บทที่ 4

วิจารณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และความยาวทั้งสิ้นของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อน

ปลาบู่ทรายจากบ่อเพาะเลี้ยงปลา แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานีที่อุณหภูมิ 27.0 - 30.5 องศาเซลเซียส เมื่ออายุ 1 วัน จะมีความยาวทั้งสิ้น (total length) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 มิลลิเมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ ธำรงค์ (2544) ใกล้เคียงกับ ปลานวลจันทร์ทะเล (Ferraris *et al.*, 1987) ลูกปลาบู่ทรายขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นเช่น ปลากดเหลือง (อุมาพร, 2542) ปลาดุกอุย (ชาตรี, 2543) ปลา siberian sturgeon (Gisbert *et al.*, 1998) ปลา *Solea senegalensis* (Riberio *et al.*,1999) และปลา wolfish (Falk – Petersen และ Hansen, 2001)

จากผลการศึกษาพบว่า อายุและความยาวทั้งสิ้นของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อน มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.907 สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความยาวทั้งสิ้นของปลา *Solea senegalensis* (Riberio *et al.*, 1999) ($r = 0.98$) ดั้งนั้นในช่วงอายุที่ทำการศึกษานี้ปลาบู่ทรายจะมีความยาวทั้งสิ้นเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลามีอายุมากขึ้น อย่างมีความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน ซึ่งข้อมูลที่ได้ อาจนำไปใช้ในการทำนายอายุของปลาในช่วงดังกล่าวได้ และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาการกระจายตัวของความยาวทั้งสิ้นกับช่วงอายุ พบว่ามีการกระจายตัวเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ปลามีอายุ 1 – 27 วัน และช่วงที่ปลามีอายุ 30 - 45 วัน นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบหาความแตกต่างของความยาวลำตัวทั้งสิ้นระหว่างช่วงอายุ ด้วยวิธีทดสอบทางสถิติแบบ T – test จะพบว่า ช่วงอายุของปลาทั้งสองช่วงมีความยาวทั้งสิ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ในวันที่ 1 – 27 หลังจากฟักออกเป็นตัว ลูกปลาบู่ทรายจะมีความยาวทั้งสิ้นเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับการศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา โดยพบว่า ในวันที่ 30 หลังจากฟักออกเป็นตัว ปลาบู่ทรายจะเริ่มเข้าสู่ระยะวัยรุ่น (juvenile) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ขณะที่ปลาบู่ทรายเข้าสู่ระยะวัยรุ่นจะมีการเปลี่ยนแปลงร่างกายโดยมีความยาวทั้งสิ้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

การพัฒนาของเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร

การศึกษาพัฒนาทางเดินอาหาร ของปลาระยะวัยอ่อนมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงและอนุบาลปลา โดยจะสามารถวางแผนการจัดการด้านอาหาร ให้พอเหมาะกับการเกิดอวัยวะ นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางพยาธิสภาพ ในการประเมินการเกิดโรคในปลา (Chen and Kumlin, 1989, Molnar, 1989)

ปลาบู่ทราย และปลาโดยส่วนใหญ่ เช่นปลากัด (สุปราณี และคณะ, 2534) ปลาช่อน (สุปราณี และคณะ, 2536) ปลากดเหลือง (อุมาพร, 2542) ปลาดุก (ชาตรี, 2543) ปลา *Solea solea* (Boulhic and Gabudan, 1992) ปลา summer flounder (Bisbal and Bengtson,1995) ปลา walleye pollock (Porter and Theilacker,1999) และปลา dover sole (Riberio et al., 1999) เมื่อแรกเกิด ระบบทางเดินอาหารจะยังไม่พัฒนา โดยท่อทางเดินอาหารเป็นท่อตรง ยังไม่มีการเปิดออกของปากและทวารหนัก สำหรับการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อน หลังจากฟักออกเป็นตัว ในระยะแรก (ปลาอายุ 1-2 วัน) ปลาบู่ทรายจะมีการกินอาหารจากภายใน (endogenous feeding) โดยอาศัยสารอาหารจากถุงสะสมอาหาร และปากจะเริ่มเปิดก่อนที่จะได้รับอาหารจากภายนอก (exogenous feeding) ซึ่งปลาจะเริ่มกินอาหารในวันที่ 3 ถุงสะสมอาหารจะยุบตัว และหมดไปในวันที่ 5 ใกล้เคียงกับการยุบตัวของถุงสะสมอาหารของปลาบู่ทรายเมื่อดูจากลักษณะภายนอก (ธำรงค์, 2544) การเปิดปากของปลาน่าจะมีความสัมพันธ์ กับการยุบตัวของถุงไข่แดง พบว่าปลาโดยส่วนใหญ่จะมีการเปิดปาก ก่อนที่ไข่แดงจะหมดไป (Kjorsvik and Reiersen,1992; Boulhic and Gabudan, 1992; Bisbal and Bengtson, 1995; Porter and Theilacker, 1999; Riberio *et al.*, 1999)

