บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุกรมวิธานและสัณฐานวิทยาของปลาแงะ

ปลาแงะ เป็นปลาน้ำจืดประจำท้องถิ่นชนิดหนึ่ง อาศัยอยู่ตามน้ำตก และลำธารบนภูเขา พบทั่วไป ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย(สันต์, 2548) ปลาแงะ(Soro Brook Carp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Neolissochilus soroides* (Duncker, 1904.). รูปร่างลักษณะโดยทั่วไปคล้ายคลึงกับปลาพลวง จัดอยู่ในวงศ์เดียวกันกับปลาตะเพียน ปลาสร้อย (Cyprinidae) และวงศ์ย่อย Cuprininae โดย Rainboth (1996) ได้จัดลำดับอนุกรมวิธานของปลาชนิดนี้ไว้ดังนี้

Phylum Chordata

Subphylum Vertebrata

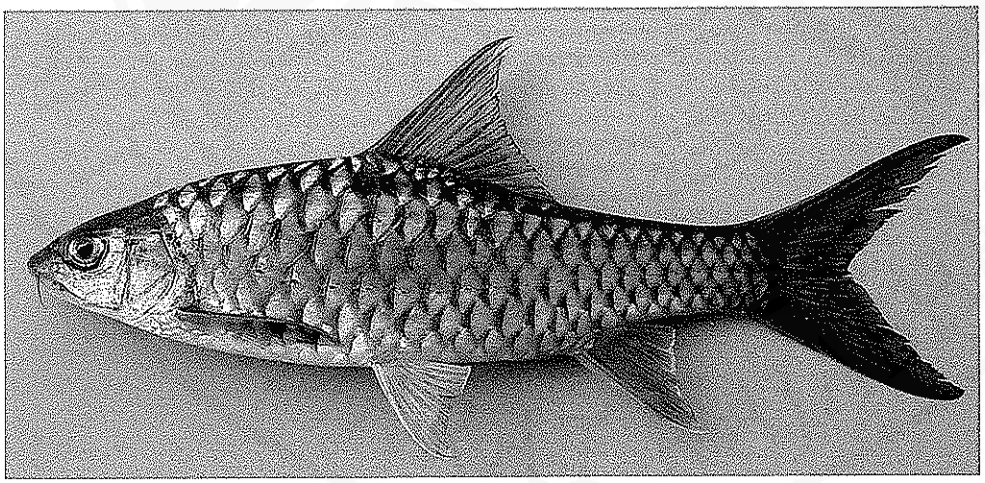
Division Teleostei

Order Cypriniformes

Family Cyprinidae

Genus Neolissochilus

Species soroides



ภาพที่ 1 รูปร่างลักษณะทั่วไปของปลาแงะ (Soro Brook Carp *Neolissochilus soroides* (Duncker, 1904)).

ลักษณะทั่วไปของปลาแงะ

ลักษณะปลาในสกุล Neolissochilus จะมีรูปร่างลักษณะทั่วไปคล้ายคลึงกันกับปลาพลวงคือ มีลำตัวเรียวยาว แบนข้างเล็กน้อย ปลายจมูก (Snout) เป็นโหนก ปากอยู่ด้านล่างเป็นรูปเกือกม้า ขากรรไกรบนแข็งแรงและยืดหดได้ ริมฝีปากหนาติดต่อกันทั้งบนและล่าง ที่ริมฝีปากอาจมีพูตรงกลาง (Median lobe) มีหนวด 2 คู่ อยู่ที่เหนือขากรรไกรบน 1 คู่ และที่ริมฝีปากบนก่อนถึงมุมปาก 1 คู่ มีเกล็ดที่เส้นข้างลำตัว 21-28 แถว ไม่มีร่องรับความรู้สึกที่หัว มีฟันที่คอหอย (Pharyngeal teeth) เป็นซี่ใหญ่มี 3 แถว มีเกล็ดขนาดใหญ่ หัวเล็ก กระโดงหลังค่อนข้างสูง ครีบหูมีขนาดเล็ก ครีบท้องและครีบก้นมีลักษณะใกล้เคียงกัน ลำตัวมีสีน้ำตาลปนเขียว ความยาวลำตัวประมาณ 15-20 เซนติเมตร บางพื้นที่พบว่าอาจจะมีความยาวถึง 45 เซนติเมตร อยู่รวมกันเป็นฝูง ๆ ละ 10-20 ตัว

แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

Rainboth (1996) รายงานว่าพบปลาชนิดนี้อาศัยอยู่ทั่วไป ตามลำธาร น้ำตก แม่น้ำโขง ในประเทศลาว และประเทศกัมพูชา ส่วนในประเทศไทย พบอาศัยตามบริเวณลำธารและน้ำตกโดยทั่วไป จากการศึกษาการจำแนกชนิด พบว่าปลาชนิดนี้จัดอยู่ใน Subtribe Tores สกุล Neolissochilus ลักษณะวิธีการจำแนกปลาชนิดนี้ ใช้ลักษณะจำเพาะ คือ ลักษณะเกล็ดเป็นปลาที่มีเกล็ดขนาดใหญ่ เกล็ดบริเวณเส้นข้างลำตัวมีจำนวนไม่เกิน 30 เกล็ด เกล็ดบริเวณรอบโคนหางมีจำนวน 12 เกล็ด มีหนวดจำนวน 4 คู่ อยู่บริเวณริมฝีปากบน 1 คู่ และเหนือขากรรไกรบน 1 คู่ มีตุ่มสิวบริเวณด้านข้างของจงอยปาก และครีบหลังไม่มีก้านครีบแข็ง พบทั้งหมด 3 ชนิด โดยมีแหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจายแตกต่างกัน ดังนี้

