน้ำทะเลจะมีค่าสภาพกรดหรือด่างค่อนข้างคงที่ คือ มีค่าประมาณ 8.3 ค่าสภาพกรดหรือด่างที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำจืดจะอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 9.0 (Boyd, 1998) โดยค่าสภาพกรดหรือด่างของน้ำที่ต่ำกว่า 6.5 จะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดเจริญเติบโตช้าลง (Lloyd, 1992) และสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ในน้ำจะตายเมื่อน้ำมีค่าสภาพกรดหรือด่างต่ำกว่า 4.0 หรือสูงกว่า 11.0 (Lawson, 1995)

## 4. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen)

ปริมาณออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตในน้ำ (ภาพที่ 5) สามารถนำไปใช้ได้จะอยู่ในรูปของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในแหล่งน้ำจะมาจากแก๊สออกซิเจนในอากาศที่แพร่ลงไปในน้ำ และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ หมายความว่า

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมอากาศ ด้วยการใช้เครื่องจักรเติมอากาศ ประเภทต่าง ๆ ลมและคลื่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และการที่แหล่งน้ำมีพืชน้ำและสาหร่าย อย่างไรก็ตาม พืชน้ำก็สามารถทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณลดลงหากมีปริมาณที่หนาแน่นมากเกินไป เนื่องจากการหายใจ (Respiration) ของพืชน้ำ และกระบวนการย่อยสลาย (Decomposition) ของพืชน้ำที่ตาย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นหนึ่งในตัวแปรที่สำคัญที่สุดของน้ำในแหล่งน้ำ กล่าวคือ เมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำอาจทำให้ปลาและสิ่งมีชีวิตในน้ำตาย โดยทั่วไป ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีความเข้มข้นสูงกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร (Lawson, 1995)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในรอบหนึ่งวัน

ที่มา : Boyd (1998)

### 5. ปริมาณฟอสฟอรัส (phosphorus)

ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะอยู่ในรูปฟอสเฟต ( $PO_4$ ) ของทั้งสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่เป็นตัวจำกัดผลผลิตของพืชในน้ำ แหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงเกินไป จะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (algal bloom) สำหรับแหล่งน้ำนิ่ง เช่น ทะเลสาบ (lake) ที่จัดว่าอยู่ในสภาวะไม่อุดมสมบูรณ์ (oligotrophic lake) จะมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่า 0.010 มิลลิกรัม/ลิตร และทะเลสาบที่จัดว่าอยู่ในสภาวะค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ (mesotrophic lake) จะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.010 ถึง 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนทะเลสาบที่จัดว่าอยู่ในสภาวะที่อุดมสมบูรณ์ (eutrophic lake) จะมีปริมาณของฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร (Mueller and Helsel, 1999) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำและสารอินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ในแม่น้ำในเขตร้อนที่จัดว่าไม่ได้อยู่ในสภาวะเน่าเสียจะมีปริมาณอยู่ในช่วง

0.62 ถึง 1.86 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณของฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายในน้ำ (soluble reactive phosphorus) ที่พบในแม่น้ำที่ไม่อยู่ในสถานะที่เน่าเสียจะมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.016 ถึง 0.031 มิลลิกรัม/ลิตร (Furnas, 1992) สารประกอบฟอสเฟตจัดว่าไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์น้ำ ถ้ามีปริมาณไม่สูงมากจนเกินไป (Boyd, 1998)

#### 6. ปริมาณแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

ธาตุไนโตรเจนเป็นหนึ่งในธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดในช่วงการสร้างอาหารหรือกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ (Photosynthesis) ธาตุไนโตรเจนในแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมาจากหลายแหล่ง ได้แก่ เจือปนมากับน้ำฝน (Rainfall) ละลายปะปนมากับน้ำที่ไหลบ่าลงแหล่งน้ำ (surface runoff) กระบวนการตรึงไนโตรเจนของสิ่งมีชีวิตบางชนิดในแหล่งน้ำ (*In situ* N<sub>2</sub>-fixation) แพร่ออกมาจากตะกอนก้นแหล่งน้ำ (Bottom sediment) และ สิ่งขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต เช่น ปลา แอมโมเนียเป็นผลผลิตขั้นต้นในกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยทั่ว ๆ ไป ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ละลายในน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยสำหรับสัตว์น้ำ ควรมีค่าต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร (Lawson, 1995)

#### 7. ปริมาณไนเตรต ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ )

สารประกอบไนเตรตเป็นผลผลิตจากการปฏิกิริยาออกซิเดชันของไนไตรต์ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยแบคทีเรียที่ใช้แก๊สออกซิเจน (aerobic bacteria) ไนเตรตเป็นสารประกอบที่เป็นปุ๋ยของพืชน้ำ ไนเตรตที่ไม่ได้ถูกพืชนำไปใช้อาจจะถูกเปลี่ยนกับไปเป็นไนไตรต์และแอมโมเนียด้วยปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) ที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่ากระบวนการดีไนตริฟิเคชัน โดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการแก๊สออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายหรือหายใจ (anaerobic bacteria) เมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ ไนเตรตจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่ำที่สุด

#### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยากร (2546) สุ่มเก็บตัวอย่างปลาบู่ทราย *Oxyeleotris marmoratus* เพศเมียที่โตเต็มวัยจากแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตจังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนมีนาคม 2545 ถึงเดือนมีนาคม 2546 นำมาศึกษาวงจรการสืบพันธุ์และ โครงสร้างเนื้อเยื่อรังไข่ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน พบว่า ปลาบู่ทรายโตเต็มวัยมีน้ำหนักเฉลี่ย  $124.3 \pm 10.5$  กรัม และความยาวทั้งสิ้นเฉลี่ย  $21.0 \pm 0.6$  เซนติเมตร โดยพบระยะไข่สุกมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคม และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2545 และระยะไข่หลังวางไข่มีค่าสูงสุด 2 ครั้งคือ เดือนกันยายน พ.ศ. 2545 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 และตลอดการศึกษามีระยะไข่สุกเกิดขึ้นมากที่สุดถึง 10 เดือน จากการศึกษาค่าดัชนีการเจริญพันธุ์พบว่า ปลาบู่ทรายมีค่าดัชนีการเจริญพันธุ์เปลี่ยนแปลงตลอดทั้ง

ปีและมีค่าสูงสุด 5.92% ในเดือนพฤศจิกายน ส่วนค่าความตกของไข่มีค่าเฉลี่ย  $17,004 \pm 1,224$  ฟอง/ตัว จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า (1) การเจริญและพัฒนารังไข่ของปลาบู่ทรายมีการเปลี่ยนแปลงตาม การพัฒนาของเซลล์ไข่ที่มีการพัฒนาพร้อมกันเป็นกลุ่ม (group synchronous oocyte development) (2) ช่วงเวลาที่มีการวางไข่และสืบพันธุ์สูงสุดคือ เดือนพฤศจิกายน (3) เซลล์ในชั้นแกรนูลโลซาของ เซลล์ไข่น่าจะมีบทบาทสำคัญในการสร้างสเตียรอยด์ฮอร์โมนให้กับเซลล์ไข่ระยะ โยล์คเวสสิเคิล

Jintamas *et al.* (2005) ศึกษาวงจรสืบพันธุ์ของปลาบู่ทรายเพศผู้ *Oxyeleotris marmoratus* ตัวเต็มวัยจำนวน 84 ตัว จากแหล่งน้ำธรรมชาติ เขตจังหวัดปัตตานี เป็นเวลาติดต่อกัน 13 เดือน ตั้งแต่เดือน มีนาคม 2545 ถึง มีนาคม 2546 จากการวิเคราะห์เชื้ออัมชะทุกเดือน พบว่าการสร้างเซลล์ สืบพันธุ์มีการพัฒนาการพร้อมกันเป็นกลุ่มตลอดความยาวของอัมชะ จากการศึกษาพบว่าปลาบู่ ทราย *O. Marmoratus* สร้างอสุจิเป็นฤดูกาลและมีระยะปล่อยน้ำเชื้อที่ชัดเจน โดยปลาบู่ทรายทุกตัว มีอัมชะอยู่ในระยะปล่อยน้ำเชื้อ คิดเป็น 100% และ 66% ในเดือนพฤศจิกายน และเดือนพฤษภาคม ตามลำดับ จากการศึกษาโครงสร้างโดยละเอียดของกระบวนการสร้างอสุจิ พบว่า อสุจิของปลาบู่ ทรายประกอบด้วย 3 ส่วน คือส่วนหัว ซึ่งไม่มีโครโซม(acrosome) ส่วนกลาง (midpiece) มีขนาด สั้น และส่วนหางมีขนาดยาว หางมีครีบข้าง (lateral fins) แกนกลางของหางประกอบด้วย axonem ซึ่งมีโครงสร้างหลักคือ 9+2 ไมโครทิวบูล(microtubule) สำหรับนิเวศของอสุจิมีลักษณะ สมมาตร ส่วนท้ายของนิเวศเป็นร่องลึกเรียก nuclear fossa อสุจิของปลาชนิดนี้มี centriolar complex อยู่นอก nuclear fossa ซึ่งแตกต่างจากปลาบู่ทรายบางชนิด การศึกษาครั้งนี้ได้เปรียบเทียบ ลักษณะของอสุจิ และกระบวนการสร้างอสุจิของปลาบู่ทราย และปลาบางชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ใน ตระกูลใกล้เคียงกัน

ศิริลักษณ์ (2551) ศึกษานิสัยการกินอาหารของปลาทราย (*Chitala ornata*) กดเหลือง (*Hemibagrus nemurus*) และบู่ทราย (*Oxyeleotris marmorata*) ในกวี้นพะเยา โดยศึกษาจาก องค์ประกอบและสัดส่วนอาหารในกระเพาะ และอัตราส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวทางเดินอาหาร จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบและสัดส่วนของอาหารในกระเพาะปลาทราย ประกอบด้วยปลาร้อย ละ 32.4 กุ้งร้อยละ 11.35 แมลงน้ำร้อยละ 5.11 หอยร้อยละ 2.5 เศษซากร้อยละ 0.6 และไม่สามารถ จำแนกได้ร้อยละ 48.04 กดเหลืองประกอบด้วยปลาร้อยละ 40.36 เศษพืชร้อยละ 15.53 หอยร้อยละ 12.19 กุ้งฝอยร้อยละ 5.88 ปูร้อยละ 5.39 แมลงร้อยละ 3.67 และ ไม่สามารถจำแนกได้ร้อยละ 16.98 และ บู่ทราย ประกอบด้วย ปลาร้อยละ 43.1 กุ้งฝอยร้อยละ 17.5 แมลงร้อยละ 3.30 หอยร้อยละ 1.45 และ ไม่สามารถจำแนกได้ร้อยละ 34.65 มีอัตราส่วนความยาวลำตัวต่อความยาวลำไส้เท่ากับ  $1:0.49 \pm 0.04$ ,  $1:0.92 \pm 0.12$  และ  $1:0.44 \pm 0.04$  ตามลำดับ ปลาทั้ง 3 ชนิดนี้มีนิสัยการกินอาหารเป็นปลากินเนื้อ

เจษฎา (ม.ป.ป.) ความเป็นไปได้ในการเพาะพันธุ์และอนุบาลลูกปลานู๋ทรายเพื่อเป็นการทดแทนการรวบรวมลูกปลาจากธรรมชาติ พบว่า วิธีการอนุบาลลูกปลานู๋ทรายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกอายุ 1-30 วัน ช่วงที่สองแยกเป็นการอนุบาลในน้ำกร่อย และน้ำจืดที่อายุ 31-55 วัน พบว่าลูกปลาที่อนุบาลในน้ำจืดมีอัตราการรอดร้อยละ 50-60 ความยาวเฉลี่ย 1.80 เซนติเมตร และลูกปลาที่อนุบาลในน้ำกร่อยมีอัตราการรอดร้อยละ 91.43-96.77 ความยาวเฉลี่ย  $1.80 \pm 0.26$  เซนติเมตร ลูกปลาที่ได้รับโรติเฟอร์น้ำจืดเป็นอาหารที่อายุ 1-30 วันมีอัตราการรอดร้อยละ 32.4-55.3 ไรแดงและอาร์ทีเมียเป็นอาหารในช่วงลูกปลาอายุ 30-60 วัน พบว่ามีอัตราการรอดร้อยละ 91.43-96.77 การอนุบาลลูกปลาค้วยความหนาแน่นที่ 2,818 และ 15,800 ตัว/ตารางเมตร มีอัตราการรอดร้อยละ 96.77 และ 90.55 ตามลำดับ จึงมีความเป็นไปได้ในการเพาะและอนุบาลลูกปลานู๋เพื่อจำหน่ายต่อไป

การศึกษาการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลาบึกให้สามารถเพาะผสมเทียมได้ในระยะเวลาที่เร็วขึ้น โดยการเสริมสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ แบ่งเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลาบึกอายุ 1 ปี ด้วยสูตรอาหารผสมสไปรูลินาที่ระดับต่างกัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ แคลโรทีนอยด์ สีเนื้อ และการเจริญพันธุ์ของปลาบึก แบ่งออกเป็น 4 หน่วยทดลอง คือ 0, 15, 30 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แทนปลาบึก ให้อาหาร 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ระยะเวลาการทดลอง 1 ปี พบว่า ทั้งสี่หน่วยการทดลองที่ได้รับอาหารผสมสไปรูลินาระดับต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโต คุณค่าทางโภชนาการ และการเจริญพันธุ์ แต่เมื่อนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยอาหารสไปรูลินา 15% มีแนวโน้มในการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการ โดยรวมดีกว่าหน่วยการทดลองอื่น สรุปได้ว่า สาหร่ายสไปรูลินาช่วยในการเจริญเติบโต และการพัฒนาการเจริญพันธุ์ของปลาบึก (จารุวัลย์, 2552)

