



มิถุนวิทยาและมิถุนเคมีของหลอดอาหารและแกสโตรอินเทสทีนปลาตะกรับ
Scatophagus argus ระยะวัยรุ่น จากปากแม่น้ำปราณบุรี ประเทศไทย
Microanatomy and Histochemistry of Esophagus and
Gastrointestinal Organ of the Spotted Scat, *Scatophagus argus*
during Juvenile Stage from Pranburi Estuary, Thailand

ศิลปชัย เสนารัตน์^{1,*} ปิยากร บุญยัง² วรณีย์ จีรวงศ์กุล³ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ⁴ ศุภพงศ์ อิ่มสรรพวงศ์²
และ เจษฎ์ เกษตรระทัต¹

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

²ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

³ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

⁴โปรแกรมชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding Author, E-mail: Senarat.S@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามิถุนวิทยาและมิถุนเคมีของหลอดอาหารและแกสโตรอินเทสทีนของปลาตะกรับ *Scatophagus argus* ระยะวัยรุ่น ในบริเวณใกล้ปากแม่น้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำการจับปลาด้วยการลงอวน สุ่มเลือกมา 10 ตัวอย่าง (ความยาวลำตัวประมาณ 5.06 เซนติเมตร) นำตัวอย่างปลาทั้งหมดมาผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างสไลด์ถาวรตามวิธีมาตรฐานทางเนื้อเยื่อวิทยาและศึกษาตัวอย่างทั้งหมดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลการศึกษาพบว่า ทางเดินอาหารตั้งแต่หลอดอาหาร กระเพาะอาหารจนถึงลำไส้ของปลาชนิดนี้ประกอบด้วยผนัง 4 ชั้น คือ mucosa, submucosa, muscularis และ serosa ตามลำดับ ทั้งนี้ในชั้น mucosa ของแต่ละอวัยวะดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นขนยาวยื่นเข้าไปในลูเมน โดยสามารถแบ่งได้เป็นชั้นย่อย ๆ ได้ 3 ชั้น ได้แก่ epithelium, lamina propria และ muscularis mucosae สำหรับชั้น mucosa ของหลอดอาหารจะถูกบุผิวแบบบางชั้นเดียว ตรงกันข้ามกับส่วนของกระเพาะอาหารและลำไส้ถูกบุผิวแบบทรงสูงชั้นเดียว นอกจากนี้ ชั้น mucosa ของกระเพาะอาหารยังมีส่วนของต่อมแก๊สตริก ตลอดแนวความยาวของชั้น lamina propria ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของส่วนนี้ ทั้งนี้จากการศึกษาด้วยเทคนิคทางด้านมิถุนเคมี พบส่วนปลายของเซลล์

ของต่อมแก๊สตริกติดสีชมพูม่วงด้วย PAS แต่ไม่ติดสีฟ้าด้วย AB pH 2.5 อย่างไรก็ตาม เซลล์กอบเลตและเซลล์สร้างเมือกในเยื่อบุผิวที่พบได้จากอวัยวะต่าง ๆ ติดสีม่วงแดงด้วย PAS และติดสีฟ้าด้วย AB pH 2.5 การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงโครงสร้างพื้นฐานของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหารของปลาตะกรับที่จะช่วยเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาโครงสร้างที่ละเอียดต่อไป

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the histological structure and histochemistry of esophagus and gastrointestinal organ of the spotted scat, *Scatophagus argus* inhabiting the Pranburi estuary, Prachuap Khiri Khan province. All fish were caught by using a gill net. Ten fish (about 5.06 cm. in body length) were randomly chosen as samples for this study. Afterwards, the fish specimens were processed by the standard histological technique and examined under a light microscope. The results revealed that the digestive tract starting from esophagus, stomach and intestine of this fish species comprised of four layers; mucosa, submucosa, muscularis and serosa, respectively. Herein, the character of mucosa in each organ was longitudinal fold protruding into the lumen and can be divided into three sub-layers including epithelium, lamina propria and muscularis mucosae. For the mucosal epithelium of esophagus, it was simple squamous epithelium. On the contrary, other regions were covered by simple columnar epithelia. Moreover, gastric gland was mainly found throughout its stomach in the lamina propria. Based on histochemical study, it was found that the gastric gland was positively stained with Periodic Acid Schiff (PAS) (magenta) whereas was negatively stained with Alcian Blue (AB) pH 2.5. However, the goblet and mucous cells positively stained with both PAS (magenta) and AB pH 2.5 (blue). The current study provides the basic information about structural histology of different organs in alimentary canal but fine descriptive investigation has to be further required.