1. *Neolissochilus blanci* (Pellegrin and Fang, 1940) ปลาชนิดนี้มีความยาวถึง 40 เซนติเมตร แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจายบริเวณลำธารในป่าตอนกลางของแม่น้ำโขง ประเทศลาว และในลำธารภาคเหนือของประเทศไทย ปัจจุบันมีปริมาณลดลงอย่างมาก เนื่องจากการกระทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ กินพวกพืช ผลไม้ป่าเป็นอาหาร ชนิดนี้ไม่พบในประเทศกัมพูชา การจำแนกชนิดแยกได้จากจำนวนก้านครีบหลังมีจำนวน 8 อันและก้านครีบหลังไม่มีก้านครีบแข็ง บริเวณแนวเส้นข้างลำตัว มีแถบสีดำ หรือสีเทาจางๆ พาดเป็นแถบยาวไม่ถึงโคนครีบหาง

2. *Neolissochilus soroides* (Duncker, 1904) ปลาชนิดนี้มีความยาวถึง 45 เซนติเมตร อาศัยบริเวณลำธารและแม่น้ำในป่าของประเทศไทย และตอนเหนือของประเทศกัมพูชา ตอนใต้ของประเทศมาเลเซีย ปัจจุบันพบลดลงมาก เนื่องจากการเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัย และการกระทำ

ของมนุษย์ ปลาชนิดนี้ลักษณะริมฝีปากด้านล่างคมจึงกินอาหารโดยใช้ปากเล็มสาหร่ายที่เกาะติดอยู่ตามผิวก้อนหิน นอกจากนี้ยังมีนิสัยกินอินทรีย์สารต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ และยังพบว่ากินแมลง พืช รวมทั้งลูกผลไม้ป่าด้วย การจำแนกชนิดแยกได้จากจำนวนก้านครีบหลังมีจำนวน 9 อันและก้านครีบหลังไม่มีก้านครีบแข็ง บริเวณแนวเส้นข้างลำตัวไม่มีแถบสีดำ หรือสีเทาจางๆ พาดตามยาวลำตัว

3. *Neolissochilus stracheyi* (Day, 1871) ชนิดนี้มีความยาวถึง 60 เซนติเมตร อาศัยบริเวณลำธารและแม่น้ำ ในป่าของประเทศพม่า ตลอดถึงประเทศไทย และประเทศกัมพูชา ปัจจุบันมีปริมาณการแพร่กระจายลดลงอย่างมาก เนื่องจากการกระทำของมนุษย์ และการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ อาหารที่กินเป็นพวกพืช และผลไม้ป่าเหมือนกับ 2 ชนิดแรก ลักษณะจำเพาะของปลาชนิดนี้ คือ มีจำนวนก้านครีบ 9 อัน และก้านครีบหลังไม่มีก้านครีบแข็ง บริเวณเส้นข้างลำตัว มีแถบสีดำ หรือสีเทาจางๆ พาดผ่านจนถึงโคนครีบหาง

การกินอาหารของปลาแงะ

ปลาแงะมีนิสัยอยู่รวมกันเป็นฝูง ตามแอ่งต่างๆ ของลำธาร และน้ำตกที่มีกระแสน้ำไหลแรง หากินโดยใช้ริมฝีปากที่คมเล็มสาหร่ายที่เกาะติดอยู่ตามผิวก้อนหิน นอกจากนี้ยังมีนิสัยกินอินทรีย์สารต่าง ๆ และยังพบว่ากินแมลง พืช รวมทั้งลูกผลไม้ป่า (สันต์ (2548), Rainboth, 1996) ที่ร่วงหล่นลงสู่แหล่งที่อยู่อาศัย เช่น ผลลูกประ ผลลูกไทร ผลมะเดื่อ เป็นต้น ชาวสวนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่น้ำตกโดยรอบของอุทยานแห่งชาติเขาหลวง จังหวัดนครศรีธรรมราช นิยมจับปลาแงะมาบริโภคในครัวเรือน และบางพื้นที่มีการรวบรวมพันธุ์ปลาจากน้ำตก มาเลี้ยงในบ่อดินและบ่อซีเมนต์ โดยใช้อาหารปลากินพืชสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ซึ่งมีขายตามร้านขายอาหารสัตว์น้ำทั่วไป และวัสดุอาหารที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรชนิดต่าง ๆ เช่น กากมะพร้าว และวัตถุดิบพืชชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในท้องถิ่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปลาแงะในประเทศไทย

ปลาแงะเป็นปลาน้ำจืดประจำท้องถิ่นชนิดหนึ่ง พบแพร่กระจายอยู่บริเวณแหล่งน้ำตก และลำธารบนภูเขาทั่วไป ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย การเรียกชื่อมีการเรียกกันตามท้องถิ่นหลายชื่อ เช่น ปลาบุง ปลาปุ่ง ปลาพลวง (ภาคเหนือ) ปลาแงะ (ภาคใต้) ปลาชนิดนี้ได้เริ่มมีการสูญหายไปจากแหล่งน้ำเนื่องจากการเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะในภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่ได้รับความเสียหายจากอุทกภัย เมื่อปี พ.ศ. 2531

