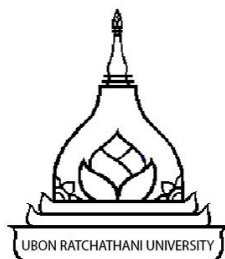


การประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็ง
(*Arius maculatus*) โดยใช้โครงสร้างแข็งที่แตกต่างกัน

เพ็ญประภา แพวิเศษ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



ESTIMATING AGE AND GROWTH OF SPOTTED CATFISH
(*Arius maculatus*) BY USING DIFFERENT HARD PARTS

PENPRAPA PHAEVISET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

MAJOR IN AGRICULTURE

FACULTY OF AGRICULTURE

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2021

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.ชัยวุฒิ กรุดพันธ์ และ ดร.วชิระ กว้างขวาง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะและความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.พิสิฐ ภูมิคง หัวหน้ากลุ่มวิชาการ กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธยา กุลกัลยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพัทลุง ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี และกองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจ ร่วมทุกข์ร่วมสุขและให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลตลอดมา และขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณามอบทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นพิเศษสำหรับความห่วยใยและกำลังใจจากครอบครัว ซึ่งเป็นที่รักยิ่ง ที่คอยห่วยใย สนับสนุนการศึกษาเพื่อรอความสำเร็จของผู้วิจัยและเป็นแรงใจสำคัญจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เพ็ญประภา แพรวิเศษ

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	: การประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็ง (<i>Arius maculatus</i>) โดยใช้โครงสร้างแข็งที่แตกต่างกัน
ผู้วิจัย	: เพ็ญประภา แพวิเศษ
ชื่อปริญญา	: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	: เกษตรศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ดร.ชัยวุฒิ กรุดพันธ์ : ดร.วชิระ กว้างขวาง
คำสำคัญ	: ปลากดหัวแข็ง, ก้านครีบแข็ง, กระดุก, การประมาณอายุ, การเติบโต

ปลากดหัวแข็ง (*Arius maculatus*, Thunberg, 1762) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของทะเลสาบสงขลา การศึกษาพลวัตประชากรและการประเมินสต็อกของสัตว์น้ำชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในสต็อกทางทะเลไม่ใช่น้ำจืด และส่วนใหญ่เป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้ข้อมูลความถี่ความยาวซึ่งผลที่ได้มีความแม่นยำต่ำ

การศึกษานี้จึงได้ศึกษาอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา โดยใช้ตัวอย่างปลา 213 ตัวอย่าง ความยาวตั้งแต่ 35 ถึง 238 มิลลิเมตร ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักบ่งบอกความสัมพันธ์แบบ Positive allometric และพบมีการขยายขนาดของส่วนแข็งจากการตรวจยืนยันอัตราส่วนเพิ่มของส่วนแข็ง (Otolith, Dorsal และ Pectoral-fin spines) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีอายุระหว่าง 0+ ถึง 6+ ปี การประมาณอายุจากผู้อ่าน 3 ท่าน พบว่า Otolith เป็นส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประมาณอายุของปลากดหัวแข็ง และการศึกษาจากแบบจำลอง 3 แบบ (von Bertalanffy, Gompertz และ Logistic) พบว่าแบบจำลอง von Bertalanffy สามารถอธิบายการเติบโตของปลาชนิดนี้ในทะเลสาบสงขลาได้ดีที่สุด โดยพบค่าความยาวอนันต์ เท่ากับ 290.87 มิลลิเมตร และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต เท่ากับ 0.166 ต่อปี

ผลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบสภาวะทรัพยากรปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา และข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองสำหรับการประเมินสต็อกปลาต่าง ๆ และพารามิเตอร์การเติบโตสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับปลากดหัวแข็งในสต็อกอื่น ๆ ได้ ตลอดจนนำไปใช้ในการจัดการทรัพยากรประมงเพื่อให้มีทรัพยากรปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาไว้ใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ABSTRACT

TITLE : ESTIMATING AGE AND GROWTH OF SPOTTED CATFISH
(*Arius maculatus*) BY USING DIFFERENT HARD PARTS

AUTHOR : MISS. PENPRAPA PHAEVISET

DEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : AGRICULTURE

ADVISOR : PROF. TUANTHONG JUTAGATE, Ph.D.

CO ADVISOR : CHAIWUT GRUDPAN, Ph.D.
: WACHIRA KWANGKHANG, Ph.D.

KEYWORDS : *Arius maculatus*, FIN SPINE, OTOLITH, AGE ESTIMATION, GROWTH

The spotted catfish (*Arius maculatus*, Thunberg, 1762) is an economically important fish in Songkhla Lake. Population dynamics studies and stock assessments of most species have focused on marine but not freshwater stocks. Most preliminary data were collected using length-frequency data which resulted in low accuracy.

In this study, the age and growth of *Arius maculatus* in Songkhla Lake were examined. 213 fish samples, ranging in length from 35 to 238 millimeters TL, were used. The length-weight relationship indicated a positive allometric relationship for this population, and the hard parts involved an enlarged otolith assay, dorsal and pectoral-fin spines. Marginal increment ratio analysis confirmed that an annulus was deposited once a year on all three hard parts. All of the samples were aged between 0+ and 6+ years. Age estimations from 3 readers found that Otolith was the most suitable aspect for estimating the age. A study from three growth models (von Bertalanffy, Gompertz and logistics) found that the von Bertalanffy model best described the growth of this fish in Songkhla Lake. The asymptotic length obtained was 290.87 mm TL and the relative growth rate parameter was 0.166 year⁻¹.

All the results obtained from this study will be applied as inputs for fish stock assessment models. The study illustrated the situation of *Arius maculatus* resources in Songkhla Lake and basic information about their proper utilization levels. The results of this study can be applied to models for estimating various fish stocks and parameters

for other *A. maculatus* stocks in other fisheries. The findings can be used as a reference for resource management in order to preserve sustainable *A. maculatus* stocks in Songkhla Lake.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 คำถามการศึกษา	5
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	5
1.4 สมมติฐานการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 ขอบเขตการศึกษา	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการประมง	7
2.2 การประมงในทะเลสาบสงขลา	8
2.3 อนุกรมวิธาน และชีววิทยาบางประการของปลากดหัวแข็ง	10
2.4 การประมาณอายุและการเติบโตของปลา	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 พื้นที่การศึกษา	17
3.2 การเก็บตัวอย่าง เตรียมตัวอย่าง และการอ่านอายุ	18
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก	23
4.2 การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง	24
4.3 การเปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุ	25
4.4 การประมาณอายุและการเติบโต	28
บทที่ 5 อภิปรายผล	
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก	32
5.2 การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง	32
5.3 การเปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุ	33
5.4 การประมาณอายุและการเติบโต	34
5.5 สรุป	34
5.6 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	
ก คำสั่งสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R	46
ข กิจกรรมการปฏิบัติงานภาคสนาม	51
ค บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ	56
ประวัติผู้วิจัย	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลจับสัตว์น้ำชนิดเด่น 6 อันดับแรก จากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา ปี 2559 ถึง 2563	4
2	ความเที่ยงของการอายุปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	26
3	อายุที่ประมาณได้จากส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	27
4	พารามิเตอร์การเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผลจับสัตว์น้ำจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลาปี 2559 ถึง 2563	2
2	ผลจับปลากดหัวแข็งจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลาปี 2559 ถึง 2563	3
3	ลักษณะทั่วไปของปลากดหัวแข็ง	10
4	เส้นโค้งการเติบโตในรูปของความยาวที่ประมาณได้จากแบบจำลอง von Bertalanfy	15
5	แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	17
6	การกระจายความถี่ความยาวของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	23
7	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	24
8	การขยายขนาดของส่วนแข็งของวงปีของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา	25
9	ภาพตัดขวางของ 3 ส่วนแข็งของปลากดหัวแข็ง	26
10	อคติของอายุระหว่างส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	28
11	กราฟการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตามแบบจำลองการเติบโต	30

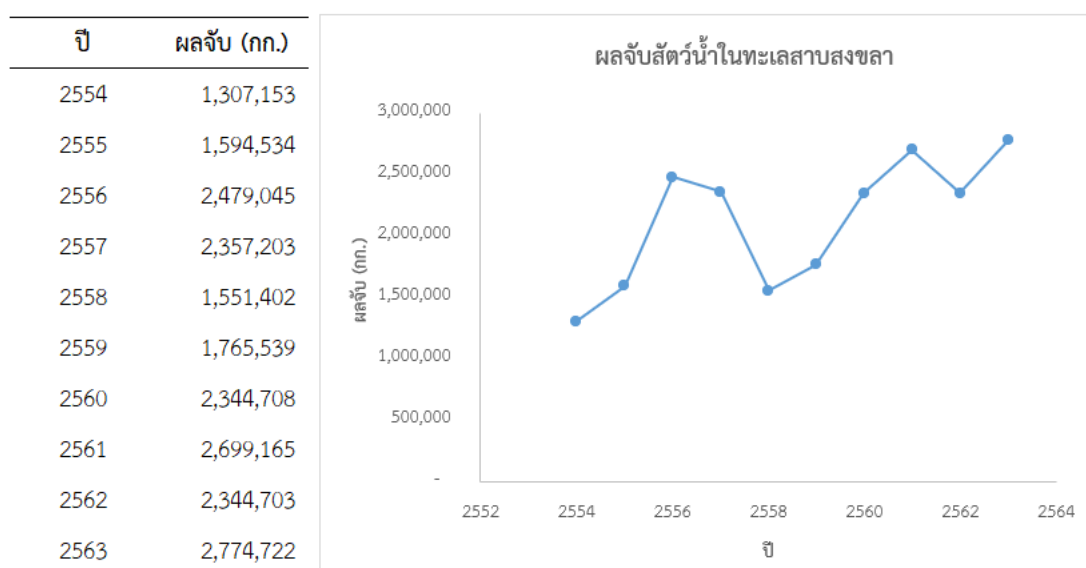
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ติดต่อกับพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา มีพื้นที่ประมาณ 8,729 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยแผ่นดิน 7,687 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ทะเลสาบ 1,042 ตารางกิโลเมตร ความยาวจากเหนือจรดใต้ประมาณ 150 กิโลเมตร และจากตะวันออกจรดตะวันตกประมาณ 65 กิโลเมตร (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคณะ, 2548: 1-122) ซึ่งแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้เป็น 4 ส่วน คือ ทะเลน้อยซึ่งอยู่เหนือสุดมีสภาพเป็นน้ำจืด ถัดลงมาเป็นทะเลสาบตอนบนหรือทะเลหลวง ทะเลสาบตอนกลาง และใต้สุดเป็นทะเลสาบตอนล่างหรือตอนนอก ซึ่งเชื่อมต่อกับอ่าวไทยบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ทำให้น้ำและระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลาได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ด้วยระบบนิเวศที่ซับซ้อนทะเลสาบสงขลาจึงเป็นแหล่งน้ำที่มีความหลากหลายทางชีวภาพทั้งสัตว์น้ำและพืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงทะเลสาบสงขลายังเป็นแหล่งรองรับน้ำจืดจากลำคลองหลายสาย รวมถึงน้ำที่ไหลจากแผ่นดินจะไหลรวมกันที่ทะเลสาบสงขลา ก่อนไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทย ดังนั้น ทะเลสาบสงขลาจึงถือได้ว่าเป็นทะเลสาบสามน้ำ ประกอบด้วย น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ซึ่งความเค็มของน้ำจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล และความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา โดยปกติในทะเลน้อยและทะเลสาบสงขลาตอนบนจะเป็นน้ำจืด ทะเลสาบสงขลาตอนกลางจะเป็นน้ำจืดถึงกร่อยและทะเลสาบสงขลาตอนล่างจะเป็นน้ำกร่อยถึงเค็มตามสัดส่วนการผสมกันระหว่างน้ำเค็มกับน้ำจืดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความผันแปรของฤดูกาล ในฤดูแล้งน้ำจืดจะไหลลงสู่ทะเลสาบในปริมาณน้อยทำให้น้ำเค็ม รุกเข้ามาในทะเลสาบเป็นผลให้ทะเลสาบมีลักษณะเป็นสามน้ำอย่างชัดเจน ส่วนในฤดูฝนมีน้ำท่ามากจึงดันน้ำเค็มออกจากทะเลสาบจนเกือบหมดน้ำจึงเป็นน้ำจืดเกือบทั้งทะเลสาบยกเว้นบริเวณที่ใกล้ ปากทะเลสาบเท่านั้นที่ยังเป็นน้ำกร่อย Chesoh and Lim (2008: 335-340) สำรวจพบปลาในทะเลสาบสงขลาและแหล่งน้ำใกล้เคียง 327 ชนิด ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และลออ ชูศรีรัตน์ (2544: 1-21) ได้รายงานการสำรวจพบพันธุ์ปลาในทะเลสาบสงขลาเพิ่มเป็น 446 ชนิด ความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา เป็นรากฐานสำคัญของการดำรงชีวิตและการผลิตทางเศรษฐกิจของประชาชนบริเวณลุ่มน้ำการสำรวจประสิทธิภาพเครื่องมือทำการประมงและประเมินการใช้ทรัพยากรสัตว์น้ำจากลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในปี 2527-2529 พบว่า ผลจับสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา มีค่าเฉลี่ย 12,292.6 ตัน/ปี (สิริ ทุกขวินาศ และคณะ, 2529: 1-13) แต่จากการสำรวจผลจับสัตว์น้ำจากท่าขึ้นสัตว์น้ำรอบ

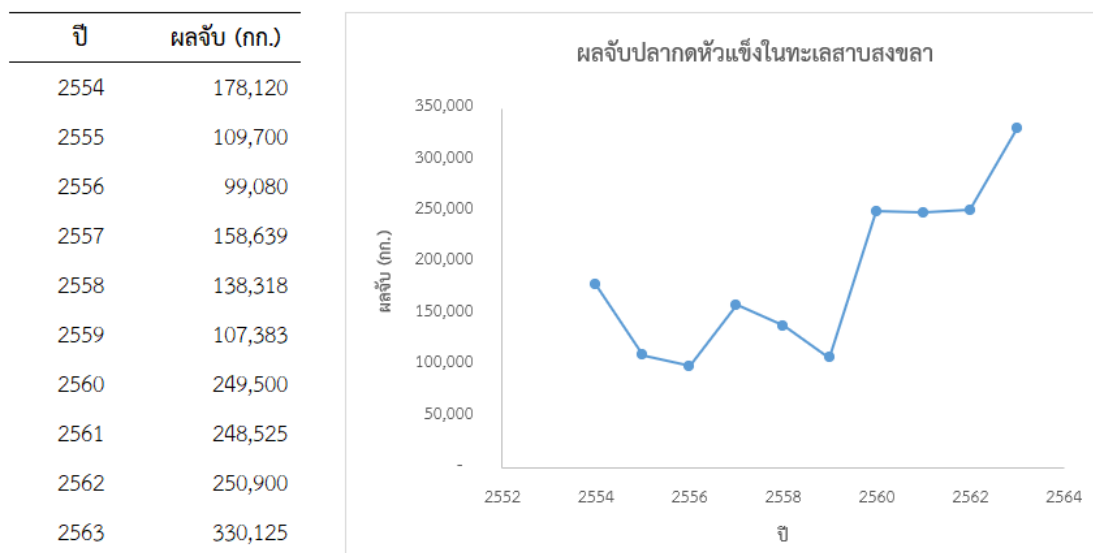
ทะเลสาบสงขลา ปี 2559 ถึง 2563 (คณะทำงานดำเนินงานโครงการตามแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในด้านการประมง, 2565: เว็บไซต์) พบว่าผลจับสัตว์น้ำลดลงจากอย่างมากเมื่อเทียบกับการศึกษาของ สิริ ทุกข์วินาศ และคณะ, (2529: 1-13) ตามภาพที่ 1 ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทรัพยากรสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาลดลงทั้งชนิดและปริมาณ อาจเนื่องมาจากการใช้เครื่องมือประมงที่ผิดกฎหมาย เช่น ผลการศึกษาของไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และลออ ชูศรีรัตน์ (2544: 1-21) ที่สำรวจทรัพยากร สัตว์น้ำด้วยเครื่องมือโพงพางในทะเลสาบสงขลาในปี 2521-2522 พบว่าสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมดมีขนาดเล็ก สอดคล้องกับคณิต ไชยาคำ และคณะ (2525: 1-22) ที่สำรวจพบการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนรุนบริเวณทะเลสาบตอนนอกในปี 2523-2524 พบว่าสัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก จึงเป็นการยืนยันถึงการทำลายล้างพันธุ์สัตว์น้ำของเครื่องมือทั้ง 2 ประเภท และจากการศึกษาการประเมินผลจับสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาของอังสุณีย์ ชูณหปราณ และคณะ (2539: 1-32) ในปี 2537-2538 จากสภาพการทำประมงและผลการจับสัตว์น้ำของเครื่องมือประมงแต่ละชนิดจากการลงแรง พบว่าผลรวมของการจับสัตว์น้ำรวมของทั้งลุ่มน้ำเฉลี่ย 9,634.2 ตันต่อปี ซึ่งลดลง 21.63% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้มีการศึกษาในปี 2527-2529



ภาพที่ 1 ผลจับสัตว์น้ำจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา ปี 2559 ถึง 2563

ปลากดหัวแข็ง (Spotted catfish) จัดอยู่ในวงศ์ Ariidae ซึ่งมีมากกว่า 140 สายพันธุ์และส่วนใหญ่พบในน้ำทะเล (Pauly and Froese, 2021: 2204-2210) แต่อย่างไรก็ตามบางชนิดสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายตั้งแต่ น้ำจืดถึงน้ำที่มีความเค็มต่ำรวมถึงปลากดหัวแข็ง ปลากดหัวแข็ง

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Arius maculatus* เป็นสัตว์น้ำที่พบว่าการแพร่กระจายอย่างแพร่หลายในภูมิภาคอินโด-แปซิฟิกตะวันตก (Rainboth, 1996: 1-265) และได้มีการรายงานว่าเคยพบปลาชนิดนี้มีความยาวสูงสุดถึง 80 เซนติเมตร แต่ความยาวที่มักพบโดยทั่วไปนั้น พบว่ามีความยาวสูงสุดอยู่ที่ 30 เซนติเมตร (Pauly and Froese, 2021: 2204-2210) ปลาชนิดนี้มีระดับโภชนาการอยู่ที่ประมาณ 3.4 ± 0.46 ซึ่งบ่งบอกถึงพฤติกรรมว่าเป็นสัตว์กินเนื้อ โดยส่วนใหญ่จะกินสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำดินเป็นอาหาร (Angsupanich et al., 2005: 391-402) และถือว่าเป็นสัตว์น้ำที่มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศที่พวกมันอาศัยอยู่ ปลาตกหัวแข็งนับเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นทะเลสาบธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และทะเลสาบสงขลาถือได้ว่าเป็นแหล่งสร้างรายได้หลักให้แก่ชาวประมงรอบทะเลสาบสงขลา เนื่องจากมีผลจับจากการทำการประมงสูงและสามารถจับได้ตลอดทั้งปี โดยจากการสำรวจผลจับปลาตกหัวแข็งจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลาในปี 2554 ถึง 2563 พบว่าผลจับในปี 2554 ถึง 2559 มีความผันผวนอยู่ระหว่าง 107,383 ถึง 178,120 กิโลกรัมต่อปี และตั้งแต่ปี 2560 เป็นต้นไปพบว่าปริมาณผลจับสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถึง 330,125 กิโลกรัมต่อปี ตามภาพที่ 2 ซึ่งปริมาณผลจับปลาตกหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาขึ้นจัดอยู่ในอันดับที่ 1-6 ของชนิดสัตว์น้ำขึ้นทำ ตามตารางที่ 1 สำหรับราคาปลาตกหัวแข็งปัจจุบันมีราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 40-120 บาท ขึ้นอยู่กับขนาดของปลา ส่วนปลาขนาดเล็กจะแปรรูปเป็นปลาตากแห้งและเคยปลาส่งขายไปยังตลาดทั่วภูมิภาค



ภาพที่ 2 ผลจับปลาตกหัวแข็งจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา ปี 2559 ถึง 2563

ตารางที่ 1 ผลจับสัตว์น้ำชนิดเด่น 6 อันดับแรกจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา
ปี 2559 ถึง 2563

อันดับ ที่	ปี 2559		ปี 2560		ปี 2561		ปี 2562		ปี 2563	
	ชนิด	ปริมาณ(กก.)	ชนิด	ปริมาณ (กก.)	ชนิด	ปริมาณ (กก.)	ชนิด	ปริมาณ (กก.)	ชนิด	ปริมาณ (กก.)
1	กุ้งทะเลขาว	315,545	ปลากดหัวแข็ง	249,500	กุ้งหัวมัน	264,375	กุ้งทะเลขาว	29,940	กุ้งทะเลขาว	336,725
2	กุ้งหัวมัน	188,573	กุ้งกะต้อม	216,425	ปลากดหัวแข็ง	248,525	กุ้งหัวมัน	265,425	ปลากดหัวแข็ง	330,125
3	กุ้งกะต้อม	184,150	กุ้งทะเลขาว	156,050	กุ้งกะต้อม	149,700	ปลากดหัวแข็ง	250,900	กุ้งหัวมัน	195,726
4	ปลาช่อน	129,975	กุ้งหัวมัน	136,600	กุ้งทะเลขาว	140,350	กุ้งทะเล	157,875	กุ้งทะเล	124,325
5	ปลาคูททะเล	109,313	ปลาคูททะเล	134,875	ปลาคูททะเล	137,163	กุ้งกะต้อม	146,562	ปลากดหัวอ่อน	134,325
6	ปลากดหัวแข็ง	107,383	ปลาช่อน	129,650	ปลาช่อน	132,250	ปลากดหัวอ่อน	117,100	ปลานิล	134,012

การจัดการประมงที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสถานะของกลุ่มประชากร (stock) และพลวัตของจำนวนประชากรของสายพันธุ์ปลาเป้าหมาย โดยเฉพาะการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตที่ถือว่ามีความสำคัญต่อการติดตามสถานะกลุ่มประชากร (stock) ของสัตว์น้ำ ตลอดจนการประเมินตามมาตรการจัดการทรัพยากรประมง ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อรักษาความสมบูรณ์ของกลุ่มประชากร (stock) ปลา (Zhang et al., 2020: 1-17) ในการประมาณค่าการเติบโตจำเป็นต้องมีข้อมูลอายุที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีแต่การนับวงแหวนการเติบโตของชิ้นส่วนแข็งนั้นพบได้บ่อยที่สุด และน่าเชื่อถือที่สุด (Vitale et al., 2019: 1-180) โดยศึกษาจากโครงสร้างส่วนแข็งภายในร่างกาย เช่น Otoliths, Vertebrae และ Urohyal bone และโครงสร้างส่วนแข็งภายนอก ร่างกาย เช่น เกล็ด กระดูกรอบคอ เจริญ และครีบ ฯลฯ ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถระบุอายุของปลาได้ (Campana et al. 2001: 197-242; Morioka et al. 2019: 667-675; Phomikong et al. 2019: 43-54) โดยวงแหวนการเติบโตนั้นเกิดจากความผันแปรของอุณหภูมิของน้ำจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้ส่วนแข็งของร่างกายสัตว์น้ำเกิดวงปีที่สามารถใช้หาค่าอายุของสัตว์น้ำนั้น ๆ ได้ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอัตราการสะสมของแคลเซียมในแต่ละวันในแต่ละช่วงฤดูกาลของปีทำให้เกิด ร่องรอยสว่าง (Hyaline-ring) และร่องรอยทึบ (Opaque-ring) สลับกันไปในแต่ละปี ทำให้สามารถนับจำนวนวงปีได้ (Morales-Nin, 1992: 1-51; Isley and Grabowski, 2007: 187-228) การประมาณค่าอายุของสัตว์น้ำโดยการอ่านอายุจากส่วนแข็งของร่างกายสัตว์น้ำในเขตร้อนเริ่มพัฒนาในช่วงปี 1970 เมื่อมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นว่าการเกิดวงปีสามารถพบได้ในสัตว์น้ำในเขตร้อน เช่นเดียวกับกับสัตว์น้ำในเขตอบอุ่น (Morales-Nin, 1989: 241-253) หรือในบางกรณีอาจสามารถใช้ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงอายุของสัตว์น้ำในการศึกษาอายุและการเติบโตได้ (Lou et al., 2007: 216-227; Britton and Blackburn, 2014: 147-151) สำหรับส่วนแข็งของร่างกายสัตว์น้ำ โดยเฉพาะ ปลาที่นิยมนำมาใช้ได้แก่กระดูกหู นอกจากนี้อาจจะใช้ส่วนแข็งอื่น ๆ เช่น เกล็ด กระดูกกระดูกซี่โครง ก้านครีบอ่อน และก้านครีบแข็ง เพื่อลดการสูญเสียของปลาตัวอย่างได้ (Zhu et al., 2017: 1-28)

การศึกษาอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา โดยใช้โครงสร้างส่วนแข็งที่ต่างกัน เป็นการศึกษาเพื่อทราบอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็ง โดยการเปรียบเทียบโครงสร้างส่วนแข็งของร่างกายที่เหมาะสม ถูกต้อง และแม่นยำที่สุด เพื่อใช้ส่วนแข็งนั้นในการประมาณค่าอายุและการเติบโต ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรประมงปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

1.2 คำถามการศึกษา

ความเข้าใจเกี่ยวกับอายุและการเติบโตของปลามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของการอนุรักษ์และการจัดการทรัพยากรประมง ซึ่งการศึกษาอายุและการเติบโตของปลาในเขตร้อนส่วนใหญ่จะใช้วิธีการแปลงข้อมูลความถี่ความยาว แต่อย่างไรก็ตามยังมีรายงานว่าปลาเขตร้อนสามารถใช้วงแหวนการเติบโตที่โครงสร้างแข็งของร่างกายในการประมาณอายุและการเติบโตได้หลายชนิด เช่น ใน Otolith ของปลาขนาดเล็กในแม่น้ำโขงตอนล่าง และมีรายงานการเพิ่มขนาดของวงแหวนการเติบโตใน Otolith ของปลาเขตร้อนขนาดใหญ่ แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้ส่วนแข็ง (Hard Parts) ในการประมาณอายุและการเติบโตกับปลาน้ำจืดในเขตร้อน โดยเฉพาะปลากดหัวแข็งซึ่งเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของชุมชนรอบทะเลสาบสงขลา เนื่องจากสามารถทำการประมงได้ตลอดทั้งปี และพบว่าผลจับปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตั้งแต่ปี 2559 มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยยังไม่มี การควบคุมหรือการกำหนดมาตรการการจัดการประมงที่เหมาะสม เนื่องจากหากมีการจับอย่างไม่จำกัดนั้น อาจทำให้เกิดการทำการประมงจนเกินศักยภาพการผลิตของแหล่งน้ำ (Overfishing) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับอายุและการเติบโต เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรประมงที่เหมาะสม เพื่อสามารถใช้ประโยชน์ทรัพยากรได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทราบถึงอายุ และการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

เพื่อเปรียบเทียบการใช้ส่วนแข็งต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อประมาณอายุ และการเติบโตของปลากดหัวแข็ง

1.4 สมมติฐานการวิจัย

ปลากดหัวแข็งเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นอาหารที่สำคัญในท้องถิ่น ปัจจุบันพบว่ามีทำการประมงสูงทำให้ปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง รวมถึงมีการศึกษาเกี่ยวกับอายุและการเติบโตน้อยมาก อย่างไรก็ตามมีรายงานพบผลจับจำนวนมากบริเวณชายฝั่งทะเลทางตอนใต้ของใต้หวัน และมีการเก็บข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้ความถี่ความยาวในการประเมินการเติบโต ซึ่งผลที่ได้ไม่ค่อย

แม่นยำนัก จึงมีรายงานว่าควรใช้วิธีการอื่นที่แม่นยำกว่า เช่น การอ่านวงแหวนการเติบโตของส่วนแข็งในการประมาณอายุและการเติบโตแทน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลามีปริมาณมากขึ้นจนถึงจุดสมดุล ชาวประมงสามารถทำการประมงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพการจับ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสต็อกของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา เป็นผลให้สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างยั่งยืน ส่งผลถึงชาวประมงมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและมีรายได้เพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืน

1.6 ขอบเขตการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาจากส่วนแข็งของร่างกาย ได้แก่ กระดุกหู (Otoliths) ก้านครีบแข็งครีบหลัง (Dorsal fin-spine) และก้านครีบแข็งครีบอก (Pectoral fin-spine) ในระหว่างเดือนธันวาคม 2562 ถึง ตุลาคม 2563 เพื่อประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทรัพยากรประมง

การจัดการประมง คือ ธุระหรือหน้าที่ในการดำเนินการควบคุมและจัดการบริหารทรัพยากรสัตว์น้ำให้มีประสิทธิภาพและได้ประโยชน์สูงสุด ซึ่ง FAO (1997: 1-82) ได้ให้คำจำกัดความของการจัดการทรัพยากรประมงไว้ว่าเป็นขบวนการแบบบูรณาการในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ วางแผน ให้คำปรึกษา ตัดสินใจ และจัดสรรแนวทางและรูปแบบการใช้ทรัพยากรประมง เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติโดยการกำหนดมาตรการต่าง ๆ มาใช้ควบคุมการทำการประมง เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ถึงความสามารถในการผลิตของทรัพยากรและสามารถนำทรัพยากรใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน จึงกล่าวอย่างสรุปได้ว่าการจัดการประมง คือ การทำการควบคุมปริมาณผลจับสัตว์น้ำเพื่อให้ได้ผลจับที่สอดคล้องกับระดับสต็อกสัตว์น้ำในธรรมชาติที่เหลืออยู่ ให้สามารถเติบโตและผลิตสัตว์น้ำรุ่นใหม่มาทดแทนส่วนที่ถูกจับไปได้อย่างเหมาะสม

การจัดการประมงจะเกี่ยวเนื่องกับความผันแปรของสภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในระยะยาวที่อาจเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการก่อกมลภาวะต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ (FAO (2002: 1-156) นอกจากนี้ในการจัดการประมงจะต้องสร้างความเชื่อมั่นในเรื่องความมั่นคงด้านอาหารและวิถีชีวิตของชุมชนที่จะได้รับประโยชน์จากทรัพยากรประมงนั้น ๆ โดยการทำการประมงให้เหมาะสมต่อระดับการผลิตของสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ ให้ดีที่สุด

ทรัพยากรประมงจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถทดแทนที่ส่วนที่สูญเสียได้ (renewable resource) แต่ปัจจุบันกลับพบว่าทรัพยากรประมงที่ยังสามารถเพิ่มระดับการลงแรงประมงได้อีก (under-exploited) มีน้อยมาก โดยส่วนใหญ่ใกล้จะอยู่ในระดับที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ (fully exploited) หรืออยู่ในระดับที่เกินขนาดไปแล้ว (over-exploited) โดยจากการประเมินล่าสุดขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 (FAO, 2012: 1-209) พบว่าร้อยละ 30 ของ stock สัตว์น้ำทั่วโลกอยู่ในสภาวะการประมงเกินขนาด ในขณะที่ร้อยละ 57 อยู่ในสภาวะใกล้กับสภาวะการประมงเกินขนาด และมีเพียงร้อยละ 13 เท่านั้น ที่อาจพิจารณา

ได้ว่าอยู่ในสภาวะที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสต็อกของสัตว์น้ำอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้ขนาดของสต็อกจึงลดลงจนเกินขนาดและอาจถึงขั้นเสื่อมโทรมพันธุ์ (stock depletion) กล่าวคือมีสัตว์น้ำเหลืออยู่น้อยมากจนไม่สามารถแพร่พันธุ์และเติบโตเพื่อเพิ่มปริมาณในสต็อกจนมีปริมาณเท่าเดิมได้ภายในระยะเวลาอันสั้น (ปรีชา สมมติ, 2520: 1-46) ทำให้เห็นได้ว่าความเชื่อของนักชีววิทยาประมงหลาย ๆ ท่านในอดีตที่ว่าสัตว์น้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีปริมาณสูงกว่าส่วนที่มนุษย์สามารถนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ และสามารถจะจับขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้โดยไม่มีวันหมด (inexhaustible) ไม่เป็นความจริงอีกต่อไป เนื่องจากสภาวะการประมงที่เกินขนาดในปัจจุบันนั่นเอง โดยจากการศึกษาพบว่าหลาย ๆ สต็อกของสัตว์น้ำที่มีการล่มสลายและเสื่อมโทรมพันธุ์ เช่น Peruvian anchoveta, northern cod, New England groundfish และ Atlantic swordfish เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการที่ไม่มีการจัดการประมงที่ดี (Buckworth, 1998: 3-17)

ในอดีตเป้าหมายหลักในการจัดการทรัพยากรประมงอยู่ที่การอนุรักษ์สัตว์น้ำ แต่ปัจจุบันพบว่าการจัดการทรัพยากรประมงนั้น ได้ครอบคลุมถึงเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการประมง ดังนั้นการใช้ทรัพยากรประมงต้องใช้อย่างคุ้มค่า กล่าวคือสามารถทำการประมงได้ถึงจุดสูงสุดที่สามารถทำการประมงได้โดยไม่กระทบต่อสต็อกของสัตว์น้ำและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดพร้อมกับการจัดการการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสมด้วยการผสมผสานระหว่างการจัดการระบบนิเวศและการจัดการประมง ทั้งนี้เพื่อให้ได้การจัดการทรัพยากรประมงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Berkes et al., 2001: 1-309)

2.2 การประมงในทะเลสาบสงขลา

วารินทร์ ธนาสมหวัง และอรัญญา อัครวารีย์ (2555: 1-44) ได้ศึกษาสภาวะการทำการประมงและผลการจับสัตว์น้ำของทะเลสาบสงขลาในปี 2554 และ 2555 (หลังการฟื้นฟูทรัพยากรประมงในทะเลสาบสงขลา) พบว่าชาวประมงมีการใช้เครื่องมือในการจับสัตว์น้ำมีทั้งหมด 13 ชนิด ได้แก่ ข่ายแห ไชนั้ง เบ็ด โพงพาง ไชนอน ไชปลา ลอบปู โม่ระระ ไชกึ่งนา ยอ แนน และกระบอกไม้ไผ่ โดยเครื่องมือที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ไชนอน ข่าย และเบ็ด โดยในปี 2554 และ 2555 พบปริมาณผลการจับสัตว์น้ำอยู่ที่ 12,564.26 ตัน และ 14,146.24 ตัน ตามลำดับ โดยเครื่องมือที่จับสัตว์น้ำได้มากที่สุด ได้แก่ ข่าย 6,752.40 ตัน และ 5,936.53 ตัน ตามลำดับ โดยในปี 2554 เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำมากที่สุด ได้แก่ ยอ และแหซึ่งมีผลการจับต่อหน่วยการลงแรง (CPUE) เฉลี่ย 0.850 และ 0.251 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และในปี 2555 เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจับมากที่สุด ได้แก่ แห ลอบปู และโพงพาง ซึ่งมีผลการจับสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรง (CPUE) เฉลี่ย 0.233, 0.153 และ 0.113 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ การสำรวจชนิดและปริมาณสัตว์น้ำที่หาขึ้นสัตว์น้ำทั้ง 50 ทำรอบทะเลสาบสงขลาปรากฏว่าในปี 2554 สัตว์น้ำที่มีการซื้อขายระหว่างแม่ค้ากับชาวประมง

รวม 52 ชนิด ปริมาณรวม 1,373.45 ตัน ในปี 2555 สัตว์น้ำที่มีการซื้อขายระหว่างแม่ค้ากับชาวประมงมี 75 ชนิด ปริมาณทั้งสิ้น 1,586.70 ตัน โดยสัตว์น้ำที่มีการซื้อขายที่ท่าขึ้นสัตว์น้ำในปี 2554 และ 2555 เป็นสัตว์น้ำที่มีการปล่อยลูกพันธุ์ลงในทะเลสาบในปี 2553-2555 จำนวน 13 ชนิด จากที่ปล่อยจำนวนทั้งสิ้น 19 ชนิด โดยเป็นสัตว์น้ำที่มีการซื้อขายในปี 2554 จำนวน 10 ชนิด และในปี 2555 จำนวน 12 ชนิด แต่ชนิดที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจนจากการปล่อยลูกพันธุ์ในทะเลสาบ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย ปลาดุกอูย ปลาดูเกียขาว ปลาแขยงนวล และปลานวลจันทร์น้ำจืด

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา เป็นรากฐานสำคัญของการดำรงชีวิตที่นำมาสู่ผลผลิตทางเศรษฐกิจของประชาชนบริเวณลุ่มน้ำ ซึ่งจากการสำรวจประสิทธิภาพเครื่องมือทำการประมงและประเมินการใช้ทรัพยากรสัตว์น้ำจากลุ่มน้ำทะเลสาบ ในปี 2527-2529 พบผลการจับสัตว์น้ำเฉลี่ย 12,292.6 ตันต่อปี (สิริ ทุกชีวินาศ และคณะ, 2529: 1-13) อย่างไรก็ตาม ทรัพยากรประมงที่อุดมสมบูรณ์ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตทางเศรษฐกิจอย่างมากและต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน โดยปราศจากการจัดการและฟื้นฟูทรัพยากรที่เหมาะสม การขยายตัวของชุมชนรอบทะเลสาบสงขลา ตลอดจนการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำทั้งสิ้น ทำให้ศักยภาพการผลิตของทะเลสาบสงขลาถดถอยลงอย่างมาก นอกจากนี้การใช้เครื่องมือประมงที่ผิดกฎหมายก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้จำนวนชนิดและปริมาณผลผลิตสัตว์น้ำลดลง ดังผลการศึกษาของไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณะ (2544: 1-21) ที่สำรวจทรัพยากรสัตว์น้ำโดยใช้เครื่องมือโพงพางในทะเลสาบสงขลาปี 2521-2522 พบว่าสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งปลาและกุ้งมีขนาดเล็กทั้งหมดหรือผลการศึกษาของคณิต ไชยาคำ และคณะ (2525: 1-22) ที่สำรวจผลการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนรุนบริเวณทะเลสาบตอนนอกในปี 2523-2524 ปรากฏว่าสัตว์น้ำที่จับได้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการยืนยันถึงการทำลายล้างพันธุ์สัตว์น้ำของเครื่องมือทั้ง 2 ประเภท อังสนีย์ ชุนหปราน และคณะ (2539: 1-32) ได้ประเมินผล การจับสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาปี 2537-2538 โดยศึกษาจากสภาพการทำประมง และผลการจับสัตว์น้ำของเครื่องมือประมงแต่ละชนิดจากการลงแรงประมง ซึ่งผลการจับสัตว์น้ำรวมของทั้งลุ่มน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 9,634.2 ตันต่อปี โดยลดลง 21.63% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้มีการศึกษาในปี 2527-2529 การลดลงของทรัพยากรประมงส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตและคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่

2.3 อนุกรมวิธาน และชีววิทยาบางประการของปลากดหัวแข็ง

2.3.1 อนุกรมวิธาน

การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของปลากดหัวแข็งสามารถจัดลำดับตาม The Integrated Taxonomic Information System ได้ดังนี้

Kingdom Animalia

Phylum Chordata

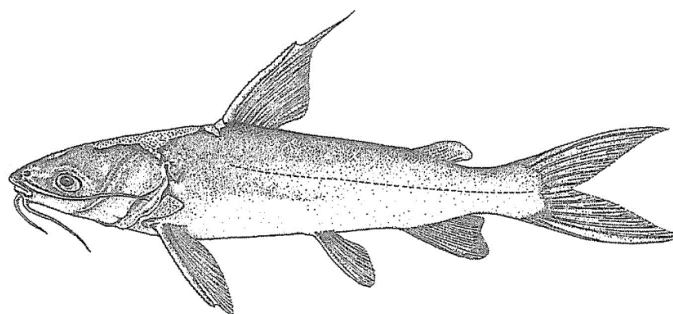
Class Teleostei

Order Siluriformes

Family Ariidae

Genus Arius

Species *Arius maculatus* (Thunberg, 1792)



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของปลากดหัวแข็ง

ที่มา: Rainboth, W.J. (1996: 1-265)

2.3.2 ลักษณะรูปร่าง ที่อยู่อาศัย และการแพร่กระจาย

ปลากดหัวแข็งจัดอยู่ในกลุ่มปลาหนังที่มีครีบหลังยกสูงมีก้านครีบอ่อน 7 ก้าน และมีก้านครีบแข็งและคม 1 ก้าน เช่นเดียวกับครีบอก ครีบกันสั่นและมีก้านครีบอ่อน 16-30 ก้าน ครีบไขมันมีขนาดใหญ่ ครีบหางเว้าลึก และมีหนวด 3 คู่ อยู่ที่ริมฝีปากบน 1 คู่ ริมฝีปากล่าง 1 คู่ และที่คาง 1 คู่ ซึ่งเป็นปลาที่หากินตามพื้นน้ำ สามารถพบได้ทั่วเขตอบอุ่นของโลก ทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย การสืบพันธุ์จะมีการปฏิสนธิภายนอก ร่างกาย ไข่ปลากดหัวแข็งมีขนาดใหญ่ เมื่อมีการปฏิสนธิแล้วตัวผู้จะอมและฟักไข่ในช่องกระพุ้งแก้ม ในระหว่างการฟักไข่ ตัวผู้จะอดอาหารซึ่งบางครั้งทำให้อาจกลืนกินไข่หนึ่งหรือสองฟองเพื่อรักษาระดับการเผาผลาญ ตัวอ่อนที่ฟักออกมาในระยะแรกจะเริ่มกินอนุภาคต่าง ๆ ที่เข้ามาในปากในขณะที่ปลาตัวผู้หายใจเข้า (Froese and Pauly, 2013: Web-site)

ซีตียาเราะห์ สะอะ และคณะ (2560: 83-97) รายงานว่าในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคมของทุกปี มักพบปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลามากกว่าปลาชนิดอื่น ๆ เนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล จึงมักพบปลาชนิดนี้มากในช่วงฤดูฝนของทุกปี ในขณะที่ อวิรุทธ์ ทัทมากร และเสาวภา อังสุพานิช (2557: 44-59) รายงานว่าปลากดหัวแข็งมีความชุกชุมสม่ำเสมอตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามจากการรายงานของ Angsupanich et al. (2005: 391-402) พบว่า ปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาค่อนข้างชุกชุมในช่วงฤดูฝนจนถึงปลายฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำมีความเค็มลดลง จึงสามารถกล่าวได้ว่าปลากดหัวแข็งเป็นปลาที่ค่อนข้างชอบอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเค็มค่อนข้างต่ำ

Angsupanich et al. (2005: 391-402) รายงานว่า จากการเก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตอนล่างใน 3 ช่วงฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝนตกน้อย และฤดูฝนตกหนัก พบว่าปลากดหัวแข็งที่จับได้จากทะเลสาบสงขลาตอนบน และตอนล่างมีความยาวถึงส่วนหยักลึกของหางเฉลี่ยประมาณ 18 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 95-100 กรัม ในขณะที่ Angsupanich and Siripech (2001: 515-525) รายงานว่าปลากดหัวแข็งที่จับได้ในทะเลสาบสงขลาตอนบน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีความยาวเหยียดเฉลี่ยประมาณ 16 เซนติเมตร

Tapparuk et al. (2009: 79-87) ได้ศึกษาชีววิทยาเบื้องต้นของปลากดหัวอ่อน (*Osteogeneiosus militaris*) ในทะเลสาบสงขลาตอนบนในเขตจังหวัดพัทลุง พบว่าตัวอย่างปลาที่จับได้ในบริเวณน้ำจืด มีความยาวมาตรฐาน (standard length) น้อยกว่าปลาที่จับได้ในบริเวณน้ำกร่อย กล่าวคือปลากดหัวอ่อนจากท่าขึ้นปลาบ้านปากประ ตำบลลำปำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง มีความยาวมาตรฐานเฉลี่ยในช่วง 11-23 เซนติเมตร ส่วนปลากดหัวอ่อนจากท่าขึ้นปลา อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง พบว่าปลามีความยาวมาตรฐานเฉลี่ยในช่วง 13-24 เซนติเมตร และจากการรายงานของ อวิรุทธ์ ทัทมากร และเสาวภา อังสุพานิช (2557: 44-59) พบว่าน้ำหนักตัวและขนาดความยาวของปลากดขี้ลิง ปลากดหัวแข็ง และปลากดหัวอ่อน ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมระหว่างฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มักมีขนาดใหญ่มากกว่าฤดูอื่น ๆ

2.3.3 อาหารและการกินอาหาร

Angsupanich et al. (2005: 391-402) ได้ศึกษาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะปลากดหัวอ่อนและปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตอนบนและตอนล่าง พบว่าปลาทั้ง 2 ชนิด ชอบกินสัตว์หน้าดินเป็นอาหารหลัก ได้แก่ ทาไนดาเซียน กุ้งเต็น หอยสองฝา ไส้เดือนทะเล และแมลงสาบทะเล ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Angsupanich and Siripech (2001: 515-525) ที่พบว่าปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตอนบนและปลากดขี้ลิงในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีอุปนิสัยชอบกินสัตว์หน้าดินจำพวกทาไนดาเซียนเป็นอาหารหลักเช่นเดียวกัน ซึ่งจากการรายงานผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าสัตว์หน้าดินจัดเป็นอาหารหลักของสัตว์น้ำในกลุ่มปลากด เช่น ปลากดหัวแข็ง ปลากดหัวอ่อน

ปลากดขี้ลิง และปลากดคันหลาว ดังนั้น การดูแลรักษาสภาพแวดล้อมในทะเลสาบให้อุดมสมบูรณ์ย่อมส่งผลต่อความชุกชุมของอาหารธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นแพลงก์ตอน สัตว์หน้าดิน และสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางการประมงหลายชนิด ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดการประกอบอาชีพการประมงพื้นบ้านและการแปรรูปสัตว์น้ำของผู้คนที่อาศัยอยู่รอบ ๆ บริเวณทะเลสาบสงขลา

ชิตยาเราะห์ สะอะ และคณะ (2560: 83-97) ได้เก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งที่จับได้จากการประมงพื้นบ้านบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง และมีการค้าขายกันในเขตพื้นที่บ้านท่าสะอ้าน ตำบลพะวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ในช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2558 พบว่าปลากดหัวแข็งมักเลือกกินอาหารธรรมชาติที่เป็นสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มสัตว์หน้าดินจำพวก กุ้ง ปู กุ้ง เป็นอาหารหลัก จึงจัดได้ว่าอาหารธรรมชาติกลุ่มดังกล่าวมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของปลากดหัวแข็ง ซึ่งเป็นปลาที่สามารถสร้างรายได้ให้กับผู้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณทะเลสาบสงขลา

2.4 การประมาณอายุและการเติบโตของปลา

ข้อมูลอายุ และการเติบโตของปลา หรือการประมาณค่าขนาดของตัวปลาตามอายุของปลานั้น ถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาด้านชีวประวัติของปลา (Life history of fish) หรือการศึกษาทางด้านชีววิทยาของปลา (Biology of fish) ซึ่งข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ยังมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินสถานะทรัพยากร เนื่องจากในการประมาณอายุและการเติบโตของสัตว์น้ำ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลองค์ประกอบของอายุ เพื่อนำไปสู่ข้อมูลของเวลาเกิด อัตราการเติบโต อายุแรกเริ่มสืบพันธุ์ และการวางไข่ และอัตราการทดแทนที่หรืออายุ (ขนาด) ที่เหมาะสมต่อการทำการประมง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการตรวจสอบสถานการณ์การจับปลา และการกำหนดปริมาณการจับที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถทำการประมงได้อย่างยั่งยืน (Isley and Grabowski, 2007: 187-228) การศึกษาถึงอายุและการเติบโตของสัตว์น้ำสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำเครื่องหมายและจับคืน (mark and recapture method) การติดตามการแพร่กระจายความถี่ ความยาวของสัตว์น้ำ การวิเคราะห์ส่วนแข็งของร่างกาย (Hard parts) ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ผลการศึกษาที่น่าเชื่อถือที่สุดเมื่อเทียบกับ 2 วิธีแรก (Morales Nin, 1989: 241-253; Kishore and Ramsundar, 2007: Web-site)

การหาข้อมูลอายุของปลา เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.4.1 การหาอายุที่แท้จริงของปลา

การหาอายุที่แท้จริงของปลาเป็นวิธีการที่สามารถทำได้ง่ายและให้ผลชัดเจน ดังเช่น การศึกษาวงในส่วนแข็งของร่างกายสัตว์น้ำ (hard parts) การหาอายุที่แท้จริงของปลาในเขตอบอุ่น และเขตร้อนสามารถทำได้ง่ายและให้ผลที่แม่นยำกว่าการศึกษาในปลาเขตร้อน เนื่องจากอุณหภูมิในรอบปีมีความแตกต่างกันมากเป็นผลให้ปลาต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวการเติบโตของปลาจะหยุดชะงักเนื่องจากขาดแคลนอาหาร ทำให้บนส่วนแข็งของร่างกาย เช่น กระดูก เกล็ด เกิดเป็นร่องรอยที่เรียกว่าวงปี (annual ring) ในขณะที่ปลาในเขตร้อนนั้นอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และไม่มีช่วงเวลาที่ขาดแคลนอาหาร จึงไม่ต้องปรับตัว และไม่มีการหยุดชะงักการเติบโตให้เห็นชัดเจนเหมือนปลาในเขตอบอุ่น (ธนัญญา ทรพณันท์, 2543: 1-146)

การศึกษากระดูกหูของปลาในเขตร้อน พบว่ามีการเกิดขึ้นของวงทุกวันซึ่งกระบวนการสร้างวงวัน (daily increment) ของปลาในเขตร้อนเกิดจากการสะสมแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปของผลึกแบบ aragonite และสารอินทรีย์ในรอบ 24 ชั่วโมง โดยเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะเห็นวงวันเป็นแถบสว่าง (accretion zone หรือ incremental zone) และแถบมืด (discontinuous zone) (Secor et al., 1992: 19-57) สลับกัน โดยแถบสว่างเกิดจากการสะสมของแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งจะมี ewidth กว้างกว่าแถบมืดที่เกิดจากการสะสมของสารอินทรีย์ในรอบวัน และจากการศึกษาพบว่าการสร้างวงวันในช่วงเย็นของวันแรกที่ปลาฟักออกจากไข่ (Jenkins and Davis, 1990: 93-104) ช่วงเวลาที่ใช้ในการสร้างวงวันที่สมบูรณ์เท่ากับ 24 ชั่วโมง (Campana and Neilson, 1985: 1014-1032) ซึ่งพบมีการรายงานในปลาหลายชนิด ทั้งจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการและการศึกษาจากปลาธรรมชาติ เช่น *Thunnus maccoyii* ในมหาสมุทรอินเดีย และปลา *Trachurus symmetricus* จากน่านน้ำชิลี (Araya et al., 2003: 471-475) และปลาอื่น ๆ อีกหลายชนิด

2.4.2 การหาอายุปลาเมื่อไม่ทราบอายุที่แท้จริง

ขั้นตอนและวิธีการหาอายุของปลาเมื่อไม่ทราบอายุที่แท้จริงนั้น ทำได้โดยการนำข้อมูลการกระจายความถี่ความยาวมาใช้ในการประมาณค่าอายุและพารามิเตอร์การเติบโต (Sparre and Venema, 1998: 1-422) โดย Bhattacharya (1967: 115-135) ได้พัฒนาวิธีการหาค่าเฉลี่ยความยาวของปลาแต่ละกลุ่มอายุจากข้อมูลองค์ประกอบความยาวของปลา โดยใช้ข้อสมมุติว่าการกระจายความถี่ความยาวของปลากลุ่มที่มีอายุเดียวกันเป็นการกระจายแบบปกติ (normal distribution) ค่าความยาวเฉลี่ยดังกล่าวสามารถคำนวณได้ โดยการแปลงข้อมูลการกระจายความถี่ความยาวของสัตว์น้ำแต่ละกลุ่มอายุที่อยู่ในรูปการกระจายปกติให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์เส้นตรง จะได้ข้อมูลความยาวเฉลี่ยของปลาในแต่ละกลุ่มอายุ จากนั้นนำความยาวเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละกลุ่มอายุนี้ไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตต่อไป

การเติบโต (growth) เป็นการเพิ่มขึ้นของความยาวและน้ำหนักหรือการเพิ่มขนาด เมื่อสัตว์น้ำมีอายุเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของสัตว์น้ำจะไปรวมกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนักของสต็อกที่มีอยู่เดิมเพื่อทดแทนน้ำหนักสต็อกที่หายไปจากการตาย (ตายตามธรรมชาติและตายโดยการประมง) เพราะฉะนั้นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการทำให้สต็อกหรือประชากรของสิ่งมีชีวิตคงอยู่ได้ โดยไม่เกิดการเสื่อมโทรมหรือสูญพันธุ์ก็คือการเติบโต ซึ่งการเติบโตเป็นกระบวนการทางสรีระของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม (metabolism) ของร่างกายที่ประกอบด้วยกระบวนการเปลี่ยนอาหารหรือพลังงานให้เป็นเนื้อเยื่อเพื่อเสริมสร้างหรือซ่อมแซมเนื้อเยื่อส่วนที่สึกหรอไปหรือที่เรียกว่ากระบวนการ anabolism และกระบวนการการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้รับและที่สะสมไว้ให้เป็นพลังงานที่สิ่งมีชีวิตจะนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือที่เรียกว่ากระบวนการ catabolism ดังนั้น การเติบโตจึงเป็นผลต่างจากกระบวนการทั้งสองนั่นเอง (ธนิฐา ทรพพนันท์, 2543: 1-146) ซึ่งปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับความยาว ตามสมการของ Ricker (1975: 1-382)

$$W = aL^b$$

เมื่อ

$$W = \text{น้ำหนักตัว}$$

$$L = \text{ความยาว}$$

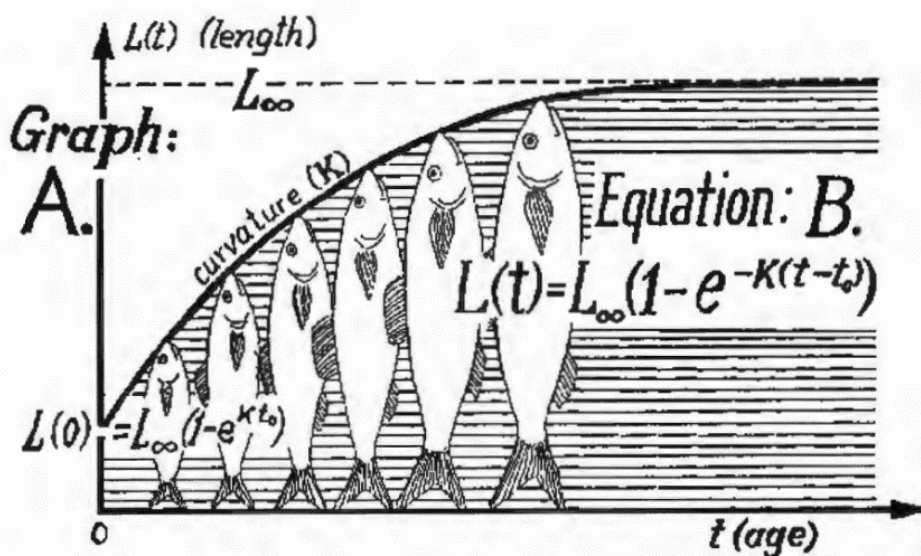
$$a, b = \text{ค่าคงที่ ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง}$$

และหากรูปแบบและความถ่วงจำเพาะของสัตว์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต ความสัมพันธ์ของน้ำหนักกับความยาวจะเป็นสัดส่วนตามกฎกำลังสาม (cube law) กล่าวคือหากค่า b เท่ากับ 3 จะเรียกว่าการเติบโตแบบไอโซเมตริก (isometric growth) กล่าวคือร่างกายจะมีการเติบโตทุกส่วนเป็นสัดส่วนกันโดยตรง แต่ถ้าค่า b ไม่เท่ากับ 3 จะเป็นการเติบโตแบบอลโลเมตริก (allometric growth) กล่าวคือร่างกายจะมีการเติบโตไม่เป็นสัดส่วนกันโดยตรง

การศึกษาการเติบโตจากเส้นโค้งการเติบโต (growth curve) ซึ่งเส้นโค้งการเติบโตเป็นเส้นโค้งที่แสดงการเพิ่มขึ้นของความยาวหรือน้ำหนักตามอายุหรือเวลาที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือเป็นเส้นโค้งของฟังก์ชันการเติบโต (growth function) ที่แสดงความยาวและน้ำหนักในรูปของฟังก์ชันอายุหรือเวลา (t) ดังนั้น เส้นโค้งการเติบโตมี 2 รูปแบบ คือ ในรูปของความยาวและในรูปของน้ำหนัก (ธนิฐา ทรพพนันท์, 2543: 1-146) 1) เส้นโค้งการเติบโตในรูปของความยาว เป็นเส้นโค้งการเติบโตที่มีขีดจำกัดบนที่ความยาวสูงสุด (maximum หรือ ultimate length; L_∞) นิยมเรียกว่าความยาวอะซิมโทติกหรือความยาวอนันต์ (asymptotic length) เป็นเส้นโค้งที่มีอัตราการเติบโตลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

2) เส้นโค้งการเติบโตในรูปของน้ำหนัก เป็นเส้นโค้งที่มีลักษณะคล้ายรูปตัวเอส (S) ซึ่งเรียกว่าเส้นโค้งแบบซิกมอยด์ (asymptotic sigmoid curve) คือเส้นโค้งจะมีจุดเปลี่ยนเว้าหรือจุดเปลี่ยนความเอียง (point of inflection) แบ่งเส้นโค้งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกซึ่งอยู่ด้านซ้ายของจุดเปลี่ยนเว้า อัตราการเติบโตจะเป็นแบบเร่งตามอายุ แต่ส่วนที่สองที่อยู่ด้านขวาของจุดเปลี่ยนเว้าอัตราการเติบโตจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ดังนั้น อัตราการเติบโตจะมีค่ามากที่สุด ณ จุดเปลี่ยนเว้าและในช่วงแรกของสิ่งมีชีวิตจะมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นตามอายุ แต่ในช่วงหลังอัตราการเติบโตจะลดลงและจะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์เมื่ออายุเข้าใกล้ค่าอนันต์ และน้ำหนักมีค่าเข้าใกล้น้ำหนักสูงสุด (W_{∞})

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ศึกษาการเติบโตของสัตว์น้ำมีหลายรูปแบบ (King, 1995: 1-341) แต่ที่นิยมใช้กันมากในทางชีววิทยาประมง คือแบบจำลองการเติบโต von Bertalanffy (1938: 181-213) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่สอดคล้องกับรูปแบบการเติบโตของสัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะปลา ประกอบกับมีโครงสร้างอย่างง่ายทางคณิตศาสตร์ โดยมีพารามิเตอร์ที่ต้องนำเข้าไปในสมการเพียง 3 ตัว ได้แก่ ค่าความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) และอายุของสัตว์น้ำเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์ (t_0) ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะเส้นโค้งได้ ดังนี้คือ ความยาวของปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และความยาวจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสัตว์น้ำมีความยาวเท่ากับค่าความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) และอัตราการเติบโตเข้าใกล้ศูนย์ กล่าวคือการเพิ่มขนาดลำตัวมีค่าน้อยมากเมื่อสัตว์น้ำมีอายุมากขึ้น โดยเส้นโค้งดังกล่าวจะมีลักษณะแบบโค้งซิกมอยด์ (Sigmoid Curve) ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เส้นโค้งการเติบโตในรูปของความยาวที่ประมาณได้จากแบบจำลอง von Bertalanffy
ที่มา: Sparre and Venema (1992: 1-376)

จากแนวคิดหลักที่ว่า การเติบโตเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการ Anabolism และ Catabolism โดยมีข้อกำหนดการเติบโตตามแบบจำลอง von Bertalanffy (1938: 181-213) ดังนี้ 1) อัตรา Anabolism เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นผิวในการดูดซับอาหาร 2) อัตรา Catabolism เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลสารหรือน้ำหนักตัวของสิ่งมีชีวิต 3) การเติบโตเป็นแบบ Isometric ซึ่งเป็นแบบจำลองในรูปของความยาว ได้แก่

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t - t_0)})$$

เมื่อ

- L_t = ความยาวของสัตว์น้ำเมื่ออายุ t
- L_∞ = ความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำนั้นสามารถเติบโตได้
- t = อายุของสัตว์น้ำ
- t_0 = อายุของสัตว์น้ำเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์
- k = สัมประสิทธิ์การเติบโต

และในรูปแบบของน้ำหนัก ได้แก่

$$W_t = W_\infty(1 - e^{-k(t - t_0)})^3$$

เมื่อ

- W_t = น้ำหนักของสัตว์น้ำเมื่ออายุ t
- W_∞ = น้ำหนักสูงสุดที่สัตว์น้ำนั้นสามารถเติบโตได้

สำหรับสัตว์น้ำที่มีการเจริญเติบโตแบบออลโลเมตริก (Allometric growth) นั้น Beverton and Holt (1957: 1-533) กล่าวว่า สามารถหาการเติบโตได้จากแบบจำลอง von Bertalanffy (1938: 181-213) เนื่องจากยังไม่มีแบบจำลองการเติบโตใดที่สามารถอธิบายการเติบโตของสัตว์น้ำที่มีการเติบโตแบบออลโลเมตริก (Allometric growth) ได้ดี

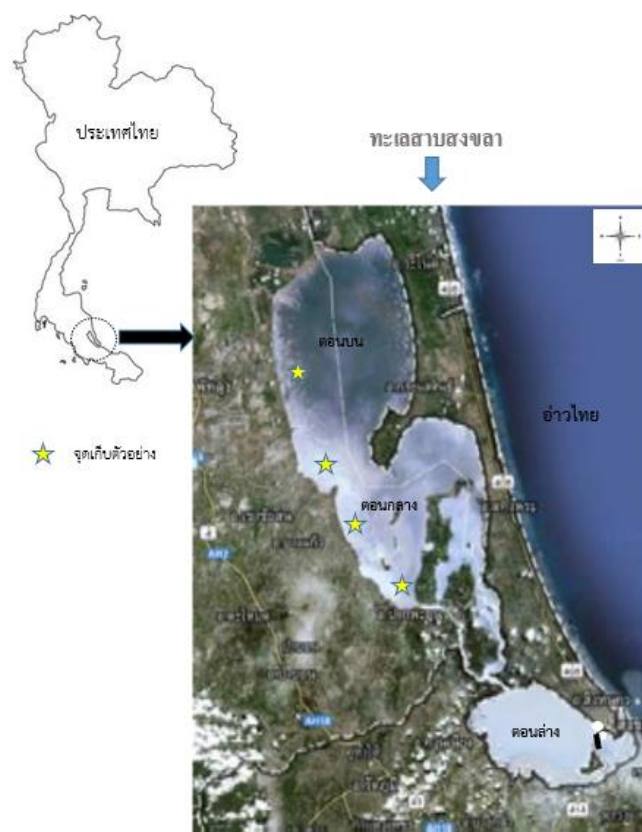
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็ง (*Arius maculatus*) โดยใช้โครงสร้างแข็งที่แตกต่างกัน มีขั้นตอนการดำเนินการสามารถอธิบายได้ตามลำดับ ดังนี้

3.1 พื้นที่การศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาจำนวน 4 จุดสำรวจ แบ่งเป็นบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนบน จำนวน 2 จุดสำรวจ ได้แก่ บ้านปากประ ตำบลลำปำ อำเภอเมือง และบ้านจองถนน ตำบลจองถนน อำเภอเขาชัยสน และบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนกลาง จำนวน 2 จุดสำรวจ ได้แก่ บ้านหาดไขเต่า ตำบลนาปะขอ อำเภอบางแก้ว และบ้านฝาละมี ตำบลฝาละมี อำเภอปากพะยูน ตามภาพที่ 5 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการทำการประมงปลากดหัวแข็งเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 5 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

3.2 การเก็บตัวอย่าง เตรียมตัวอย่าง และการอ่านอายุ

3.2.1 การเก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็ง

เก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งจากชาวประมงที่ทำการประมงด้วยเครื่องมือข่ายให้ครอบคลุมทุกขนาดจำนวน 231 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการประมาณอายุและการเติบโต และเก็บตัวอย่างปลากดหัวแข็งทุก 3 เดือน จำนวน 4 ครั้ง ในเดือนมกราคม เมษายน กรกฎาคม และ ตุลาคม พ.ศ.2563 ครั้งละ 15 ตัวอย่าง รวม 60 ตัวอย่าง ให้ครอบคลุม 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (ความยาว 0-100 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (ความยาว 101-150 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (ความยาว 150 มิลลิเมตร ขึ้นไป) เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง พร้อมจำแนกชนิดเบื้องต้นแล้วเก็บรักษาตัวอย่างในกล่องโฟมและแช่เย็นด้วยน้ำแข็ง จากนั้นนำมาทวนสอบการจำแนกชนิดอีกครั้งแล้วนำปลาดตัวอย่างมาวัดความยาวเหี้ยด (Total length, TL) ความยาวถึงส่วนหยักลึกของหาง(Forked length, FL) และความยาวมาตรฐาน (Standard length, SL) ด้วยไม้บรรทัดโดยใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักโดยใช้หน่วยเป็นกรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.2.2 การเก็บตัวอย่างกระดูกหู (Otolith)

เก็บตัวอย่างกระดูกหู (Otolith) โดยทำการผ่ากะโหลกจากด้านหลังกะโหลกเฉียงมาทางด้านหน้า จากนั้นจะพบกระดูกหู (Otolith) คู่ที่เรียกว่า Sagitta ซึ่งเป็นกระดูกหู (Otolith) คู่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดากระดูกหู (Otolith) ทั้ง 3 คู่ และเป็นคู่ที่ได้รับการเชื่อมมากที่สุดในการใช้ศึกษาอายุของปลาชนิดต่าง ๆ จากนักวิทยาศาสตร์การประมง ซึ่งกระดูกหูชิ้นนี้จะอยู่ภายในช่อง cranial cavity บริเวณด้านหลังของสมองปลา จากนั้นนำตัวอย่างมาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วแช่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ประมาณ 30 นาที เพื่อกัดเนื้อเยื่อที่ติดอยู่บริเวณกระดูกออกให้หมด แล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องและเก็บรักษาในถุงซิปลพร้อมติดหมายเลขตัวอย่าง

3.2.3 การเก็บตัวอย่างก้านครีบแข็งครีบหลัง (Dorsal fin-spine) และครีบอก (Pectoral fin-spine)

เก็บตัวอย่างก้านครีบแข็งครีบหลัง (Dorsal fin-spine) และครีบอก (Pectoral fin-spine) โดยตัดส่วนแข็งให้ใกล้โคนครีบมากที่สุดด้วยกรรไกรเหล็ก จากนั้นนำตัวอย่างมาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วแช่ในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ประมาณ 30 นาที เพื่อกัดเนื้อเยื่อที่ติดอยู่บริเวณกระดูกออกให้หมด แล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องและเก็บรักษาในถุงซิปลพร้อมติดหมายเลขตัวอย่าง

3.2.4 การเตรียมตัวอย่างส่วนแข็ง (Hard Pastes)

เตรียมตัวอย่างส่วนแข็ง (Hard Pastes) ได้แก่ Otolith Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine) โดยนำตัวอย่างส่วนแข็ง (Hard Pastes) จากฝั่งซ้ายของปลาดตัวอย่าง มาฝังลงใน Thermoplastic resin เนื่องด้วยการฝังตัวอย่างดังกล่าวเป็นการหลอมด้วยความร้อนจึงต้องระมัดระวัง

ไม่ให้อุณหภูมิของเรซินสูงเกินไปจนเรซินเดือดและเกิดฟองอากาศ เนื่องจากอาจส่งผลต่อการอ่านอายุได้ หลังจากนั้นปล่อยให้เรซินแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง และเก็บรักษาในถุงซิปล็อคพร้อมติดหมายเลขตัวอย่าง

3.2.5 การตัดตัวอย่างส่วนแข็ง (Hard Pastes) และนับวงปี

นำตัวอย่างตัวอย่างส่วนแข็ง (Hard Pastes) ที่ฝังลงใน Thermoplastic resin แล้ว มาตัดผ่านเป็นแนวขวาง (Transverse section) ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed weal saw) แล้วนำตัวอย่างที่ตัดมาปะติดกับสไลด์แก้ว จากนั้นนำมาขัดด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียดสูง (ตั้งแต่เบอร์ 1,500 ถึง 2,500) เพื่อกำจัดรอยขีดข่วนที่เกิดจากขั้นตอนการตัด และเพื่อให้ส่วนแข็งบางลงและโปร่งใสมากขึ้น จนมองเห็นวงปีชัดเจนที่สุดแล้วจึงหยุดการขัด ทั้งนี้ควรหมั่นสังเกตแกนกลางกระดูก เมื่อพบว่าส่วนของแกนกลางกระดูก (Primordium) เริ่มปรากฏควรหยุดขัดก่อนที่ส่วนของ Primordium จะถูกขัดหายไป เนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดตั้งต้นของวงวัน (Daily ring) จากนั้นทำความสะอาดกระดูกที่ขัดแล้วด้วยน้ำกลั่น เช็ดให้แห้งด้วยกระดาษที่อ่อนนุ่มและซับน้ำได้ดี เมื่อแห้งแล้วจึงเก็บตัวอย่างให้ปลอดภัยจากการแตกหักในอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำตัวอย่างแต่ละชิ้นมาถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า แล้วทำการนับวงปีด้วยสายตาผ่านโปรแกรม Image-J โดยผู้อ่าน (Reader) จำนวน 3 ท่าน ที่ไม่ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับขนาดของปลาตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก (Length Weight Relationship; LWR)

หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว (Total length; TL) กับน้ำหนัก (Weight; W) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (linear and curvilinear regression) ตามสมการที่ (2) ซึ่งดัดแปลงจาก von Bertalanffy (1938: 181-213) ดังนี้

$$TW = qTL^b \quad (1)$$

หรือ

$$\ln(TW) = \ln(q) + b \ln(TL) \quad (2)$$

เมื่อ

$$\ln(TW) = \text{น้ำหนักของปลา (กรัม)}$$

$$\ln(TL) = \text{ความยาวของปลา (มิลลิเมตร)}$$

$$\ln(q) = \text{จุดตัดแกน Y จากการวิเคราะห์ linear regression}$$

$$b = \text{ความชันจากการวิเคราะห์ linear regression}$$

จากนั้นทดสอบรูปแบบการเติบโตของปลาโดยการประมาณค่า b จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก (Length Weight Relationship; LWR) โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3.2 การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal Increment Regression; MIR)

ตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง โดยการหาค่า Marginal Increment Regression (MIR) (Beamish and McFarlane, 1983: 735-743) ของส่วนแข็งต่าง ๆ ตามสมการที่ (3)

$$MIR = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})} \quad (3)$$

เมื่อ

R = รัศมี (ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางถึงขอบของส่วนแข็ง)

R_n = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางถึงขอบวงที่สมบูรณ์ล่าสุด

R_{n-1} = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางถึงขอบวงที่สมบูรณ์ถัดจาก R_n

แล้วทดสอบความแตกต่างของค่า Marginal Increment Regression (MIR) ระหว่างเดือนที่สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการ Kruskal–Wallis test และ Dunn's test

3.3.3 การเปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุ

เปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุจากผู้อ่านทั้ง 3 ท่าน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error, MPE) ตามสมการที่ (4) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation, CV) (Campana, 2001: 197-242) ตามสมการที่ (5)

$$MPE_j = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - \bar{X}_j)}{\bar{X}_j}}{R} \quad (4)$$

และ

$$CV_j = 100 \times \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{R - 1}}}{\bar{X}_j} \quad (5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 MPE_j &= \text{ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} \\
 CV_j &= \text{ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน} \\
 X_{ij} &= \text{อายุของปลา} \\
 R &= \text{จำนวนตัวอย่าง} \\
 \bar{X}_j &= \text{อายุเฉลี่ยของปลา} \\
 i &= \text{อายุที่นำมาเปรียบเทียบกัน (1 ถึง n)}
 \end{aligned}$$

3.3.4 การประมาณอายุและการเติบโต

การศึกษาการประมาณค่าอายุและการเติบโต โดยเปรียบเทียบการเติบโตด้วยแบบจำลอง 3 แบบ ได้แก่ แบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) Gompertz (Gompertz, 1825: 513-583) และ Logistic (Ricker, 1975: 1-382) ตามสมการที่ (6) (7) และ (8) ตามลำดับ เพื่อทราบแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการอธิบายการเติบโตของปลากดห้วยช้างในทะเลสาบสงขลา

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t - t_0)}) \quad \text{the von Bertalanffy model} \quad (6)$$

$$L_t = L_\infty e^{-e^{-k(t - t_0)}} \quad \text{Gompertz model} \quad (7)$$

$$L_t = L_\infty(1 + e^{-k(t - t_0)})^{-1} \quad \text{Logistic model} \quad (8)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 L_t &= \text{ความยาวของปลา} \\
 L_\infty &= \text{ความยาวสูงสุดที่ปลาสามารถเติบโตได้} \\
 k &= \text{ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต} \\
 t &= \text{อายุของปลา} \\
 t_0 &= \text{อายุของปลาเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์}
 \end{aligned}$$

สัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) และความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_∞) ประมาณจากข้อมูลอายุที่ความยาวใด ๆ ของปลา โดยใช้ non-linear estimation

ผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares; RSS) เป็นค่าที่ใช้ในการวัดความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลกับแบบจำลองแต่ละแบบ

ดัชนีประสิทธิภาพการเติบโต (phi-prime value, ϕ') (Pauly and Munro, 1984: 1-21) ของแบบจำลองการเติบโตแต่ละแบบประมาณตามสมการที่ (9)

$$\phi' = \log(k) + 2 \log(L_\infty) \quad (9)$$

สัมประสิทธิ์การตายตามธรรมชาติ (Natural mortality, M) ประเมินตามวิธีการของ Pauly (1980: 175-192) ตามสมการที่ (10)

$$\log_{10} M = -0.0066 - 0.279 \log_{10} L_\infty + 0.6543 \log_{10} k + 0.4635 \log_{10} T \quad (10)$$

โดยที่ T คือ อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส (International Lake Environment Committee Foundation, 2021: Web-site)

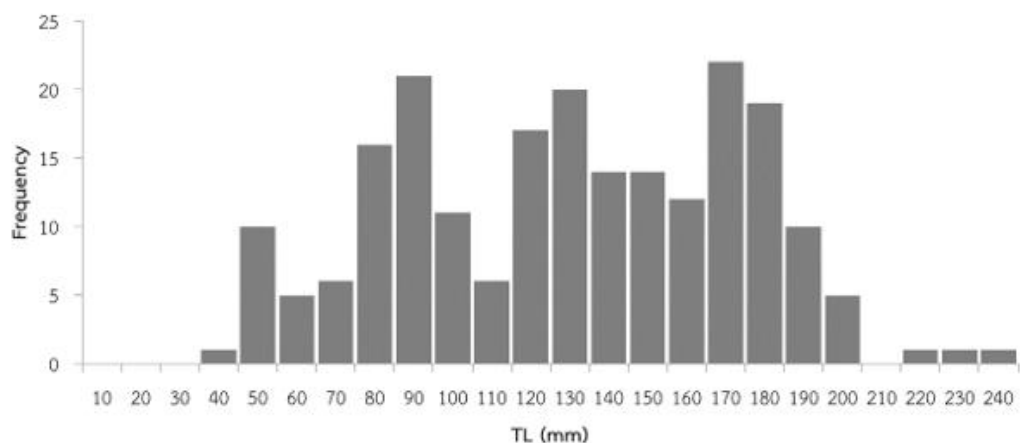
3.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิติ R (R Core Team, 2020: Web-site) ภายใต้อุปกรณ์ Package FSA (Ogle et al., 2021: Web-site) และ “fishmethods” (Nelson, 2021: Web-site)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

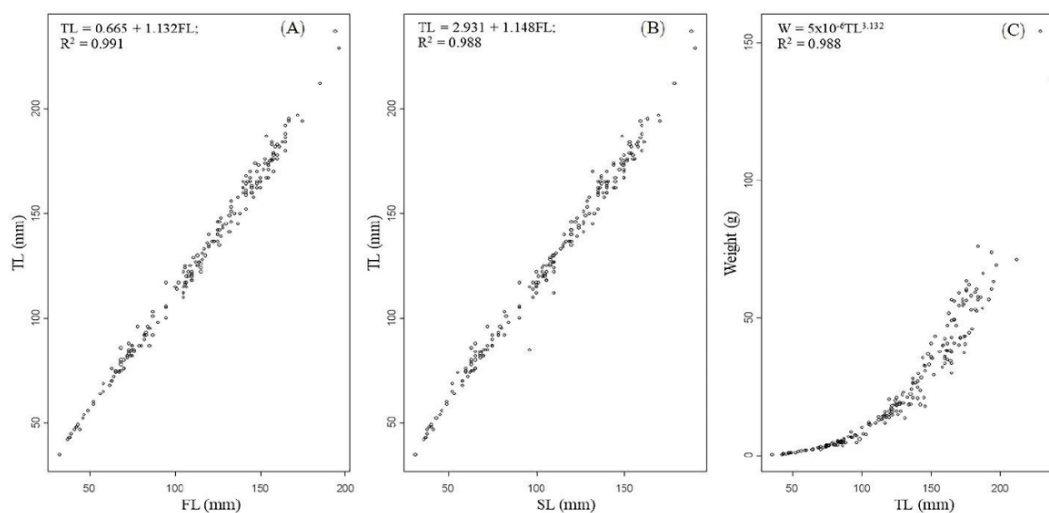
การศึกษาการประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็ง (*Arius maculatus*) โดยใช้โครงสร้างแข็งที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ปลากดหัวแข็งจำนวน 213 ตัวอย่าง ที่มีความยาว Total Length (TL) อยู่ระหว่าง 35 ถึง 238 มิลลิเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 128 ± 43 มิลลิเมตร และมีน้ำหนัก (Weight; W) อยู่ระหว่าง 0.4 ถึง 154.1 กรัม เฉลี่ยเท่ากับ 26.4 ± 23.7 กรัม ซึ่งได้แสดงการกระจายความถี่ของความยาวของปลาตัวอย่าง ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การกระจายความถี่ความยาวของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก (Length Weight Relationship; LWR)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก และการตรวจสอบรูปแบบการเติบโต พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับ Fork Length (FL) และ Total Length (TL) กับ Standard Length (SL) มีความสัมพันธ์กันสูง ($R^2 > 0.95$) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับน้ำหนัก (Weight; W) (Length Weight Relationship; LWR) แสดงให้เห็นว่าปลาชนิดนี้มีการเติบโตเป็นแบบ Positive allometric หรือกล่าวได้ว่าปลามีลักษณะค่อนข้างอ้วน เนื่องจากพบว่าค่า b มีค่ามากกว่า 3.0 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) ตามภาพที่ 7



(ก)

(ข)

(ค)

(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับ Fork Length (FL)

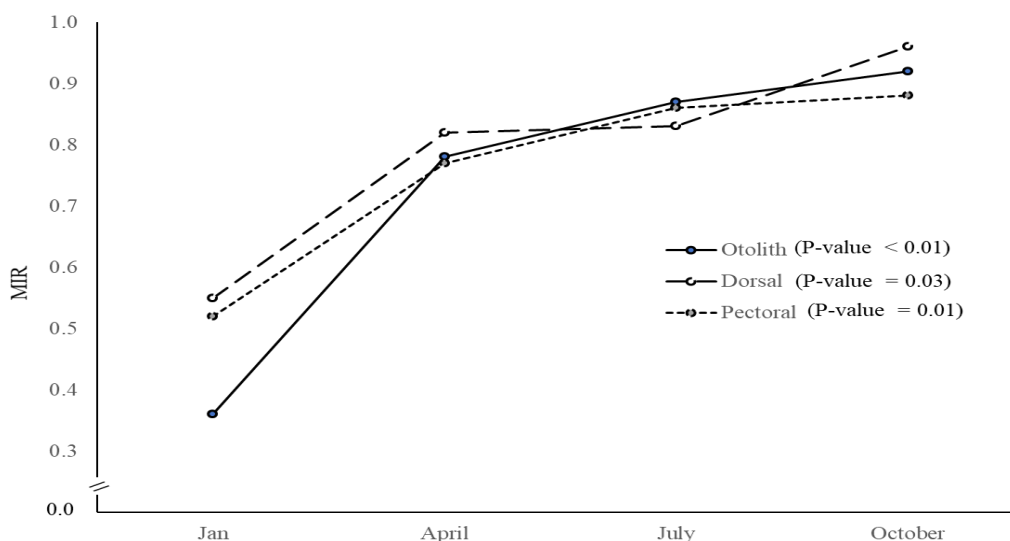
(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับ Standard Length (SL)

(ค) ความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total length (TL) กับ น้ำหนัก (Weight; W)

ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

4.2 การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal Increment Regressions; MIR)

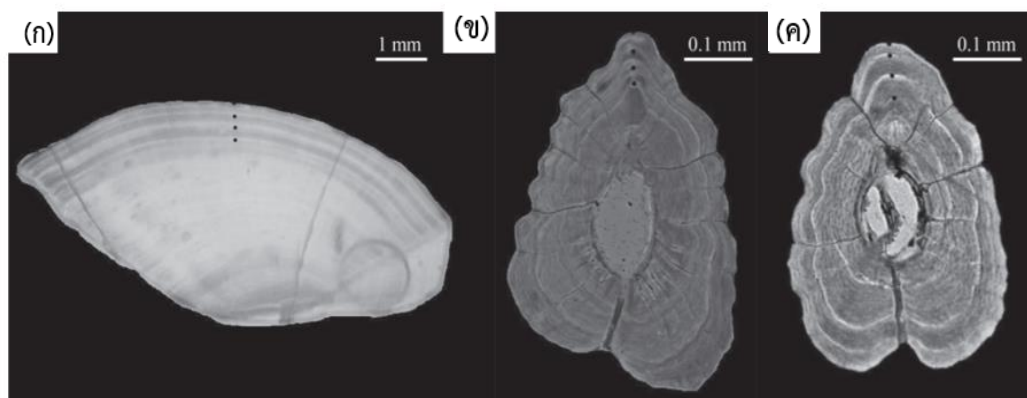
สำหรับการตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง โดยทำการเก็บตัวอย่างส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งทุก 3 เดือน จำนวน 4 ครั้ง ในเดือนมกราคม เมษายน กรกฎาคม และตุลาคม พ.ศ. 2563 ครั้งละ 15 ตัวอย่าง รวม 60 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างดังกล่าวมีความยาว Total Length (TL) ระหว่าง 35-238 มิลลิเมตร มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 128 ± 43 มิลลิเมตร ซึ่งพบว่าการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal Increment Regressions; MIR) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่เดือนมกราคม ซึ่งพบว่ามีค่าใกล้เคียง 0.5 และมีการเพิ่มขนาดของส่วนแข็งตลอดเวลาจนถึงเดือนตุลาคมพบว่ามีค่าใกล้เคียง 1.0 ทั้ง 3 ส่วนแข็ง โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal Increment Regressions; MIR) ของเดือนมกราคมและเดือนที่สุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ($P < 0.05$) โดยพบการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal Increment Regressions; MIR) มากที่สุดทั้ง 3 ส่วนแข็งในเดือนตุลาคม ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การขยายขนาดของส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

4.3 การเปรียบเทียบความเที่ยง (Precision) ของการอ่านอายุ

จากการเปรียบเทียบความเที่ยง (Precision) ของการอ่านอายุปลากดหัวแข็งจาก 3 ส่วนแข็ง ได้แก่ Otolith Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine จากผู้อ่าน (Reader) จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาค่าความเที่ยง (Precision) จากการอ่านอายุ โดยการตัดขวางส่วนแข็งทั้ง 3 ส่วน จากนั้นจึงอ่านอายุที่ประมาณได้จากส่วนแข็งแต่ละส่วน ตามภาพที่ 9 โดยจากการเปรียบเทียบความเที่ยง (Precision) พบว่า Otolith มีค่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับ (Percentage of agreement) สูงที่สุด 58.2% ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) มีค่าต่ำสุด 9.5% และ 12.6% ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ Pectoral fin-spine พบค่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับ (Percentage of agreement) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) มีค่า 55.9% 12.6% และ 14.4% ตามลำดับ ส่วน Dorsal fin-spine พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับ (Percentage of agreement) ต่ำที่สุด 50.3% เป็นผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) มีค่าสูงที่สุด 15.5 % และ 16.0% ตามลำดับ ตามตารางที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) ของทั้ง 3 ส่วนแข็ง ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่า Otolith มีความเที่ยง (Precision) ของการอ่านอายุปลากดหัวแข็งจากผู้อ่าน (Reader) มากกว่าส่วนแข็งอื่น ๆ



(ก) Otolith

(ข) Dorsal fin-spine

(ค) Pectoral fin-spine

หมายเหตุ: จุดสีดำแสดงจำนวนอายุที่ประมาณได้จากแต่ละส่วนแข็ง

ภาพที่ 9 ภาพตัดขวางของ 3 ส่วนแข็งของปลากดหัวแข็ง

ตารางที่ 2 ความเที่ยงของการอ่านอายุปลากดหัวแข็งจากผู้อ่าน (Reader) จำนวน 3 ท่าน

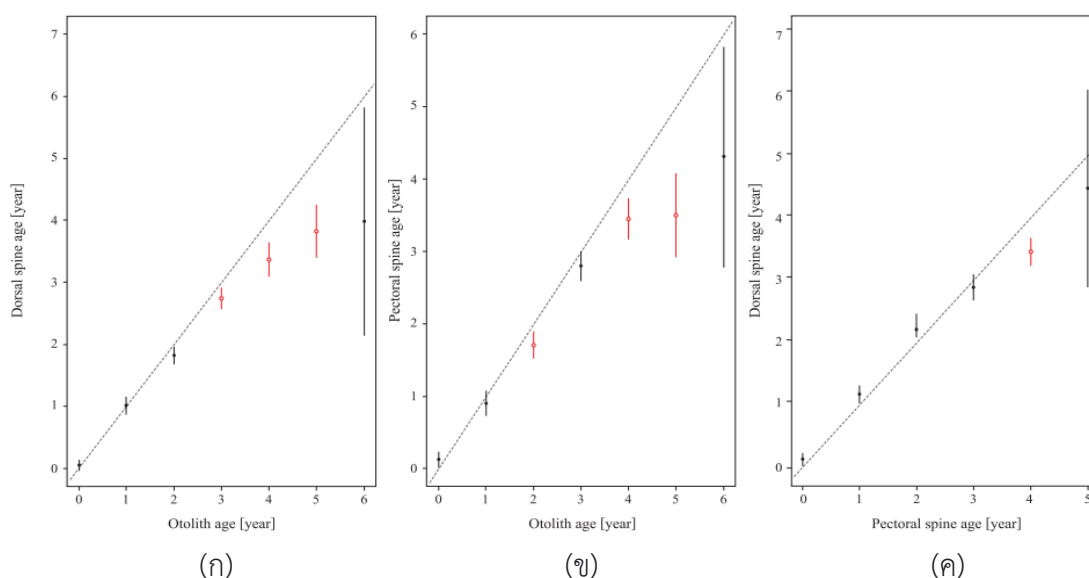
Hard part	Percentage of agreement	MPE	CV
Otolith	58.2 %	9.5 %	12.6 %
Dorsal - fin spine	50.3 %	15.5 %	16.0 %
Pectoral - fin spine	55.9 %	12.6 %	14.4 %

และเมื่อนำอายุปลากดหัวแข็งจากการอ่านของผู้อ่าน (Reader) ทั้ง 3 ท่านในรอบแรก มาศึกษาเพิ่มเติม โดยผู้อ่าน (Reader) ที่มีประสบการณ์สูงจำนวน 2 ท่าน อีกครั้งพบว่าปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลามีอายุตั้งแต่น้อยกว่า 1 ปี ไปจนถึง 6 ปี ตามตารางที่ 3 และพบว่าอคติ (Biases) ของการอ่านอายุระหว่าง Otolith กับ Spines จะชัดเจนเมื่อปลาอายุมากกว่า 3 ปี โดยค่าอายุที่อ่านได้จาก Otolith มีค่าสูงกว่า Spines เล็กน้อย ในขณะที่อคติ (Biases) ของการอ่านอายุส่วนใหญ่ที่อ่านได้จาก Spines จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อนำมาเทียบกับอคติ (Biases) ระหว่าง Otolith กับ Spines ตามภาพที่ 10

ตารางที่ 3 อายุที่ประมาณได้จากส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

Length (TL) (mm)	Age (year)							Total
	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	
31 - 50	11,11,11							33
51 - 70	10,10,11	1,1,0						33
71 - 90	19,20,21	18,17,16						111
91 - 110	0,0,1	11,15,14	5,2,2	1,0,0				51
111 - 130		12,13,16	22,20,20	3,4,1				111
131 - 150		1,1,2	13,20,17	13,7,9	1,0,0			84
151 - 170		0,0,1	2,8,6	23,22,22	9,5,6			105
171 - 190			0,2,4	9,16,11	16,10,13	3,1,1	1,0,0	87
191 - 210				0,2,1	2,2,3	1,1,1	2,0,0	15
211 - 230					1,1,1	1,1,1		6
231 - 250						0,1,1	1,0,0	3

หมายเหตุ: ตัวเลขในแต่ละเซลล์คืออายุที่ประมาณได้จาก Otolith Dorsal และ Pectoral fin-spine ตามลำดับ



- (ก) อคติ (Biases) ของอายุระหว่าง Otolith กับ Dorsal fin-spine
 (ข) อคติ (Biases) ของอายุระหว่าง Otolith กับ Pectoral fin-spine
 (ค) อคติ (Biases) ของอายุระหว่าง Pectoral fin-spine กับ Dorsal fin-spine

หมายเหตุ: แถบสีแดงบ่งชี้ถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ภาพที่ 10 อคติของอายุระหว่างส่วนแข็งของปลากดหัวแข็งที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 การประมาณอายุและการเติบโต

การประมาณอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งจาก 3 ส่วนแข็ง ได้แก่ Otolith Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine ด้วยการประมาณค่าอายุและการเติบโตจากแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) Gompertz (Gompertz, 1825) และ Logistic (Ricker, 1975: 1-382) พบว่าความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) ของปลากดหัวแข็งจาก Otolith ตามแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) มีความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) มากที่สุด 290.87 มิลลิเมตร เป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) และค่าดัชนีประสิทธิภาพการเติบโต (phi-prime value, ϕ') (Pauly and Munro, 1984) มีค่าต่ำที่สุด 0.166 และ 2.148 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การตายตามธรรมชาติ (Natural mortality, M) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.573-1.631 ต่อปี ซึ่งในแต่ละรูปแบบการเติบโต พบว่าผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares; RSS) ของข้อมูลความยาวที่อายุใด ๆ จาก Otolith ให้ผลรวมต่ำที่สุดตามตารางที่ 4 เพราะฉะนั้นจึงใช้ Otolith ในการประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตามสมการที่ (11) (12) และ (13)

$$L_t = 290.87 (1 - e^{-0.166 (t - 1.51)}) \quad (11)$$

the von Bertalanffy model

$$L_t = 229.82 e^{-e^{-0.383 (t - 0.598)}} \quad (12)$$

Gompertz model

$$L_t = 209.85 (1 + e^{-0.604 (t - 1.274)})^{-1} \quad (13)$$

Logistic model

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์การเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

Model	L_{∞} (mm)	k (year ⁻¹)	t_0 (year)	RSS	ϕ'	M (year ⁻¹)
Otolith						
the von Bertalanffy	290.87	0.166	-1.51	58.029	2.148	0.573
Gompertz	229.82	0.383	0.589	57.467	2.306	1.058
Logistic	209.85	0.604	1.274	57.472	2.425	1.463
Dorsal-fin spine						
the von Bertalanffy	292.20	0.184	-1.34	65.824	2.196	0.612
Gompertz	226.19	0.443	0.507	65.267	2.355	1.170
Logistic	205.21	0.706	1.072	65.211	2.473	1.631
Pectoral-fin spine						
the von Bertalanffy	286.08	0.189	-1.389	59.626	2.189	0.627
Gompertz	226.11	0.435	0.451	59.753	2.347	1.156
Logistic	206.28	0.685	1.039	60.288	2.464	1.595

L_{∞} = ความยาวสูงสุดที่ปลาสามารถเติบโตได้ หรือความยาวอนันต์ (Asymptotic length)

k = ความยาวสูงสุดที่ปลาสามารถเติบโตได้ หรือความยาวอนันต์ (Asymptotic length)

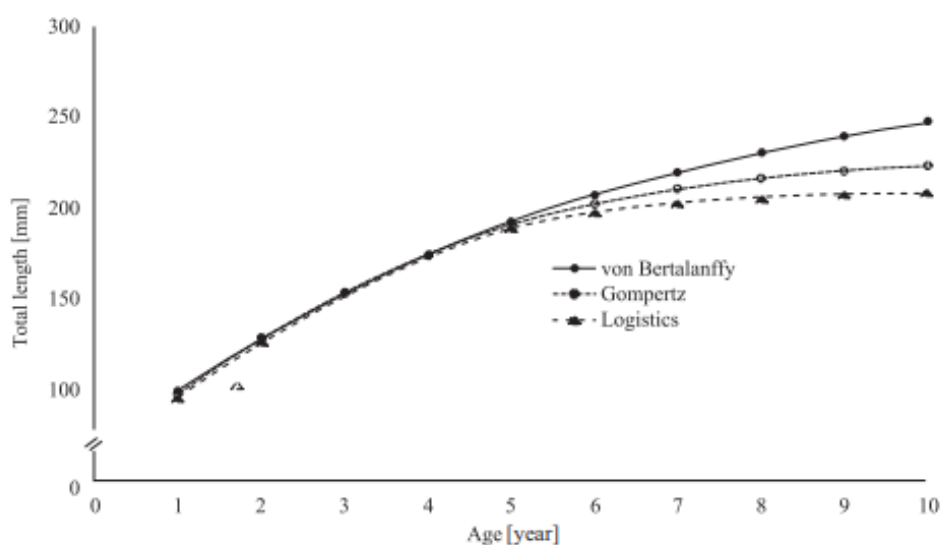
t_0 = อายุของปลาเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์ (Age when length is theoretically zero)

RSS = ผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares)

ϕ' = ดัชนีประสิทธิภาพการเติบโต (phi-prime value)

M = สัมประสิทธิ์การตายตามธรรมชาติ (natural mortality)

และเมื่อนำข้อมูลการเติบโตจากแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) Gompertz (Gompertz, 1825) และ Logistic (Ricker, 1975: 1-382) มาสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบการเติบโตในแต่ละแบบจำลอง พบว่าความยาวตัวปลาโดยประมาณเมื่อปลามีอายุ 1-5 ปี ทั้ง 3 แบบจำลอง มีรูปแบบการเติบโตคล้ายกัน แต่เมื่อปลามีอายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป รูปแบบการเติบโตจากแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) จะมีขนาดใหญ่กว่าแบบจำลองอื่น ๆ อย่างชัดเจน ตามภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาตามแบบจำลองการเติบโต

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares; RSS) ของ Otolith มีค่าต่ำที่สุด และแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) มีความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) มากที่สุด และค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) ต่ำที่สุด ดังนั้น การประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา ด้วย Otolith ตามแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) มีความถูกต้องและแม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนโค้งและแบบจำลองอื่น ๆ

บทที่ 5

อภิปรายผล

การประมาณค่าอายุและการเติบโตของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญสำหรับการศึกษาด้านพลวัตประชากร การประเมินสถานะทรัพยากร และการบริหารจัดการทรัพยากรประมง (Campana, 2001: 197-242) ซึ่งโดยปกติปลาในเขตร้อนจะนิยมประเมินอายุจากฐานข้อมูลความยาวของปลา ซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนและต้องใช้ตัวอย่างปลาจำนวนมาก โดยตัวอย่างปลาที่ใช้ในการศึกษาจะต้องครอบคลุมทุกขนาดและต้องเก็บตัวอย่างปลาทุกเดือนเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 12 เดือน (Hoenig, 1982: 1-5) ทั้งนี้เนื่องจากในอดีตมีความเชื่อว่าปลาในเขตร้อนไม่สามารถตรวจสอบวงปีจากส่วนแข็งของปลาได้ โดยเฉพาะกระดูกหู (Srinoparatwatana, 2009: Web-Site) แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการในการหาอายุจากส่วนแข็งของปลา โดยการตัดขวางกระดูกให้เป็นชิ้นบาง ๆ แล้วขัดกระดูกให้ใสจนสามารถมองเห็นวงปีได้ จากการพัฒนาวิธีการดังกล่าวจึงสามารถหาอายุของปลาในเขตร้อน จากส่วนแข็งได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง

การศึกษครั้งนี้เป็นการศึกษาอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างปลาจากบริเวณที่มีการทำการประมงปลากดหัวแข็งสูง ได้แก่ ทะเลสาบสงขลาตอนบน และตอนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำจืดและบริเวณที่น้ำมีความเค็มต่ำ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปลาชนิดนี้สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำที่มีความเค็มต่ำ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Kutsyn et al. (2021: 56-63) ที่ระบุว่าปลาชนิดนี้มักหลีกเลี่ยงการอยู่อาศัยในแหล่งน้ำจืดที่บริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง โดยปลาที่ใช้ในการศึกษากครั้งนี้มีความยาว (Total length; TL) สูงสุด 23.8 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับความยาวสูงสุดของปลากดหัวแข็งที่พบในบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง มีความยาว 25 เซนติเมตร (Kutsyn et al., 2021: 56-63) และ Tran et al. (2013: 174) รายงานว่าในกลุ่มน้ำโขงตอนล่างปลาชนิดนี้สามารถเติบโตจนมีความยาวได้สูงสุดถึง 40 เซนติเมตร แต่โดยทั่วไปในแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำกร่อยมักพบปลาชนิดนี้มีความยาวเพียง 25 เซนติเมตร เท่านั้น ซึ่งต่างจากกลุ่มประชากร (Stock) ที่พบในทะเลอย่างมาก เช่น ความยาวของปลาชนิดนี้ที่พบนอกชายฝั่งมาเลเซีย มีความยาว 29 เซนติเมตร (Arshad et al., 2008: 328-329) และที่พบในน่านน้ำไต้หวันมีความยาว 35 เซนติเมตร (Chu et al., 2012: 705-708) เป็นต้น

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนัก (Length Weight Relationship: LWR)

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับ Fork Length (FL) และ Total Length (TL) กับ Standard Length (SL) ของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันสูง โดยมีค่าความชัน (b) ของความสัมพันธ์เท่ากับ 1.13 และ 1.15 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับปลากดหัวแข็งในชายฝั่งใต้หวันที่มีค่าความชัน (b) ของความสัมพันธ์เท่ากับ 1.06 และ 1.18 ตามลำดับ (Chu et al., 2012: 705-708) และพบว่ายังมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับปลากดหัวแข็งในคาบสมุทรมาเลเซียที่มีค่าความชัน (b) ของความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับ Standard Length (SL) เท่ากับ 1.17 (Arshad et al., 2008: 328-359) จากค่าความชัน (b) แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเติบโตที่มีความคล้ายคลึงกันทั้งปลากดหัวแข็งที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความยาว Total Length (TL) กับน้ำหนัก (Weight; W) (Length Weight Relationship; LWR) ของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา พบว่ามีค่าความชัน (b) มากกว่า 3 อย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา มีการเติบโตแบบ positive allometry กล่าวคือมีการเติบโตโดยที่ความกว้างของลำตัวปลา มีสัดส่วนมากกว่าความยาวของลำตัวปลา หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าปลา มีลักษณะค่อนข้างอ้วน แสดงให้เห็นว่าทะเลสาบสงขลา มีสถานะที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและการเติบโต (Froese, 2006: 241-253) ในขณะที่ปลากดหัวแข็งที่อาศัยอยู่ในทะเลมีค่าความชัน (b) ต่ำกว่า 3 โดยมีค่าระหว่าง 2.6-2.9 (Arshad et al., 2008: 328-329; Chu et al., 2012: 705-708) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผันแปรของภูมิอากาศหรือการแข่งขันทางทรัพยากร (Dieb-Magalhães et al., 2015: 1182-1184)

5.2 การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions: MIR)

การตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions, MIR) เป็นการตรวจสอบเพื่อยืนยันว่าเมื่อเวลาผ่านไป ส่วนแข็งจะมีการขยายขนาดตามอายุของปลา โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปลาที่มีอายุตั้งแต่น้อยกว่า 1 ปี จนถึง 6 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับการตรวจยืนยันการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions, MIR) เนื่องจากวิธีนี้เหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจสอบการขยายขนาดของปลาที่มีอายุตั้งแต่ 10 ปีลงมา (Campana., 2001: 197-242) โดยพบว่าปลา มีการขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions, MIR) น้อยที่สุดในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฝนทำให้น้ำในทะเลสาบสงขลา มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเป็นผลให้ปลาไม่ค่อยกินอาหารจึงมีการเติบโตช้า ทำให้การขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions, MIR) น้อยตามไปด้วย ส่วนในช่วงเดือนอื่น ๆ อุณหภูมิของน้ำประมาณ 30 องศาเซลเซียส

เป็นผลให้การขยายขนาดของส่วนแข็ง (Marginal increment regressions, MIR) นั้น มีค่าสูงขึ้น (Internation Lake Environment Committee Foundation, 2021: Web Site)

5.3 การเปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุ

การศึกษาการเปรียบเทียบความเที่ยง (precision) ของการอ่านอายุจากผู้อ่าน 3 ท่าน พบว่าสามารถอ่านอายุจากส่วนแข็งของ Otolith Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Kwangkhwang (2016: 29-38) ที่ศึกษาอายุและการเติบโตของปลาเสือตอลายเล็กในแม่น้ำโขง โดยจากการศึกษาครั้งนี้สามารถอ่านอายุจากส่วนแข็งได้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) ของ Otolith มีค่ามากกว่า Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนักวิจัยท่านอื่น ๆ ที่พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) ของ otolith มีค่ามากกว่าส่วนแข็งอื่น ๆ เช่นกัน (Khan et al., 2011: 183-193; Zhu et al., 2017: 1-28) โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) อยู่ในช่วง 50–60% ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Khan et al. (2011: 183-193) และ Gebremedhin et al. (2021: 574) ที่พบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) มากกว่า 60% แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการศึกษานี้จะพบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำ แต่จากการตรวจสอบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Percentage Error; MPE) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation ; CV) ระหว่างผู้ทั้ง 3 ท่าน พบว่ายังคงต่ำกว่าขีดจำกัดบนซึ่งกำหนดไว้ที่ 20% (Winter and Cliff, 1996: 135-144; Cruz-Martínez et al., 2004: 367-374)

จากการศึกษาเพิ่มเติมจากผู้อ่าน (Reader) ที่มีประสบการณ์สูงจำนวน 2 ท่าน พบว่าปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลามีอายุตั้งแต่น้อยกว่า 1 ปี ไปจนถึง 6 ปี และพบอคติ (Biases) อย่างชัดเจนจากการอ่านอายุในปลาที่มีอายุมากกว่า 3 ปี โดยพบอคติ (Biases) ระหว่าง Otolith กับ Spine มากกว่าอคติ (Biases) ระหว่าง Dorsal fin-spine กับ Pectoral fin-spine ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปลาที่มีอายุมากขึ้น นิเวศของ spine ในปลาหลายชนิดอาจสลายไปทำให้โครงสร้างภายในของ spine มีลักษณะคล้ายรู (vascularization) ซึ่งอาจกำจัดหรือปิดบังวงแหวนวงแรกทำให้อายุที่ได้จากการประมาณต่ำกว่าความเป็นจริง (Drew et al., 2006: 847-852; Khan et al., 2011: 183-193) ด้วยเหตุนี้ผู้อ่านทั้ง 3 ท่าน จึงเลือกใช้ Otolith สำหรับประเมินอายุและการเติบโต สอดคล้องกับการศึกษาของ Khan et al. (2011: 183-193), Zhu et al. (2017: 1-28), Almamari et al. (2021: 159-166) และ Gebremedhin et al. (2021: 1-574) ที่เปรียบเทียบอายุจากส่วนแข็งต่าง ๆ ของสัตว์น้ำ

5.4 การประมาณอายุและการเติบโต

พารามิเตอร์การเติบโตจากข้อมูลอายุที่ได้จากการอ่านส่วนแข็ง ได้แก่ Otolith Dorsal fin-spine และ Pectoral fin-spine พบว่าผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares: RSS) ของ Otolith มีค่าต่ำกว่า Spine จึงเป็นการยืนยันความเหมาะสมของการใช้ชิ้นส่วนแข็งนี้ ในการประมาณอายุของปลากดหัวแข็ง และพบว่าแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) ให้ค่าความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_∞) มากที่สุด และสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Cruz-Martinez et al. (2004: 367-374); Zhu et al. (2009: 457-467); Duarte-Neto et al. (2012: 149-158); Zhang et al. (2020: 1-17) และค่าดัชนีประสิทธิภาพการเติบโต (ϕ') (Pauly and Munro, 1984: 1-21) ที่ประเมินจาก Otoliths หรือข้อมูลความถี่ความยาวของแบบจำลองการเติบโตทั้งสามแบบนี้ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับกลุ่มประชากร (Stock) ของปลากดหัวแข็งที่อื่น ๆ ($2.08 < \phi' < 3.14$) (Kutsyn et al., 2021: 56-63)

แบบจำลองการเติบโตที่เหมาะสมนั้น ไม่ควรเลือกด้วยการวัดทางคณิตศาสตร์เท่านั้น (Katsanevakis, 2006: 229-235; Katsanevakis and Maravelias, 2008: 178-187) แต่ยังรวมถึงมุมมองทางชีววิทยาและการจัดการ (Zhu et al., 2009: 457-467; Haddon, 2011: 1-465) โดยทั่วไปในความหมายทางคณิตศาสตร์แบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1938: 181-213) ถือว่าเป็นรูปแบบที่น่าเชื่อถือที่สุดสำหรับการประเมินกลุ่มประชากร (Stock) ปลา (Cruz-Martínez et al., 2004: 367-374; Zhu et al., 2009: 457-467; Duarte-Neto et al., 2012: 149-158; Zhang et al., 2020: 1-17) ซึ่งจากมุมมองในการบริหารจัดการทรัพยากรประมงนั้น ความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_∞) ที่ต่ำกว่าและค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) ที่สูงขึ้นของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา จากแบบจำลอง Gompertz (Gompertz, 1825: 513-583) และ Logistic (Ricker, 1975: 1-382) จะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การตายตามธรรมชาติสูงเกินไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อจัดการทรัพยากรประมง (Khan et al., 2011: 183-193) เช่น อาจทำให้การวางแผนในการบริหารจัดการทรัพยากรทำได้ยากขึ้น เนื่องจากการตายตามธรรมชาติสูง

5.5 สรุป

การประมาณค่าอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา โดยใช้โครงสร้างแข็งที่แตกต่างกัน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความยาวและการเติบโตนั้น มีโครงสร้างอายุและรูปแบบการเติบโตที่แตกต่างกัน โดยพบว่าอายุที่อ่านจาก Otolith จากผู้อ่าน (Reader) ทั้ง 3 ท่าน ให้การประมาณอายุที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด และแบบจำลอง von Bertalanffy (von Bertalanffy,

1938: 181-213) เหมาะสมที่สุดในการประมาณการเติบโต เนื่องจากผลรวมคงเหลือของกำลังสอง (Residual sum of squares; RSS) มีค่าต่ำที่สุด และพารามิเตอร์การเจริญเติบโตที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้ เช่น ความยาวอนันต์ (Asymptotic length, L_{∞}) และค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (Growth coefficient; K) สามารถใช้เป็นปัจจัยนำเข้าไปในแบบจำลองการประเมินกลุ่มประชากร (Stock) เพื่อตรวจสอบระดับ การจับปลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลา

5.6 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาอายุและการเติบโตของปลากดหัวแข็งในทะเลสาบสงขลาจากฐานข้อมูลความยาวเพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับอายุจริงที่อ่านได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อยืนยันว่าอายุที่ได้จากการกระจายความถี่ของความยาวกับอายุที่อ่านได้จาก Otolith ของปลากดหัวแข็งนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เนื่องจากหากเป็นไปในทิศทางเดียวกันในอนาคตก็จะสามารถนำข้อมูลอายุที่แท้จริงมาเป็นข้อมูลนำเข้าไปในแบบจำลอง เพื่อการประเมินสถานะทรัพยากรประมงในแหล่งน้ำอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- คณะทำงานดำเนินงานโครงการตามแผนแม่บทการพัฒนาภูมิน้ำทะเลสาบสงขลาในด้านการประมง.
(2564). “ผลผลิตสัตว์น้ำจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา”, **โครงการฟื้นฟูทรัพยากรประมงในทะเลสาบสงขลา**. <https://www.skonline.com/web/index.php>. มีนาคม, 2564.
- คณิต ไซยาคำ, ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และจุฬารักษ์ รัตนไชย. “การศึกษาผลการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนรุนบริเวณทะเลสาบสงขลา”, ใน **การประชุมวิชาการประมงน้ำกร่อย ครั้งที่ 2/2525 หมวดสำรวจและสถานะแวดล้อม**. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2525.
- ซีตียาเราะห์ สะอะ, วนาลี เกื้อคราม และพงศธร จันทรัตน์. “การศึกษาอาหารธรรมชาติในกระเพาะของปลากดหัวโหม่งจากการประมงพื้นบ้านบริเวณชุมชนชาวประมงบ้านท่าสะอ้าน ตำบลพะวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา”, **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 11(2): 83-97; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2560.
- ธนิษฐา ทรรพนันท์. **ชีววิทยาประมง**. กรุงเทพมหานคร: รั้วเขียว, 2543
- ปรีชา สมมณี. **การจัดการทรัพยากรประมง**. กรุงเทพมหานคร: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2520.
- ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และละออ ชูศรีรัตน์. **รายงานวิจัยการเปลี่ยนแปลงขนาดและประสิทธิภาพการจับสัตว์น้ำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดช่องตาข่ายในทะเลสาบสงขลา**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2544.
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ และมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. **รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาภูมิน้ำทะเลสาบสงขลา เล่มที่ 4 ทรัพยากรป่า-ประมง-การใช้ที่ดิน-พลังงาน**. รายงานต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548.
- วารินทร์ ธนาสมหวัง และอรัญญา อัครอารีย์. **รายงานการวิจัยสถานะการทำการประมงและผลการจับสัตว์น้ำในปี 2554 และ 2555 หลังการฟื้นฟูทรัพยากรประมงในทะเลสาบสงขลา**. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555.
- สิริ ทุกข์วินาศ และคณะ. **รายงานการวิจัยผลการสำรวจประสิทธิภาพเครื่องมือทำการประมงและประเมินผลการใช้ทรัพยากรสัตว์น้ำจากกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ จังหวัดสงขลา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2529.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- อังสนีย์ ชุณหพราน, จุฬารักษ์ รัตน์ไชย และอาภรณ์ มีชูพันธ์. รายงานการวิจัยประเมินผลการจับสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาปี 2537-2538. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2539.
- อวิรุทธ์ ทศมากร และเสาวภา อังสุภานิช. “รายงานวิจัยประวัติโคฟีพอดภายนอกของปลากระด้างชนิดในวงศ์ Ariidae บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง”, **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**. 8(1): 44-59; มกราคม-มิถุนายน, 2557.
- Almamari, D. and et al. “Age, growth, mortality, and exploitation rate of blueline snapper, *Lutjanus coeruleolineatus* (Actinopterygii: Perciformes: Lutjanidae), from Dhofar Governorate, Sultanate of Oman”, **Acta Ichthyologica et Piscatoria**. 51(2): 159–166; July, 2021.
- Angsupanich, S. and Siripech, A. “Role and distribution of the dominant benthic fauna, *Apseudes sapensis* Chilton 1926 (Crustacea: Tanaidacea) in Songkhla Lake, Southern Thailand”, **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 23(4): 515–525; October, 2001.
- Angsupanich, S., Somsak, S. and Phrommoon, J. “Stomach contents of the catfishes *Osteogeneiosus militaris* (Linnaeus, 1758) and *Arius maculatus* (Thunberg, 1792) in the Songkhla Lake”, **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 27(Suppl.1): 391-402; February, 2005.
- Araya, M., Medina, M. and Arancibia, H. “Preliminary Result of Empirical Validation of Daily Increments in Otoliths of Jack Mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) Marked with Oxytetracycline”, **Scientia Marina**. 67(4): 471-475; December, 2003.
- Arshad, A. and et al. “Length–weight and length–length relationships of five fish species collected from seagrass beds of the Sungai Pulai estuary, Peninsular Malaysia”, **Journal of Applied Ichthyology**. 24(3): 328–329; February, 2008.
- Beamish, R.J. and McFarlane G.A. “The forgotten requirement for age validation in fisheries biology”, **Transactions of the American Fisheries Society**. 112(6): 735-743; November, 1983.
- Berkes, F. and et al. **Managing Small Scale Fisheries**. Ottawa: IDRC, 2001.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. **On the Dynamics of Exploited Fish Populations.** London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1957.
- Bhattacharya, C. G. A. “A simple method of resolution of a distribution into gaussian components”, **Biometrics.** 23(1): 115-135; March, 1967.
- Britton, J.R. and Blackburn, R. “Application and utility of using otolith weights in the ageing of three flatfish species”, **Fisheries Research.** 154: 147-151; June, 2014.
- Buckworth, R.C. “World fisheries are in crisis? We must respond!”, In **Reinventing Fisheries Management.** Pitcher, T.J. Hart, P.J.B. and Pauly, D. Editors p.3-17. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Campana, S.E. “Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods”, **Journal of fish biology.** 59(2): 197-242; August, 2001.
- Campana, S.E. and Neilson, J.D. “Microstructure of Fish Otoliths”, **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** 42(5): 1014-1032; May, 1985.
- Chu, W.S. and et al. “Correlation between the length and weight of *Arius maculatus* off the southwestern coast of Taiwan”, **Brazilian Archives of Biology and Technology.** 55(5): 705-708; September, 2012.
- Cruz-Martínez, A. Chiappa-Carrara, X. and Arenus-Fuentes, V. “Age and growth of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from southern Gulf of Mexico”, **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science.** 37: 367-374; December, 2004.
- Dieb-Magalhães, L., Florentino, A.C. and Soares, M.G.M. “Length–weight relationships and length at first maturity for nine fish species of flood-plain lakes in Central Amazon (Amazon basin, Brazil)”, **Journal of Applied Ichthyology.** 31(6): 1182-1184; October, 2015.
- Drew, K. Die, D.J. and Arocha, F. “Understanding vascularization in fin spines of white marlin (*Tetrapturus albidus*)”, **Bulletin of Marine Science.** 79(3): 847-852, 2006.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Chesoh, S. and Lim, A. “Forecasting fish catches in the Songkhla Lake basin”, **ScienceAsia**. 34(3): 335-340; June, 2008.
- Duarte-Neto, P. Higa, F.M. and Lessa, R.P. “Age and growth estimation of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in the southwestern Atlantic”, **Neotropical Ichthyology**. 10(1): 149–158; March, 2012.
- FAO. **Fisheries Management: FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries 4**. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 1997.
- _____. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2002.
- _____. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2012.
- Froese, R. and D. Pauly. (2013). “World Wide Web electronic publication”, **FishBase**. <http://www.fishbase.org/Country/CountrySpeciesSummary.php>. December, 2021.
- Froese, R. “Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations”, **Journal of Ichthyology**. 22(4): 241-253; July, 2006.
- Gebremedhin, S. and et al. “Scientific methods to understand fish population dynamics and support sustainable fisheries management”, **Water**. 13(4): 1-574; February, 2021.
- Gompertz, B. “On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies”, **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. 115: 513-583; June, 1825.
- Haddon, M. **Modeling and quantitative methods in fisheries**. 2nd ed. Florida USA: Boca Raton, 2011.
- Hoenig, J.M. “Estimating Mortality Rate from the Maximum Observed Age”, **ICES. Conference and Meeting**. 5(1): 1-5; November, 1982.
- Internation Lake Environment Committee Foundation. “World lake database”, <http://wldb.ilec.or.jp>. January, 2021.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Isley, J.J. and Grabowski, T.B. “Age and growth”, In **Anaiym and intapretation of freshwater fisheries data**. Guy, C.S. and Brown, M.L. Editors p.187-228. Bethesda: American Fisheries Society, 2007.
- Jenkins, G.P. and Davis, T.L.O. “Age, Growth Rate, and Growth Trajectory Determined from Otolith Microstructure of Southern Bluefin Tuna *Thunnus maccoyii* Larvae”, **Marine Ecology Progress Series**. 63(2): 93-104; May, 1990.
- Katsanevakis, S. “Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty”, **Fisheries Research**. 81(2– 3): 229-235; November, 2006.
- Katsanevakis, S. and Maravelias, C.D. “Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation”, **Fish and fisheries**. 9(2): 178-187; June, 2008.
- Khan, S. Khan, M.A. and Miyan, K. “Comparison of age estimates from otoliths, vertebrae, and pectoral spines in African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell)”, **Estonian Journal of Ecology**. 60(3): 183-193; September, 2011.
- King, M. **Fisheries Biology, Assessment and Management**. Oxford: Fishing News Books, 1995.
- Kishore, R and Ramsundar H. “Community-based fisheries management: a case study of fishing communities from Ortoire to Guayaguayare Trinidad”, Belize.e. City. **Belize 59th Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute**. (59): P.99-109. San Fernando
- Kishore, R. and Ramsundar H. (2007). “Community-based fisheries management: a case study of fishing communities from Ortoire to Guayaguayare Trinidad”, **AquaDoscs**. https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/29092/gcfi_59-13.pdf. June, 2021.
- Kwangkhwang, W. “Estimating Age and Growth of the Mekong Tiger Perch, *Datnioides undecimradiatus* (Roberts and Kottelat, 1994) by Using Hard Structures”, **Kasetsart Unnersity Fisheries Research Bulletin**. 40(2): 29-38; May - August, 2016.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Lou, D.C. and et al. “Using otolith weight-age relationships to predict age based metrics of coral reef fish populations across different temporal scales”, **Fisheries Research**. 83(2): 216-227; February, 2007.
- Morales-Nin, B. **Determination of Growth in Bony Fishes from Otolith Microstructure**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1992.
- Morales-Nin, B. “Growth determination of tropical marine fishes by means of otolith interpretation and length frequency analysis”, **Aquatic Living Resources**. 2: 241-253; October, 1989.
- Morioka, S. and et al. “Characteristics of two populations of Thai river sprat *Clupeichthys aesarnensis* from man-made reservoirs in Thailand and Laos, with aspects of gonad development”, **Fisheries science**. 85(4): 667-675; May, 2019.
- Nelson, G.A. (2021) “fishmethods_1.11-3.tar.gz”, **fishmethods: Fishery science methods and models**. <http://www.CRAN.R-project.org/package=Fishmethods>. June, 2021.
- Ogle, D.H. and et al. (2021) “FSA_0.9.3.tar.gz”, **FSA: Fisheries stock analysis**. <http://www.CRAN.R-project.org/package=FSA>. June, 2021.
- Pauly, D. “On the Interrelationships Between Natural Mortality, Growth Parameters and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks”, **Journal du Consei/Conseil Permanent International pour l’Exploration de la Mer**. 39(3): 175-192; July, 1980.
- Pauly, D. and Froese, R. “MSY needs no epitaph-but it was abused”, **ICES Journal of Marine Science**. 78(6): 2204-2210; September, 2021.
- Pauly, D. and Munro, J.B. “Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates”, **ICLARM Fishbyte**. 2(1): 1-21; April, 1984.
- Phomikong, P. Seehirunwong, S. and Jutagate, T. “A Preliminary Estimate of Age and Growth of Two Populations of Dasyatid Stingray *Urogymnus polylepis* in Thailand”, **Journal of Fisheries and Environment**. 43(3): 43-54; September-December, 2019.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- R Core Team. (2020). “R: A language and environment for statistical computing”, <http://www.r-project.org/index.html>. January, 2020.
- Rainboth, W.J. **Fishes of the Cambodian Mekong. FAO species identification field guide for fishery purposes.** Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 1996.
- Ricker, W.E. “Computation and interpretation of biological statistics of fish populations”, **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada.** 191: 1–382; March, 1975.
- Secor, D.H., J.M. Dean and E.H. Laban. “Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination”, In **Otolith Microstructure Examination and Analysis.** Stevenson, D.K. and S.E. Campana Editors p. 19-57. Dartmouth: Department of Fisheries and Oceans, 1992
- Sparre, P. and Venema, S.C. **Introduction to tropical fish stock assessment part 1. Manual.** Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- Srinoparatwatana, C. (2009) “Population Biology of Two Key Fish Species and the Dynamics and Management of the Trap Fishery in Beung Borapet, Thailand”, **Doctor’s thesis: Edith Cowan University.** <http://www.or.ecu.edu.au/theses/2093>. January, 2021.
- Tapparuk, T., Lerssutthichawal, T. and Thapanand-Chaidee, T. “Preliminary study of reproductive biology of soldier catfish (*Osteogeneiosus militaris* Linnaeus, 1758) in Songkhla Lake, Pattalung Area”, **Journal of Fisheries Technology Research.** 3(2): 79-87; July-December, 2009.
- Tran, D.D. and et al. **Mô tả định Loại Cá. Đồng Bằng Sông Cửu Long, Việt Nam Fishes of the Mekong Delta.** Can Tho: Can Tho University Publishing House, 2013.
- Vitale, F. Clausen, L.W. Chonchúir, G.N. **Handbook of fish age estimation protocols and validation methods.** Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea, 2019.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- von Bertalanffy L. “A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth law II)”, **Human Biology**. 10(2): 181–213; May, 1938.
- Winter, S.P. and Cliff, G. “Age and growth determination of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, from the east coast of South Africa”, **Fish Bulletin**. 94(1): 135–144; October, 1996.
- Zhang, K. and et al. “Model selection for fish growth patterns based on a Bayesian approach: A case study of five freshwater fish species”, **Aquatic Living Resources**. 17(33): 1-17; November, 2020.
- Zhu, X. and et al. **Comparison of scales, pectoral-fin fin rays, and otoliths for estimating age, growth, and mortality of lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*, in Great Slave Lake**. Ottwa: Canadian Science Advisory Secretariat Ottawa, 2017.
- Zhu, L. Li L. and Liang, Z. “Comparison of six statistical approaches in the selection of appropriate fish growth models”, **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**. 27(3): 457-467; November, 2009.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำสั่งสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R


```

## Arius maculatus ##
## MIR ##
MI=read.table("1MIR.txt", header=T, row.names=1)
attach(MI)
names(MI)
library(dunn.test)
mod1=kruskal.test(Otolith~Sampling)
mod1
dunn.test(Otolith, Sampling)
mod2=kruskal.test(Dorsal~Sampling)
mod2
dunn.test(Dorsal, Sampling)
mod3=kruskal.test(Pectoral~Sampling)
mod3dunn.test(Pectoral, Sampling)
rm(MI)

## Precision in Ageing among hard parts ##
dat=read.table("2PreciseMod.txt", header=T, row.names=1)
attach(dat)
names(dat)
library(FSA)
apo <- agePrecision(~O1+O2+O3,data=dat)
apd <- agePrecision(~D1+D2+D3,data=dat)
app <- agePrecision(~P1+P2+P3,data=dat)
summary(apo,what="precision")
summary(apd,what="precision")
summary(app,what="precision")
rm(dat)

```

```

## AgeBiase estimation ##
dat1=read.table("3BiasPop.txt", header=T, row.names=1)
attach(dat1)
ab1 <- ageBias(Dorsal~Otolith,data=dat1,ref.lab="Otolith",nref.lab="Dorsal")
summary(ab1,what="Bowker") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"Bowker" method
summary(ab1,what="EvansHoenig") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"EvansHoenig" method
plot(ab1)

ab2 <- ageBias(Pectoral~Otolith,data=dat1,ref.lab="Otolith",nref.lab="Pectoral")
summary(ab2,what="Bowker") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"Bowker" method
summary(ab2,what="EvansHoenig") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"EvansHoenig" method
plot(ab2)

ab3 <- ageBias(Dorsal~Pectoral,data=dat1,ref.lab="Pectoral",nref.lab="Dorsal")
summary(ab3,what="Bowker") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"Bowker" method
summary(ab3,what="EvansHoenig") ## showing the Chi-square tests of symmetry by
"EvansHoenig" method
plot(ab3)

par(mfrow=c(1,3))
plotAB(ab1)
plotAB(ab2)
plotAB(ab3)

rm(dat1)

```

```
## Estimation of growth models ##
```

```
## Three parts
```

```
library(fishmethods)
```

```
dat4=read.table("4Models.txt", header=T, row.names=1)
```

```
names(dat4)
```

```
##Otolith
```

```
growth(intype=1,unit=1,size=dat4$Length,age=dat4$O9,  
        calctype=1,wgtby=1,error=1,Sinf=200,K=0.2,t0=-1)
```

```
##Dorsal
```

```
growth(intype=1,unit=1,size=dat4$Length,age=dat4$D1,  
        calctype=1,wgtby=1,error=1,Sinf=200,K=0.2,t0=-1)
```

```
##Pectoral
```

```
growth(intype=1,unit=1,size=dat4$Length,age=dat4$P1,  
        calctype=1,wgtby=1,error=1,Sinf=200,K=0.2,t0=-1)
```

```
## Likelihood ratio tests for comparing multiple growth curves ##
```

```
##Otolith VS Dorsal
```

```
dat5=read.table("51OD.txt",header=T, row.names=1)
```

```
names(dat5)
```

```
growthlrt(len=dat5$Length,age=dat5$Age,group=dat5$Hard,model=1,error=2,select=1,  
           plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat5$Length,age=dat5$Age,group=dat5$Hard,model=2,error=2,select=1,  
           plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat5$Length,age=dat5$Age,group=dat5$Hard,model=3,error=2,select=1,  
           plottype=2)
```

```
##Otolith VS Pectoral
```

```
dat6=read.table("52OP.txt",header=T, row.names=1)
```

```
names(dat6)
```

```
growthlrt(len=dat6$Length,age=dat6$Age,group=dat6$Hard,model=1,error=2,select=1,  
           plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat6$Length,age=dat6$Age,group=dat6$Hard,model=2,error=2,select=1,  
plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat6$Length,age=dat6$Age,group=dat6$Hard,model=3,error=2,select=1,  
plottype=2)
```

```
##Dorsal VS Pectoral
```

```
dat7=read.table("53DP.txt",header=T, row.names=1)
```

```
names(dat7)
```

```
growthlrt(len=dat7$Length,age=dat7$Age,group=dat7$Hard,model=1,error=2,select=1,  
plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat7$Length,age=dat7$Age,group=dat7$Hard,model=2,error=2,select=1,  
plottype=2)
```

```
growthlrt(len=dat7$Length,age=dat7$Age,group=dat7$Hard,model=3,error=2,select=1,  
plottype=2)
```

ภาคผนวก ข
กิจกรรมการปฏิบัติงานภาคสนาม



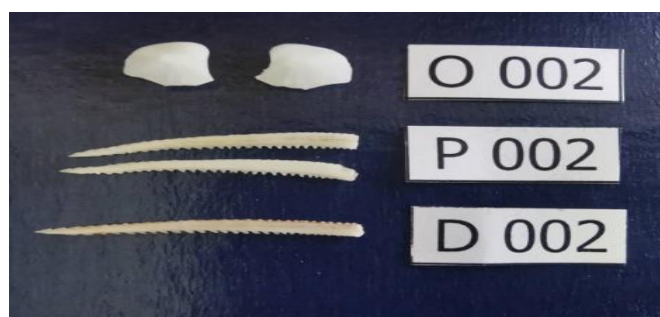
การเก็บข้อมูลความยาวและน้ำหนักตัว



การเก็บส่วนแข็งจากปลาตัวอย่าง



ส่วนแข็งที่เก็บได้จากปลาตัวอย่าง



ติดเครื่องหมายส่วนแข็งแต่ละส่วน



เก็บตัวอย่างส่วนแข็งที่ทำความสะอาดแล้วในถุงซิปล็อค

ภาพที่ ข.1 การเก็บตัวอย่างส่วนแข็ง



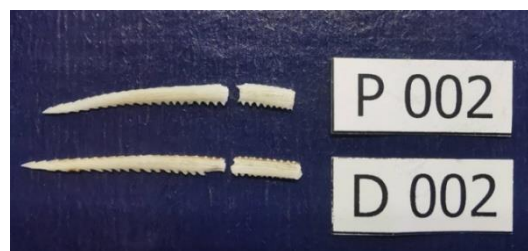
อุปกรณ์ตัดก้านครีบแข็ง



ส่วนแข็งของปลากดหัวแข็ง



การตัดก้านครีบแข็ง



ก้านครีบแข็งที่ตัด



อุปกรณ์การหล่อเรซิน



ส่วนแข็งที่หล่อเรซิน

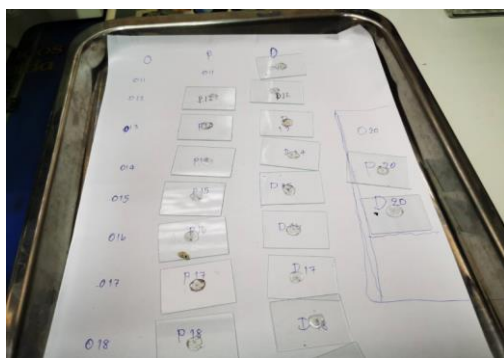
ภาพที่ ข.2 การเตรียมตัวอย่างส่วนแข็ง



การเตรียมตัวอย่างเพื่อถ่ายภาพและอ่านอายุ



การเตรียมตัวอย่างเพื่อถ่ายภาพและอ่านอายุ



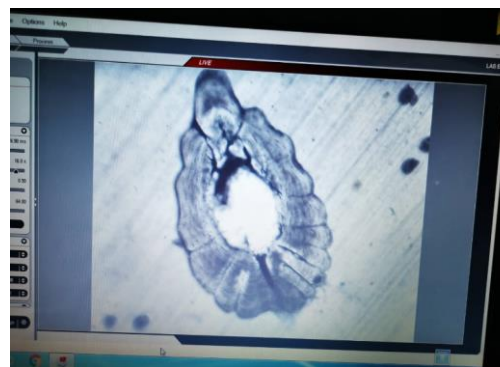
การเตรียมตัวอย่างเพื่อถ่ายภาพและอ่านอายุ



การถ่ายภาพและอ่านอายุ

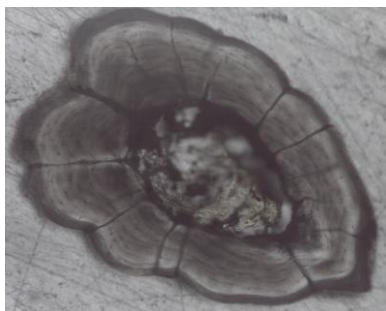


การถ่ายภาพและอ่านอายุ

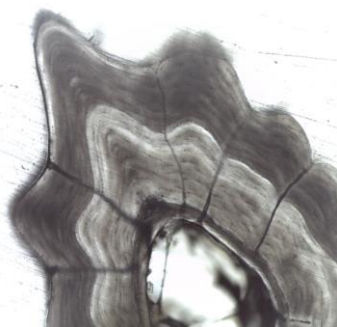


การถ่ายภาพและอ่านอายุ

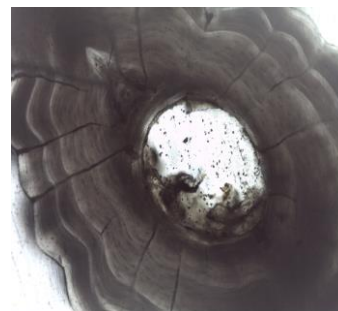
ภาพที่ ข.3 การถ่ายภาพและอ่านอายุตัวอย่างส่วนแข็ง



ครีบล้างอายุ 1 ปี



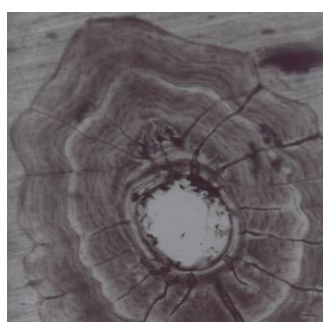
ครีบล้างอายุ 2 ปี



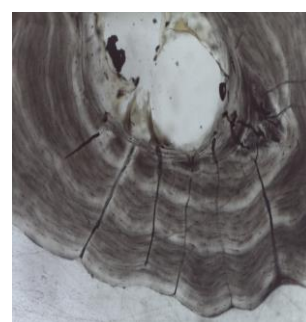
ครีบล้างอายุ 3 ปี



ครีบอกอายุ 1 ปี



ครีบอกอายุ 2 ปี



ครีบอกอายุ 3 ปี

ภาพที่ ข.4 ตัวอย่างผลการอ่านอายุจากส่วนแข็ง

ภาคผนวก ค

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ



Age and growth estimates from three hard parts of the spotted catfish, *Arius maculatus* (Actinopterygii: Siluriformes: Ariidae), in Songkhla Lake, Thailand's largest natural lake

Penprapa PHAEVISET¹, Pisit PHOMIKONG², Piyathap AVAKUL³, Sontaya KOOLKALAYA⁴, Wachira KWANGKHANG², Chaiwut GRUDPAN¹, Tuantong JUTAGATE¹

¹ Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrah, Ubon Ratchathani, Thailand

² Department of Fisheries, Chulachak, Bangkok, Thailand

³ Mahidol University, Nakhonsawan Campus, Nakhonsawan, Thailand

⁴ Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang, Chanthaburi, Thailand

<http://zoobank.org/6BF830BD-99D2-4F4D-B599-5F49B73F99F2>

Corresponding author: Tuantong Jutagate (tuantong.j@ubu.ac.th)

Academic editor: Sanja Matić-Skoko ♦ Received 7 September 2021 ♦ Accepted 2 November 2021 ♦ Published 29 November 2021

Citation: Phaeviset P, Phomikong P, Avakul P, Koolkalaya S, Kwangkhang W, Grudpan C, Jutagate T (2021) Age and growth estimates from three hard parts of the spotted catfish, *Arius maculatus* (Actinopterygii: Siluriformes: Ariidae), in Songkhla Lake, Thailand's largest natural lake. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 51(4): 371–378. <https://doi.org/10.3897/aiep.51.74082>

Abstract

The spotted catfish, *Arius maculatus* (Thunberg, 1792), is a euryhaline fish that is economically important in the Indo-West Pacific. Population dynamics studies and stock assessments of this species have focused on marine stocks, but not those from fresh water. In this study, the age and growth of *A. maculatus* were, therefore, investigated for the inland stock in Songkhla Lake, Thailand. A total of 213 individuals ranging between 35 and 238 mm TL were used. The length-weight relation indicated positive allometry of this population. Three hard parts (otolith, dorsal- and pectoral-fin spines) were used for aging. The marginal increment ratio confirmed that an annulus was deposited once a year in all three hard parts. All of the samples were aged between 0+ and 6+ years. Verification of age estimates from three readers showed that the otolith was the most suitable part for age estimation. Three growth models (von Bertalanffy, Gompertz, and logistic) were applied in the study. The von Bertalanffy model best described the growth of this fish in Songkhla Lake. The obtained asymptotic length was 290.87 mm TL and the relative growth rate parameter was 0.166 year⁻¹. Our results will be applied as inputs for fish stock assessment models. The obtained growth parameters also can serve as a reference for *A. maculatus* stocks elsewhere.

Keywords

Arius maculatus, Dorsal-fin spine, otolith, pectoral-fin spine, Thailand, von Bertalanffy growth model

Introduction

The family Ariidae accommodates more than 140 species of catfishes, found mainly in marine and brackish waters (Froese and Pauly 2021). However, some species are euryhaline and can live in a wide range of environ-

ments, from freshwater to marine, including the spotted catfish, *Arius maculatus* (Thunberg, 1792), which is widely distributed across the Indo-West Pacific Region (Rainboth 1996). This species has been reported to grow as large as 80 cm TL, but the typical maximum size is 30 cm TL (Froese and Pauly 2021). The trophic level

of *A. maculatus* is estimated to be 3.4 ± 0.46 , indicating carnivorous behavior. This fish feeds mainly on benthic invertebrates (Angsupanich et al. 2005), and plays an important role in the ecosystem; an imbalance in its abundance can trigger a trophic cascade (Froese and Pauly 2021). This fish is targeted for harvest in many countries, where the fisheries operations are mostly in either marine or brackish water environments (Arshad et al. 2008; Chu et al. 2012; Jumawan et al. 2020; Kutsyn et al. 2021). There is also a unique inland fishery for this species in Songkhla Lake, the largest natural lake in Thailand. The catch of *A. maculatus* was over 180 metric tons in 2011, following the restoration of the lake's fishery resources by declaring fish sanctuary zones and a stocking program for some indigenous species (Tanasomwang and Assava-aree 2013). The recent catch of this species in 2020 increased tremendously to 330 metric tons (Pattalung Inland Fisheries Research and Development Center, unpublished data), which was almost 1.5-fold higher than the previous record. This sharp rise in harvest implies that appropriate fisheries management of this resource is urgently required to prevent a collapse of this spotted catfish stock.

Effective fisheries management requires an understanding of the stock status and population dynamics of the targeted fish species, where the growth parameters (i.e., asymptotic length and curvature parameter) are among the crucial inputs (Isley and Grabowski 2007; Katsanevakis and Maravelias 2008). Accurate estimates of growth parameters are important for monitoring the stock status as well as for assessing management actions that have been applied to maintain the integrity of the fish stock (Zhang et al. 2020). To estimate growth, precise and accurate age data are required. Age can be estimated by several methods but counting natural growth rings of hard body parts is the most common and is generally reliable (Vitale et al. 2019). Many calcified structures, both inner parts (e.g., otoliths, vertebrae, and urohyal bone) as well as outer parts (e.g., scales, opercular bones, spines, and fin rays) have been shown to reliably reflect the age of fishes (Campana 2001; Morioka et al. 2019; Phomikong et al. 2019). As many hard parts are available for age determination, a comparison of multiple structures to determine the most suitable ones for a particular species or population is always recommended (Zhu et al. 2017). Khan et al. (2011) mentioned that selecting the most suitable hard part for aging is one of the problems in age and growth studies of fishes. They suggested comparing different bony structures of the targeted fish to obtain the most suitable one that has high precision and low aging error before further growth analysis. Moreover, if there is no significant difference in age reading between the inner and outer parts, the use of outer parts is recommended, since the fish does not need to be sacrificed; this is particularly desirable for long-lived species (Zhu et al. 2017).

Along with selecting suitable hard parts for aging, the most suitable model must be chosen for the length-at-age key, which can be determined by the shape of the growth

curve and error component of the data (Zhu et al. 2017). Numerous growth curves, as well as their representative models, have been introduced and applied to explain fish growth. Growth models relate the age of fish in a population to their length or weight; the von Bertalanffy growth model is the most commonly adopted and widely used (Jones 2000; Katsanevakis and Maravelias 2008; Zhu et al. 2017). The von Bertalanffy model is commonly used because of the shape of the desired growth curve and from biological assumptions, one of which is that fish growth slows with age (Katsanevakis 2006). Other commonly used models include the Gompertz and logistic growth models (Katsanevakis 2006; Zhang et al. 2020). Both models are well suited to fishes, which exhibit low initial growth rates, but the regions above and below the inflection are asymmetrical in the Gompertz model, and symmetrical in the logistic models (Quist et al. 2012). The base assumption of all three of these models is that fish show asymptotic growth (Katsanevakis and Maravelias 2008).

The aim of this study was to provide length-at-age data and a growth model for the *A. maculatus* stock in Songkhla Lake, Thailand. We assess the suitability of hard parts for aging and evaluate three growth models to describe the relation between age and length, which can be used as a reference for other *A. maculatus* stocks. The results are also expected to be further used for stock assessment and fisheries management of the stock in Songkhla Lake for its sustainable exploitation.

Materials and methods

Study area and fish sampling. Songkhla Lake (Fig. 1) is a shallow coastal lagoon in southern Thailand ($07^{\circ}24'08''\text{N}$, $100^{\circ}15'42''\text{E}$), with the mean depth of 2 m. The water body covers 1018 km² and is classified into three distinct zones: upper (459 km²), middle (377 km²), and lower (182 km²). This lake hosts a high diversity of fishes (ca. 450 species), due in part to its range of physiological characteristics. For example, the upper zone is a freshwater environment, while the lower zone is brackish (maximum 15‰) at the mouth, where it enters the Gulf of Thailand (Damchoo et al. 2021). Meanwhile, the salinity in the middle zone fluctuates between 10‰ and 15‰ as it is a mixing zone between fresh and saline water (Tanasomwang and Assava-aree 2013). Samples of *A. maculatus* were collected from four landing sites (Fig. 1) in the upper and middle zones of Songkhla Lake (where the fishery is intensive) between January and December 2020. Individual fish were labeled, measured for standard length (SL), fork length (FL) total length (TL) to the nearest 0.1 cm, and weighed to the nearest 0.01 g *in situ*. Samples were then packed in ice and taken to the Pattalung Inland Fisheries Research and Development Center. Additionally, 15 *A. maculatus* representing various size classes were collected every three months for annual ring validation.

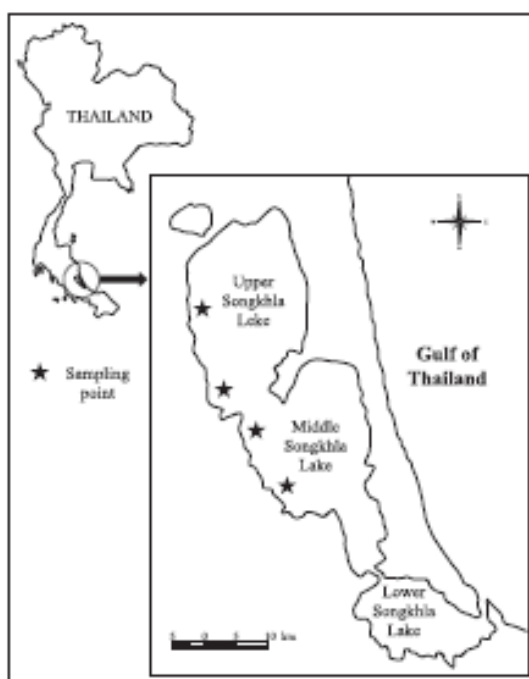


Figure 1. Location and map of Songkhla Lake, Thailand. Stars indicate fish landing points.

At the fisheries center, the largest pair of otoliths (i.e., lapilli) were removed, washed, and kept dry in a vial. Dorsal- and pectoral-fin spines were cut with bone-cutting forceps. Each hard part was embedded in resin and cut by a low-speed diamond saw (South Bay Technology Inc., model: 650). Bony parts were then polished by sandpaper (grit size ranging from 600 to 1500) until the core was seen. Each polished sample was photographed under 40× magnification, and annual rings were counted visually from the monitor and using the Image-J program. An annual ring was considered as the boundary between the inner edge of a wide opaque zone (i.e., corresponding to high growth rate) and the outer edge of a narrow translucent zone (i.e., corresponding to low growth rate) (Kutsyn et al. 2021). Three (3) readers, with no background information of the size of each individual fish, were assigned for aging each sample.

Data analysis. Length–length relations and length (TL)–weight relation (LWR) were examined by linear and curvilinear regressions. The estimated parameter “*b*” from LWR was tested for significant deviation from 3 by using a *t*-test. Annual ring formation was validated by marginal increment ratio (MIR) analysis (Beamish and McFarlane 1983) as

$$\text{MIR} = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}$$

where *R* is the radius (distance between the center and the edge of hard part), *R_n* is the distance from center to outer edge of last complete band, and *R_{n-1}* is the distance from center to outer edge of next-to-last complete band. The difference in MIR among months of sampling was tested by Kruskal–Wallis test, and Dunn’s post test was applied when a significant difference was found at $\alpha = 0.05$.

The percentage of agreement (PA) among the three readers was calculated as the ratio of the number of agreements among the three readings to the total number of readings made. Precision in age reading among the three readers of each hard part was tested by two methods (Campana 2001): mean percentage error (MPE)¹ and coefficient of variation (CV).

$$\text{MPE} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{MPE}_j}{n}$$

where

$$\text{MPE}_j = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^R |x_{ij} - \bar{x}_j|}{R \bar{x}_j}$$

where *MPE_j* is the mean percentage error for the *j*th fish, *x_{ij}* is the *i*th age estimate of the *j*th fish, $\bar{x}_j$ is the mean age estimate for the *j*th fish, *R* is the number of times that each fish was aged, and *n* is the number of samples.

$$\text{CV} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{CV}_j}{n} \text{ where } \text{CV}_j = 100 \times \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{R-1}}}{\bar{x}_j}$$

where *CV_j* is the coefficient of variation for the *j*th fish. The age readings of each fish sample and each hard part from the three readers were then averaged and rounded to the nearest integer. Two additional readers with extensive experience in fish aging reviewed each hard part and checked its designated age. The age-bias plot (Campana et al. 1995) was applied to visually assess potential aging differences among hard parts. Finally, three common growth models (Duarte-Neto et al. 2012), i.e., von Bertalanffy model (von Bertalanffy 1938), Gompertz model (Gompertz 1825), and Logistic model (Ricker 1975) were fitted to the observed length-at-age data:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

von Bertalanffy model

$$L_t = L_{\infty} e^{-e^{-k(t-t_0)}}$$

Gompertz model

$$L_t = L_{\infty} (1 + e^{-k(t-t_0)})^{-1}$$

Logistic model

1 It was originally (Campana 2001) “average percent error (APE)”.

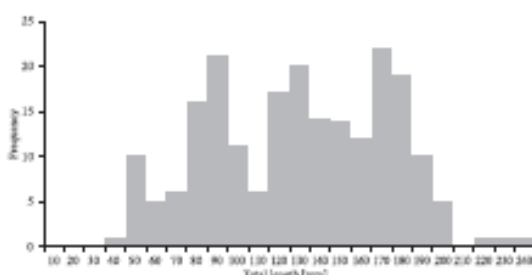


Figure 2. Length frequency distribution of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand.

Results

A size distribution of the 213 *A. maculatus* samples used in this study is presented in Fig. 2, with a range between 35 and 238 mm TL (mean $\pm$ SD 128 $\pm$ 43 mm TL). Body weights ranged between 0.4 and 154.1 g, with mean $\pm$ SD of 26.4 $\pm$ 23.7 g. The length-length relations showed high correlation between measurements ($R^2 > 0.95$; Fig. 3A–B); meanwhile, the log-transformed LWR revealed positive allometric growth, i.e., parameter “ b ” of WLR was significantly higher than 3.0 ($P < 0.01$; Fig. 3C).

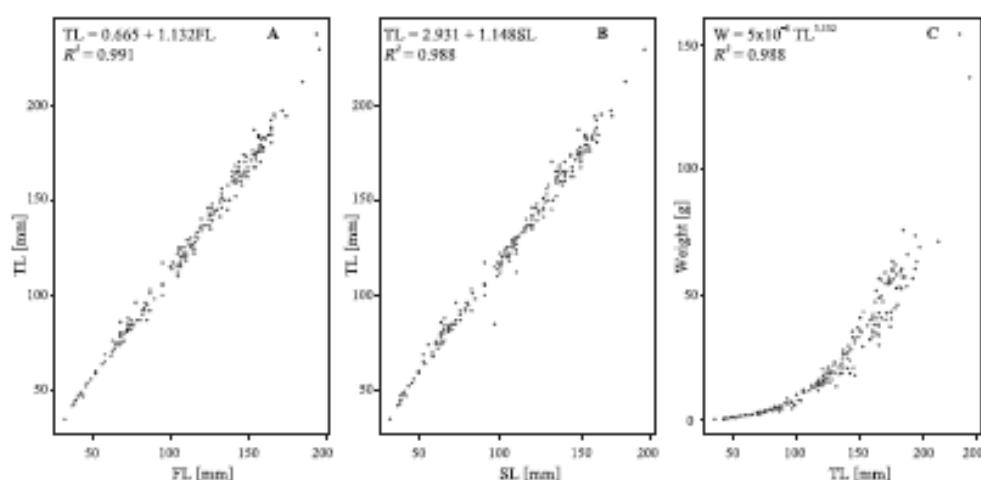


Figure 3. Length-length and length-weight relations of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand. TL = total length, FL = form length, SL = standard length.

where L_t is the predicted length-at-age t , L_∞ is the asymptotic length, k is a relative growth rate parameter, and t_0 is the age when length is theoretically zero. The growth models were fitted to length-at-age data using nonlinear least-squares. The residual sum of squares (RSS) was used to measure the discrepancy between the data and an estimation model. The growth performance index (Φ' , Pauly and Munro 1984) of each growth model was estimated by

$$\Phi' = \log(k) + 2\log(L_\infty)$$

The obtained L_∞ [cm] and k values were further used to estimate the natural mortality coefficient (M) by using Pauly's equation (Pauly 1980)

$$\log_{10} M = -0.0066 - 0.279 \log_{10} L_\infty + 0.6543 \log_{10} k + 0.4635 \log_{10} T$$

where T is the annual mean water temperature, which was set at 30°C (International Lake Environment Committee Foundation 2021). Data analysis was conducted by using R-statistics (R Core Team 2020) under Package FSA (Ogle et al. 2021) and “fishmethods” (Nelson 2021).

The 60 *A. maculatus* samples for the MIR study ranged between 35 and 238 mm TL, with the mean $\pm$ SD of 128 $\pm$ 43 mm TL. The MIR results showed clear increasing trends from January (MIR near 0.5) to October (MIR near 1.0) in all three hard parts, and a significant difference was found between January and the other sampling months ($P < 0.05$; Fig. 4). The highest MIR was found in October for all hard

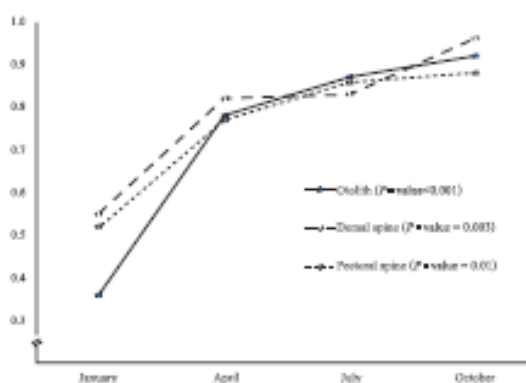


Figure 4. Marginal increment ratio (MIR) of *Arius maculatus* in Songkhla Lake, Thailand.

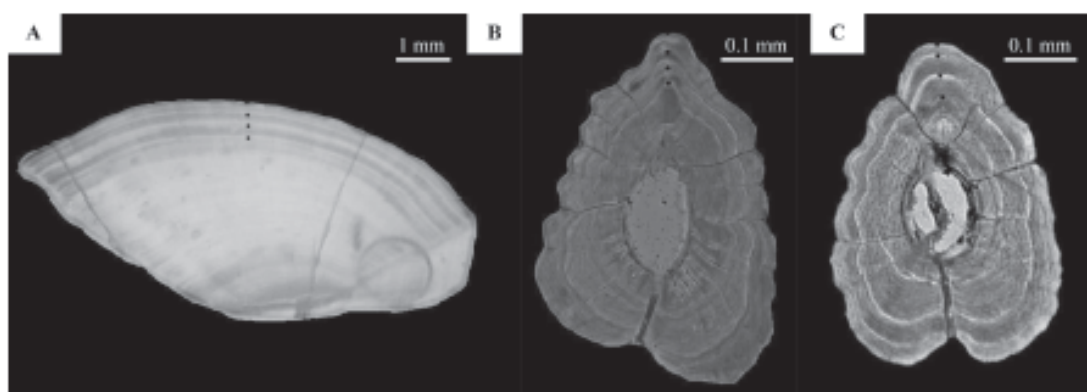


Figure 5. Cross-sections of three hard parts of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand. (A) otolith, (B) dorsal spine and (C) pectoral spine. The black dots are labeled annuli.

parts and was almost double the MIR in January. The largest difference in MIR values between these two months was observed in otoliths. The significantly lower MIR in January implies that an annulus is deposited once a year.

Age estimates from the three hard parts ranged from less than 1 to a maximum of 6 years (Fig. 5). The percentage of agreement among the three readers was highest for otoliths (58.2%), resulting in the lowest MPE (9.5%) and CV (12.6%). Meanwhile, the pectoral-fin spine samples showed a higher percentage of agreement (and hence lower MPE and CV) than dorsal-fin spine samples (Table 1).

Table 1. Precision in age reading among three readers of *Arius maculatus* sampled from Songkhla Lake, Thailand.

Hard part	Agreement	MPE	CV
Otolith	58.2%	9.5%	12.6%
Dorsal-fin spine	50.3%	15.5%	16.0%
Pectoral-fin spine	55.9%	12.6%	14.4%

MPE = mean percentage error, CV = coefficient of variation.

The designated age of each hard part (i.e., by three readers in the first round) was checked by two highly experienced readers with a perfect agreement and thus was considered the observed age of each individual fish (Table 2). Biases of age reading from otoliths and spines were obvious at

ages beyond 3 years, as the observed age from otoliths was a bit higher than the observed age from spines; meanwhile, less bias was found between the two spines (Fig. 6).

Parameter estimation in all models using the observed length-at-age data from the three hard parts is displayed in Table 3. It is clear that the asymptotic length (L_{∞}) estimated from the von Bertalanffy model (around 290 mm TL) was higher than from the other two models, for all hard parts. The larger L_{∞} from the von Bertalanffy model was compensated by low k values, which consequently made ϕ' values for the three models relatively similar. The estimated natural mortality coefficient fluctuated between 0.573 and 1.631 year⁻¹, due to the estimated L_{∞} and k values. In each growth model, the lowest sum of squares was obtained from the length-at-age data from otoliths. Therefore, this hard part was used to explain the growth of *A. maculatus* in Songkhla Lake as

$$L_t = 290.87(1 - e^{-0.166(t + 1.51)})$$

von Bertalanffy model

$$L_t = 229.82e^{0.307(t - 0.000)}$$

Gompertz model

$$L_t = 209.85(1 + e^{-0.604(t - 1.274)})^{-1}$$

Logistic model

Table 2. Observed age from three hard parts of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand.

Length (TL) (mm)	Age (year)						Total
	0+	1+	2+	3+	4+	5+	
31–50	11, 11, 11						33
51–70	10, 10, 11	1, 1, 0					33
71–90	19, 20, 21	18, 17, 16					111
91–110	0, 0, 1	11, 15, 14	5, 2, 2	1, 0, 0			51
111–130		12, 13, 16	22, 20, 20	3, 4, 1			111
131–150		1, 1, 2	13, 20, 17	13, 7, 9	1, 0, 0		84
151–170		0, 0, 1	2, 8, 6	23, 22, 22	9, 5, 6		105
171–190			0, 2, 4	9, 16, 11	16, 10, 13	3, 1, 1	87
191–210				0, 2, 1	2, 2, 3	1, 1, 1	15
211–230					1, 1, 1	1, 1, 1	6
231–250						0, 1, 1	3

Note: Numbers in each cell are the observed ages from otolith, dorsal- and pectoral-fin spines, respectively.

Table 3. Growth parameters from three hard parts of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand.

Model	L_{∞} (mm)	k (year ⁻¹)	t_0 (year)	RSS	ϕ'	M (year ⁻¹)
Otolith						
von Bertalanffy	290.87	0.166	-1.51	58,029	2.148	0.573
Gompertz	229.82	0.383	0.598	57,467	2.306	1.058
Logistic	209.85	0.604	1.274	57,472	2.425	1.463
Dorsal-fin spine						
von Bertalanffy	292.20	0.184	-1.34	65,824	2.196	0.612
Gompertz	226.19	0.443	0.507	65,267	2.355	1.170
Logistic	205.21	0.706	1.072	65,211	2.473	1.631
Pectoral-fin spine						
von Bertalanffy	286.08	0.189	-1.389	59,626	2.189	0.627
Gompertz	226.11	0.435	0.451	59,753	2.347	1.156
Logistic	206.28	0.685	1.039	60,288	2.464	1.595

L_{∞} = the asymptotic total length, k = relative growth rate parameter, t_0 = age when length is theoretically zero, RSS = residual sum of squares, ϕ' = phi prime value, M = natural mortality coefficient.

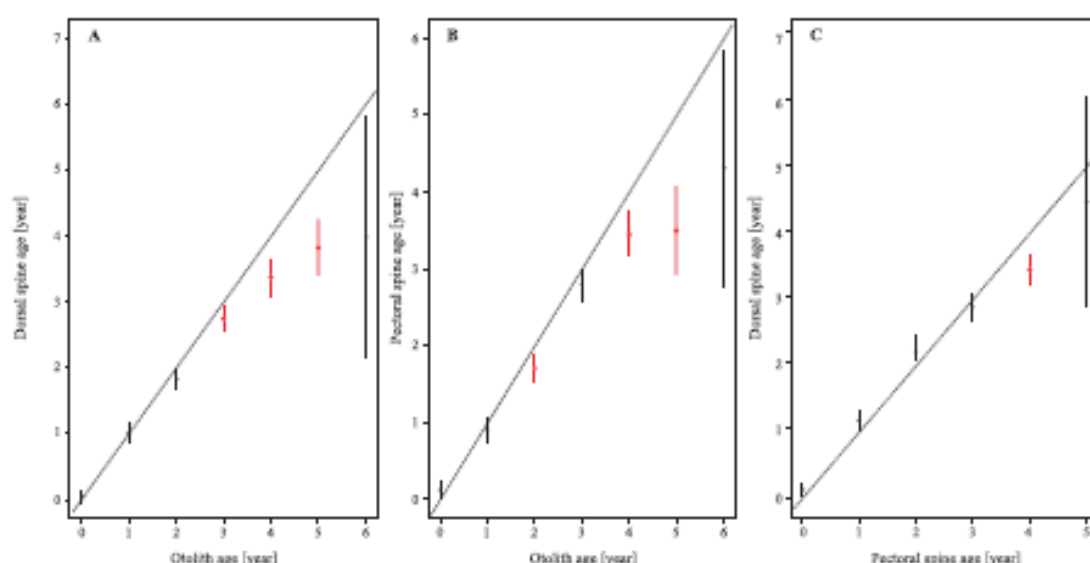


Figure 6. Age bias plots between hard parts of *Arius maculatus* from Songkhla Lake, Thailand. (A) otolith vs. dorsal spine, (B) otolith vs. pectoral spine and (C) pectoral spine vs. dorsal spine. Each error bar represents the 95% confidence interval. Red error bar indicates a significant difference in age agreement between two hard parts.

By applying the growth curves of the three models (Fig. 7), the estimated lengths at age 1 to 5 years were almost identical, whereas the estimated sizes from the von Bertalanffy model were larger at age 6 years old and above relative to the other models.

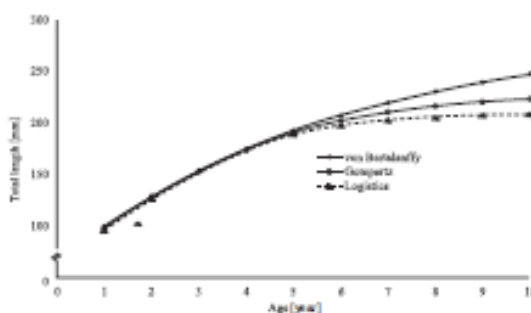


Figure 7. Growth curves of *Arius maculatus* in Songkhla Lake, Thailand, from three growth models.

Discussion

The age-length key and growth estimation of fishes and shellfishes can provide valuable insight into their life history and be further used to prescribe optimum fishing regulations for sustaining their fisheries (Isley and Grabowski 2007). In this study, the age-length key and growth of *A. maculatus* were assessed for the population in Songkhla Lake, Thailand. All the samples were from the upper or middle zones of the lake, implying that they can develop a stock in a low-salinity or freshwater habitat, contrary to the suggestion by Kutsyn et al. (2021) that this fish avoids the freshwater environment in the Mekong Delta.

The maximum length of *A. maculatus* in this study was 23.8 cm TL, which is similar to the maximum size from

the Mekong Delta (25 cm TL; Kutsyn et al. 2021). Tran et al. (2021) reported that, in the Lower Mekong Basin, this fish can grow as large as 40 cm TL. The size (around 25 cm TL) found in fresh- and brackish-water habitats is substantially lower than in stocks from marine environments, such as 29 cm TL off the coast of Malaysia (Arshad et al. 2008) and 35 cm TL in Taiwan waters (Chu et al. 2012). Length-length relations showed high linearity with high correlation. The “*b*” coefficients (i.e., slope of the regression line) of SL–TL (1.15) and FL–TL (1.13) relations were similar to the values obtained for the stock off the coast of Taiwan for SL–TL (1.18) and FL–TL (1.06) (Chu et al. 2012). Meanwhile, the coefficient “*b*” for SL–TL relation of the *A. maculatus* stock from Peninsular Malaysia was 1.17 (Arshad et al. 2008). The similar values of “*b*” from various stocks indicate the similar body proportions of this fish, regardless of whether they are freshwater, brackish-water, or marine residents. The “*b*” coefficients of LWRs from this study were significantly higher than 3, indicating positive allometry (i.e., fish become heavier as length increases), and reflecting optimum conditions for growth (Froese 2006) as well as the suitability of habitat conditions (Damchoo et al. 2021). Interestingly, the “*b*” coefficients of LWRs from the marine stocks were lower than 3 (between 2.6 and 2.9) (Arshad et al. 2008; Chu et al. 2012), which could be explained either by climatic variation or resource competition (Dieb-Magalhães et al. 2015).

Age validation through MIR analysis provides relative certainty of annulus formation and confirms the growth zone deposition in *A. maculatus*. Low MIR was found in the early part of the year (January, winter) when the water temperature in the inner zone is normally less than 27°C; it is around 30°C during the rest of the year (Anonymous 2021). The maximum age (6 years) of *A. maculatus* found in this study is within the applicable range for age validation. MIR is not suitable for long-lived species

or older individuals (i.e., more than 10 years) (Campana 2001). A higher percentage of agreement in aging from otoliths than with other hard parts has also been reported by other researchers (Khan et al. 2011; Zhu et al. 2017). The percentage of agreement was 50%–60% in this study. Other studies that employed only two readers achieved rates of over 60% (e.g., Khan et al. 2011; Gebremedhin et al. 2021). Although the percentage of agreement was lower in this study, verification among the three readers through MPE and CV was still lower than the upper limit of 20% (Winter and Cliff 1996; Cruz-Martínez et al. 2004). More age bias was observed between otoliths and spines (both types) than between dorsal- and pectoral-fin spines. In older fish (i.e., beyond 3 years), the higher ages estimated from otoliths could be because the spine nucleus of many fish species is reabsorbed and replaced by a hole (i.e., vascularization), which eliminates or obscures the first annulus, causing underestimation of age from spines (Drew et al. 2006; Khan et al. 2011). For this reason, together with the greater consistency in aging among the three readers, otoliths were selected for growth estimation, similar to several other studies (e.g., Khan et al. 2011; Zhu et al. 2017; Almamari et al. 2021; Gebremedhin et al. 2021) that compare ages from various hard parts.

The growth models based on the age–length key from otolith reading revealed a lower residual sum of squares than for spines, which confirms the suitability of this hard part for *A. maculatus* aging. Higher L_{∞} and lower k values from the von Bertalanffy model than from other growth models have been reported in many studies (e.g., Cruz-Martínez et al. 2004; Zhu et al. 2009; Duarte-Neto et al. 2012; Zhang et al. 2020). The obtained Θ' values from all three growth models were within the range of values from stocks of *A. maculatus* elsewhere ($2.08 < \Theta' < 3.14$), which were estimated either by otoliths or length–frequency data (Kutsyn et al. 2021). A suitable growth model should not only be selected by mathematical measures

(Katsanevakis 2006; Katsanevakis and Maravelias 2008), but also biological as well as management points of view (Zhu et al. 2009; Haddon 2011). In a mathematical sense, the von Bertalanffy model was generally considered the most reliable candidate model for fish stocks (e.g., Zhu et al. 2009; Duarte-Neto et al. 2012; Zhang et al. 2020). From a management viewpoint, lower L_{∞} and the higher k values of *A. maculatus* in Songkhla Lake from the Gompertz and Logistic models would result in an overestimated natural mortality coefficient, which would have drastic implications for fisheries management (Khan et al. 2011). For example, it could lead managers to increase fishing effort due to the high estimated natural mortality.

Conclusion

The age–length relation and growth of *A. maculatus* in Songkhla Lake, Thailand, were examined by using hard parts. Different aging structures and growth models were compared for biases in the results. Results showed that otoliths provided more precise age estimation among three readers. The von Bertalanffy model was judged to be the most suitable candidate for growth estimation because of the lowest residual sum of squares. The obtained growth parameters (i.e., L_{∞} and k) can be used as inputs in other fish stock assessment models (e.g., the yield per recruit model) to investigate the optimum fishing level for this stock, which currently experiences high fishing pressure.

Acknowledgment

The first author is grateful for financial support towards his master's degree study from the Agricultural Research Development Agency (ARDA) Grant HRD6405081.

References

- Almamari D, Rabia S, Park JM, Jawad LA (2021) Age, growth, mortality, and exploitation rate of blue-line snapper, *Lutjanus coerulolineatus* (Actinopterygii: Perciformes: Lutjanidae), from Dhofar Governorate, Sultanate of Oman. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 51(2): 159–166. <https://doi.org/10.3897/iisip.51.63572>
- Angvutanon S, Somsak S, Pichmoon J (2005) Stomach contents of the catfishes *Osteogobius militaris* (Linnaeus, 1758) and *Artus maculatus* (Thunberg, 1792) in the Songkhla Lake. *Songkhla Journal of Science and Technology* 27(Suppl. 1): 391–402.
- Anonymous (2021) World lake database. International Lake Environment Committee Foundation. [version 01/2021] <https://wldb.ilac.or.jp>
- Arshad A, Jinnay A, Nurulamin SM, Japarsidik B, Harah ZM (2008) Length–weight and length–length relationships of five fish species collected from seagrass beds of the Sungai Pulau estuary, Peninsular Malaysia. *Journal of Applied Ichthyology* 24(3): 328–329. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.01026.x>
- Beechish RJ, McFarlane GA (1983) The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Transactions of the American Fisheries Society* 112(6): 735–743. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1983\)112%3C735:TFRFAX%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1983)112%3C735:TFRFAX%3E2.0.CO;2)
- Campana SE (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59(2): 197–242. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>
- Campana SE, Annand MC, McMillan JJ (1995) Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Transactions of the American Fisheries Society* 124(1): 131–138. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124%3C0131:GASMFQ%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124%3C0131:GASMFQ%3E2.3.CO;2)
- Chen WS, Hou YY, Ueng YT, Wang JP (2012) Correlation between the length and weight of *Artus maculatus* off the southwestern coast of Taiwan. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55(5): 705–706. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000500009>
- Cruz-Martínez A, Chiappa-Carrera X, Arevalo-Puentes V (2004) Age and growth of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from southern Gulf of Mexico. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 37: 367–374. <https://doi.org/10.2960/J.v35.n481>

- Damchoo S, Grudpan C, Jutagate A, Grudpan J, Jutagate T (2021) Morphological investigation and length-weight relationships of long-snouted pipefish *Doryichthys boaja* (Syngnathidae) from two different environments. *Agriculture and Natural Resources (Bangkok)* 55: 664–673. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.4.17>
- Dieb-Magalhães L, Florantino AC, Soares MGM (2015) Length-weight relationships and length at first maturity for nine fish species of floodplain lakes in Central Amazon (Amazon basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology* 31(6): 1182–1184. <https://doi.org/10.1111/jai.12919>
- Drew K, Die DJ, Arocha F (2006) Understanding vascularization in fin spines of white marlin (*Istioparus albidus*). *Bulletin of Marine Science* 79(3): 847–852.
- Duarte-Neto P, Hign FM, Lessa RP (2012) Age and growth estimation of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in the southwestern Atlantic. *Neotropical Ichthyology* 10(1): 149–158. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000100014>
- Froese R (2006) Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Ichthyology* 22(4): 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Froese R, Pauly D [Eds.] (2021) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org [version 06/2021]
- Gebremedhin S, Brunel S, Getahun A, Antanah W, Goethals P (2021) Scientific methods to understand fish population dynamics and support sustainable fisheries management. *Water* 13(4): 574. <https://doi.org/10.3390/w13040574>
- Gompertz B (1825) On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 115: 513–583. <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0026>
- Haddon M (2011) Modeling and quantitative methods in fisheries. 2nd edn. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL, USA, 465 pp.
- Isley JJ, Grabowski TB (2007) Age and growth. Pp. 187–228. In: Guy CS, Brown ML (Eds) Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA.
- Jones CM (2000) Fitting growth curves to retrospective size-at-age data. *Fisheries Research* 46(1–3): 123–129. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00139-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00139-9)
- Jumawan CQ, Metillo EB, Mutia MT (2020) Stock assessment of *Arius maculatus* (Thunberg [sic], 1792) (Ariidae, Siluriformes) in Pangasinan Bay, northwestern Mindanao. *The Philippine Journal of Fisheries* 27(1): 40–53. <https://doi.org/10.31398/tpj.27.1.2019A0013>
- Katanavakis S (2006) Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research* 81(2–3): 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.07.002>
- Katanavakis S, Maravelias CD (2006) Modelling fish growth: Multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries* 9(2): 178–187. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2006.00279.x>
- Khan S, Khan MA, Miyan K (2011) Comparison of age estimates from otoliths, vertebrae, and pectoral-fin spines in African sharp-tooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Estonian Journal of Ecology* 60(3): 183–193. <https://doi.org/10.3176/eco.2011.3.02>
- Kutiyu DN, Ablyazov ER, Truong BH, Cu ND (2021) The size-age structure, growth, and maturation of the spotted catfish *Arius maculatus* (Thunberg, 1792) (Siluriformes: Ariidae) from the Mekong Delta, Vietnam. *Russian Journal of Marine Biology* 47(1): 56–63. <https://doi.org/10.1134/S1063074021010053>
- Moricka S, Vongvichith B, Marui J, Okutsu T, Phomikong P, Arakul P, Jutagate T (2019) Characteristics of two populations of Thai River sprat *Clupeichthys acuminatus* from man-made reservoirs in Thailand and Laos, with aspects of gonad development. *Fisheries Science* 85(4): 667–675. <https://doi.org/10.1007/s12562-019-01319-x>
- Nelson GA (2021) fishmethods: Fishery science methods and models. R package version 1.11-2. [version 07/2021] <https://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>
- Ogle DH, Doll JC, Wheeler P, Dinno A (2021) FSA: Fisheries stock analysis. R package version 0.9.1. [version 07/2021] <https://CRAN.R-project.org/package=FSA>
- Pauly D (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science* 39(2): 175–192. <https://doi.org/10.1093/icesjms/39.2.175>
- Pauly D, Munro JL (1984) Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbytes* 2(2): 21.
- Phomikong P, Seeburawong S, Jutagate T (2019) A preliminary estimate of age and growth of two populations of dasytid stingray *Urogyomus polytypus* in Thailand. *Journal of Fisheries and Environment* 43(3): 43–54.
- Quist MC, Pegg MA, Devries DR (2012) Age and growth. Pp. 677–731. In: Zale AV, Parrish DL, Sutton TM (Eds) Fisheries techniques. American Fisheries Society, Bethesda, MD, USA.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. [version 01/2020] <http://www.r-project.org/index.html>
- Rainboth WJ (1996) Fishes of the Cambodian Mekong. FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purposes. FAO, Rome, 265 pp.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191: 1–382.
- Thasornwong V, Assava-aree A (2013) [Fishery status and total catch in year 2011 and 2012 after restoration of fishery resources in Songkhla Lake.] Department of Fisheries, Bangkok, 44 pp. [In Thai with English abstract]
- Tran DD, Shikukawa K, Nguyen PT, Ha HP, Tran LX, Mai HV, Utvigi K (2013) Mô tả định loại Cá. Đồng Bằng Sông Cửu Long, Việt Nam. Fishes of the Mekong Delta, Vietnam. Can Tho University Publishing House, Can Tho, Vietnam, 174 pp.
- Vinle F, Clausen LW, Choncharin GN [Eds.] (2019) Handbook of fish age estimation protocols and validation methods. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, 180 pp.
- von Bertalanffy L (1938) A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth law II). *Human Biology* 10(2): 181–213. <https://www.jstor.org/stable/41447359>
- Winter SP, Cliff G (1996) Age and growth determination of the blacktip shark, *Carcharhinus limbatus*, from the east coast of South Africa. *Fish Bulletin* 94: 135–144.
- Zhang K, Zhang J, Li J, Liao B (2020) Model selection for fish growth patterns based on a Bayesian approach: A case study of five freshwater fish species. *Aquatic Living Resources* 17(33). <https://doi.org/10.1051/alr/2020019>
- Zin L, Li L, Liang Z (2009) Comparison of six statistical approaches in the selection of appropriate fish growth models. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 27(3): 457–467. <https://doi.org/10.1007/s00343-009-9236-6>
- Zin X, Wastle R, Leonard D, Howland K, Carmichael TJ, Tallman RF (2017) Comparison of scales, pectoral-fin fin rays, and otoliths for estimating age, growth, and mortality of lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*, in Great Slave Lake. *Canadian Science Advisory Secretariat, Ottawa, ON, Canada*, 28 pp.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวเพ็ญประภา แผลวิเศษ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543-2547 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2553-2557 ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพิษณุโลก กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง พ.ศ. 2557-2563 ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพัทลุง กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง พ.ศ. 2563-ปัจจุบัน ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง
ตำแหน่ง	นักวิชาการประมง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี ตำบลท่าข้าม อำเภอพนมพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โทรศัพท์ (077) 313589