คำสำคัญ: ปลาตะกรับ, วิชาน้ำจืด, ฮิสโตเคมี, ปากแม่น้ำปราณบุรี, ประเทศไทย

Keywords: Spotted scat, Histology, Histochemistry, Pranburi estuary, Thailand

บทนำ

ปลาตะกรับ *Scatophagus argus* L. 1766 จัดเป็นหนึ่งในปลาชนิดเด่นและมีความสำคัญในป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรีมาอย่างยาวนาน จึงมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปลาตะกรับในธรรมชาติ ทั้งบริโภคในครัวเรือนและร้านอาหารทั่วไป เนื่องจากมีรสชาติที่ดีและราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งปลานี้ยัง

นิยมนำมาเลี้ยงในฐานะปลาสวยงาม แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะนี้เกิดการพัฒนากิจการรมในเชิงลบ เนื่องด้วยการตั้งถิ่นฐานบ้านเรือน สะพานปลา และโรงงานอุตสาหกรรมล้วนแล้วมีผลกระทบต่อหรืออาจจะเชื่อมโยงถึงการลดลงของจำนวนประชากรของปลาตะกรับทั้งสิ้น (ตามคำสอบถามชุมชนชาวประมงในพื้นที่) การพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงปลาตะกรับจึงอาจเป็นทางเลือก

ใหม่สำหรับแหล่งอาหารโปรตีนของคนไทยที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ ดังนั้นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีววิทยาการกินโดยเฉพาะปลาตะกรับในธรรมชาติจึงมีความสำคัญที่จะช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานประยุกต์ต่อการพัฒนาอาหารปลาในระบบการเพาะเลี้ยงต่อไปในอนาคต เนื่องจากอัตราการตายซึ่งมักแปรผันกับการกินอาหาร สอดคล้องกับ Bogut et al. (2002) และ Has-Schon et al. (2004) กล่าวตรงกันว่าการจัดการอาหารที่ดีสามารถลดอัตราการตายของลูกปลาวัยอ่อนและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตได้อีกด้วย นิภูธรรัตน์ ภาวสิทธิ์ และคณะ (2550) เป็นกลุ่มนักวิจัยแรกที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาการกินและชนิดอาหารในบริเวณป่าชายเลนปราณบุรี ทำให้ทราบว่าปลาชนิดนี้เป็นปลาที่กินพืชและสัตว์ แต่ยังไม่มียารงานการศึกษาชีววิทยาของปลาตะกรับ โดยใช้เทคนิคด้านเนื้อเยื่อ (Histological analysis) มาวิเคราะห์

ดังนั้นวัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างชีววิทยาและองค์ประกอบทางเคมีของหลอดอาหารและแกสโตรอินเทสทิน (กระเพาะอาหารและลำไส้) ปลาตะกรับระยะวัยรุ่น ข้อมูลที่ได้ไม่เพียงแต่ยืนยันโครงสร้างและการทำงานระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ของทางเดินอาหารส่วนนี้ได้ถูกต้อง แต่ยังเป็นพื้นฐานสำหรับประยุกต์เพื่อการศึกษาเอนไซม์โครงสร้างละเอียด การประเมินสุขภาพและจุลกายพยาธิวิทยาบริเวณทางเดินอาหารของปลาตะกรับที่เป็นโรคตลอดจนระหว่างการพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงปลาตะกรับในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างปลาตะกรับ

สุ่มเก็บตัวอย่างปลาตะกรับระยะวัยรุ่นจำนวน 10 ตัว (ความยาวมาตรฐาน (standard length) 5.06

เซนติเมตร) จากชาวประมงพื้นบ้านโดยวิธีการลงอวน (gill net) จากบริเวณใกล้ปากแม่น้ำปราณบุรี ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 2 สถานี (N 12°24'15.8" / E 099°58'25.6" 2 และ N 12°24'21.6" / E 099°58'37.1") ช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 นำปลาที่ได้มาสลับด้วยการแช่น้ำแข็ง (rapid cooling method) ตามวิธีของ Wilson et al. (2009) นำตัวอย่างปลาทั้งตัวมาเก็บในน้ำยารักษาสภาพเนื้อเยื่อเดวิดสัน (Davidson's fixative) เพื่อใช้สำหรับการศึกษาทางด้านมิวชีววิทยาและมิวเคมี