ลำธารบน ภูเขาและแหล่งน้ำตกต่างๆ เกิดการพังทลายและมีการทับถมโดยดินตะกอน ทราย และหินอย่างรุนแรง ทำให้สภาพแหล่งที่อยู่อาศัยและทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนสภาพไป ส่วนในภาคเหนือของประเทศไทย เช่น เคยพบที่บริเวณสิริภูมิ น้ำตกแม่กลางขึ้นไปจนถึงแม่น้ำปิง ปัจจุบันในบริเวณพื้นที่ที่กล่าวมาไม่มีการพบปลาชนิดนี้เป็นเวลาหลายสิบปีแล้ว เนื่องจากปลาชนิดนี้เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่และเนื้อมีรสชาติดี ลวดลายและสีสันมีความสวยงาม จึงเป็นที่นิยมรับประทานกันมากในหมู่ชาวไทยภูเขา แต่เนื่องจากชาวไทยภูเขาไม่มีความรู้ในการจับปลามาบริโภคจึงใช้วิธีการจับปลาที่ไม่ถูกต้อง เช่นการใช้ยาฆ่าแมลง การใช้ยาเบื่อ ซึ่งเป็นการทำลายเผ่าพันธุ์ของปลาพลวง ทำให้พ่อ-แม่พันธุ์ปลาตายและไม่มีพ่อแม่พันธุ์ที่จะสืบพันธุ์และขยายพันธุ์ต่อไป แต่ยังคงมีพบอยู่บ้างไม่มากนักในบริเวณถ้ำปลา จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นเขตอนุรักษ์ของกรมป่าไม้ นอกจากนี้ก็ยังพบอยู่บ้างตามลำธารบนภูเขาในป่าสักบริเวณเขตชายแดนรอยต่อระหว่างประเทศไทยกับประเทศพม่า ในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอน และบริเวณต้นน้ำห้วยแก้วบนภูเขาอำเภอดอยสะเก็ด และบริเวณป่าลึกต้นแม่น้ำสายอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ปัจจุบันปลาพลวงในบริเวณนี้ได้ลดจำนวนลงจนเกือบจะสูญพันธุ์ ศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติและเก็บรวบรวมพันธุ์เพื่อดำเนินการหาแนวทางในการเพาะขยายพันธุ์ในปี พ.ศ. 2530 ทั้งในเขตจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอนและในจังหวัดใกล้เคียง โดยระยะแรกประสบปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงมากเพราะปลาที่รวบรวมได้มีขนาดใหญ่น้ำหนักประมาณ 200- 1,500 กรัม ทำให้ฝึกกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปได้ยาก และเกิดการบอบช้ำจากการขนส่ง หลังจากนั้นศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ได้ทำการทดลองผสมเทียมจากปลาที่รวบรวมได้ โดยการผสมเทียมและการกระตุ้นให้ปลาวางไข่เอง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการวางไข่ และประสบผลสำเร็จ เมื่อเดือน พฤศจิกายน 2537 พบว่าลักษณะไข่ของปลาชนิดนี้มีสีส้ม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8-4.2 มิลลิเมตร ไข่เป็นชนิดไข่จมไม่ติด ฟักเป็นตัวใช้เวลา 80-130 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิน้ำ 24-26 องศาเซลเซียส ลูกปลาที่ฟักออกเป็นตัวใหม่ๆ จะมีความยาว 9-10.5 มิลลิเมตร ไข่แดงยุบโดยใช้เวลานาน 5-6 วัน และมีการให้ไรแดงและไรน้ำเค็มเป็นอาหาร ผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการวางไข่ ปลาเมื่อถูกกระตุ้นโดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์และยาเสริมฤทธิ์ ปลาบางตัวจะสามารถวางไข่ได้เองภายใน 6 ชั่วโมง ปลาเพศเมียจะใช้ครีบก้นขุดหลุมสร้างรังวางไข่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 นิ้ว หลุมลึก 2-3 นิ้ว บนพื้นหินเกล็ดในตู้กระจกก่อนที่จะฝังกลบไข่ภายในหลุม หลังจากนั้นก็จะฟักออกเป็นตัวอ่อนที่มีลักษณะคล้ายพ่อแม่พันธุ์ เมื่อมีอายุ 120 วัน มีน้ำหนัก 3.75 กรัมต่อตัว และมีความยาวลำตัว 7.30 เซนติเมตร (โกมุท และปรีชา, 2540) นอกจากนี้วิเชียร และธวัช (2533) ได้ทำการศึกษา สัณฐานวิทยาและคาริโอไทพ์ของปลาพลวงหิน ปลาแก้มช้ำ และปลาปก ในแม่น้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ภาคเหนือ ของประเทศไทย พบว่า

สัณฐานวิทยาบางประการของปลาทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกัน ในส่วนของโครโมโซม ปลาพลวงมีโครโมโซมแบบดิพลอยด์ 2n=100 คาริโอไทพ์ประกอบด้วยโครโมโซมแบบเมตาเซนตริก 9 คู่ แบบซับเมตาเซนตริก 31 คู่ จำนวนแขนของโครโมโซมเท่ากับ 132

องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางโภชนาการของโปรตีน

โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน 50-55 % ไฮโดรเจน 6.5-7.5 % ออกซิเจน 21.5-23.5 % ไนโตรเจน 15.5-18 % และธาตุอื่นๆ อีก เช่น ซัลเฟอร์ 0.5-2 % (Lovell, 1989) โมเลกุลของโปรตีนมีขนาดใหญ่ หน่วยย่อยสุดของโปรตีนมีขนาดของโมเลกุลเล็กที่สุดเรียกว่ากรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด แต่ที่พบเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในสัตว์ พืชและจุลินทรีย์มีเพียง 20 ชนิด ทุกชนิดประกอบด้วยธาตุหลัก 4 ธาตุ คือคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และอาจมีธาตุอื่นๆ เช่นกำมะถัน ฟอสฟอรัส ไอโอดีนและเหล็กอยู่ด้วย ธาตุเหล่านี้เรียงตัวเข้าด้วยกัน ทำให้โมเลกุลของกรดอะมิโนทุกชนิดมีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็นแบบสามมิติและประกอบด้วยหมู่อะมิโน(NH_2) หมู่คาร์บอกซิล (COOH) และหมู่อัลคีล (alkyl group-R) กรดอะมิโนแต่ละโมเลกุลยึดต่อกันเป็นสายด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide bond) โปรตีน จึงเป็นโพลีเปปไทด์ (polypoptide) เพราะส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอะมิโนตั้งแต่ 100โมเลกุล ขึ้นไป ถึงแม้กรดอะมิโนในสิ่งมีชีวิตจะมีเพียงไม่กี่ชนิดแต่การจัดเรียงลำดับของกรดอะมิโนเหล่านี้ในลักษณะต่างๆ ก่อให้เกิดโปรตีนหลายประเภท

