บทที่ 1

บทนำ

ปลากะพงขาว (Lates calcarifer) เป็นปลาที่มีการแพร่กระจายอยู่ตามแหล่งน้ำต่างๆ ทั่วไปในประเทศไทย เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ชายฝั่งทะเลทั้งอ่าวไทย และอันดามัน เป็นปลาเลี้ยงง่ายเพราะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เลี้ยงได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มในธรรมชาติ ปลาชนิดนี้กินอาหารประเภทสัตว์มีชีวิต เช่นลูกกุ้ง ลูกปลาขนาดเล็ก แต่ปรับให้กินอาหารจำพวกเนื้อปลาสดได้ มีการเจริญเติบโตเร็ว ลูกปลาขนาด 100-200 กรัม เติบโตได้ขนาด 1000-1200 กรัมภายในระยะเวลา 10-12 เดือนเท่านั้น คุณภาพของเนื้อและรสชาดเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงมีเกษตรกรสนใจประกอบกิจการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวกันโดยทั่วไป (ไพโรจน์ พรหมานนท์, 2530)

ปลากะพงขาวจัดได้ว่าเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งจากรายงานของกองประมงน้ำกร่อยและสถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา พบว่าปี พ.ศ. 2527 มีการผลิตลูกปลาทั้งในภาคเอกชนและรัฐบาลกว่า 150 ล้านตัว คิดเป็นมูลค่าประมาณ 120 ล้านบาท ในขณะที่ผลผลิตปลากะพงขาวขนาดใหญ่ ซึ่งทำการขายเป็นปลาขนาดนี้วมีมูลค่าประมาณ 85 ล้านบาท ทั้งนี้ยังไม่นับรวมผลิตภัณฑ์ปลากะพงขาวที่ได้รับเป็นผลพลอยได้จากนากุ้ง อีกปีละประมาณ 1-4 ล้านบาท (งานสถิติประมง กรมประมง, 2530) จะเห็นได้ว่ามูลค่าของการขายลูกปลามีค่าสูงมาก ลูกปลากะพงขาวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่แล้วจะถูกนำไปเลี้ยงภายในประเทศและมีปริมาณอีกไม่น้อยที่ส่งขายยังต่างประเทศ เช่น ไต้หวัน, มาเลเซีย, สิงคโปร์ ฯลฯ

ประเทศไทยเป็นประเทศแรกที่ประสบผลสำเร็จในการเพาะพันธุ์ลูกปลากะพงขาว เมื่อปี พ.ศ. 2516 หลังจากนั้นงานวิจัยและพัฒนาทางด้านการเพาะพันธุ์และการเลี้ยงปลากะพงขาวก็ได้รับความสนใจจากทั้งภาครัฐบาลและเอกชนตลอดมาจนปัจจุบัน

การเพาะเลี้ยงลูกปลากะพงขาวโดยเฉพาะช่วงการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อนนั้นเป็นช่วงที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงมากเพราะปัจจัยสำคัญคืออาหาร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปลากะพงขาวจะต้องเป็นอาหารธรรมชาติซึ่งมีชีวิต (living diets) ได้แก่ - โรติเฟอร์ (Branchionus plicatilis), อาร์ทีเมีย (Artemia salina), เคอย (Mesopodopsis spp; Acetes spp.) , กุ้งฝอย (Paleomonid shrimp) เป็นต้น

ตารางที่ 1 ตัวอย่างชนิดและปริมาณอาหารที่ใช้อนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อน ที่ช่วงอายุต่างๆ

อายุ (วัน)	อัตราส่วนร้อยละของอาหารที่ให้					
	Chlorella	Rotifer	Artemia	ไรแดง	กุ้งเคอย	ปลาสับ
3-7	10	90	-	-	-	-
8-15	10	75	15	-	-	-
16-20	-	-	50	50	-	-
21-30	-	-	-	80	-	-
30 วันขึ้นไป	-	-	-	50	25	25
30 วันขึ้นไป	-	-	-	-	-	100

ที่มา : สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ซึ่งอาหารเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการเร่งการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตและอัตราการรอดสูง แต่เนื่องจากการใช้อาหารมีชีวิตจะมีความยุ่งยาก จำเป็นต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์และเทคนิคการเพาะเลี้ยงเฉพาะตัวมาก ดังนั้นจึงมีผู้พยายามอนุบาลลูกปลากะพงขาวด้วยอาหารไม่มีชีวิตหรืออาหารสูตรสำเร็จ (artificial diets) แทน อย่างไรก็ตามลูกปลากะพงขาววัยอ่อน ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารสูตรสำเร็จจะมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดต่ำมากเมื่อเทียบกับอนุบาลด้วยอาหารมีชีวิต ทั้งนี้เชื่อว่าสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งอาจเนื่องจากการขาดเอ็นไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยอาหารสูตรสำเร็จเหล่านั้น การศึกษาสมมุติฐานดังกล่าวน่าจะทำได้โดยการศึกษาชนิดและรูปแบบของการสังเคราะห์เอ็นไซม์ย่อยอาหารในลูกปลาวัยอ่อน โดยเฉพาะระยะเวลาที่เอ็น-ไซม์ย่อยอาหารปรากฏขึ้นหลังจากที่ปลาฟักออกจากไข่ (hatching out) ในระหว่างที่ปลามีการเจริญเติบโตรวมถึงการศึกษาอิทธิพลของชนิดอาหารที่ใช้เลี้ยงต่อลักษณะรูปแบบของการผลิตเอ็นไซม์ในทางเดินอาหารของลูกปลา ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะนำไปสู่การจัดการทางโภชนาการ และการสร้างสูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอันมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อการอนุบาลและการเพาะเลี้ยงลูกปลากะพงขาว ทั้งนี้เพราะอาหารที่มีความเหมาะสมต่อการย่อยและการดูดซึมดี ย่อมจะทำให้สัตว์น้ำที่อนุบาลมีการเจริญเติบโตที่ดีได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพและรูปแบบการเจริญเติบโตของลูกปลากะพงขาวเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารธรรมชาติและอาหารสูตรสำเร็จที่เตรียมขึ้นเอง

2. ศึกษาชนิดของเอ็นไซม์ย่อยอาหารที่พบในทางเดินอาหารของลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแอคติวิตีของเอ็นไซม์ย่อยอาหารในทางเดินอาหารของลูกปลากะพงขาวกับช่วงอายุของการเจริญเติบโต

4. ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะรูปแบบของการผลิตเอ็นไซม์ในทางเดินอาหารของลูก-ปลากะพงขาวในช่วงอายุต่างๆ กัน เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด

ผลการวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะได้ประโยชน์ทั้งในแง่พื้นฐานและในแง่ประยุกต์หลายประการ