การศึกษาทางด้านมิวชีววิทยาและมิวเคมี

นำตัวอย่างปลาที่ถูกรักษาสภาพเนื้อเยื่อมาผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างสไลด์เนื้อเยื่อการตามวิธีมาตรฐานของ paraffin method ตาม Bancroft and Gamble (2007) หลังจากนั้นนำบล็อกเนื้อเยื่อตัดแผ่นบาง (section) ด้วยความหนา 5 ไมโครเมตร แล้วย้อมสี Harris's hematoxylin และ eosin (H&E), periodic acid-schiff (PAS) และ alcian blue pH 2.5 (AB) (Bancroft and Gamble, 2007) นำสไลด์เนื้อเยื่อที่ได้มาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อของหลอดอาหารกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาตะกรับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โครงสร้างทางมิวชีววิทยาและมิวเคมีของหลอดอาหาร (histology and histochemistry of esophagus)

หลอดอาหารมีลักษณะเป็นท่อนตรงยาว เชื่อมต่อมาจากส่วนของคอหอยและสิ้นสุดบริเวณกระเพาะอาหารส่วนต้น หน้าที่หลักของอวัยวะส่วนนี้คือส่งผ่านอาหารไปยังกระเพาะอาหาร ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงทางเดินอาหารตั้งแต่หลอดอาหารจนถึงลำไส้ประกอบด้วยโครงสร้างจุลกายวิภาคที่มีผนัง 4 ชั้น

ได้แก่ mucosa, submucosa, muscularis และ serosa เช่นเดียวกับปลาทุ (Rastrelliger brachysoma) (Senarat et al., 2015), ปลาชีวใบไฟ (Devario regina) (Boonyoung et al., 2016), ปลาหมอสี (Astatotilapia burtoni) (Genten et al., 2008), ปลากดเหลือง (Hemibagrus filamentus) (ศิลปชัย เสนารัตน์ และคณะ, 2556) และปลาไหลยุโรป (Anguilla anguilla) (Genten et al., 2008)

1. ชั้น Mucosa (รูปที่ 1A-1B) มีลักษณะเป็นสันนูนตามยาวเล็กน้อย (longitudinal fold) ยื่นเข้าไปในช่องว่างของหลอดอาหาร (lumen) ภายใต้อำล้างขยายสูงชั้นนี้สามารถแบ่งออกเป็นชั้นย่อยๆ ได้แก่

1.1 ชั้น Epithelium ประกอบด้วยเยื่อบุผิวชนิด simple squamous epithelium (รูปที่ 1A, 1D) ต่างจากการศึกษาในปลาบางชนิด เช่น ปลาฉลามดีออกพีช (*Squalus acanthias*) (Leake, 1975) ที่มีเยื่อบุผิวแบบลูกบาศก์หลายชั้น ระหว่างเซลล์เยื่อบุผิวมีชั้นแทรกด้วยเซลล์สร้างเมือก (mucous cell) จำนวนมากอยู่ตลอดความยาวของหลอดอาหาร เมื่อใช้เทคนิคทางมิวเคมีพบว่าเซลล์สร้างเมือกติดสีฟ้าด้วย AB pH 2.5 และสีม่วงแดงด้วย PAS (รูปที่ 1B-1D) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในปลาทุ (*R. brachysoma*) (Senarat et al., 2015) และ ปลาหมอสี (*Astatotilapia burtoni*) (Genten et al., 2008) การสร้างสารเมือกที่เกิดจากเซลล์สร้างเมือกจึงเอื้อต่อการลดการเสียดสีเพื่อการผ่านของอาหารเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร (Harder, 1975; Cataldi et al., 1987; Grau et al., 1992) หรืออาจเกี่ยวข้องกับการป้องกันความเสียหายและการติดเชื้อแบคทีเรีย (Grau et al., 1992; Albrecht et al., 2001).

1.2 ชั้น Lamina propria ประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ใต้เยื่อบุผิวที่เรียงตัวอยู่กันหลวมๆ (รูปที่ 1A)

1.3 ชั้น Muscularis mucosae ที่ค่อนข้างสังเกตยาก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่านในขนาดต่อไป

2. ชั้น Submucosa เป็นชั้นที่ไม่สามารถแยกชั้นได้อย่างชัดเจน ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (loose connective tissue) ที่มีหลอดเลือดแทรก (รูปที่ 1A-1B)

3. ชั้น Muscularis ประกอบไปด้วยชั้นกล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) 2 ชั้น ชั้นในที่เรียงตัวตามความวงกลม (circular muscular layer) หนา กว่าชั้นนอกที่เรียงตามความยาว (longitudinal muscular layer) (รูปที่ 1A-1B)

4. ชั้น Serosa จัดเป็นชั้นนอกสุด ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียงตัวเป็นชั้นบางๆ และยังถูกหุ้มด้วยเซลล์รูปร่างแบนบางชั้นเดียว (simple squamous epithelium) (รูปที่ 1A-1B)

โครงสร้างทางมิวชีววิทยาและมิวเคมีของกระเพาะอาหาร (histology and histochemistry of stomach)

โครงสร้างมิวชีววิทยาของกระเพาะอาหารที่พบในปลาคะกรับเช่นเดียวกับปลากดเหลือง (*H. filamentus*) (ศิลปชัย เสนารัตน์ และคณะ, 2557) ต่างจากปลาชีวใบไฟที่ไม่พบกระเพาะอาหาร (Boonyoung et al., 2016) จัดเป็นส่วนแรกที่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บอาหารและเริ่มมีการย่อยอาหาร (Genten et al., 2008) กระเพาะอาหารของปลาคะกรับสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน โดยพิจารณาจากการจัดเรียงและองค์ประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อและเซลล์ คือ กระเพาะอาหารส่วนต้น (anterior stomach) และกระเพาะอาหารส่วนท้าย (posterior stomach) (รูปที่ 2) คล้ายกับการรายงานของ Genten et al. (2008) โครงสร้างมิวชีววิทยาของกระเพาะอาหารส่วนต้น ประกอบด้วย

1. ชั้น Mucosa มีลักษณะสันนูนยื่นไปในลูเมนและมี gastric pit ยื่นเข้าไปในผนังคล้ายกับการศึกษาในปลา ยูโรเปียนเพิร์ช (*Perca fluviatilis*), ปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) และ ปลาชะโอนแอฟริกัน (*Schilbe mystus*) (Genten et al., 2008) ที่แบ่งออกเป็น 3 ชั้นย่อย ดังนี้

1.1 ชั้น Epithelium มีเยื่อบุผิวชั้นนี้ประกอบด้วยเซลล์รูปแท่งทรงสูงเรียงชั้นเดียว (simple high columnar epithelium) ไม่พบเซลล์สร้างเมือกและ goblet cells (รูปที่ 2A-2B) สอดคล้องกับการศึกษาในปลา ยูโรเปียนเพิร์ช (*Pe. fluviatilis*), ปลาชะโอนแอฟริกัน (*S. mystus*) (Genten et al., 2008) และปลาชนิดอื่นๆ (Grau et al., 1992; Gargiulo et al., 1997)

1.2 ชั้น Lamina propria ประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเรียงตัวอยู่อย่างหลวมๆ และพบต่อมแก๊สตริก (gastric gland) ชนิดต่อมทิวบูลาร์ (tubular gland) แทรกอยู่ในชั้นนี้เป็นจำนวนมาก ท่อประกอบด้วย glandular cell บุผิวชนิด simple columnar epithelium แต่ละเซลล์มีรูปร่างคล้าย pyramid (รูปที่ 2A-2C) เช่นเดียวกับการศึกษาในปลา ปลาทุ (*R. brachysoma*) (Senarat et al., 2015), ปลากดเหลือง (ศิลาชัย เสนารัตน์ และคณะ, 2557), ปลาสำลีน้ำลึก (*Se. dumerili*) (Grau et al., 1992), ปลางวงช้าง (*Petrocephalus microphthalmus*), ยูโรเปียนเพิร์ช (*Pe. fluviatilis*) (Genten et al., 2008) จากการศึกษาด้วยเทคนิคทางด้านมิวซเคมี พบส่วนปลายของเซลล์ของต่อมแก๊สตริกติดสีชมพูม่วงด้วย PAS แต่ไม่ติดสีฟ้าด้วย AB pH 2.5 แสดงให้เห็นว่า gastric gland สร้างสารกลุ่มไกลโคโปรตีน (รูปที่ 2D-2E) ซึ่งให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้เพื่อย่อยให้โมเลกุลมีขนาดเล็กลง (Genten et al., 2008)

1.3 ชั้น Muscularis mucosae ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบเรียงตัวเป็นชั้นบางๆ จนไม่สามารถแยกกับชั้น submucosa ได้