ทางโภชนาการแบ่งกรดอะมิโนโดยใช้ปฏิกิริยาสังเคราะห์ในร่างกายของสัตว์น้ำได้2 ประเภท คือ กรดอะมิโนชนิดจำเป็น คือกรดอะมิโนที่สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ในร่างกายได้หรือสังเคราะห์ได้ในปริมาณจำกัด จึงจำเป็นต้องเติมในอาหารให้เพียงพอกับความต้องการ ส่วนกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น คือ กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต้องมีในอาหาร เพราะสัตว์น้ำสามารถสังเคราะห์ได้เอง กรดอะมิโนเป็นตัวกำหนดคุณภาพของโปรตีน โปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นทั้ง 10 ชนิดครบถ้วนในปริมาณมากพอ เรียกว่าโปรตีนชนิดสมบูรณ์ (complete protein) หรือโปรตีนที่มีคุณภาพดี ส่วนโปรตีนที่มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นไม่ครบทุกชนิด หรือมีครบแต่มีในปริมาณจำกัด จัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่ดี หรือเรียกโปรตีนชนิดไม่สมบูรณ์ (incomplete protein) โปรตีนชนิดสมบูรณ์พบในเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์จากสัตว์และในถั่วเหลืองสำหรับโปรตีนที่พบในพืชชนิดอื่นเป็นโปรตีนชนิดไม่สมบูรณ์ (เวียง, 2542)

ความสำคัญของโปรตีน

โปรตีนจัดเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญยิ่งในการเลี้ยงสัตว์ โดยเป็นส่วนประกอบของเลือด กล้ามเนื้อ หนัง รวมทั้งเป็นเอนไซม์ และฮอร์โมนต่างๆ ด้วย สัตว์จำเป็นต้องได้รับโปรตีนอย่างเพียงพอตลอดเวลา โดยเฉพาะสัตว์ที่อยู่ในระยะการเจริญเติบโต ระยะตั้งครรภ์ ระยะให้นม หรือมีไข่จะมีความต้องการโปรตีนมากเป็นพิเศษ นอกจากนี้โปรตีนยังเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญในการให้พลังงานอีกด้วยคือ ปริมาณโปรตีนจำนวน 1 กรัม ให้พลังงานเท่ากับ 5.65 กิโลแคลอรี ในสัตว์ทุกชนิดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 20 %

ชนิดของโปรตีนที่พบในร่างกายของปลาจำแนกได้ตามหน้าที่และความสามารถในการละลาย ไฟบลาสโปรตีน (fibrous protins) เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (ย่อยไม่ได้) ได้แก่ คอลลาเจน (collagen) อีลาสติน (elastin) และเคอราติน (keratin) คอลลาเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissues) เนื้อกระดูก (bone matrix) ผิวหนัง เนื้อเยื่อปิดแผล (scar tissue) ครีบ (fins) แผ่นปิดเหงือก (gill operculum) และหลอดเลือด (blood vessels) อิลาสตินพบในเส้นเลือดฝอย (arteries) เส้นเอ็น (tendons) และเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการยืดหดทั้งหลาย เคอราตินพบในเส้นผมและขนของสัตว์บก ส่วนในปลาพบน้อยมาก คอนแทรกไทล์โปรตีน (contractile protin) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อ โดยมีโปรตีนที่เกี่ยวข้อง 3 ชนิด คือ แอ็กติน (actin) โทรโปไมโอซิน บี (tropomysin B) และไมโอซิน (myosin) โปรตีนทั้ง 3 ชนิด ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อจัดเป็นโปรตีนที่มีความสามารถในการละลายสูง และมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก โกลบูลาร์โปรตีน (globular protein) เป็นโปรตีนที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอ็นไซม์ โปรตีน ฮอร์โมน และโปรตีนของซีรั่มซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเลือด (วีรพงศ์, 2536)

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลา

1. ชนิดและขนาดของปลา

ปลากินเนื้อต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ประมาณ 35 % ขึ้นไปปลากินพืชและกินเนื้อต้องการโปรตีน ประมาณ 20-25 % โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงเมื่อปลามีขนาดหรืออายุมากขึ้น เพราะปลาขนาดใหญ่จะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก จึงทำให้ปลาขนาดใหญ่มีความต้องการ

โปรตีนน้อยลง (Walton, 1985) ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาชนิดและขนาดต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาชนิดต่าง ๆ

ชนิดปลา	แหล่งโปรตีน	ความต้องการ (%)
ปลาเรนโบว์เทร้า	ปลาป่น	40
ปลาช่อน	ปลาป่น	52
ปลาไหล	เคซีนและกรดอะมิโน	44.5
ปลาเฉา	เคซีน	42
ปลาไน	เคซีน	38
ปลาหมอเทศ	ปลาป่น	40
ปลานิล	เคซีน	35

ที่มา : วีรพงศ์ (2536)

ตารางที่ 2 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลาขนาดต่างๆ

ชนิดปลา	วัยปลา	ขนาดเล็ก	ขนาดโต
ปลาเรนโบว์เทร้า	45-55	28-50	35-40
ปลาไหล	50-56	45-50	-
ปลาไน	43-47	37-42	28-32
ปลานิล	35-40	28-35	20-30
ปลาดุกอเมริกัน	36-40	25-36	26-34

ที่มา : NRC (1993)

2. อุณหภูมิน้ำ

ปลามีแนวโน้มต้องการโปรตีนมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น เช่น ปลาเซลมอลที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส มีความต้องการโปรตีนจาก 40 % เป็น 50 % ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปลาบางชนิดเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้นก็ยังคงมีความต้องการ

โปรตีนเท่าเดิมสาเหตุที่อุณหภูมิน้ำมีผลต่อความต้องการโปรตีนอาจเนื่องมาจากปลาได้รับปริมาณอาหารอย่างจำกัดหรือน้อยเกินไปในขณะที่ปลาจะมีระดับเมตาบอลิซึมสูงขึ้นและระยะเวลาที่อาหารหมดจากกระเพาะอาหารเร็วขึ้น ฉะนั้นอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงกว่า จึงทำให้ปลาเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่า (วุฒิพร, 2541)

