บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

1. ปลากะพงขาว

ลักษณะทั่วไป

ปลากะพงขาว Lates calcarifer (**Bloch**) มีชื่อสามัญภาษาไทยว่าว่า ปลากะพง, โจ้โล้ว, ปลากะพงขาวและปลากะพงน้ำจืด ภาษาอังกฤษว่า seabass, white seabass ถูกจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานโดย Nelson (1976) ไว้ดังนี้

Phylum Chordata

Sub-phylum Vertebrata

Order Percotomi

Family Centropomidae

Genus Lates

Species Lates calcarifer

ปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่ที่เจริญเติบโตได้ดีทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อยมีลักษณะลำตัวค่อนข้างยาวแบนข้าง ด้านหลังมีสีดำเรื่อ ๆ โดยทั่วไปตั้งแต่หัวจรดหาง ด้านข้างสีเงิน ท้องสีขาว (Marshall, 1960) หัวลาดต่ำจรดจงอยปาก ปากค่อนข้างแหลมใหญ่ยืดและหดได้ ฟันคมเล็กละเอียด ขากรรไกรล่างยืดยาวกว่าขากรรไกรบนเล็กน้อย ขอบกระดูกปิดแก้ม มีหนามแหลม 1 อัน มีซี่เหงือกตอนล่าง 16-18 อัน (Muroe, 1955) มีเกล็ดบริเวณลำตัวค่อนข้างใหญ่ มีเส้นข้างลำตัวที่สมบูรณ์และชัดเจน ทุกครีบมีสีเหลืองอ่อนอมเทา หางกลมมนเกือบตัดตรงครีบหลังสั้นกว่าครีบท้อง ครีบหลังมี 2 อัน ซึ่งมีส่วนฐานติดกัน ครีบหลังอันแรกมีก้านครีบแข็ง 7-8 ก้าน ครีบหลังอันที่สองเป็นก้านครีบอ่อน ครีบก้นมีก้านครีบแข็ง 3 ก้าน และมีเกล็ดบนเส้นข้างลำตัว 52-61 เกล็ด (เฉลิมวิไล ชื่นศรี, 2523)

แหล่งที่อยู่อาศัยและการแพร่กระจาย

ปลากะพงขาวเป็นปลาเขตร้อนที่มีการแพร่กระจายอยู่ในอาณาเขตค่อนข้างกว้าง พบตามบริเวณปากแม่น้ำลำคลอง ปากทะเลสาปและปากอ่าวบริเวณที่เป็นป่าชายเลน โดยทั่วไปพบบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นับตั้งแต่ พม่า ไทย มาเลเซีย เวียดนามและแถบชายฝั่งทะเลของประเทศจีน ลักษณะการแพร่กระจายขึ้นอยู่กับความเค็มและอุณหภูมิของน้ำซึ่งมีผลต่อการฟักตัวของไข่และการดำรงชีวิตของลูกปลาวัยอ่อน ในประเทศไทยพบว่ามีปลากระพงขาวอาศัยอยู่ในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกคือแถบจังหวัดจันทบุรี ระยอง ชลบุรี และสมุทรปราการ ส่วนบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกพบปลากระพงขาวอาศัยอยู่แถบจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และมีอยู่ทั่วไปตามภาคใต้ฝั่งตะวันออกตั้งแต่จังหวัดชุมพร สุราษร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ทางฝั่งมหาสมุทรอินเดียพบที่จังหวัดระนอง กระบี่ พังงา ตรัง และสตูล

การเลี้ยงและอนุบาลปลากะพงขาว

สวัสดิ์ วงศ์สมนึก และ สุจินต์ มณีวงศ์ (2516) รายงานว่า การอนุบาลลูกปลากะพงขาวตั้งแต่ฟักออกเป็นตัวให้มีอัตรารอดสูง ควรอนุบาลในระดับความเค็มระหว่าง 20-25 ppt

สุจินต์ มณีวงศ์ และ นิเวศน์ เรืองวานิช (2521) ทดลองอนุบาลลูกปลากะพงขาววัยอ่อนโดยใช้โรติเฟอร์กับไรแดงเป็นอาหาร ปรากฏว่าลูกปลาเริ่มกินโรติเฟอร์จนอายุ 13 วัน ถึงเริ่มกินไรแดงได้ เมื่อลูกปลาอายุได้ 22 วันก็สามารถกินไรแดงได้หมดทุกตัว หลังจากอายุ 22 วันจึงให้กินไรแดงอย่างเดียว พอลูกปลาอายุได้ 25 วันจึงเริ่มให้กินเนื้อปลาสับละเอียด เมื่ออายุครบ 1 เดือนลูกปลาทุกตัวสามารถกินเนื้อปลาได้

ประวิม วุฒิสินธุ์ และ สุวรรณี นอกกระโทก (2522) ได้ให้ข้อสังเกตอย่างหนึ่งว่า การเจริญเติบโตของลูกปลาชนิดนี้ขึ้นอยู่กับสุขภาพของลูกปลาเป็นสำคัญ โดยลูกปลามีความสมบูรณ์หรือไม่ สังเกตได้จากการเปลี่ยนสีของลำตัวตามช่วงอายุ ลักษณะของลูกปลาที่แข็งแรงจะมีการเปลี่ยนสีของลำตัวในช่วงอายุตามลำดับดังนี้ ระยะแรก ๆ ลูกปลาจะมีลำตัวขาวใส เมื่อเข้าระยะผ่านวัยอ่อนจะมีสีดำ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำจาง ๆ มีลายและเปลี่ยนเป็นสีขาวเมื่ออายุมากขึ้น ถ้าลูกปลาที่เปลี่ยนสีลำตัวเป็นสีน้ำตาลหรือดำจาง ๆ และมีลายแล้วกลับมีการเปลี่ยนสีกลายเป็นสีดำอีก แสดงว่า ลูกปลานั้นเริ่มป่วยและมีสุขภาพไม่ค่อยแข็งแรง

