

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

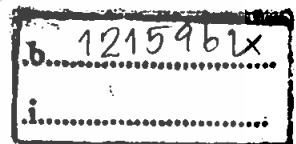
การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ 2 ขนาด เมื่อได้รับอาหารมีชีวิตในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

A comparative study on oxygen consumption of 2 size classes sand goby (*Oxyeleotris mamorata* Bleeker) fed with live food under feeding and starvation conditions



รฟท.  
ม 114ก  
2550

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 104623  
วันเดือนปี 5 พ.ย. 2552



ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ 2 ขนาด เมื่อได้รับอาหารมีชีวิต  
ในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

A comparative study on oxygen consumption of 2 size classes sand goby  
(*Oxyeleotris mamorata* Bleeker) fed with live food under feeding and  
starvation conditions

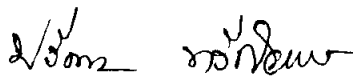
ชื่อนักศึกษา นายมงคล ลิมปวัฒน์กุล

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.มณฑล แก่นมณี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา..... มณฑล แก่นมณี  
(ดร. มณฑล แก่นมณี)

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา ทวีกิจการ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ ๑๐ เดือน พ.ค. พ.ศ. ๒๕๕๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย 2 ขนาด เมื่อได้รับอาหารมีชีวิตใน  
สภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

A comparative study on oxygen consumption of 2 size classes sand goby  
(*Oxyeleotris mamorata* Bleeker) fed with live food under feeding and starvation  
conditions

การศึกษาเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย 2 ขนาด เมื่อได้รับอาหารมีชีวิตในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร โดยใช้ปลาบู่ทรายขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g และปลาบู่ทรายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g เลี้ยงด้วยการให้อาหารมีชีวิตคือ ลูกปลานิล หลังจากนั้นจะนำมาวัดค่าการบริโภคออกซิเจนเปรียบเทียบในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร โดยปลาบู่ทรายขนาดเล็กจะทำการทดลองวัดการบริโภคออกซิเจนด้วยวิธี microbial oxygen consumption และทำการเก็บน้ำมาหาค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยวิธี Winkler method ส่วนปลาบู่ทรายขนาดกลางจะทำการทดลองการวัดการบริโภคออกซิเจนด้วยการใช้เครื่อง DO meter ผลการทดลองพบว่า ปลาบู่ทรายขนาดเล็กมีการบริโภคออกซิเจนในสภาวะอดอาหารเฉลี่ย  $24.40 \pm 3.23$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และในสภาวะที่ได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $67.32 \pm 3.22$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> ส่วนปลาบู่ทรายขนาดกลางในสภาวะอดอาหารมีการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ย  $12.61 \pm 0.70$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และสภาวะที่ได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $19.17 \pm 1.66$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> สามารถสรุปได้ว่าการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายทั้ง 2 ขนาด มีแนวโน้มที่ลดลงแปรผกผันกับน้ำหนักตัว และเมื่อเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทรายทั้ง 2 ขนาด พบว่าในสภาวะที่ได้รับอาหารมีค่าการบริโภคออกซิเจนมากกว่าสภาวะอดอาหารอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ต้องขอขอบพระคุณ ดร.มณฑล แก่นมณี เป็นอย่างยิ่ง ที่ช่วยให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำตลอดการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนวิธีการแก้ไขปัญหาในการทำงาน และขอขอบคุณที่บุปผา จงพัฒน์ ปิ่นภพล เผ่ามนัส พิกิ๊ฟ พินิพนธ์ พิ่มณฑา พี่แสง พี่สัญญา พี่อด และนางสาวณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์ นักศึกษาปริญญาโท ที่ช่วยให้คำแนะนำช่วยเหลือด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษและเปิดห้องให้ในวันหยุด ขอขอบคุณนายชานนท์ สถิตเกษมสานต์ และนางสาวนวรรตน์ มาธุพันธ์ ที่ร่วมทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ขอขอบคุณนางสาวชลดา มีอนันต์ ที่เอื้อเฟื้อเอกสารประกอบการทำปัญหาพิเศษต่าง ๆ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอจนปัญหาเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา พี่สาว ที่คอยสนับสนุนค่าเล่าเรียน ส่งเสริม และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าได้ทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จ จนจบการศึกษา



นายมงคล ลิมปวัฒน์กุล  
มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	26
ผลการทดลอง	33
วิจารณ์ผลการทดลอง	37
สรุปผลการทดลอง	38
เอกสารอ้างอิง	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การบริโภคออกซิเจนและการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างกลุ่มอายุในปลา <i>Cichlasoma nigrofasciatum</i>	13
2	อัตราการบริโภคออกซิเจน ( $VO_2$ ) ก่อนและหลังว่ายน้ำหลังจากให้อาหารของปลา southern catfish	19
3	สูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของโภชนาการที่มีผลต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon	20
4	ค่าการนำอาหารไปใช้ (SDA) ในปลา pike-perch วัยอ่อน 2 ขนาด	24
5	อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch วัยอ่อน 2 ขนาด ที่ได้รับอาหารและอดอาหาร	25
6	การบริโภคออกซิเจนของปลานู๋ทรายขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย $10.86 \pm 0.67$ g	33
7	การบริโภคออกซิเจนของปลานู๋ทรายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย $108.03 \pm 4.8$ g	34

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแบ่งกระบวนกรต่าง ๆ ทางชีวพลังงานของปลา fat snook	13
2	การบริโภคออกซิเจนและการประเมินค่าน้ำหนักตัวในปลา juvenile Eurasian perch	15
3	การเปลี่ยนแปลงการบริโภคออกซิเจนและการขับแอมโมเนียของปลา juvenile tench	17
4	การบริโภคออกซิเจนในช่วงก่อนและหลังจากว่ายน้ำในช่วงหลังให้อาหารของปลา southern catfish	18
5	การวัดอัตราบริโภคออกซิเจน เพื่อเปรียบเทียบผลทางโภชนาการ ของปลา Atlantic salmon	21
6	อัตราการบริโภคออกซิเจน ในความลึมห้วงน้ำหนักเริ่มต้นและช่วงเวลาให้อาหาร ของปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และปลา Atlantic salmon กลุ่มควบคุม	23
7	ระบบทดลองที่ใช้เลี้ยงปลาบู่ทราย	27
8	อาหารมีชีวิตที่ให้แก่ปลาบู่ทราย	28
9	หน่วยทดลองที่ใช้วัดการบริโภคออกซิเจนปลาบู่ขนาดเล็ก	29
10	การเก็บน้ำจากหน่วยทดลอง ใส่ขวด BOD เพื่อนำมาวิเคราะห์	30
11	สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	30
12	การไตเตรทสารละลายด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต	30
13	สารละลายเปลี่ยนเป็นสีขาวใสสิ้นสุดการไตเตรท	31
14	หน่วยทดลองที่ใช้วัดการบริโภคออกซิเจนปลาบู่ขนาดกลาง	31
15	เครื่อง DO meter	32
16	การชั่งน้ำหนักปลาบู่ทรายทุกครั้งก่อนสิ้นสุดการวัดการบริโภคออกซิเจน	32
17	การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายขนาดเล็กในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร	35
18	การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายขนาดกลางในสภาวะที่ได้รับอาหารอดอาหาร	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- |    |  |    |
|----|--|----|
| 19 | การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาน้ำจืด 2 ชนิดในสภาวะอดอาหาร     | 36 |
| 20 | การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาน้ำจืด 2 ชนิดในสภาวะได้รับอาหาร | 36 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

ปัจจุบันปลาบู่ทรายได้รับความนิยมเพื่อนำไปบริโภค ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ จึงทำให้มีความต้องการจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะทำการเพาะเลี้ยงปลาบู่ทรายในบ่อดิน กระจกหรือทำการประมงจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการเพาะเลี้ยงปลาบู่ทรายวิธีเหล่านี้จะควบคุมคุณภาพของปลาบู่ทรายได้ค่อนข้างยากมักเกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น โรคและปรสิต คุณภาพของปลาบู่ทราย ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นหาวิธีเพาะเลี้ยงปลาบู่ทรายด้วยวิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้สะดวกต่อการควบคุมคุณภาพและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ได้ปลาบู่ที่มีคุณภาพดี เช่น เลี้ยงในระบบปิด โดยอีกวิธีหนึ่งที่มีปัจจุบันมีการนำมาเลี้ยงปลาบู่ทรายคือ การให้อาหารมีชีวิต วิธีนี้จะทำให้ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้น้อย

การบริโภคออกซิเจนเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มีความสำคัญอีกกระบวนการหนึ่งของการใช้พลังงานที่ได้รับจากอาหาร ซึ่งเป็นการหายใจเพื่อนำเอาออกซิเจนไปใช้ในการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ได้พลังงานนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และใช้สร้างเนื้อเยื่อเพื่อการเจริญเติบโต จะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น อุณหภูมิ พลังงานจากอาหาร ชนิดของอาหาร ปริมาณอาหารที่ได้รับ ขนาดของสัตว์น้ำ ระดับของกิจกรรม เวลาหลังจากการให้อาหาร เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการบริโภคออกซิเจน ได้ในอัตราที่แตกต่างกัน

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย 2 ขนาดในสภาพที่ได้รับอาหารและอดอาหาร
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทราย 2 ขนาด

## การตรวจเอกสาร

### ชีววิทยาของปลาบู่

#### 1. อนุกรมวิธานของปลาบู่

Phylum	Chordata
Class	Actinopterygii
Order	Perciformes
Family	Gobiidae
Genus	Oxyeleotris
Species	mamorata

#### 2. ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไป ของปลาบู่ทรายจะมีลักษณะลำตัวกลม ยาว ส่วนหัวค่อนข้างแบนใหญ่ และเรียวลงไปตามส่วนจนถึงหาง มีปากที่กว้างทางด้านบน มุมปากเฉียงลงยาวถึงระดับเดียวกับกับกึ่งกลางหาง มีขากรรไกรล่างยาวกว่าขากรรไกรบน ที่บริเวณด้านบนของขากรรไกร จะมีฟันเป็นซี่ ๆ ขนาดเล็กแหลมคมเรียงต่อกันเป็นแถวเดียว ที่บริเวณคอกหอยจะมีฟันซี่เล็ก ๆ 4 ส่วน บริเวณข้างลำตัวจะมีจุดสีดำลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขั้วแหลมตัดจากฐานครีบหลังลายยาวลงมาตามลำตัวทั้งสอง ข้าง มีประมาณ 4 - 5 แถบ สีของลำตัวเป็นสีน้ำตาลปนเทา ส่วนบนของหัวมีจุดสีดำประปราย ด้านท้องมีลักษณะสีขาวจาง ๆ ส่วนหลังและด้านข้าง ลำตัวจะมีสีขาวปนเหลืองหรือสีเหลืองอ่อน ๆ ข้างลำตัวและที่ครีบทุกครีบจะมีลายดำพาดขวาง ยกเว้นครีบหางจะมีสีน้ำตาลเกือบดำ

ลักษณะของตา - ตาปลาบู่ทรายจะโปนออกอยู่ทางด้านบนของหัว ระหว่างตาและริมฝีปากมีรูจมูกสองคู่ โดยคู่หน้ามีลักษณะเป็นหลอดยื่นมาติดกับร่อง ที่แบ่งปากและริมฝีปาก ด้านบนส่วนคู่หลังอยู่ค่อนข้างขึ้นไปทางด้านบนของตา

ลักษณะครีบ - ครีบกลมใหญ่ มี ก้านครีบเล็ก ๆ 15 ก้าน ครีบหูมีสีดำสลับขาว ครีบหลังแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งมีก้านครีบ 6 ก้าน ส่วนที่สองตอนท้ายมีก้านครีบ 10 ก้าน ครีบอกมีก้านครีบ 18 ก้าน ครีบกันมีก้านครีบรวม 9 ก้าน ครีบหางมีลักษณะกลม มีก้านครีบ 15 - 16 ก้าน ครีบท้องอยู่ในแนวเดียวกับครีบหูสำหรับครีบกันอยู่ในแนวเดียวกับด้านท้ายของครีบหลัง

ลักษณะของเกล็ด - มี 2 ลักษณะเกล็ดกลมขอบเรียบจะอยู่ส่วนหัวของปลา ส่วนเกล็ดที่มีปลายเป็นหนามอยู่บริเวณลำตัว เส้นข้างของลำตัวจะมีเกล็ดอยู่ประมาณ 70 - 90 เกล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แหล่งที่อยู่อาศัย

ปลาบู่ทรายจัดเป็นปลาน้ำจืดที่ใหญ่ที่สุดในตระกูล ของปลาบู่ด้วยกัน มีแหล่งที่อยู่อาศัยทั่ว ๆ ไป ในเกาะสุมาตรา บอร์เนียว มาเลเซีย และ ประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยพบปลาบู่ทรายอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วทุกภาค ทั้งในแม่น้ำ ลำคลอง อ่างเก็บน้ำทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก การเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว แทบทุกแห่ง อาทิ อ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น อ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรีตามลำน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน บางประกง

## นิสัยการกินอาหาร

ปลาบู่ทรายจัดเป็นปลาที่กินสัตว์เป็นอาหาร ซึ่งอาหาร ที่ปลาบู่ทรายชอบกินนั้นได้แก่ลูกปลา กุ้งแมลงในน้ำ หอย ฯลฯ เป็นต้น จากการศึกษาวิเคราะห์นิสัยการกินอาหารของปลาบู่ พบว่าปลาบู่ขนาด 1.0-10.0 ซม. อาหารที่พบเป็นกุ้งร้อยละ 75 ปลาร้อยละ 25 ปลาบู่ขนาด 10.0-20.0 ซม. อาหารที่พบเป็นกุ้งร้อยละ 58 ปลาร้อยละ 40 ปูร้อยละ 2 ปลาบู่ขนาดตั้งแต่ 20 ซม.ขึ้นไป อาหารที่พบเป็นปลาร้อยละ 72 กุ้งร้อยละ 28 มักจะชอบหลบอาศัยในดินอ่อน หรือตามซอกหินโพรงไม้ ถึงแม้ว่าปลาบู่ทรายจะกินปลา – ลูกกุ้ง เป็นอาหารแต่โดยลักษณะนิสัยแล้วปลาบู่ทรายไม่ดุร้าย เมื่อเทียบกับปลาช่อนหรือปลาชะโดโดยปกติแล้วจะ อยู่กับที่นิ่ง ๆ เมื่อเหยื่อผ่านหน้าจึงจะจับกินเป็นอาหาร ถึงแม้ว่าปลาบู่ทราย จะดูว่าเป็นปลาที่เชื่องช้าแต่จะมีความว่องไวมากเมื่อสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น

นิสัยในการกินอาหารของปลาบู่วัยต่างๆ แตกต่างกัน เช่น ในช่วงที่ฟักออกจากไขนั้นจะกินแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดเล็กที่ปลาสามารถกินได้หลังจากนั้นจะกินกุ้งและปลาเปิดตามลำดับ ([http://www.nicaonline.com/articles1/site/view\\_article.asp?idarticle=143](http://www.nicaonline.com/articles1/site/view_article.asp?idarticle=143))

## การเลี้ยงปลาบู่ทราย

การเลี้ยงปลาบู่ทรายเดินจะรวบรวมได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็น ส่วนใหญ่แต่มาในระยะหลังความต้องการของผู้บริโภคมีมาก ประกอบกับปลาบู่เป็นปลาที่ราคาแพงและเป็นที่ต้องการของ ตลาดต่างประเทศ จึงมีผู้สนใจเลี้ยงกันอย่างเป็นล่ำเป็นสันโดยมี การทดลองเลี้ยงกันในบ่อ และในกระชัง

การเลี้ยงปลาบู่ทรายในบ่อ จากผลการทดลองในบ่อเลี้ยงปลาบู่ของเอกชนหลาย รายจะพอสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

1. บ่อปลาควรตั้งอยู่ในแหล่งที่มีการถ่ายเทน้ำได้สะดวกและมีน้ำตลอดปีความลึกของบ่อ

ประมาณ 1.50 เมตร เอกสารฉบับนี้เผยแพร่ฟรีสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปล่อยปลาลงเลี้ยงไม่ควรปล่อยเกิน 1 ตัวต่อตารางเมตรในการเลี้ยงปลาบู่ชนิดเดียวและลด อัตราส่วนลงตามสมควรเลี้ยงรวมกันกับปลาชนิดอื่น และขนาดปลาเมื่อเริ่มเลี้ยงควรมีขนาดใกล้เคียงกันโดยทั่วไปมีขนาด100กรัม

3. อาหารของปลาบู่ควรเป็นอาหารสดคาว เช่น ลูกกุ้ง ลูกปลา หรือปลาสดสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ

4. การให้อาหารควรให้อาหารเป็นเวลาและ อัตราการให้อาหารควรอยู่ระหว่าง 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

5. ระยะเวลาของการเลี้ยงไม่ควรเกิน 12 เดือน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการจัดหาลูกปลาลงปล่อยในครั้งต่อไป

6. อัตราการเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในบ่อควรมีค่าเฉลี่ยเดือนละประมาณไม่ต่ำกว่า 30กรัม

7. การจับปลาบู่ออกจากบ่อ ควรจับให้หมดภายในครั้งเดียว ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกรณีที่ต้องการสูบน้ำออกจากบ่อและเพื่อป้องกันปลาที่เหลือบอกรั่ว

### ความแตกต่างระหว่างเพศและพฤติกรรมการวางไข่ของปลาบู่

#### การสืบพันธุ์

1. ความแตกต่างลักษณะเพศ การสังเกตลักษณะความแตกต่างระหว่างปลาบู่เพศผู้และเพศเมีย ดูได้จากอวัยวะเพศที่อยู่ใกล้รูทวาร ปลาเพศผู้มีอวัยวะเพศเป็นแผ่นเนื้อขนาดเล็กสามเหลี่ยมปลายแหลมส่วนตัวเมียมีอวัยวะเพศเป็นแผ่นเนื้อขนาดใหญ่และป้านตอนปลายไม่แหลมแต่เป็นรูขนาดใหญ่ลักษณะคล้ายถ้วยน้ำชาขนาดเล็ก เมื่อพร้อมผสมพันธุ์ปลายอวัยวะเพศทั้งตัวผู้และเมียมีสีแดง บางครั้งเห็นเส้นเลือดฝอยสีแดงที่มาเลี้ยงอวัยวะเพศได้ชัดเจน

2. การเจริญพันธุ์และฤดูกาลวางไข่ ปลาบู่โตเต็มวัยเมื่อมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตรขึ้นไป ปลาบู่ที่สามารถขยายพันธุ์ได้มีขนาดตั้งแต่ 8 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับปลาเพศเมียที่มีรังไข่แก่ เต็มที่มีขนาดความยาวสุดปลายหาง 12.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 34 กรัม และเพศผู้มีถุงน้ำเชื้อแก่เต็มที่มีความยาว 14.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 44 กรัม ปลาบู่จะเริ่มสร้างอวัยวะเพศภายในตั้งแต่เดือนมกราคม ซึ่งในระยะแรกยังไม่สามารถแยกออกได้ว่าเป็นรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ เมื่อถึงเดือนมีนาคมจึงจะแยกออกได้โดยรังไข่จะมีจุดสีขาวเล็ก ๆ แล้วเจริญเป็นเม็ดไข่ต่อไป แต่ถ้าเป็นถุงน้ำเชื้อก็จะเป็นทึบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเดิม รังไข่ที่แก่จัดมีสีเหลืองเข้ม มีเม็ดไขอยู่เต็มและมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยง ส่วนถุงน้ำเชื้อที่แก่จัดจะมีลักษณะเป็นลายมีรอยหยักเล็กน้อย และมีสีขาวทึบ ปลาบู่สามารถวางไข่ได้เกือบตลอดทั้งปียกเว้นในช่วงฤดูหนาว ตลอดฤดูการวางไข่ปลาบู่สามารถวางไข่ได้ประมาณ 3 ครั้งต่อปี

3. พฤติกรรมการผสมพันธุ์และวางไข่ การผสมพันธุ์ปลาบู่ในธรรมชาติพบว่า จะเริ่มการวางไข่เมื่อย่าง เข้าสู่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมโดยปลาบู่เพศผู้ที่มีความยาว 14.5 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 44 กรัมขึ้นไปเพศเมียมีความยาว 12.5 เซนติเมตรหนัก 34 กรัมขึ้นไป จะสามารถผสมพันธุ์กันได้โดยระบบสืบพันธุ์มี ความพร้อมตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงฤดูวางไข่จะสังเกตได้ว่าตัวเพศจะมีสีแดงเข้มทั้งเพศผู้และเพศเมีย ปลาบู่ตัวผู้จะหาสถานที่ในการวางไข่ ได้แก่ ตอไม้ เสาไม้ ทางมะพร้าว ฯลฯ แล้วทำความสะอาดวัสดุดังกล่าว หลังจากนั้นตัวผู้จะเข้าเกี้ยวพาราสีพร้อมไล่ต้อนตัวเมียให้ไปที่รังที่เตรียมไว้เพื่อการวางไข่ การผสมพันธุ์ปลาบู่เริ่มตั้งแต่ตอนหัวค่ำจนถึงตอนเช้ามืด โดยผสมพันธุ์แบบภายนอกตัวปลา คือ ตัวเมียปล่อยไข่ออกมาติดกับวัสดุแล้ว ตัวผู้ปล่อยน้ำเชื้อออกมาผสม โดยที่ไข่ปลาบู่จะติดกับตอไม้ เสาไม้หรือวัสดุอื่น ๆ ที่ปลาบู่สามารถวางไข่ติด และตัวผู้จะเฝ้าดูแลไข่ โดยใช้ครีบทูหรือครีบทูหางพัดโบก ไปมา ไข่ที่ได้รับการผสมจะฟักเป็นตัวภายในเวลา 28 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 - 27 องศาเซลเซียส

4. ความอดของไข่ ปลาบู่เป็นปลาที่มีรังไข่แบบ 2 พู ปลาบู่ที่มีขนาดความยาวมาตรฐาน 15.2 เซนติเมตร มีน้ำหนักรังไข่ 1.6 กรัม และมีจำนวนไข่ประมาณ 6,800 ฟอง และปลาที่มีความยาว 21.5 เซนติเมตร มีน้ำหนักรังไข่ 4.7 กรัม คิดเป็นไข่ประมาณ 36,200 ฟอง วิวัฒนาการของไข่ปลาบู่ไข่ที่ยังไม่ได้รับการผสมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.83 มิลลิเมตร ความยาวของไข่ประมาณ 1.67 มิลลิเมตรเมื่อยึดติดกับวัสดุ ลูกปลาบู่ใช้เวลาฟักออกเป็นตัวหลุดออกจากเปลือกไข่จมลงสู่พื้นประมาณ 32 ชั่วโมง ถึง 5 วัน แล้วลอยไปตามกระแสน้ำ ลูกปลาอายุ 2 วันหลังฟัก ลูกปลา เริ่มกินอาหาร เนื่องจากถุงไข่แดงยุบหมดและเห็นปากชัดเจน มีการว่ายน้ำใน ลักษณะแนวตั้ง คือ ฟุ้งขึ้นและจมลง มีความยาวเฉลี่ย 4 มิลลิเมตร อายุประมาณ 7 วัน ลูกปลามีความยาวประมาณ 4.6 มิลลิเมตร มีลายสีดำเข้มที่บริเวณส่วนท้องด้านล่างไปจนถึงโคนครีบทูตอนล่าง อายุประมาณ 15 วัน ลูกปลามีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 5.05 มิลลิเมตร อายุประมาณ 20 วัน ลูกปลามีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 7.6 มิลลิเมตร อายุประมาณ 30 วัน ลูกปลามีความยาวประมาณ 8 - 10 มิลลิเมตร เกิดลายพาดขวางลำตัวคล้ายพ่อแม่ ส่วนเนื้อใสไม่มีลายและสามารถมองเห็นอวัยวะภายใน อายุประมาณ 37 - 45 วัน ลูกปลามีลักษณะคล้ายพ่อแม่เพียงแต่มีขนาดเล็ก ส่วนที่เป็นเนื้อใสเปลี่ยนเป็นขุ่นสีน้ำตาลเหลือง

(<http://www.fisheries.go.th/> การเพาะเลี้ยงปลาบู่.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## นิสัยการวางไข่

ปลาบุษราคัม สามารถที่จะทำการแพร่ขยายพันธุ์ได้ในน้ำจืดทั่วไป โดยไข่และน้ำเชื้อผสมกันภายนอกตัวปลา (external fertilization) และแม่ปลาวางไข่ติดกับวัสดุต่างๆ ในน้ำ เช่น เสาไม้ ตอไม้ โพงไม้ ก้อนหิน ในตอนเช้าตรู่การวางไข่จะเริ่มจากตัวผู้จะเริ่มทำความสะอาดรังเพื่อให้มีความเหมาะสมและจะ ชักตัวเมียให้เข้ารัง หลังจากนั้นไม่นานตัวเมียมีความเคยชินกับสภาพก็จะเริ่มวางไข่ให้ติดกับวัตถุ เมื่อไข่ออกมาตัวผู้ก็จะฉีดย้ำน้ำเชื้อเข้าผสมช่วงเวลาในการวางไข่นั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนไข่ที่มีอยู่ในท้องปลาตัวเมียภายหลังจากวางไข่เสร็จ แล้วตัวผู้ก็จะไล่ตัวเมียออกจากรัง ส่วนตัวเองก็จะเฝ้าไข่ตลอดเวลาโดยใช้ครีบหูที่มีขนาดใหญ่พัด โบกไปมา เพื่อการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลา ไข่ปลาบุษราคัมเป็นไข่ติดรูปร่างยาวรีปลายมนมีเม็ดน้ำมันมากที่อุณหภูมิ 25 - 27 องศาเซลเซียส ไข่ปลาบุษราคัมจะใช้เวลาฟักเป็นตัวประมาณ 2 - 8 ชั่วโมง

## การฟักไข่

ไข่ของปลาบุษราคัมเป็นไข่ติด เม็ดไข่น้ำมากจนมองคล้ายหยดน้ำมัน โดยเฉพาะไข่ที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อตัวผู้แล้วจะมีความวาวใสยิ่งขึ้น ส่วนไข่ที่ไม่ได้รับการผสมจะมีสีขาวทึบ การฟักไข่ปลาบุษราคัมกระทำดังนี้

### การฟักไข่ปลาบุษราคัมในบ่อซีเมนต์และในตู้กระจก

ทำการรวบรวมไข่ที่ได้จากการเพาะมาเพาะฟักในบ่อซีเมนต์ที่ใส่น้ำเกือบเต็ม มีเครื่องปั๊มให้ฟองอากาศตลอดเวลา ควรมีฝาไม้ปิดป้องกันแสงแดด ถ้าบ่อไม่มีหลังคา การถ่ายน้ำทำโดยใช้สายยางดูดน้ำจากกระชอนผ้า เพื่อกันลูกปลาไม่ให้ติดออกมา สำหรับการฟักในตู้กระจกก็ทำวิธีเดียวกัน

ไข่ปลาบุษราคัมที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อแล้ว จะฟักออกเป็นตัวภายในเวลา 23 ถึง 38 ชม. ที่อุณหภูมิ 27-31 องศาเซลเซียส ลูกปลาบุษราคัมที่ฟักออกเป็นตัวใหม่มีความยาวประมาณ 3 มม. มีถุงอาหารยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวลำตัว ลูกปลาจะนอนอยู่ก้นบ่อหรือว่ายน้ำได้ โดยเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นจังหวะๆ โดยการเตะหางตัวลูกปลาอายุ 1-2 วัน เจริญเติบโตโดยใช้อาหารจากถุงอาหาร จนกระทั่งหมดภายใน 2 วัน ลูกปลาจะเริ่มกินอาหาร

## การอนุบาล

1. อนุบาลในกระชังผ้าไนล่อนแก้ว ซึ่งแขวนลอยในบ่อซีเมนต์น้ำไหลผ่านตลอดเวลา โดยใช้กระชังผ้าไนล่อนแก้วขนาด 2 ตารางเมตร ลึก 0.5 เมตร แขวนลอยในบ่อซีเมนต์ขนาด 6 ตารางเมตร อนุบาลลูกปลาจนมีอายุประมาณ 24 วัน จึงย้ายไปเลี้ยงในบ่อดิน ซึ่งเตรียมบ่อโดยการใส่ปุ๋ยล่วงหน้าประมาณ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอนุบาลลูกปลาในบ่อดิน เตรียมบ่อขนาด 400 ตรม. ภายในบ่อปลูกผักบุ้งบริเวณขอบบ่อโดยตลอด ใส่ปุ๋ยคอกในบ่อล่วงหน้าให้เกิดน้ำเขียว เพื่อเป็นอาหารลูกปลาในตอนแรก ลูกปลาที่ปล่อยในบ่อดินควรมีอายุประมาณ 5 วัน หลังจากฟักเป็นตัวในอัตรา 20-25 ตัวต่อตารางเมตร

### อาหารลูกปลาน้ำจืดวัยอ่อน

ขณะที่อนุบาลในกระชังในล่อนแก้ว การให้อาหารแก่ลูกปลาน้ำจืดจะเริ่มให้ในวันที่ 3 หลังจากฟักเป็นตัวเมื่อถึงอาหารยุบหมด โดยให้ไข่แดงบดผสมนมผง ซึ่งกรองผ่านผ้าในล่อนแก้ว เติมน้ำเขียวที่มีแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กเป็นอาหารให้วันละ 3 ครั้ง คือ ตอนเช้า ตอนเย็นและ กลางคืน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ระยะเวลาการให้อาหารต่างกันมาก ซึ่งจะให้ลูกปลามีอาหารกินเพียงพอ เมื่อครบ 10 วัน จึงเริ่มให้ไรน้ำขนาดเล็ก สำหรับอาหารลูกปลาที่อนุบาลในบ่อดิน ให้อาหารจำพวก ไข่แดงผสมนมผง จนลูกปลาอายุประมาณ 10-15 วัน จึงให้ไรแดงขนาดเล็กและปลาสดบด จนกว่า ลูกปลาโตพอที่จะกินอาหารปลาสดได้

### โรคและพยาธิของปลาน้ำจืด (Diseases and Parasites)

เนื่องจากการเลี้ยง ปลาน้ำจืดส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงในกระชังจึงทำให้ปัญหาปลาตาย น้อย เพราะโรคระบาดมีไม่มากเหมือนปลาชนิดอื่นที่เลี้ยงในบ่อ แต่ถึงอย่างไรก็ดี การเลี้ยงปลาใน กระชังโดยทั่วไปจะลอยกระชังบริเวณเดียวกัน เป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าเกิดโรคระบาดแล้วจะทำให้ ติดกันได้ง่ายและยากแก่การควบคุม ดังเช่น ครั้งแรกปรากฏที่จังหวัดนครสวรรค์ เมื่อปี 2523 เป็น ผลให้ปลาน้ำจืดตายเป็นจำนวนมาก และปลาที่เหลือรอดอยู่ขายได้ราคาต่ำกว่าปกติ ต่อมาได้ศึกษา เกี่ยวกับชนิดของพยาธิที่พบในปลาน้ำจืดซึ่งรวบรวมจากแหล่งธรรมชาติ จำนวน 240 ตัว ในการ ตรวจสอบจากส่วนต่างๆ ของลำตัว เช่น ใต้ซอกเกล็ด ซอกจมูก ปาก เหงือก และจากเมือก ฯลฯ พบพยาธิทั้งสิ้น 10 ชนิด เป็นพวกโปรโตซัว พยาธิตัวแบน พยาธิหัวหนาม และ Isopod อย่างละ 1 ชนิด อย่างละ 1 ชนิด พยาธิตัวกลม 3 ชนิด และ Copepod 2 ชนิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. *Saprolegnia* sp. ปลาที่มีเชื้อราชนิดนี้เข้าทำลายจะมีอาการอ่อนเพลียว่ายน้ำลอย หัว หลังจากนั้นไม่กี่วันก็จะตายปลาที่ตายด้วยเชื้อราดังกล่าวจะสังเกต ได้โดยผิวหนังขาดเหมือนถูก น้ำจืดเกิดบาดแผลบางครั้งแผลลึกถึงกระดูก ถ้าเป็นบริเวณโคนครีบอาจทำให้ครีบหลุดหายได้ ปลาที่มีเชื้อ *Saprolegnia* เกาะจะมองเห็นเป็นกลุ่มสีน้ำตาลคล้ายพุ่มไม้ขนาดเล็กมีแขนงมากมาย รวมกันเป็นกระดุก โดยที่ส่วนหนึ่งฝังลึกเข้าไปในเนื้อเยื่อของปลาทำให้เกิดบาดแผล เชื้อราชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. *Henneguya* sp. เป็นพวกโปรโตซัวที่มีการขยายพันธุ์โดยสปอร์ พบเข้าเกาะที่เหงือก ปลาบู่ทรายเป็นจำนวนมาก โดยเซลล์ของเหงือกปลาจะสร้างเมือกออกมาหุ้มสปอร์นั้นไว้โดยรอบ เมื่อมองด้วยตาเปล่า จะเป็นจุดสีเทาหรือขาวขุ่นอยู่ระหว่างซี่เหงือก รูปร่างของ สปอร์มีลักษณะ เป็นกระสวยขนาดเล็กมีฝา ซึ่งเป็นสารพวกไคติน 2 ฝา ประกอบกันอยู่คล้ายของกระจกนาฬิกา 1 คู่ ทางปลายด้านหน้ามีแคปซูลรูปไข่ 2 หาง *Henneguya* sp. ที่พบในปลาบู่ทรายมีขนาด เล็กมาก เมื่อเทียบกับที่พบจากแหล่งอื่น พยาธิชนิดนี้พบมากและพบตลอดเวลาที่ทำการศึกษา

3. *Dactylogyrus* sp. เป็นพยาธิจำพวกพยาธิตัวแบน พบเกาะบริเวณซี่เหงือก ปลา เช่นเดียวกัน ตัวมีขนาดเล็กมากเมื่อขยายตัวกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าลำตัวใสไม่มี การเกาะจะใช้ อวัยวะที่เรียกว่า opishator ซึ่งมีลักษณะเป็นถ้วยตรงกลางมีข้อใหญ่ 1 คู่ ตามธรรมชาติพยาธิชนิด นี้ไม่ค่อยพบที่ทำอันตรายแก่ปลามากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาขนาดใหญ่ นอกจากจะทำให้ เกิดความระคายเคือง แต่ในสถานะเพาะฟักลูกปลา ถ้ามีพยาธิเข้าเกาะลูกปลา ถ้ามีพยาธิเข้าเกาะ ลูกปลามาก ๆ จะทำให้ลูกปลาตายได้ พยาธิชนิดนี้พบสม่ำเสมอตลอดเวลาแต่มีปริมาณไม่มากนัก

4. *Camallanus* sp. เป็นพยาธิตัวกลมพบอยู่ในทางเดินอาหารลำตัวเต็มวัย มีลักษณะ ยาวเรียว เป็นทางกระบอก มองด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นเส้นด้ายสีแดงสั้น ๆ ความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร กว้าง 0.43 มิลลิเมตร ปากกว้างแต่ไม่มีริมฝีปาก ตัวอ่อนของ *Camallanus* นอกจากจะเป็นพยาธิของปลาแล้วยังเป็นพยาธิของ Copepod และ Crustacean อื่น ๆ อีกพยาธิชนิดนี้พบ เป็นบางเดือนเท่านั้น

5. *Spintectus* sp. เป็นพยาธิตัวกลมพบในทางเดินอาหารลำตัวเป็นรูปทรง กระบอกขด เป็นวงกลม ผิวหนังเป็นหนามแหลมยาว แถวรอบลำตัวตามขวาง แถวที่ 1-8 มีหนาม แถวละ 24-28 อัน ส่วนแถวต่อไปจะมีหนามไม่ต่ำกว่า 30 อันแต่เห็นไม่ค่อยชัดเจนเหมือน 8 แถว ปากเป็นรูป ทรงกระบอกแต่ไม่มีริมฝีปากพยาธิชนิดนี้พบเป็นจำนวนมากเกือบตลอดปี ตัวอ่อนของ *Spintectus* เป็นพยาธิพบในตัวอ่อนแมลงซีปะขาว

6. Unknown Cyst. เป็น Cyst ของพยาธิตัวกลมฝังอยู่ในกระเพาะอาหาร และลำไส้ บางส่วนโดยขดเป็นวงกลมและมีเยื่อบางๆ หุ้มอยู่เมื่อเขี่ยให้เยื่อให้ขาดออกจะพบว่าตัวพยาธิที่มี รูปร่างทรงกระบอก หัวแหลมท้ายแหลม ส่วนหัวมีส่วนหยักตรงกลางคล้ายริมฝีปาก พยาธิชนิดนี้ พบไม่มากนักและพบเป็นครั้งคราวเท่านั้น

7. *Pallisentis* sp. เป็นพยาธิตัวกลมพบในลำไส้ ลำตัวมีสีขาวขุ่นแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน หน้ามีวงที่ยึดหุดและมีหนามโดยรอบทำหน้าที่ยึดเกาะ ลำไส้ของปลาส่วนของลำตัวจะมีผนังหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น โดยมีความกว้างและความยาวมากกว่าส่วนหน้า ปลายหางมนกลมและมีทวารหนักอยู่ปลายสุด พยาธิชนิดนี้พบตลอดปีแต่มีปริมาณไม่มากนัก

8. *Lemaea* sp. รู้จักในชื่อหนอนสมอชอบเกาะทำลายบริเวณลำตัว คนครีบและในช่องปากของปลาที่มีหนอนสมอเกาะมาก ๆ จะอ่อนแอเกิดโรคได้ง่าย ๆ และเมื่อหนอนสมอหลุดออกแล้วจะเกิดบาดแผลขึ้นทำให้เชื้อโรคอื่น ๆ เข้าทำลายได้ง่ายรูปร่างลักษณะมีลำตัวยาวเรียว ผิวหนังเรียบไม่มีปล้องส่วนที่เรียกว่าสมออยู่ถัดจาก ส่วนหน้าสุดของลำตัวเข้ามาเล็กน้อย มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ รูปร่างยาวรีภายในถุงจะมีไข่เป็นจำนวนมากพยาธิชนิดนี้พบอย่างสม่ำเสมอเกือบตลอดปี

9. *Ergasilis* sp. พบเฉพาะตัวเมียเกาะเหงือกปลา รูปร่างคล้ายพวก Cyclop แต่พบน้อย

10. *Aega* sp. เป็นพวก Isopod เกาะที่บริเวณส่วนหัวของปลา และพบน้อยมากเช่นกัน

นอกจากนี้ ยังพบว่าปลาที่ตายส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผลบริเวณข้างลำตัว ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* สำหรับการรักษาโรคนี้โดยทั่วไป เกษตรกรนิยมใช้วิธีผสมยาปฏิชีวนะลงในอากาศที่เลี้ยงในปลา แต่ไม่ค่อยได้ผลนัก เพราะปลาไม่มีนิสัยกินอาหารซ้ำประกอบกับการเลี้ยงปลาเป็นการเลี้ยงในกระชังที่มีน้ำไหล จึงทำให้ยาละลายหายไปกับน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ (<http://www.rakbankerd.com/การเลี้ยงปลา>)

## การศึกษากระบวนการทางชีวพลังงาน

### พลังงาน (Energetics)

พลังงาน (Energetics) เป็นการศึกษาถึงความต้องการพลังงานและการไหลเวียนของพลังงานอย่างเป็นระบบในสิ่งมีชีวิต พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต เพื่อดำรงชีพอย่างปกติ การทำงานในร่างกาย การเกิดกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายเพื่อสร้างเนื้อเยื่อใหม่ การรักษาสมดุลของเกลือแร่และน้ำในร่างกาย การเคลื่อนที่ของอาหารในระบบย่อยอาหาร การหายใจ การสืบพันธุ์ การเคลื่อนไหว กิจกรรมทุกอย่างต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น

สัตว์ได้รับพลังงานจากอาหารที่กินเข้าไป หรือจากพลังงานที่สะสมอยู่ในร่างกาย พลังงานไม่จัดเป็นโภชนา แต่พลังงานจะปรากฏอยู่ในพันธะเคมีในโมเลกุลของสารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ซึ่งพันธะเคมีมีหลายชนิดและให้พลังงานที่แตกต่างกันด้วย สัตว์แต่ละชนิด มีความสามารถในการใช้พลังงานในอาหารแตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถในการย่อยอาหารได้มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวัดชีวพลังงานและสมดุลพลังงาน

ในเรื่องชีวพลังงานมีศัพท์หลายคำที่มีใช้ซึ่งให้ความหมายแตกต่างกัน ศัพท์ต่าง ๆ มีดังนี้  
Gross energy (GE) หมายถึง พลังงานในอาหารที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อสารตั้งต้นมีการ  
สันดาปอย่างสมบูรณ์ได้ผลผลิตเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide)  
และน้ำ การวัด GE นิยมวัดโดยใช้ Bomb calorimeter

Intake energy (IE) หมายถึง GE ที่สัตว์กินเข้าไปในร่างกายเพื่อเป็นอาหาร พลังงานส่วน  
ใหญ่จะอยู่ในรูปคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน

Fecal energy (FE) หมายถึง GE ที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ในสิ่งขับถ่ายของสัตว์จะ  
ประกอบด้วยอาหารที่สัตว์ย่อยไม่ได้ และผลผลิตที่เกิดจากเมตาบอลิซึมในร่างกายของสัตว์  
(Metabolic products) ได้แก่ เนื้อเยื่อทางเดินอาหารที่หลุดลอก เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร  
ของเสียจากร่างกาย ดังนั้น FE จะประกอบด้วยพลังงานในอาหารที่สัตว์ย่อยไม่ได้ (Energy of  
undigested food, FiE) พลังงานจากสารประกอบที่เกิดจากเมตาบอลิซึม (Energy of  
compounds of metabolic origin, FmE) ส่วน Digested energy (DE) หมายถึง พลังงานจาก  
อาหารที่สัตว์กินเข้าไปแล้วย่อยได้ โดยที่

$$DE = IE - FE$$

โดยทั่วไปจะสมมติว่า DE ทั้งหมดจะถูกดูดซึมได้ทั้งหมด

Urinary energy (UE) หมายถึง พลังงานทั้งหมดในปัสสาวะของสัตว์ รวมถึงพลังงานจาก  
สารประกอบจากอาหารที่ไม่ได้ถูกใช้โดยสัตว์ (Energy of compounds absorbed from the food  
but not utilized, UiE) และพลังงานจากขบวนการเมตาบอลิซึม (Energy of products of  
metabolic processes, UmE) เช่น แอมโมเนีย

Gill excretion energy (ZE) หมายถึง พลังงานทั้งหมดในสารประกอบซึ่งถูกขับออกมา  
ทางเหงือกของสัตว์น้ำ ZE มีค่าสูงพอที่จะเป็นส่วนประกอบของพลังงานในสมดุลพลังงานของสัตว์  
น้ำ Surface energy (SE) หมายถึง พลังงานที่สัตว์สูญเสียทางผิวหนัง จากการปล่อยเมือก หรือ  
จากเกล็ดที่หลุดลอกจากผิวหนัง

Metabolizable energy (ME) หมายถึง พลังงานที่สัตว์ได้จากอาหารที่กินลงด้วยพลังงาน  
ที่สูญเสียจากการปล่อยของเสียออกนอกร่างกาย (FE) พลังงานในปัสสาวะ (UE) และพลังงานจาก  
การขับสารทิ้งที่เหงือก พลังงานที่เหลือจะได้พลังงานที่นำไปใช้ในขบวนการเมตาบอลิซึมของสัตว์  
โดยที่

$$ME = IE - (FE + UE + ZE)$$

Total heat production (HE) หมายถึง พลังงานที่สัตว์สูญเสียไปในการสร้างความร้อน  
ความร้อนที่สัตว์สร้างขึ้นเป็นผลมาจากขบวนการเมตาบอลิซึม ดังนั้น HE จะวัดได้จากอัตราเมตา  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอริซึมของสัตว์ (Metabolic rate) โดยการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของสัตว์โดยใช้ Calorimeter หรือวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนของสัตว์ และ Retained energy (RE) หมายถึง ส่วนของพลังงานในอาหารซึ่งเก็บรักษาไว้ในร่างกาย หรือเก็บไว้เพื่อสร้างผลผลิตอื่น เช่น เซลล์สืบพันธุ์ จุดประสงค์ในการศึกษาโภชนศาสตร์สัตว์น้ำเพื่อต้องการให้มีการเก็บรักษาพลังงานไว้ให้มากที่สุด ในรูป RE และให้มีการสูญเสียพลังงานในรูปอื่น ๆ ให้น้อยที่สุด สมดุลพลังงานของสัตว์สามารถอธิบายได้ดังสมการ

$$IE = FE + UE + ZE + SE + HE + RE$$

จากสมการข้างต้น สามารถเขียนให้อยู่ในรูปที่เข้าใจได้ง่ายขึ้นดังนี้

$$C = F + U + R + P$$

เมื่อ C = พลังงานที่สัตว์ได้รับจากอาหาร (IE)

F = พลังงานที่สูญเสียจากการขับถ่ายอุจจาระ (FE)

U = พลังงานที่สัตว์สูญเสียในการขับสารอื่น ๆ ออกนอกร่างกาย (UE + ZE + SE)

R = พลังงานจากเมตาบอลิซึม (HE) และ

P = พลังงานที่สะสมในร่างกายเพื่อการเจริญเติบโต (RE)

ค่า C และ F สามารถหาได้โดยตรงจาก Bomb calorimeter ค่า U สามารถหาจากการวัดการขับถ่าย Ammonia และ Urea และเปลี่ยนให้เป็นพลังงาน โดยแอมโมเนีย 1 mg ให้พลังงาน 23.05 J และยูเรีย 1 mg ให้พลังงาน 24.85 J ส่วนค่า R สามารถหาโดยใช้ Respirometer และเปลี่ยนค่าเป็นพลังงานโดยออกซิเจน 1 mg ให้พลังงาน 13.56 J ([www.janburi.buu.ac.th/chalee/subject/aqua\\_nutrition/aan103\\_energy\\_and\\_nutrient.pdf](http://www.janburi.buu.ac.th/chalee/subject/aqua_nutrition/aan103_energy_and_nutrient.pdf))

#### 1. การหาค่าต่าง ๆ ของกระบวนการชีวพลังงาน

การประเมินค่าชีวพลังงานของสัตว์น้ำสามารถแบ่งเป็นกลไกทางสรีรวิทยาในกระบวนการต่าง ๆ ได้ ซึ่งนำมาใช้เป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานการใช้พลังงานสะสมในร่างกายสัตว์น้ำได้ การบริโภคออกซิเจนเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการชีวพลังงาน โดยสูตรการหาค่าชีวพลังงานของ Katersky et al. (2006) คือ

$$C = G + R + E + F$$

โดย C คือพลังงานที่นำเข้าสู่ร่างกายซึ่งได้จากอาหาร

G คือการเจริญเติบโต

R คือการหายใจหรือการบริโภคออกซิเจน

E คือการขับถ่ายแอมโมเนีย

F คือการขับถ่ายของเสียที่ไม่ได้ดูดซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าในการตรวจสอบเอกสารพบว่าสูตรการหาค่าชีวพลังงานมีสูตรที่ใกล้เคียงกัน คือ สูตรของ Lemos et al. (2006) และ Rus et al. (2000) มีดังนี้

$$C = R + U + F + P$$

โดย C คือ พลังงานที่นำเข้าสู่ร่างกายซึ่งได้จากอาหาร

R คือ พลังงานที่ใช้ในการเผาผลาญอาหาร

E คือ พลังงานที่สูญเสียจากการการขับถ่ายแอมโมเนีย

F คือ พลังงานที่สูญเสียจากการขับถ่ายของเสียที่ไม่ได้ดูดซึม

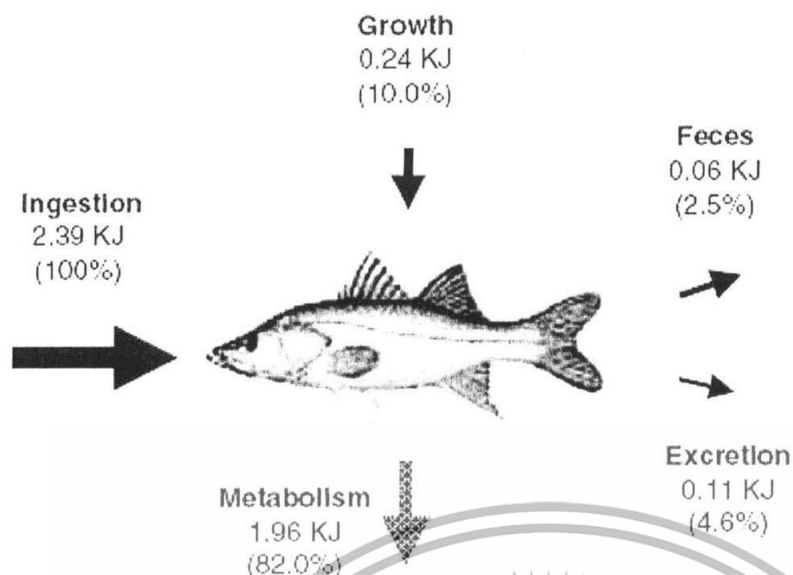
P คือ พลังงานสะสมเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

Rus et al. (2000) รายงานว่าการศึกษากำลังงานที่ใช้ในการย่อยอาหารในสัตว์น้ำจะเป็นขั้นตอนแรก จะใช้เครื่องมือวัดอัตราการหายใจก่อน หลังจากนั้นจะแสดงเป็นปริมาณของประสิทธิภาพของอัตราการเผาผลาญอาหาร การวัดการหายใจมีหลายรูปแบบ โดยจะแตกต่างกันในปลาที่แตกต่างกัน ซึ่งการวัดการหายใจเป็นการประเมินค่าที่ได้จากการบริโภคออกซิเจน ภายใต้สภาพการทดลองที่แตกต่างกัน เช่น อัตราการหมุนเวียนน้ำ ขนาดของบ่อที่เลี้ยงสัตว์น้ำ การควบคุมคุณภาพน้ำ ขนาดและจำนวนของการทดลอง ระดับของการควบคุมสภาพแวดล้อม การวัดค่าปัจจัยที่แตกต่างกันและความถี่ในการประเมินค่า

อัตราการหายใจของปลาจะประเมินค่าจากกิจกรรมที่เกิดขึ้น โดยประกอบด้วยค่ามาตรฐาน ( $R_s$ ), ระดับปกติ ( $R_R$ ), การนำอาหารไปใช้ประโยชน์ ( $R_{SDA}$ ) และกิจกรรม ( $R_{SA}$ ) โดยอัตราการหายใจจะเท่ากับพลังงานที่ใช้ไปกับการย่อยอาหาร การเคลื่อนที่ตามปกติ การให้อาหาร การย่อย และการดูดซึม และกิจกรรมการว่ายน้ำ ตามลำดับ โดย  $R_{SDA}$  จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ค่าสูงสุด ( $SAD_{peak}$ ) จะแสดงจากอัตราการหายใจสูงสุด ช่วงระยะเวลาที่ต้องการออกซิเจนเพื่อคืนสู่ระดับพื้นฐาน (ก่อนให้อาหาร) ( $SAD_{pdur}$ ) และระดับการบริโภคออกซิเจนที่มากกว่าระดับพื้นฐานในช่วง SDA ( $SAD_{max}$ ) (Katersky et al. 2006)

นอกจากนี้ Katersky et al. (2006) ยังกล่าวอีกว่าพลังงานสะสมเป็นปัจจัยของปลาที่ช่วยให้สามารถแยกกลไกทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโต อย่างเช่น การทดสอบชีวพลังงานของปลา juvenile 6 ชนิด ผลสรุปที่ได้พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมาจากอิทธิพลของสัดส่วนการใช้พลังงานในการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน ปริมาณการดูดซึมอาหารที่แตกต่างกัน หรือเกิดจากทั้ง 2 ปัจจัยรวมกัน และจากตัวแปรทางด้านชนิดของปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 การแบ่งกระบวนการต่างๆ ทางชีวพลังงานในท้องปฏิบัติการของปลา fat snook ที่มา : Lemos et al. (2006)

ปัจจัยของสัตว์น้ำที่มีผลต่อการบริโภคออกซิเจน

1. ปัจจัยทางด้านอายุ

1.1 การศึกษาผลของอายุที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา *Cichlasoma nigrofasciatum*

Fidhiany และ Winckler (1998) ได้ทำการศึกษาค่าผลของอายุที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* ที่มีอายุ 74 ถึง 403 วัน

ตารางที่ 1 การบริโภคออกซิเจนและการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างกลุ่มอายุ

Age [days]	No. of samples	Specific oxygen consumption average ± SD [mg · O <sub>2</sub> /hr/g · M <sub>k</sub> ]	ANOVA*	
			F-value	P-value
74	17	0.74 ± 0.17	13.228	0.001
88	18	0.58 ± 0.09	0.529	0.472
102	22	0.60 ± 0.09	19.077	0.001
116	28	0.48 ± 0.09	0.500	0.482
158	38	0.50 ± 0.08	17.618	0.001
172	41	0.42 ± 0.10	0.005	0.946
186	23	0.41 ± 0.07	3.481	0.067
200	40	0.45 ± 0.07	19.956	0.001
270	15	0.35 ± 0.08	0.899	0.351
309	14	0.37 ± 0.05	11.553	0.002
360	12	0.31 ± 0.05	6.715	0.017
403	12	0.38 ± 0.04		
270 vs. 403			0.00008	0.006
309 vs. 403			1.529	0.228

ที่มา : Fidhiany และ Winckler. (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเผาผลาญอาหารจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อปลาเมื่ออายุ 200 วัน (ส่วนใหญ่ถือว่าเป็นปลาขนาดใหญ่) ความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคออกซิเจนและน้ำหนักตัว จะสรุปได้จากการเจริญเติบโตที่เต็มวัยและอายุ โดยก่อนที่จะมีการเจริญเติบโตเต็มวัย (อายุก่อน 200 วัน) ความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคออกซิเจนและน้ำหนักตัวมีผลที่คัดค้านกันในบางช่วงอายุ หลังจากอายุ 200 วัน ซึ่ง Fidhiyani และ Winckler (1998) เสนอว่าน่าจะมาจากปัจจัยของอายุและขนาดของปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* ที่พิจารณาถึงอัตราการเผาผลาญอาหาร

อัตราการบริโภคออกซิเจนจะพิจารณาถึงช่วงแต่ละอายุจาก 74 วันถึง 403 วัน ซึ่งพบว่า ปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* ที่มีอายุ 172 วัน และอายุ 200 วันถึง 403 วัน โดยจากข้อมูลในตารางพบว่า การบริโภคออกซิเจนจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น จาก ANOVA เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปลา 2 ช่วงอายุ พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนลดลงอย่างชัดเจน (ยกเว้นช่วงอายุ 200 วัน) และเมื่อถึงบางช่วงอายุ จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนคงที่ โดยจากการศึกษาข้อมูลในตารางพบว่าปลา 2 ช่วงอายุ คือ ระหว่างอายุ 88 วัน และ 102 วัน, ระหว่างอายุ 116 วัน และ 158 วัน, ระหว่างอายุ 172 วัน และ 186 วัน, ระหว่างอายุ 186 วัน และ 200 วัน และระหว่างอายุ 270 วัน และ 309 วัน อัตราการบริโภคออกซิเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ย ( $\pm$  SD) ของปลาอายุ 200 วันมีค่าอัตราการบริโภคออกซิเจน  $0.45 \pm 0.07 \text{ mg O}_2 \text{ hr}^{-1}$  แสดงว่ามีอัตราการบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งมีค่ามากกว่า ปลาที่มีอายุ 186 วัน ( $0.45 \pm 0.07 \text{ mg O}_2 \text{ hr}^{-1}$ ) อย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลงที่  $0.35 \pm 0.07 \text{ mg O}_2 \text{ hr}^{-1}$  เมื่อปลาเมื่ออายุ 270 วัน ข้อมูลระหว่างช่วงอายุ 270 วัน และ 430 วัน กับ 360 วัน และ 403 วัน มีความผันแปรของข้อมูลต่ำสุดและสูงสุด ตามลำดับ โดยปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* ที่มีอายุ 270 วัน, 309 วัน และอายุ 403 วัน มีอัตราการบริโภคออกซิเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* อายุ 360 วัน มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่าปลาที่มีอายุ 270 , 309 วัน และ 403 วัน

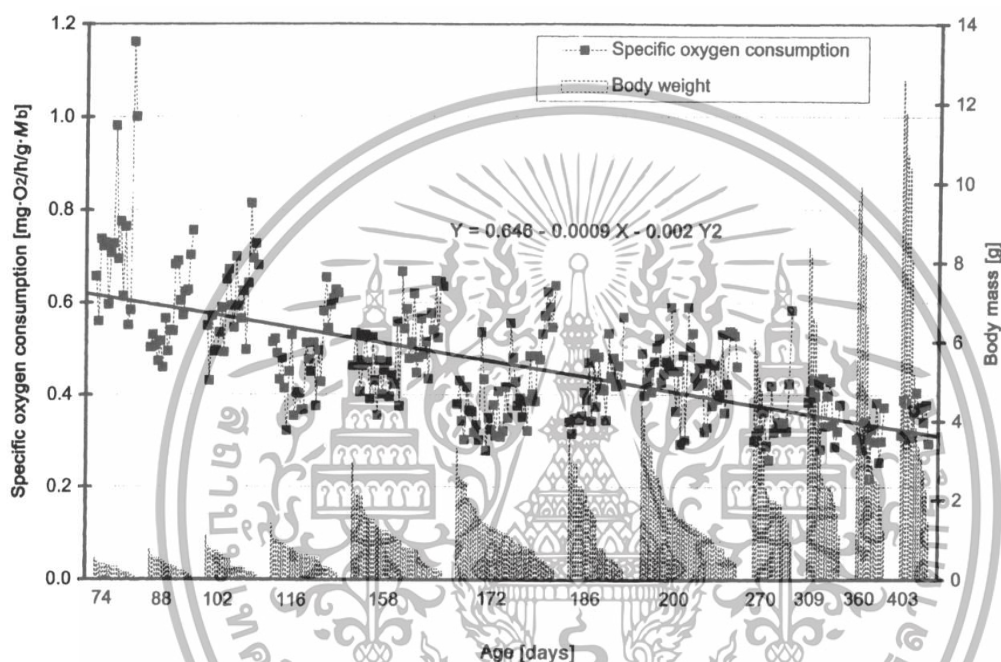
Fidhiyani และ Winckler. (1998) ได้สรุปถึงการศึกษาค่าผลของอายุที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* ที่มีอายุ 74 ถึง 403 วันพบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* จะลดลงเมื่อปลาเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

## 2. ปัจจัยทางด้านน้ำหนักตัว

### 2.1 การศึกษาผลของอายุที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา juvenile Eurasian perch (*Perca fluviatilis*)

Zakes et al. (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของน้ำหนักตัวที่มีต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา juvenile Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) ที่มีน้ำหนัก 18.5 ถึง 56.5 g ผลเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาพบว่า ปลาที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนลดลง โดย Zakes et al. (2003) ได้ให้เหตุผลว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างที่ปลาเจริญเติบโตขึ้น ซึ่งจะสัมพันธ์กันกับการพัฒนาของน้ำหนักกล้ามเนื้อและการเปลี่ยนแปลงในปริมาตรของอวัยวะหายใจที่เพิ่มขึ้น Zakes et al. (2003) ยังศึกษาผลของน้ำหนักตัวที่มีต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon (*Salmo salar*) ผลการศึกษาสามารถยืนยันได้ชัดเจนว่าปลาที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนลดลง



ภาพที่ 2 การบริโภคออกซิเจนและการประเมินค่าน้ำหนักตัวตามลำดับที่แต่ละช่วงอายุจาก 74 วัน ถึง 403 วัน ในปลา juvenile Eurasian perch ทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C สมการของการย่อยอาหาร คือ  $Vo_2 / M_b = 0.646 - 0.0009 \text{ อายุ} - 0.002 M_b$  ( $r=0.624$ )

ที่มา : Fidhiy และ Winckler (1998)

นอกจากนี้ Fidhiy และ Winckler (1998) ยังได้ทำการศึกษาผลของน้ำหนักตัวที่มีต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* โดยทำการศึกษาปลาจำนวน 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกจำนวน 4 ตัว (น้ำหนักระหว่าง 4.6 g ถึง 16.9 g) และกลุ่มที่ 2 จำนวน 3 ตัว (น้ำหนักระหว่าง 14.9 g ถึง 17.6 g) ผลการศึกษาพบว่า ปลา *Cichlasoma nigrofasciatum* กลุ่มแรกจำนวน 4 ตัว (น้ำหนักระหว่าง 4.6 g ถึง 16.9 g) มีค่าอัตราการบริโภคออกซิเจน  $0.45 \pm 0.07 \text{ mg O}_2 \text{ hr}^{-1} \cdot M_b^{-1}$  ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปลาที่มีน้ำหนักระหว่าง 14.9 g ถึง 17.6 g ที่มีอัตราการบริโภคออกซิเจน  $0.27 \pm 0.0 \text{ mg O}_2 \text{ hr}^{-1} \cdot M_b^{-1}$  ( $p < 0.01$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ผลการศึกษาของ Katersky et al. (2006) ตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Zakes et al. (2003) และ Fidhiyany et al. (1998) โดย Katersky et al. (2006) ได้ทำการวัดอัตราการหายใจในการศึกษาชีวพลังงานในปลา summer flounder juvenile (*Paralichthys dentatus*) โดยใช้ allometric scaling factor ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปลา summer flounder juvenile (*Paralichthys dentatus*) มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น โดยค่าจากการวัดอัตราการหายใจเท่ากับ  $R_r = 3.02 \pm 1.04 \text{ DM}^{0.88 \pm 0.12}$  แต่อย่างไรก็ตามจากการเปรียบเทียบกับปลา flounder วัยรุ่นขนาดใหญ่และวัยโตเต็มที่พบว่าเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอัตราการหายใจมีแนวโน้มที่ลดลง โดยมีการให้เหตุผลจากการที่ปลา summer flounder juvenile (*Paralichthys dentatus*) มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น น่าจะมาจากการวัดอัตราการหายใจในช่วงที่ให้อาหารและหลังจากให้อาหารไม่นาน ซึ่งส่วนมากจะเพิ่มขึ้นในช่วงของการสังเคราะห์โปรตีน

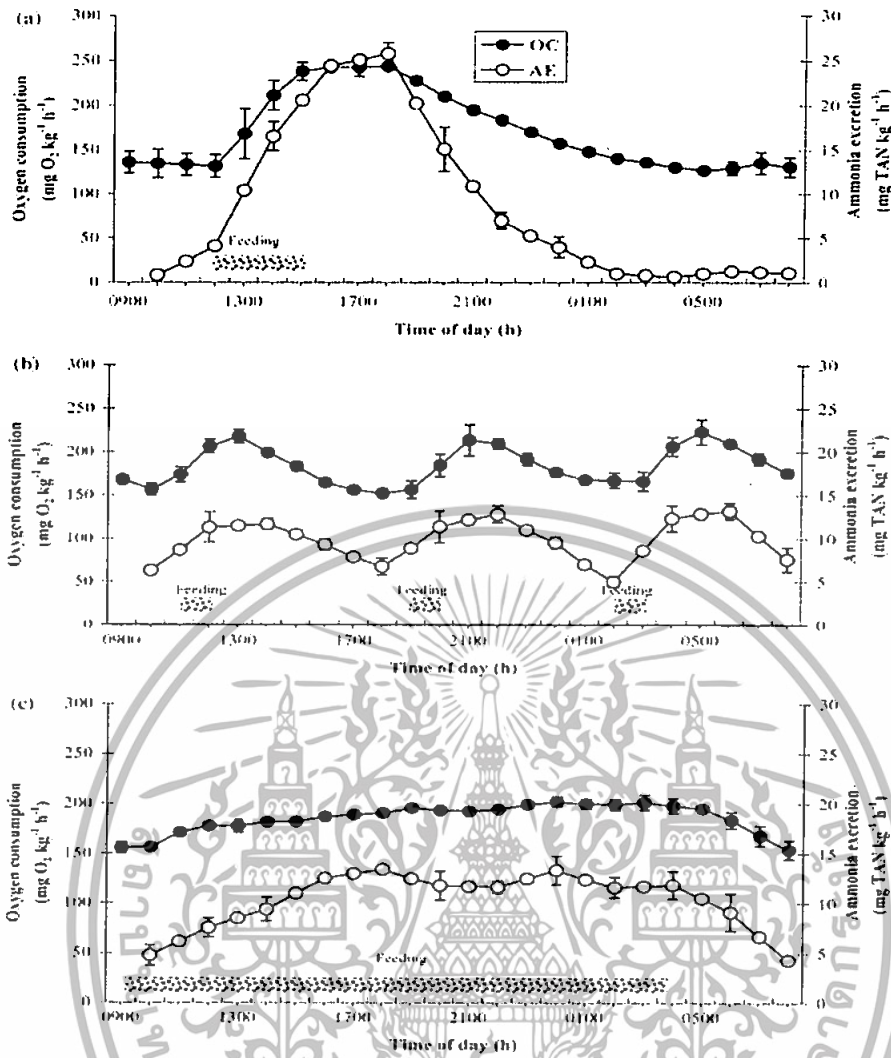
### ผลของการให้อาหารที่มีต่อการบริโภคออกซิเจน

#### 1. ผลของความถี่ในการให้อาหารที่มีต่ออัตราการบริโภคออกซิเจน

Zakes et al. (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความถี่ในการให้อาหารที่มีต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา tench วัยอ่อนโดยได้ทำการศึกษาให้อาหารด้วยความถี่ 1 ครั้ง 3 ครั้ง และให้อาหารอย่างต่อเนื่อง

ผลการศึกษาพบว่าการให้อาหาร 1 ครั้งต่อวัน มีผลทำให้การบริโภคออกซิเจนที่สูงสุดและต่ำสุดในเวลา 24 ชั่วโมงมีค่าต่างกันมากที่สุด โดยค่าการบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น 84 % ในเวลา 3 ชั่วโมงแรกเมื่อเริ่มให้อาหาร หลังจากนั้นจะมีระดับคงที่ จนกระทั่งมีการบริโภคออกซิเจนสูงสุด ที่เวลา 18.00 น. (หลังจากสิ้นสุดการให้อาหาร 3 ชั่วโมง) เมื่อครบ 1 วัน อัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลงอย่างช้า ๆ ไปจนกระทั่งก่อนการให้อาหารครั้งต่อไป ในการให้อาหารที่ความถี่ 3 ครั้งต่อวัน การให้อาหาร 2 ครั้งแรก อัตราการบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดการให้อาหาร จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงสุดที่เวลา 13.00 น. และ 21.00 น.ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหลังจากให้อาหารในครั้งที่ 3 พบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนจะเริ่มเพิ่มขึ้นหลังจากเริ่มให้อาหารและสิ้นสุดการให้อาหารเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนกระทั่งอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงสุดที่เวลา 05.00 น. (หลังจากสิ้นสุดการให้อาหาร 2 ชั่วโมง) เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจน จะลดลงอย่างช้า ๆ ไปจนกระทั่งก่อนการบริโภคอาหารครั้งต่อไป และจากการศึกษาผลของความถี่ในการให้อาหารอย่างต่อเนื่อง (ให้อาหารเป็นเวลา 19 ชั่วโมงต่อวัน) อัตราการบริโภคออกซิเจน จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตลอดเวลาในการให้อาหารจะมีระดับสูงสุดที่เวลา 0.00 น. (หลังจากเริ่มให้อาหาร 15 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



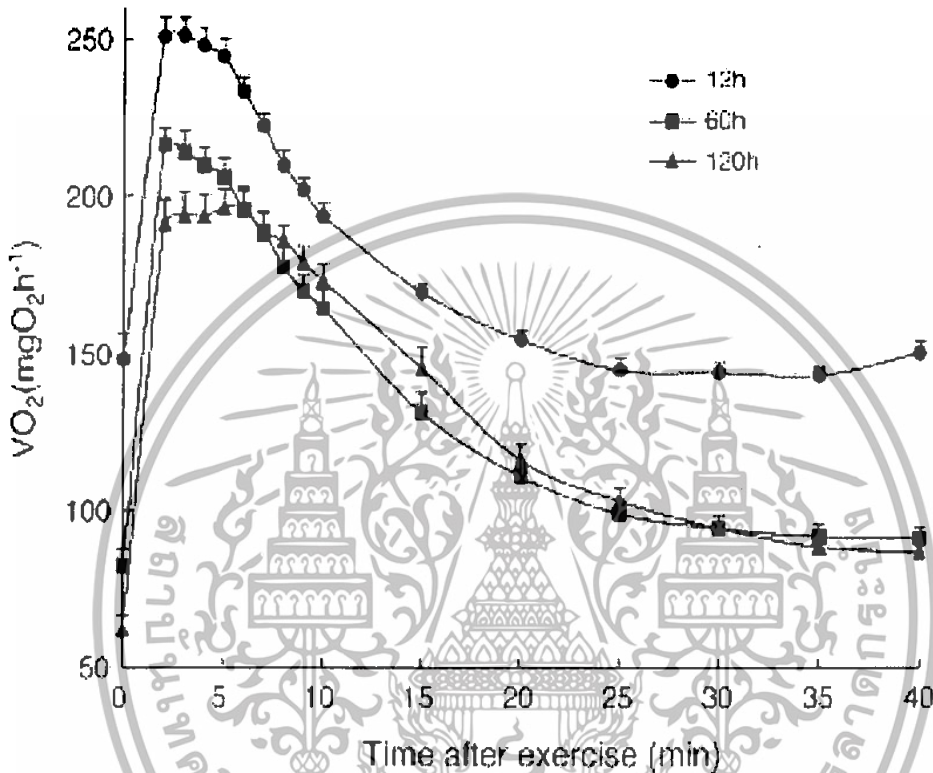
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงการบริโภคออกซิเจนและการขับแอมโมเนีย (mean ± SD) ของปลา juvenile tench โดยการให้อาหารครั้งเดียว (a) , ให้อาหาร 3 ครั้ง (b) และให้อาหารต่อเนื่อง (c) โดยข้อมูลแสดงเป็นจุดของค่าเฉลี่ยการทดลองให้อาหาร 2 ชั่วโมง

ที่มา : Zakes et al. (2006)

Zakes et al. (2006) ได้สรุปว่าจากการศึกษาผลของความถี่ในการให้อาหารที่ 1 ครั้งต่อวัน 2 ครั้งต่อวันและการให้อาหารอย่างต่อเนื่องไม่มีผลต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยในปลา tench วัยอ่อน ผลการศึกษาค้นคว้ากับในปลาชนิดอื่น เช่น carp ,European perch ,pikeperch ,walley ที่พบว่าความถี่ในการให้อาหารไม่มีผลต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยในแต่ละวัน

2. ผลของการบริโภคออกซิเจนหลังจากการว่ายน้ำในช่วงหลังให้อาหารของปลา southern catfish

Fu et al. (2007) ได้ทำการศึกษาผลของการบริโภคออกซิเจนหลังจากการว่ายน้ำในช่วงหลังให้อาหารที่เวลา 12 ชั่วโมง 60 ชั่วโมง และ 120 ชั่วโมง ของปลา southern catfish พบว่า



ภาพที่ 4 การบริโภคออกซิเจนในช่วงก่อนและหลังจากว่ายน้ำ ( $VO_2$ ,  $mg O_2 h^{-1}$ ) ในช่วงหลังให้อาหารของปลา southern catfish น้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 38.62 g ถึง 57.55 g

ที่มา : Fu et al. (2007)

การย่อยอาหารจะมีผลต่อการบริโภคออกซิเจนในระยะพักก่อนว่ายน้ำหลังจากที่มีการใช้ออกซิเจนครบรอบเป็นเวลา 2.5 นาที การบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่ม ที่เวลา 2 นาที หลังจากการว่ายน้ำและจะกลับคืนอย่างช้า ๆ ไปจนถึงช่วงก่อนเริ่มทำกิจกรรมใหม่ มีค่าประมาณ 25-30 นาทีหลังจากการว่ายน้ำ โดยเวลาที่มีการบริโภคออกซิเจนสูงสุดและการบริโภคออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นหลังจากว่ายน้ำ จะเกิดขึ้นภายในเวลา 40 นาที แล้วจะเข้าสู่กระบวนการคืนสภาพ

ตารางที่ 2 อัตราการบริโภคออกซิเจน ( $VO_2$ ) ก่อนและหลังว่ายน้ำหลังจากให้อาหารของปลา southern catfish (mean  $\pm$  S.E.,  $n=10$ )<sup>1</sup>

	หลังให้อาหาร 12 ชม.	หลังให้อาหาร 60 ชม.	หลังให้อาหาร 120 ชม.	F	P
น้ำหนักตัว (g)	48.91 $\pm$ 2.12 <sup>a</sup>	53.14 $\pm$ 2.31	51.00 $\pm$ 2.05	0.956	0.397
$VO_2$ ก่อนว่ายน้ำ ( $mg O_2 h^{-1}$ )	148 $\pm$ 8.57 <sup>a</sup>	82.62 $\pm$ 5.31 <sup>b</sup>	59.98 $\pm$ 3.17 <sup>c</sup>	57.366	<0.001
ช่วงเวลา (นาที) <sup>3</sup>	20	25	30		
$VO_2$ สูงสุดหลังจากว่ายน้ำ ( $mg O_2 h^{-1}$ )	257 $\pm$ 6.06 <sup>a</sup>	219.32 $\pm$ 6.32 <sup>b</sup>	200.91 $\pm$ 5.50 <sup>c</sup>	23.273	<0.001
$VO_2$ สูงสุดก่อนว่ายน้ำ - $VO_2$ ก่อนว่ายน้ำ ( $mg O_2 h^{-1}$ )	109.12 $\pm$ 8.34 <sup>b</sup>	136.71 $\pm$ 6.06 <sup>a</sup>	140.93 $\pm$ 4.55 <sup>a</sup>	7.052	0.003
ระยะเวลาของ $VO_2$ สูงสุด (นาที)	2.90 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>	2.70 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>	4.40 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>	3.924	<0.032
$VO_2$ สูงสุดหลังจากว่ายน้ำ / $VO_2$ ก่อนว่ายน้ำ ( $mg O_2 h^{-1}$ )	1.78 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>	2.73 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	3.42 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	30.475	<0.001
EPOC ( $mg O_2$ )	13.85 $\pm$ 4.50 <sup>c</sup>	27.24 $\pm$ 3.15 <sup>b</sup>	41.91 $\pm$ 3.02 <sup>a</sup>	15.029	<0.001

ที่มา : Fu et al. (2007)

Fu et al. (2007) กล่าวว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สูงสุดในกลุ่มหลังให้อาหาร 12 ชั่วโมงจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสูงกว่ากลุ่มหลังให้อาหาร 6 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมงตามลำดับ ( $p < 0.05$ ) เวลาของการบริโภคออกซิเจนที่สูงสุดของกลุ่มหลังให้อาหาร 120 ชั่วโมง ( $4.40 \pm 0.67$  นาที) จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่นานกว่ากลุ่มหลังให้อาหาร 6 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมง ( $p < 0.05$ ) ส่วนการบริโภคออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นหลังจากว่ายน้ำ ในกลุ่มหลังให้อาหาร 12 ชั่วโมง จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่ากลุ่มหลังให้อาหาร 60 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมง ตามลำดับ ( $p < 0.05$ ) การบริโภคออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นจากการว่ายน้ำในกลุ่มหลังให้อาหาร 12 ชั่วโมง จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ต่ำกว่ากลุ่มหลังให้อาหาร 6 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมง ( $p < 0.05$ ) ระดับการบริโภคออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นหลังจากว่ายน้ำของปลา southern catfish หลังจากให้อาหาร 12 ชั่วโมง จะมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ของเวลาหลังให้อาหาร 120 ชั่วโมง และจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของเวลาหลังให้อาหาร 60 ชั่วโมง โดยหลังจากให้อาหาร 12 ชั่วโมง การบริโภคออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 75 % ของเวลาหลังให้อาหาร 120 ชั่วโมง โดยเมื่อมีการบริโภคออกซิเจนแล้วปลา southern catfish ในกลุ่มหลังให้อาหาร 12 ชั่วโมง จะมีกระบวนการคืนสภาพที่เร็วกว่าอีก 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลของโภชนาการที่มีต่อการบริโภคออกซิเจน

1. ผลของการให้อาหารที่มีสัดส่วนของน้ำมันจากพืชและสัตว์ที่ต่างกันที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon

Grisdale-Helland et al. (2002) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของโภชนาการที่มีต่อการบริโภคออกซิเจน โดยการเปรียบเทียบจากการให้อาหารด้วยน้ำมันถั่วเหลือง 50 % , น้ำมันปลา 100 % และน้ำมันถั่วเหลือง 100 % ซึ่งส่วนประกอบทางโภชนาการประกอบด้วย

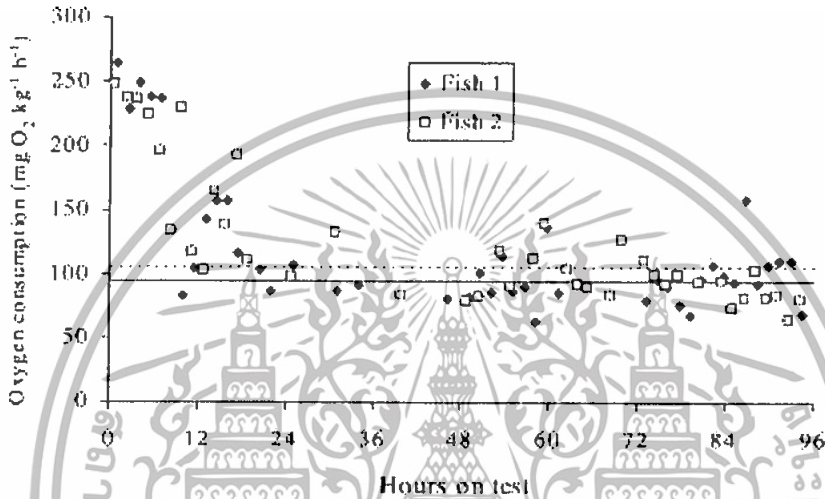
### ตารางที่ 3 สูตรอาหารและส่วนประกอบทางเคมีของโภชนาการ

โภชนาการ	น้ำมันปลา 100 %	น้ำมันถั่วเหลือง 50 %	น้ำมันถั่วเหลือง 100 %
สูตรอาหาร ( g kg <sup>-1</sup> )			
เนื้อปลา	409.40	409.40	409.40
น้ำมันปลา	278.00	139.00	
น้ำมันถั่วเหลือง		139.00	278.00
แป้งข้าวโพด	215.00	215.00	215.00
ข้าวสาลี	76.40	76.40	76.40
Lysine 78 %	11.83	11.83	11.83
Carophyll pink 8%	0.87	0.87	0.87
Mineral premix	5.05	5.05	5.05
Vitamin premix	3.36	3.36	3.36
Yttrium oxide	0.11	0.11	0.11
ส่วนประกอบทางเคมี			
น้ำหนักแห้ง ( % )	97.2	97.5	96.1
( % ) ของน้ำหนักแห้ง			
Crude protein	51.9	51.9	51.3
Crude fat	29.6	28.8	30.8
เถ้า	6.1	6.1	5.9
พลังงานทั้งหมด	26.13	26.10	25.94
( MJ/kg )			

ที่มา : Grisdale-Helland et al. (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาของ Grisdale-Helland et al. (2002) ที่ทำการศึกษเกี่ยวกับอิทธิพลของภาวะโภชนาการที่มีต่อการบริโภค oxygen โดยทำการวัดค่าการบริโภค oxygen ในช่วงสิ้นสุดการให้อาหาร 48-72 ชั่วโมง ซึ่งทดสอบด้วยการนำปลา 2 ตัว ใส่ลงใน chambers เป็นเวลา 4 วัน พบว่าการบริโภคออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างที่อยู่ใน chambers ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการวัดค่าการบริโภคออกซิเจนเพื่อใช้เป็นข้อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการว่ายน้ำและการบริโภคออกซิเจน



ภาพที่ 5 การวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน ( $\text{mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) เพื่อเปรียบเทียบผลทางโภชนาการของปลา Atlantic salmon 2 ตัวที่อยู่ใน chamber อุณหภูมิ  $5^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 4 วัน ซึ่งวัดค่าได้จากช่วงเวลา 24 ชั่วโมงระยะที่ 2 เพื่อใช้เป็นข้อสรุปของค่ามาตรฐานการบริโภคออกซิเจน ของแต่ละตัว (เส้นทึบ, ปลาตัวที่ 1 ; เส้นประ, ปลาตัวที่ 2) การวัดค่าแต่ละครั้งจะทำเกิน 30 นาที ในระยะเวลาทุก ๆ 1.5 ชั่วโมง

ที่มา : Grisdale-Helland et al. (2002)

หลังจาก Grisdale-Helland et al. (2002) ได้ทำการวัดค่าการบริโภคออกซิเจน พบว่าการบริโภค ออกซิเจนหลังจากสิ้นสุดการให้อาหาร 48-72 ชั่วโมง ปลา Atlantic salmon กลุ่มที่ได้รับอาหารเป็นด้วยน้ำมันถั่วเหลือง 50 % ( $82.7 \pm 2.4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่ำกว่าการให้น้ำมันปลา 100 % และน้ำมันถั่วเหลือง 100 % ( $90.2 \pm 2.3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  และ  $91.9 \pm 2.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ตามลำดับ) ซึ่งคาดว่ากรบริโภคออกซิเจน ที่  $12^\circ\text{C}$  จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสูงกว่า  $5^\circ\text{C}$  ( $110.3 \pm 2.1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  และ  $66.3 \pm 1.8 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง Grisdale-Helland et al. (2002) สรุปว่าพลังงานจากอาหารที่แตกต่างกันของน้ำมันตัวเหลืองและน้ำมันปลา มีผลทำให้อัตราการบริโภคออกซิเจนแตกต่างกัน

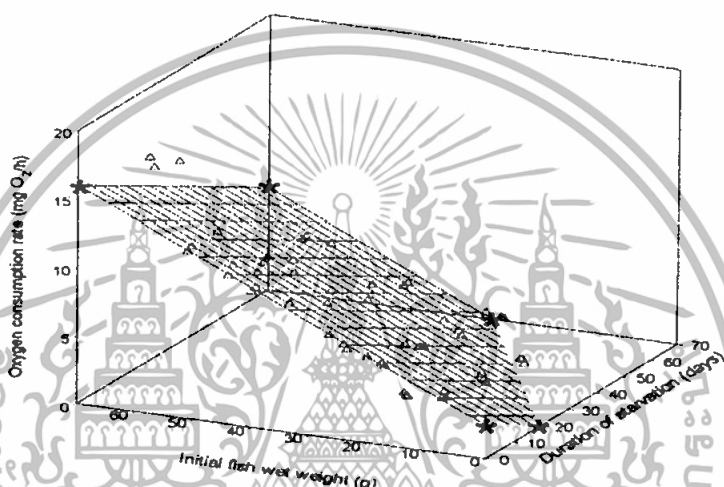
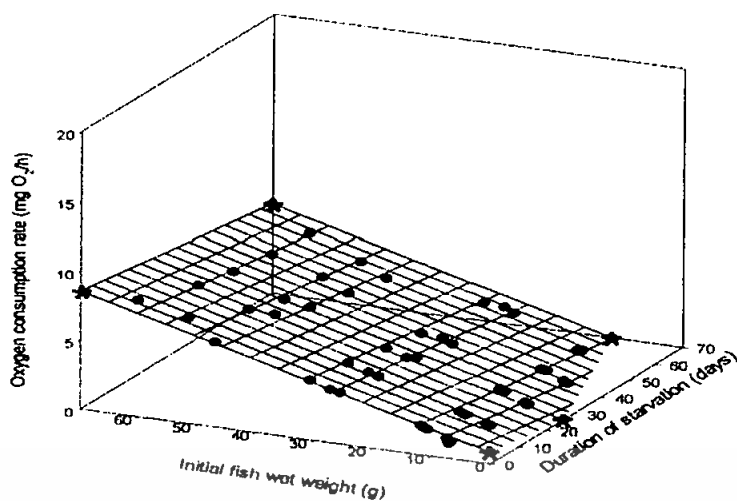
### ผลของการอดอาหาร

1. ผลของการอดอาหารที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และไม่ดัดแปลงสายพันธุ์

Cook et al. (2000) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการอดอาหารที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และไม่ดัดแปลงสายพันธุ์ โดยผลการศึกษาพบว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนของปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และไม่ดัดแปลงสายพันธุ์ จะมีการบริโภคออกซิเจนที่ลดลงเมื่อมีการอดอาหารเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาพบว่าปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่มากกว่าปลา Atlantic salmon ที่ไม่ดัดแปลงสายพันธุ์ เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักตัวในช่วงเริ่มต้น (ช่วงที่ยังไม่มีการอดอาหาร) และตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองให้อาหารทั้งหมดเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทั้งนี้ปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์จะแสดงถึงการลดอัตราการบริโภคออกซิเจนที่รวดเร็วกว่าเมื่ออยู่ในช่วงที่อดอาหารและจะลดลงจนเท่ากับหรือน้อยกว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลา Atlantic salmon ที่ไม่ดัดแปลงสายพันธุ์

ทั้งนี้ Cook et al. (2000) ได้รายงานว่าในช่วงที่มีการอดอาหาร ปลาจะมี GH เป็นตัวช่วยควบคุมการ catabolism ทำให้ Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์สามารถสำรองอัตราการบริโภคออกซิเจนได้สูงกว่าปลา Atlantic salmon ไม่ดัดแปลงสายพันธุ์ โดยในปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และไม่ดัดแปลงสายพันธุ์จะมีอัตราเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนที่ต่ำลงเมื่ออยู่ในสภาพที่อดอาหารทั้งนี้อัตราการบริโภคออกซิเจนจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักปลา ดังนั้นเมื่อปลามีน้ำหนักลดลง (ระหว่างที่มีการอดอาหาร) จึงทำให้การบริโภคออกซิเจนลดลงไปด้วยพร้อมกัน

ซึ่ง Cook et al. (2000) ได้สรุปผลการศึกษาผลของการอดอาหารที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์และไม่ดัดแปลงสายพันธุ์ว่าปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์จะสามารถลดอัตราการบริโภคออกซิเจนได้รวดเร็วกว่าปลา Atlantic salmon ที่ไม่ดัดแปลงสายพันธุ์เมื่ออยู่ในช่วงที่อดอาหาร แต่มีความเป็นไปได้ว่าเมื่อไม่ได้มีการทำการเลี้ยงปลาภายใต้สภาพความหนาแน่นสูงปลา Atlantic salmon ที่ดัดแปลงสายพันธุ์จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดและอัตราการอยู่รอดที่ต่ำกว่าปลา Atlantic salmon ที่ไม่ดัดแปลงสายพันธุ์



ภาพที่ 6 อัตราการบริโภคออกซิเจน ( $\text{mg O}_2 / \text{h}$ ) ในความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเริ่มต้น (g) (วันที่ 0) และช่วงเวลาอดอาหาร (วัน) ของปลา Atlantic salmon ที่ตัดปลายพันธุ ( $\Delta$ ) และปลา Atlantic salmon กลุ่มควบคุม ( $\bullet$ ) สัญลักษณ์  $*$  แสดงถึงจุดตัดแกนของสมการถดถอยแบบสหสัมพันธ์

ที่มา : Cook et al. (2000)

โดยทั่วไปการตอบสนองของปลาในระหว่างที่มีอาหารไม่เพียงพอจะมีอัตรา metabolism ที่ต่ำลงสะท้อนให้เห็นจากอัตราการบริโภค oxygen ที่ต่ำลง มีรายงานว่าอัตราการบริโภค oxygen เฉลี่ยในปลา small perch (*Perca fluviatilis*) (3 - 4 g) จะลดลงเมื่อขาดอาหาร 14 วัน คล้ายกันกับการบริโภค oxygen ที่ลดลงในปลา plaice วัยอ่อน (30-60 g) และ African catfish (*Clarias lazera*) (1-97 g) ที่มีการบริโภค oxygen ที่ลดลง เป็นผลมาจากการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ต่ำลง โดยที่ปลาจะพยายามรักษาลังงานสำรองของร่างกายไว้ในช่วงระยะเวลาที่มีอาหารไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนในสภาวะได้รับอาหารและอดอาหาร

1. การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch ในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

Zakes et al. (2001) ได้ทำการศึกษการเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.7 g และขนาดใหญ่มีน้ำหนักเฉลี่ย 28.1 g ในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหารเป็นเวลา 14 วัน ผลการศึกษาพบว่า ปลา pike-perch ขนาดเล็กเมื่อได้รับอาหารมีค่าการบริโภคออกซิเจน  $8536.8 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  และอดอาหารมีค่า  $3917.3 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ดังนั้นอีก  $4619.5 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  คือค่าการดูดซึมอาหาร (SDA) ส่วนปลา pike-perch ขนาดใหญ่เมื่อได้รับอาหารมีค่าการบริโภคออกซิเจน  $5557.2 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  และอดอาหารมีค่า  $3231.3 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  โดย  $2326.1 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  เป็นค่าการดูดซึมอาหาร (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าการนำอาหารไปใช้ (SDA) ในปลา pike-perch วัยอ่อน 2 ขนาด

Group	Feed ration (% BW d <sup>-1</sup> )	Metabolic rate		SDA effect	
		Mean OC or AE mg O <sub>2</sub> or TAN kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	mg O <sub>2</sub> or TAN kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	%*	kJ kg fish <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
OC					
group PS-S	0	3917.3			
group PS-F	2.5	8536.8	4619.5	54.11	62.8
group PL-S	0	3231.1			
group PL-F	1.2	5557.2	2326.1	41.86	31.6

ที่มา : Zakes et al. (2001)

ค่าเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch ขนาดเล็กที่ได้รับอาหารมีค่า  $355.70 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ซึ่งสูงกว่าปลา pike-perch ขนาดเล็กที่อดอาหาร ที่มีค่าเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนเท่ากับ  $163.22 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ส่วนค่าเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch ขนาดใหญ่ที่ได้รับอาหารมีค่า  $231.55 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  ซึ่งสูงกว่าปลา pike-perch ขนาดใหญ่ที่อดอาหาร ที่มีค่าเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนเท่ากับ  $134.63 \text{ mg O}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  และเมื่อเปรียบเทียบปลา pike-perch ขนาดเล็กที่ได้รับอาหารจะมีค่าเฉลี่ยการบริโภคออกซิเจนที่สูงกว่าปลาขนาดใหญ่อย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

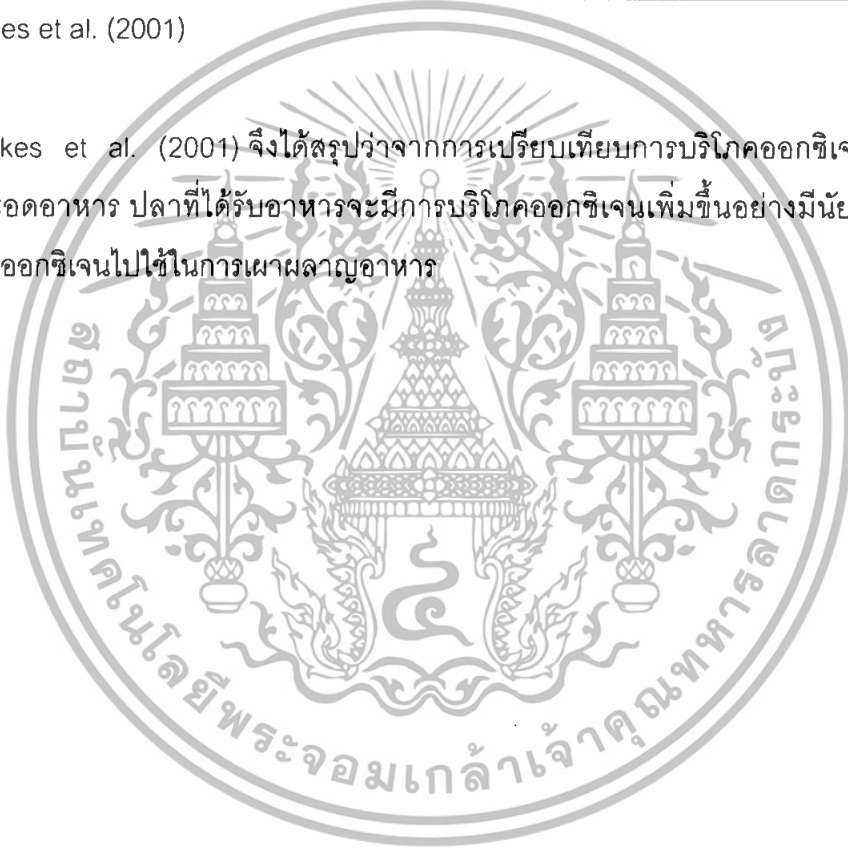
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch วัยอ่อน 2 ขนาด ที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

Group	Metabolic rates			Differences maximum – mean (%)
	mean*	minimum*	maximum*	
	OC (mg O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )			
group PS-F	355.70 A	260.26 A	411.84 A	115.80
group PL-F	231.55 B	176.58 A	278.49 B	120.30
<i>P</i>	0.0000	0.1469	0.0093	
group PS-S	163.22 A	144.60 A	187.08 A	114.62
group PL-S	134.63 B	122.81 A	144.76 B	110.00
<i>P</i>	0.0000	0.0616	0.0142	

ที่มา : Zakes et al. (2001)

Zakes et al. (2001) จึงได้สรุปจากการเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนเมื่อได้รับอาหารและอดอาหาร ปลาที่ได้รับอาหารจะมีการบริโภคออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพื่อนำออกซิเจนไปใช้ในการเผาผลาญอาหาร



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง คือ ปลาบู่ขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g จำนวน 14 ตัว และ ปลาบู่ทรายขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g จำนวน 15 ตัว
2. อาหารมีชีวิต คือ ลูกปลานิลสำหรับลูกปลาบู่วัย 1 ปี ขนาด 1-1.5 เซนติเมตร และลูกปลานิลสำหรับลูกปลาบู่วัย 2 ปี ขนาด 2-2.5 เซนติเมตร
3. ตู้ทดลองระบบกึ่งปิด ขนาดกลางจำนวน 16 ตู้ ปริมาตรน้ำ 12 ลิตร และตู้ทดลองขนาดเล็กจำนวน 18 ตู้ ปริมาตรน้ำ 4.5 ลิตร
4. เครื่องกรองจำนวน 2 เครื่อง
5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
6. ไม้บรรทัดวัดความยาวปลา
7. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพน้ำ
8. สารเคมีวิเคราะห์หาออกซิเจนละลายในน้ำ ได้แก่
  - สารละลายแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต
  - น้ำยาอัลคาไลไอโอไดด์อะไซด์ (alkali-iodide-azide reagent)
  - กรดซัลฟูริกเข้มข้น
  - น้ำแข็ง
  - สารละลายมาตรฐานไฮเดียมไอโอซัลเฟต 0.025 นอร์มอล
9. หน่วยทดลองขนาดเล็กจำนวน 2 ไบ และขนาดใหญ่จำนวน 1 ไบ
10. ขวด BOD ขนาด 300 มิลลิลิตร จำนวน 7 ไบ
11. Flask จำนวน 18 ไบ
12. DO meter
13. นาฬิกาจับเวลา
14. อุปกรณ์สำหรับ flow น้ำ ได้แก่ บั๊มน้ำ สายยาง
15. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง

### แผนการทดลอง

ทำการทดลองเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย 2 ขนาด เมื่ออยู่ในสภาวะได้รับอาหารและอดอาหาร

### วิธีดำเนินการทดลอง

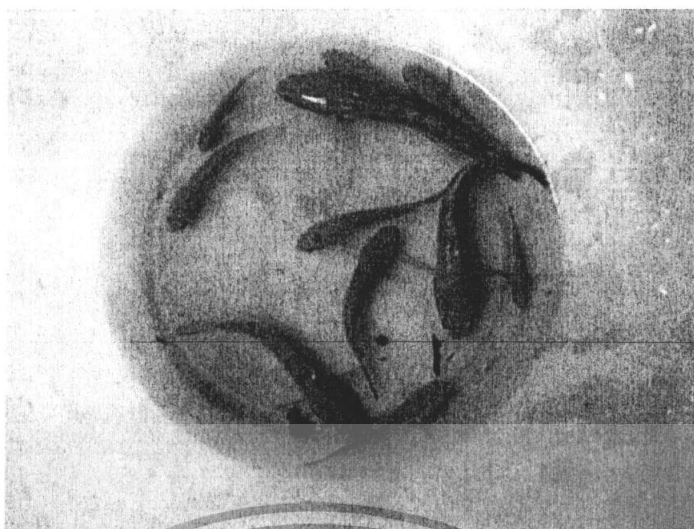
การทดลองที่ 1 : การเตรียมสัตว์ทดลองและขั้นตอนการเลี้ยง

1. นำปลาบู่วัย 10 เดือน ใส่ในตู้ทดลองขนาดกลาง 1 ตัวต่อ 1 หน่วยทดลอง จำนวน 16 ตู้ และนำปลาบู่วัย 4 เดือน ใส่ในตู้ทดลองขนาดเล็ก 1 ตัวต่อ 1 หน่วยทดลอง จำนวน 18 ตู้ นำถุงดำปิดที่ตู้ทดลอง 3 ด้าน
2. ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักปลาบู่แต่ละตัว ในช่วงก่อนเริ่มการทดลอง 15 วัน 30 วัน 45 วัน และสิ้นสุดการทดลอง
3. ให้อาหารมีชีวิต คือ ลูกปลานิล โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนให้ทุกครั้ง
4. เก็บข้อมูลจำนวนลูกปลานิลที่เหลือในแต่ละวัน เพื่อนำมาเฉลี่ยน้ำหนักของอาหารที่เหลือ แล้วนำมาคำนวณกับปริมาณอาหารที่ให้ เป็นข้อมูลที่กินใหม่แต่ละวัน
5. เปลี่ยนถ่ายน้ำตู้ทดลองโดย ตู้ขนาดกลางทำการดูดของเสีย ทุกๆ 2 วัน และตู้ขนาดเล็กทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 70 % ของตู้ทดลอง ทุก ๆ 2 วัน



ภาพที่ 7 ระบบทดลองที่ใช้เลี้ยงปลาบู่ทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 อาหารมีชีวิตที่ให้แก่ปลาบู่ทราย

### การทดลองที่ 2 : การวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน

1. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำปลาขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g มาวัดค่าอัตราการบริโภคออกซิเจน โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า microbial oxygen consumption เป็นวิธีการวัด oxygen consumption เปรียบเทียบกับ blank โดยการใช้ภาชนะและน้ำเดียวกันตั้งทิ้งไว้เหมือนกันแล้ววัดค่าออกมา วิธีการ คือ ใช้ chamber ขนาดเล็กจำนวน 2 ใบ ใบแรกใช้สำหรับเป็น control และใบที่ 2 ใช้ใส่สัตว์ทดลองเพื่อหาค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนซึ่งคลุมด้วยถุงดำเพื่อลดความเครียด โดยทำการปิด chamber และใส่อากาศออกจนหมด เปิดวาล์วน้ำ ทั้งทางเข้าและออก ทำการ flow through น้ำที่ให้อากาศตลอดเวลาใส่ใน chamber ทั้ง 2 ใบ ประมาณ 30 นาที แล้วปิดวาล์วน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนครบ 30 นาที เมื่อครบ 30 นาทีทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ในขวด BOD มาทำการวิเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาออกซิเจนละลายต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ ในระหว่างการถ่ายน้ำจาก chamber ต้องให้สายยางที่ต่อจาก chamber ถึงก้นขวดเพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนจากบรรยากาศลงไปเจือปน ขณะปล่อยน้ำต้องค่อย ๆ ปล่อยให้ปลายสายยางจุ่มใต้ผิวน้ำในขวดบีโอดีประมาณ 1 เซนติเมตร อยู่ตลอดเวลา เมื่อน้ำล้นปากขวดบีโอดีปล่อยให้น้ำล้นสักระยะหนึ่งแล้วค่อย ๆ ใช้จุกแก้วปิดฝาขวดโดยไม่ให้มีฟองอากาศหลงเหลืออยู่ที่คอขวดบีโอดี เติมนสารละลายแมงกานีสซัลเฟต ( $MnSO_4$ ) และสารละลายอัลคาไลไฮโดรไดค์อะไซด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตร ซึ่งใช้เป็นตัวตรึงออกซิเจนในน้ำ ดังสมการ

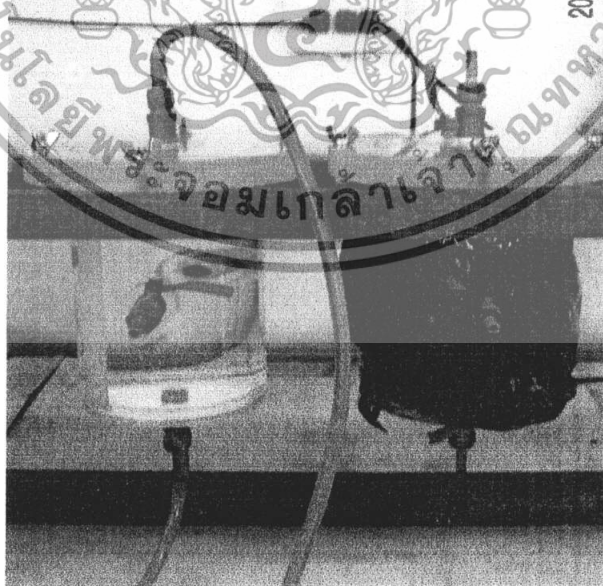


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิดจุกขวดโดยไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่ที่คอขวดบีโอดี เขย่าขวดโดยคว่ำขวดขึ้นลงประมาณ 15 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนตกตะกอนประมาณครึ่งขวด เติมนอร์มอลซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 1 มิลลิลิตร (ค่อย ๆ ปล่อย) ปิดจุกขวดบีโอดี แล้วเขย่าขวดบีโอดีโดยคว่ำขวดขึ้นลงจนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตวงสารละลายที่ได้ มา 100 มิลลิลิตร เติมน้ำแบ่ง 2 หยด (สีสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีดำ) แล้วไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มอล จนสีสารละลายจางลง กลายเป็นสีขาวใส บันทึกปริมาตร (มิลลิลิตร) ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มอล ที่ใช้ไป ตามสมการ



เมื่อเก็บน้ำเสร็จในแต่ละครั้ง ให้ทำการ flow through น้ำใส่ใน chamber ทั้ง 2 ใบจำนวน 5 นาที และเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นที่เวลา 0, 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง 30 นาที ทำการวัดอุณหภูมิและชั่งน้ำหนักปลาทุกครั้งที่ทดลอง โดยทำการวัดค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนเปรียบเทียบกับระหว่างสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร แล้วนำผลมาคำนวณการบริโภคออกซิเจนของปลาทุกสายขนาดเล็ก

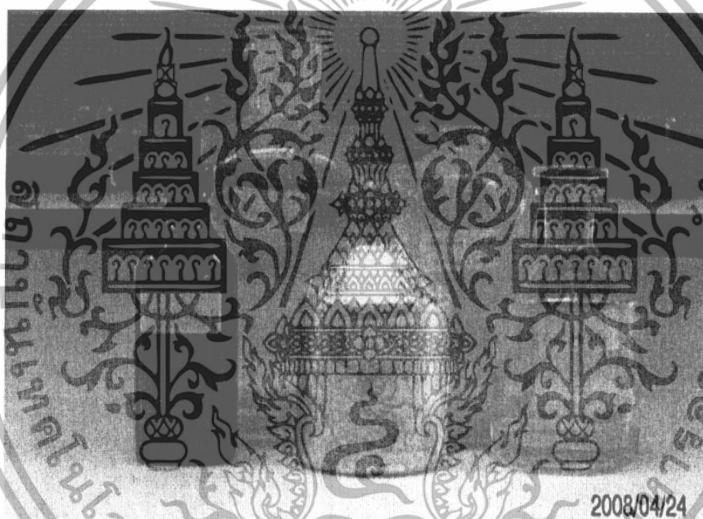


ภาพที่ 9 หน่วยทดลองที่ใช้วัดการบริโภคออกซิเจนปลาขนาดเล็ก

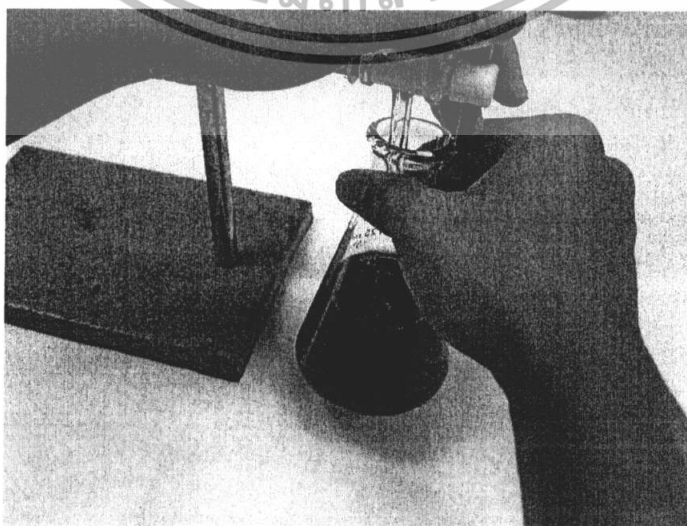
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



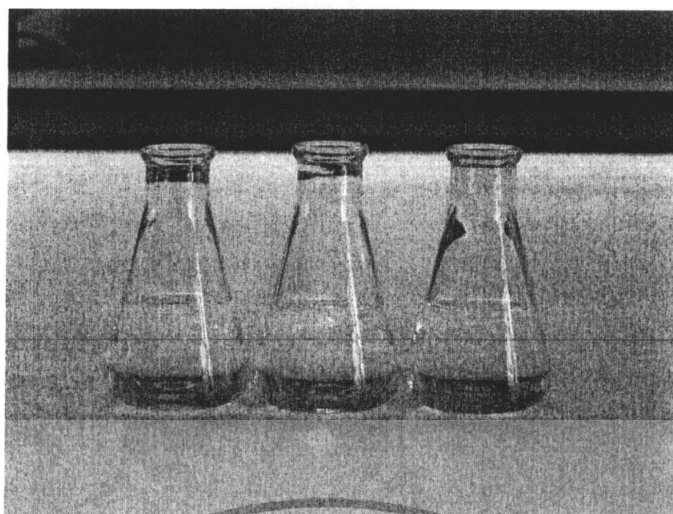
ภาพที่ 10 การเก็บน้ำจากหน่วยทดลอง ใส่ขวด BOD เพื่อนำมาวิเคราะห์



ภาพที่ 11 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

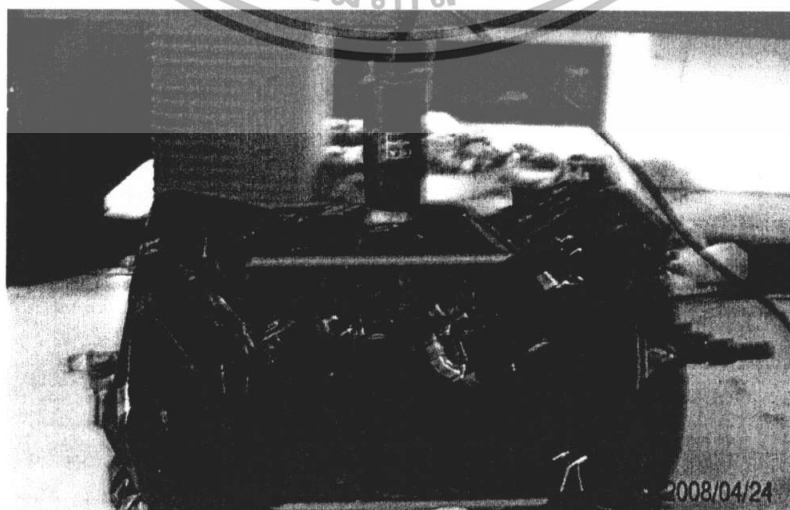


เอกสารนี้ **ภาพที่ 12** การไตเตรตสารละลายด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลไฟด์ ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 สารละลายเปลี่ยนเป็นสีขาวใสสิ้นสุดการโตเตตร

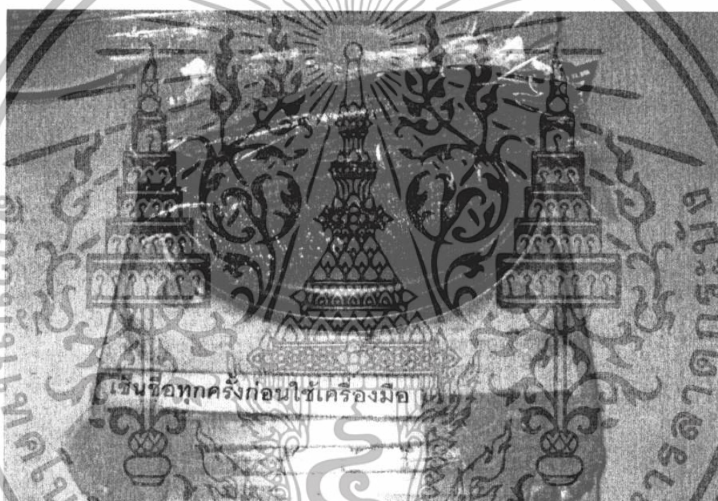
2. ทำการวัดค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g โดยใช้ probe วัดค่า วิธีการคือ นำปลาบู่ทรวายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g มาใส่ใน chamber ซึ่งคลุมด้วยถุงดำ ใต้น้ำเพื่อป้องกันอากาศไม่ให้เข้าไปใน chamber หลังจากนั้นนำ probe ซึ่งต่อกับเครื่อง DO meter ใสในรูด้านบนของ chamber ทำการ flow through น้ำเป็นเวลา 30 นาที แล้วปิดบับน้ำ ทำการบันทึกค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเริ่มต้นและบรรทุกค่าทุก ๆ 5 นาทีจนครบ 30 นาที หรือจนปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 80% หลังจากนั้นจึง flow through น้ำ 5 นาทีแล้ว ทำการบันทึกค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเช่นเดียวกับที่เวลา 30 นาทีแรก จะเก็บข้อมูลที่เวลา 30 นาที, 1 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง 30 นาที ทำการวัดอุณหภูมิและชั่งน้ำหนักปลาบู่ทุกครั้งที่ทดลอง โดยทำการวัดค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนเปรียบเทียบกับระหว่างสภาวะได้รับอาหารและอดอาหาร แล้วนำมาคำนวณอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ขนาดกลาง



ภาพที่ 14 หน่วยทดลองที่ใช้วัดการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ขนาดกลาง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แต่งขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 เครื่อง DO meter



ภาพที่ 16 การชั่งน้ำหนักปลาบู่ทราย

#### การบันทึกข้อมูล

เปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ 2 ขนาด เมื่ออยู่ในสภาวะได้รับอาหารและอดอาหาร โดยเก็บข้อมูลเป็นรายตัว แล้วนำมาคำนวณค่าการบริโภคออกซิเจน

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

หาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยวิธี Winkler method และวัดค่าออกซิเจนละลายในน้ำด้วย DO meter และวัดอุณหภูมิด้วย thermometer

#### สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง (เก่า) และอาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### ระยะเวลาในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2550 - เดือนมีนาคม 2551 ไม่อนุญาตให้นำออกให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าปลาบู่ทรายขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g มีการบริโภคออกซิเจนในสภาวะอดอาหารมีค่าเฉลี่ย  $24.40 \pm 3.23$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และในสภาวะได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $67.32 \pm 3.22$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> โดยการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ขนาดเล็กแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g

ตัวที่	น้ำหนัก (g)	การบริโภคออกซิเจน (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	
		กินอาหาร	อดอาหาร
1	16.41	67.20	20.16
2	11.39	74.55	24.63
3	9.30	44.79	25.59
4	8.80	80.95	25.44
5	11.23	44.64	22.08
6	10.62	55.51	24.28
7	9.88	82.08	29.76
8	14.54	63.99	22.56
9	12.58	60.63	22.23
10	13.86	71.11	21.43
11	8.94	82.08	29.76
12	7.25	61.92	28.80
13	10.25	79.99	22.39
14	6.97	68.31	29.76
15	11.30	66.07	20.16
เฉลี่ย	$10.86 \pm 0.67$	$67.32 \pm 3.22$	$24.40 \pm 3.23$

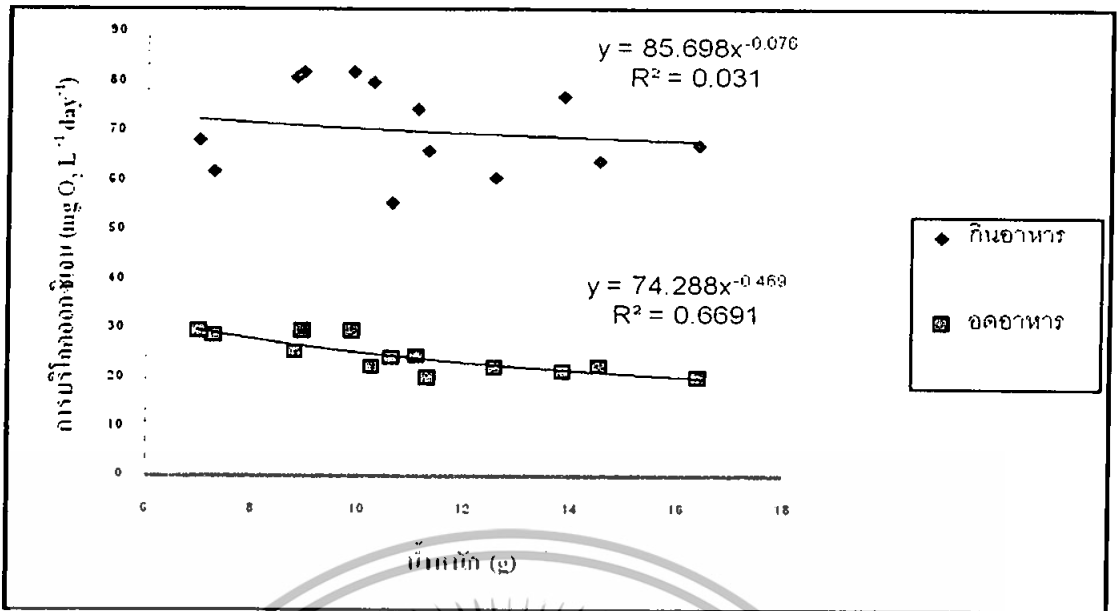
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาบู่ทรายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g มีการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยในสภาวะอดอาหาร  $12.61 \pm 0.70$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และในสภาวะได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $19.17 \pm 1.66$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> โดยการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ขนาดกลางแต่ละตัวแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.8$  g

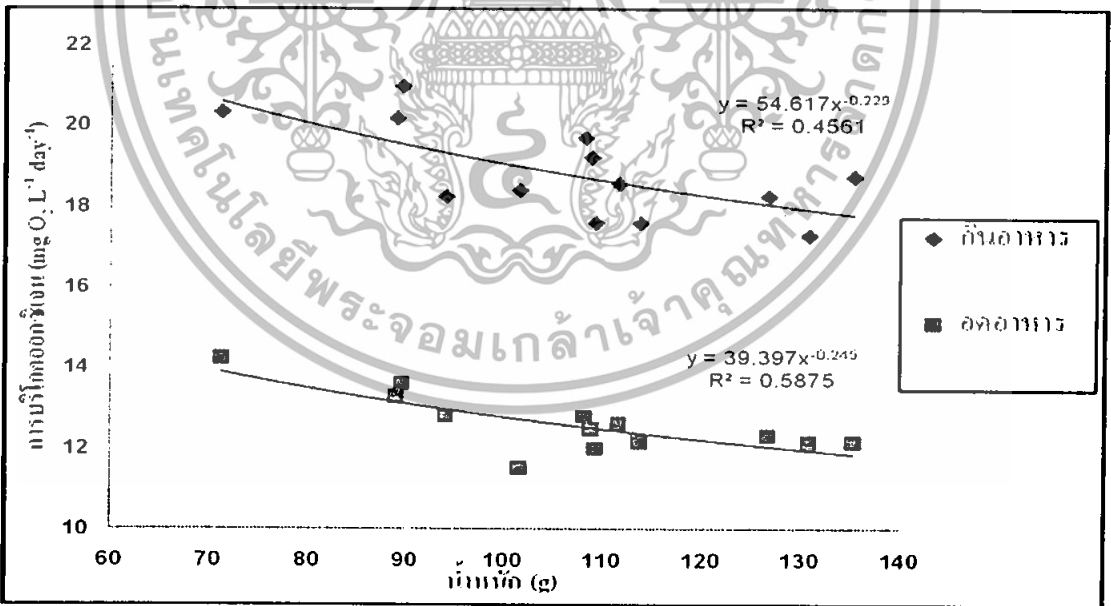
ตัวที่	น้ำหนัก (g)	การบริโภคออกซิเจน (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	
		กินอาหาร	อดอาหาร
1	135.24	18.72	12.15
2	123.51	23.52	12.48
3	130.78	17.28	12.15
4	108.07	19.68	12.79
5	88.95	20.16	13.27
6	89.52	20.95	13.59
7	71.10	20.31	14.23
8	111.54	18.55	12.63
9	113.69	17.59	12.15
10	109.18	17.59	12.00
11	126.69	18.24	12.31
12	101.50	18.39	11.52
13	108.71	19.20	12.48
14	94.01	18.24	12.79
เฉลี่ย	$108.03 \pm 4.80$	$19.17 \pm 1.66$	$12.61 \pm 0.70$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาน้ำจืดขนาดเล็กในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร

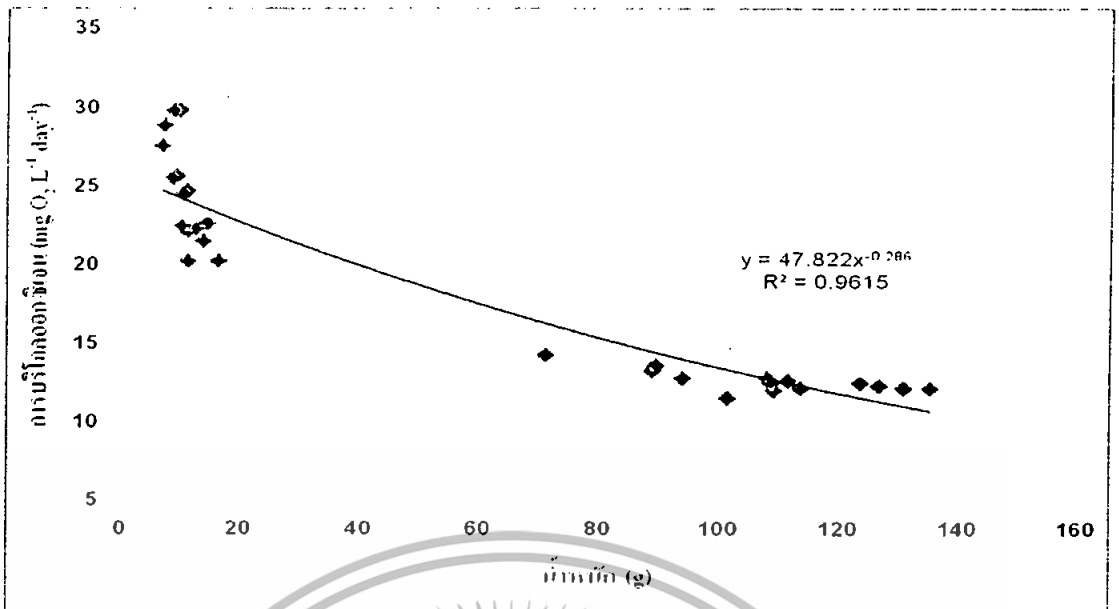
จากผลการทดลองพบว่าปลาน้ำจืดขนาดเล็กในสภาวะที่ได้รับอาหารมีการบริโภคออกซิเจนมากกว่าสภาวะอดอาหารอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )



ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาน้ำจืดขนาดกลางในสภาวะกินอาหารและอดอาหาร

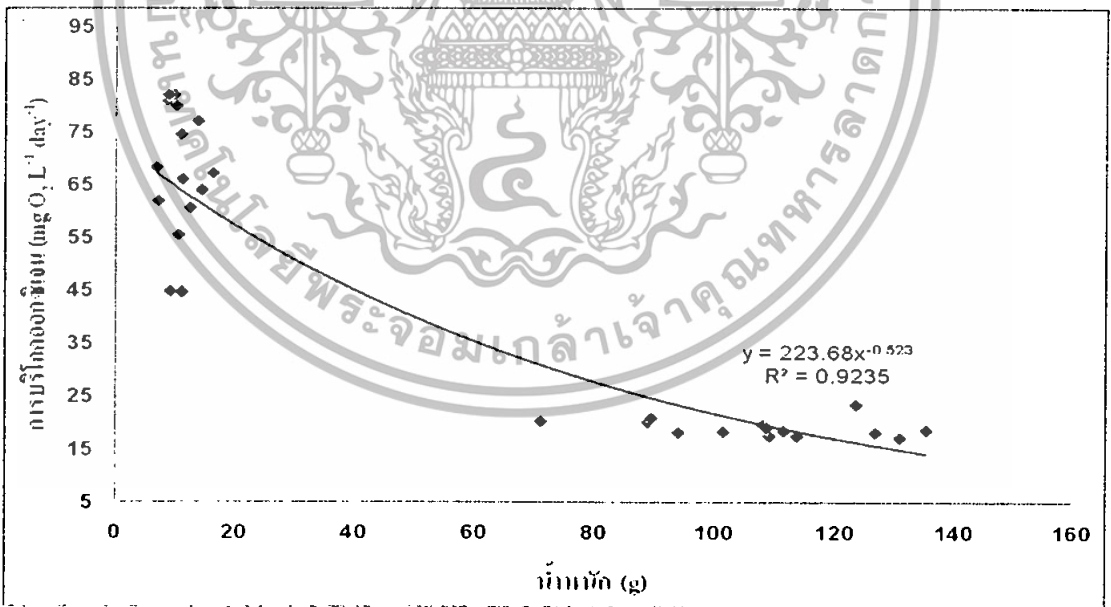
จากภาพการเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนพบว่าปลาน้ำจืดขนาดกลางในสภาวะที่ได้รับอาหารมีการบริโภคออกซิเจนมากกว่าสภาวะอดอาหารอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบุทราย 2 ขนาดในสภาวะอดอาหาร

โดยการบริโภคออกซิเจนในสภาวะอดอาหารพบว่าเมื่อปลาบุทรายมีน้ำหนักน้อยจะมีการบริโภคออกซิเจนในระดับที่มาก เมื่อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นการบริโภคออกซิเจนจะมีแนวโน้มที่ลดลงแปรผันกับน้ำหนักตัว



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบุทราย 2 ขนาดในสภาวะกินอาหาร

ผลการทดลองการบริโภคออกซิเจนในสภาวะได้รับอาหารพบว่าใกล้เคียงกับสภาวะอดอาหารคือ เมื่อปลาบุทรายมีน้ำหนักน้อยจะมีการบริโภคออกซิเจนในระดับที่มาก เมื่อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นการบริโภคออกซิเจนจะมีแนวโน้มที่ลดลงแปรผันกับน้ำหนักตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ปลาบู่ทรายทั้ง 2 ขนาด เมื่อได้รับอาหารเข้าสู่ร่างกาย จะมีการบริโภคออกซิเจนในระดับเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่อดอาหาร เนื่องจากมีการนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญอาหาร สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Fu et al. (2006) ที่ทำการศึกษเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหารในปลา Chinese catfish ผลการศึกษพบว่า ปลา Chinese catfish ในสภาวะที่ได้รับอาหารมีการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยที่มากกว่าสภาวะอดอาหารอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาถึงผลของน้ำหนักตัวที่แปรผกผันกับการบริโภคออกซิเจนพบว่าการบริโภคออกซิเจนมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อปลาบู่ทรายมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Zakes et al. (2001) ที่ทำการศึกษาผลของน้ำหนักตัวที่มีต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา pike-perch 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีน้ำหนักเฉลี่ย 11.7 g และขนาดใหญ่มีน้ำหนักเฉลี่ย 28.1 g ผลการศึกษพบว่า ปลาที่มีน้ำหนักตัวมากจะมีการบริโภคออกซิเจนที่น้อยกว่าปลาขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

จากการทดลองพบว่าปลาบู่ทรายขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเฉลี่ย  $10.86 \pm 0.67$  g มีการบริโภคออกซิเจนในสภาวะอดอาหารมีค่าเฉลี่ย  $24.40 \pm 3.23$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และในสภาวะได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $67.32 \pm 3.22$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> ส่วนปลาบู่ทรายขนาดกลางน้ำหนักเฉลี่ย  $108.03 \pm 4.80$  g มีการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยในสภาวะอดอาหาร  $12.61 \pm 0.70$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> และในสภาวะได้รับอาหารมีค่าเฉลี่ย  $19.17 \pm 1.66$  mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>

อัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายทั้ง 2 ขนาด มีแนวโน้มที่ลดลงแปรผกผันกับน้ำหนักตัว เมื่อทำการเปรียบเทียบการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ 2 ขนาด ในสภาวะที่ได้รับอาหารและอดอาหาร พบว่าในสภาวะที่ได้รับอาหารจะมีการบริโภคออกซิเจนที่มากกว่าสภาวะอดอาหารอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



## เอกสารอ้างอิง

Buentello, J.A., D.M.Gatlin and W.H.Neil. 1999. Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilisation and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatu*). *Aquaculture* 182: 339 – 352.

Cook,J.T., A.M.Sutterlin and M.A.McNiven. 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188: 47-63.

Fidhiyany, L. and K.Winckler. 1998. Influence of body mass, age and maturation on specific oxygen consumption in a freshwater cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum* (Gunther, 1869). *Comparative Biochemistry and Physiology* 119: 613-619.

Fu, S.J., Z.D.Cao and J.L.Peng. 2007. Effect of feeding and fasting on excess post-exercise oxygen consumption in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 146: 435-439.

Grisdle-Helland,B., B.Ruyter., G.Rosenlund., A.Obach., S.J.Helland., M.G.Sandberg., H.Standal and C.Rosjo. 2002. Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperature. *Aquaculture* 207: 311-329.

Katersky, R.S., M.A.Peck and D.A.Bengtson. 2006. Oxygen consumption of newly settled summer flounder, *Paralichthys dentatus* (Linnaeus, 1766). *Aquaculture* 257: 249-256.

Lemos, D., B.Netto and A.Germano. 2006. Energy budget of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* fed live food. *Comparative Biochemistry and Physiology PartA* 144: 33-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zakes, Z., K.Demska-Zakes., P.Karczewski and A.Karpinski. 2001. Selected metabolic aspects of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* (L.) reared in a water recirculation system. *Archives of Polish Fisheries* 9: 25-37.

Zakes, Z., K.Demska-Zakes and K.Kata. 2003. Rate of oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. *Aquaculture International* 11: 277-288.

Zakes, Z., K.Demska-Zakes., P.Jarocki and K.Stawecki. 2006. The effect of feeding on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared in a water recirculating system. *Aquaculture International* 14: 127-140.

Zhou, Z., S.Xie., W.Lei., X.Zhu and Y.Yang. 2005. A bioenergetic model to estimate feed requirement to gilber carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture* 248: 287-297.

<http://www.fisheries.go.th/การเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด.htm>

[http://www.nicaonline.com/articles1/site/view\\_article.asp?idarticle=143](http://www.nicaonline.com/articles1/site/view_article.asp?idarticle=143)

<http://www.rakbankerd.com/การเลี้ยงปลาน้ำจืด>