3. คุณภาพโปรตีน

แหล่งโปรตีนในอาหารทดสอบจะมีชนิดหรือปริมาณกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันไปทำให้โปรตีนมีคุณภาพที่แตกต่างกัน เช่น เคซีน จะมีอาร์จินีน ในปริมาณต่ำเป็นต้น ซึ่งโดย ข้อเท็จจริงแล้วความต้องการกรดอะมิโน เพื่อการเจริญเติบโตจะมีความสำคัญต่อปลามากกว่าความต้องการโปรตีน เพื่อการเจริญเติบโต แต่หากมีชนิดหรือปริมาณกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบแตกต่างกันก็ทำให้มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันด้วย ปลาจะเจริญเติบโตได้ดีจึงต้องได้รับโปรตีนที่มีคุณภาพดี หรือมีกรดอะมิโนครบถ้วน ทั้งคุณภาพและปริมาณดังนั้นปลาจึงมีความต้องการโปรตีนสูงขึ้น ถ้าอาหารมีกรดอะมิโนไม่ครบถ้วน Lovell (1975) พบว่าคุณภาพของโปรตีนในอาหารมีผลต่อระดับโปรตีนที่ปลาต้องการ คือ อาหารที่ประกอบด้วยโปรตีนจากปลาป่นซึ่งมีคุณภาพสูง หรือมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน ถึงแม้จะมีระดับโปรตีนต่ำ ก็สามารถทำให้ปลากดหลวงเจริญเติบโตดีเท่ากับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจากพืช ซึ่งมีคุณค่าต่ำ โดยปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 43 % จากพืชปลามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 29 และ 36 % โดยที่โปรตีนทั้ง 2 ระดับนี้มาจากปลาป่น 1 ใน 3 และ 1 ใน 6

4. ระดับพลังงานในอาหาร

อาหารที่มีพลังงานมากทำให้ปลากินอาหารลดลงและปลาจะหยุดกินอาหารถ้าได้รับพลังงานมากเกินความต้องการของร่างกาย จึงทำให้นักโภชนาการอาหารปลาส่วนใหญ่นิยมผลิตอาหารทดสอบโปรตีนให้มีระดับพลังงานเท่ากัน โดยมีระดับโปรตีนแตกต่างกันหลายระดับ เพื่อทดสอบความต้องการโปรตีนของปลา จากการศึกษาพบว่า อาหารที่มีสัดส่วนของพลังงานและโปรตีนที่เหมาะสมจะทำให้ปลาเจริญเติบโตเร็วที่สุด ดังนั้นพลังงานในอาหารจึงมีผลต่อความต้องการโปรตีนด้วย โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพงกว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ทำให้การทำอาหารปลาในทางปฏิบัติจึงต้องการให้คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นแหล่งของพลังงานมากกว่าโปรตีน ซึ่งส่วนใหญ่โปรตีนต้องการให้ถูกใช้เพื่อการเจริญเติบโต ผลการศึกษาในปลาหลายชนิดทั้งปลากินเนื้อและปลากินพืช แสดงให้เห็นว่า สามารถทดแทนโปรตีนบางส่วนได้ด้วยคาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน (protein sparing action) มีหลักการปฏิบัติ โดยลดระดับโปรตีนบางส่วนในอาหารทดสอบ แต่เพิ่มแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันเข้าไป จึงนำไปให้ปลากิน พบว่าสามารถทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากัน หรือใกล้

เดียงกับปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่า แนวทางดังกล่าวมีประโยชน์มากเพราะทำให้ความต้องการโปรตีนของปลาและต้นทุนค่าอาหารต่ำลง แต่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันที่ผสมในอาหาร เช่น ปลากินเนื้อจะย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ไม่ดี จึงสามารถใส่ในอาหารทดสอบได้ในปริมาณที่น้อยกว่าปลากินพืช การทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยไขมันส่วนใหญ่จะประสบผลสำเร็จมากกว่าการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากไขมันมีพลังงานมากกว่าคาร์โบไฮเดรต (วุฒิพร,2541) มีรายงานว่าปลานิลที่ได้รับอาหารทดสอบที่มีระดับโปรตีน 30 % และแป้งมันสำปะหลัง 30 % จะมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร เช่นเดียวกับเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 35 % และแป้งมันสำปะหลัง 10 % นั้นคือสามารถลดโปรตีนลงได้ 5 % แต่ต้องเพิ่มแป้งมันสำปะหลังเข้าไป 20 % (วีรพงศ์, 2536)

5. อัตราการให้อาหาร

การประเมินความต้องการโปรตีนของปลา สามารถทราบได้จากอัตราการเจริญเติบโตเมื่อปลาได้รับปริมาณอาหารที่พอดีกับความต้องการ ดังนั้น ถ้าปลาได้อาหารน้อยเกินไปหรือต่ำกว่าความต้องการจะทำให้ปลาหิวและปลาจะนำโปรตีนมาใช้เป็นพลังงาน มากกว่านำไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงมีผลทำให้การประเมินความต้องการโปรตีนมีค่าผิดไปจากความเป็นจริง การศึกษาความต้องการโปรตีนของสัตว์บกทำได้ง่ายกว่าสัตว์น้ำ เพราะสามารถทราบปริมาณอาหารที่เหลือหรือปริมาณที่กินเข้าไป แต่ปลาอาศัยอยู่ในน้ำมีความยุ่งยากในการให้อาหาร ซึ่งนอกจากปลาแต่ละชนิดจะมีพฤติกรรมการกินอาหารที่แตกต่างกันแล้ว ยังพบว่าถ้าให้อาหารน้อยเกินไปก็จะโตช้า แต่ถ้าให้มากเกินก็จะละลายน้ำ ทำให้ไม่ทราบปริมาณอาหารแห้งจริงที่กินเข้าไป นักโภชนาการอาหารปลาจึงทดสอบโดยการให้อาหารที่แตกต่างกัน เช่น ให้ปริมาณอาหารคงที่ (fixed feeding rate) หรือให้กินจนอิ่ม (satiation) การให้ปริมาณคงที่มีความสะดวกรวดเร็ว แต่อาจมีผลต่อความต้องการโปรตีนของปลาได้ถ้าให้น้อยไป Ogino (1980) อ้างโดยวุฒิพร (2541) รายงานว่า ปลาไน และปลาเรนโบว์เทร้ามีความต้องการโปรตีนลดลงจาก 60-65 % เป็น 30-32 % เมื่ออัตราการให้อาหารเพิ่มขึ้นจาก 2 % ของน้ำหนักตัว / วัน เป็น 4 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน สาเหตุดังกล่าวเกิดจากความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับ และความต้องการโปรตีนของปลากล่าวคือ ในสภาวะที่ได้อาหารที่พอดีกับความต้องการก็ต่อเมื่อ ปลาได้รับปริมาณโปรตีนสูงเท่านั้น ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารปริมาณมาก (4% ของน้ำหนักตัว/วัน) สามารถได้รับปริมาณโปรตีนเพียงพอกับความต้องการจากอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า แนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว จึงควรเพิ่มจำนวนครั้งในการให้อาหารให้มากขึ้นหรือบ่อยครั้งขึ้น เพื่อให้ปลาได้รับปริมาณโปรตีนมากขึ้น ในสภาวะความจุของกระเพาะอาหารที่จำกัด ซึ่งจะทำให้ความต้องการโปรตีนของปลามีค่าลดลงและตรงกับสภาพที่เป็นจริง สำหรับการให้อาหารในปริมาณที่ปลากินอิ่ม แต่มีข้อเสียคือ ระยะเวลาในการให้อาหารนาน เนื่องจากต้องให้