Amornsakun *et al* (2003) ศึกษาระยะเวลาในการย่อยอาหาร พบว่า ระยะเวลาในการย่อยโรติเฟอร์ของลูกปลานู๋ทรายอายุ 3-18 วัน เท่ากับ 130-180 นาที ระยะเวลาในการย่อยโรติเฟอร์ และอาร์ทีเมียของลูกปลานู๋ทรายอายุ 21-27 วัน เท่ากับ 110-120 นาที และระยะเวลาในการย่อยไรแดงของลูกปลานู๋ทรายอายุ 30-45 วัน เท่ากับ 80-100 นาที ที่อุณหภูมิของน้ำ  $25-29^{\circ}\text{C}$  ค่าเฉลี่ยจำนวนโรติเฟอร์ที่ลูกปลาอายุ 3, 6, 9, 12, 15, และ 18 วัน กินทั้งวัน ได้แก่ 58.8, 95.4, 64.0, 88.8, 134.0 และ 147.4 ตัว/ลูกปลา ตามลำดับ ลูกปลาอายุ 21-27 วัน จะกินอาหารทั้งโรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย ค่าเฉลี่ยจำนวนโรติเฟอร์ที่ลูกปลาอายุ 21, 24 และ 27 วัน กินทั้งวัน ได้แก่ 126.8, 42.8 และ 43.4 ตัว/ลูกปลา ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยจำนวนอาร์ทีเมียที่ลูกปลาอายุ 21, 24 และ 27 วัน กินทั้งวัน ได้แก่ 54.8, 142.8 และ 197.6 ตัว/ลูกปลา ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยจำนวนไรแดงที่ลูกปลาอายุ 30, 33, 36, 39, 42 และ 45 วัน กินทั้งวัน ได้แก่ 177.4, 179.4, 214.8, 249.6, 362.8 และ 366.2 ตัว/ลูกปลา ตามลำดับ

Amomsakun *et al* (2003) พ่อแม่พันธุ์ปลาน้ำจืดวางไข่โดยอาศัยการเลียนแบบธรรมชาติในบ่อคิน แล้วรวบรวมไข่นำไปฟัก ไข่ที่ได้รับจากการผสมพันธุ์นำมาฟักในตู้กระจก ศึกษาประเภทของอาหารในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต โดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสขนาดปริมาตร 500 ลิตร (ปริมาตรน้ำ 300 ลิตร) ใส่ลูกปลาอายุ 2 วันหลังจากที่ฟักเป็นตัว (เริ่มกินอาหาร) จำนวนถึงละ 1,000-1,500 ตัว พบว่าลูกปลาอายุ 3-18 วัน (ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.31-0.41 ซม.) กินโรติเฟอร์เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว ขณะที่ลูกปลาอายุ 21-27 วัน (ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.44-0.65 ซม.) กินทั้งโรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย และเมื่อลูกปลาอายุ 30-45 วัน (ความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.69-2.15 ซม.) กินไรแดงเพียงอย่างเดียว

ธีรารัตน์ และคณะ (ม.ป.ป.) ลูกปลาน้ำจืดผลิตโดยวิธีการเลียนแบบธรรมชาติ โดยใช้บ่อคิน พบอัตราการปฏิสนธิเฉลี่ย 98.45% ระยะเวลาในการฟักไข่ปลาประมาณ 28 ชั่วโมง 10 นาที และมีอัตราการฟักเฉลี่ย 59.33% ที่อุณหภูมิของน้ำ 27.0-30.5 องศาเซลเซียส ลูกปลาที่ฟักออกมาใหม่มีความยาว  $2.39 \pm 0.12$  มม. ปริมาณของไข่แดงประมาณ  $55.32 \pm 14.85$  ลูกบาศก์ไมโครเมตร ไข่แดงยุบตัวอย่างสมบูรณ์ประมาณ 82 ชั่วโมงหลังจากฟักออกเป็นตัว ที่อุณหภูมิของน้ำ 27.0-30.5 องศาเซลเซียส

สุนิตย์ และเจนจิตต์ (2543) นำไข่ปลาน้ำจืดที่ได้รับการผสมแล้ว มาทดลองฟักในน้ำที่มีความเค็ม 0, 5, 10 และ 20 ส่วนในพัน ผลปรากฏว่าอัตราฟักเฉลี่ยในน้ำความเค็ม 0 ส่วนในพันหรือน้ำจืดสูงที่สุด 93% ซึ่งสูงกว่าการฟักในน้ำความเค็ม 5 และ 10 ส่วนในพันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ความเค็ม 20 ส่วนในพันไข่ไม่สามารถฟักเป็นตัวได้เลย เมื่อนำลูกปลาน้ำจืดที่ฟักในน้ำจืดมาทดลองอนุบาลตั้งแต่อายุ 1 วัน ถึง 60 วันในน้ำความเค็ม 3 ระดับคือ 0, 10 และ 20 ส่วนในพัน พบว่าลูกปลาที่อนุบาลที่ความเค็ม 0 ส่วนในพัน ตายหมดภายใน 23 วัน และอัตราการรอดของลูกปลาที่อนุบาลในน้ำความเค็ม 10 และ 20 ส่วนในพัน เมื่ออายุ 60 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีอัตราการรอดเฉลี่ย 96.88% และ 95.89% ตามลำดับ แต่การเจริญเติบโตของลูกปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) คือเมื่อลูกปลามีอายุ 60 วัน มีความยาวเฉลี่ย 1.94 ซม. และ 1.82 ซม. และน้ำหนักเฉลี่ย 78 มก. และ 66 มก. ตามลำดับผลการทดลองชี้ให้เห็นแนวทางใหม่ในการผลิตพันธุ์ปลาน้ำจืดเชิงพาณิชย์ด้วยการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนในน้ำกร่อย

จิระภา และคณะ (2548) ศึกษาชนิดของอาหารเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน ด้วยการให้อาร์ทีเมียร่วมกับอาหารผสมโดย โดยอาหารผสมสูตรที่ 1 ประกอบด้วยปลาเป็ด : อาร์ทีเมีย : แป้ง : น้ำมันปลา : วิตามิน = 45 : 45 : 8.5 : 0.5 : 1 อาหารผสมสูตรที่ 3 ประกอบด้วยปลาเป็ด : อาร์ทีเมีย : แป้ง : น้ำมันปลา : วิตามิน = 20 : 70 : 8 : 1 : 1 และอาหารสูตรที่ 4 คือ อาร์ทีเมียมีชีวิต 100% โดยปรับลดปริมาณอาร์ทีเมียมีชีวิตเป็น 75, 50, 25 และ 0% ในระหว่างการเลี้ยงทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์ และให้อาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 100% ในสัปดาห์ที่ 9-26 พบว่าปลาน้ำจืดที่ได้รับอาหารสูตร 1 และ 3 มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยและน้ำหนักเพิ่มต่อวันน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ( $p < 0.05$ ) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในกลุ่มที่มีน้ำหนักมากกว่า 5 กรัม ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การให้อาร์ทีเมีย 100% ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีแนวโน้มว่าสามารถใช้อาหารเสริมร่วมกับอาร์ทีเมียในการอนุบาลปลาบู่ยี่รุ่นได้

จกกล และคณะ (2546) ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอน และคุณภาพน้ำในเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ สรุปผลการศึกษา พบแพลงก์ตอนพืช เรียงลำดับตามสกุลจากจำนวนมากไปหาน้อยในแต่ละ Division Chlorophyta พบสกุล *Staurastrum* sp., *Spondylosium* sp., *Endorina* sp., *Oocystis* sp., *Chlorella* sp., *Cosmarium* sp., *Pediastrum* sp., *Ankistrodesmus* sp., *Teloredron* sp., *Closterium* sp., *Spirogyra* sp., *Gonium* sp., *Volvox* sp., Division Chrysophyta พบสกุล *Navicula* sp., *Melosira* sp., *Pleurosigma* sp., *Rhizosolenia* sp., *Dinobryon* sp., *Synedra* sp., *Gomphonema* sp., *Fragilaria* sp., Division Cyanophyta พบสกุล *Phytolybya* sp., *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., *Chroococcus* sp., *Microcystis* sp., *Gloeocapsa* sp. Division Englenophyta พบสกุล *Phacus* sp., *Euglena* sp. Division Pyrophyta พบสกุล *Peridinium* sp., *Ceratium* sp. แพลงก์ตอนสัตว์ในเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda ใน Phylum Protozoa พบ 1 สกุล คือ *Diffugia* sp. ใน Phylum Rotifera พบ 4 สกุล คือ *Keratella* sp., *Polyarthra* sp., *Brachionus* sp., *Trichocerca* sp. ใน Phylum Arthropoda พบ 7 สกุล คือ *Macrocyclus* sp., Nauplius, Calanoid Copepod, *Bosmina* sp., *Moina* sp., *Diaptomus* sp., และ *Diaphanosoma* sp. การศึกษาคุณภาพน้ำ อุณหภูมิมีค่า 27.20-34.50°C อุณหภูมิอากาศมีค่า 25.00-38.50°C ความโปร่งแสงมีค่า 0.27-4.10 เมตร ความขุ่นมีค่า 0.09-68.50 NTU pH มีค่า 5.80-7.60 Conductivity มีค่า 90.00-210.00  $\mu\text{s/cm}$  TDS มีค่า 40.00-130.00 ppm Alkalinity 38.00-108.00 mg/l  $\text{NH}_3\text{-N}$  มีค่า 0.001-0.86 mg/l  $\text{NO}_2\text{-N}$  มีค่า 0.001-0.13 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$  มีค่า 0.00-2.70 mg/l DO มีค่า 3.00-9.00 mg/l BOD มีค่า 0.001-4.50 mg/l Total-p มีค่า 0.00-4.3 mg/l Chlorophyll-a มีค่า 0.01-2.08  $\mu\text{g/l}$  โดยเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละจุดจะสรุปได้ว่าค่า BOD, TKN มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ศิริเพ็ญ (2544) ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล โดยพิจารณาจากผลการศึกษาคูณภาพน้ำและสาหร่ายในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2540 - 2544 พบว่าคุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงปี แต่ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ผลการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย พบทั้งหมด 6 ดิวิชัน 64 สกุล และ 97 ชนิด โดยองค์ประกอบของสาหร่ายส่วนใหญ่อยู่ใน ดิวิชัน Cyanophyta และ Chlorophyta ส่วนสาหร่ายในดิวิชัน Chlorophyta ที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Ankistrodesmus* sp., *Chlorella vulgaris* Beij., *Closterium* sp. และ *Staurastrum* sp.

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการศึกษาทางกายภาพ พบว่าคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่จัดสมบูรณ์ชล จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินในประเภทที่ 2 ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยผ่านกระบวนการบำบัดที่เหมาะสมก่อน นอกจากนี้หากประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้สาหร่ายชนิดเด่นสามารถจัดได้ว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง (mesotrophic status)

ธีรศักดิ์ (2540) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณอย่างมากของแพลงก์ตอนพืช *Microcystis aeruginosa* Kotz. ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวังอุดมธรา พบว่าปริมาณสารอาหารอินทรีย์ได้แก่ soluble reactive phosphorus ฟอสฟอรัสรวม และแอมโมเนียไนโตรเจน มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าความเป็นกรดค่า และค่าความเป็นด่างของน้ำ พบว่า *Microcystis aeruginosa* Kotz. เพิ่มปริมาณอย่างมากในฤดูฝนและฤดูหนาว โดยเฉพาะในเดือนมกราคม 2540 มีปริมาตรชีวภาพคิดเป็น 73.60% ของปริมาตรชีวภาพทั้งหมด พบการกระจายทั่วไปในแหล่งน้ำ ทั้งทางน้ำเข้าและทางน้ำออก และบริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 122 คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวังอุดมธรา เมื่อจัดตามความมากน้อยของสารอาหารพบว่า เป็นอ่างเก็บน้ำที่มีสารอาหารปานกลางจนถึงสารอาหารมาก และเมื่อจัดตามมาตรฐาน คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จัดอยู่ในประเภท 2 ซึ่งสามารถนำมาอุปโภค และบริโภคได้ แต่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคและกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน

ปรีชาติ (2543) ศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแม่น้ำพองและแม่น้ำชี ในจังหวัดขอนแก่น ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2543 โดยเก็บตัวอย่างในแม่น้ำสายละ 4 จุด ทั้งหมด 3 ครั้ง จากการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 30 สกุล 36 ชนิด โดยในแม่น้ำพองพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 26 สกุล 32 ชนิด และไม่สามารถตรวจเอกลักษณ์ได้ 2 ชนิด ในแม่น้ำชีพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 20 สกุล 23 ชนิด ไม่สามารถตรวจเอกลักษณ์ได้ 2 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าแม่น้ำทั้งสองมีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันเท่ากับ 0.6545 และในแม่น้ำชีมีค่าดัชนีความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชสูงกว่าแม่น้ำพอง โดยในแม่น้ำชีมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.044 และในแม่น้ำพองมีค่าเท่ากับ 0.667 ตามลำดับ ในแม่น้ำพองยังมีชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพของแหล่งน้ำที่มีปัญหามลพิษทางน้ำ 20 ชนิด มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 3641.919 ตัว/ลิตร และในแม่น้ำชีพบ 14 ชนิด มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 297.624 ตัว/ลิตร แสดงว่าแม่น้ำพองมีคุณภาพน้ำต่ำกว่าแม่น้ำชี

ทิพสุคนธ์ และอภิรักษ์ (2552) ดำรงและศึกษาสภาวะการประมงและสภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจของประมงในเขื่อนแม่กวังอุดมธรา และการศึกษาชนิดและขนาดของข่ายที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในเขื่อนแม่กวังอุดมธรา พบว่าขนาดตาของข่ายทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพการจับ (CPUE) มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ชนิดปลาที่จับด้วยข่าย ได้แก่ ปลา