สำหรับในส่วนของ ช่องปาก และคอหอย (buccopharyngeal cavity) พบว่าในวันแรกหลังออกจากไข่ ปากของปลายังไม่มีการแยกออกจากกัน แต่จะมีการพัฒนาไปเป็นริมฝีปากบนและล่าง ปากของปลาบู่ทรายจะเริ่มเปิดในวันที่ 2 หลังจากฟักออกเป็นตัว สอดคล้องกับการเจริญของปากเมื่อดูจากลักษณะภายนอก โดย ภาณุ และคณะ (2532) พบว่าปากของปลาบู่ทรายเริ่มเปิดในวันที่ 2 หลังออกจากไข่ และ ธำรงค์ และคณะ (2544) พบว่าปากของปลาบู่ทรายเริ่มเปิดเมื่อปลามีอายุ 36 ชั่วโมง และจะเปิดอย่างสมบูรณ์ทุกตัวเมื่อปลามีอายุได้ 78 ชั่วโมง ช่วงเวลาของการเปิดปากของปลาบู่ทรายมีลักษณะคล้ายกันกับปลาชนิดอื่น เช่นปลา atlantic halibut (Kjorsvik and Reiersen,1991) ปลา dover sole (Boulhic and Gabudan,1992) ปลา walleye pollock (Porter and Theilacker,1999) และปลา *Solea senegalensis* (Riberio *et al.*,1999) ในขณะที่ปลา summer flounder (Bisbal and Bengtson, 1995) จะเริ่มเปิดปากในวันที่ 3 การ

เปิดปากของปลาส่วนใหญ่ พบว่ามีช่วงเวลาประมาณ 2 - 4 วัน หลังจากฟักออกเป็นตัว ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของปลา และอุณหภูมิ โดยปลาส่วนใหญ่จะเปิดปากก่อนที่ถุงไข่แดงจะยุบตัว เพื่อเตรียมพร้อมที่จะกินอาหารจากภายนอก (exogenous feeding)

ลิ้น ช่องปากและคอหอยของปลาบู่ทราย จะมีการพัฒนาเนื้อเยื่อบุผิว โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากเซลล์บุผิวแบบแบนบางเรียงตัวชั้นเดียว (simple squamous epithelium) ไปเป็นเซลล์บุผิวแบบแบนบางเรียงตัวหลายชั้น (stratified squamous epithelium) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสียดสีที่เกิดจากการกินอาหารเข้าไป ลิ้นของปลาบู่ทรายประกอบไปด้วย เซลล์บุผิวแบบแบนบางเรียงตัวหลายชั้น ยึดติดอยู่กับแกนกระดูกอ่อน คล้ายกับที่พบในปลา summer flounder (Bisbal and Bengtson,1995) ลิ้นของปลาจะยังไม่เจริญเมื่อเทียบกับสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ ลิ้นของปลาเป็นลิ้นที่ไม่มีกล้ามเนื้อ เป็นเพียงแกนกระดูก ที่มีเนื้อหุ้มเท่านั้น ฟันของปลาบู่เป็นแบบ pharyngeal teeth ซึ่งเป็นฟันที่เกิดขึ้นใต้เยื่อบุผิวคอหอย คล้ายกับที่พบในปลา siberian stergeon (Gisbert *et al.*, 1998) และปลา summer flounder (Bisbal and Bengtson, 1995) ฟันของปลาบู่ จะมีลักษณะเรียวแหลม ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่า ปลาชนิดนี้เป็นปลากินเนื้อ เนื่องจากฟันของปลาจะมีรูปร่างตามนิสัยการกินอาหารของปลา โดยปลาที่กินพืชจะมีฟันขนาดใหญ่ ส่วนปลากินเนื้อจะมีฟันขนาดเล็ก และแหลมกว่า (วีระพงศ์, 2536)

หลอดอาหารของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อน จะมีลักษณะเป็นท่อตรง มีเซลล์บุผิวเป็นแบบแบนบางเรียงตัวหลายชั้น (stratified squamous epithelium) เพื่อทนต่อการเสียดสีของอาหารที่ผ่านเข้ามาในท่อทางเดินอาหาร และยังมี goblet cell แทรกอยู่ระหว่างเซลล์เยื่อบุผิว โดยจะพบเมื่อปลามีอายุได้ 2 วันหลังจากฟักออกเป็นตัว goblet cell จะเกิดขึ้นพร้อมกับการเปิดปาก เช่นเดียวกับที่พบในปลานวลจันทร์ทะเล (Ferraris *et al.*, 1987) ปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan, 1992) ปลา *Solea senegalensis* (Ribeiro *et al.*,1999) การเกิดเซลล์เมือกของปลาส่วนใหญ่จะเกิดก่อนที่จะมีการกินอาหารจากภายนอก (exogenous feeding) แต่ยังมีปลาบางชนิดที่มีการเจริญเติบโตของเซลล์เมือกหลังจากที่มีการกินอาหารจากภายนอก เช่นปลา turbot (Cousin and Laurencin, 1985) และ gilthead seabream (Sarasquete *et al.*, 1995) เซลล์เมือก ของหลอดอาหารเป็น goblet cell ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสร้างสารเมือกจำพวก acid glycoprotein เพื่อใช้ในการหล่อลื่น และเคลือบลำไส้ เพื่อป้องกันการกัดกร่อน จากกรดในกระเพาะอาหาร เซลล์เมือกที่อยู่ในหลอดอาหารน่าจะทำหน้าที่ในการหลั่งสารเมือก เพื่อให้การเคลื่อนย้ายอาหาร ผ่านท่อทางเดินอาหารเป็นไปอย่างสะดวกขึ้น goblet cell ในหลอดอาหารจะมีปริมาณมากขึ้น เมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น ภายในเซลล์ประกอบไปด้วยสารจำพวก acid mucosubstance เช่นเดียวกันกับที่พบในปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan, 1992) ใน

ขณะที่ปลา *Solea senegalensis* จะพบสารพวก sulphate mucosubstance และ carboxylate mucosubstance (Ribeiro *et al.*, 1999) การยกตัวของเยื่อบุผิวหลอดอาหาร (mucosa fold) เริ่มเกิดในวันที่ 7 เช่นเดียวกับที่พบในปลานวลจันทร์ทะเล (Ferraris *et al.*, 1987) การยกตัวของหลอดอาหารจะมากขึ้นเมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น

สำหรับกระเพาะอาหารของปลาบู่ทรายพบว่า จะมีการพัฒนา ที่ช้ากว่าในอวัยวะอื่น กระเพาะอาหารจะอยู่ระหว่าง หลอดอาหาร และ ลำไส้ มีเซลล์บุผิวเป็นแบบทรงกระบอกเรียงตัวชั้นเดียว (simple columnar epithelium) ในระยะ 1- 29 วันกระเพาะอาหารจะยังไม่มีการสร้างต่อมแกสตริก (gastric gland) ในกระเพาะอาหาร และจะเริ่มพบต่อมแกสตริก ในวันที่ 30 หลังจากปลาฟักออกเป็นตัว ซึ่งช้ากว่าที่พบในปลาช่อน (สุปราณี และคณะ, 2536) ปลากดเหลือง (อุมาพร, 2542) ปลาดุกอุย (ชาตรี, 2543) ปลา siberian sturgeon (Gisbert, 1998) และปลา *Solea senegalensis* (Ribeiro *et al.*, 1999) แต่เร็วกว่าในปลานวลจันทร์ทะเล (Ferraris *et al.*, 1987) และในปลา summer Flounder (Bisbal and Bengtson, 1995) ต่อมแกสตริก เป็นอวัยวะที่มีส่วนสำคัญในการย่อยอาหาร โดยจะทำหน้าที่ในการหลั่งน้ำย่อยโปรตีน จำพวกกรดไฮโดรคลอลิก (hydrochloric acid) และเอนไซม์เปบซิโนเจน (Kapoor *et al.*, 1975 อ้างจาก Ferraris *et al.*, 1987) ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ จะถูกกระตุ้นจากกรดไฮโดรคลอลิก ให้เปลี่ยนไปเป็นเปบซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ ที่ย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง ปลาบู่ทรายจะมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย เมื่ออายุได้ 30 วัน การเข้าสู่ระยะ juvenile ของปลาจะเริ่มต้นเมื่อมีการปรากฏของ ต่อมในกระเพาะอาหาร (Govoni *et al.*, 1986) การขาดต่อมในกระเพาะอาหาร ทำให้กระเพาะอาหารยังมีกลไกในการย่อยและดูดซึมสารอาหารไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการหลั่งโปรตีน ซึ่งเป็นปัญหาอย่างหนึ่งในการพัฒนาทางเดินอาหาร (Segner *et al.*, 1994) การปรากฏของต่อมในกระเพาะอาหารในปลาบู่ทรายล่าช้ากว่าในปลาน้ำจืดชนิดอื่นมาก แสดงว่าการพัฒนาทางเดินอาหารของปลาบู่ทรายยังเจริญไม่สมบูรณ์ จนกว่าจะมีอายุได้ 30 วัน ดังนั้นในช่วง 30 วันแรกการย่อยอาหารของปลาบู่ทรายจะยังไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลูกปลาไม่ได้รับสารอาหารเท่าที่ควร ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ การอนุบาลปลาบู่ทรายประสบผลสำเร็จได้น้อย

ลำไส้ของปลาบู่ทรายประกอบด้วยลำไส้ส่วนต้น และส่วนท้าย การศึกษาในครั้งนี้พบว่าเซลล์ของเยื่อบุผนังลำไส้ของปลาบู่ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างแบบทรงกระบอกเรียงตัวชั้นเดียว (simple columnar epithelium) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีคุณสมบัติ ในการดูดซึมสารอาหารได้ดี ลำไส้ของปลาบู่จะมีการยกตัวขึ้นของเยื่อบุผิว ตั้งแต่ปลาเริ่มมีการกินอาหารจากภายนอก (3 วันหลังจากฟักออกเป็นตัว) และจะยกตัวมากขึ้น เมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดูดซึมสารอาหาร ลำไส้ของปลาบู่ทรายประกอบไปด้วยเซลล์ enterocyte และพบเซลล์เมือกในลำไส้

เมื่อปลามีอายุ 15 วัน หลังจากฟักออกเป็นตัว เช่นเดียวกับปลา *Solea senegalensis* (Ribeiro *et al.*, 1999) แต่ช้ากว่าปลา gilthead seabream (Sarasquete *et al.*, 1995) เซลล์เมือกในลำไส้เป็น goblet cell คาดว่าจะหลั่งเมือกมาเคลือบลำไส้เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของกรดจากกระเพาะอาหาร โดย goblet cell จะเกิดขึ้นก่อนที่กระเพาะอาหารจะเริ่มทำงาน เช่นเดียวกับในปลา gilthead seabream (Sarasquete *et al.*, 1995) และปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan, 1992)

ในลำไส้ส่วนต้น (anterior intestine) พบว่ามีการสะสมของ lipid vacuole ที่ชั้น mucosa โดยจะพบในวันที่ 17 หลังจากฟักออกเป็นตัว ซึ่งพบได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับปลาชนิดอื่น เช่น ปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan,1992) ปลา gilthead seabream (Sarasquete *et al.*, 1995) ปลา siberian sturgeon (Gisbert, 1998) และ ปลา *Solea senegalensis* (Ribeiro *et al.*, 1999) แต่เร็วกว่าปลา walleye pollock (Porter and Theilacker, 1998) การพบ lipid vacuole ในลำไส้แสดงถึงการดูดซึมไขมันในท่อทางเดินอาหาร ระหว่างที่ลูกปลามีการพัฒนาอวัยวะ จะมีการเผาผลาญของไขมัน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของลูกปลา (Loewe and Eckmann, 1988)

ส่วนในลำไส้ตอนท้าย (posterior intestine) พบว่ามีการสะสมของ eosinophilic granule เช่นเดียวกันกับปลาชนิดอื่น (Cousin *et al.*, 1986; Boulhic and Gabaudan, 1992; Bisbal and Bengtson; 1995) การปรากฏของ eosinophilic granule แสดงถึงการดูดซึม โปรตีน ซึ่งมีการนำ โปรตีน เข้าสู่เซลล์ แบบ pinocytosis หลุดออกเป็น vesicle ปรากฏอยู่ในลำไส้ส่วนท้าย (Govoni *et al.*, 1986)

จากการศึกษาการเจริญของตับ และตับอ่อน พบว่า เซลล์ของตับ จะปรากฏในวันแรกหลังจากปลาออกจากไข่ สอดคล้องกับการเกิดตับในปลา turbot (Cousin *et al.*, 1986) ปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan, 1992) ปลา gilthead seabream (Sarasquete *et al.*,1995) และปลา wolffish (Falk – Peterson และ Hansen, 2001) ตับจะมีการเจริญของ sinusiod และเริ่มมีเม็ดเลือดแทรกในวันที่ 2 หลังจากออกจากไข่ ซึ่งเร็วกว่าที่พบในปลา gilthead seabream, (Sarasquete *et al.*, 1995) และปลา *Solea senegalensis* (Ribeiro *et al.*, 1999)

ส่วนตับอ่อนของปลาบู่ทราย จะมีการเจริญของเซลล์ตับอ่อน ตั้งแต่วันแรกที่ออกจากไข่ โดยเซลล์ตับอ่อนจะประกอบไปด้วยเซลล์มารวมกลุ่มกันเป็น acinar cell คล้ายกับที่พบในปลาชนิดอื่น (Cousin *et al.*, 1986; Boulhic and Gabaudan, 1992; Sarasquete *et al.*, 1995; Ribeiro *et al.*, 1999; Falk – Peterson และ Hansen, 2001) zymogen granule ของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อนจะเกิดขึ้นในวันที่ 3 หลังจากฟักออกเป็นตัว สอดคล้องกับที่พบในปลา *Solea*

senegalensis (Ribeiro *et al*., 1999) แต่พบว่าเร็วกว่าในปลา summer flounder (Bisbal และ Bengtson, 1995) ปลา gilthead seabream (Sarasquete *et al*., 1995) ในเวลาเดียวกันนั้นพบว่ามีการสร้าง islet of Langerhan ซึ่งเป็นต่อมไร้ท่อ ที่ทำหน้าที่ในการหลั่งฮอร์โมน จากการศึกษาพบว่า ปลาบู่ทราย และปลาชนิดอื่น จะมีการสร้างตับอ่อนในช่วงแรก ที่มีการกินอาหารจากภายนอก ซึ่งปลาบู่ทรายต้องการเอนไซม์ จากตับอ่อน เพื่อช่วยในการย่อยอาหาร ในปลา japanese flounder พบว่า เมื่อมีอาหารผ่านเข้ามาในทางเดินอาหาร จะมีการกระตุ้นให้เกิดการหลั่งของสารจากตับอ่อน (Kurokawa and Suzuki, 1996 อ้างจาก Riberio *et al*.,1999) สารที่หลั่งจากตับอ่อนพบว่าจะมีโปรตีน จำพวก tyrosine, lysine, arginine และ tryptophan (Sarasquete *et al*., 1995; Riberio *et al*., 1999) ซึ่งการปรากฏของโปรตีนพวกนี้จะแสดงถึงการสร้างเอนไซม์ เช่นเอนไซม์ trypsinogen (Grau *et al*., 1992)

การศึกษาทางฮีสโตเคมี

การทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase ในทางเดินอาหารของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อน เริ่มพบว่ามีการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ ตั้งแต่วันแรกที่ปลาเริ่มออกจากไข่และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น สอดคล้องกับการทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase ในทางเดินอาหารของปลาชนิดอื่น (Govoni *et al*., 1986; Cousin *et al*., 1987; Feraris *et al*, 1987; Gisbert *et al*, 1999; Riberio *et al*., 1999; Sagiv, 2001) โดยพบในถุงสะสมอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้ การทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase จะพบได้มากที่ brush border ของเยื่อบุผิว เช่นเดียวกันกับปลาเก๋า (จินตมาศ, 2533) ปลา turbot (Cousin *et al*., 1987) ปลานวลจันทร์ทะเล (Feraris *et al*, 1987) ปลา yellowtail and winter flounder (Baglole *et al*., 1998) ปลา siberian sturgeon (Gisbert *et al*, 1999) และปลา *Solea seneglolensis* (Riberio *et al*., 1999)

เอนไซม์ alkaline phosphatase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีสำคัญในการดูดซึมสารอาหาร เช่น น้ำตาล, ไขมัน, แคลเซียม และฟอสเฟต (Roubaty and Portmann, 1988) ในปลาวัยอ่อน alkaline phosphatase จะมีหน้าที่ในการดูดซึม และขบวนการขนย้ายสารผ่านเยื่อบุผิว ในลูกปลาวัยอ่อนจะพบมากในถุงสะสมอาหาร และลำไส้ และจะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น (Govoni *et.al*., 1986) การพบเอนไซม์ alkaline phosphatase และ digestive enzyme ในระบบทางเดินอาหารของปลาระยะวัยอ่อนชี้ให้เห็นถึงการเผาผลาญ (เกิดการย่อย และดูดซึม

อาหาร) โมเลกุลของสาร เช่น โปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน ซึ่งเอนไซม์ในปลาระยะวัยอ่อนจะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปลาตัวเต็มวัย (Sagiv, 2001) การปรากฏของเอนไซม์ alkaline phosphatase ในท่อทางเดินอาหารของปลาปู่ทราย แสดงได้ว่าลูกปลาจะมีการเผาผลาญ และสามารถดูดซึมสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตตั้งแต่วันแรกที่หลังจากออกจากไข่ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase ในกระเพาะอาหารของปลาปู่ทรายระยะวัยอ่อน เช่นเดียวกันกับที่พบในปลา winter flounder (Baglole *et al.*, 1998) ซึ่งแตกต่างจากปลาชนิดอื่น ที่จะไม่พบเอนไซม์ชนิดนี้ คาดว่ากระเพาะอาหารของปลาปู่ทรายระยะวัยอ่อน อาจมีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมสารอาหาร นอกเหนือไปจากการหลั่งน้ำย่อย

การสะสมไกลโคเจน ในตับ ของลูกปลาระยะวัยอ่อน จะมีระยะเวลาในการปรากฏของไกลโคเจนในท่อทางเดินอาหารแตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิดของปลา ปลาปู่ทรายจะมีการสะสมไกลโคเจนที่ตับในวันที่ 9 หลังจากฟักออกเป็นตัว ซึ่งจะช้ากว่าในปลา dover sole (Boulhic and Gabaudan, 1992) ปลา gilthead seabream (Guyot, 1995; Sarasquete *et al.*, 1995) และปลา *Solea senegalensis* (Riberio *et al.*, 1999)

ไกลโคเจนเป็นสารอาหารที่มีสะสมมากในตับ และกล้ามเนื้อ ไกลโคเจน เป็นแหล่งสะสมอาหารในสัตว์ และเป็นแหล่งสำคัญใน metabolism ของพลังงาน ในปลาที่ขาดสารอาหารพบว่า มีปริมาณของไกลโคเจน ในตับ และส่วนต่างๆของระบบทางเดินอาหารน้อย (Belkovskij *et al.*, 1991) ในปลาปู่ทราย พบว่ามีการสะสมของ ไกลโคเจนในตับของลูกปลาค่อนข้างช้าเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่น ชี้ให้เห็นว่า ในระยะที่ปลาปู่ทรายออกจากไข่ จนกระทั่งมีอายุได้ 8 วัน สารอาหารที่ร่างกายได้รับจะไม่เหลือพอที่จะสะสมในรูปไกลโคเจนได้ อาจสืบเนื่องจากหลายสาเหตุ ซึ่งการไม่ได้รับสารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายอาจเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการสะสมไกลโคเจนในตับ

จากผลการศึกษาพบว่าในวันที่ 1 – 8 ปลาปู่จะยังไม่มีการสะสมไกลโคเจน อาจเป็นไปได้ว่าในอาหารที่ปลาได้รับในช่วงนี้ อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื่องจากเมื่อปลาได้รับคาร์โบไฮเดรท จะถูกย่อยสลายเป็นโมโนแซคคาไรด์ และถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือดมาที่ตับ ซึ่งตับจะเปลี่ยนโมโนแซคคาไรด์ไปเป็นน้ำตาลกลูโคส ส่งไปยังเซลล์ต่างๆเพื่อใช้ในการเผาผลาญให้เกิดพลังงาน กลูโคสที่เหลือจากการใช้งานจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นไกลโคเจน (Lubert, 1975) ซึ่งเป็นพลังงานสำรอง เมื่อปลาขาดสารอาหารจะดึงไกลโคเจนจากตับกลับไปเป็นกลูโคส ทำให้ไม่สามารถตรวจพบปริมาณไกลโคเจนในตับของปลาปู่ทรายในช่วงเวลานี้ และจากผลการศึกษาพัฒนาการทางเนื่อเยื่อวิทยาของระบบย่อยอาหารจะเห็นได้ว่าในระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาอย่างมาก เช่น เริ่มมีการยกตัวขึ้นของเยื่อบุผนังลำไส้ของอวัยวะต่างๆภายในท่อทาง

เดินอาหาร อาจทำให้มีการใช้พลังงานจำนวนมาก ส่งผลให้ไม่มีพลังงานเหลือพอที่จะสะสมในรูปไกลโคเจนได้ ดังนั้นในระยะนี้ควรมีการให้อาหารปลาบู่ทรายอย่างสม่ำเสมอ และมีปริมาณมากพอต่อความต้องการของปลา ทั้งนี้เพื่อป้องกันการขาดสารอาหาร

สำหรับการศึกษาปริมาณของ acid mucosubstance ในปลาบู่ทรายพบว่า ปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อนจะมีการสร้างสาร acid mucosubstance ในท่อทางเดินอาหาร ตั้งแต่วันที่ 2 หลังจากที่ปลาออกจากไข่ เช่นเดียวกันกับปลา *Solea solea* (Boulhic and Gabaudan, 1992) โดยเริ่มพบที่หลอดอาหาร และหลังจากนั้นเมื่อปลามีอายุได้ 15 วันจะเริ่มพบว่ามีปริมาณของ acid mucosustance เกิดขึ้นที่ลำไส้ ในทางเดินอาหารของปลาบู่ทรายจะพบ acid mucosubstance ได้เฉพาะใน goblet cell เท่านั้น

จากผลการศึกษา พบว่า goblet cell ในท่อทางเดินอาหารของปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อนจะหลั่งสาร acid mucosubstance เช่นเดียวกันกับที่พบใน ปลา *Solea solea* (Boulhic and Gabaudan, 1992) แต่จะแตกต่างกับปลา *Solea senegalensis* ซึ่งพบว่าจะมีสารจำพวก sulphate mucosubstance และ carboxylate mucosubstance (Riberio *et al.*, 1999) acid mucosubstance เป็นสารเมือกที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งทำหน้าที่ในการหล่อลื่นและเคลือบลำไส้เพื่อป้องกันการทำลายจากกรดในกระเพาะอาหาร (Strand, 1978) ปลาบู่ทรายระยะวัยอ่อนจะมีการสร้าง acid mucosubstance มาเคลือบทางเดินอาหารก่อนที่จะมีการสร้างต่อมแกสตริก ในกระเพาะอาหาร ซึ่งเป็นต่อมที่จะสร้างกรดไฮโดรคลอริก เพื่อไปกระตุ้นให้เกิดเอนไซม์เปบซิน acid mucosubstance จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อปลามีการเจริญเติบโตขึ้น ทั้งนี้คาดว่าเพื่อรองรับกับขนาดและปริมาณอาหารที่ใหญ่ขึ้น จึงต้องมีการหลั่งสาร acid mucosubstance เพื่อช่วยในการหล่อลื่น และป้องกันการกัดกร่อนของกรดจากกระเพาะอาหาร

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า หลังปลาออกจากไข่ ท่อทางเดินอาหารของปลาบู่ทรายจะมีลักษณะเป็นท่อตรง ถุงสะสมอาหารจะบรรจุไข่แดงปริมาณมาก และจะค่อยๆลดลง จนหมดไปในวันที่ 5 หลังฟักออกเป็นตัว เมื่อปลามีอายุได้ 2 วัน ปาก และทวารหนักจะเริ่มเปิด การยกตัวของเยื่อบุผิวลำไส้ กระเพาะอาหาร และหลอดอาหาร จะเริ่มเกิดขึ้นวันที่ 2, 5 และ 7 ตามลำดับ การยกตัวของเยื่อบุผิวจะเพิ่มมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของปลา การเจริญของฟัน และตุ่มรับรสเริ่มมีเมื่อปลาอายุ 5 วัน พบ lipid vacuole ในลำไส้ส่วนต้นเมื่อปลามีอายุ 17 วัน และพบ eosinophilic granule ที่ลำไส้ส่วนท้ายเมื่อปลามีอายุได้ 6 วัน แสดงถึงการดูดซึมสารอาหารโดยเฉพาะ ไขมัน และ โปรตีน ต่อมแกสติกในกระเพาะอาหาร เริ่มปรากฏเมื่อปลามีอายุ 30 วัน

จากการศึกษาการทางฮีสโตเคมีพบว่า มีการทำงานของเอนไซม์ alkaline phosphatase ใน ช่องปากและคอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับอ่อน ตั้งแต่ปลาเริ่มออกจาก

ไข่ ซึ่งสะสมได้มากที่ brush border ไกลโคเจนเริ่มสะสมในตับของปลาบู่ทรายเมื่อปลามีอายุ 6 วัน เริ่มพบ acid mucosubstance ที่ goblet cell ของหลอดอาหารในวันที่ 2 หลังออกจากไข่ และพบที่ลำไส้เมื่อปลามีอายุ 15 วัน ปริมาณของไกลโคเจน acid mucosubstance และการทำงานของ เอนไซม์ alkaline phosphatase จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อปลามีอายุมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อเทียบกับปลาน้ำจืดชนิดอื่นจะเห็นได้ว่าปลาบู่ทรายมีการพัฒนาการทางเดินอาหารช้ากว่าปลาชนิดอื่น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การเพาะขยายพันธุ์ และเลี้ยงปลาบู่ทรายเป็นไปได้ยาก