สุจินต์ มณีวงศ์ และคณะ (2524) รายงานว่าสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการอนุบาลปลากะพงขาววัยอ่อนคือ การเตรียมอาหาร อาหารที่ให้ในระยะแรกที่ลูกปลาเริ่มกินคือ แพลงตอนสัตว์ เช่น โรติเฟอร์ (Rotifer) โดยเฉพาะโรติเฟอร์น้ำกร่อย Brachionus plicatilis ซึ่งทำให้ลูกปลาโตเร็ว มีอัตรารอดสูง

วิเชียร สาคเรศ (2526) รายงานว่า การอนุบาลลูกปลากะพงขาวโดยปกตินิยมทำกันอยู่ 3 ลักษณะ คือ การอนุบาลในบ่อซีเมนต์ ในกระชัง และในบ่อดิน โดยการอนุบาลในบ่อซีเมนต์นับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดเพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ความหนาแน่นของลูกปลาที่ปล่อยลงในบ่ออนุบาลครั้งแรกควรอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 ตัวต่อปริมาตรน้ำ 1 ตัน และทำการลดปริมาณลงไปเรื่อย ๆเมื่อปลาโตขึ้น สุดท้ายลูกปลาขนาด 7-10 เซนติเมตร ควรปล่อยด้วยอัตราหนาแน่นประมาณ 250-300 ตัวต่อปริมาตรน้ำ 1 ตัน

<u>การเลี้ยงและผลผลิตของปลากะพงขาว</u>

การเลี้ยงกะพงขาวในประเทศไทยแบ่งตามลักษณะการเลี้ยงได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การเลี้ยงปลาในบ่อ โดยต้องคำนึงถึงทำเลที่ตั้งเพื่อความสะดวกในการถ่ายเทน้ำ ลักษณะภูมิประเทศ ดิน อาหารธรรมชาติ แหล่งน้ำและคุณสมบัติของน้ำ

2. การเลี้ยงปลาในกระชัง เป็นที่นิยมมากในหมู่เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในบริเวณริมแม่น้ำ เนื่องจากมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลาสามารถปล่อยปลาได้ในความหนาแน่นสูง

ข้อดีและข้อเสียในการเลี้ยงปลาในบ่อดินและในกระชังในประเทศไทย (กรมประมง, 2521)

1. การเลี้ยงปลาในบ่อดินต้องใช้พื้นที่มากกว่าการเลี้ยงในกระชัง แต่ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงปลาในกระชังจะให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่ามาก

2. คุณสมบัติของน้ำในบ่อดินและในกระชังมีความแตกต่างกัน ในบ่อดินคุณสมบัติของน้ำจะเสื่อมลงเรื่อยๆ ต้องมีการถ่ายเทน้ำอยู่เสมอ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ส่วนกระชังนั้นมีน้ำไหลเวียนอยู่เสมอ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

3. การจับปลาในบ่อดินต้องใช้อวน หรือมีการวิดน้ำออกถ้าต้องการจับปลาให้หมด ซึ่งลำบากกว่าการจับปลาในกระชัง

4. ทำเลที่ตั้งต้องมีความเหมาะสม จึงสามารถติดตั้งกระชังเลี้ยงปลาได้ ส่วนบ่อดินสามารถแก้ไข้ตามความต้องการได้

5. การเลี้ยงปลาในกระชัง ต้องใช้กระชังที่มีความถี่ของตาอวนอย่างน้อย 2 ขนาดเพื่อเลี้ยงปลาตั้งแต่เล็กจนโต ส่วนในบ่อดินสามารถเลี้ยงปลาได้ทุกขนาด

6. ในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นเกิดผิดปกติ เช่น การเกิดสารพิษ การเลี้ยงปลาในบ่อดินสามารถแก้ปัญหาได้ดีโดยไม่นำน้ำนั้นมาใช้เลี้ยงปลา ส่วนในกระชังนั้นไม่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งทำความเสียหายให้กับผู้เลี้ยงเป็นอย่างมาก

7. การอนุบาลปลาขนาดเล็กในบ่อดิน ต้องมีการเตรียมบ่ออนุบาลที่ค่อนข้างยุ่งยาก ส่วนการเลี้ยงปลาในกระชังเพียงแต่เลือกสถานที่ได้เหมาะสมจะสามารถอนุบาลได้ในทันที

8. ความเข้าใจในเรื่องของการเลี้ยงปลาในบ่อดินของเกษตรกรค่อนข้างจะดีกว่าความเข้าใจในเรื่องการเลี้ยงปลาในกระชัง

9. การเลี้ยงปลาในกระชังต้องใช้แรงงานคนมากกว่าการเลี้ยงปลาในบ่อดิน เนื่องจากต้องทำความสะอาดกระชังและตรวจซ่อมอย่างสม่ำเสมอ

กรมประมง (2521) รายงานว่า ในการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังหรือที่ล้อมขัง โดยเริ่มเลี้ยงปลาขนาด 300-500 กิโลกรัมต่อพื้นที่กระชัง 100 ตารางเมตร ในระยะการเลี้ยง 12 เดือนมีอัตรารอด 90 เปอร์เซ็นต์

เฉลิมวิไล ชื่นศรี (2523) รายงานว่า ปลากะพงขาวเลี้ยงได้ดีทั้งในบ่อซีเมนต์และบ่อดิน ขนาดของบ่อไม่จำกัด ความลึกของน้ำไม่ควรน้อยกว่า 50 เซนติเมตร ความหนาแน่น 150-200 ตัวต่อตารางเมตร น้ำที่เลี้ยงมีความเค็มตั้งแต่ 1 ส่วนในพันส่วนถึง 20 ส่วนในพันส่วน ลูกปลาควรเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 15-20 ส่วนในพันส่วน ลูกปลาขนาด 10-15 เซนติเมตรปล่อยเลี้ยงในอัตรา 2-4 ตัวต่อตารางเมตร ปลาขนาดโตกว่านี้ปล่อยเลี้ยงในอัตราตัวละ 1-4 ตารางเมตร ปลาที่เลี้ยง 5 เดือนควรมีน้ำหนักอย่างน้อย 250 กรัม ใช้อาหารเลี้ยง 1-10 กิโลกรัมได้ปลากะพงขาว 1 กิโลกรัม