ในแง่พื้นฐาน

1. ทราบถึงชนิดของเอ็นไซม์ย่อยอาหารที่สังเคราะห์ได้ในทางเดินอาหารของลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด ซึ่งยังไม่เคยมีผู้ศึกษาและรายงานข้อมูลเหล่านี้มาก่อนเลย

2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างแอคติวิตีของเอ็นไซม์ย่อยอาหารที่พบในทางเดินอาหารต่อชนิดอาหารของลูกปลากะพงขาวในช่วงอายุที่ต่างกัน

ในแง่ประยุกต์

ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างสูตรอาหารสำเร็จที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลากะพงขาวตลอดจนลูกปลาเศรษฐกิจชนิดอื่นที่อยู่ในตระกูลเดียวกันและใกล้เคียงกันนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นับเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนในอนาคต

<u>การสำรวจเอกสาร</u>

1. <u>อาหารสำหรับอนุบาลลูกปลากะพงขาว</u>

เกษตรกรผู้เลี้ยงปลากะพงขาวจะประสบความสำเร็จจำต้องมีความสามารถที่จะเลี้ยงลูกปลาให้มีการเจริญเติบโตเร็วและมีอัตราการรอดตายสูง ซึ่งความเป็นไปได้นี้จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีที่เหมาะสมหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหาร นับเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

ทั้งด้านการผลิต และการอนุบาล อาหารที่มีคุณค่าสูงและต้นทุนการผลิตต่ำย่อมมีผลให้เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงลูกปลาเป็นไปได้มากขึ้นด้วย

Nash (1977) ได้ตั้งข้อสังเกตว่า ลูกปลาน้ำเค็มโดยเฉพาะพวกที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจะมีขนาดเล็กกว่าลูกปลาน้ำจืด ทำให้การผลิตอาหารที่เหมาะสมต่อการกินอาหารของลูกปลายุ่งยากกว่าในลูกปลาน้ำจืด Girnin (1977) ได้เสนอแนะว่าการเพาะเลี้ยงลูกปลาทะเลอย่างน้อยในช่วง 2-3 สัปดาห์แรก จำเป็นต้องใช้อาหารที่มีชีวิต หลังจากที่ปลาฟักออกเป็นตัว อำนวย แท่นทอง และวัฒนา ถาวรนาน (2520) ทดลองนำไข่แดงต้มบดละเอียดเลี้ยงลูกปลาตะเพียนขาว Puntius gonionotus (Bleeker) อายุ 2-6 วัน ปรากฏว่าให้ผลดี ถนอม พิมลจินดา (2524) รายงานว่าโรติเฟอร์จัดเป็นแพลงค์ตอนสัตว์ (Zooplankton) ที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลา (chlorella) จะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยอาหารจำพวกยิสต์ขนมปังหรือยีสต์ทะเล บังอร ศรีมุกดา (2526) ทดลองอนุบาลลูกปลากะพงขาวด้วยโรติเฟอร์ ไข่แดงต้มบดระเอียด และข้าวเกษตรเป็นอาหาร ผลปรากฏว่าอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์ที่ดีที่สุด (53-87 %) ส่วนลูกปลาที่เลี้ยงด้วยข้าวเกษตรมีอัตราการรอดต่ำสุด (14-90 %) รวมทั้งอัตราการเจริญเติบโตก็ช้าที่สุดด้วย ส่วนลูกปลาที่เลี้ยงด้วยไข่แดงต้มบดละเอียด มีอัตราการเจริญเติบโตดีรองจากโรติเฟอร์ และมีอัตราการรอดตายรองลงมาเช่นกัน (59 %) ธิดา เพชรมณี (2528) รายงานว่าในลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์มีชีวิตมีอัตราการรอดและโตเร็วกว่าลูกปลาที่เลี้ยงด้วยโรติเฟอร์แช่แข็ง และไข่แดงต้ม Watanabe (1979) ให้ข้อคิดเห็นว่าการที่ไข่แดง ขาดความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการรอดของลูกปลาน้ำเค็ม อาจเนื่องจากขาดปัจจัยการเจริญเติบโต (growth factor) บางตัวที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของลูกปลาน้ำเค็ม เช่น กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งพบว่าสารอาหารพวกนี้มีมากในโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยแพลงค์ตอนพืชน้ำเค็ม บรรพต เรืองรักษ์ลิขิต (2523) ตั้งข้อสังเกตว่าโรติเฟอร์แช่แข็งเมื่อทำให้คืนสภาพจะมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของสารจำพวกโปรตีนที่ละลายน้ำ สารประกอบไนโตรเจน วิตามินและเกลือแร่ มีผลทำให้ปลาได้รับคุณค่าทางอาหารน้อย ขวัญฤทัย ถนอมเกียรติ และคณะ (2528) ทดลองอนุบาลลูกปลากะพงขาวโดยใช้เนื้อปลาและเนื้อปลาผสมสารอาหารชนิดอื่นๆ พบว่าการเลี้ยงลูกปลากะพงขาวด้วยเนื้อปลาอย่างเดียว จะทำให้ลูกปลากะพงขาวมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดต่ำกว่าพวกที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาที่เติมวิตามินและกรดอะมิโนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและตายภายหลังเลี้ยงไปแล้ว 1 เดือน นอกจากนี้ยังพบว่าลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาผสมวิตามินรวม (ขาดวิตามินซี) จะเริ่มแสดงอาการผิดปกติและตายภายหลังจากให้อาหารนาน 2 เดือน ในขณะที่ลูกปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาผสมวิตามินรวม 3 % จะไม่แสดงอาการผิดปกติ นอกจากนี้ ธิดา เพชรมณี และคณะ (2528) ได้ทำการทดลองและให้ข้อสังเกตว่าวิธีการให้อาหารลูกปลาน่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของลูกปลาด้วย

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของโรติเฟอร์ (Branchionus plicatilus) (Watanabe, T., et al., 1978)

ส่วนประกอบ	ปริมาณเป็นเปอร์เซนต์
ความชื้น (moisture)	87.6
โปรตีน	7.8
ไขมัน	3.8
คาร์โบไฮเดรต	0.3
เถ้า	0.5

ตารางที่ 3 คุณค่าทางอาหารของอาร์ทีเมีย (Artemia salina) (อนันต์ ตันสุตะพานิช, 2519)

ระยะการเจริญ	ปริมาณเป็นเปอร์เซนต์	
	โปรตีน	ไขมัน
ไข่อาร์ทีเมีย	52.31	26.60
อาร์ทีเมียออกจากไข่ใหม่ ๆ	50.00	20.00
ตัวอ่อนอาร์ทีเมียอายุ 2 ชั่วโมง	50.21	15.92
ตัวอ่อนอาร์ทีเมียอายุ 1 วัน	59.72	7.00
ตัวแก่อาร์ทีเมียอายุ 10 วัน	62.78	61.51

ตารางที่ 4 คุณค่าทางอาหารของกุ้งฝอย, เคอย (สกนธ์ แสงประดับ, 2526)

กุ้งฝอย, เคอยตาดำ	ปริมาณเป็นเปอร์เซนต์
ความชื้น	90.01
โปรตีน	6.54
ไขมัน	0.63
เถ้า	2.77
แคลเซียม	0.502
ฟอสฟอรัส	0.052

ตารางที่ 5 คุณค่าทางอาหารของปลาช้างเหลือง (สกนธ์ แสงประดับ, 2526)

ชนิดของเนื้อเยื่อ	ปริมาณเป็นเปอร์เซนต์					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
ปลาช้างเหลืองทั้งตัว	70.96	19.61	4.31	5.12	1.22	0.405
ปลาช้างเหลืองเฉพาะเนื้อ	73.08	21.68	3.56	1.68	0.396	0.048

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 แสดงกรดอะมิโนในอาร์ทีเมียระยะนอร์เพลียสจากแหล่งต่างๆ ของโลก
(กรัม กรดอะมิโน/ 100 กรัม โปรตีน)

กรดอะมิโน	ออสเตรีเลีย	บราซิล	อ่าวซานบาโล	อูทาห์	อิตาลี
กรดแอสบาร์ติค	10.8	11.0	14.1	11.3	11.2
ทรีโอนีน	5.5	5.2	6.0	4.8	5.5
เซรีน	5.9	4.5	7.7	5.4	5.1
กรดกลูตามิค	16.3	13.1	10.2	13.5	14.5
โปรลีน	5.4	5.7	4.9	5.9	5.9
ไกลซีน	5.7	6.0	7.4	6.0	7.2
อลานีน	5.4	4.6	4.2	4.9	4.9
วาลีน	5.4	5.3	5.5	5.2	3.1
เมธทิโอนีน	2.8	2.2	2.6	3.7	3.7
ไอโซลิวซีน	4.9	5.6	5.4	6.8	6.4
ลิวซีน	7.9	8.9	8.4	10.0	10.1
ไทโรซีน	7.3	10.5	7.7	6.6	5.4
เฟนิลอลานีน	7.7	5.1	10.4	8.5	8.5
ฮิสติดีน	3.8	4.9	3.5	2.7	3.8
ไลซีน	10.6	11.7	8.7	9.3	10.7
อาร์จินีน	10.9	11.5	9.8	9.7	9.8

ตารางที่ 7 ปริมาณองค์ประกอบของกรดไขมันในอาร์ทีเมียที่เริ่มฟักออกเป็นตัว

กรดไขมัน	ออสเตรเลีย	บราซิล	ซานฟรานฯ	ซานฟรานฯ	เซนปาโล	อตารี	อูทาห์
14:0	1.34	1.57	0.99	1.57	0.43	1.53	0.93
14:1	2.23	0.81	1.27	0.74	2.26	3.30	1.45
15:0	0.34	0.67	0.16	0.58	0.25	0.11	0.11
15:1	0.15	0.24	0.20	0.13	0.46	0.54	0.37
16:0	13.45	15.42	10.33	12.13	7.79	15.23	11.78
16:1	9.97	10.79	13.27	19.57	5.24	10.38	5.64
16:2w7	1	1	1	1	1.51	2.94	1
16:3w4/17:1w8	3.87	3.88	2.09	2.32	2.44	3.28	2.90
18:0	3.07	2.79	6.83	2.90	3.08	3.17	4.07
18:1w9	28.23	35.86	26.97	31.20	29.15	29.05	28.58
18:2w6	5.78	9.59	9.35	3.69	4.60	6.79	4.60
18:3w3	14.77	4.87	17.33	5.16	33.59	6.35	31.46
18:4w3	4.37	0.96	3.26	1.28	4.88	1.01	3.10
20:1w9	0.37	0.52	0.41	0.35	0.35	0.42	0.37
20:2w6/w9	0.12	0.06	0.06	1	0.24	0.20	0.09
20:3w6	0.79	2.76	1.01	2.23	0.05	1.47	0.48
20:3w3/20:4w6	...1	...1	1.48	2.69	1.48	1	1
20:5w3	10.50	8.98	4.06	12.44	1.68	13.63	3.55
22:6w3	0.26	0.06	1	1	1	1	1

1 ไม่พบกรดไขมัน

2. การย่อยและการดูดซึมอาหารของปลา (Digestion and Absorbtion)

ระบบการย่อยอาหารของปลาจะเริ่มพัฒนาขึ้น เมื่อถุงไข่ (Yolk sac) ของลูกปลาวัยอ่อนค่อยๆ ยุบหายไปอวัยวะและระบบการย่อยอาหารจะเจริญสมบูรณ์มากขึ้นพร้อมๆ กับการสร้างเอ็นไซม์ เพื่อย่อยอาหารโดยจะสังเกตพบการทำงานของเอ็นไซม์ (enzyme activity) เพิ่มขึ้นเมื่อปลาเริ่มกินอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยอาหารของปลาได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ อุณหภูมิ, ชนิดของอาหาร, ขนาด, อายุและชนิดของปลานอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพของอาหารก่อนปลากิน ความบ่อยครั้งในการให้อาหาร (ประเสริฐ สีตะสิทธิ และคณะ, 2526)

จากการศึกษาข้อมูลของการเปลี่ยนรูป (differentiate) เนื้อเยื่อในระบบทางเดินอาหารของปลา แสดงให้เห็นว่าสภาวะในการที่ปลาจะย่อยอาหารได้ดีหรือไม่นั้นจะเกิดควบคู่ไปกับความสามารถในการพัฒนาระบบทางเดินอาหารของปลาชนิดนั้นๆ ด้วยเช่นกัน (Marh, และคณะ , 1983, (1983)) พบว่ากระเพาะอาหารของปลา Coregonus sp. จะเริ่มมีรูปร่างเปลี่ยนไปเมื่อปลามีอายุได้ 23 วัน หลังจากฟักออกเป็นตัว ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซียลเซียส หลังจากปลามีอายุได้ 50 วัน พี.เอช. ในกระเพาะจะลดลงจนใกล้ความเป็นกลาง (neutral) ช่วงนี้รูปร่างของกระเพาะอาหารยังมีการพัฒนาที่ไม่สมบูรณ์เต็มที่ ในขณะที่ พี.เอช. ของกระเพาะอาหารจะเริ่มเข้าสู่สภาพความเป็นกรด เมื่อปลามีอายุระหว่าง 97-159 วัน ซึ่งปลามีการย่อยอาหารได้ดีขึ้น สำหรับในลูกปลากะพงขาวนั้น ชลอ ลิ้มสุวรรณ และคณะ (2528) มีการศึกษาช่วงการพัฒนาของอวัยวะย่อยอาหารไว้อย่างละเอียดพบว่า เมื่อปลามีอายุ 2 วัน ถุงสะสมอาหารเริ่มยุบตัวและพบตับ, ลำไส้ ท่อทางเดินอาหาร ซึ่งมีลักษณะตรงและสั้นรวมทั้งพบตับอ่อนเป็นกลุ่มๆ เมื่อลูกปลามีอายุได้ 5-6 วัน ถุงสะสมอาหารยุบหมดตอนนี้เริ่มมีการเจริญของถุงลม ปลาอายุ 15 วัน กระเพาะอาหารเริ่มมีการเจริญ ส่วนอวัยวะต่างๆ ในระบบย่อยอาหารและอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบนี้จะเจริญเหมือนโตเต็มวัยเมื่อลูกปลามีอายุ 23 วันขึ้นไป

นอกจากปัจจัยทั้ง 2 ชนิดคือ การพัฒนาทางเนื้อเยื่อของทางเดินอาหารและส่วนของทางเดินอาหารแล้ว องค์ประกอบของอาหารยังมีผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยอาหารของปลาด้วย โดยทั่วไปแล้วปลาจะย่อยเนื้อสัตว์ได้ดีกว่าพืช การทำงานของเอ็นไซม์ในระบบการย่อยอาหารจะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยภายนอกหลายประการเช่น อัตราการเคลื่อนที่ของอาหารผ่านลำไส้ (gut passage) ความเปียกและแห้งของอาหาร ลักษณะของอาหารก็มีผลต่อการย่อยอาหารของปลาได้ทั้งสิ้น ปลาส่วนใหญ่จะย่อยอาหารได้ดีเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงประมาณ 18-23 องศาเซลเซียส ประมาณ 50 % ของอาหารในกระเพาะจะถูกย่อยภายในเวลา 5 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 75 % เมื่ออาหารอยู่ในกระเพาะนาน 12 ชั่วโมง หลังจาก 21 ชั่วโมง แล้วอาหารส่วนใหญ่จะถูกย่อยจนเกือบหมดในปลาเฉาเป็นปลาที่มีอัตราการเคลื่อนผ่านของอาหารในลำไส้ที่เร็วมาก ถือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อาหารจะเคลื่อนผ่านหมดภายใน 8 ชั่วโมง หรือน้อยกว่าและสามารถดูดซึมได้ 50 % และมีกากเหลืออีก 50% (ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ 2526)

3. เอ็นไซม์ย่อยอาหารในปลา (Digestive enzymes)

ปลาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง ซึ่งมีเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน ฯลฯ อยู่เกือบครบทุกประเภท อย่างไรก็ตามพบว่าปลามักจะมีวิวัฒนาการของอวัยวะในการย่อยอาหารเพื่อช่วยในการทำงานของเอ็นไซม์ด้วย ตัวอย่างเช่น ปลาที่กินพืชโดยปกติแล้วพืชจะถูกย่อยสลายได้ช้ากว่าเนื้อเยื่อสัตว์ในปลากินพืชจึงมีการปรับตัวด้วยการพัฒนาให้มีลำไส้ยาวเป็นการยืดเวลาของอาหารที่จะผ่านลำไส้ (gut passage time) ทั้งนี้เพื่อเพิ่มเวลาของการสัมผัสระหว่างอาหารกับเอ็นไซม์ให้นานขึ้น นอกจากนี้น้ำย่อยจะมี พี.เอช. เป็นด่าง (alkaline) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยอีกด้วย ในปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหารเช่น ปลาตะเพียน Puntius filamentosus เนื้อเยื่อพืชจะถูกบดโดยการทำงานของฟันที่อยู่บริเวณคอหอย - (pharyngeal teeth) เสียก่อนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพรวมของการย่อยให้สูงขึ้น มีรายงานว่าช่วงเวลาที่อาหารผ่านทางเดินอาหารในปลาสกุล oniloticus โตเต็มวัยจะยาวนานกว่าลูกปลาวัยอ่อนระยะ fry ถึง 5 เท่า (Hofer, 1974) Kawai และ Ikeda (1973) เสนอแนะว่าลูกปลาวัยอ่อน (larvae) และวัยรุ่น (juvenile) จะมีความสามารถในการย่อยอาหารแตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของเอ็นไซม์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน Hofer (1984 a, b,) พบว่าลำไส้เมื่อเทียบกับลำตัวของลูกปลาวัยอ่อน เช่น ปลาโรช ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ (carnivorous) จะมีขนาดสั้นกว่าเมื่อปลาโตเต็มที่แล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าแอคติวิตีของเอ็นไซม์โปรติเอสในปลาโรช ขนาดโตเต็มที่สูงกว่าในลูกปลาวัยอ่อนถึง 3 เท่า การที่มีลำไส้สั้นหรือยาวน่าจะมีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพของเอ็นไซม์ในการย่อยโปรตีนของปลาด้วย

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความเข้มข้นของเอ็นไซม์ย่อยอาหารน่าจะแปรเปลี่ยนตามความถี่ของการให้อาหารต่อวัน (Onishi และคณะ , 1976) และอิทธิพลของชนิดอาหารที่ปลากิน (Hofer, 1983; Ikeda, 1972)

เอ็นไซม์ที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั้งในปลาและสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยทั่วไปได้แก่ โปรติเอส (protease), อมายเลส (amylase), ทริปซิน (Trypsin), ไคติเนส (chitinase) เป็นต้น

3.1 เอ็นไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme)

เป็นที่ยอมรับว่าเอ็นไซม์โปรติเอสเป็นเอ็นไซม์ย่อยอาหารที่สำคัญที่สุดไม่เพียงแต่ในปลากินสัตว์ (carnivorous) เท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) รวมทั้งปลากินเฉพาะพืชอย่างเดียว (herbivorous) อีกด้วย ซึ่งการทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอสในกระเพาะอาหารจำเป็นต้องอาศัยกรดไฮโดรคลอริคเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญ ในปลาพบว่ามีเป็ปซิน

อยู่หลายชนิด ซึ่งอาจจำแนกได้โดยอาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติในการย่อยโปรตีนซึ่งเป็นสับเสตรท เช่น ไฟบริน (fibrin) , เจลาติน (gelatin) และ เคซีน (casein) เป็นต้น นอกจากนี้ยังต่างกันด้วยคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกริยาเหล่านี้เป็นต้น

เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนในปลาโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ เป็ปซิน (pepsin) เป็นเอ็นไซม์ชนิดอะมิโนเป็ปติเดส (aminopeptidase) สร้างมาจากผนังกระเพาะ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าต่อมที่ผนังลำไส้ของปลาบางชนิดยังสามารถผลิตเอ็นไซม์ทริปซินซึ่งอาจเป็นชนิด อะมิโนเป็ปติเดส ไดเป็ปติเดส, ไตรเป็ปติเดสได้เช่นกัน

อาหารโปรตีนที่ถูกกินเข้าไป ในปลาส่วนใหญ่จะถูกย่อยในลำไส้เล็กด้วยเอ็นไซม์ทริปซิน (trypsin) และหรือไคโมทริปซิน (chymotrypsin) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ชนิดเอ็นโดเป็ปติเดส (endopeptidase) เอ็นไซม์กลุ่มทริปซินนี้สร้างโดยตับอ่อนในรูปของไซโมเจน (zymogen) ซึ่งยังเป็นเอ็นไซม์เฉื่อย (innert) เมื่อหลั่งเข้าสู่ลำไส้จะถูกกระตุ้นด้วยเอ็นไซม์เอ็นเทอโรไคเนส (enterokinase) ให้มีสภาพว่องไวต่อปฏิกริยา การหลั่งของเอ็นไซม์กลุ่มทริปซินจะถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนซีครีติน (secretin) หรือโคลีซิสโตไคนิน (cholecystokinin) ขึ้นกับชนิดของปลา

Kawai และ Ikeda (1972; 1973) ศึกษากระบวนการย่อยโปรตีนในปลาเทราท์ (trout) พบว่าระดับของเป็ปซินในกระเพาะอาหารของปลาจะไม่แตกต่างกันตามระยะการเจริญของปลาไม่ว่าจะอยู่ในช่วงวัยรุ่น (juvenile) วัยหนุ่ม (young) หรือระยะโตเต็มที่ (adult) ก็ตามทริปซินจะมีความสำคัญต่อการย่อยโปรตีนมากกว่าเป็ปซิน จากการติดตามวัดความสามารถในการย่อยโปรตีน ตลอดช่วงทางเดินอาหารของปลา Scyllorinus erytropthalmus Hofer (1979) พบว่าแอคติวิตีของการย่อยโปรตีนสูงสุดอยู่ในส่วนของของเหลวในลำไส้ (intestinal fluid) บริเวณส่วนต้นของลำไส้พบแอคติวิตีของเอ็นไซม์สูงกว่าในส่วนลำไส้ส่วนท้ายและทวารหนัก Hofer (1981) รายงานว่าแอคติวิตีของทริปซินที่บริเวณครึ่งหนึ่งของทางเดินอาหารของปลาสร้อยวัยอ่อน (cyprinid) จะมีค่าสูงถึง 46 % ของแอคติวิตีในการย่อยโปรตีนของเอ็นไซม์ในทางเดินอาหารทั้งหมด ในขณะที่ปลาโตเต็มที่จะเหลือแอคติวิตีของทริปซินเพียง 12 % ของแอคติวิตีทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าเมื่อปลาโตขึ้นแอคติวิตีของเป็ปซินจะมีความสำคัญสำคัญมากขึ้นในบริเวณที่ใช้เป็นกระเพาะอาหาร จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแอคติวิติของเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนต่อระยะต่างๆ ของการพัฒนาระบบย่อยอาหารรวมถึงทางเดินอาหารของปลาจำพวก coregonus sp. R. rutilus, Salmo gairdneri (Hofer, 1984) พบว่าระดับการทำงานของเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามอายุในปลา R. rutilus ที่โตเต็มที่จะมีแอคติวิตีของเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนสูงกว่าลูกปลาวัยอ่อนเกือบ 3 เท่า ใน Salmo gairdneri ที่มีอายุมากขึ้น การทำงานของทริปซินจากตับอ่อนจะลดลงในขณะที่การทำงานของเปปซินในกระเพาะอาหารจะสูงขึ้น Rungraungsak และ Utne (1981) รายงานว่าการทำงานของเอ็นไซม์

ย่อยโปรตีนในส่วนที่เป็นไส้ติ่ง (pyloric caeca) จะมีค่าสูงและแอคติวิตีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของปลาเทราท์ Clark และคณะ (1986) วัดแอคติวิตีของทริปซินในปลา Doversole (Solea solea) แล้วรายงานว่าความสามารถในการย่อยโปรตีนของทริปซินในปลาชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นตามอายุและการเจริญเติบโต Torrisen และคณะ (1984 a); Torrissen และ Ole (1985) ศึกษาแอคติวิตีของโปรติเอสในทางเดินอาหารของปลาแซลมอน พบว่าการทำงานของเอ็นไซม์จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ตามช่วงเวลาของการเจริญพันธุ์ (maturation process) ในช่วงแรกของการเจริญพันธุ์ (early maturation) จะพบแอคติวิตีของโปรติเอสสูงขึ้นมาก หลังจากนั้นจะลดลงเมื่อระยะการเจริญพันธุ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะการเจริญพันธุ์เต็มที่ (fully maturation) การทำงานของเอ็นไซม์ไม่ขึ้นกับขนาดของปลา ยิ่งกว่านั้นนักวิจัยกลุ่มเดียวกันนี้ยังรายงานว่าปลาเพศเมียในระยะเจริญพันธุ์ (maturing female) จะมีแอคติวิตีของโปรติเอสสูงกว่าในปลาเพศผู้ระยะเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าเพศมีผลกระทบต่อการทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอสด้วย

Kawai และ Ikeda (1972) รายงานว่าแอคติวิตีของโปรติเอสในทางเดินอาหารและการเจริญเติบโตของปลาคาร์พ ที่วัดได้จะแปรผันเป็นอัตราส่วนกลับกันกับอัตราส่วนของปริมาณเนื้อปลาต่อมันฝรั่งที่ใช้เลี้ยง กล่าวอีกนัยหนึ่งคือถ้าให้อาหารที่มีโปรตีนน้อยการทำงานของโปรติเอสจะต่ำพร้อมกับการเจริญเติบโตก็ช้าด้วย Hofer (1982) รายงานว่าปลา R. rutilus ทั้งวัยรุ่นและโตเต็มที่แล้ว เมื่อให้กินอาหารจำพวกพืช คือ หญ้าจะผลิตเอ็นไซม์โปรติเอสในทางเดินอาหารสูงกว่าเมื่อให้ปลากินอาหารจำพวกสัตว์ คือ สูงกว่าเมื่อให้กินตัวหนอนถึง 10 เท่า นอกจากนี้ Hofer และ Scheimer (1981) ยังพบว่าปลากินพืชส่วนใหญ่ เช่น ปลาคาร์พ ปลานิล (Tilapia) จะกินอาหารมากและใช้เวลาในการกินอาหารนานกว่าอีกทั้งยังมีทางเดินอาหารยาวกว่าปลากินสัตว์ด้วย

Hofer (1979 b) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับของเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนในของเหลวที่ได้จากลำไส้ (intestinal fluid) ของปลา R. rutilus และ Scardinius erythropthalmus ต่ออิทธิพลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก พบว่าแอคติวิตีของเอ็นไซม์ย่อยโปรตีนทั้ง 2 ชนิด คือ ทริปซินและเป็ปซินจะแปรผันตามอุณหภูมิ ชนิดของอาหาร ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศตามฤดูกาลด้วย

Torrisen (1984 b) ได้ศึกษาการทำงานและคุณสมบัติของโปรติเอสในทางเดินอาหารของปลาแอตแลนติคแซลมอนและปลาเร็นโบว์เทราท์พบว่าคุณสมบัติของเอ็นไซม์ที่แยกได้จากอวัยวะชนิดเดียวกันของปลาทั้ง 2 ชนิด จะคล้ายคลึงกัน แต่เอ็นไซม์ในปลาแต่ละชนิดที่แยกจากอวัยวะต่างชนิดกันจะแตกต่างกันออกไปบ้าง เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอ็นไซม์ในกระเพาะอาหารจะอยู่ในช่วง 35-37 องศาเซลเซียส ในขณะที่เอ็นไซม์จากลำไส้เล็ก มีค่าสูงกว่าประมาณ 52 องศาเซลเซียส

Hofer (1984) ได้ทำการศึกษารูปแบบของการสังเคราะห์เอ็นไซม์โปรติเอสชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิคของโพลีอะไครละไมด์ เจลอีเลคโตรฟลอริซิสของเอ็นไซม์ที่เป็นองค์ประกอบในของเหลวที่ได้จากทางเดินอาหารของปลาแซลมอน พบว่าจะมีรูปแบบของการสังเคราะห์ชนิดของโปรติเอสคงที่ไม่ขึ้นกับอายุคือพบไอโซไซม์ 5 ชนิด ในส่วนกระเพาะอาหารและ 3 ชนิดในส่วนไส้ติ่ง ในขณะที่รูปแบบของการสังเคราะห์เอ็นไซม์ในปลาพวกไม่มีกระเพาะอาหาร เช่น ปลานิล ปลาโรช ก็จะคงที่ตลอดช่วงอายุการเจริญ แต่ในปลาที่มีการพัฒนากระเพาะอาหารช้า เช่น พวก R. rutilus จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือชนิดของเอ็นไซม์โปรติเอสควบคู่ไปกับการพัฒนาของกระเพาะอาหารที่เกิดขึ้นภายหลังด้วย

3.2 เอ็นไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต

สารประกอบคาร์โบไฮเดรต จำพวกแป้งซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่จำเป็นต้องถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์อมายแลสและมอลเตสจนได้น้ำตาลพวกกลูโคลเสียก่อนแล้วจึงผ่านผนังลำไส้ได้ ปลากินพืชจะมีน้ำย่อยพวกนี้มากกว่าปลากินเนื้อ ในปลานิล ตับอ่อนและลำไส้เล็กตอนบน (duodenum) เป็นแหล่งสร้างเอ็นไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดตร แต่ในปลากินเนื้อเช่น ปลาเทราท์ ปลากะพง ตับอ่อนเป็นแหล่งสร้างน้ำย่อยนี้เพียงแห่งเดียว จึงผลิตได้น้อยกว่าพวกปลากินพืชดังกล่าว (ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ (2526)

โดยทั่วไปแล้วปลาจะมีประสิทธิภาพในการใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารได้ต่ำเมื่อเทียบกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น ยิ่งจำพวกปลากินสัตว์ด้วยแล้วความสามารถในการใช้แป้งจากธรรมชาติจะยิ่งน้อยลงไปอีก (22-50 %) อย่างไรก็ตามในปลาบางชนิดพบว่าความสามารถในการย่อยแป้งจะสูงขึ้นหากมีการทำลายสารยับยั้งอมายเลส (amylase inhibitor) โดยการต้มคาร์โบไฮเดรตที่ใช้เป็นอาหารเสียก่อน โดยวิธีนี้บางครั้งพบว่าความสามารถในการย่อยแป้งจะสูงเพิ่มขึ้นได้ถึง 90 % (Smith, 1971)

เอ็นไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรต มีหลายชนิดด้วยกันเช่น อมายเลส, มอลเตส, ไคติเนส เป็นต้น

3.2.1 เอ็นไซม์อมายเลส (Amylase)

อมายเลสเป็นเอ็นไซม์ที่พบในสัตว์มีกระดูกสังหลังทั่วไป ทำหน้าที่ย่อยแป้ง (starch) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นอมายโลส (amylose) และอมิโลเพคติน (amylopectin) ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) และมอลโตส (maltose) โดยอมายโลสจะถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์แอลฟาอมายเลส α-amylase ตรงพันธะ β (1-4) ได้เป็นน้ำตาลมอลโตสเดกซ์ตินและบางส่วนของกลูโคส ในสัตว์มีกระดูกสันหลังจะพบเอ็นไซม์แอลฟาอมายเลสได้ในน้ำลายและ

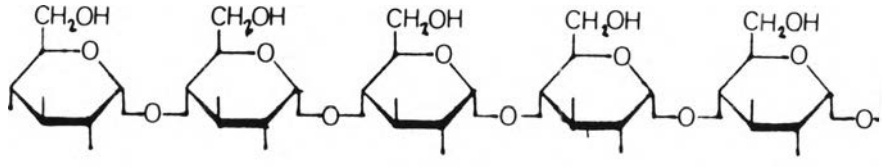
น้ำย่อยจากตับอ่อน (pancrease) ส่วนแป้งที่อยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้จะถูกย่อยโดยเอ็นไซม์เบต้าอมายเลส (β -amylase) ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลมอลโตสรวมทั้งเดกซ์ตินเช่นกัน

มอลโตสเป็นไดแซคคาไรด์ (disaccharide) ประกอบด้วยกลูโคสโมเลกุลต่อกันอยู่ด้วยพันธะ α(1,4) และ β (1,6) ตามปกติ ไม่พบน้ำตาลมอลโตสในธรรมชาติ แต่จะพบเป็นสารตัวกลางซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยแป้งหรือไกลโคเจน (glycogen) ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์สะสม (storage-polysaccharide) อยู่ในร่างกายของสัตว์

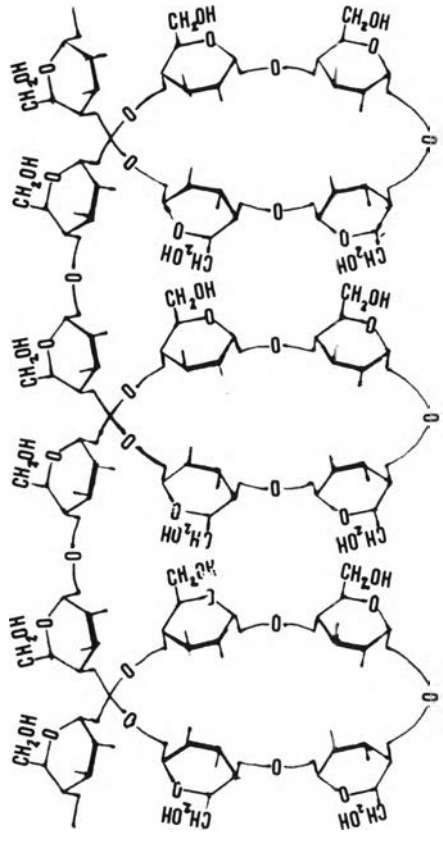
Kawai และ Ikeda (1972) ทำการศึกษาแอคติวิตีของเอ็นไซม์ย่อยแป้งในปลาคาร์พที่กินอาหารซึ่งมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน แล้วติดตามวัดแอคติวิตีของอมายเลสและมอลเตสในช่วงอายุต่างๆ พบว่าการทำงานของอมายเลสในช่วงแรกนี้แอคติวิติของอมายเลสและมอลเตสจะแปรผันตามสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร แต่ถ้ายืดเวลาของการเลี้ยงออกไปถึง 43 วัน จะพบว่าการเพิ่มแอคติวิตีในช่วงแรกจะแปรผันตามสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตหลังจากนั้นระดับเอ็นไซม์จะมีค่าคงที่ นอกจากนี้พบต่อไปอีกว่าปลาที่กินอาหารโดยมีชนิดของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน เช่น แป้ง (starch) แลคโตส (lactose) ซูโครส (sucrose) และมอลโตส (maltose) ในระยะเวลาสั้นๆ (10 วัน) จะมีการทำงานของอมายเลสแตกต่างกันไปโดยปลาที่กินแป้งและแลคโตสจะมีการทำงานของอมายเลสสูงกว่าปลาที่กินซูโครสและมอลโตส

Kawai และ Ikeda (1973) ได้ติดตามวัดแอคติวิตีของเอ็นไซม์อมายเลสในปลาเร็นโบว์เทราท์วัยอ่อน รายงานว่าจะตรวจพบแอคติวิตีของเอ็นไซม์อย่างชัดเจนได้ต่อเมื่อปลามีอายุอย่างน้อยได้ 20 วัน หลังจากจากที่ฟักออกเป็นตัวแล้วและแอคติวิตีของเอ็นไซม์ที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากลูกปลาวัยรุ่น นับเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของปลาตระกูล Salmonidae ซึ่งเป็นปลาจำพวกกินสัตว์

Kawai และ Ikeda (1973 b) ศึกษาการพัฒนาของเอ็นไซม์ย่อยคาร์โบไฮเดรตในทางเดินอาหารของปลาคาร์พ พบว่าระยะ 7-10 วัน หลังจากที่ปลาฟักออกเป็นตัว ระดับของเอ็นไซม์อมายเลสและมอลเตสเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของปลาในขณะที่ปลา Black Sea Bream (Acanthopagrus schlegelli) จะเริ่มวัดแอคติวิตีของเอ็นไซม์ได้หลังจากฟักจากไข่ 11 วัน Turpjeve (1954) พบว่าปลาโรชที่กินสัตว์เป็นอาหารนาน 12 วัน จะมีการทำงานของอมายเลส ลดลงถึง 30 % Hofer (1978) ได้ทำการศึกษาการทำงานของเอ็นไซม์อมายเลสของปลาโรชที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบพบว่าระดับของเอ็นไซม์จะมีการแปรผันอย่างมีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับจำนวนของสัตว์ที่ปลากินเข้าไปเช่นกัน Hofer (1979 a) รายงานว่าอุณหภูมิไม่มีผลกระทบต่อการผลิตเอ็นไซม์อมายเลสแต่แอคติวิตีของเอ็นไซม์จะถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลในแต่ละปี (endogenous annual cycle) นอกจากนี้ยังพบว่าการทำงานของเอ็นไซม์อมายเลสใน



Amylose



รูปที่ 1 D-glucosyl-1,4-D glucose

ปลากลุ่มที่กินสัตว์เป็นอาหารสูงกว่าปลากลุ่มที่กินซากอินทรีย์ (detritus) เป็นอาหาร (Hofer, 1982) และการทำงานของอมายเลสดูเหมือนว่าแทบจะไม่ขึ้นกับชนิดของอาหารเลย อย่างไรก็ตาม พบว่าแอคติวิตีที่วัดได้ในปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์กับปลาที่กินเฉพาะพืชอย่างเดียว จะมีการทำงานของอมายเลสสูงกว่าปลาพวกกินสัตว์อย่างเดียว (Hofer 1982 b)

3.2.2 ไคติเนส (Chitinase)

ไคติเนสหรือไคโตเดกซตริเนส (chitodextrinase) เป็นเอ็นไซม์ย่อยไคติน ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์จำพวกคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ไคตินเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ เกิดจากโพ-ลิเมอร์ของ α-N-acetyl-D-glucosamine ซึ่งเป็นโครงสร้างสำคัญของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด เช่น เปลือกนอกของแมลงและครัสตาเซียน เพอริซาร์ค (perisarc) ของพวกซีเลนเทอร์เลท (Caelenterates) แอนเนลิด เปลือกหอย ไมซีเลียมของเชื้อรา ไดอะตอมและรวมถึงจุลชีน อีกหลายชนิดด้วย ผลของการย่อยสลายโพลีอะเซททิลกลูโคซามีนคือ หน่วยย่อยของอะเซททิลกลูโคซามีนอิสระ ซึ่งถูกดูดซึมผ่านลำไส้ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตและการมีชีวิตได้ โดยทั่วไปกระบวนการย่อยสลายไคตินมักประกอบด้วยเอ็นไซม์เชิงซ้อน ซึ่งมีเอ็นไซม์จำพวก hydrolase 2 ชนิด ที่ทำงานต่อเนื่องกันคือ

ก. เอ็นไซม์ไคติเนส (Chitinase Poly- β -1,4 (2-acetamido-2-deoxy-D-glucosamine glyconohydrolase : EN 3.2.1.14) ทำหน้าที่ย่อยโพลีเมอร์ได้ผลิตภัณฑ์ของ N-acetyl-D-glucosamine รวมถึงพวก tetramers และ trimers ด้วย

ข. เอ็นไซม์ไคโตไบเอส (Chitobiose acetamido-deoxy glucohydrolase: EN 3.2.1.29) ทำหน้าที่ย่อยสารพวกไคโตไบโอส (chitobiose) และ ไคโตไตรโอส (chitotriose)

แหล่งที่ตรวจพบไคติเนส

ก. จุลินทรีย์

มีแบคทีเรียหลายชนิดที่สามารถผลิตเอ็นไซม์ไคติเนสได้ เช่น Chromobacterium, Klebsiella, Psudomonas, Clostridium, Vibrio, Streptomyces นอกจากนี้ยังตรวจพบเอ็นไซม์ไคติเนสในเชื้อราและเห็ดอีกด้วย ไคติเนสอาจเกิดขึ้นได้ในลักษณะ Constitutive enzyme ซึ่งไม่ถูกเหนี่ยวนำโดยสับเสตรท แต่ในบางกรณีก็พบเอ็นไซม์ถูกสังเคราะห์แบบเหนี่ยวนำ (induce) ได้ (Jeuniaux, 1982) เช่นกัน

ข. สัตว์

ไคติเนสสามารถพบได้ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายจำพวก เช่น โปโตซัว, ซีเลนเทอร์เลท, หนอนตัวกลม (nematodes) ไส้เดือนทะเล (polychates), ไส้เดือนดิน (Oligochates) หอย (molus) และสัตว์จำพวกแมลง (artropods) ฯลฯ

015254

ในสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด เช่น ปลากินแมลง สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลื้อยคลาน นกกินแมลง ตลอดจนสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิด ซึ่งจะมีผนังกระเพาะอาหารทำหน้าที่ผลิตและหลั่งเอ็นไซม์ไคติเนสได้ Jeuniaux, 1966 อ้างถึง Roger 1958; Jeuniaux 1961; 1963 รายงานว่าปลาหลั่งไคติเนสจากผนังกระเพาะอาหาร ซึ่งไคติเนสที่หลั่งนี้จะเข้าสู่กระเพาะอาหารของปลาโดยตรง อย่างไรก็ตามบางครั้งพบว่าแอคติวิตีของเอ็นไซม์จะถูกเหนี่ยวนำให้สูงขึ้นได้เมื่อปลากินอาหารจำพวกครัสตาเซี่ยน Jeuniaux,(1961) และ Kristensen (1972), รายงานว่าระดับไคติเนสในหอย 2 ฝา ที่พบมีการแปรเปลี่ยนตามปริมาณต่อมย่อยอาหาร (digestive gland) และยังสัมพันธ์กับ crystalline style ที่มีอีกด้วย

นอกจากผนังกระเพาะอาหารแล้วไคติเนสอาจสร้างขึ้นได้จากลำไส้และไส้ติ่งของปลา ได้พบว่าในปลาคอด (Gadus morhau) นั้นที่ส่วนของผนังกระเพาะอาหารจะเป็นส่วนสำคัญในการผลิตเอ็นไซม์ไคติเนสมากที่สุด ส่วนของไส้ติ่งผลิตได้บ้างแต่น้อยมาก (Donulat และ Kausch, 1984) แอคติวิตีของไคติเนสในปลาเรนโบว์เทราท์สามารถตรวจพบได้ทั้งในส่วนของลำไส้ และกระเพาะอาหารด้วยเช่นกัน แอคติวิตีของเอ็นไซม์ไคติเนสที่พบในกระเพาะจะมีค่าต่ำกว่าที่พบในเนื้อเยื่อทางเดินอาหารเป็นพันเท่า Lindsay (1985) นอกจากแอคติวิตีจะต่างกันแล้วยังพบว่า พี.เอช. ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอ็นไซม์ก็แตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่ตรวจพบ เช่น เอ็นไซม์ในกระเพาะอาหารจะมี พี.เอช.ประมาณ 2.0 นอกจากนี้ Lindsay ยังได้อ้างถึงผลงานของ Fange และคณะ (1976) และให้ข้อสังเกตว่าในไข่ของปลาเช่นปลาเทราท์น่าจะมีเอ็นไซม์ไคติเนสอยู่ด้วย มีรายงานว่าปลาคอดสามารถผลิตเอ็นไซม์ไคติเนสจากเนื้อเยื่อทางเดินอาหารได้ โดยเฉพาะส่วนของไส้ติ่งสามารถวัดแอคติวิตีได้สูงสุด รองลงไปคือกระเพาะอาหาร เอ็นไซม์ที่สังเคราะห์นี้สามารถถูกเหนี่ยวนำด้วยเปลือกของครัสตาเซียนซึ่งมีองค์ประกอบของ N-acetyl glucosamine เป็นส่วนใหญ่ได้ (Donulat, 1986)

3.3 เอ็นไซม์ย่อยไขมัน

การย่อยไขมันมักจะเกิดขึ้นในส่วนของลำไส้เล็ก น้ำดีจากถุงน้ำดีจะช่วยทำให้ไขมันอยู่ในรูปสารละลายแขวนลอย (emulsion) ต่อจากนั้นเอ็นไซม์ไลเปสจึงทำการย่อยไขมันเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน ซึ่งพร้อมจะถูกดูดซึมได้ การย่อยสลายไขมันอาจจะเกิดขึ้นในเซลล์โดยมีเอ็นไซม์ - เอสเตอเรสซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่สามารถย่อยไขมันได้หลายชนิด เช่น ฟอสโฟไลปิด (phospholypid), คลอเรสเตอรอล (cholestorol) ; แวกซ์ (Wax) ฯลฯ

น้ำดีนอกจากจะมีความสำคัญต่อการย่อยไขมันแล้วยังช่วยในการละลายและดูดซึมกรดไขมันและวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น A,D,E,K ถุงน้ำดีช่วยให้สภาพการย่อยอาหารที่ถูกสร้างจากคงสภาพตลอดไปไลเปสเป็นเอ็นไซม์ย่อยไขมันที่พบทั้งในปลากระดูกอ่อนและปลากระดูกแข็งโดยใน

ปลากระดูกอ่อน ส่วนของตับอ่อน (pancreatics) เป็นแหล่งสร้างไลเปส สำหรับปลากระดูกแข็ง ส่วนของผนังลำไส้ (intestinal mucosa) และกระเพาะอาหาร (stomach) เป็นแหล่งสร้างไลเบสที่สำคัญ นอกจากนี้ยังพบได้ในส่วนของเนื้อเยื่อตับ (hepatic tissue) และส่วนของไส้ติ่ง ไลเปสจะทำงานได้ดีเมื่อมีน้ำดี (bile) จากถุงน้ำดีเข้ามาผสม Barrington (1955).