ในขณะที่ต่อมแกสตริกในกระเพาะอาหารของปลาบู่ทรายยังไม่ปรากฏ (อายุ 0 – 29 วัน) การทำงานของระบบย่อยอาหารจะยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากยังขาดเปบซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญช่วยในการย่อยสลายโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงก่อนที่จะถูกส่งไปย่อยต่อด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในลำไส้ จนกระทั่งได้กรดอมิโน ซึ่งร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขณะที่การย่อยอาหารของปลาบู่ทรายยังไม่สมบูรณ์ อาหารที่ปลาบู่ทรายจะได้รับ ควรเป็นอาหารที่ย่อยสลายง่ายและสะดวกต่อการดูดซึม เช่น อาหารที่มีชีวิต ซึ่งเป็นอาหารที่มีโปรตีนและไขมันสูง พบว่าปลาระยะวัยอ่อนส่วนใหญ่จะกิน สาหร่ายเซลล์เดียว โรติเฟอร์ และลูกกุ้ง เป็นอาหาร และพบว่ามีอัตราการรอดสูง (Lovell, 1998) อาหารที่ให้ปลาบู่ทรายในระยะนี้อาจเป็นพวกแพลงค์ตอน เช่น โรติเฟอร์ หรืออาร์ทีเมีย เนื่องจากแพลงค์ตอนมี เอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยไขมัน และโปรตีนสูงถึง 89 – 94 และ 43 – 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Munilla – Moran *et al.*, 1990) ซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพในการย่อยสารอาหารของปลาบู่ดีขึ้น แต่เนื่องจากอาหารที่มีชีวิตส่วนใหญ่จะมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นต่ำ (Van Ballaer *et al.*, 1985) ควรจะมีการเสริมกรดไขมันโดยการให้กิน *Chlorella* sp. ที่มี n – 3 HUFA สูง (ธิดา และมาวิทย์, 2534) หรือให้กินกรดไขมันที่จำเป็นโดยตรง เช่น ใช้น้ำมันตับปลา ผสมในน้ำที่ใช้เลี้ยงอาหารที่มีชีวิต และใช้ไข่แดงดิบ เช่น อิมัลซิไฟเออร์ (ธิดา และมาวิทย์, 2531; นิเวศน์ และคณะ, 2536)

เมื่อปลามี การพัฒนาทางเดินสมบูรณ์ (30 DAH) กระเพาะอาหารมีการหลั่งน้ำย่อยออกมาเพื่อย่อยสลายโปรตีนให้เล็กลง ในระยะนี้ควรมีการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงอาหาร ซึ่งอาจเป็นอาหารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เช่นปลาป่น นมผง เนื้อผง ถั่วลิสงป่น เป็นต้น ซึ่งเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงและหาได้ง่าย ความต้องการสารอาหารในแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไปโดยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ ขนาด และอุณหภูมิเป็นต้น (De Silva and Anderson, 1995) ดังนั้นควรมีการศึกษาความต้องการสารอาหาร ของปลาบู่ทรายเพิ่มเติมเพื่อที่จะนำมาใช้ในการกำหนดสูตรอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางเนื้อเยื่อวิทยา และศึกษาฮีสโตเคมีของระบบย่อยอาหาร ในปลาปกติเปรียบเทียบกับปลาที่ขาดสารอาหาร และควรศึกษาน้ำย่อยชนิดอื่นในระบบทางเดินอาหาร เช่น เปบซิน และไลเปส เป็นต้น เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ของข้อมูลให้มากขึ้น

นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการเจริญของอวัยวะในระบบอื่น เช่น ตา และสมอง ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับการกินอาหารของปลา โดยคาดว่าจะทำให้ความเข้าใจ ในกระบวนการย่อยและดูดซึม ในระบบทางเดินอาหาร ที่ทำงานร่วมกับระบบอื่นๆในร่างกายได้ชัดเจนขึ้น ส่งผลให้การอนุบาลและเพาะเลี้ยงปลาบู่ทรายประสบผลสำเร็จได้ดียิ่งขึ้น