อาหารช้า ๆ และจะหยุดให้อาหารเมื่อปลาหยุดกินอาหาร แต่ทว่าวิธีนี้ก็ทำให้ปลาได้รับปริมาณอาหารพอดีกับความต้องการ ซึ่งนับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมในการศึกษาความต้องการโปรตีนของปลา

ความต้องการโปรตีนของปลา

ปลามีความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ โดยทั่วไปต้องการประมาณ 1 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน ความต้องการดังกล่าวเป็นปริมาณต่ำสุดที่ปลากินเข้าไป ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต เป็นความต้องการที่มีผลโดยตรงต่อการเลี้ยงปลา ซึ่งเป็นการมุ่งเน้นที่การมีน้ำหนักเพิ่ม และความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์ เป็นปริมาณโปรตีนที่ปลานำไปใช้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ให้สมบูรณ์เต็มที่ โดยมีความต้องการในระดับที่ต่างกันออกไป (วุฒิพร,2541) นอกจากนี้ความต้องการโปรตีนของปลายังแตกต่างกันในแต่ละช่วงวัย (ตารางที่ 3) แตกต่างกันในแต่ละช่วงอุณหภูมิ(ตารางที่ 4) และแตกต่างกันในแต่ละชนิดและแหล่งของโปรตีนในอาหารปลา (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 ระดับโปรตีน (%) ในอาหารปลาที่เหมาะสมในแต่ละวัย

ชนิดปลา	ลูกปลาวัยอ่อนถึงลูกปลาวัยรุ่น	ลูกปลาวัยรุ่นถึงปลาวัยรุ่น	ปลาโตเต็มวัย
ปลาไน	43-47	37-42	28-32
ปลาไหล	50-56	45-50	-
ปลาดุกอเมริกัน	35-40	25-36	28-32
ปลาทรายแดง	45-54	43-48	-

ที่มา : NRC (1977)

ตารางที่ 4 ระดับของโปรตีน (%) ในอาหารปลาเขตร้อนที่ให้การเจริญเติบโตสูงสุด

ชนิดของปลา	แหล่งโปรตีนในอาหาร	อุณหภูมิน้ำ($^{\circ}$C)	ระดับโปรตีน (%)
ปลาไน	เคซีน	23.0	38.0
ปลาไหล	เคซีน + อาร์จีนีน + ครีสตีน + เคซีน	25.0	44.5
ปลาดุกอเมริกัน	เคซีน	24.4	30.0
ปลาทรายแดง	เคซีน + เจลาติน	25.0	55.0

ที่มา : NRC (1993)

ตารางที่ 5 ปริมาณความต้องการโปรตีน (%) ที่ทำให้ลูกปลาวัยอ่อนมีการเจริญเติบโตสูงสุด

ชนิดปลา	แหล่งโปรตีน	ระดับโปรตีน (%)
แอทแลนติก เซลมอล	เคซีน และเจลาติน	45
ปลาดุกอเมริกัน	โปรตีนในไข่	32-36
ชินุค เซลมอล	เคซีน, เจลาติน และกรดอะมิโน	40
โคโฮ เซลมอล	เคซีน	40
ปลาไน	เคซีน	31-38
ปลาเก๋า	กล้ามเนื้อปลาทูน่า	40-50
กิลเฮด ซีบรีม	เคซีน, และโปรตีนสกัดเข้มข้น, และกรดอะมิโน	40
ปลากินหญ้า	เคซีน	41-43
ปลาไหลญี่ปุ่น	เคซีน และกรดอะมิโน	44.5
ปลามิลล์ฟีส	เคซีน	40
ปลาพีช	กล้ามเนื้อปลาคอด	50
ปลาฟับเปอร์	เคซีน	50
ปลาเรนโบว์เทร้า	ปลาป่น เคซีน, เจลาติน, และกรดอะมิโน	40
ปลาเรดซีบรีม	เคซีน	55
ปลาช่อน	ปลาป่น	52
ปลาซอคอาย เซลมอล	เคซีน, เจลาติน, และกรดอะมิโน	45
ปลากะพงขาว	ปลาป่น และ โปรตีนจากถั่วเหลือง	47
ปลานิลสีน้ำเงิน	เคซีน และไข่ขาว	34
ปลาหมอเทศ	ปลาป่นเปรู(ปลาป่นขาว)	40
ปลานิลดำ	เคซีน	30
ปลานิลซิลลี	เคซีน	35
ปลาหางเหลือง	ปลาไหล และปลาป่น	55

ที่มา : NRC (1993)

ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตมีผลโดยตรงต่อการเลี้ยงปลาทำให้มีการศึกษาทดลองอย่างแพร่หลายในปลาหลายชนิดเพื่อหาระดับโปรตีนที่เหมาะสม (Optimum protein level)

การศึกษาดังกล่าวต้องผลิตอาหารทดสอบ (Test diet) ที่มีโปรตีนระดับต่าง ๆ กัน แล้วนำมาให้ปลากินระยะเวลาหนึ่งประมาณ 2-3 เดือน และสามารถประเมินระดับโปรตีนที่เหมาะสมได้จากอัตราการเจริญเติบโตของปลา โดยการพล็อตกราฟตอบสนองการเจริญเติบโตระหว่างปริมาณโปรตีนในอาหาร (x) กับอัตราการเจริญเติบโต (y) โดยอาศัยหลักการว่าถ้าปลาได้รับระดับโปรตีนต่ำจะเจริญเติบโตช้า แต่ถ้าปลาได้รับระดับโปรตีนมากขึ้นจะเจริญเติบโตมากขึ้น โดยระดับโปรตีนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต สามารถทราบจากจุดเปลี่ยนของกราฟ เนื่องจากถ้าปลาได้รับโปรตีนมากจนเกินความต้องการ กลับพบว่าจะมีการเจริญเติบโตเท่าเดิม หรือลดลงเล็กน้อยโดยสังเกตได้จากความชันของกราฟ ฉะนั้นการแปลผลของกราฟอาจยากลำบาก ถ้าอัตราการเจริญเติบโตที่จุดเปลี่ยนของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงความชันไม่เด่นชัด สาเหตุที่ทำให้ปลาได้รับโปรตีนมากเกินความต้องการจะมีอัตราการเจริญเติบโตเท่าเดิมหรือลดลง เนื่องจากปลาจะกินอาหาร (โปรตีนและพลังงาน) ให้พอดีกับความต้องการเท่านั้น ดังนั้น ปลาจึงกินอาหารน้อยลงถ้าอาหารมีโปรตีนหรือพลังงานมากเกินไป (วุฒิพร, 2541)

โดยทั่วไปความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลานิยมแสดงออกมาในรูปเปอร์เซนต์โปรตีนในอาหารมากกว่ากรัมโปรตีนในอาหารเพราะมีความสะดวกในการใช้ข้อมูล ความต้องการโปรตีนของปลาชนิดต่าง ๆ จะมีค่าสูงกว่าความต้องการโปรตีนของสัตว์บกประมาณ 2-4 เท่า อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตของปลา ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ แต่การเลี้ยงปลาโดยเฉพาะแบบกึ่งพัฒนา (extensive) อาจมีอาหารภายในบ่อ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัตว์ที่มีโปรตีนสูงประมาณ 50 % ของน้ำหนักแห้ง มีผลทำให้ลดความต้องการโปรตีนของปลาลงได้บางส่วน เช่นปลาหลายชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในบ่อที่มีอาหารธรรมชาติมากพอ แม้ว่าจะได้รับโปรตีนต่ำประมาณ 25 % ในกรณีที่อาหารธรรมชาติในบ่อมีน้อยหรือมีจำกัด ควรให้อาหารที่มีโปรตีนสูงขึ้นเพื่อให้เจริญเติบโตเป็นปกติ (วุฒิพร, 2541) แต่อย่างไรก็ตาม โดยข้อเท็จจริงแล้วการเลี้ยงปลายังต้องพิจารณาถึงต้นทุนอาหารอีกด้วย เพราะการที่ปลาเจริญเติบโตได้ดี แต่ถ้าอาหารมีราคาสูงกว่าปลา ก็จะทำให้ประสบกับสภาวะขาดทุนในการเลี้ยง การเลี้ยงปลาแบบกึ่งพัฒนาก็อาจจะให้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่าความต้องการ แม้ว่าปลาอาจเจริญเติบโตลดลงเล็กน้อยแต่ก็จะไม่ประสบกับสภาวะขาดทุน (วีรพงศ์, 2536)

การเลี้ยงปลาให้ประหยัดโปรตีนสามารถทำได้ โดยให้อาหารที่มีพลังงานอย่างเพียงพอ อาหารที่มีพลังงานต่ำจะทำให้โปรตีนถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งจะทำให้โปรตีนถูกนำไปใช้อย่างสิ้นเปลืองไม่เกิดประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตอีกทั้งอาหารโปรตีนก็มีราคาแพงทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นจากการทดลองอาหารที่มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงในอาหารที่มีโปรตีนต่ำจะเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของปลาเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มีพลังงานต่ำและโปรตีนต่ำ การศึกษาในปลาคาร์พแสดงให้เห็นว่าโปรตีนถูกนำไปสร้างเนื้อเยื่อในเมื่อมีพลังงานอย่างเพียงพอ (Pitecher และ Hart, 1982) ความต้องการโปรตีน

ของปลาแต่ละวัยจะไม่เท่ากัน จากการทดลองของ Page และ Andrews (1973) พบว่าปลาเซลมอลแคชฟิช ขนาด 14 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 35 % มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 25 % ส่วนปลาขนาด 114 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 25 % และ 35 % มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แสดงว่าความต้องการโปรตีนของปลาขนาดเล็กจะสูงและลดลงในปลาขนาดใหญ่ Garling และ Wilson (1976) รายงานว่าปลาเซลมอลแคชฟิช จะมีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีนในช่วง 22-40 % ซึ่งความแตกต่างของความต้องการระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีน มีสาเหตุมาจากความแตกต่างในเรื่องของเทคนิคการเลี้ยงและแหล่งของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ด้วย

การศึกษาวิจัยเกี่ยวข้องกับความต้องการโปรตีนในปลา

วิมล (2537) ศึกษาความต้องการโปรตีนของปลากดหลวง (Channel catfish, *Ictalurus punctatus*) ที่มีขนาดความยาวมากกว่า10 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่าสามารถให้กินอาหารเม็ดปลาดุกสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีน 32 % และเมื่อปลากดหลวงมีขนาดโตขึ้นอาจใช้อาหารปลาดุกที่มีโปรตีน 30 และ 25 % ได้ เนื่องจากความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตลดลงเมื่อปลามีขนาดโตขึ้น ส่วนวุฒิพร และคณะ (2540) ศึกษาระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากดเหลือง (yellow mystus, *Mystus nemurus*) ขนาดปลานิ้ว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.62 กรัมต่อตัวพบว่าระดับโปรตีน 36 % ในอาหารทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด และเมื่อระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่านี้ มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง และประสิทธิภาพการใช้อาหารก็ไม่ดีด้วย

วิทยา และทวี (2543) ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาตะเพียนขาวขนาดเล็กโดยใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 20 , 25 , 30 และ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานย่อยได้ในสูตรอาหารที่เท่ากัน (300 กิโลแคลอรี/100 กรัมอาหาร) เลี้ยงปลาตะเพียนขาวขนาดเล็กน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.27 กรัม/ตัว ในถังพลาสติกขนาดความจุ 150 ลิตร มีน้ำไหลผ่านในอัตรา 1 ลิตร/นาที จำนวน 15 ถัง ปล่อยลูกปลาถังละ 50 ตัว ให้อาหารกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ระดับโปรตีนในอาหาร 30 % เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

นันทิยา และทัศนีย์ (2534) ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารเลี้ยงปลาสลิด พบว่าในการทดลองเลี้ยงปลาสลิดเป็นเวลานาน 18 สัปดาห์ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง โดยระดับโปรตีนที่ 45 % ให้การเจริญเติบโตสูงสุด ระดับโปรตีน 35 และ 40 % ให้ผลการเจริญเติบโตรองลงมา และเมื่อทำการทดลองเลี้ยงจนถึงสัปดาห์ที่ 10 พบว่าระดับโปรตีนในอาหาร 35, 40 และ 45 % ให้ผลการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติ

และสูงกว่าที่ระดับ 30, 25 และ 20 % อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเลี้ยงจนถึงสัปดาห์ที่ 15 ขึ้นไป ผลการเจริญเติบโตของปลาทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 % ขึ้นไป แต่ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนระดับ 20 % อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จึงสรุปได้ว่าปลาสลิดที่มีขนาดน้ำหนักต่ำกว่า 25 กรัมควรได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 45 % ส่วนปลาสลิดที่มีขนาด 25 – 45 กรัม ควรได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนระดับ 35 % ขึ้นไป และสามารถลดระดับโปรตีนในอาหารลงเหลือ 25 % ได้เมื่อปลามีน้ำหนักตั้งแต่ 45 กรัม ขึ้นไป

ทวี, อรรณพ และมาลัย (2544) ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาจาด (*Hypsibarbus malcolmi Smit)* ขนาดน้ำหนักประมาณ 0.69-0.71 กรัม โดยอาหารทดลองมีระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 20 , 25 , 30 , 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลองระดับละ 3 ซ้ำ ปล่อยปลาในถังพลาสติกขนาด 50 ×80 × 60 เซนติเมตร ปริมาตรน้ำในถัง 180 ลิตร จำนวน 50 ตัว/ถัง เป็นเวลา 168 วันพบว่าระดับโปรตีนในอาหารที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ระดับพลังงานที่ย่อยได้ 320 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาจาด โดยทำให้การเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดี

อำนวย และเวียง (2524) ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปลาดุกด้าน พบว่าอาหารโปรตีนสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 35 % ทำให้ปลาเจริญเติบโตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ อาหารที่มีโปรตีน 30, 25 และ 20 % ตามลำดับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติและสรุปได้ว่า อาหารผสมที่ใช้เลี้ยงปลาดุกด้าน ควรมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 25 % แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ 30 % เนื่องจากมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ดีที่สุด อัตราการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ดีและต้นทุนการผลิตต่ำสุด

ดวงรัตน์ (2526) ทำการทดลองเลี้ยงปลาดุกด้านด้วยอาหารผสมที่มีโปรตีนจากพืช 19, 24, 29 และ34 % โดยให้ทุกสูตรอาหารมีโปรตีนจากสัตว์ 6 % เท่า ๆ กัน ปรากฏว่าอาหารที่มีโปรตีนจากพืช 19 และ 24 % เป็นอาหารที่เหมาะสมในการนำมาใช้เลี้ยงปลาดุกด้านมากกว่าอาหารผสมอีก 2 สูตร ทั้งในด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และต้นทุนในการเลี้ยง

สาวิตรี และคณะ (2547) ศึกษาสัดส่วนระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาหมอขนาด 1.6 กรัม วางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียล โดยมีอาหารทดลอง 6 สูตร ประกอบด้วยโปรตีน 3 ระดับ คือ 35, 40 และ 45 % แต่ละระดับโปรตีนมีพลังงานรวม 2 ระดับ คือ 400 และ 435 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม ทดลองในตู้กระจกขนาด 45×90×45 เซนติเมตร จำนวน 30 ตัว/ตู้ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง โดยให้กินจนอิ่มเป็นเวลา

10 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับพลังงานรวม 435 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม เป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาหมอขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 1.6 กรัม

Meyer และ Fracalossi (2004) ศึกษาความต้องการโปรตีนของปลาจุนเดียขนาดปลานิ้ว (Jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*) สูตรอาหารมีระดับโปรตีน 26, 29, 33, 37 และ 41 % โดยมีระดับพลังงานในอาหาร 2 ระดับคือ 3,200 และ 3,650 กิโลคาลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในปลาที่มีน้ำหนัก 1.52 กรัม เป็นระยะเวลานาน 90 วัน พบว่าระดับโปรตีน 32.6 % พลังงานในอาหาร 3,650 กิโลคาลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และระดับโปรตีน 37.3 % พลังงานในอาหาร 3,200 กิโลคาลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด