ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทราย

Oxygen consumption rate in Sand Goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker).

ชื่อนักศึกษา นางสาวดวงดาว กลีบเมฆ

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ดร.มณฑล แก่นมณี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(ดร.มณฑล แก่นมณี)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 29 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

23050

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทราย

Oxygen consumption rate in Sand Goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker).

T099346

โดย

นางสาวดวงดาว กลีบเมฆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99546
วัน,เดือน,ปี.....19 JUN 2006

b.11882505
i.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทราย

Oxygen consumption rate in Sand Goby (*Oxyeleotris marmoratus* Bleeker).

การหาอัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทรายที่มีผลสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวและความยาวตัว โดยจะทำการทดลองในปลาบู่ทราย 12 ตัว ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 75.49-228.74 กรัม และมีความยาวตัวอยู่ในช่วง15.7-21.0 เซนติเมตร ก่อนทำการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนปลาจะถูกอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และระหว่างการทดลองปลาจะถูกขังอยู่ใน respirometry chamber เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน อุณหภูมิตลอดการทดลองจะอยู่ในช่วง 26 -28 °C ผลการทดลองพบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนจะแปรผกผันตามน้ำหนักตัวและความยาวตัวที่เพิ่มขึ้น โดยจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ102.23±52.80 ($mg.O_2/kg/hr$) และ 0.80±0.21 ($mg.O_2/cm/hr$) และเมื่อแบ่งปลาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นเกณฑ์ โดยปลากลุ่มที่ 1 (น้ำหนักน้อย) จะมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 75.49-141.95 กรัม และ กลุ่มที่ 2 (น้ำหนักมาก) จะมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 180.62-228.74 กรัม โดยจะมีน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 119.61±27.06 และ 202.82±16.25 กรัม ตามลำดับ พบว่าปลากลุ่มที่ 1 จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ 2 โดยจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 155.99±37.31 และ 63.82±7.31 ($mg.O_2/kg/hr$) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.มณฑล แก่นมณี ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ปวีณา ทวีกิจการ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษ และขอขอบพระคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์เครื่องมือในการทดลอง พร้อมทั้งช่วยเหลือในด้านการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองจนกระทั่งการทำปัญหาพิเศษเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณอรรถพร ไทยวัฒน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อข้อมูลจนกระทั่งการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดาและมารดาที่สละทั้งกำลังกาย กำลังใจและกำลังทรัพย์ส่งเสียสนับสนุนข้าพเจ้าจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

นางสาวดวงดาว กลีบเมฆ

มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	10
ผลการทดลองและวิจารณ์	14
สรุปและข้อเสนอแนะ	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	21

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปลาบู่เป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย แต่ปลาบู่ที่พบในแหล่งน้ำตามธรรมชาติในปัจจุบันนั้นมีปริมาณน้อยและหายาก อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต รวมถึงเกษตรกรที่ทำการเพาะเลี้ยงยังมีอยู่น้อยราย ส่งผลทำให้ผลผลิตของปลาบู่ยังมีน้อยไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค ผลผลิตปลาบู่ทั้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงและจากแหล่งน้ำในธรรมชาตินั้น โดยส่วนใหญ่แล้วจะถูกส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำให้มีราคาสูง ทำให้มีรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายสิบล้านบาท จึงเป็นผลทำให้เป็นที่สนใจแก่เกษตรผู้เพาะเลี้ยงจำนวนมาก ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้มีผู้คาดการณ์ว่าในอนาคตปลาบู่จะกลายเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย

การเพาะเลี้ยงปลาบู่ในเชิงพาณิชย์นั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึงระบบการเลี้ยงที่เหมาะสมต่อปลาเพื่อที่จะทำให้การเลี้ยงมีประสิทธิภาพและได้รับผลผลิตดีที่สุด ซึ่งการที่จะทราบถึงระบบการเลี้ยงที่ดีนั้นจะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางชีววิทยา รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะปริมาณความต้องการออกซิเจนในน้ำ เนื่องมาจากปลาจะต้องนำเอาออกซิเจนมาใช้ในกระบวนหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึม ดังนั้นการที่ทราบถึงปริมาณของออกซิเจนที่ปลาใช้จึงสามารถบอกได้ว่าปลามีความต้องการพลังงานมากหรือน้อยเพียงใด ทำให้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงระบบการเลี้ยงให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของระดับความหนาแน่นที่เหมาะสมกับปริมาณปลา เพื่อให้ปริมาณของออกซิเจนที่มีอยู่ในระบบเพียงพอกับความต้องการของปลา

การบริโภคออกซิเจนของปลานั้น ก็เพื่อที่จะนำเอาออกซิเจนเข้าไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆของปลา ดังนั้นการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนจึงสามารถบอกได้ถึงปริมาณความต้องการพลังงานของปลา โดยการศึกษาในครั้งนี้จะทำในปลาบู่ทรายที่ได้รับการอดอาหาร เพื่อที่จะหาอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาที่นำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมพื้นฐานที่ไม่มีผลเกี่ยวเนื่องมาจากกระบวนการกินอาหาร ซึ่งผลที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น เนื่องจากสามารถนำข้อมูลและความรู้ที่ได้นี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาในขั้นที่สูงขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวและความยาวตัวปลากับอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทราย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณหาปริมาณพลังงานพื้นฐานที่ปลาบู่ทรายต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ชีววิทยาของปลาบู่ทราย

ปลาบู่ หรือ บู่ทราย บู่จาก บู่ทอง บู่เอื้อย บู่สิงโต มีชื่อสามัญว่า Sand Gody, Marbled Sleepy Gody และชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oxyeleotris marmoratus* Bleeker การจัดจำแนกลำดับทางอนุกรมวิธานมีดังนี้

Phylum	Vertebrata
Class	Teleostomi
Subclass	Actinopterygii
Order	Perciformes (percomorphi)
Suborder	Gobioidei
Family	Gobiidae
Genus	*Oxyeleotris*
Species	*marmoratus*

(สมปอง,2523)

รูปร่างลักษณะ

ปลาบู่ทราย มีลักษณะลำตัวกลมยาว ความลึกลำตัวประมาณ 1 ใน 3.5 ของความยาวมาตรฐานลำตัว ส่วนหัวยาวเป็น 1 ใน 2.8 ของความยาวมาตรฐานของลำตัว หัวค่อนข้างโต และด้านบนของหัวแบนราบ หัวมีจุดสีดำประปราย ปากกว้างใหญ่เปิด ทางด้านบนตอนมุมปากเฉียงลงและยาวถึงระดับกึ่งกลางตา ขากรรไกรล่างยื่นยาวกว่าขากรรไกรบน ทั้งขากรรไกรบนและล่างมีฟันแหลมซี่เล็กๆ ลักษณะฟันเป็นฟันแถวเดียว ลูกตาลักษณะโปนกลมอยู่บนหัวถัดจากริมฝีปากบนเล็กน้อย รูจมูกคู่หน้าเป็นหลอดยื่นขึ้นมาอยู่ติดกับร่องที่แบ่งจะงอยปากกับริมฝีปากบน ครีบหูและครีบหางมีลักษณะกลมมนใหญ่ มีลวดลายดำและสลับขาว มีก้านอ่อนอยู่ 15-16 ก้าน ครีบหลัง 2 ครีบ ครีบอันหน้าสั้นเป็นหนาม 6 ก้าน เป็นก้านครีบสั้นและเป็นหนาม ครีบอันหลังเป็นก้านครีบอ่อน 11 ก้าน ครีบท้องหรือครีบอกอยู่แนวเดียวกับครีบหูและมีก้านครีบอ่อน 5 ก้าน ครีบอกของปลาบู่ใน Subfamily Eleotrinae แยกจากกันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งแตกต่างจากปลาบู่ชนิดอื่นในครอบครัว Gobiidae ซึ่งมีครีบท้องติดกันเป็นรูปจาน ครีบก้นอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่ 2 มีก้านครีบอ่อน 7 ก้าน และมีอยู่ในแนวเดียวกับครีบหลังอันที่ 2 และมีความยาวเท่ากับครีบหลังอัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2 ส่วนของครีบมีลายสีน้ำตาลดำแดงสลับขาวเป็นแถบๆ และมีจุดสีดำกระจายอยู่ทั่วไป ลำตัวมีเกล็ดแบบหนามคล้ายซี่หวีและมีแถบสีดำขวางลำตัว 4 แถบ ด้านท้องมีสีอ่อน สีตัวของปลาบู่ทรายแตกต่างกันไปตามถิ่นที่อยู่อาศัย (เกิดฉัน และคณะ ,2538)

การแพร่กระจาย

ปลาบู่ทราย เป็นปลาที่เราสามารถพบได้ทั่วไปในน้ำจืดและน้ำกร่อยเล็กน้อย ในหลายประเทศโดยเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และหมู่เกาะมลายู ได้แก่ บอร์เนียว เกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย มาเลเซีย จีน ไทย สำหรับในประเทศไทยพบปลาบู่ขยายพันธุ์ทั่วไปตามแม่น้ำ ลำคลอง และสาขาทั่วทุกภาคตามหนอง บึง และอ่างเก็บน้ำต่างๆ (เกิดฉัน และคณะ ,2538)

แหล่งที่อยู่อาศัย

ปลาบู่ทราย เป็นปลากินเนื้อ ที่ชอบอยู่นิ่งๆตามดินอ่อน พื้นทรายและหลบซ่อนตามก้อนหิน ตอไม้ เสาไม้ รากหญ้าหนาๆ เพื่อรอให้เหยื่อผ่านมาแล้วเข้าโจมตีทันทีด้วยความรวดเร็ว ปลาบู่ทรายพบทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อยเล็กน้อย ลูกปลาบู่ทรายชอบซ่อนตัวบริเวณราก พืชพันธุ์ไม้น้ำ พวกรากจอก รากผัก (เกิดฉัน และคณะ ,2538)

การสืบพันธุ์

ความแตกต่างลักษณะเพศ การสังเกตลักษณะความแตกต่างระหว่างปลาบู่เพศผู้ และเมีย ดูได้จากอวัยวะเพศที่อยู่ใกล้รูทวาร ปลาเพศผู้มีอวัยวะเพศเป็นแผ่นเนื้อขนาดเล็กสามเหลี่ยมปลายแหลม ส่วนตัวเมียมีอวัยวะเพศเป็นแผ่นเนื้อขนาดใหญ่และป้านตอนปลายไม่แหลมแต่เป็นรูขนาดใหญ่ ลักษณะคล้ายถ้วยน้ำชาขนาดเล็ก เมื่อพร้อมผสมพันธุ์ ปลายอวัยวะเพศทั้งตัวผู้และตัวเมียมีสีแดง บางครั้งเห็นเส้นเลือดฝอยสีแดงที่มาเลี้ยงอวัยวะเพศได้ชัดเจน การเจริญพันธุ์และฤดูการวางไข่ ปลาบู่โตเต็มวัยเมื่อมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตรขึ้นไป ปลาบู่ที่สามารถขยายพันธุ์ได้มีขนาดตั้งแต่ 8 เซนติเมตรขึ้นไป ปลาบู่สามารถวางไข่ได้เกือบตลอดทั้งปียกเว้นในช่วงฤดูหนาว ตลอดฤดูกาลการวางไข่สามารถวางไข่ได้ประมาณ 3 ครั้งต่อปี พฤติกรรมการผสมพันธุ์และวางไข่ การผสมพันธุ์ปลาบู่ในธรรมชาติพบว่า ปลาบู่ตัวผู้จะหาสถานที่ในการวางไข่ ได้แก่ ตอไม้ เสาไม้ ทางมะพร้าว ฯลฯ แล้วทำความสะอาดวัสดุดังกล่าว หลังจากนั้นตัวผุจะเข้าเกี้ยวพาราสี พร้อมไล่ต้อนตัวเมียไปที่รังที่เตรียมไว้ การผสมพันธุ์เริ่มตั้งแต่ตอนหัวค่ำจนถึงเช้ามืด โดยผสมพันธุ์แบบภายนอกตัวปลา (เกิดฉัน และคณะ ,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงปลาบู่

ปลาบู่เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ซึ่งผลผลิตโดยส่วนใหญ่จะถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ มาเลเซีย ฯลฯ สามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายสิบล้านบาท เนื่องจากความต้องการบู่ทรายจากต่างประเทศมีเพิ่มขึ้นทุกปี เป็นผลให้ปลาบู่ทรายมีราคาแพงขึ้น ในอดีตการเลี้ยงปลาบู่ทรายนิยมเลี้ยงกันมากในกระชังแถบลุ่มน้ำและลำน้ำสาขาบริเวณภาคกลาง ตั้งแต่นครสวรรค์ อุทัยธานี เรื่อยมาจนถึงจังหวัด ปทุมธานี โดยมีจังหวัดนครสวรรค์ เป็นแหล่งเลี้ยงส่งออกที่ใหญ่ที่สุด

ราคาของปลาบู่ที่ขายกันนั้นจะสูงจึงเป็นที่ต้องการของตลาดในประเทศและต่างประเทศจำนวนมาก ทำให้มีผู้สนใจเลี้ยงปลาบู่อย่างกว้างขวาง การเลี้ยงปลาบู่มีเลี้ยงกันใน บ่อซีเมนต์ บ่อดิน และกระชัง แต่ที่นิยมเลี้ยงกันมากเป็นการเลี้ยงในกระชัง ส่วนบ่อดินก็มีผู้เลี้ยงกันอยู่บ้างทั้งในรูปแบบการเลี้ยงแบบเดี่ยว แบบรวม และแบบผสมผสาน สำหรับการเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ มีการเลี้ยงอยู่น้อยมากเพราะลงทุนสูงและต้องการน้ำสะอาดในการเลี้ยง (เกิดฉัน และคณะ ,2538)

การบริโภคออกซิเจนในปลา

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นสัตว์บก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์น้ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ หรือแม้กระทั่งมนุษย์ก็ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการดำรงชีพด้วยกันทั้งนั้น เมื่อทำการพิจารณาถึงความสำคัญของออกซิเจนต่อปลาซึ่งเป็นสัตว์น้ำประเภทหนึ่งแล้ว จะพบว่าปลาจะต้องอาศัยออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเพื่อใช้ในการหายใจเพื่อที่จะนำเอาออกซิเจนนั้นไปเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ และยังนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆภายในร่างกายอีกด้วย

การบริโภคออกซิเจนของปลานั้นก็เพื่อที่จะนำเอาออกซิเจนเข้ามาใช้ในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายเพื่อให้ได้พลังงานที่สามารถนำมาใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการทำกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้แล้วการบริโภคออกซิเจนยังมีประโยชน์ในการนำมาใช้คำนวณหาชีวพลังงานพื้นฐานของปลา ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปริมาณความต้องการพลังงานขั้นพื้นฐานของปลาที่ใช้ในขบวนการต่างๆ ของร่างกาย โดยที่ความสามารถในการบริโภคออกซิเจนของปลานั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ Schurmann and Steffensen (1997) รายงานว่า การบริโภคออกซิเจนของปลาในระยะพักหรือในขณะที่อยู่นิ่งๆ และขณะที่อยู่ในสภาวะหลังจากการดูดซึมสารอาหารจบลงแล้วนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อย่างเช่น อุณหภูมิ และปริมาณของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ และนอกจากนั้นยังมีปัจจัยที่มาจากตัวปลาเองซึ่งก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคออกซิเจนในปลา

1.ปริมาณของออกซิเจนในสภาพแวดล้อม ปริมาณของออกซิเจนในน้ำหรือในสภาพแวดล้อมนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการบริโภคออกซิเจน ซึ่งถ้าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีปริมาณที่เพียงพอก็จะส่งผลให้การบริโภคออกซิเจนของปลาเป็นไปอย่างปกติ แต่ถ้าปริมาณของออกซิเจนในสภาพแวดล้อมหรือที่ละลายในน้ำนั้นต่ำกว่าปกติก็จะส่งผลให้ความสามารถในการบริโภคออกซิเจนของปลาลดลงตามไปด้วย จากการทดลองของ Pichavant *et al.*(2000) ที่ทำการศึกษาหาผลการเจริญเติบโตและกระบวนการเมตาบอลิซึมของลูกปลา turbot ในสภาวะที่ออกซิเจนต่ำกว่าระดับปกติ พบว่าการบริโภคออกซิเจนของปลาในสภาวะที่มีปริมาณของออกซิเจนในสภาพแวดล้อมต่ำกว่าปกติ (hypoxia) จะมีอัตราการบริโภคต่ำกว่าในสภาวะที่มีปริมาณของออกซิเจนอยู่ในระดับปกติหรือเพียงพอ(normoxia) โดยภายใต้สภาวะที่ขาดออกซิเจนนั้น ปลาจะสามารถดำรงชีวิตได้เป็นปกติ โดยปลาจะมีการปรับตัวด้วยการลดความต้องการพลังงานลง ซึ่งจะทำให้ขบวนการเผาผลาญลดลง ส่งผลทำให้การบริโภคออกซิเจนลดลงตามไปด้วย จึงทำให้ปลาสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะแบบนี้ได้ แต่มันก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโต การนำอาหารเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะลดลง รวมถึงประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงอาหารที่จะลดลงชั่วคราวด้วย (Van Dam and Pualy ,1995)

2. ปริมาณของอาหาร การบริโภคออกซิเจนของปลานั้นมีจุดประสงค์ก็เพื่อที่จะนำเอาออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ดังนั้นถ้าปริมาณของอาหารที่ปลากินเข้าไปนั้นมีปริมาณสูง ปลาก็จะต้องการปริมาณออกซิเจนในระดับที่สูงเช่นเดียวกัน เพื่อที่ปริมาณของออกซิเจนนั้นจะเพียงพอต่อความต้องการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารที่สูงตามไปด้วย ในทางกลับกันถ้าปริมาณของอาหารที่ปลากินอยู่ในระดับที่ต่ำ ก็จะส่งผลให้ความต้องการออกซิเจนของปลามีปริมาณลดลงตามไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากความต้องการในการเผาผลาญสารอาหารของปลาจะต่ำลงเพราะการดูดซึม และการย่อยจะมีน้อยทำให้ต้องการพลังงานที่น้อย จึงไม่จำเป็นที่จะใช้ออกซิเจนในปริมาณสูง Jobling and Davies (1980) รายงานว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาจะเพิ่มขึ้นหลังจากการให้อาหาร ซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณของอาหารที่ปลาสามารถนำเข้าสู่ร่างกาย และช่วงเวลา โดยปลาที่กินอาหารในปริมาณมาก จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สูงกว่าปลาที่กินอาหารในปริมาณที่น้อยกว่า Pichavant *et al.* (2000) รายงานว่า หลังจากการกินอาหารการบริโภคออกซิเจนในปลาที่ได้รับอาหารจะเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่ปลาได้รับอาหารเข้าสู่ร่างกายไปแล้ว 2 ชั่วโมง และจะมีอัตราสูงที่สุดภายใน 4 ถึง 5 ชั่วโมง ต่อมา ซึ่งเป็นผลมาจากความต้องการพลังงานสำหรับการย่อยและการดูดซึม การสังเคราะห์ทางชีวภาพ และการเก็บรักษาธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนของปลา เนื่องมาจากอุณหภูมิจะมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ต้องใช้ออกซิเจนเข้ามาช่วยในกระบวนการ โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมสูงขึ้นส่งผลให้การบริโภคออกซิเจนสูงตามไปด้วย ดังเช่นผลจากการทดลองของ Dalla Via *et al.*(1998) ซึ่งได้รายงานไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราเมตาบอลิซึมอย่างชัดเจน และจะส่งผลต่อการบริโภคออกซิเจนอีกด้วย นอกจากนี้เมื่อปลาย้ายมาอยู่ในอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิเดิมที่ปลาอยู่เป็นระยะเวลานาน ปลาจะมีการปรับตัวไปสู่อุณหภูมิใหม่โดยจะมีการรักษาอัตราการเมตาบอลิซึมที่เปลี่ยนแปลงไปให้คงที่ที่ระดับใหม่นี้ ส่งผลทำให้อัตราการบริโภคออกซิเจนเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

4. ขนาดตัวปลา อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาที่มีขนาดตัวใหญ่นั้นจะมีปริมาณสูงกว่าปลาที่มีขนาดเล็กกว่า แต่ถ้าประเมินอัตราการบริโภคออกซิเจนโดยเปรียบเทียบกับหน่วยน้ำหนักตัวแล้ว จะพบว่าในปลาที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สูงกว่าปลาใหญ่ การบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักตัวนั้นจะค่อยๆลดลงโดยการเพิ่มขึ้นของขนาดตัว ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในตัวปลาที่ลดลง ซึ่งสืบเนื่องมาจากความต้องการพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตลดลง โดยในปลาเล็กนั้นจะต้องการพลังงานในปริมาณที่สูงกว่าเพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตที่จะต้องมีการสร้างกล้ามเนื้อ สร้างอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย เป็นต้น แต่ในปลาที่มีขนาดใหญ่นั้นการเจริญเติบโตจะหยุดลงทำให้ไม่ต้องการพลังงานที่จะใช้ในการเจริญเติบโต แต่จะมีแค่ความต้องการพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันเท่านั้น (Jobling,1994)

5. อายุ อายุเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการบริโภคออกซิเจนของปลา เนื่องจากปลาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาซึ่งจะต้องการพลังงานมาใช้ในการเปลี่ยนแปลงนั้น จนถึงระดับหนึ่งที่ปลามีการเจริญเติบโตเต็มที่ความต้องการพลังงานนั้นก็จะหมดลง ดังนั้นในปลาวัยอ่อนจึงมีความต้องการพลังงานมากกว่าในปลาโต จึงทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมในปลาวัยอ่อนนั้นสูงกว่าในปลาโตส่งผลให้อัตราการบริโภคออกซิเจนเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย Fidhiany and Winckler (1998) รายงานว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงโดยการเพิ่มขึ้นของอายุและยังสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวปลาอีกด้วย เนื่องจากปลาที่มีอายุเพิ่มมากขึ้นโดยส่วนมากจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

6. ระดับความเค็ม การเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มอย่างฉับพลันในปลานั้นจะมีผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น และหลังจากที่มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการบริโภคออกซิเจนแบบชั่วคราวนี้การบริโภคออกซิเจนก็จะกลับคืนสู่อัตราการบริโภคปกติในระดับก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็ม โดยระยะเวลาในแต่ละช่วงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกลับคืนสู่สภาพปกตินั้นจะใช้เวลาต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความเค็มที่เปลี่ยนแปลง ดังเช่น การศึกษาของ Dalla Via *et al.* (1998) ที่ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่า การเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วง 37 กับ 20 ppt , 20 กับ 5 ppt และ 5 กับ 2 ppt ที่ทำการทดลองกับปลา sea bass จะใช้เวลาในการกลับคืนสู่สภาพการบริโภคออกซิเจนปกติประมาณ 3 ชม., 6-9 ชม. และ 9-10 ชม. ตามลำดับ

7. พฤติกรรมของปลา ปลาแต่ละชนิดนั้นจะมีรูปแบบในการดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน ปลาบางชนิดจะชอบอยู่นิ่งๆ ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว แต่ปลาบางชนิดก็จะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะมีผลมาจากพฤติกรรมการหาอาหาร และลักษณะของแหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งพฤติกรรมการเคลื่อนไหวนี้จะมีผลต่ออัตราการบริโภคออกซิเจน เนื่องจากปลาที่มีการเคลื่อนไหวมากจะต้องการพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่สูงกว่าปลาที่ชอบอยู่นิ่งๆ ส่งผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมมีสูงกว่า การบริโภคออกซิเจนจึงสูงตามไปด้วย ดังเช่นที่ Leung *et al.* (1998) ได้รายงานไว้ว่า *L.argentimaculatus* จะเป็นปลาที่มีพฤติกรรมการเคลื่อนไหวมากกว่า *E.aerolatus* ดังนั้นจึงมีความต้องการพลังงานที่สูงกว่ามีผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมสูงกว่า

8. ความเร็วในการว่ายน้ำ การว่ายน้ำเป็นกิจกรรมที่ต้องการพลังงานมาก การว่ายน้ำที่ระดับความเร็วสูงๆ นั้นอาจจะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากระยะพัก 10-15 เท่า ส่งผลทำให้อัตราการบริโภคออกซิเจนในสภาวะนี้แตกต่างจากระยะพักมาก และอัตราการบริโภคออกซิเจนนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ด้วยการเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำ (Jobling,1994)

กระบวนการเมตาบอลิซึม

กระบวนการเมตาบอลิซึมนั้นเป็นกระบวนการในการสลายสารอาหารที่ปลานำเข้าสู่ร่างกายหรือสารอาหารที่เก็บสะสมอยู่รูปของไขมันภายในร่างกาย เพื่อให้ได้พลังงานที่นำมาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต ใช้ในการรักษาการทำงานของกระบวนการพื้นฐานต่างๆ ภายในร่างกาย ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของปลา และการสืบพันธุ์ เป็นต้น ถ้าปริมาณของอาหารที่นำเข้าสู่ร่างกายไม่เพียงพอกับความต้องการพลังงาน ปลาจะสลายไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมเพื่อนำพลังงานที่ได้มาใช้ในกิจกรรมต่างๆ แทนสารอาหารจากภายนอก

อัตราการเมตาบอลิซึมนั้นสามารถที่จะแบ่งแยกเป็น อัตราการเมตาบอลิซึมพื้นฐาน (standard metabolic rate) อัตราการเมตาบอลิซึมที่เกิดจากการทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน (routine metabolic rate) และ อัตราการเมตาบอลิซึมที่เกิดจากการเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำ (active metabolic rate) (Fry,1971) โดยที่ standard metabolic rate จะสัมพันธ์กับความต้องการพลังงานที่มีปริมาณน้อยที่สุดจากกระบวนการสลายสารอาหารเพื่อที่จะรักษาการทำงานพื้นฐานของร่างกายปลาซึ่งจะประกอบไปด้วย ขบวนการย่อยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซึมอาหาร และการหายใจ โดยอัตราการเมตาบอลิซึมนี้จะได้รับจากปลาที่อยู่นิ่งๆ หรืออยู่ในสภาวะหลังจากที่การดูดซึมสารอาหารของปลาเสร็จสิ้นลง ส่วน routine metabolic rate นั้นจะเป็นอัตราการเมตาบอลิซึมของปลาที่ทำกิจกรรมต่างๆ อย่างเช่น การกินอาหาร การว่ายน้ำ การหลบหนีศัตรู ฯลฯ ซึ่งจะต้องการพลังงานสูงกว่า standard metabolic rate และ active metabolic rate นั้นจะได้รับในช่วงที่ปลาประคองการว่ายน้ำให้มีระดับความเร็วสูงที่สุด ซึ่งจะต้องการพลังงานสูงกว่า 2 อัตราข้างต้นที่กล่าวมา (Fry,1971)

ดังที่กล่าวมานั้นถ้าการบริโภคออกซิเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็จะมีผลกระทบต่อระบบการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายทำให้กระบวนการเผาผลาญสารอาหารมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลามีอัตราเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยเช่นกัน รวมถึงมีผลต่อชีวพลังงานของปลาในเรื่องของการแบ่งสรรพลังงานไปใช้ในขบวนการต่างๆ ของร่างกายปลาอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดอัตราการหายใจ (Respirometer)
    - 1.1 Chamber ขนาด 5 ลิตร
    - 1.2 สายยาง
    - 1.3 หัวกะโหลก
    - 1.4 ข้อต่อ
    - 1.5 เซ็ควาล์ว
    - 1.6 โอริงค์
    - 1.7 หางปลาไหล
2. ตู้กระจกขนาด 27×57×28.5 นิ้ว
3. ปั๊มน้ำ
4. DO meter รุ่น YSI 52
5. หัววัดออกซิเจน
6. คอมพิวเตอร์
7. เครื่อง UPS
8. โปรแกรม Ecowatch
9. Timer
10. เทอร์โมมิเตอร์
11. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
12. ไม้บรรทัด
13. สายลม
14. หัวทราย
15. น้ำกลั่น
16. ตะกร้าอดอาหารปลา
17. ปลาบู่ทราย 12 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมปลาบู่ทราย

1.1 รวบรวมปลาบู่ทรายจากแพปลา

1.2 เลี้ยงปลาบู่ทรายด้วยอาหารมีชีวิต (ลูกปลาคราฟ) เพื่อใช้ในการทดลอง

1.3 นำปลาบู่ทรายที่จะทำการทดลองมาทำการอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2. การเตรียมระบบวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน

2.1 นำน้ำใส่ในตู้กระจก 3 ใน 4 ส่วน ของตู้ ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ก่อนทำการทดลอง พร้อมทั้งให้อากาศ

2.2 ติดตั้งปั๊มน้ำ และเครื่องวัดอัตราการหายใจ (Respirometer)

2.3 ต่อปั๊มน้ำเข้าสู่เครื่อง Timer

2.4 ต่อโพรบวัดออกซิเจนเข้ากับตัว chamber และ เครื่อง DO meter

2.5 คาริเบตโพรบวัดออกซิเจนที่ 100% air saturate และที่ 0% ด้วย NaS_2O_3

2.6 ต่อสายรับส่งข้อมูลจากเครื่อง DO meter เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

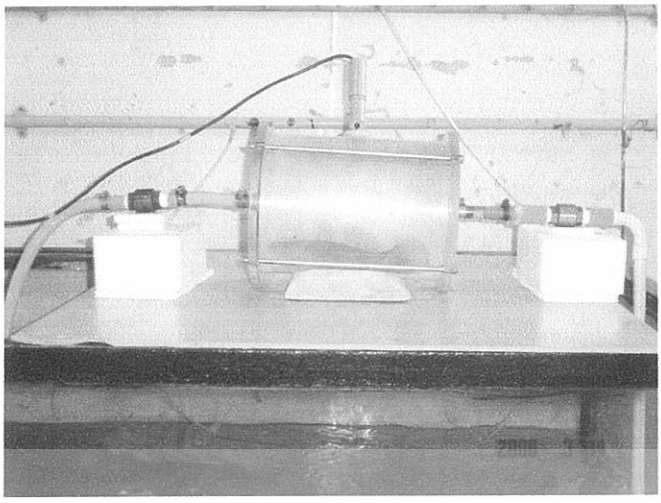
3. การวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน

3.1 นำปลาที่อดอาหารแล้วมาใส่ใน chamber พร้อมกับใส่น้ำให้เต็ม จากนั้นทำการวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยกำหนดให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ chamber เป็นเวลา 3 นาที และหยุดทำงานเป็นเวลา 15 นาที

3.2 ระบบจะส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ (โปรแกรม Ecowatch) ทุกวินาที

4. หลังจากวัดอัตราการบริโภคออกซิเจนเสร็จแล้วนำปลาบู่ทรายมาชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงระบบวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน

ภาพที่ 2 แสดงระบบวัดอัตราการบริโภคออกซิเจน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักตัวและความยาวตัวปลา บันทึกอุณหภูมิน้ำทุกครั้งที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูลค่าการละลายของออกซิเจนในน้ำ(DO)ซึ่งบันทึกอยู่ในโปรแกรม Ecowatch มาทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์หาอัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาแต่ละตัว โดยจะใช้ข้อมูลในทุกๆ ช่วงที่ปั๊มหยุดทำงานมาหาอัตราการบริโภคออกซิเจนโดยใช้สูตร

$$\left[\frac{\text{DOสูงสุด - DOต่ำสุด}}{\text{เวลา(s)}}\right] \times 3600 = \text{อัตราการบริโภคออกซิเจน } (mg.O_2/hr)$$

การหาอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว

$$\frac{\text{อัตราการบริโภคออกซิเจน } (mg.O_2/hr) \times 1000}{\text{น้ำหนักปลา (g)}} = \text{อัตราการบริโภคออกซิเจน } (mg.O_2/kg/hr)$$

การหาอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อความยาวตัว

$$\frac{\text{อัตราการบริโภคออกซิเจน } (mg.O_2/hr)}{\text{ความยาวตัว (cm)}} = \text{อัตราการบริโภคออกซิเจน}(mg.O_2/cm/hr)$$

และนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์เส้นโค้งระหว่างอัตราการบริโภคออกซิเจนกับน้ำหนักตัวและความยาวตัวปลาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel 2003

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาในการทดลอง

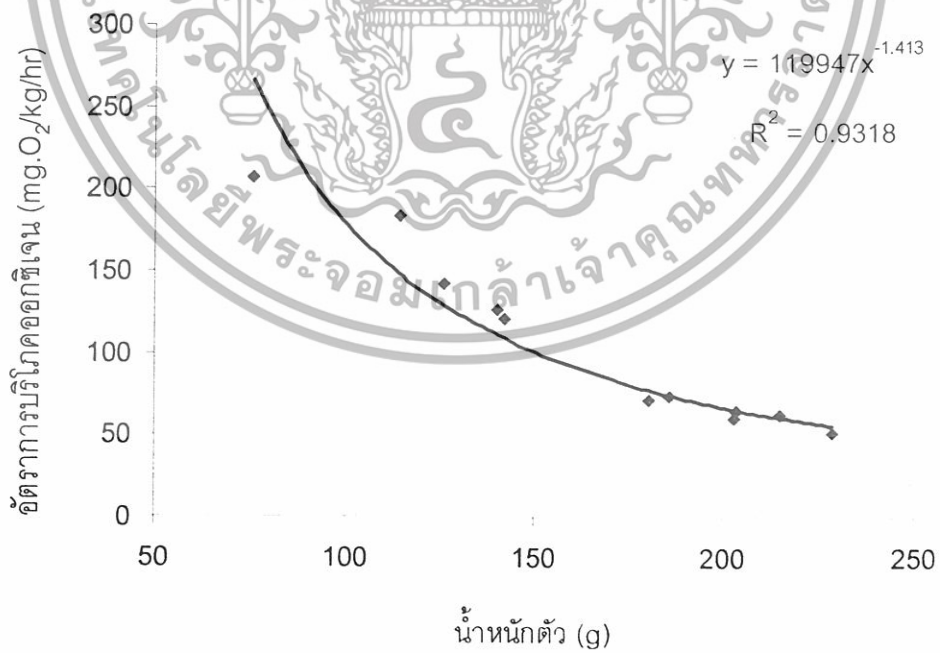
เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคออกซิเจนกับน้ำหนักตัวปลา

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักตัวปลาที่มีผลต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทรายที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 75.49-228.74 กรัม โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 168.15 ±47.39 กรัม และอุณหภูมิระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 26 -28 °C พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายจะแปรผกผันกับน้ำหนักตัว คือ เมื่อปลาบู่ทรายมีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้น อัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลง (ภาพที่ 3) โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยจะเท่ากับ 102.23±52.80 (mg.O_2/kg/hr) และเมื่อแบ่งปลาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นเกณฑ์ โดยปลากลุ่มที่ 1 (น้ำหนักน้อย) จะมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 75.49-141.95 กรัม และ กลุ่มที่ 2 (น้ำหนักมาก) จะมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 180.62-228.74 กรัม ซึ่งจะมีน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 119.61±27.06 และ 202.82±16.25 กรัม ตามลำดับ พบว่า ปลากลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 155.99±37.31 และ 63.82±7.31 (mg.O_2/kg/hr) ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าปลากลุ่มที่ 1 จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยที่สูงกว่าปลาในกลุ่มที่ 2 (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคออกซิเจนกับน้ำหนักตัวปลา

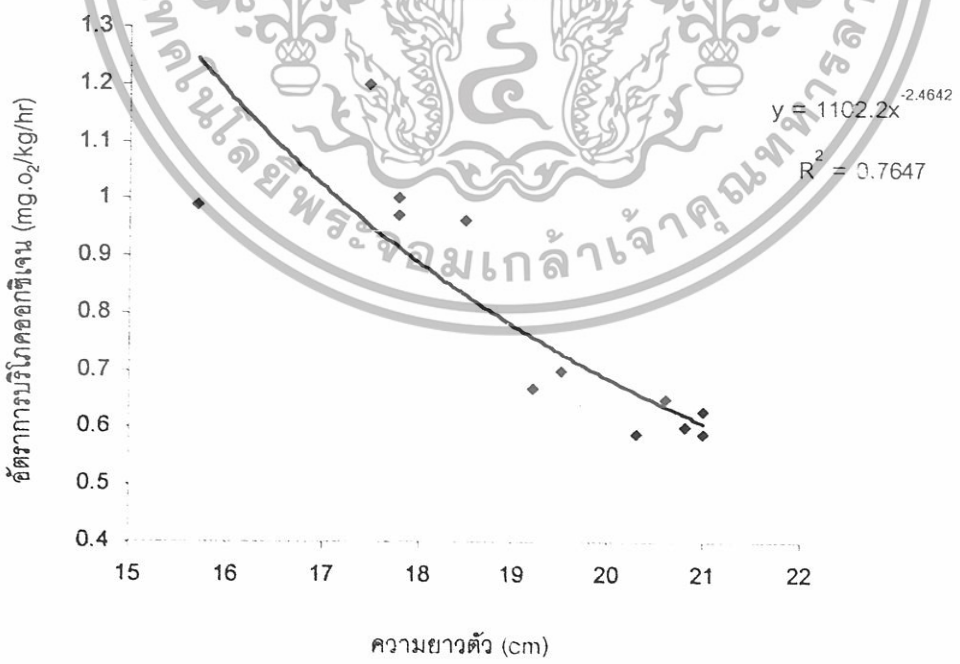
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 อัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวของปลาบู่ทราย กลุ่มที่1 และ 2

กลุ่ม	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	อัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ย ($mg.O_2$/ kg/ hr)
1	119.61±27.06	155.99±37.31
2	202.82±16.25	63.82±7.31

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคออกซิเจนกับความยาวตัวปลา

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ของความยาวตัวปลาที่มีผลต่ออัตราการบริโภคออกซิเจนในปลาบู่ทรายที่มีความยาวตัวอยู่ในช่วง 15.7-21.0 เซนติเมตร โดยมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 19.14±1.70 เซนติเมตร และอุณหภูมิของน้ำระหว่างการทดลองอยู่ในช่วง 26 -28 °C พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายจะแปรผกผันกับความยาวตัว คือ เมื่อปลาบู่ทรายมีความยาวตัวเพิ่มมากขึ้นอัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลง โดยอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยจะเท่ากับ 0.80±0.21 ($mg.O_2$/cm/hr) (ภาพที่ 4) ซึ่งผลที่ได้รับนี้จะคล้ายกับผลที่ได้รับมาจากการหาอัตราการบริโภคออกซิเจนที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวปลา



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคออกซิเจนกับความยาวตัวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้นี้สืบเนื่องมาจากปริมาณความต้องการพลังงานในปลาที่ลดลงด้วยการเพิ่มขึ้นของขนาดตัว (น้ำหนักตัวและความยาวตัวปลา) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอัตราการบริโภคออกซิเจนต่อหน่วยน้ำหนักตัวหรือความยาวตัวแล้วจะพบว่าในปลาขนาดเล็กจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สูงกว่าในปลาขนาดใหญ่ เนื่องจากในปลาที่มีขนาดเล็กนั้นจะต้องการพลังงานในปริมาณที่สูงกว่าปลาขนาดใหญ่เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตที่จะต้องมีการสร้างกล้ามเนื้อ สร้างอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ฯลฯ จึงทำให้มีอัตราการเมตาบอลิซึมที่สูง ส่งผลให้อัตราการบริโภคออกซิเจนสูงตามไปด้วย แต่ในปลาที่มีขนาดใหญ่กว่านั้นการเจริญเติบโตจะค่อยๆ ลดลงทำให้ความต้องการพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตลดลงส่งผลทำให้อัตราการเมตาบอลิซึมต่ำลงและอัตราการบริโภคออกซิเจนลดตามลงไปด้วย ซึ่งผลนี้จะสอดคล้องกับที่ Fidhiany and Winckler (1998) ที่ได้กล่าวไว้ว่า อัตราการบริโภคออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงโดยการเพิ่มขึ้นของอายุและยังสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวปลา เนื่องจากปลาที่มีอายุเพิ่มมากขึ้นโดยส่วนมากจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อทำการแบ่งปลาออกเป็น 2 กลุ่ม ตามน้ำหนักตัว ปรากฏว่าปลาในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าจะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สูงกว่าปลาในกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า ซึ่งผลที่ได้นี้จะคล้ายกับผลของ Fidhiany and Winckler (1995) ที่ได้ทำการทดลองหาผลของอัตราการบริโภคออกซิเจนที่มีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญในปลา Convict cichlid โดยทำการทดลองในน้ำที่มีอุณหภูมิ 28 °C พบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงด้วยการเพิ่มของอายุและจะแปรผันอย่างมากกับน้ำหนักตัว ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากการแบ่งปลาออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นปลาที่อยู่ในระยะก่อนการเจริญพันธุ์ซึ่งจะมีขนาดเล็ก และปลาที่อยู่ในระยะเจริญพันธุ์ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ จากการทดลองของพวกเขาพบว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยในปลาทั้ง 2 กลุ่มจะเป็น 352 ± 0.071 และ 132 ±0.051 (mg.O_2/kg /hr) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนจะให้ผลที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ปลาที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ต่ำกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก แต่อัตราการบริโภคออกซิเจนในปลา Convict cichlid นั้นจะมีแนวโน้มที่สูงกว่าปลาบู่ทรายเนื่องมาจากปลา Convict cichlid จะเป็นปลาที่มีพฤติกรรมไม่ชอบอยู่นิ่ง ชอบที่จะว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลา และเป็นปลาที่มีความว่องไวจึงทำให้มีความต้องการพลังงานในการเคลื่อนที่มากส่งผลให้ปลาต้องบริโภคออกซิเจนในปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอกับกระบวนการเมตาบอลิซึม ซึ่งจะแตกต่างจากปลาบู่ทรายที่เป็นปลาที่มีพฤติกรรมชอบอยู่นิ่งๆ มีการเคลื่อนไหวน้อย จึงทำให้ความต้องการพลังงานมีน้อย ส่งผลให้การบริโภคออกซิเจนน้อยตามไปด้วยเช่นกัน ซึ่งผลที่สูงกว่านี้ไม่ได้มีผลมาจากอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองจะใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้นี้กับการทดลองของ อุมาพร (2543) ที่ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการบริโภคออกซิเจนและอัตราเมตาบอลิซึมพื้นฐานของปลาบู่ทราย พบว่าค่าอัตราการบริโภคออกซิเจนของเขาจะเท่ากับ 64.60 ± 27.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(mg.O_2/kg /hr) โดยปลาจะมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.2005±0.088 กิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการบริโภคออกซิเจนจากการทดลองของเขาจะต่ำกว่าผลจากการทดลองของเรา เนื่องจากน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ใช้ในการทดลองของเขาจะสูงกว่า และปลาที่ใช้ในการทดลองของเขาส่วนใหญ่จะเป็นปลาที่มีขนาดโตกว่า จึงทำให้อัตราการบริโภคออกซิเจนต่ำกว่า นอกจากนี้การที่อัตราการบริโภคออกซิเจนจากการทดลองของเราสูงกว่าเป็นผลมาจากปลาที่ใช้ในการทดลองไม่ได้มีการปรับให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการทดลองก่อนที่จะทำการทดลอง จึงทำให้ปลาต้องใช้พลังงานในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในช่วงที่ทำการทดลอง

อัตราการบริโภคออกซิเจนที่ได้นี้จะเป็นค่าที่ได้จาก standard metabolic rate เนื่องจากปลาที่ใช้ในการทดลองจะไม่ได้รับอาหารจึงทำให้ไม่มีการใช้พลังงานในการย่อยและดูดซึมอาหาร และระหว่างการทดลองปลาจะอยู่ใน chamber ซึ่งเป็นระบบปิดจึงทำให้ปลาไม่มีการใช้พลังงานไปกับการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะสอดคล้องกับ Fry (1971) ที่กล่าวว่า standard metabolic rate หรืออัตราการเมตาบอลิซึมพื้นฐานนั้นจะได้รับจากปลาที่อยู่นิ่งๆ หรืออยู่ในสภาวะหลังจากที่การดูดซึมสารอาหารของปลาเสร็จสิ้นลง ดังนั้นอัตราการบริโภคออกซิเจนที่ได้จากการทดลองนี้จึงเป็นอัตราการบริโภคออกซิเจนพื้นฐานที่ใช้ในการรักษาระบบการทำงานพื้นฐานของร่างกายในสภาวะที่ปลาไม่มีการทำกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการทดลองหาอัตราการบริโภคออกซิเจนที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัวและความยาวตัวในปลาบู่ทรายที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 168.15 ± 47.39 กรัม และความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 19.14±1.70 เซนติเมตร สามารถสรุปได้ว่า

1. อัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวเท่ากับ 102.23 ± 52.80 ($mg.O_2/kg/hr$)

2. อัตราการบริโภคออกซิเจนเฉลี่ยเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวตัวเท่ากับ 0.80±0.21 ($mg.O_2/kg/hr$)

3. อัตราการบริโภคออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับน้ำหนักตัวและความยาวตัว คือ เมื่อปลาบู่ทรายมีน้ำหนักตัวและความยาวตัวเพิ่มสูงขึ้นอัตราการบริโภคออกซิเจนจะลดลง

ผลจากการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยนำไปเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการคำนวณหาปริมาณชีวพลังงานพื้นฐานที่ปลาบู่ทรายต้องการได้

ข้อเสนอแนะ

ควรจะมีการเพิ่มจำนวนของปลาบู่ที่ใช้ในการทดลอง เพราะจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และก่อนที่จะทำการทดลองควรจะมีการปรับสภาพของปลาให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกิดฉัน อมาตยกุล, วัฒนะ ลีลาภัทร, สุรางค์ สุมจิตราภรณ์, ทวี วิพุทธานุมาศ, ประดิษฐ์ ศรีภัทรประสิทธิ์ และสมพร กุลบุญ. 2538. ปลาบู่ทราย. กองประมงน้ำจืด. กรมประมง. **กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.** 89 น.

สมปอง หิรัญวัฒน์. 2523. **ชีวประวัติของปลาบู่ทราย. เอกสารวิชาการฉบับที่** 13. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. กองประมง. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 44 น.

อุมาพร ศรีผุย. 2543. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการบริโภคออกซิเจนและอัตราเมตาบอลิซึมพื้นฐานของปลาบู่ทราย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 28 น.

Dalla Via, J., P. Villani, E. Gasteiger and H. Niederstatter. 1998. Oxygen consumption in sea bass fingerling *Dicentrarchus labrax* exposed to acute salinity and temperature change: Metabolic basis for maximum stocking density estimations. Aquaculture. 169: 303-313.

Fidhiany, L. and K. Winckler. 1995. Specific oxygen consumption in two life stages of the cichlid fish *Cichlasoma nigrofasciatum*. Thermochimica Acta. 251: 283-291.

Fidhiany, 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). Comp. Biochem. Physiol. 119A: 613-619.

Fry, F.E.J. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. Cited by Schurmann, H. and J.F. Steffensen. 1997. Effects of temperature, hypoxia and activity on the metabolism of juvenile Atlantic cod. Fish Biology. 50: 1166-1180.

Jobling, M. 1994. Fish Bioenergetics. Fish and Fisheries Series, Vol. 13. Chapman & Hall. Norway. 309 pp.

Leung, K.M.Y., J.C.W. Chu and R.S.S. Wu. 1999. Effect of body weight,water temperature and ration size on ammonia excretion by the areolated grouper(*Epinephelus areolatus)* and mangrove snapper *(Lutjanus argentimaculatus)*. Aquaculture. 170: 215-227.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pichavant, K., J.P.L. Ruyet, N.L. Bayon, A. Severe, A.L. Roux, L. Ouemener and V. Maxime. 2000. Effect of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot.Aquaculture. 188.103 -114.

Schurmann, H. and J.F. Steffensen. 1997. Effects of temperature, hypoxia and activity on the metabolism of juvenile Atlantic cod. Fish Biology. 50: 1166-1180.

Van Dam, A.A. and D. Pauly. 1995. Simulation of the effect of oxygen on food consumption and growth of Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.). Acuacult. Res. 26: 427-440.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ตารางแสดงอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายต่อน้ำหนักตัว

ปลาตัวที่	น้ำหนักตัวปลา (g)	อัตราการบริโภคออกซิเจน ($mg.O_2/kg/hr$)
1	228.74	51.94
2	214.85	62.56
3	203.47	65.46
4	202.98	60.60
5	202.83	61.00
6	186.23	73.78
7	180.62	71.42
8	141.95	121.31
9	140.05	126.38
10	125.92	142.44
11	114.64	183.18
12	75.49	206.65

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ตารางแสดงอัตราการบริโภคออกซิเจนของปลาบู่ทรายต่อความยาวตัว

ปลาตัวที่	ความยาวตัวปลา (cm.)	อัตราการบริโภคออกซิเจน ($mg.O_2/cm/hr$)
1	20.3	0.59
2	20.6	0.65
3	21	0.63
4	21	0.59
5	20.8	0.60
6	19.5	0.70
7	19.2	0.67
8	17.8	0.97
9	18.5	0.96
10	17.8	1.00
11	17.5	1.20
12	15.7	0.99

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้