บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเติบโตโดยน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีน้ำมันผสมอยู่ทั้ง 3 สูตร จะมีการเติบโตดีกว่าเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่ไม่มีน้ำมันผสมอยู่ ไม่ว่าจะเลี้ยงในระดับความเค็มใด การเติมน้ำมันผสมเพียง 5 เปอร์เซนต์นั้นเพื่อให้สามารถประยุกต์การทำอาหารปลาในอุตสาหกรรมได้ การผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำจำเป็นต้องมีคาร์โบไฮเดรตปริมาณมากเพื่อจะได้พองตัวเวลาถูกไอน้ำ Jauncey and Ross (1982) รายงานว่า การเลี้ยงปลาเชิงการค้า เช่น ปลาดุก ปลานิล ปลาเทร้า เป็นต้น ควรได้รับอาหารที่มีไขมันไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ เพราะไขมันมากเกินไปจะทำให้การอัดเม็ดยากขึ้น ซึ่งจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของสารอาหารพบว่ามีระดับไขมันประมาณ 9.43 เปอร์เซนต์ จึงใช้วิธีพ่นเคลือบน้ำมันลงบนเม็ดอาหารซึ่งจะมีข้อดีที่มีกลิ่นไปกระตุ้นให้ปลากินอาหารดีขึ้น

น้ำมันที่ใช้ในการทดลองทั้ง 2 ชนิด (น้ำมันข้าวโพดและน้ำมันปลาทูน่า) เป็นแหล่งไขมันของกลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Highly Unsaturated Fatty Acid, HUFA) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ ทำให้คาร์บอนในโมเลกุล สามารถจับกับไฮโดรเจนเพิ่มได้อีก กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้นจะมีจุดหลอมเหลวต่ำลง ทำให้สัตว์เลือดเย็นมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิน้ำ จึงสามารถย่อมกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่ในสภาพของเหลวได้ดี (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) ปลาทะเล เช่นปลา red seabeam, Chrysophrys major, ปลาซีกเดียวและปลาสไตฟ์แจค นั้นต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFAs; 20:4 n-3, 20:5n-3 22:5n-3 และ 22:6n3 (Yone and Fujii, 1975 a, b; Cowey *et al.*, 1976; Bell *et al.*, 1985; Watanabe *et al.*, 1987)

จากการคำนวณในอาหารทดลองที่มีไขมันผสมอยู่จะมี n-3 HUFA อยู่ระหว่าง 1.26-1.54 เปอร์เซนต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจารุรัตน์ บูรณะพาณิชย์กิจ และ

คณะ (2531) กล่าวว่าปลากะพงขาวมีความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นกลุ่ม n-3 HUFA อยู่ระหว่าง 1.2-1.72% ซึ่งเพียงพอต่อการเติบโต และอัตราการรอดตายสูง (Corneillie, 1989) Watanabe *et al.* (1987) พบว่าความต้องการของปลาสไตฟ์แจคต้องการ n-3 HUFA เท่ากับ 1.8% ปลาทะเลเช่นปลาเรดซีบรีม และปลาซีกเดียว ต้องการ n-3 HUFA เท่ากับ 0.5%, 0.8% ตามลำดับ (Yone *et al.*, 1975a, b)

เนื่องจากปลาต้องการไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน ในกรณีที่ปลาได้ไขมันน้อยเกินไปก็จะนำโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต (ไกลโคเจน) ที่สะสมในร่างกายมาเผาผลาญให้เกิดพลังงานและทำให้ปลาผอมลงหรืออาจนำโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในอาหารมาใช้ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าปลาได้รับไขมันมากเกินไปก็จะนำไขมันส่วนที่เหลือไปใช้สะสมในเนื้อเยื่อและทำให้ปลาอ้วนเพราะไขมันจะสะสมบริเวณภายในช่องท้องหรือรอบ ๆ อวัยวะภายใน ซึ่งอาจมีผลต่อเนื่องไปยังคุณภาพเนื้อหรือความนิยมบริโภคเนื้อปลา

ความต้องการกรดไขมันปลาได้มีการศึกษาทั้งด้านคุณภาพและปริมาณโดยการศึกษาทางด้านคุณภาพทราบว่าปลาต้องการกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกาย 2 ตัวคือ กรดลิโนเลอิค (18:2n6) และกรดลิโนเลนิค (18:3n3) ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกายของปลาชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าปลาส่วนมากมีความต้องการการกรดไขมันดังกล่าวประมาณ 0.5-2 เปอร์เซนต์ Izquierdo *at al.* (1989) รายงานว่าเมื่อเสริมปริมาณ n-3 HUFA 5.53 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักให้โรติเฟอร์เพื่อเลี้ยงลูกปลา seabeam วัยอ่อนจะมีการเติบโตดี ปลาที่ได้รับกรดไขมันมากเกินไปจะมีการเติบโตช้าลง และอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อมีค่าสูงขึ้น เช่นปลาเรนโบว์ เทร้า ที่ได้รับกรดลิโนเลนิค 4% พบว่ามีอัตราการเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงเช่นเดียวกับปลาแชนเนล แคทฟิช (NRC, 1983) ส่วนอาการของปลาที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกายโดยเฉพาะอาการผิดปกติของอวัยวะบางอย่างมักจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเยื่อเซลล์ที่ผิดปกติ โดยปลาหลายชนิดพบว่าจะมีไขมันปริมาณมากสะสมในตับ ทำให้ตับมีขนาดใหญ่และซีด และไมโทคอนเดรียในตับก็มี

ขนาดใหญ่ นอกจากนี้อาจพบอาหารครีบเปื่อย โดยเฉพาะครีบหางหรือความชื้นในร่างกายเพิ่มขึ้น (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

ก่อนการทดลองพบว่าเมื่อให้ปลากระพงขาวฝึกกินอาหารเม็ดสูตรที่ไม่มีน้ำมันผสมพบว่าปลาบางตัวเริ่มออกอาการปากแดง เมื่อทำการทดลองหลังจากแบ่งเป็น 16 ชุดการทดลองแล้ว ผลปรากฏว่ากลุ่มปลาที่ยังคงเลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ไม่มีน้ำมันผสมมีอาการขาดกรดไขมันอย่างเรื้อรัง และรุนแรงมากตามลำดับ คือปากแดง ครีบแดง กินอาหารลดลง มักคายอาหารทิ้ง ตัวเริ่มคล้ำ ตกใจง่าย บางตัวมีรอยช้ำที่กระพุ้งแก้ม ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Yone *et al.* (1975a, b); Bell *et al.* (1985) และ Watanabe *et al.* (1987) ศึกษาในปลาเรดซีบรีม ปลาซีกเดียว และปลาสไตฟ์แจค พบว่าถ้าขาด n-3 HUFA ปลาจะโตช้ามาก จารุรัตน์ บูรณะพาณิชย์กิจ และคณะ (2531) ศึกษาความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นของปลากะพงวัยรุ่นพบว่า อัตราการตายของปลากระพงขาวที่ขาดกรดไขมันที่จำเป็นไม่รุนแรงเนื่องจากหยุดการทดลองเสียก่อน แต่จะสังเกตุได้ว่าปลามีอาการตื่นตกใจง่าย กล่าวคือเมื่อเคาะตู้หรือใช้สวิงตักปลาจะว่ายน้ำหนีอย่างรวดเร็วไม่สามารถควบคุมตัวเองได้และตรวจสภาพตับซีดโต ซึ่งสอดคล้องกับอาการที่ Castell *et al.* (1972) ศึกษาในปลาเรนโบว์ เทร้าเมื่อตรวจดูอวัยวะภายในพบว่าตับจะมีสีซีด พบจุดแดงเป็นจ้ำ ๆ กระจายทั่วไปของตับตรงตามรายงานของ Takeuchi *et al.* (1982) ที่ตรวจสอบสภาพอาการตับซีดและบวมในปลาชิมแชลมอนและปลาเรนโบว์ เทร้า ส่วนในสูตรอาหารอื่น ๆ ในการทดลองที่ได้ผสมน้ำมันลงในอาหารเม็ดโดยน้ำมันเหล่านี้มีกรดไขมันที่จำเป็นกลุ่ม n-3 HUFA อยู่ในปริมาณต่างกันซึ่งจากการคำนวณพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของ n-3 HUFA อยู่ระหว่าง 1.26-1.54 จึงทำให้ปลากะพงขาวไม่แสดงอาการขาดกรดไขมันแต่อย่างใด

ปลากะพงขาวเป็นปลาน้ำกร่อยขนาดใหญ่ พบได้ตามแหล่งน้ำกร่อย ปากแม่น้ำหรือบริเวณป่าชายเลนที่มีส่วนติดกับทะเล ปลากะพงขาวสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในน้ำทะเล น้ำกร่อย และสามารถขึ้นไปอาศัย และเจริญเติบโตในแหล่งน้ำจืด จึงจัดเป็นปลาประเภทสองน้ำอย่างแท้จริง เพราะในวงจรชีวิตต้องมีการอพยพย้ายถิ่นระหว่างน้ำจืดแหล่งน้ำจืดน้ำเค็มไปมาอยู่เสมอ บุญศรี บุญเรือง และคณะ (2512) ได้ศึกษาและพบว่า

ปลากะพงขาวเป็นปลาที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของน้ำได้ดี อยู่ทั้งในน้ำเค็มและน้ำกร่อย นอกจากนี้ปลากะพงขาวยังสามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำจืดอีกด้วยจึงสามารถเลี้ยงได้ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำจืดหลากลงมามากๆ ในฤดูฝนโดยไม่เป็นอันตราย (กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536) โครงการหนังสือเผยแพร่ความรู้ทางการประมง สโมสรนิสิตคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2531) กล่าวว่า ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธ์ปลากะพงขาว การผสมพันธุ์ การวางไข่และการอนุบาลในระยะแรกน้ำที่ใช้ควรมีความเค็มอยู่ในระดับ 28-30 ส่วนในพันส่วน หลังจากอนุบาลในระยะแรกๆ แล้วจะทำการลดความเค็มเป็นประจำทุกๆ วัน ในแต่ละวันประมาณ 1-2 ส่วนในพันส่วน จนความเค็มเหลือ 20 ส่วนในพันส่วน จึงหยุดลดความเค็ม จะลดต่ำกว่านี้ก็ได้ ถ้าแหล่งน้ำที่จะนำลูกปลาไปปล่อยเลี้ยงมีความเค็มต่ำมาก ๆ

จากการทดลองได้นำความเค็มเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อว่าระดับความเค็มที่เท่าไหร่มีผลทำให้การเติบโตและอัตรารอดของปลากะพงขาวดีที่สุด และความต้องการของกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA ที่ความเค็มต่าง ๆ มีผลต่อการเติบโตและอัตรารอดของปลากะพงขาวหรือไม่อย่างไร พบว่าที่ระดับความเค็ม 0-30 ส่วนในพันส่วน สามารถเลี้ยงปลากะพงขาวให้เติบโตมีชีวิตอยู่ได้ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้ไม่พบการตายของปลากะพงขาวในทุกชุดการทดลอง แต่ระดับความเค็มที่ดีที่สุดในการทดลองครั้งนี้คือ 20 ส่วนในพันส่วน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ บุญส่ง สิริกุล และประกิต ไกรสิงห์เดชา (2525) ทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวที่ 3 ระดับความเค็ม คือที่ 32, 20 และ 10 ส่วนในพันส่วน พบว่าที่ระดับความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ปลากะพงขาวมีการเติบโตดีที่สุด และอัตรารอดดีที่สุด

ความเค็มเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการกรดไขมันของปลา ซึ่งปลาแต่ละชนิดก็มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์กรดไขมันได้แตกต่างกัน อีกทั้งอุณหภูมิก็ยังมีผลต่อความต้องการกรดไขมันของปลา ฉะนั้นจึงพบเสมอๆ ว่าปลาบางชนิดต้องการเฉพาะกรดลิโนเลอิค (n-6 HUFA) หรือบางชนิดต้องการกรดลิโนเลอิค (n-3 HUFA) หรือบางชนิดก็ต้องการทั้งลิโนเลอิคและลิโนเลนิค แต่ในขณะที่สัตว์บกกลับพบว่ามีความต้องการกรดลิโนเลอิคเพียงอย่างเดียวเท่านั้น นอกจากนี้ปลายังมีความต้องการกรดไขมัน

ในปริมาณต่ำซึ่งจากการทดลองพบความสัมพันธ์ของความเค็มและระดับ n-3 HUFA ต่อการเติบโตของปลากระพงขาว กล่าวคือ เมื่อศึกษาแนวโน้มความต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA ที่ระดับความเต็มต่าง ๆ พบว่าเมื่อความเค็มลดลงปลากะพงขาวต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA น้อยลง และต้องการกรดไขมันกลุ่ม n-6 HUFA เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Castell (1979) ได้ศึกษาสัดส่วนของค่า n-6/n-3 ในไทรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิปิดของปลา 2 ชนิด (seet smelt และ masu salmon) ที่อพยพระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มพบว่า ปลาทั้ง 2 ชนิดขณะอพยพไปน้ำจืดจะมีค่า n-6/n-3 มากกว่าขณะอพยพไปยังน้ำเค็ม โดยค่าเฉลี่ย n-6/n-3 ในไทรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิปิด ขณะอยู่ในน้ำจืดมีค่าเป็น 0.305 และ 0.290 ตามลำดับ และขณะอยู่ในน้ำเค็มมีค่าเป็น 0.120 และ 0.035 ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ความเค็มมีผลโดยตรงต่อความต้องการกรดไขมันของปลา เช่น ปลาน้ำเค็มส่วนมากจะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อมากกว่าปลาน้ำจืด เพราะปลาน้ำเค็มอยู่ในทะเลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าต้องการการเคลื่อนไหวที่คล่องแคล่วมากกว่า

Hepher (1988) ได้สรุปสัดส่วนกรดไขมันกลุ่ม n-6 ต่อกรดไขมันกลุ่ม n-3 (n-6/n-3) ในเนื้อเยื่อปลาพบว่า ปลาน้ำจืดจะมีค่าสัดส่วนดังกล่าวมากกว่าปลาน้ำเค็ม ตามปกติกรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบในเนื้อเยื่อปลาจะเป็นกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูงเนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า 0°C ทำให้เนื้อเยื่อปลามีความยืดหยุ่นได้ดี ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่าฟอสโฟลิปิดที่มีกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวมากเท่าไหร่ ก็ยิ่งมีผลทำให้เนื้อเยื่อมีความยืดหยุ่นตัวมากขึ้น กรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA มีความไม่อิ่มตัวมากที่สุด จึงทำให้เนื้อเยื่อยืดหยุ่นมากที่สุดซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปลาทุกชนิดมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA อยู่ในเนื้อเยื่อปลาแต่องค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อเยื่อปลาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันออกไป เช่น ปลาน้ำเค็มส่วนมากจะมีกรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อมากกว่าปลาน้ำจืด เพราะปลาน้ำเค็มอาศัยในอุณหภูมิต่ำต้องการการยืดหยุ่นตัวของเนื้อเยื่อเป็นอย่างดีขณะว่ายน้ำ

การทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า n-3 HUFA เป็นกรดไขมันที่มีบทบาทต่อการเติบโตและสุขภาพของปลากะพงขาว เช่นเดียวกับปลาอีกหลายชนิด เมื่อปลากะพงขาวอยู่ในน้ำจืดจะมีกลไกการปรับตัวเหมือนปลาน้ำจืดทั่วไปที่ร่างกายสามารถสร้างกรดไขมันที่มีห่วงโซ่คาร์บอนยาวและดับเบิลบอนด์มาก จากห่วงโซ่คาร์บอนสั้นกว่า และดับเบิลบอนด์น้อยกว่า ดังภาพที่ 2 สำหรับปลาทะเลปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลย ต่างกันในปลาแต่ละชนิด อาจเป็นไปได้ว่าปลากะพงขาวไม่สามารถสร้างกรดไขมันที่มีห่วงโซ่คาร์บอนยาวและดับเบิลบอนด์มาจากกรดไขมันที่มีห่วงโซ่คาร์บอนสั้น และมีดับเบิลบอนด์น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ จารุรัตน์ บูรณะพาณิชย์กิจ และคณะ (2531) พบว่าปลากะพงขาวไม่สามารถเปลี่ยนจาก 18:2n6 ไปเป็น 22:5n6 เมื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 28 ppt แต่กลไกการสังเคราะห์ในปลาชนิดนี้ยังเป็นปริศนาอยู่ เช่นเดียวกับปลาเทอร์บอท Scophthalmus maximus เป็นปลาทะเลที่ไม่สามารถเปลี่ยนจาก 18:2n6 เป็น 20:4n6 เมื่อขาดกรดไขมันกลุ่ม 20:5n3 และ 22:6n3 (Owen. 1975) ปลากะพงขาวทดลองเมื่ออยู่ที่ระดับความเค็มต่ำมีแนวโน้มการ n-6 HUFA ดีกว่า n-3 HUFA เมื่อพิจารณาจากสูตรอาหารที่เพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันข้าวโพดและลดน้ำมันปลาทูน่า พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลากะพงขาวจะมากขึ้นเมื่อเลี้ยงอยู่ที่ระดับความเค็มต่ำ แต่ในการทดลองเมื่อดูที่ระดับ n-3 HUFA ที่1.54 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สูตรอาหารที่3) ให้ผลของน้ำหนักเฉลี่ยดีที่สุดในทุกระดับความเค็มอาจเป็นเพราะเป็นระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตดีที่สุดในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ จารุรัตน์ บูรณะพาณิชย์กิจ และคณะ (2531) ว่าปลากะพงขาวต้องการ n-3 HUFA อยู่ในช่วง 0.88-1.72 เปอร์เซนต์