ขณิษฐา เขตสมุทร (2524) รายงานว่า ลักษณะพันธุ์ปลากะพงขาวที่ควรใช้เลี้ยงควรเป็นปลาขนาดและรุ่นเดียวกัน เพื่อป้องกันการกินกันเองหรือการแย่งอาหารและไม่ควรเลือกพันธุ์ปลาขนาดใหญ่เกินไป ปลาที่เหมาะสมใช้เลี้ยงในกระชังควรเป็นปลาขนาดความยาว 10-15 เซนติเมตร อัตราปล่อยเลี้ยง 4-6 ตัวต่อตารางเมตร

สุจินต์ มณีวงศ์ และคณะ (2524) รายงานว่า ปลากะพงขาวเป็นปลาประเภทกินเนื้อปลาชนิดอื่นเป็นอาหารหรือสัตว์น้ำขนาดเล็กอื่น ๆ เช่น กุ้ง ปู หอย หรืออาจกินกันเองเมื่อมีขนาดเล็กและหิวอาหารโดยทำการออกล่าเหยื่อให้เห็นเสมอ ๆ แต่ลักษณะดังกล่าวจะหมดไปเมื่อนำมาเลี้ยงรวมกันเป็นจำนวนมาก ๆ โดยใช้อาหารประเภทเศษปลาหรือปลาเป็ดซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่ำและมีอยู่ปริมาณมากอย่างเพียงพอตามจังหวัดชายทะเล

วิเชียร สาคเรศ (2526) รายงานว่า ปัจจุบันปลากะพงขาวนิยมเลี้ยงในกระชังมากขึ้น เพราะไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับน้ำเสียและสามารถใช้พื้นที่น้อยเลี้ยงปลาได้ในปริมาณมาก อีกทั้งยังเป็นการเลี้ยงที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดด้วยโดยจะได้ผลผลิต 20-50 กิโลกรัมต่อกระชังขนาด 1 ตารางเมตร

<u>ผลผลิตของปลากะพงขาวในกระชัง</u>

การเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังที่มีขนาด 100 ตารางเมตร เกษตรกรได้ทำการปล่อยปลาที่มีน้ำหนักขนาด 100-200 กรัม ด้วยความหนาแน่น 12 ตัวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ปรากฏว่าได้ผลผลิตได้ในปีหนึ่ง ๆ ประมาณ 200-300 กิโลกรัมต่อปี

ในปี พ.ศ. 2527 มีการศึกษาถึงต้นทุนของการผลิตและรายได้ของการเลี้ยงปลากะพงขาวโดยนักวิชาการประมงที่อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ปรากฏว่าผลผลิตของปลากะพงขาวเฉลี่ยกระชังละ 569.67 กิโลกรัมซึ่งเมื่อคิดถึงต้นทุนในการผลิตต่อหนึ่งกิโลกรัมพบว่าเท่ากับ 30.79 บาท จากการศึกษาของ วิเชียร สาคเรศ (2526) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังโดยปล่อยปลาที่มีขนาด 10-15 เซนติเมตร ในอัตรา 100 ตัวต่อตารางเมตร เมื่อเลี้ยงได้ 6 เดือนจะให้ปลาที่มีขนาดน้ำหนัก 500-800 กรัม สูงถึง 59.31 กิโลกรัม ต่อพื้นที่กระชัง 1 ตารางเมตร

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังจะสามารถให้ผลกำไรที่คุ้มค่าราคาลงทุนซึ่งเกษตรกรประมงหลายคนได้ให้ความสนใจและมีการลงทุนเพิ่มมากขึ้น

ผลผลิตของปลากะพงขาวในบ่อดิน

ผลผลิตโดยทั่วไปในระยะเวลาการเลี้ยง 6 เดือนจะให้ผลผลิตประมาณ 400 กิโลกรัมต่อพื้นที่ของบ่อ 1 ไร่ และจากการศึกษาทดลองของสถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง เริ่มจากการปล่อยปลากะพงขาวที่มีขนาด 5-8 เซนติเมตรลงในบ่อเลี้ยงนั้นจะปล่อยปลา 2 ตัวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เลี้ยงด้วยอาหารพวกปลาเป็ดในระยะเวลาการเลี้ยง 6 เดือน พบว่ามีอัตราการรอดตายสูงถึง 92.87 เปอร์เซนต์ ให้ผลผลิต 1467.22 กิโลกรัมต่อพื้นที่ของบ่อ 1 ไร่

โรคและศัตรูปลากะพงขาว

บุญศรี บุญเรือง และคณะ (2512) รายงานว่า ศัตรูของลูกปลากะพงขาวส่วนใหญ่จะเป็นพวกปลากินเนื้อขนาดใหญ่ เช่น ปลาช่อน ปลากระบอก ปลาดุก ปลาปักเป้า และปลากะพงขาวที่ตัวโตกว่า งูน้ำ และนกกินปลาต่าง ๆ

สุจินต์ มณีวงศ์ และคณะ (2524) รายงานว่า ปลากะพงขาวที่เลี้ยงรวมกันในบ่อหรือในกระชังสามารถเกิดโรคอันเป็นสาเหตุให้ปลาตายได้ดังนี้

1. การตายเกิดจากคอหัก มักพบเสมอในปลากะพงขาวเกิดจากการท า ใจวิ่งชนขอบบ่อหรือชนข้างกระชัง