ขี้ขอก (*Mystacoleucus marginatus*) ปลาสร้อยขาว (*Henicorhynchus siamensis*) ปลาสร้อยนกเขา (*Osteochilus hasselti*) ปลาซา (*Labiobarbus siamensis*) ปลาคะเพียนขาว (*Barbodes gonionotus*) ปลาบุษราคัม (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker) ปลากดเหลือง (*Hemibagrus nemurus*) และปลาแขยงข้างลาย (*Mystus mysticetus*) เป็นต้น



## อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

### 1. การเตรียมหน่วยทดลอง

จัดเตรียมบ่อทดลอง บ่อดินขนาด 10 x 20 x 2 เมตร ระดับน้ำในบ่อลึก 1.5 เมตร จำนวน 1 บ่อ และทำคอกเลี้ยงปลาปลาทุทราย ด้วยตาข่ายพลาสติกจำนวน 3 หน่วยทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ แต่ละหน่วยการทดลอง ปล่อยปลาทุทรายในระดับความหนาแน่น 2 ตัว/ตารางเมตร ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อตลอดการทดลอง โดยการวางแผนการทดลองดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาทุทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่น (ชุดควบคุม) รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัว/ตารางเมตร

หน่วยทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาทุทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 3% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 2 ตัว/ตารางเมตร

หน่วยทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาทุทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมกับสาหร่ายสไปรูลิน่า 5% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร

ทุกบ่อมีการสร้างอาหารธรรมชาติ: โดยใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 20 กก./ไร่/สัปดาห์

### 2. การเตรียมปลาทดลอง

ปลาทุทรายที่ใช้ในการทดลองขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2-5 กรัม นำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในบ่อด้วยความหนาแน่น 10 ตัว/ตารางเมตร ให้ปลาคู่คุ้นเคยกับสภาพอาหารที่ใช้ทดลองโดยให้ปลากินอาหารที่เป็นพลาสติก โปรตีน 30% โดยน้ำหนักแห้ง วันละ 2 ครั้ง เวลาประมาณ 9.00 น. และ 15.00 น. จนปลาทดลองคุ้นเคยและยอมรับอาหารแล้ว จึงสูมน้ำและซังวัดน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นแล้วนำปลาลงบ่อทดลองตามอัตราที่กำหนด

ลูกปลานิลที่ใช้ในการทดลองเป็นปลานิลแปลงเพศด้วยกาวเครื่อแดงที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 20-30 กรัม (ลูกปลาอายุ 2 เดือน ขนาดปลายาว 3 – 6 นิ้ว) โดยนำลูกปลามาพักให้ปรับตัวในบ่อด้วยความหนาแน่น 20 ตัว/ตารางเมตร ให้ปลาคู่คุ้นเคยกับสภาพอาหารที่ใช้ทดลองโดยให้ปลากินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำโปรตีน 30% วันละ 2 ครั้ง เวลาประมาณ 9.00 น. และ 15.00 น. จนปลาทดลองคุ้นเคยและยอมรับอาหารแล้ว จึงสูมน้ำและซังวัดน้ำหนักลูกปลาเริ่มต้นแล้วนำปลาลงบ่อทดลองตามอัตราที่กำหนด

### 3. การวางแผนการทดลอง

ศึกษาอัตราการผสมปลาปนกับสาหร่าย ใช้เป็นอาหารให้กับปลาตู้ทราย และหาความหนาแน่นที่เหมาะสมของปลานิลและปลาตู้ทราย ในระบบการเลี้ยงปลาตู้ทรายร่วมกับปลานิลในบ่อดิน แบบเศรษฐกิจพอเพียง

วางแผนการทดลอง แบบ CRD โดยสุ่มนับลูกปลาตู้ทรายและลูกปลานิล แล้วปล่อยลงในหน่วยทดลองทั้ง 3 หน่วยทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ แต่ละหน่วยการทดลอง ปล่อยปลาตู้ทรายขนาด 148-150 กรัม/ตัว ในระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร ดัง (ข้อที่ 1) ให้อาหารปลาตู้ทราย เป็นปลาปนผสมสาหร่าย ที่ผลิตขึ้นเอง โปรตีน 30% โดยน้ำหนักแห้ง ในอัตรา 3-10% ของน้ำหนักตัวปลา/วัน ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (08.00 - 09.00 น. และ 15.00 - 16.00 น.) ส่วนปลานิล ไม่ให้อาหารตลอดระยะเวลาการทดลอง

ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 150 วัน โดยสุ่มเก็บข้อมูลน้ำหนักและความยาวของปลาทดลองทุกเดือน จำนวน 20% สำหรับปลาตู้ทราย และเก็บข้อมูล 20% สำหรับปลานิล ในแต่ละบ่อของแต่ละหน่วยทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยคให้อาหาร 1 วัน ก่อนการชั่งวัด ปรับปริมาณอาหารที่ให้ ทุก 1 เดือน นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความคดของไข่ และประสิทธิภาพการเติบโตต่อไป

### 4. การตรวจสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

นับและชั่งน้ำหนักปลาในแต่ละบ่อทุก 1 เดือน ตลอดการทดลองในแต่ละการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปริมาณการให้อาหาร และคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{ก. อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Weight gain; \%)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

ข. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; %/day) เท่ากับ

$$\text{SGR} = \frac{(\ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง})}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}} \times 100$$

ค. อัตราการเจริญเติบโต (Average daily growth; กรัม/ตัว/วัน)

$$\frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

ง. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate; หน่วย)

$$\text{FCR} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้ (g)}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (g)}}$$

จ. ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein efficiency ratio; หน่วย)

$$\text{PER} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณโปรตีนที่กิน}}$$

ฉ. อัตราการรอดตาย (Survival rate; %) =  $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}} \times 100$

ช. ต้นทุนในการผลิต (ผันแปร) = อาหารปลา + ราคาลูกพันธุ์ปลา + ค่าแรงงาน

## 5. การวิเคราะห์คุณภาพ ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ทุก 30 วัน จนเสร็จสิ้นการทดลอง  
ได้แก่

- ค่าความโปร่งแสงของน้ำ โดยใช้ Secchi disc
- อุณหภูมิอากาศและน้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความเป็นกรด – ค่าง โดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ค่าความนำไฟฟ้า โดยใช้ Conductivity meter
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Direct Nesslerization
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน ทุก 15 วัน ในบ่อทั้ง 3 บ่อ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บ  
รักษาสภาพด้วย Lugol's solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด

## 6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความ  
แตกต่างของแต่ละทรีตเมนต์ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธีของ Tukey's Test ที่  
ระดับนัยสำคัญทางสถิติ  $p < 0.05$  โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0.0

7. สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

8. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ปี/เดือน งานที่ปฏิบัติ	2553			2554								
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. เตรียมอุปกรณ์เตรียมบ่อ	←→											
2. จัดเตรียมพันธุ์ปลา		←→										
3. ศึกษาอัตราการผสมอาหารปลาสด กับ สาร่าย ใช้เป็นอาหารให้กับ ปลานู๋ทราย และหาความ หนาแน่นที่เหมาะสมของปลานิล และปลานู๋ทราย แบบเศรษฐกิจ พอเพียง			←→									
4. เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการ เจริญเติบโตของปลานู๋ทรายและ ปลานิล			←→									
5. เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ และแมลงก้น ตอน			←→									
6. วิเคราะห์ข้อมูล								←→				
7. สรุปผลรายงานความก้าวหน้าปีที่ 1											←→	

## ผลการวิจัย

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน อัตราการรอด และต้นทุนในการผลิต (ผันแปร) ของการเลี้ยงปลานู๋ทรายในกระชังร่วมกับปลานิลแดง รวมถึงศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และความหลากหลายของแพลงก์ตอน โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 หน่วยทดลอง คือ หน่วยทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลานู๋ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่น (ชุดควบคุม) รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัว/ตารางเมตร หน่วยทดลองที่ 2 การเลี้ยงปลานู๋ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 3% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 2 ตัว/ตารางเมตร และหน่วยทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลานู๋ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 5% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า

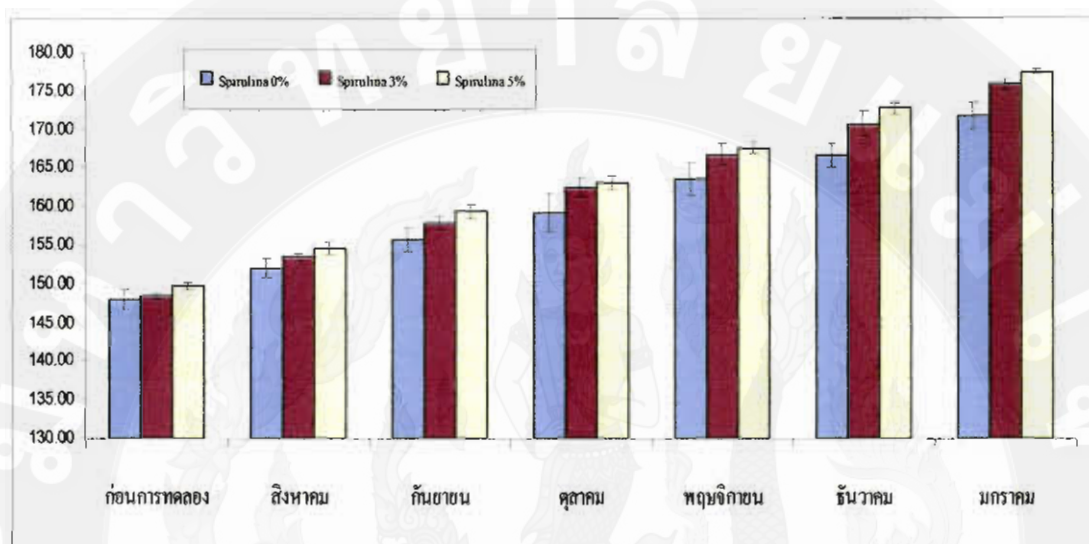
### การเติบโตของปลานู๋ทราย

การเติบโตของปลานู๋ทราย 3 หน่วยทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยหน่วยทดลองที่ 3 มีการเติบโตโดยรวมดีกว่าหน่วยทดลองอื่น คือ อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น  $18.49 \pm 0.11\%$  อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ  $0.092 \pm 0\%$  อัตราการเจริญเติบโต  $0.151 \pm 0$  กรัม/ตัว/วัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ  $23.53 \pm 0.23$  ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน  $0.212 \pm 0$  อัตราการรอดตาย  $75 \pm 0\%$  ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานู๋ทราย

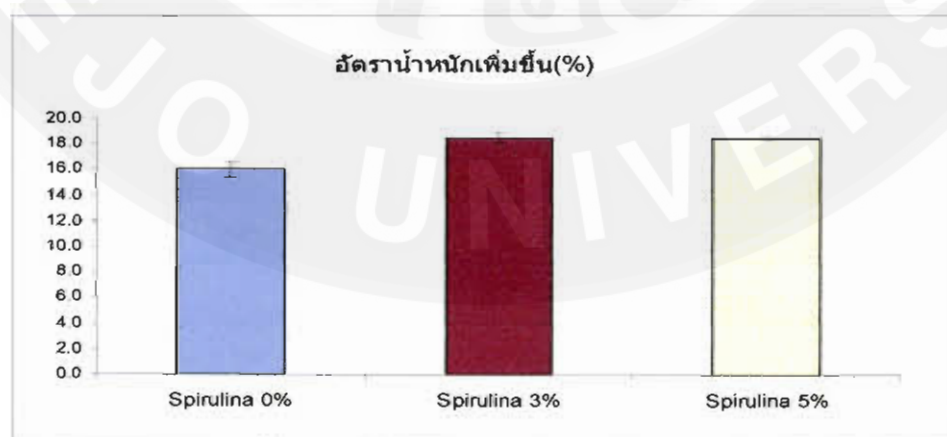
หน่วยการทดลอง	<i>Spirulina</i> 0%	<i>Spirulina</i> 3%	<i>Spirulina</i> 5%
อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น (%)	$15.99 \pm 0.58^b$	$18.43 \pm 0.42^a$	$18.49 \pm 0.11^a$
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%)	$0.081 \pm 0^b$	$0.092 \pm 0^a$	$0.092 \pm 0^a$
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	$0.129 \pm 0^b$	$0.149 \pm 0^a$	$0.151 \pm 0^a$
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	$26.62 \pm 0.65^a$	$23.44 \pm 0.41^b$	$23.53 \pm 0.23^b$
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	$0.186 \pm 0^b$	$0.211 \pm 0^a$	$0.212 \pm 0^a$
อัตราการรอดตาย (%)	$66.667 \pm 8.33^{ns}$	$75 \pm 0^{ns}$	$75 \pm 0^{ns}$
ต้นทุนในการผลิต (บาท)	$242.33 \pm 0.12^c$	$247.70 \pm 0.10^b$	$251.32 \pm 0.09^a$

น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลานู๋ทรายในแต่ละหน่วยการทดลองระยะเวลา 6 เดือน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง ทั้งนี้เริ่มมีความแตกต่างตั้งแต่เดือนตุลาคม โดยหน่วยทดลองที่ 3 มีน้ำหนักเฉลี่ย คึกว่าหน่วยทดลองอื่นๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยเฉพาะเดือน ธันวาคมและมกราคม ดังภาพที่ 6



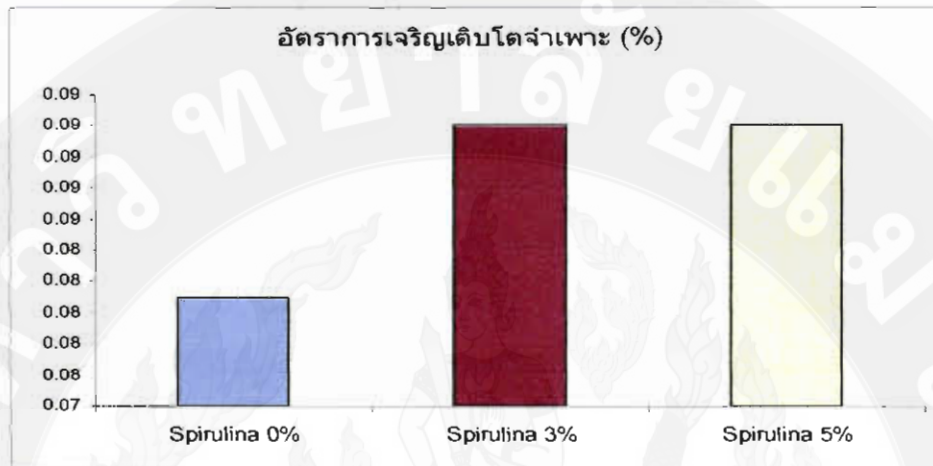
ภาพที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ตัว) ของปลานู๋ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น(%) หน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด  $18.49 \pm 0.11$  % รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 2 และ หน่วยทดลองที่ 1 คือ  $18.43 \pm 0.42$ % และ  $15.99 \pm 0.58$ % ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 7



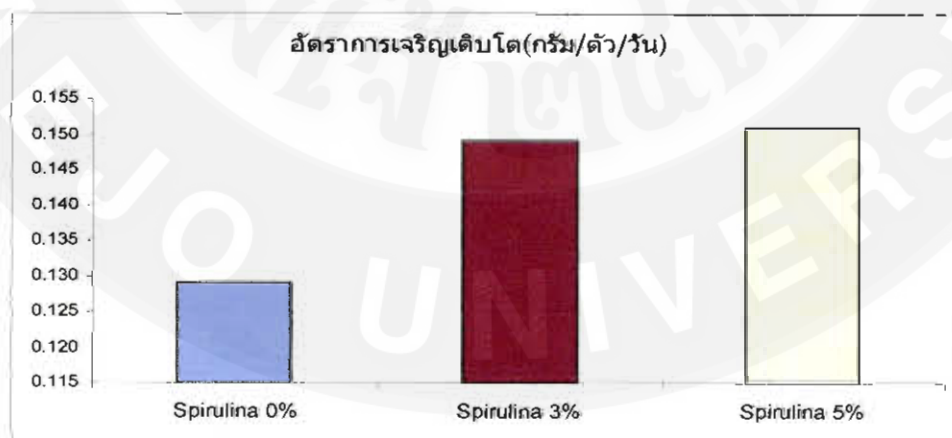
ภาพที่ 7 อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้นของปลานู๋ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%) หน่วยทดลองที่ 2 และหน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ  $0.092 \pm 0$  % รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 1 คือ  $0.081 \pm 0$  % โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 8



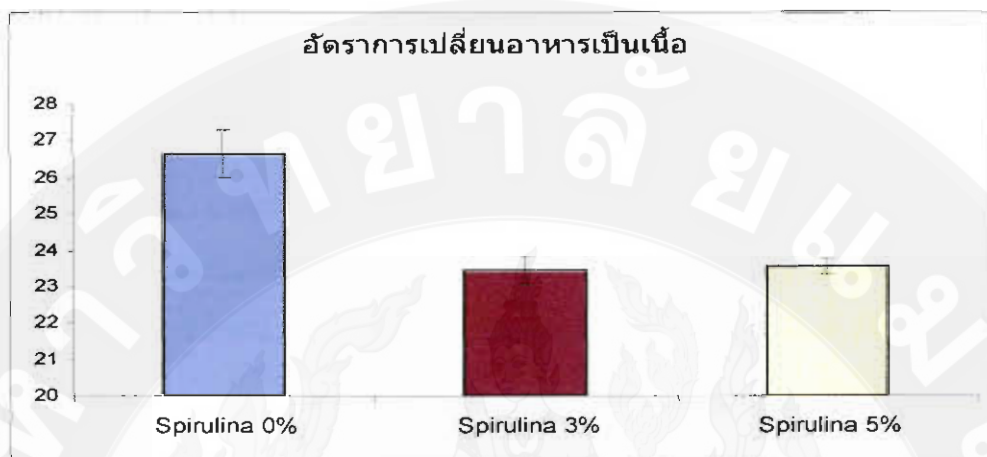
ภาพที่ 8 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาน้ำจืดในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน) หน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดคือ  $0.151 \pm 0$  กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 2 และหน่วยทดลองที่ 1 คือ  $0.149 \pm 0$  กรัม/ตัว/วัน และ  $0.129 \pm 0$  กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 9



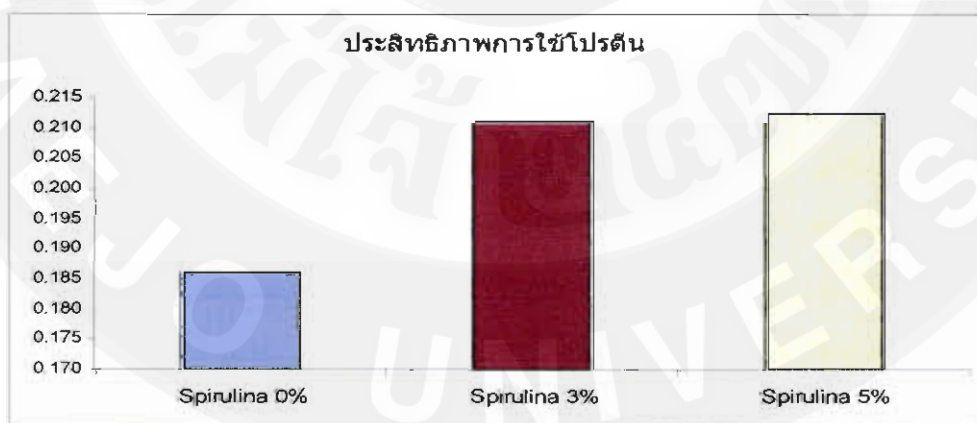
ภาพที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตของปลาน้ำจืดในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หน่วยทดลองที่ 2 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุดคือ  $23.44 \pm 0.41$  รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 3 และ หน่วยทดลองที่ 1 คือ  $23.53 \pm 0.23$  และ  $26.62 \pm 0.65$  ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 10



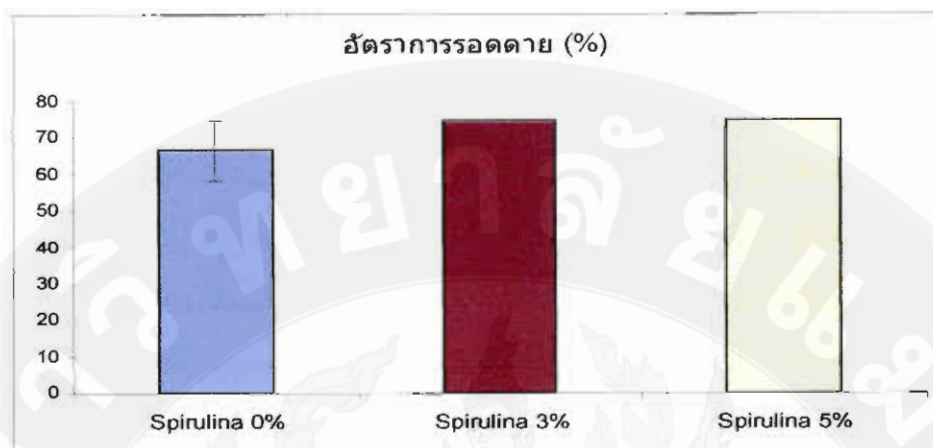
ภาพที่ 10 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาบู่ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน หน่วยทดลองที่ 3 มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุดคือ  $0.212 \pm 0$  รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 2 และ หน่วยทดลองที่ 1 คือ  $0.211 \pm 0$  และ  $0.186 \pm 0$  ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 11



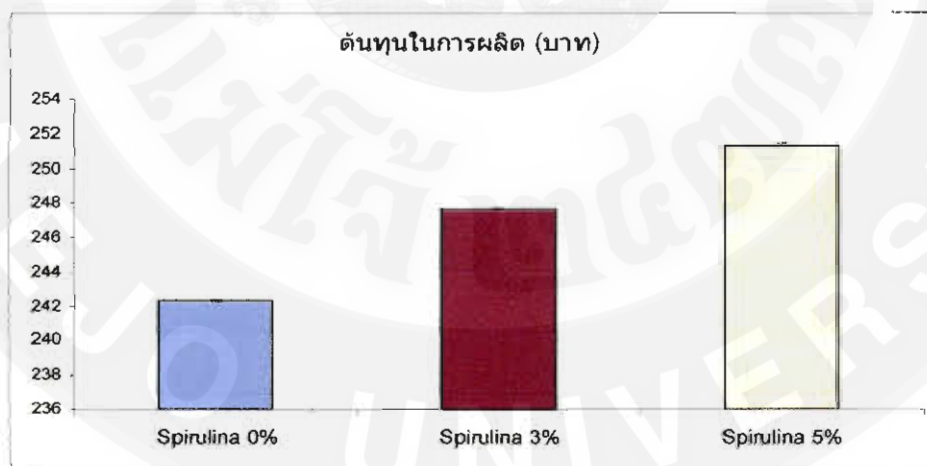
ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาบู่ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการรอดตาย (%) ทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 อัตราการรอดตายของปลานู๋ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ต้นทุนในการผลิต (บาท/กก.) หน่วยทดลองที่ 1 มีต้นทุนในการผลิตน้อยที่สุดคือ  $242.33 \pm 0.12$  บาท รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 2 และ หน่วยทดลองที่ 3 คือ  $247.70 \pm 0.10$  บาท และ  $251.32 \pm 0.09$  บาท โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ต้นทุนในการผลิตของปลานู๋ทรายในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

### การเติบโตของปลานิลแดง

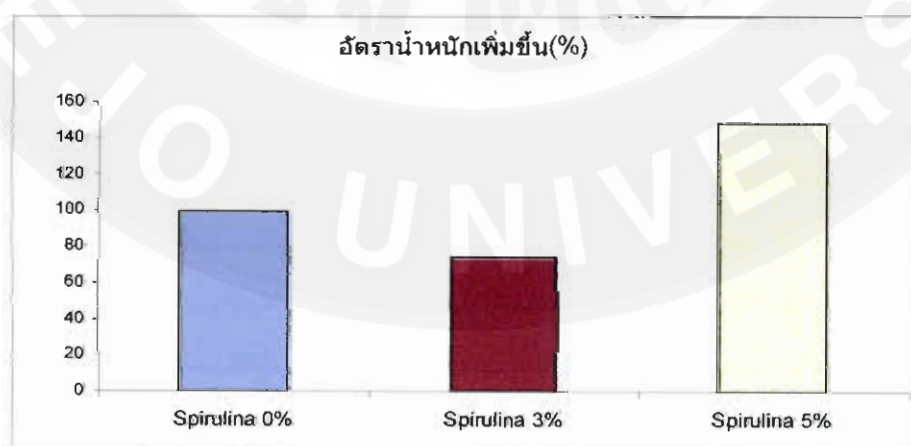
โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 หน่วยทดลอง คือ หน่วยทดลองที่ 1 การเลี้ยงปลานิลทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่น (ชุดควบคุม) รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัว/ตารางเมตร หน่วยทดลองที่ 2 การเลี้ยงปลานิลทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 3% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 2 ตัว/ตารางเมตร และ หน่วยทดลองที่ 3 การเลี้ยงปลานิลทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 5% รวมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า

การเติบโตของปลานิลแดง มีความแตกต่างกัน โดยหน่วยทดลองที่ 3 มีการเติบโตโดยรวมดีกว่าหน่วยทดลองอื่น คือ อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น 148.62% อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ 0.50% อัตราการเจริญเติบโต 8.79 กรัม/ตัว/วัน และอัตราการรอดตาย 69.44% ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** การเติบโตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในกระชัง ระยะเวลา 6 เดือน

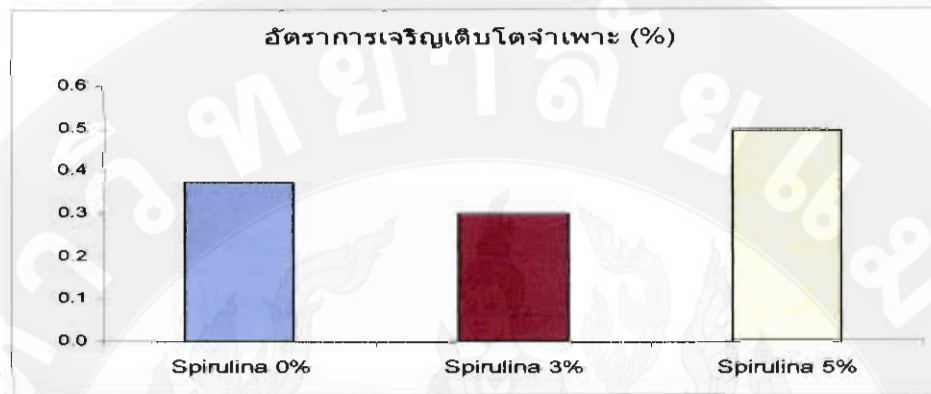
หน่วยการทดลอง	<i>Spirulina</i> 0%	<i>Spirulina</i> 3%	<i>Spirulina</i> 5%
อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น(%)	99.18	73.84	148.62
อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (%)	0.37	0.30	0.50
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	5.28	7.69	8.79
อัตราการรอดตาย (%)	75.00	45.31	69.44

อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น(%) หน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุดคือ 148.62% รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 1 และ หน่วยทดลองที่ 2 คือ 99.18 % และ 73.84% ตามลำดับ ดังภาพที่ 14



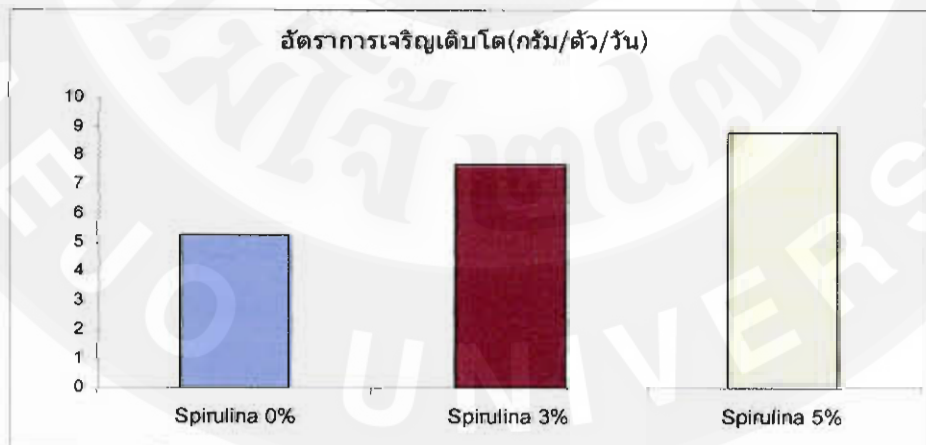
**ภาพที่ 14** อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้นของปลานิลแดง ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%) หน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดคือ 0.50% รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 1 และหน่วยทดลองที่ 2 คือ 0.37% และ 0.30% ตามลำดับ ดังภาพที่ 15



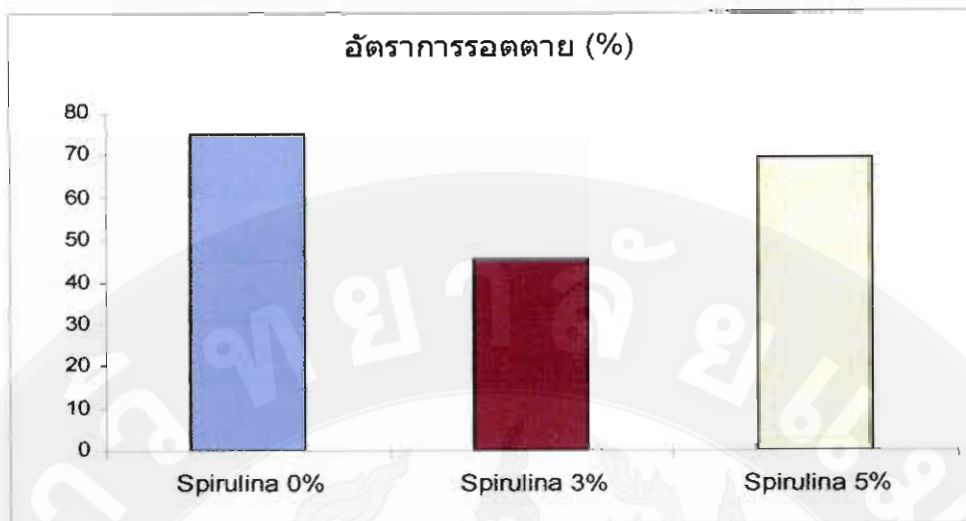
ภาพที่ 15 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการเจริญเติบโต หน่วยทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดคือ 8.79 กรัม/ตัว/วัน รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 2 และ หน่วยทดลองที่ 1 คือ 7.69 กรัม/ตัว/วัน และ 5.28 กรัม/ตัว/วันตามลำดับ ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตของปลานิลแดง ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อัตราการรอดตาย (%) หน่วยทดลองที่ 1 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดคือ 75% รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่ 3 และหน่วยทดลองที่ 2 คือ 69.44% และ 45.31% ตามลำดับ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 อัตราการรอดตายของปลานิลแดงในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

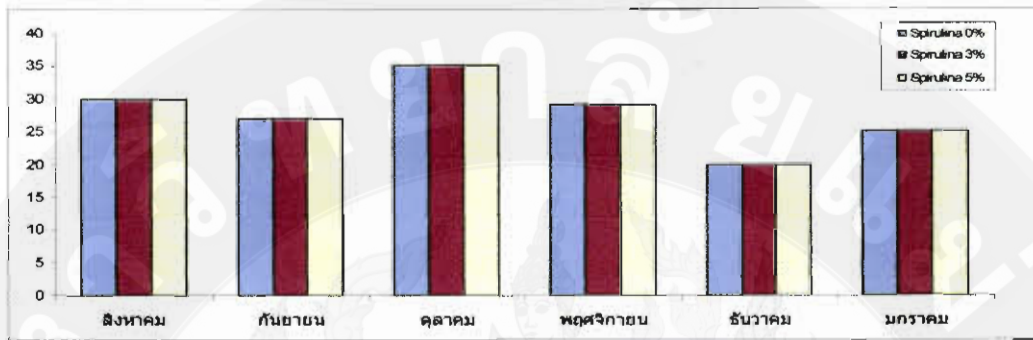
#### คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจากการเพาะเลี้ยงปลานู๋ทรายในกระชังร่วมกับปลานิลแดง ในบ่อดิน ทั้ง 3 หน่วยทดลองมีค่าเฉลี่ย ระยะเวลา 6 เดือน ในแต่ละปัจจัยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

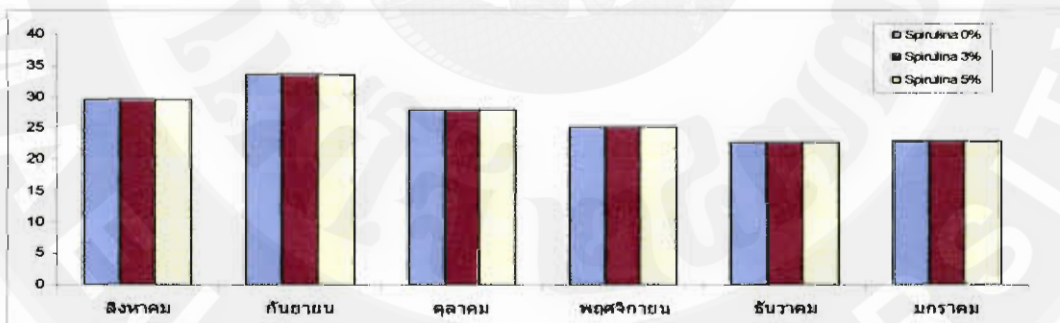
หน่วยการทดลอง	<i>Spirulina</i> 0%	<i>Spirulina</i> 3%	<i>Spirulina</i> 5%
ค่าความโปร่งแสงของน้ำ	27.67±0.00 <sup>ns</sup>	27.67±0.00 <sup>ns</sup>	27.67±0.00 <sup>ns</sup>
อุณหภูมิอากาศและน้ำ	27±0.00 <sup>ns</sup>	27±0.00 <sup>ns</sup>	27±0.00 <sup>ns</sup>
ค่าความเป็นกรด – ด่าง	7.98±0.02 <sup>b</sup>	8.03±0.01 <sup>ab</sup>	8.09±0.03 <sup>a</sup>
ค่าความนำไฟฟ้า(µs/cm)	55.61±2.54 <sup>ns</sup>	52.63±1.66 <sup>ns</sup>	55.21±3.19 <sup>ns</sup>
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(mg/L)	5.81±0.43 <sup>ns</sup>	5.80±0.18 <sup>ns</sup>	5.96±0.14 <sup>ns</sup>
ปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L)	2.66±0.07 <sup>ns</sup>	2.62±0.03 <sup>ns</sup>	2.59±0.03 <sup>ns</sup>
ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L)	0.19±0.03 <sup>ns</sup>	0.11±0.01 <sup>ns</sup>	0.25±0.11 <sup>ns</sup>
ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน(mg/L)	0.03±0.00 <sup>ns</sup>	0.05±0.00 <sup>ns</sup>	0.05±0.01 <sup>ns</sup>

ค่าความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 35 เซนติเมตร และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 20 เซนติเมตร ในแต่ละเดือนทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดัง ภาพที่ 18



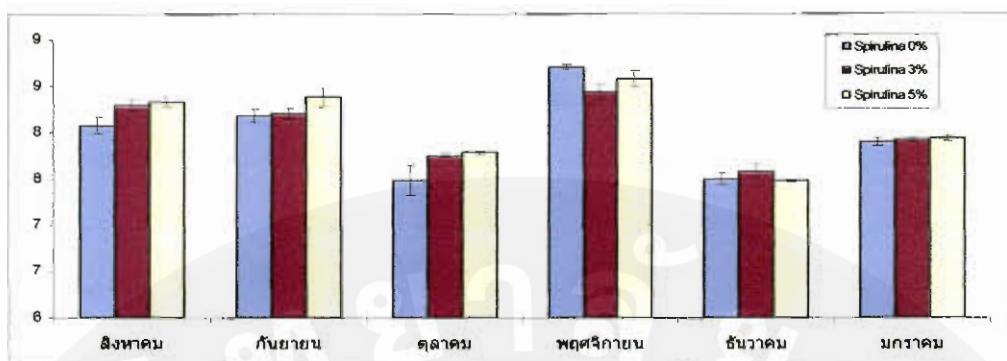
ภาพที่ 18 ค่าความโปร่งแสงของน้ำในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

อุณหภูมิมีน้ำ ค่าสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 33.6 องศาเซลเซียส และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เท่ากับ 22.8 องศาเซลเซียส ในแต่ละเดือนทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ภาพที่ 19



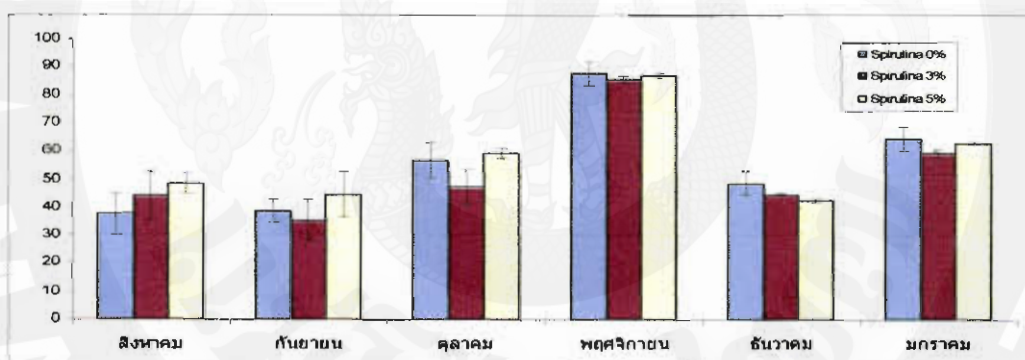
ภาพที่ 19 ค่าอุณหภูมิมีน้ำ (องศาเซลเซียส) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $8.71 \pm 0.03$  และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $7.48 \pm 0.02$  ทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังภาพที่ 20



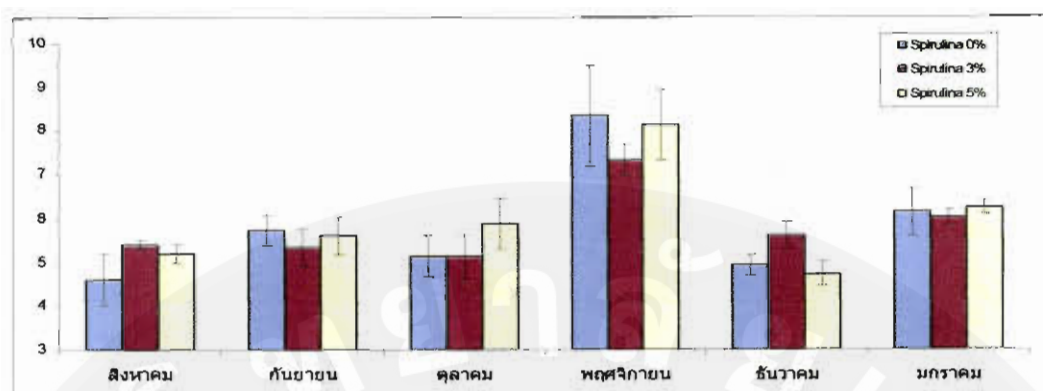
ภาพที่ 20 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ค่าความนำไฟฟ้า ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) มีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $87.67 \pm 4.33 \mu\text{S}/\text{cm}$  และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $35.33 \pm 7.42 \mu\text{S}/\text{cm}$  ทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังภาพที่ 21



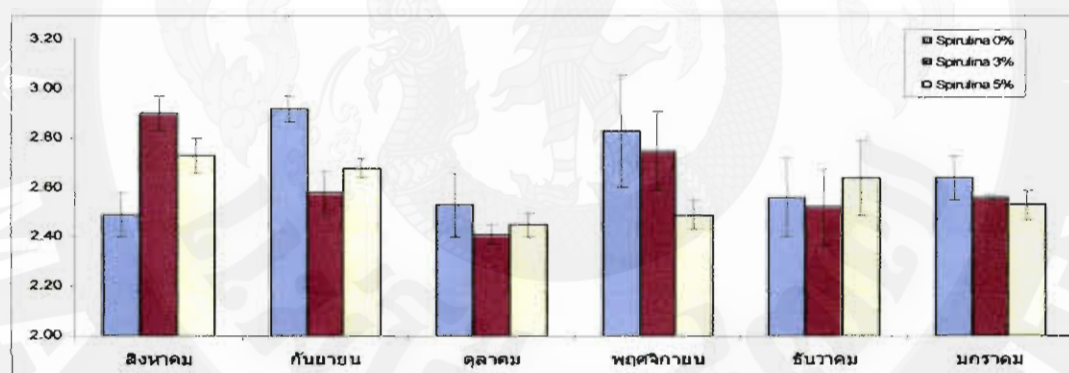
ภาพที่ 21 แสดงค่าความนำไฟฟ้า ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ( $\text{mg}/\text{L}$ ) มีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $8.33 \pm 1.16 \text{ mg}/\text{L}$  และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $4.6 \pm 0.60 \text{ mg}/\text{L}$  ทั้ง 3 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังภาพที่ 22



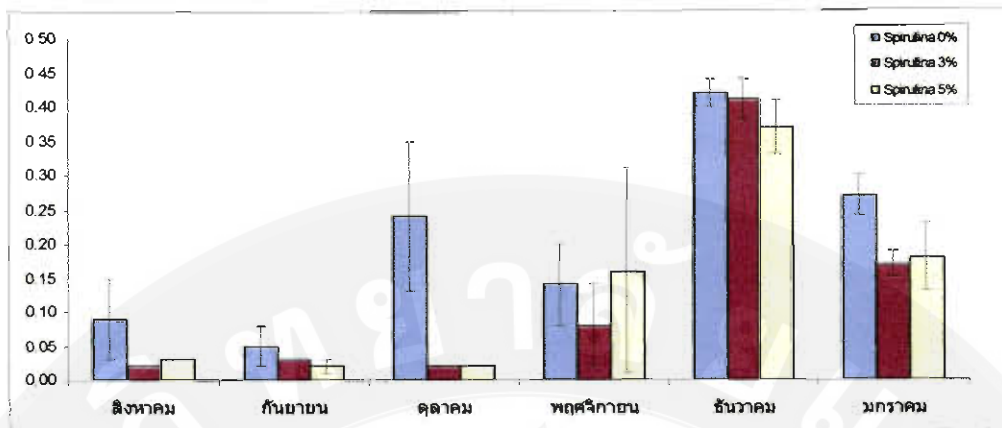
ภาพที่ 22 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L) มีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $2.92 \pm 0.05$  mg/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม หน่วยทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $2.41 \pm 0.04$  mg/L โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในเดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน ดังภาพที่ 23



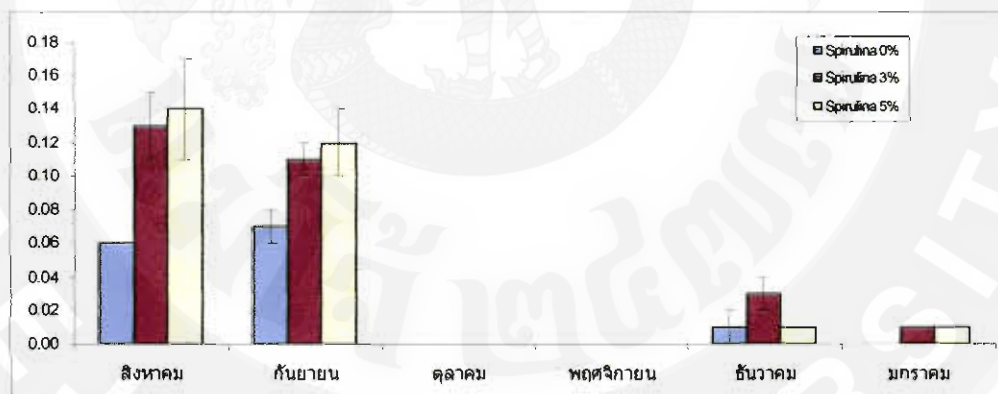
ภาพที่ 23 แสดงปริมาณออร์โทฟอสเฟตฟอสฟอรัส (mg/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $0.42 \pm 0.02$  mg/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ  $0.02 \pm 0$  mg/L ทั้ง 3 หน่วยทดลองในแต่ละเดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นเดือนตุลาคม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยหน่วยทดลองที่ 1 มีค่ามากกว่า หน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ดังภาพที่ 24 และตารางภาคผนวกที่



ภาพที่ 24 แสดงปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $0.14 \pm 0.03$  mg/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน ทั้ง 3 หน่วยทดลองในแต่ละเดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นเดือนสิงหาคม และกันยายน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าหน่วยทดลองที่ 1 ดังภาพที่ 25

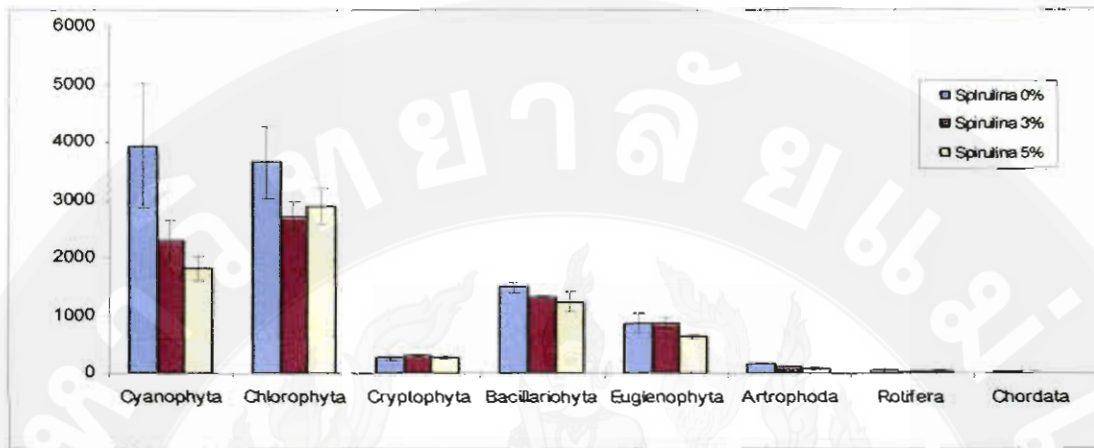


ภาพที่ 25 แสดงปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (mg/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

#### ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน

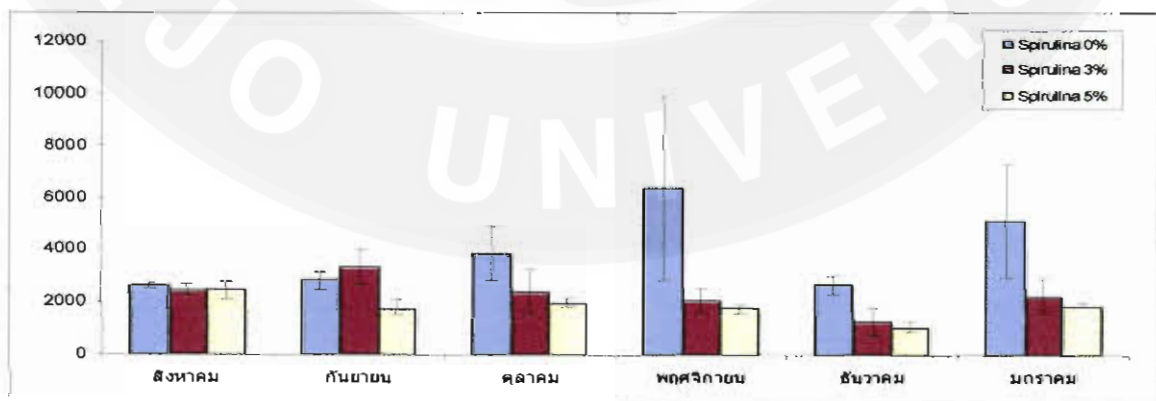
ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนทั้ง 3 หน่วยทดลอง แพลงก์ตอนพืชไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่หน่วยทดลองที่ 1 มีแนวโน้มความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชสูงที่สุด คือ Division Cyanophyta  $3,930.74 \pm 1,087.38$  Cell/L Division Chlorophyta  $3,649.68 \pm 627.56$  Cell/L Division Cryptophyta  $263.98 \pm 41.37$  Cell/L Division Bacillariophyta

1,481.62±94.32 Cell/L และ Division Euglenophyta 861.92±172.15 Cell/L ในแพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Artrophoda สูงกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ดังภาพที่ 26

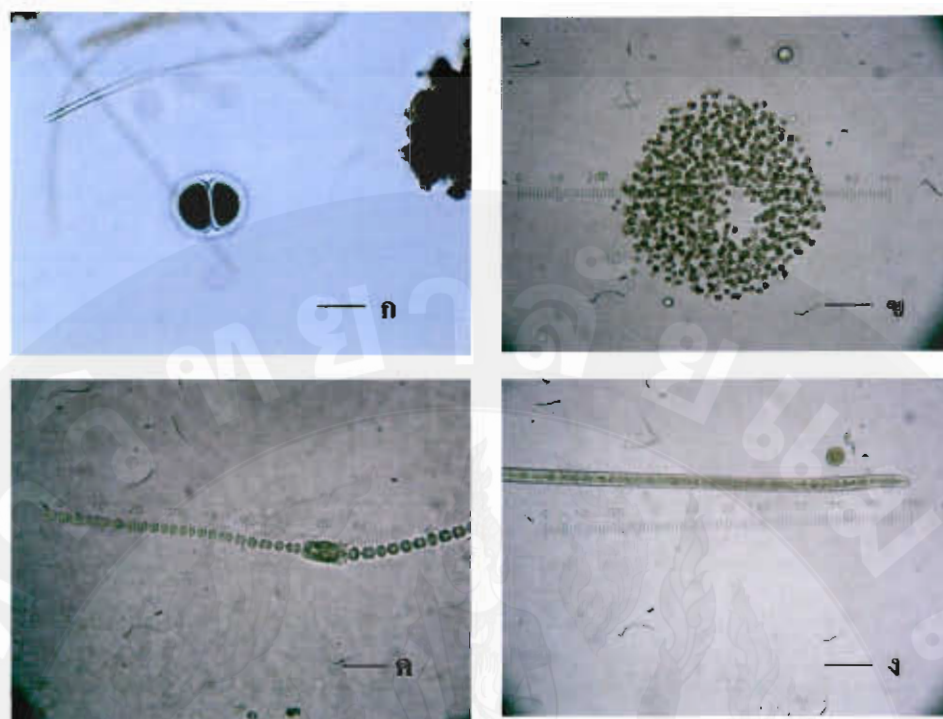


ภาพที่ 26 แสดงค่าเฉลี่ยความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน แต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Division Cyanophyta ชนิดที่เด่น ดังภาพที่ 28 พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนใน Division Cyanophyta (Cell/L) ในเดือนพฤศจิกายน ของ หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าสูงสุดคือ 6,410.1±3,548.22 Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม ของ หน่วยทดลองที่ 3 เท่ากับ 1,059.33±191.22 Cell/L และทั้ง 3 หน่วยทดลองในเดือนพฤศจิกายน และ เดือนมกราคม หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 27

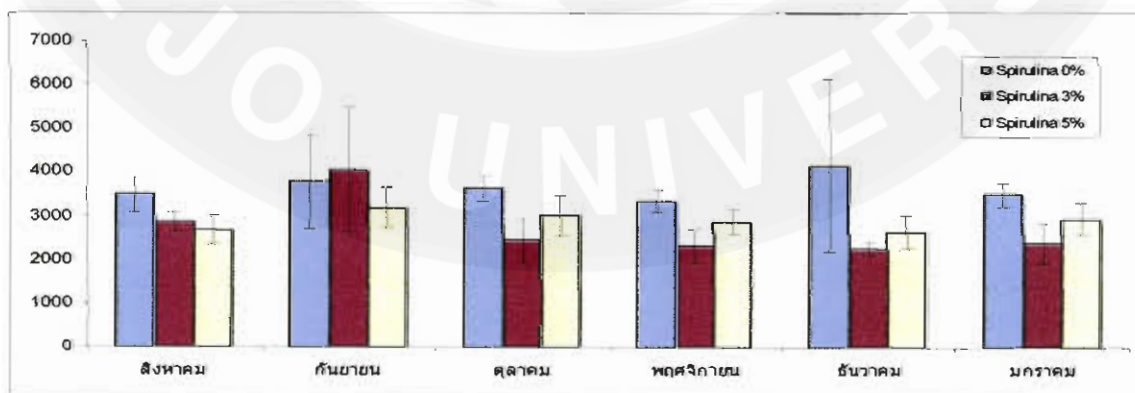


ภาพที่ 27 แสดง Division Cyanophyta (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

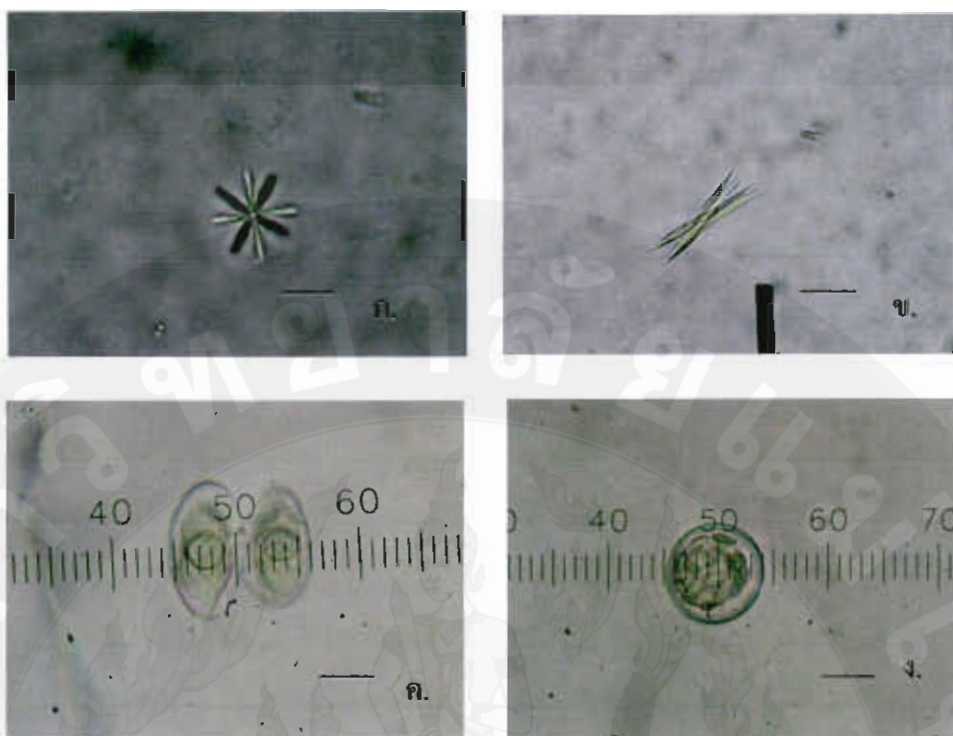


ภาพที่ 28 แพลงก์ตอนพืช Division Cyanophyta ก. *Chroococcus* sp. ข. *Microcystis* sp. ค. *Nostoc* sp.  
ง. *Oscillatoria* sp. (Scale bar 10  $\mu$ m)

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Division Chlorophyta ชนิดที่เด่นดังภาพที่ 30 และปริมาณ แพลงก์ตอนใน Division Chlorophyta (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $4,155.73 \pm 1,968.37$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $2,257.07 \pm 166.37$  Cell/L และทั้ง 3 หน่วยทดลองในแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดัง ภาพที่ 29

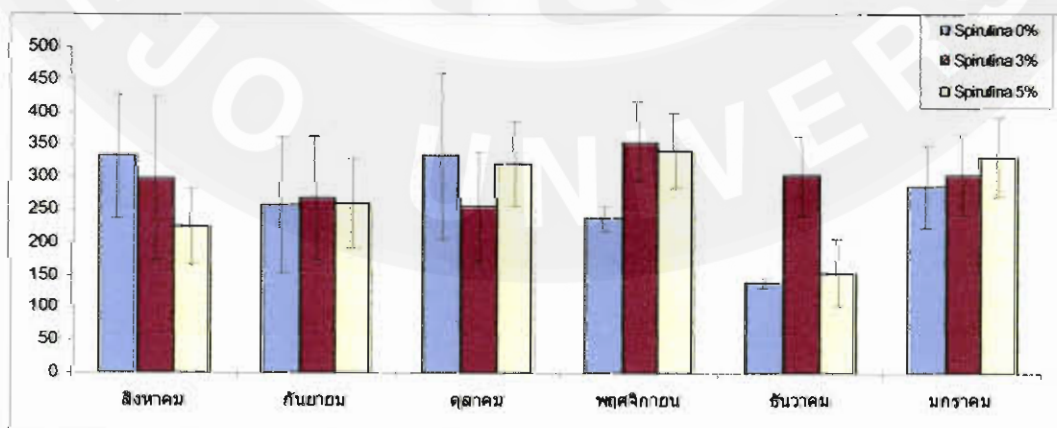


ภาพที่ 29 แสดงควิวิชั่น Chlorophyta (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 30 แพลงก์ตอนพืช Division Chlorophyta ก. *Actinastrum hantzschii* sp. ข. *Ankistrodesmus* sp. ค. *Cosmarium* ง. *Chlorella* sp. (Scale bar 10  $\mu$ m)

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Division Cryptophyta ชนิดที่เด่น ดังภาพที่ 32 พบว่าปริมาณ แพลงก์ตอนใน Division Cryptophyta (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือน พฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ  $354.3 \pm 61.51$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $139.2 \pm 6.93$  Cell/L และทั้ง 3 หน่วยทดลองในเดือนพฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 2 และ 3 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 2 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 3 และ 1 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 31

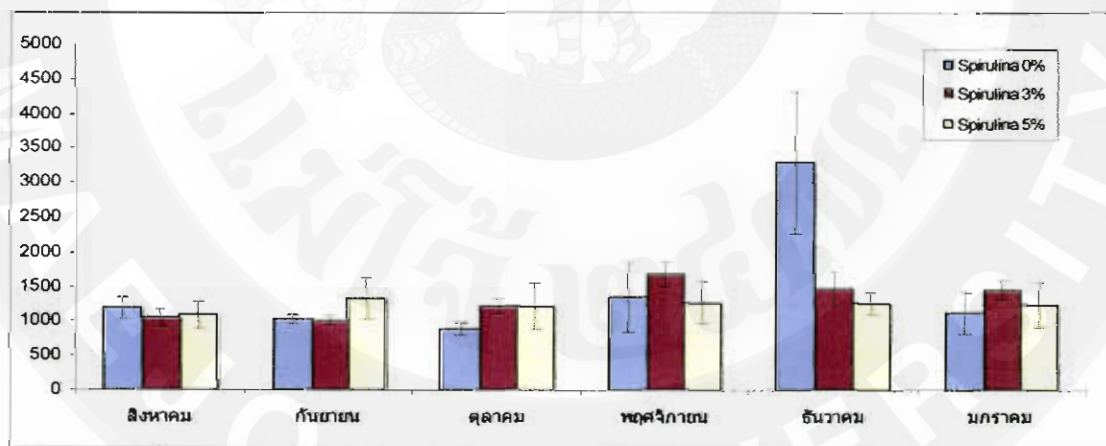


ภาพที่ 31 แสดงความเข้มข้น Cryptophyta (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

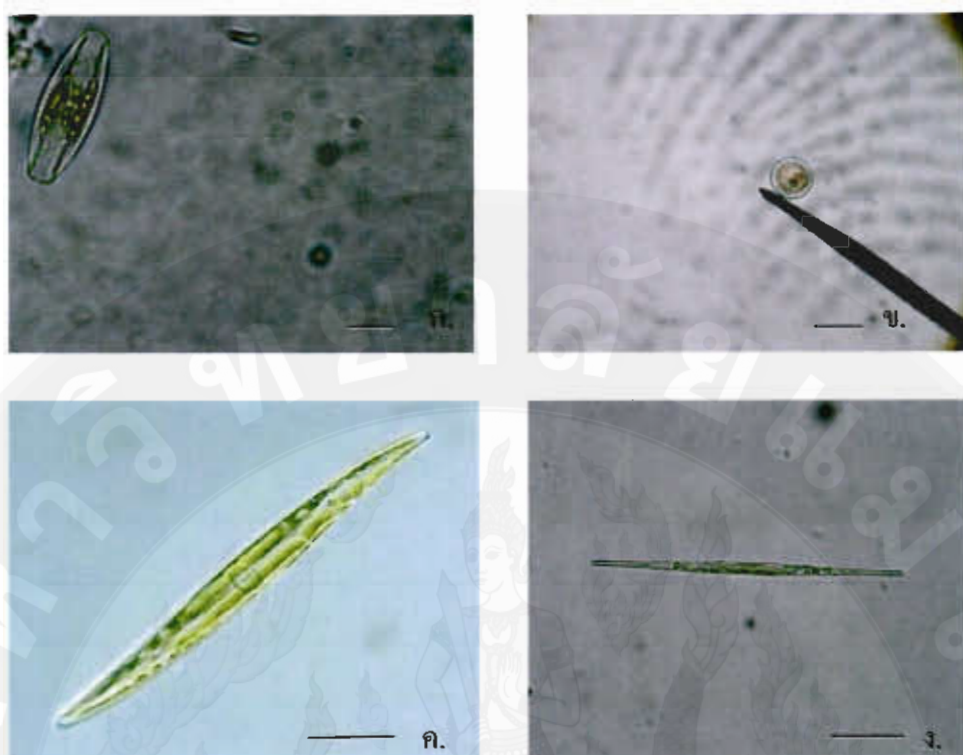


ภาพที่ 32 แพลงก์ตอนพืช Division Cryptophyta ไม่ใช่ (*Cryptomonas*)

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Division Bacillariophyta ชนิดที่เด่นดังภาพที่ 34 พบว่าปริมาณ แพลงก์ตอนใน Division Bacillariophyta (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $3,299.33 \pm 1,019.23$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $897.27 \pm 88.7$  Cell/L และทั้ง 3 หน่วยทดลองในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 33

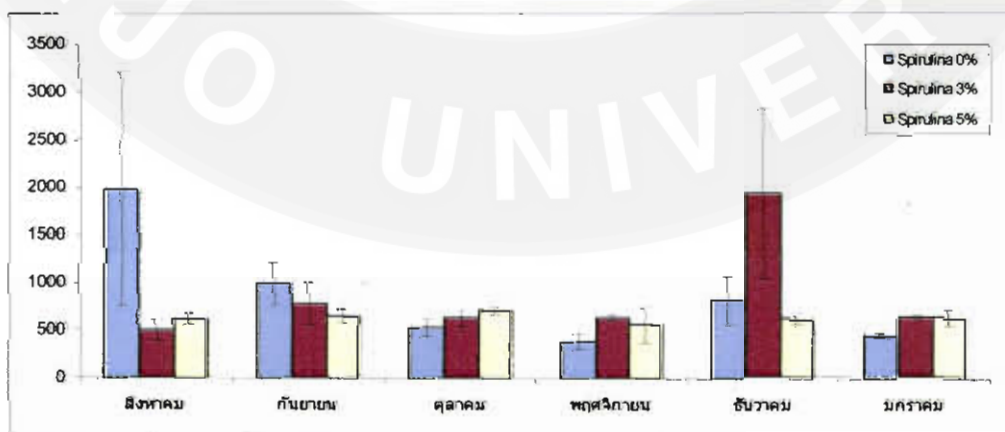


ภาพที่ 33 แสดงควิชน Bacillariophyta (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

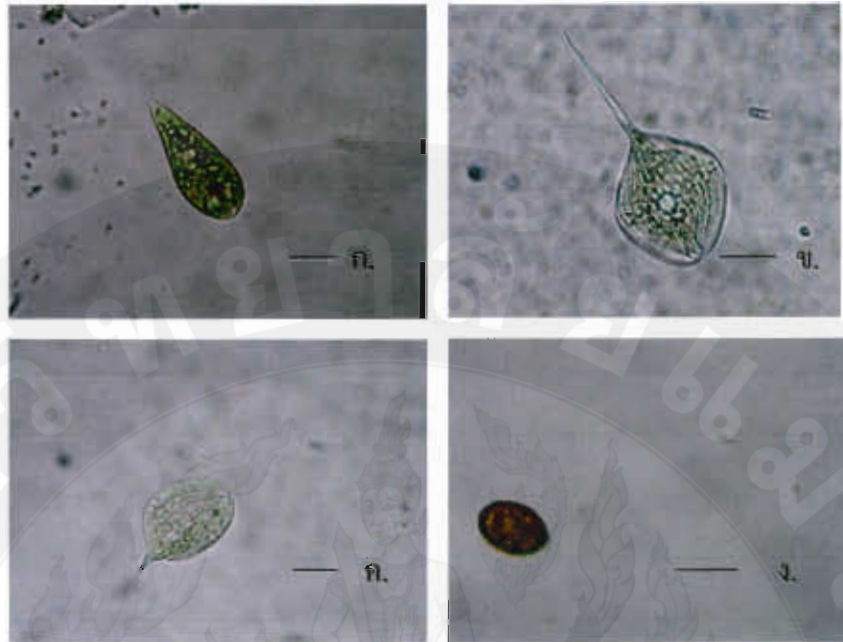


ภาพที่ 34 แพลงก์ตอนพืช Division Bacillariohyta ก. *Cymbella* sp. ข. *Cyclotella* sp. ค. *Gyrosigma* sp. ง. *Synedra* sp. (Scale bar 10  $\mu$ m)

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Division Euglenophyta ชนิดที่เด่น ดังภาพที่ 36 และปริมาณ แพลงก์ตอนใน Division Bacillariohyta (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $1,977.77 \pm 1,231.31$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $389 \pm 83.05$  Cell/L และทั้ง 3 หน่วยทดลองในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 แต่ในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 2 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 1 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 35

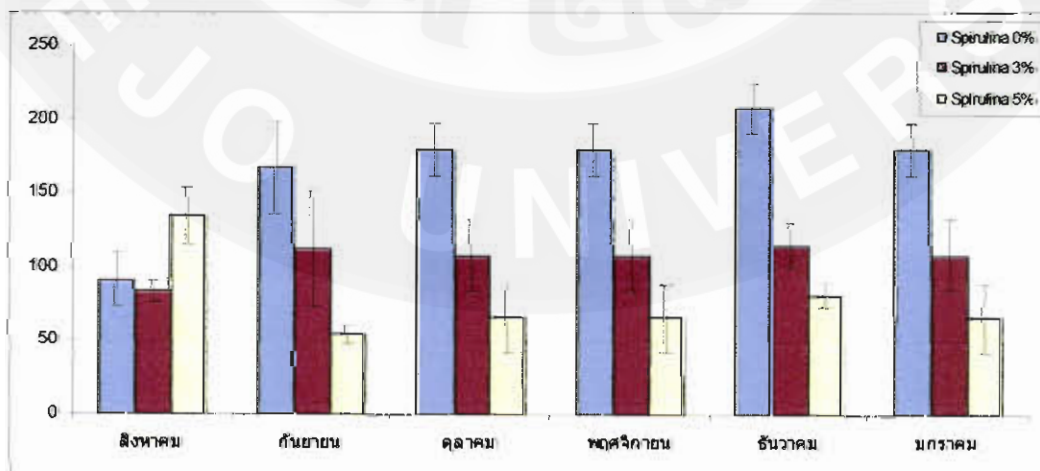


ภาพที่ 35 แสดง Division Euglenophyta (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน

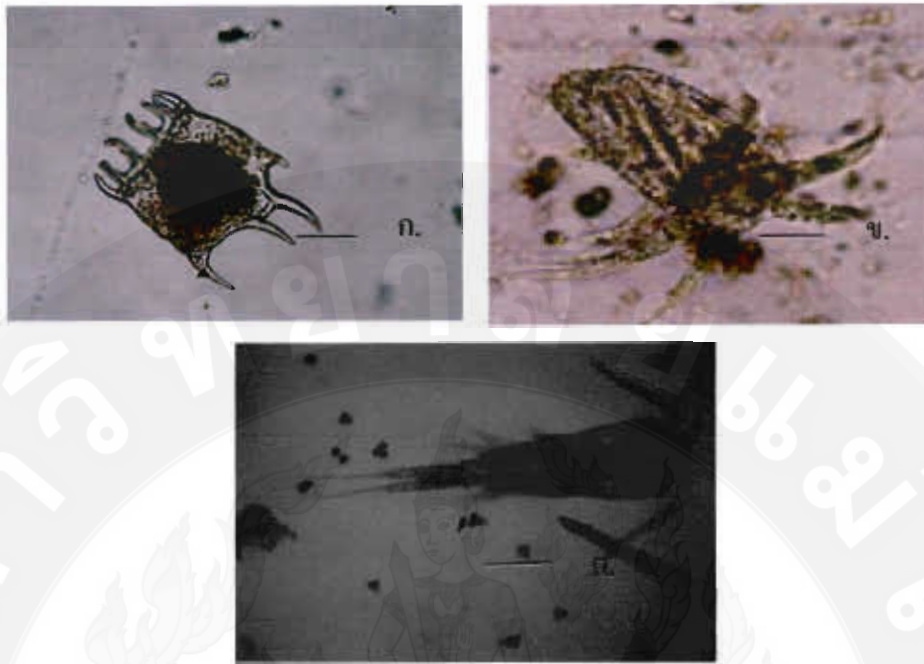


ภาพที่ 36 แพลงก์ตอนพืช Division Euglenophyta ก. *Euglena* sp. ข. *Phacus* sp. ค. *Phacus* sp. ง. *Trachelomonas* sp. (Scale bar 10  $\mu$ m)

ความหลากหลายและชนิดองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Phylum Artropoda ชนิดที่เด่น ดังภาพที่ 38 และปริมาณ แพลงก์ตอนใน Phylum Artropoda (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $207.3 \pm 17.22$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $54.77 \pm 6.28$  Cell/L ทั้ง 3 หน่วยทดลอง โดยในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 3 มากกว่า หน่วยทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แต่ในเดือนตุลาคม ถึงเดือนมกราคม หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่า หน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 37



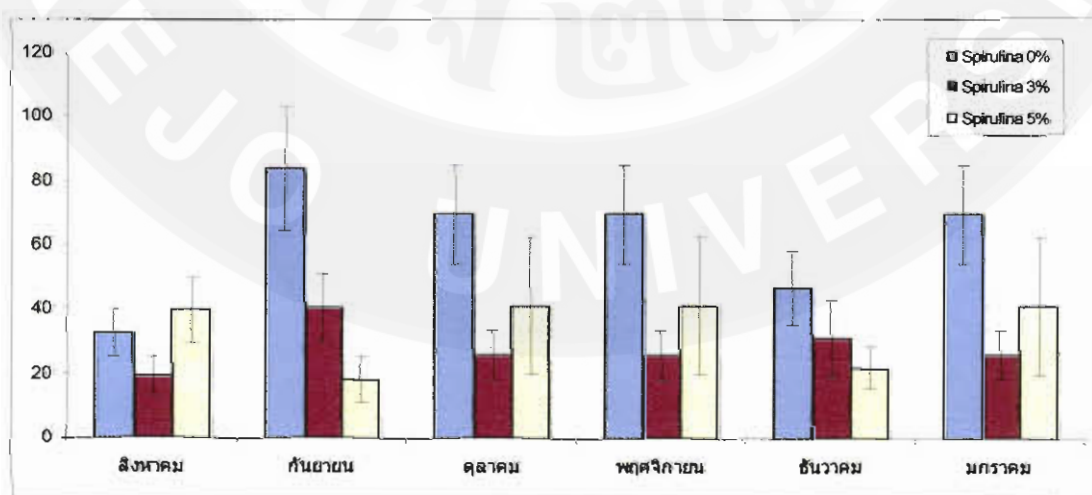
ภาพที่ 37 แสดง Phylum Artropoda (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 38 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Artropoda ก. *Copepod* sp. ข. *Naupilus* sp. ค. *Keratella* sp.

(Scale bar 20  $\mu$ m)

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Phylum Rotifera ชนิดที่เด่นดังภาพที่ 40 และปริมาณแพลงก์ตอนใน Phylum Rotifera (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $84.17 \pm 19.38$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $18.37 \pm 7.26$  Cell/L ทั้ง 3 หน่วยทดลองในเดือนกันยายน หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 39

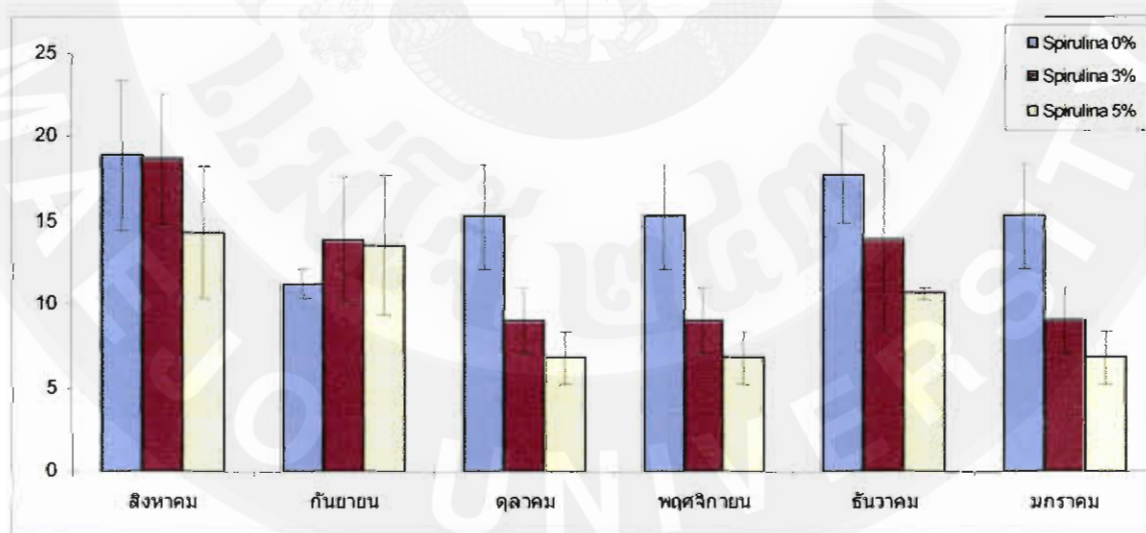


ภาพที่ 39 แสดง Phylum Rotifera (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 40 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Rotifera (Rotifera)

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน Phylum Chordata ชนิดที่เด่น ดังภาพที่ 42 และปริมาณของแพลงก์ตอน Phylum Chordata (Cell/L) มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม หน่วยทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $18.9 \pm 4.49$  Cell/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และมกราคม ในหน่วยทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $6.8 \pm 1.57$  Cell/L โดยในเดือนตุลาคม ถึงเดือนมกราคม หน่วยทดลองที่ 1 มากกว่าหน่วยทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ดังภาพที่ 41



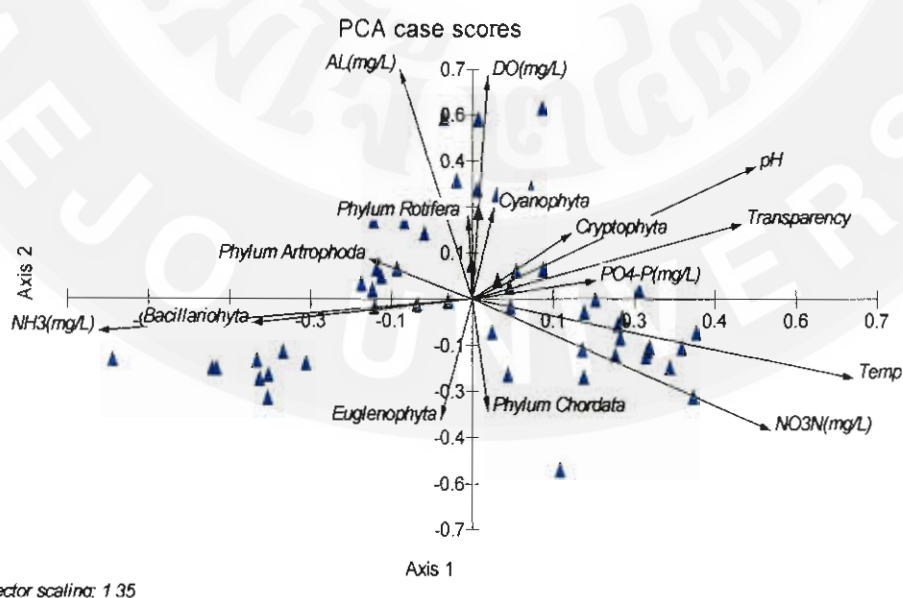
ภาพที่ 41 แสดง Phylum Chordata (Cell/L) ในแต่ละหน่วยการทดลอง ระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 42 แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Chordata ก – ข ไข่ปลา และลูกปลาวัยอ่อน

### ความสัมพันธ์ของปริมาณแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลา

ความสัมพันธ์ของปริมาณแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลา พบว่าแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta และ Division Cryptophyta แปรผันตาม ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความโปร่งแสง และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Orthophosphates-phosphorus) และ แปรผกผันกับ แอมโมเนีย (ammonia;  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) แต่แพลงก์ตอนพืช ใน Division Bacillariophyta และ Division Euglenophyta แปรผันตาม แอมโมเนีย (ammonia;  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) แพลงก์ตอนสัตว์พบว่า Phylum Chordata แปรผันตาม อุณหภูมิของน้ำและไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen;  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) แต่ Phylum Rotifera และ Phylum Arthropoda แปรผันตาม ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) ดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ของปริมาณแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำในกระชังเลี้ยงปลา

## วิจารณ์ผลการวิจัย

### ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบู่ทราย

ประสิทธิภาพการเติบโตของปลาบู่ทราย อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนในการผลิต โดยหน่วยทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาบู่ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมกับสาหร่ายสไปรูลิน่า 5% ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต โดยรวมดีกว่าหน่วยทดลองอื่น การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับ จงกล และคณะ (2546) กล่าวว่า การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 10% ผสมในอาหารปลานิลแดง มีผลให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาดีที่สุด และการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าผง 10-15% ผสมในอาหารปลาทดแทนปลาป่น เพื่อให้โปรตีนในอาหารปลาเท่ากับ 30% มีผลให้ปลา มีอัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด สมศักดิ์ (2547) กล่าวว่า การเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในสูตรอาหารในการเลี้ยงปลาน้ำจืด จะมีผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ และการเจริญพันธุ์ สอดคล้องกับการทดลอง วุฒิพร และอัญชลี (2548) มีการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า 10% ผสมในอาหารปลาคู มีผลให้ปลาคูมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และมีการทดลองนำสาหร่าย *S. platensis* และ *Cladophora* อนุบาลปลาแฟนซีคาร์ฟ พบว่า ปลาแฟนซีคาร์ฟที่ให้สาหร่าย *S. platensis* ผง มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการรอดตาย มากกว่าอาหารผงทั่วไป และสาหร่าย *Cladophora* ผง (จงกล และเพ็ญรัตน์, 2546)

Duncan and Klesius (1996) กล่าวว่า สไปรูลิน่า เป็นแหล่งโปรตีนที่มีศักยภาพในอาหารสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูง อีกทั้งยังประกอบด้วยวิตามิน และเกลือแร่ในปริมาณที่สูง นอกจากนี้ผนังเซลล์ยังมีองค์ประกอบที่ง่ายต่อการย่อย เนื่องจากไม่มีเซลลูโลส อย่างไรก็ตามระดับการผสมสาหร่ายสไปรูลิน่าในอาหารปลาแต่ละชนิดมีระดับแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารของปลา และการย่อยโปรตีนจากพืชของปลาแต่ละชนิดต่างกัน

### ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจากการเพาะเลี้ยงปลาบู่ทรายในกระชังร่วมกับปลานิล หรือปลาหับทิม ในบ่อดิน คุณภาพน้ำค่าความเป็นกรด-ด่าง หน่วยทดลองที่ 3 เลี้ยงปลาบู่ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 5% ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 4 ตัว/ตารางเมตร มีค่าสูงสุด รองลงมาคือหน่วยทดลองที่ 2 เลี้ยงปลาบู่ทราย โดยอาหารที่เป็นปลาป่นผสมสไปรูลิน่า 3% ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 2

ตัว/ตารางเมตร และหน่วยทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาตู้ทราย โดยอาหารที่เป็นพลาสติก (ชุดควบคุม) ร่วมกับการเลี้ยงปลานิลที่ระดับความหนาแน่น 1 ตัว/ตารางเมตร คือ 8.09, 8.03 และ 7.98 ตามลำดับ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ อยู่ระหว่าง 6.5-9 (กรมประมง, 2551) ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านค่าความโปร่งแสงของน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ค่าความนำไฟฟ้า (uS/cm) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณไนเตรทไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านค่าความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านอื่น ๆ มีความเหมาะสมตามเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (กรมประมง, 2551)

#### ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน ทั้ง 3 หน่วยทดลอง พบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ Phylum Artrophoda มีความแตกต่างกัน แต่แพลงก์ตอนพืชในหน่วยทดลองที่ 1 เลี้ยงปลาตู้ทราย โดยอาหารที่เป็นพลาสติก (ชุดควบคุม) มีแนวโน้มความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนสูงที่สุด โดยพบมากใน Division Cyanophyta และ Division Chlorophyta สอดคล้องกับ ขจรเกียรติ และคณะ (2551) พบว่า ความหลากหลายชนิด ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลาบึง พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 Division 43 ชนิด โดยองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ใน Division Chlorophyta ขจรเกียรติ และคณะ (2549), ขจรเกียรติ และคณะ (2550) กล่าวว่า การศึกษาความหลากหลายของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในสระกักเก็บน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ใน Division Chlorophyta

## สรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงปลานู๋ทรายในกระชังร่วมกับปลานิลแดงในบ่อดิน แบบเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเติบโต ของปลานู๋ทรายกับปลานิลแดง รวมถึง ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน ด้านการเติบโตสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานู๋ทราย ในหน่วยทดลองที่ 3 มี ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตโดยรวมดีกว่าหน่วยทดลองอื่น คือ อัตราน้ำหนักเพิ่มขึ้น  $18.49 \pm 0.11\%$  อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ  $0.092 \pm 0\%$  อัตราการเจริญเติบโต  $0.151 \pm 0$  กรัม/ตัว/วัน อัตราการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นเนื้อ  $23.53 \pm 0.23$  ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน  $0.212 \pm 0$  อัตราการรอดตาย  $75 \pm 0\%$  และต้นทุนในการผลิต  $251.32 \pm 0.09$  บาท

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี มีค่าความโปร่งแสงของน้ำต่ำกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านอื่น ๆ มีความเหมาะสมตามเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอน ทั้ง 3 หน่วยทดลองมีแพลงก์ตอนสัตว์ โดยเฉพาะ Phylum Arthropoda และแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta และ Division Chlorophyta มีความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนสูงที่สุดในหน่วยการทดลองที่ 1