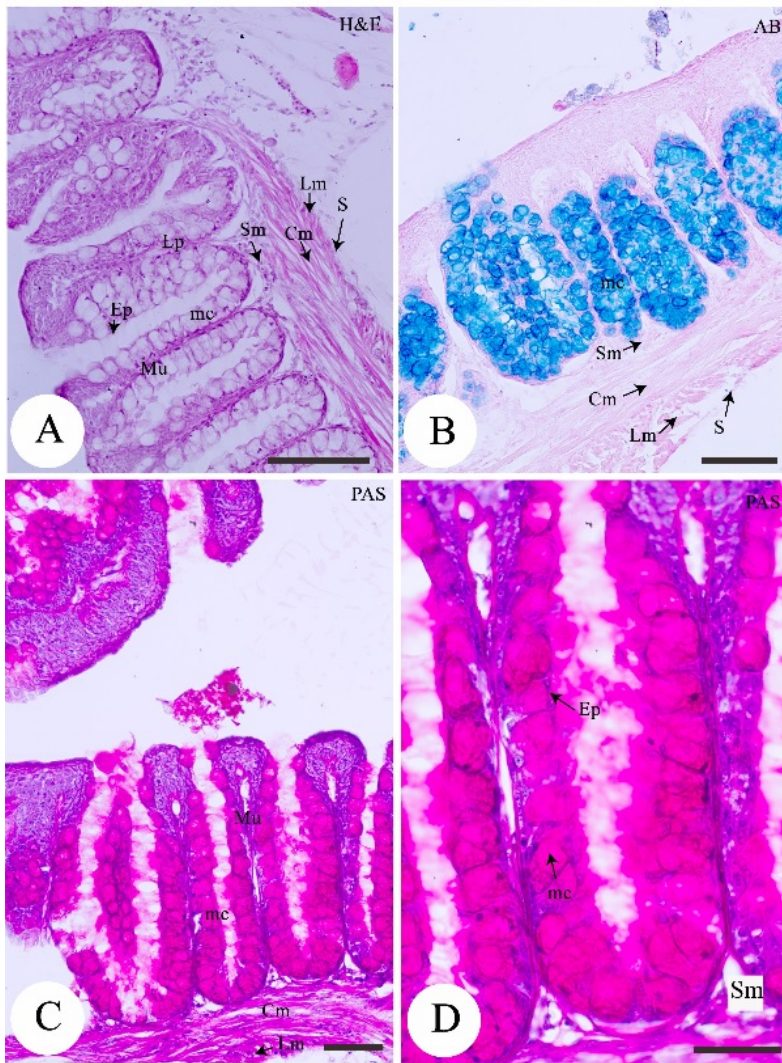
2. ชั้น Submucosa ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียงตัวอย่างหลวมๆ (loose connective tissue) บางบริเวณมีเส้นเลือดขนาดเล็ก (capillary) แทรกตัวอยู่ (รูปที่ 2A)

3. ชั้น Muscularis ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบจำนวน 2 ชั้น ชั้นในเรียงตัวในแนววงกลม (inner circular layer) ที่หนามากกว่าแนวตามยาว (outer longitudinal layer) (รูปที่ 2A, 2F) คล้ายกับการรายงานการศึกษาในปลากระดุกเชิงทั่วไป (Genten et al., 2008; Grau et al., 1992) และปลาทุ (*Rastrelliger brachysoma*) (Senarat et al., 2015)

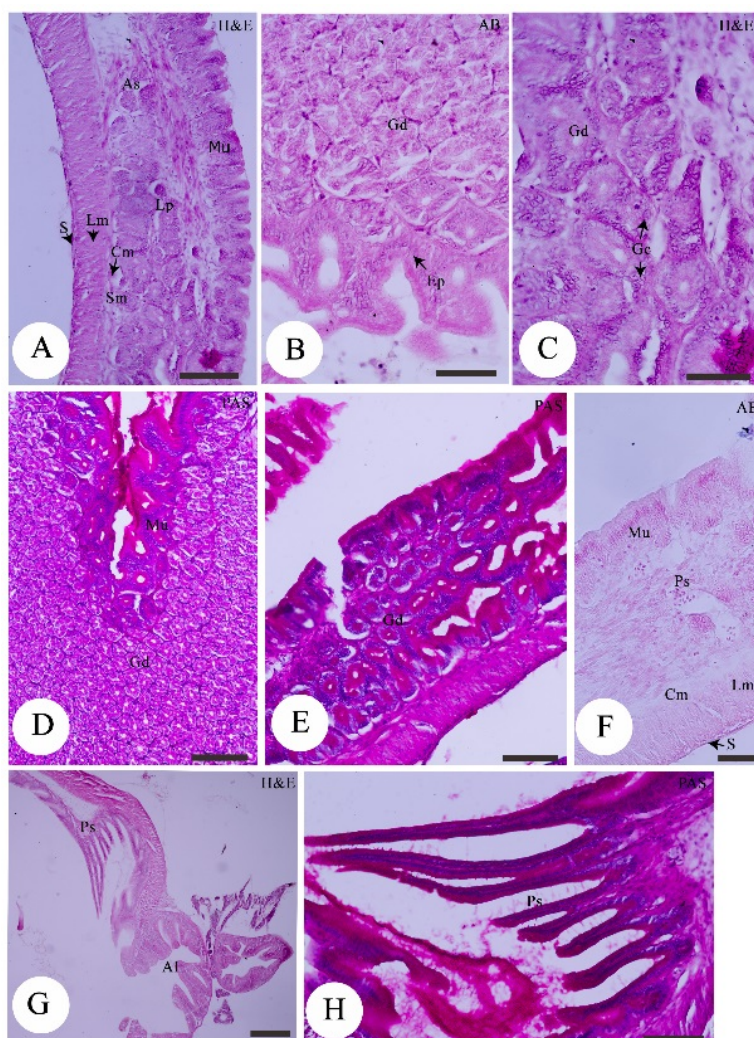
4. ชั้น Serosa ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางๆ และยังมี mesothelial cells เรียงเป็นชั้นเดียว (simple squamous epithelium) อยู่นอกสุด (รูปที่ 2A, 2F)

กระเพาะอาหารส่วนท้าย เป็นส่วนที่ต่อจากกระเพาะอาหารส่วนต้น ที่มีโครงสร้างมิวซวิทยาคล้ายคลึงกับกระเพาะอาหารส่วนต้น แต่อย่างไรก็ตาม มีวิหยาเนื้อเยื่อที่ต่างกัน ได้แก่ ในชั้น lamina propria มีพบการกระจายตัวของต่อมแก๊สตริก เป็นจำนวนน้อยลงและมีชั้น muscularis มีกล้ามเนื้อเรียบมาก และหนากว่ากระเพาะอาหารส่วนต้น (รูปที่ 2F)

บริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะอาหารส่วนท้ายและลำไส้ส่วนต้น เป็นรอยคอดไปซึ่งแยกสองส่วนนี้ออกจากกัน นอกจากนี้ยังพบว่าสันนูนยื่นสูงขึ้นและลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเข้าสู่ลำไส้ส่วนต้น (รูปที่ 2G-2H)



รูปที่ 1 โครงสร้างมิถุนวิทยา (A) และมิถุนเคมี (B-D) หลอดอาหารของปลาตะกรับ (Cm = circular muscle layer, Ep = epithelium, Lm = Longitudinal muscle layer, Lp = lamina propria, mc = mucous cell, Mu = mucosa, S = serosa, Sm = submucosa) (H&E = Harris's hematoxylin & eosin, PAS = periodic acid-schiff, AB = alcian blue pH 2.5, Scale bar: A,B,D = 50 μ m, D = 20 μ m)



รูปที่ 2 โครงสร้างมิถูวิทยาและมิถูเคมีหลอดอาหารของปลากระเพาะอาหารส่วนต้น (As) (A-E) กระเพาะส่วนท้าย (Ps) (F) และบริเวณรอยต่อระหว่างกระเพาะอาหารส่วนท้ายและลำไส้ส่วนต้น (G-H) (Al =anterior intestine, Cm = circular muscle layer, Ep = epithelium, Gc = gastric cell, Gd = gastric gland, Lm = Longitudinal muscle layer, Lp = lamina propria, mc = mucous cell, Mu = mucosa, S = serosa, Sm = submucosa) (H&E = Harris's hematoxylin & eosin, PAS = periodic acid-schiff, AB = alcian blue pH 2.5, Scale bar: A,H = 100 μ m, D,E,H = 50 μ m, F = 30 μ m, B,C = 20 μ m)

โครงสร้างทางมิววิทยาและมิวเคมีของลำไส้ (histology and histochemistry of intestine)

มิววิทยาของลำไส้ของปลาตะกรับเป็นท่อตรงขดไปขดมาและสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ลำไส้ส่วนต้นและลำไส้ส่วนปลาย (รูปที่ 3A-3F) แต่ละส่วนแสดงรายละเอียด ดังนี้

1. ชั้น Mucosa มีลักษณะสันนูนยื่นเข้าไปสู่ช่องว่างในลูเมนและสามารถแบ่งออกเป็นชั้นย่อยๆ ได้แก่

1.1 ชั้น Epithelium เป็นเยื่อบุผิวชนิด simple columnar epithelium ที่ถูกแทรกด้วย goblet cells จำนวนมาก ซึ่งย้อมติดสีม่วงแดงของ PAS และสีฟ้าของ AB pH 2.5 (รูปที่ 3A) สอดคล้องกับการศึกษาในปลาหมอไฟ (*Puntius stoliczkanus*) (Senarat et al., 2013) และปลาทุ (R. brachysoma) (Senarat et al., 2015) จากข้อมูลทำให้ยืนยันได้อย่างชัดเจนว่าเซลล์ชนิดนี้สร้างไกลโคโปรตีนและมิวโคโพลีแซคคาไรด์ (neutral mucopolysaccharides) ซึ่งให้เห็นว่าสารเมือกเหล่านี้เป็นกลางและเป็นกรดปะปนกัน ล้วนแล้วแต่มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและดูดซึมอาหารในลำไส้เล็ก (Grau et al., 1992)

1.2 ชั้น Lamina propria ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รวมกันอย่างหลวมๆ เช่นเดียวกับรายงานในปลาชนิดอื่นๆ (Genten et al., 2008; Takashima and Hibiya, 1995)

1.3 ชั้น Muscularis mucosae ไม่พบในลำไส้ของปลาตะกรับ

2. ชั้น Submucosa เป็นชั้นที่แยกจากชั้น muscularis ได้ยากมาก แต่พบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รวมกันแบบหลวมๆ (รูปที่ 3A)

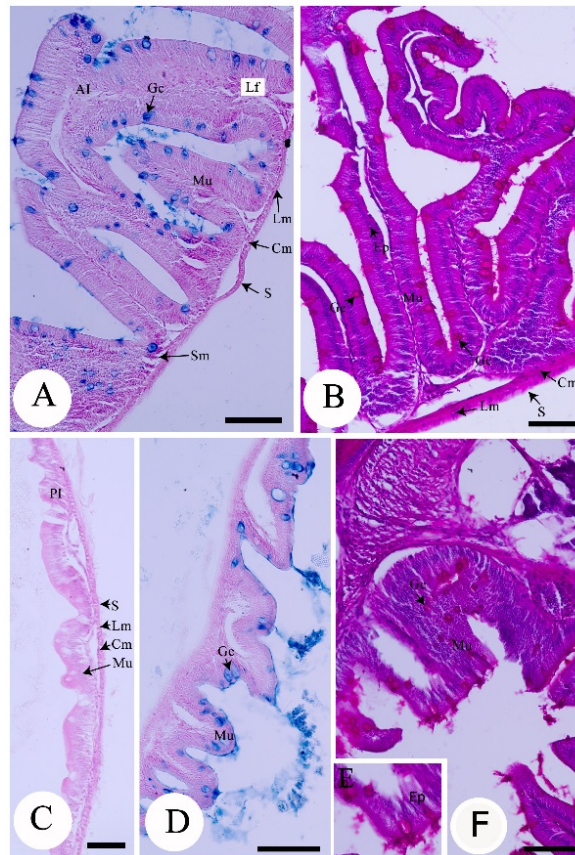
3. ชั้น Muscularis ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อเรียบจำนวน 2 ชั้นแบบบาง แยกได้ยาก โดยชั้นในเรียงตัวในแนววงกลม และชั้นนอกเรียงตัวตามยาว (รูปที่ 3A -3B)

4. ชั้น Serosa ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นบางๆ และมีเซลล์รูปแบบบางชั้นเดียว (simple squamous epithelium) เรียงตัวอยู่นอกสุดของลำไส้ส่วนต้น

ลำไส้ส่วนปลาย มีโครงสร้างเช่นเดียวกับลำไส้ส่วนต้น เพียงแต่มีลักษณะสันนูนขนาดต่ำลง (รูปที่ 3D-3F)

สรุปผลการวิจัย

ทั้งหลอดอาหาร กระเพาะอาหารและลำไส้มีผนังครบทั้ง 4 ชั้นคือ mucosa, submucosa, muscularis และ serosa แต่อย่างไรก็ตามส่วนชั้น mucosa ของหลอดอาหารถูกบุผิวแบบบางชั้นเดียว ตรงกันข้ามกับส่วนกระเพาะอาหารและลำไส้ที่ถูกบุผิวแบบทรงสูงชั้นเดียว นอกจากนี้ ชั้น mucosa ของกระเพาะอาหารยังมีส่วนของต่อมแก๊สตริก ตลอดแนวความยาวของชั้น lamina propria ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของอวัยวะส่วนนี้ ซึ่งคาดว่าข้อมูลที่ได้รับทำให้เข้าใจโครงสร้างทางด้านมิววิทยาและการทำงานขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในทางเดินอาหาร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ รวมทั้งการพัฒนาอาหารของปลาตะกรับในช่วงการเพาะเลี้ยงในอนาคตต่อไป



รูปที่ 3 โครงสร้างมิวชิวิทยาและมิวชิเคมีของลำไส้ส่วนต้น (AI) (A-B) และลำไส้ส่วนปลาย (PI) (C-F) ของปลาตะกรับ (Cm = circular muscle layer, Ep = epithelium, Gc = goblet cell, Lf = longitudinal fold, Lm = Longitudinal muscle layer, Lp = lamina propria, mc = mucous cell, Mu = mucosa, S = serosa, Sm = submucosa) (H&E = Harris's hematoxylin & eosin, PAS = periodic acid-schiff, AB = alcian blue pH 2.5, Scale bar: A,H = 100 μ m, D,E,H = 50 μ m, F = 30 μ m, B,C = 20 μ m)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน่วยวิจัยสัตว์น้ำ ภาควิชาพยาธิชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยอนุเคราะห์อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง และการถ่ายรูปสไลด์ตัวอย่าง คุณเอสรามงคลชัยชนะ สำหรับการเตรียมพันธึ้นฉบับ

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐรัตน์ ประภาสสิทธิ์, อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, อธิภา ศิวายพราหมณ์ และพรเทพ พรหมรักษ์. (2545). ป่าชายเลนปรามบุรีการถือกุลสรรพชีวิตชายฝั่ง: ปตท จำกัดมหาชน.
- ศิลปชัย เสนารัตน์, เกษฏ์ เกษตระทัต, พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ และวชิร เยนฉ่า. (2557). วิทยาเนื้อเยื่อของหลอดอาหารและกระเพาะอาหารของปลาเกล็ดเหลือง *Hemibagrus filamentus* (Fang and Chaux,

- 1949). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 22: 46-54.
- Albrecht, M. P., Ferreir, N. F. N. and Caramaschi, E.P. (2001). Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Characiformes; Anostomidae). *Journal of Fish Biology* 58: 419-430.
- Bancroft, J. D. and Gamble, M. (2007). *Theory and Practice of Histological Techniques*. 7th ed., London, UK: Churchill Livingstone. 744 pp.
- Bogut, I., Has-Schön,., Cacic, M., Milakovic, Z., Novoselic, D. and Brkic, S. (2002). Linolenic acid supplementation in the diet of European catfish (*Silurus glanis*): effect on growth and fatty acid composition. *Journal of Applied Ichthyology* 18: 1-6.
- Boonyoung, P., Senarat, S., Kettratad, J., Poolprasert, P., Yenchum W. and Angsirijinda, W. (2016). Histological organization of the female queen *Devario regina* (Fowler, 1934) during its juvenile stage. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 38(1): 67-72.
- Cataldi, E., Cataudelia, S., Monaco, G., Rossi, A. and Tancioni, L. (1987). A study of the histology and morphology of the digestive tract of sea-bream, *Sparusaurata*. *Journal of Fish Biology* 30: 135-145.
- Gargiulo, A.M., Ceccarelli, P., Dall'aglio, C. and Pedini, V. (1997). Ultrastructural study on the stomach of *Tilapia* spp. (Teleostei), *Anatomia Histologia Embryologia* 26: 331-336.
- Genten, F., Terwinghe, E. and Danguy, A. (2008). *Atlas of Fish Histology*. NH, U.S.A.: Science Publishers Enfield.
- Grau, A., Crespo, S., Sarasquete, M.C. and González de Canales, M.L. (1992). The digestive tract of the amberjack *SeMa dumerili*, Risco: A light and scanning electron microscope study. *Journal of Fish Biology* 41: 287-303.
- Harder, W. (1975). The digestive tract. *In* *Anatomy of fishes*, part 1. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. pp. 128-164.
- Has Schon, E., Bogut, I., Kralik, D. and Vukovic, B. (2004). Mutual influence of protein and lipid feed content on European catfish (*Silurus glanis*) growth. *Journal of Applied Ichthyology* 20: 92-98.
- Leake, L. D. (1975). Class Chondrichthyes. *In* *Comparative histology: an introduction to the microscopic structure of animals*, London, U.K: Academic. pp. 476-520.
- Senarat, S., Kettratad, J., Jiraungorskul, W. and Kangwanransan, N. (2015). Structural classifications in the digestive tract of short mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) from Upper Gulf of Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 37: 561-567.
- Senarat, S., Yenchum, W. and Poolprasert, P. (2013). Histological study of the intestine of stoliczka's barb *Puntius toliczkanus*. *Kasetsart Journal Natural Sciences* 47: 1-5.
- Takashima, F. and Hibiya, T. (1995). *An atlas of fish histology: Normal and pathological features*. Tokyo: Kodansha. 213 p.
- Wilson, J. M., Bunte, R. M. and Carty, A.J. (2009). Evaluation of rapid cooling and tricaine methanesulfonate (MS222) as methods of euthanasia in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 48: 785-789