2. อวัยวะใต้คางหลุดจากกระดูกขากรรไกร ทำให้ส่วนใต้คางเปิดอ้ากินอาหารไม่ได้ และตายในที่สุด

3. การตายเนื่องจากแบคทีเรีย ทำให้เกิดอาการเน่าภายในลำตัวมีสาเหตุมาจากการจับปลาบ่อย ๆ หรือโดนเงี่ยงของปลาตัวอื่นแทง

4. การตายเนื่องจากความอ้วน ปลากะพงขาวที่เลี้ยงส่วนใหญ่มีไขมันในช่องท้องมาก ทำให้ตับมีขนาดใหญ่และสีขาวซีด เมื่อปลาอ่อนเพลียจากน้ำขุ่น น้ำเสีย หรืออุณหภูมิน้ำที่สูงเกินไป ปลากะพงขาวที่อ้วนเกินไปมีการตายได้ง่าย

5. การตายเนื่องจากพยาธิ เช่น เห็บน้ำและเหาน้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้ปลาดิ้นทุรนทุรายและตายในที่สุด

6. การตายเนื่องจากน้ำเสีย ภายในบ่อมักเกิดจากอาหารที่เหลือตกค้างทำให้น้ำเกิดการเน่าเสียได้

2. ความต้องการไขมันของปลา

ไขมันหรือลิพิดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแหล่งหนึ่งที่มีการศึกษากันมากในด้านอาหารสัตว์น้ำ ไขมันจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ซึ่งไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เป็นต้น ไขมันมีหน้าที่เป็นโครงสร้างของเยื่อเซลล์ เนื่องจากไขมันทุกตัวมีกรดไขมัน และเป็นแหล่งให้พลังงานของร่างกาย รวมทั้งเป็นแหล่งกำเนิดกรดไขมันที่จำเป็นต่าง ๆ ของร่างกาย ช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันและเป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนบางชนิดเช่น พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) และ สเตอร์รอยด์ (steroid) เป็นองค์ประกอบของคลอเรสเทอรอลและกรดน้ำดีด้วย ในกรณีที่ปลาได้รับไขมันน้อยเกินไป ปลาจะนำโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต (ไกลโคเจน) ที่สะสมในร่างกายมาเผาผลาญให้เกิดพลังงานทำให้ปลาผอมลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปลาได้รับไขมันมากเกินไปก็จะนำไขมันส่วนที่เหลือใช้ไปสะสมในเนื้อเยื่อและทำให้ปลาอ้วนเพราะไขมันจะสะสมบริเวณภายในช่องท้องหรือรอบ ๆ อวัยวะภายในซึ่งมีผลต่อคุณภาพเนื้อหรือความนิยมบริโภคเนื้อปลา

ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาส่วนมากควรอยู่ในช่วง 10-15 เปอร์เซนต์ ซึ่งระดับไขมันดังกล่าวทำให้ปลาใช้โปรตีนอย่างมีประสิทธิภาพ มีการเติบโตปกติ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อน้อยมาก (Cowey and Sargent, 1979) อำนวย (2525) รายงานว่า ระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลาเขตร้อน เช่น ปลานิล ปลาดุก และปลาไหล ควรมีประมาณ 10 เปอร์เซนต์ และสำหรับปลาคาร์พควรมีประมาณ 10-15 เปอร์เซนต์ ในปลาเทร้าพบว่าเติบโตได้ดีเมื่อได้รับสัดส่วนของโปรตีนและไขมัน 35 เปอร์เซนต์และ 15-20 เปอร์เซนต์ตามลำดับ (Takeuchi *et al.*, 1979)

ระดับไขมันในอาหารมีผลต่อการผลิตอาหารปลาด้วยเช่นกัน การผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำไม่ควรมีไขมันเกิน 5 เปอร์เซนต์เนื่องจากอาหารเม็ดลอยน้ำจะต้องมีคาร์โบไฮเดรตปริมาณมากเพื่อจะได้พองตัวเวลาถูกไอน้ำ และถ้าต้องการอาหารที่มีไขมันมากกว่าที่กำหนดก็อาจใช้วิธีพ่นเคลือบ (spray) ที่ผิวอาหารเม็ดหลังจากเสร็จสิ้นการอัดเม็ด การใช้น้ำมันเคลือบอาหารเม็ดมีข้อดีที่มีกลิ่นไปกระตุ้นให้ปลากินอาหารดีขึ้นแต่อาจเป็นปัญหาในการเก็บรักษา ซึ่งอาจจะเหม็นหืนได้เนื่องจากการออกซิเดชั่นในไขมัน จึงควรใส่สารกันหืน เช่น บี เอชที (BHT) หรือ อีทอกไซควิน (ethoxyquin)ในอัตรา 200 กรัม / ตัน และเก็บอาหารในที่มืด การเลี้ยงปลาเชิงการค้า เช่นปลาดุก ปลานิล หรือปลาเทร้า ควรได้รับอาหารที่มีไขมันไม่เกิน 8 เปอร์เซนต์ เพราะไขมันที่มากเกินไปอาจทำให้การอัดเม็ดยาก ถ้าต้องการมากกว่า 8 เปอร์เซนต์ ให้ใช้วิธีพ่นเคลือบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ความต้องการกรดไขมันของปลา

กรดไขมันจัดเป็นคาร์บอกซิลิค (carboxylic) ที่มีหมู่ -COOH เพียงหมู่เดียวต่อกับไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) สายยาวเส้นตรงมีสูตรโครงสร้าง $CH_3(CH_2)_nCOOH$ กรดไขมันที่พบในธรรมชาติมักเป็นคาร์บอนอะตอมคู่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายในไขมัน (saponifiable lipid) มีส่วนน้อยที่อยู่ในรูปกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กรดไขมันแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, ดูตัวอย่างในตารางที่ 1) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยว เมื่อมีคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น จะมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น ส่วนใหญ่จะพบในไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์ เช่น น้ำมันวัว น้ำมันหมู เป็นต้น อีกประเภทหนึ่งคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid, ดูตัวอย่างในตารางที่ 2) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ เมื่อมีคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้นจุดหลอมเหลวจะต่ำลง มักพบทั้งในน้ำมันจากพืช (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจากสัตว์น้ำ เช่นน้ำมันตับปลา น้ำมันปลา (ปลาสลิด ปลาคอด ปลาทูน่า เป็นต้น) (Maynard and Loosli, 1969)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวปัจจุบันนิยมเขียนสัญลักษณ์ย่อเป็นชื่อ n ความหมายของตัวเลขแรกหมายถึงจำนวนคาร์บอนทั้งหมดที่มีในกรดไขมันและตัวที่สองหมายถึงจำนวนพันธะคู่ทั้งหมดที่มีกรดไขมัน โดย n จะแสดงถึงตำแหน่งพันธะคู่ตัวแรกที่ปรากฏในกรดไขมัน นับจากปลายสุดกลุ่มเมธิล (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) กรดไขมันที่ศึกษากันมากได้แก่ กรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง HUFA (Highly Unsaturated Fatty Acid, HUFA) ซึ่งหมายถึงกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 18, 20 และ 22 อะตอม และจะมีพันธะคู่ตั้งแต่ 2-6 คู่ เรียงตัวกันในลักษณะไอโซเมอร์แบบซิส (cis-configuration) (Egan *et al.*, 1981) ทางด้านอาหารสัตว์น้ำถือว่ากรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential Fatty Acid, EFA) ของสัตว์น้ำมี 2 ชนิด คือกรดลิโนเลอิค (linoleic acid) อยู่ในกลุ่ม n-6 และกรดลโนเลนิค (linolenic acid) อยู่ในกลุ่ม n-3 เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมัน 2 ชนิดนี้เองได้ จำเป็นต้องรับจากอาหารเท่านั้น สัตว์น้ำที่ไม่ได้รับกรดไขมันเหล่านี้จากอาหารจะมีการเติบโตช้า เบื่ออาหาร (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างกรดไขมันที่อิ่มตัวชนิดต่างๆ (ดัดแปลงจาก Maynard and Loosli, 1969)

ชื่อสามัญ	สูตร	สัญญลักษณ์ย่อ	จุดหลอมเหลว (°C)
กรดบิดไทริค	$C_4H_8O_2$	4:0	-7.9
กรดคาโพรอิค	$C_6H_{12}O_2$	6:0	-3.4
กรดคาโพรสิค	$C_8H_{16}O_2$	8:0	16
การคาพริค	$C_{10}H_{20}O_2$	10:0	31
กรดลอริค	$C_{12}H_{24}O_2$	12:0	44
กรดไมริสติค	$C_{14}H_{28}O_2$	14:0	54
กรดปาลมิติค	$C_{16}H_{32}O_2$	16:0	63
กรดสเตียริค	$C_{18}H_{36}O_2$	18:0	70
กรดอะราชิดิค	$C_{20}H_{40}O_2$	20:0	76
กรดลิกโนเซริค	$C_{24}H_{48}O_2$	24:0	86

ตารางที่ 2 ตัวอย่างกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวชนิดต่างๆ (ดัดแปลงจาก Maynard and Loosli, 1969)

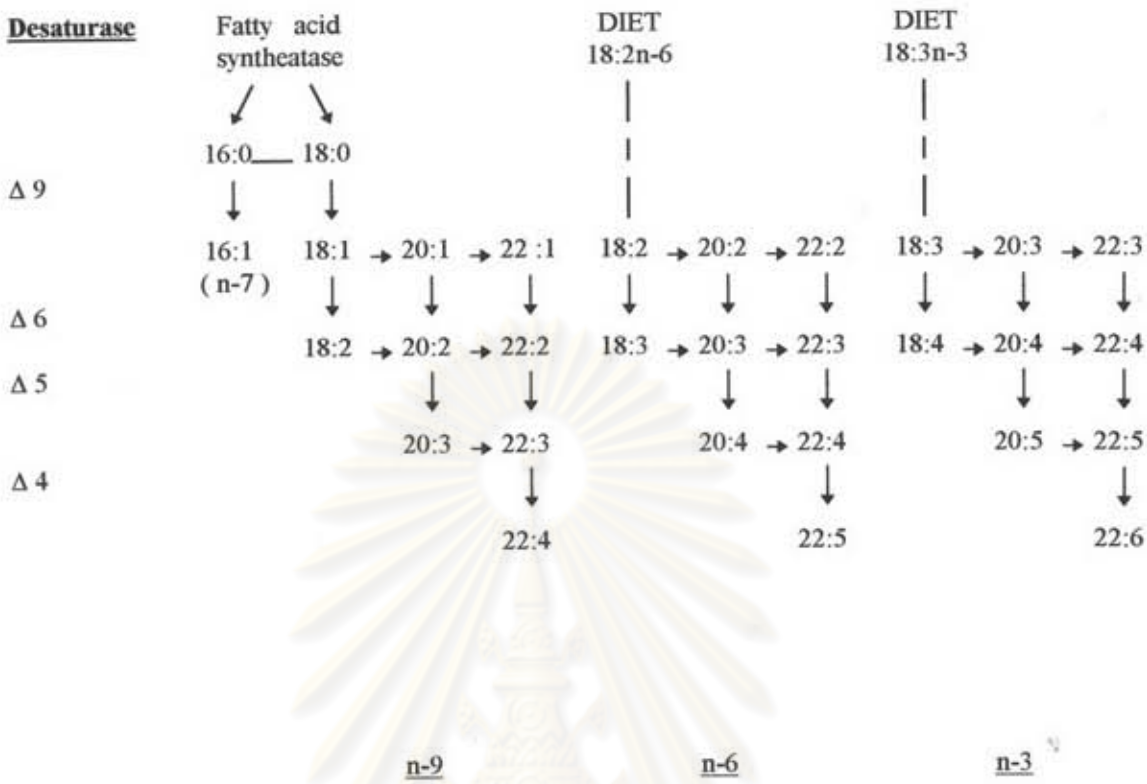
ชื่อสามัญ	สูตร	สัญลักษณ์ย่อ	จุดหลอมเหลว (°C)
กรดปาลมิโตเลอิค	$C_{16}H_{36}O_2$	16:1n7	0.5
กรดโอเลอิค	$C_{18}H_{34}O_2$	18:1n9	13.4
กรดไลโนเลอิค	$C_{18}H_{32}O_2$	18:2n6	-5
กรดไอโนเลนิค	$C_{18}H_{30}O_2$	18:3n3	-11
กรดอะราชิโดนิค	$C_{20}H_{32}O_2$	20:4n6	-49.5
กรดลูปาโนโดนิค	$C_{20}H_{34}O_2$	22:3n5	-78

การศึกษาทางโภชนาการของความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นในปลามีการศึกษากันแพร่หลายในปลาหลายชนิด พบว่าในปลาวัยอ่อนต้องการ n-3 HUFA ในปริมาณที่สูงกว่าปลาวัยรุ่น เพื่อใช้ในการสร้างสมองและตา (Takeuchi *et al.*, 1989) ปลาแซลมอนได้ถูกเลือกเป็นสัตว์ในการทดลองครั้งแรก ๆ นักวิทยาศาสตร์พบว่า ปลาเรนโบว์ เทร้า (rainbow Trout) ต้องการกรดไขมันในตระกูลลิโนเลอิค (กลุ่ม n-3 HUFA) เพื่อการเติบโตและการเพิ่มความต้านทานโรค (Lee and Patnam, 1973; Higashi *et al.*, 1964, Castell *et al.*, 1972a, b, c; Watanabe, 1974)

การศึกษาการสังเคราะห์กรดไขมันโดยใช้อะซิเตท (acetate) ที่ผ่านสารกัมตภาพรังสีฉีดเข้าไปในตัวปลาแล้ววิเคราะห์เนื้อเยื่อปลา พบว่าปลาสามารถเอาอะซิเตทสังเคราะห์เป็นกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมั นไม่อิ่มตัวซึ่งมี 1 พันธะคู่ (monoenoic acid) เท่านั้น (Castell, 1979) ปลาสามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงได้ต่อเมื่อรับสารตั้งต้นจากอาหารได้แก่ 18:1n9, 18:2n6 และ 18:3n3 เท่านั้น สำหรับกรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบในเนื้อเยื่อปลาจะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งจะมีการสังเคราะห์โดยการเพิ่มจำนวนคาร์บอนและเพิ่มพันธะคู่ (Maynard and Loosli, 1969) ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

Owen (1975) รายงานว่าจากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อ ปลาเรนโบว์ เทร้า และปลาเทอร์ บอท (turbot) ที่ได้รับกรดไขมันเป็นเวลา 6 วันพบว่า ปลาเรนโบว์ เทร้า สามารถนำ 18:3n3 ไปสังเคราะห์เป็น 22:6n3 ได้ถึง 70 เปอร์เซนต์ ในขณะที่ปลาเทอรบอทสามารถนำ 18:1n9, 18:2n6 และ 18:3n3 ไปสังเคราะห์กรดไขมันที่มีความอิ่มตัวสูงได้น้อยมาก (ประมาณ 3-15 เปอร์เซนต์)

Yamada *et al.* (1980) เปรียบเทียบความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันของปลา 5 ชนิด (red seabream, black seabream, opaleye stripped mullet และ rainbow trout) โดยการผสม 18:3n3 ในอาหารให้กินเป็นเวลา 6 วัน จากการวิเคราะห์เนื้อเยื่อปลา พบว่าปลาเรนโบว์ เทร้าสามารถเปลี่ยน 18:3n3 เป็น 22:6n3 ได้มากที่สุด ในขณะที่ปลาทะเลอีก 4 ชนิด สามารถสังเคราะห์ 22:6n3 ได้น้อยมากเพราะพบ 18:3 n3 เหลืออยู่ปริมาณมาก (82-91 เปอร์เซนต์)



รูปที่1 ขั้นตอนการเพิ่มคาร์บอนและพันธะคู่ของกรดไขมัน (ลูกศรแนวนอนแสดงการ เพิ่มคาร์บอนทีละ 2 คาร์บอน ลูกศรแนวตั้งแสดงการเพิ่มพันธะคู่ทีละ 1 คู่)

ที่มา : Sargent *et al.*, (1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. กลุ่ม n-6 HUFA

18:3ω6 20:4ω6 22:5ω6

-2 H +2 C -2 H +2 C -2 H

18:2ω6 20:3ω6 22:4ω6

+2 C -2 H +2 C -2 H

20:2ω6 22:2ω6

2. กลุ่ม n-3 HUFA

18:4ω3 20:5ω3 22:6ω3

-2 H +2 C -2 H +2 C -2 H

18:3ω3 20:4ω3 22:5ω3

+2 C -2 H +2 C -2 H

20:3ω3 22:4ω3

3. กลุ่ม n-9 HUFA

18:2ω9 20:3ω9

-2 H +2 C -2 H

18:1ω9 20:2ω9

+2 C -2 H

20:1ω9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 ปฏิกิริยา การเพิ่มจำนวนพันธะคู่ (desaturation) และการเพิ่มจำนวนคาร์บอน (elongation) ของกรดไขมันในปลาน้ำจืด

ที่มา : Castell *et al.*, (1972a); Owen. (1975)

Kanazawa *et al.* (1985) เปรียบเทียบความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันของปลา 6 ชนิด (rainbow trout, ayu, eel, red sea bream, puffer และ rockfish) ในการนำ 18:3n3 ไปสังเคราะห์เป็นกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง และแสดงความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันเปรียบเทียบกับค่าสูงสุด (relative bioconversion, ability RBCA) ของปลาเรนโบว์ เทร้า ซึ่งเป็น 100 โดยพบว่าค่า RBCA ของปลาอะยู ปลาไหล ปลาบรีม ปลาปักเป้า และปลาร็อคฟิช มีค่าเป็น 36, 20, 15, 13 และ 7 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันของปลาบางชนิด

ชนิดปลา	เปอร์เซนต์ 18 : 3n3 ที่เปลี่ยนเป็น 20 : 5n3, 22 : 5 n 3 และ 22 : 6n3	RBCA
ปลาเรนโบว์ เทร้า	12.7	100
ปลาอะยู	4.5	36
ปลาไหล	2.5	20
ปลาบรีม	1.9	15
ปลาพัฟเฟอร์	1.6	13
ปลาร็อคฟิช	0.9	7

ที่มา : Kanasawa *et al.* (1985)

ปลาแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์กรดไขมันแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเค็ม กรดไขมันที่ปลาสังเคราะห์ขึ้นจะนำไปเก็บในอวัยวะต่างๆ เช่น สมอง ตับ กล้ามเนื้อ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถสะสมให้เป็นพลังงานสำรอง ถ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ร่างกายขาดอาหารในเวลานาน ปลาแต่ละชนิดก็อาจเลือกใช้พลังงานสำรองมาใช้แตกต่างกัน เช่น ปลาแรนโบว์ เทร้า ที่อดอาหารเป็นระยะเวลานาน จะนำกรดไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อไขมันรอบอวัยวะภายในมาใช้มากกว่ากรดไขมันที่สะสมในตับ หรือ กล้ามเนื้อ ส่วนปลาหมอเทศก็จะนำกรดไขมันจากกล้ามเนื้อมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองมากกว่าบริเวณเนื้อเยื่อรอบๆอวัยวะภายในเป็นต้น (Sargent *et al.*, 1989)

ความต้องการกรดไขมันของปลาอยู่ในช่วงประมาณ 0.5-2.0 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 4) ปลาที่ขาดกรดไขมันดังกล่าวจะแสดงอาการดังนี้คือ มีการเจริญเติบโตช้าลง อัตราแลกเนื้อสูงขึ้น เบื่ออาหาร หรือ มีอาการผิดปกติที่อวัยวะบางอย่าง มีอัตราการตายสูง ในปลาบางชนิดอาจมีอาการช็อค ปลาที่ได้รับกรดไขมันมากเกินไปจะมีการเจริญเติบโตช้าลง และอัตราแลกเนื้อสูงขึ้น (NRC, 1983)

ตารางที่ 4 แสดงความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกายของปลาบางชนิด

ชนิดปลา	กรดไขมัน	ความต้องการ (เปอร์เซนต์)	ผู้วิจัย
ปลาแรนโบว์ เทร้า	18:3n3	0.83-1.66	Watanabe *et al.* (1974)
ปลาไน	18:2n6	1	Takeuchi and Watanabe. (1977)
	18:3n3	1	
ปลาไหล	18:2n6	0.5	Takeuchi *et al.* (1980)
	18:3n3	0.5	
ปลาชัมแซลมอน	18:2n6	1	Takeuchi *et al.* (1979)
	18:3n3	1	
ปลานิล	18:2n6	1	Takeuchi *et al.* (1983)

ที่มา : วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย (2536)

กรดไขมันกลุ่ม n-3 เรียกว่ากลุ่มลิโนเลนิค (linolenic acid) กรดไขมันกลุ่มนี้มีสารตั้งต้นเป็น 18:3n3 ซึ่งจะนำมาใช้สังเคราะห์กรดไขมันชนิดอื่นๆ เช่น 18:4 n3, 20:3n3, 20:4n3, 20:5n3, 22:5n3, 18:4n3 เป็นต้น

linolenic acid $[CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH]$

n-3 HUFA เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 ส่วนใหญ่พบมากในน้ำมันปลาทะเล เช่น น้ำมันปลาคอท (cod liver oil) มี 20-25 เปอร์เซนต์ น้ำมันตับปลาหมึก (squid liver oil) มี 25-30 เปอร์เซนต์ และน้ำมันตับปลาพอลลอค (pollock liver oil) มี 12-20 เปอร์เซนต์ กลไกที่ n-3 HUFA ช่วยเร่งการเจริญเติบโตยังเป็นปริศนาอยู่ แต่มีนักวิจัยเสนอว่าอาจเป็นเพราะ

1. วิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น A และ D (Honjo, 1965)
2. พอสโพลิบิด (Phospholipid) (Phillips, *et al.*, 1963)
3. กลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว (HUFA) (Higashi *et al.*, 1964)

การวิจัยเกี่ยวกับความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นของสัตว์น้ำแตกต่างกันไปตามชนิดของปลาและชนิดของกรดไขมันที่ต้องการเช่น

ปลานิลเป็นปลาที่สามารถอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ต้องการกรดลิโนลีอิค (linoleic acid หรือ 18:2n6) หรือกรดอีโคซะเตตราอีโนอิค (eicosate-traenoic acid หรือ 20:4n6) ในอาหารในปริมาณ 1.0 เปอร์เซนต์ และ 0.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ (Kanazawa *et al.*, 1980; Takeuchi *et al.*, 1983)

ปลาคาร์ฟ, ปลาไหลญี่ปุ่นและปลาซัมเซลมอน ต้องการกรดไขมันที่จำเป็น 2 อย่างผสมกันคือ 18:2n6 และกรดลิโนลินิค (linolenic acid) หรือ 18:3n3 อย่างละ 1.0 เปอร์เซนต์, 0.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ (Watanabe *et al.*, 1975a, 1975b, 1987, Takeuchi *et al.*, 1979, 1980)

ปลาทะเล เช่นปลาแรดซีบรีม, ปลาซีกเดียวและปลาสไตพ์แจคนั้นต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA อันได้แก่ 22:5n3 และ 22:6n3 (Yone and Fujii 1975a, b; Cowey *et al.*, 1976; Bell *et al.*, 1985; Watanabe *et al.*, 1987)

จารุรัตน์ บูรณะพาณิชย์กิจ และคณะ (2531) ศึกษาความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นกลุ่ม n-3 HUFA ของปลากะพงขาว Lates calcarifer วัยรุ่นขนาด 1.3 กรัม เป็นเวลา 12 สัปดาห์ในน้ำกร่อยด้วยอาหารทดลองที่มีกรดไขมัน n-3 HUFA 4 ระดับ คือ 0.46, 0.88, 1.72 และ 2.70 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีไขมันจากปลาป่นและน้ำมันตับปลาหมึกเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น พบว่าปลาบางตัวเริ่มแสดงอาการครีบแดงหลังจากได้รับอาหารที่มี n-3 HUFA 0.46 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และต่อมาแสดงอาการขาดกรดไขมันที่จำเป็นอย่างเรื้อรัง นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของอาหารต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ปลาทดลองที่กินอาหารที่มี n-3 HUFA 0.88 เปอร์เซนต์ แสดงอาการขาดกรดไขมันที่จำเป็นอย่างไม่รุนแรง อัตราตายในช่วง 12 สัปดาห์ของทุกชุดการทดลองต่ำ ปลาที่ได้รับอาหารทดลองซึ่งมี n-3 HUFA 1.72 เปอร์เซนต์ หรือประมาณ 13 เปอร์เซนต์ ของไขมันทั้งหมดของน้ำหนักอาหารแห้งให้การเจริญเติบโตดีที่สุด

องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อเยื่อปลาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไป (ตารางที่ 5) ขึ้นอยู่กับสาเหตุดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิ พบว่า มีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบกรดไขมันในเนื้อเยื่อปลา เช่น ปลาเขตหนาว หรืออุณหภูมิต่ำจะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อมากกว่าปลาที่อยู่ในเขตร้อนหรืออุณหภูมิสูงและมีผลทำให้ความต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3ของปลาเขตหนาว จึงมากกว่าปลาเขตร้อน เพราะกรดไขมันกลุ่ม n-3 ทำให้เนื้อเยื่อปลายืดหยุ่นได้ดีโดยเฉพาะสภาพอุณหภูมิต่ำนอกจากนี้จากสาเหตุดังกล่าวมีผลทำให้ปลาเขตร้อนต้องการกรด n-6 เพียงอย่างเดียวหรืออาจต้องการทั้งกลุ่ม n-3 และกลุ่ม n-6

2. ความเค็ม พบว่า มีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบไขมันในเนื้อเยื่อปลา เช่น ปลาน้ำเค็มส่วนมากจะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อมากกว่าปลาน้ำจืดเพราะปลาน้ำเค็มอยู่ในทะเลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าต้องการการเคลื่อนไหวที่คล่องแคล่วมากกว่า

3. ชนิดของอาหาร พบว่า มีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบเนื้อเยื่อปลาเช่นกัน เพราะถ้าปลานำกรดไขมันในอาหารไปใช้ หรือสะสมในเนื้อเยื่อปลา ปลาที่กินอาหารที่มีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบอยู่มากก็จะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับปลาที่กินอาหารที่มีกรดไขมันกลุ่ม n-6 เป็นองค์ประกอบก็จะมีกรดไขมันกลุ่ม n-6 ในเนื้อเยื่อ องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารแต่ละชนิดที่ปลากินเข้าไปจะมีความแตกต่างกัน เช่น แพลงก์ตอนพืช ไดอะตอม และสาหร่ายสีเขียว ซึ่งส่วนใหญ่จะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะ 20:5 n 3 และ 22:6 n 3 จะพบมากที่สุดแพลงก์ตอนสัตว์ส่วนใหญ่จะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 เป็นองค์ประกอบเช่นกัน ทำให้ปลาที่กินแพลงก์ตอนพืช หรือแพลงก์ตอนสัตว์จึงมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 ปริมาณมากเป็นองค์ประกอบ

ตารางที่ 5 องค์ประกอบกรดไขมันเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม

(Hepher, 1988)

กรดไขมัน	ปลาน้ำจืด	ปลาน้ำเค็ม
14 : 0	4.1	4.7
16 : 0	14.6	19.0
16 : 1	14.2	8.3
18 : 0	2.9	2.9
18 : 1	22.8	19.7
18 : 2 n 6	3.5	1.2
18 : 3 n 3	3.4	0.8
18 : 4 n 3	1.7	2.0
20 : 1	1.8	6.7
20 : 4 n 6	2.5	1.5
20 : 4 n 3	1.0	0.5
20 : 5 n 3	5.9	8.1
22 : 1	0.9	7.7
22 : 5 n 6	0.7	0.9
22 : 5 n 3	2.3	1.4
22 : 6 n 3	8.7	11.3
total saturated	23.3	25.7
total monoenoic	41.6	42.7
total n-6	6.0	3.6
total n-3	23.4	23.3
n-6:n-3	0.34	0.15

หมายเหตุ ปลาน้ำจืดจากปลา 5 ชนิด (sheeps-herd, tullibee, maria, alewife, rainbow trout) และปลาน้ำเค็มคำนวณจากปลา 7 ชนิด (atlantic salmon, pacific herring, atlantic cod, chinook salmon, mackerel, menhaden, deepson smelt)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย