บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 คุณภาพซาก (carcass quality)

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักตัวของปลาเรนโบว์เทร้าต์ (whole body weight) น้ำหนักซาก (carcass weight) น้ำหนักเหงือก (gill weight) น้ำหนักหัวใจ (heart weight) น้ำหนักตับ (liver weight) น้ำหนักหัวและครีบ (head and fin weight) น้ำหนักกระดูก (bone weight) น้ำหนักหนัง (skinned weight) น้ำหนักกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet weight) และน้ำหนักกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet weight) ที่อายุ 24 เดือน มากกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งน้ำหนักของปลาเรนโบว์เทร้าต์ (whole body weight) ที่อายุ 10 และ 12 เดือน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 339.04 และ 500.74 กรัม สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 66 และ 75 สัปดาห์ ที่เลี้ยงในฟาร์มทางการค้าในเยอรมนี ซึ่งมีค่าเฉลี่ย คือ 251.3 และ 401.1 กรัม (Werner *et al.*, 2008) อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิการเลี้ยงเฉลี่ยในเมืองไทยสูงกว่าเยอรมนี (ไทย 18 ºC และเยอรมนี 9 ºC) ทำให้ปลาเรนโบว์เทร้าต์สามารถกินอาหารได้ตลอดทั้งปี สอดคล้องกับ Pornsopin (2004) ที่รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเมตาบอลิสมของปลาเรนโบว์เทร้าต์ คือ 18 ºC และอาจสอดคล้องกับกระบวนการเมตาบอลิสมของพลังงานในอาหาร แต่น้ำหนักตัวต่ำกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 432 วัน ที่มีค่าเฉลี่ย 625 กรัม (Quillet *et al.*, 2007) ขณะที่ Chaiyapechara *et al.* (2003) เลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์โดยเสริมไขมันลงในอาหาร 30 % มีน้ำหนักมากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงโดยอาหารที่เสริมไขมันลงในอาหาร 15 % (467 *vs.* 424 g) ($P<0.001$) Yildiz (2004) ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารสามชนิดที่มีการเสริมด้วยวิตามินอีที่ระดับต่าง ๆ กัน แต่ต่ำกว่ารายงานของ Testi *et al.* (2006) ซึ่งศึกษาลักษณะโภชนาการของปลาเรนโบว์เทร้าต์จากฟาร์มทางการค้า (518.90 g) ส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก (%carcass) ต่ำกว่า Quillet *et al.* (2007)

Morris *et al.* (2005) ทดลองการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารโดยเสริมถั่วเหลืองไขมันเต็ม (full fat soya) ที่ระดับต่าง ๆ โดยเลี้ยงเป็นเวลา 56 วัน จากน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 110 กรัม จนได้น้ำหนักสุดท้ายตั้งแต่ 229.5-244.1 กรัม และเปอร์เซ็นต์ซาก (carcass yield percentage) ตั้งแต่ 82.1-83.6 ส่วน Kaushik *et al.* (1995) ศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองทดแทนบางส่วนหรือทั้งหมดของปลาป่น (partial or total replacement of fish meal by protein) ต่อการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เทร้าต์ที่เลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 18 °C จากน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 86 กรัม จนได้น้ำหนักสุดท้ายตั้งแต่ 205.7-224.2 กรัม ($P<0.01$) ขณะที่ Chaiyapechara *et al.* (2003) พบว่าความยาวซากของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันสองสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และ Yildiz (2004) ที่เลี้ยงด้วยอาหารสามชนิดที่มีการเสริมด้วยวิตามินอีที่ระดับ 100, 300, และ 500 mg/kg ใช้เลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์เป็นเวลา 58 วัน จากน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 131±1 กรัม จนได้น้ำหนักเฉลี่ย 299±6.1 กรัม พบว่า น้ำหนักสุดท้ายไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

น้ำหนักเนื้อ (fillet weight) เพิ่มขึ้นตามอายุและสูงกว่ารายงานของ Werner *et al.* (2008) ส่วนน้ำหนักกล้ามเนื้อสันหลัง (dorsal fillet) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน (77.63 g) ต่ำกว่า Testi *et al.* (2006) (113.91 g) ในขณะที่น้ำหนักกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral portion) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน (129.53 g) มากกว่า Testi *et al.* (2006) (94.42 g)

ส่วนค่าดัชนีของเครื่องในต่อน้ำหนักตัว (VSI; viscera-somatic index) แสดงถึงผลทางเศรษฐกิจที่นำมาซึ่งเพิ่มปริมาณของผลิตผลสุดท้าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนการผลิต และของเสียจากอาหารที่เพิ่มขึ้นด้วย (Chaiyapechara *et al*., 2003) จากการทดลองพบว่า ค่าดัชนีของเครื่องในต่อน้ำหนักตัวของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 10 เดือน มากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 12 และ 24 เดือน (11.23, 7.45 และ 7.02 ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) ส่วน Chaiyapechara *et al.* (2003) พบว่า ค่า VSI จากปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงโดยเสริมไขมัน 30% ในสูตรอาหารสูงกว่าทุกสูตรอาหารอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง (11.3) ($P<0.001$) ในขณะที่ Liu *et al.* (2004) ไม่พบความแตกต่างของค่า VSI ระหว่างสูตรอาหารที่เสริมไขมันสัตว์ปีกเลซิตินจากถั่วเหลืองหรือข้าวโพด หรือ menhaden oil (10.5-11.1) แต่มีค่า VSI ต่ำกว่าของ Yildiz (2004) ที่เลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์ด้วยอาหารเสริมระดับวิตามินอีที่ต่างกันในสูตรอาหาร (16.2-17.9) ส่วน Liu *et al*. (2004) พบว่า ดัชนีของเครื่องในต่อตัวในอาหารที่ผสมด้วย น้ำมันปลา ไขมันจากสัตว์ปีก เลซิติน 10 และ 15% ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ($P>0.05$) RØnsholdt and McLean (2004) ศึกษาผลของการเสริมโกรทฮอร์โมนและซัลบูทามอลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์เทร้าต์พบค่า VSI มีค่าเฉลี่ยเป็น 11.4 ส่วน Francesco *et al.* (2004) ศึกษาผลการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนจากสัตว์ต่อลักษณะการเจริญเติบโตในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบค่า VSI ตั้งแต่ 8.93-10.55

ส่วนดัชนีของตับต่อน้ำหนักตัว (HSI; hepato-somatic index) เป็นตัวบ่งชี้ถึงสุขภาพ และการสะสมอาหารของปลา (รุ่งกานต์ และคณะ, 2547) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของตับและร่างกายเชิงบวก ดังนั้นการเจริญเติบโตและอายุที่เพิ่มขึ้น ทำให้การสะสมโภชนะในตับเพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้ปลาเรนโบว์เทร้าต์ในแต่ละช่วงอายุมีค่า HSI ไม่มีความแตกต่างกันทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สถิติ (1.30-1.34) (P>0.05) สอดคล้องกับ Yildiz (2004) ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างอาหารสามชนิดที่มีการเสริมด้วยวิตามินอีที่ระดับต่าง ๆ กัน และ Karakatsouli *et al*. (2007) ศึกษาผลของการให้แสงชนิดต่าง ๆ ในการเลี้ยง ต่อลักษณะการเติบโตของปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า การให้แสงสีขาว (760 nm) สีแดง (605 nm) และสีน้ำเงิน (480 nm) พบว่า ค่า HSI เป็น 1.00, 0.98 และ 0.96 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และ Francesco *et al*. (2004) ศึกษาผลการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนจากสัตว์ต่อลักษณะการเจริญเติบโตในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ค่า HSI เป็น 0.92 และ 1.01 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วน RØnsholdt and McLean (2004) ศึกษาผลของการเสริมโกรทฮอร์โมนและซัลบูทามอลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์เทร้าต์พบค่า HSI มีค่าเฉลี่ยเป็น 1.55 ขณะที่ Kaushik *et al*. (1995) ศึกษาการใช้โปรตีนถั่วเหลืองทดแทนบางส่วนหรือทั้งหมดของปลาป่น (partial or total replacement of fish meal by protein) ต่อการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบ ค่า HSI ตั้งแต่ 1.4-2.0 (P<0.01)

ความยาวซากประเมินผลโดยการวัด ความยาวทั้งตัว (total length) ความยาวมาตรฐาน (standard length) ความยาวส่วนหัว (head length) ความลึก (depth) และความหนาของลำตัว (thickness) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 24 เดือน มากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 10 และ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.001) โดยความยาวซากปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 และ 24 เดือน (334.68 และ 439.80 กรัม) มีความยาวมากกว่า Quillet *et al*. (2007) สอดคล้องกับ Chaiyapechara *et al*. (2003) พบว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันสี่สูตร มีความยาวซาก (308-314 มิลลิเมตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และ Yildiz (2004) เลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์ด้วยอาหารสามชนิดที่มีการเสริมด้วยวิตามินอีที่ระดับต่าง ๆ กัน (P>0.05) สำหรับ Karakatsouli *et al*. (2007) ศึกษาผลของการให้แสงชนิดต่าง ๆ ในการเลี้ยง ต่อลักษณะการเติบโตของปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า การให้แสงสีขาว (760 nm) สีแดง (605 nm) และสีน้ำเงิน (480 nm) พบความยาวซากไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 28.25, 28.17 และ 27.73 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วน Francesco *et al*. (2004) ศึกษาผลการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนจากสัตว์ในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่ามีความยาวซากเป็น 37.21 และ 40.16 เซนติเมตร ตามลำดับ (P<0.01) ซึ่งมีน้ำหนักตัวเป็น 663.50 และ 800.27 กรัม ตามลำดับ (P<0.01)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 คุณภาพเนื้อ (meat quality)

5.2.1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อ (pH value)

สภาวะก่อนสัตว์ตายมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของปลาที่กระทบต่อชีวเคมีของกล้ามเนื้อในสภาวะหลังสัตว์ตาย (เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้า) และเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อปลา การออกกำลังกายหรือความเครียดก่อนสัตว์ตาย ทำให้เร่งการลดลงของค่า pH และ ค่าการนำไฟฟ้า เพราะมีการผลิตกรดแลคติคสูงในกล้ามเนื้อ (Thomas *et al*., 1999; Morzel *et al*., 2003; Giuffrida *et al*., 2007 cited by Werner *et al.*, 2008) จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) ที่เวลา 5 นาทีหลังฆ่า ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน ไม่แตกต่างจาก ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน แต่มากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนค่าความเป็นกรดด่างของกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนมีค่าไม่แตกต่างกับปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน แต่มีค่าสูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน ($P<0.001$) ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างที่ 5 นาทีหลังฆ่าในกล้ามเนื้อส่วนหลัง มีค่า pH ต่ำกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่มีอายุน้อย (66 สัปดาห์) และอายุมาก (75 สัปดาห์) ปลาที่มีโครโมโซม 2n และ 3n (Werner *et al.*, 2008) พบว่า pH ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าในกล้ามเนื้อส่วนหลังและส่วนท้องของปลาเรนโบว์เทร้าต์ทั้งสามอายุลดลงจาก 5 นาทีหลังฆ่า ในขณะที่ Dvořák *et al*. (2005) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ไม่ได้รับการฉายรังสีหลังฆ่าภายใน 5 ชั่วโมง ค่า pH จะลดลงจาก 7.26 ถึง 6.60 ส่วนกลุ่มที่ได้รับการฉายรังสี 3 kGy มีค่า pH 6.35 ดังนั้นการฉายรังสีจึงไม่มีผลต่อค่า pH ของเนื้อปลา

สำหรับค่า pH ของเนื้อปลาส่วนมากมีค่าประมาณ 6.6-6.7 แต่มีรายงานค่า pH ของปลาบางชนิดน้อยกว่า 6.0 เช่น ปลาทูน่า และปลาจาระเม็ด (Korhonen *et al*., 1990) ค่า pH ในเนื้อปลาชนิดต่าง ๆ จะมีค่าประมาณ 6.5 (Huss *et al*., 1992; Acerete *et al*.,2009) ส่วน Lefèvre *et al*. (2008) ศึกษาการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ระดับออกซิเจนที่แตกต่างกัน พบว่า มีค่า pH_i ตั้งแต่ 6.51-6.77 และค่า pH_u ตั้งแต่ 6.52-6.63 ขณะที่ Roth *et al*. (2009) ทำการวัดค่า pH ของปลาแซลมอนที่ทำการฆ่าด้วยวิธีที่แตกต่างกันที่เวลา 0, 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH_i ตั้งแต่ 6.70- 7.27 และเมื่อเวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่าค่า pH จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง ประมาณ 6.60 และเมื่อเวลา 48 ชั่วโมงหลังฆ่า ค่า pH จะลดลงจนต่ำกว่า 6.60 ขณะเดียวกัน Acerete *et al*. (2009) ศึกษาผลของวิธีการฆ่าปลากระพงขาวที่แตกต่างกันทำการวัดค่า pH ที่เวลา 0, 2, 9, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า มีค่า pH_i ตั้งแต่ 6.01- 6.31 และเมื่อเวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่าค่า pH จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือ 5.97-6.10 และ Kristoffersen *et al*. (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของปลาคอด ที่ทำการฆ่าโดยวิธีที่ทำให้เกิดความเครียดก่อนฆ่า พบว่ากลุ่มไม่เกิดความเครียด (กลุ่มควบคุม) จะมีค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

pH_i เป็น 7.9 และลดลงมาอย่างรวดเร็วในช่วงชั่วโมงแรกหลังสัตว์ตายก่อนที่จะมีค่า pH คงที่ ประมาณ 7.2 และหลังจากชั่วโมงที่ 8 หลังตายค่า pH จะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งจนมีค่า pH_u ที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังตายเป็น 6.2 แต่ในขณะเดียวกันค่า pH ของกลุ่มที่เกิดความเครียดก่อนการฆ่าจะพบค่า pH_i ต่ำกว่ามีค่าเป็น 7.0 และค่อย ๆ ลดลงมา จนกระทั่ง ค่า pH_u จะมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม

5.2.2 สีเนื้อ (meat color)

สีของเนื้อปลาที่ค่าความสว่าง (Lightness, L*) เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากอายุแล้วอาจเกี่ยวข้องกับ ขนาดของเส้นใยในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ รวมถึงอายุของสัตว์ จากการทดลองพบว่า กล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 และ 12 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน ($P<0.001$) ส่วนค่าความเป็นสีแดงในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 และ 24 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน ($P<0.01$) ส่วนค่าความเป็นสีเหลืองในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน มีค่าสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 และ 10 เดือน ($P<0.001$) ขณะที่ค่าความสว่างในกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 และ 10 เดือน ($P<0.001$) แต่ไม่แตกต่างกันที่อายุ 24 และ 10 เดือน ค่าความเป็นสีแดงในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน และอายุ 12 เดือน ($P<0.001$) แต่ไม่แตกต่างกันที่อายุ 10 และ 12 เดือน สำหรับค่าความเป็นสีเหลืองในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.001$) โดยปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ทุกช่วงอายุ มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่มีอายุน้อย (66 สัปดาห์) และอายุมาก (75 สัปดาห์) ของปลาที่มีโครโมโซม 2n และ 3n (Werner *et al.*, 2008) สอดคล้องกับ Liu *et al.* (2004) รายงานว่า Xanthophylls โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Zeaxanthin และ Lutein จากข้าวโพดซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดสีเหลืองในเนื้อปลา ซึ่งพบค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่า ส่วนค่าความสว่างและความเป็นสีแดงต่ำกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่สูงกว่าจึงเป็นสาเหตุให้มีค่าความเป็นสีเหลืองสูงกว่ารายงานของ Werner *et al.* (2008) ส่วนค่าความเป็นสีแดงปลาเรนโบว์เทร้าต์ทุกช่วงอายุต่ำกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่มีอายุน้อย (66 สัปดาห์) อายุมาก (75 สัปดาห์) ของปลาที่มีโครโมโซม 2n และ 3n เนื่องจากความเข้มข้น heme-subunits ของ myoglobin เพิ่มขึ้นทำให้มีความสว่างในเนื้อ ความแตกต่างในค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองในเนื้อปลา

จากการศึกษาของ Robb *et al*. (2000) พบว่า การใช้ไฟฟ้ากระตุ้นทันทีหลังจากการฆ่าปลาเรนโบว์เทร้าต์เมื่อน้ำหนัก 1.5 กก. ไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดการหดเกร็งตัวได้ในระยะเวลาสั้น แต่ยังส่งผลต่อสีของเนื้อโดยจะทำให้เนื้อมีสีจางลง (lighter) สีแดงน้อยลง (less red) และมีค่า chroma

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงขึ้นเมื่อเทียบกับปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ไม่ได้ใช้ไฟฟ้ากระตุ้นทันทีหลังจากการฆ่า ส่วนการเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 5 °C และ -20 °C ไม่มีความแตกต่างกันในค่า L* โดยในเนื้อสันดิบของปลาเรนโบว์เทร้าต์มีค่าเท่ากับ 53.2-60.2 ในเนื้อสันที่ปรุงสุกมีค่าเท่ากับ 76.1-82.5 และค่า a* ของเนื้อสันที่ปรุงสุกมีค่าเท่ากับ 0.1-1.1 (Liu *et al*., 2004) Francesco *et al*. (2004) ศึกษาผลการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนจากสัตว์ในปลาเรนโบว์เทร้าต์โดยทำการวัดสีในสองกล้ามเนื้อคือบริเวณเนื้อส่วนหลังและบริเวณเนื้อส่วนท้อง พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) เป็น 36.50 vs. 36.82, 34.54 vs. 35.62 ค่าความเป็นสีแดง (a*) เป็น 10.45 vs. 11.29, 8.37 vs. 9.25 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เป็น 15.02 vs. 12.91, 12.34 vs. 10.53 ตามลำดับ Skonberg *et al.* (1998) ศึกษาการเสริม corn gluten (CG), wheat gluten (WG) และ corn gluten canthaxanthine (CGC) ในปลาเรนโบว์เทร้าต์ซึ่งทดแทนวัตถุดิบที่มีฟอสฟอรัสปริมาณสูง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) เป็น 52.71, 55.37 และ 47.35 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดง (a*) เป็น 2.13, 1.38 และ 7.97 ตามลำดับ และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เป็น 16.06, 14.10 และ 14.62 ตามลำดับ ส่วน Lefèvre *et al*. (2008) ศึกษาการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ระดับออกซิเจนและลักษณะการฆ่าที่แตกต่างกันที่ระดับออกซิเจน 76, 98 และ 117% พบค่าความสว่าง (L*) เป็น 46.9 vs. 46.1, 47.7 vs. 46.0 และ 47.2 vs. 46.4 ตามลำดับ ค่าความเป็นสีแดง (a*) เป็น 4.49 vs. 4.25, 3.93 vs. 4.02 และ 3.85 vs. 4.64 ตามลำดับ และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เป็น 5.71 vs. 4.54, 5.55 vs. 4.36 และ 4.76 vs. 4.85 ตามลำดับ

5.2.3 องค์ประกอบทางเคมี (chemical composition)

จากผลการทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือนสูงที่สุด รองลงมาคือปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 และ 12 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนสูงที่สุด รองลงมาคือ ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ($P<0.001$) ส่วนความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น และโปรตีนในกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ($P<0.001$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในกล้ามเนื้อส่วนท้องจะมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$) จากการทดลองความผันแปรของเปอร์เซ็นต์ความชื้นและไขมันที่เพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ลดลงตามอายุ เนื่องจากเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นจะมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกเช่นเดียวกับลักษณะของกล้ามเนื้อส่วนท้อง เพราะเป็นส่วนที่จะมีการสะสมไขมันมากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย ดังนั้นจึงมีปริมาณไขมันมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง จากการทดลองเปอร์เซ็นต์โปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือนสูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ของ Werner *et al*. (2008); Yildiz *et al*. (2004); Chaiyapechara *et al*. (2003) และ Liu *et al*. (2004) โดย Werner *et al*. (2008) รายงานว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ควรจะขายในช่วงเวลา 1-2 ปี และน้ำหนักตั้งแต่ 250-450 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากปลายังไม่มีความสมบูรณ์พันธุ์ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ลดประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตลงของปลาเรนโบว์เทร้าต์ รวมทั้งทำให้คุณภาพเนื้อต่ำและความต้านทานโรคต่ำอีกด้วย แต่ผลการทดลองกลับพบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน และไขมัน ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น (66 *vs.* 75 weeks) แต่ Quillet *et al*. (2007) พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นด้วย ($P<0.05$) ขณะที่ Lellis *et al*. (2004) รายงานว่า การเสริมฟอสฟอรัสในอาหารปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ระดับ 0.15, 0.21, 0.30, 0.42, 0.60 และ 1.20 % ตามลำดับ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ส่วน Yıldız (2004) รายงานว่า การเสริมวิตามินอี 100, 300 และ 500 mg/kg ในอาหารไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน และเถ้าของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ แต่เนื้อปลาที่เสริมวิตามินอี 100 mg/kg มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมวิตามินอี 200 และ 300 mg/kg นอกจากนี้ Karakatsouli *et al*. (2007) ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า พบว่าไม่มีความแตกต่างกันภายใต้การเลี้ยงด้วยสภาพแวดล้อมที่มีแสงสีขาวและน้ำเงิน ในการศึกษาของ Rasmussen and Ostenfeld (2000) พบว่า ทั้งในปลาเรนโบว์เทร้าต์และปลาบรู๊คเทร้าต์ที่มีการเจริญเติบโตเร็วมีเปอร์เซ็นต์ไขมันและวัตถุแห้งสูง แต่มีเปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำ ในขณะที่ปลาบรู๊คเทร้าต์มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนสูงกว่า แต่เปอร์เซ็นต์ความชื้นและเถ้าต่ำกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์ และ Rasmussen *et al*. (2001) รายงานว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ได้รับ Growth hormone (GH) มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ Bovine placental lactogen (PL) และกลุ่มควบคุม เนื่องจากการใช้ฮอร์โมนดังกล่าวจะช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโตของปลา ส่วน Tokur (2007) รายงานว่า ผลของการทอด การอบ ย่างบาร์บีคิว และรมควันของปลาเรนโบว์เทร้าต์มีผลต่อส่วนประกอบทางเคมีและคุณภาพไขมัน โดยส่วนประกอบทางเคมีของการทดลองแตกต่างกัน ($P<0.01$) โดยปลาเรนโบว์เทร้าต์ย่างบาร์บีคิวและรมควันมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง ส่วน Turchini *et al.* (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน โดยมีน้ำมันปลาเป็นกลุ่มควบคุม เทียบกับ น้ำมันคาโนลา ไขมันจากสัตว์ปีก ไขมันจากสุกร และน้ำมันจากโอเลอีนของเนื้อปลาบราวน์เทร้าต์ พบเปอร์เซ็นต์ความชื้น เป็น 75.3, 75.0, 75.6, 75.0 และ 75.0 % ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์โปรตีน เป็น 20.1, 20.1, 19.3, 19.9 และ 20.0 % ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็น 2.8, 3.1, 3.2, 3.0 และ 3.0 % ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์เถ้า เป็น 1.4, 1.2, 1.2, 1.2 และ 1.2 % ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เริ่มจากการจัดการก่อนฆ่ามีผลต่อความเครียดก่อนการฆ่า (สัญชัย, 2551) ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงเพราะโปรตีนของกล้ามเนื้อถูกทำให้เสียสภาพ (denature) ไป บางส่วนของโปรตีนจึงจับตัวกันได้น้อย ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีน้ำไหลออกจากเซลล์ (exudative) (เยาวลักษณ์, 2536) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะพิจารณาถึงค่าการสูญเสียน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) และค่าการสูญเสียน้ำจากการย่าง (grilling loss) จากผลการทดลอง พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษาของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุด ($P<0.001$) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลายของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนที่ค่าสูงที่สุด ($P<0.001$) ค่าของการสูญเสียน้ำจากการย่างไม่พบความแตกต่างกัน ($P>0.05$) และค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือนสูงที่สุด ($P<0.001$) ส่วนความแตกต่างระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อของค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลายและค่าการสูญเสียน้ำจากการย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มพบในกล้ามเนื้อส่วนท้องสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P<0.001$) โดยชนิดของกล้ามเนื้อไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ และพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อในปลาที่มีอายุมาก จะมีความสามารถในการทนความเครียดมากกว่าซึ่ง Poontawee (2006) รายงานว่า ค่าการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร (% cooking loss) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่มีโครโมโซม 2n และ 3n เป็น 13.6 และ 11.6% ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียเนื่องจากการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับไขมันในซากซึ่ง Suárez *et al*. (2005) รายงานว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ที่มีการเปลี่ยนแปลงโปรตีนโดยการยึดหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ และการกระจายตัวของน้ำทั้งในและนอกเซลล์ และยังศึกษาพบว่ากล้ามเนื้อของเนื้อปลามีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นระหว่างชั่วโมงแรก ๆ ของการเก็บรักษา และจะสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาได้ 10 ชั่วโมงจนกระทั่ง 72 ชั่วโมง การสูญเสียน้ำจะค่อยๆ ลดลง

5.2.5 ค่าวัดแรงตัดผ่านของเนื้อ (Warner Blatzler shear force value)

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อเป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ความนุ่มของเนื้อโดยตรง ซึ่งวัดออกมาเป็นค่าแรงสูงสุด (Maximum force; N) และค่าพลังงาน (Energy; J) จากผลการทดลอง พบว่า ค่าแรงตัดผ่านสูงสุดของเนื้อดิบและเนื้อสุกเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ($P<0.001$) โดยเนื้อสุกจะมีค่าแรงตัดผ่านสูงกว่าเนื้อดิบ ส่วนกล้ามเนื้อส่วนหลังมีค่าแรงสูงสุดมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง ($P<0.001$) ส่วนค่างานสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ($P<0.001$) และไม่พบความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อ ($P>0.05$) โดย Rogost *et al*. (2001) วัดค่าแรงตัดผ่านของปลา Brown trout ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันต่ำ กลาง และสูง พบว่า เนื้อดิบ มีค่าแรงตัดผ่านเป็น 6.3, 5.9 และ 5.9 N/g และพลังงานเป็น 76.7, 75.8 และ 72.7 mJ/g ตามลำดับ ($P>0.05$) ส่วนเนื้อสุกมีค่าแรงตัดผ่านเป็น 30.7, 27.6 และ 29.1 N/g และพลังงานเป็น 249.0, 233.7 และ 246.8 mJ/g ตามลำดับ ($P>0.05$) ขณะที่ Lefèvre *et al*. (2008) ศึกษาการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ระดับออกซิเจนและลักษณะการฆ่าที่แตกต่างกัน โดยมีปัจจัย 2 ชนิด คือ ระดับออกซิเจน 76, 98 และ 117% และปัจจัยสัตว์เครียดและไม่เครียด ตามลำดับ โดยใช้เครื่อง Intron พบว่ากล้ามเนื้อส่วนหน้า (anterior fillet) มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายเป็น 17.2 vs. 16.7, 19.1 vs. 16.8 และ 18.2 vs. 16.5 N/g ตามลำดับ ที่ 48 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายเป็น 13.9 vs. 13.5, 16.2 vs. 14.2 และ 18.2 vs. 16.5 N/g ตามลำดับ โดยปัจจัยจากระดับออกซิเจนไม่มีความแตกต่างกันแต่ปัจจัยของลักษณะการฆ่าแตกต่างกัน ($P<0.05$) ขณะที่กล้ามเนื้อส่วนหาง (caudal fillet) มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายเป็น 33.9 vs. 38.2, 42.6 vs. 36.3 และ 34.7 vs. 29.4 N/g ตามลำดับ ที่ 48 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายเป็น 29.3 vs. 27.6, 34.9 vs. 29.6 และ 38.1 vs. 29.4 N/g ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากปัจจัยทั้งสองชนิด ($P>0.05$)

ขณะที่ Roth *et al*. (2002) ศึกษาค่าแรงตัดผ่านของเนื้อปลาแซลมอนที่ทำให้สลบด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้กระแสไฟฟ้า และการใช้ค้อนทุบ และทำการวัดที่ 12, 32, 54, 80, 102 และ 175 ชั่วโมงหลังตาย พบว่า การทำให้สลบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าแรงต่ำที่สุด (N) และค่าพลังงานต่ำที่สุด (J) ค่าเฉลี่ยค่าแรงตัดผ่านจะลดลงอย่างรวดเร็วจากชั่วโมงแรกไปจนถึงชั่วโมงที่ 54 หลังตาย และเริ่มคงที่หลังจากชั่วโมงที่ 80 หลังตาย ส่วน Roth *et al*. (2009) ทำการวัดค่าแรงตัดผ่านของเนื้อโดยวัดด้วยค่าความแข็ง (hardness) ในปลาแซลมอนที่ทำการฆ่าด้วยวิธีที่ทุบและด้วยกระแสไฟฟ้า โดยในเนื้อสดพบค่าความแข็งตั้งแต่ 16.2 ถึง 18.3 และ 16.4 ถึง 17.0 N ตามลำดับ ขณะที่ในเนื้อสุกพบค่าความแข็งตั้งแต่ 35.8 ถึง 37.6 และ 34.4 ถึง 36.4 N ตามลำดับ ขณะที่ Suárez *et al*. (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของกล้ามเนื้อ (firmness) ในกล้ามเนื้อปลากะพงแดง (sea bream) หลังตายที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่ 2, 10, 24, 72, 96 และ 120 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ด้วยการวัดแรงกด (compression) เป็น 11.1, 20.5, 13.1, 12.7, 7.2 และ 8.7 N ตามลำดับ ขณะที่ Johnston *et al*. (2006) วัดความคงตัวของเนื้อ (firmness) ด้วยค่าแรงตัดผ่านในปลาแซลมอนเลี้ยงและธรรมชาติ พบค่าแรงตัดผ่านของเนื้อเป็น 415 และ 710 mJ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.6 ปริมาณคอลลาเจน (collagen content)

คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีมากถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมด พบได้ในผิวหนัง กระดูก กระดูกอ่อน เอ็นและผนังเส้นเลือด (Bodwell and McClain, 1971) ปริมาณของคอลลาเจนและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มกลุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่มให้รวมเป็นมัดกล้ามเนื้อ (perimysium) เป็นปัจจัยหลักในการใช้ตัดสินความเหนียวของเนื้อ (Liu *et al*., 1996) จากการทดลองพบว่า คอลลาเจนที่ละลายได้ (soluble collagen) ในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่อายุ 24 และ 10 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุด แต่ไม่ต่างจากปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) ในขณะที่ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 และ 12 เดือน สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) และปัจจัยของชนิดกล้ามเนื้อพบว่าทั้งปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนทั้งหมดของกล้ามเนื้อส่วนท้อง มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P<0.001$) สอดคล้องกับสัญชัย (2550) ที่รายงานว่า อายุเป็นปัจจัยที่บ่งบอกความนุ่มคือ เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นความนุ่มก็จะลดลงถึงแม้ว่าปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาณของ intermolecular crosslinks ภายในเส้นใยย่อยของคอลลาเจนมีเพิ่มมากขึ้น โดย Sato *et al*. (1991) รายงานว่า หลังจากที่ปลาเรนโบว์เทร้าต์ตาย กล้ามเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงคอลลาเจน type I และ V ซึ่งมีผลต่อความนุ่มของเนื้อปลาระหว่างที่ทำการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น โดยคอลลาเจนที่ละลายได้ใน type V จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและขณะที่ type I ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นความเหนียวของเนื้อจะลดลงหลังจากที่เก็บรักษาได้ 1 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 5 °C ในขณะที่ ขณะที่ Masniyom *et al*. (2005) ทำการศึกษาปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในปลากระพงขาว 0.35 g/100g และรายงานว่า ปลาที่มีปริมาณคอลลาเจนน้อย อยู่ในช่วง 0.34-0.51 g/100g ได้แก่ sardine (*Sardinops melanostictus*), brook masu salmon (*Oncorhynclus masou masou*), argentine (*Glossanodon semifasciatus*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) และ house mackerel (*Trachurus japonicus*) ส่วน Suárez *et al*. (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบคอลลาเจนในกล้ามเนื้อปลากะพงแดง (sea bream) หลังตายที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่ 2, 10, 24, 72, 96 และ 120 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย พบว่ามีปริมาณคอลลาเจนรวม (total collagen) เป็น 5.8, 5.2, 5.6, 5.0, 5.1 และ 4.6 g/kg ตามลำดับ ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในกรด (acid soluble collagen; ASC) เป็น 17.0, 10.9, 2.4, 4.9, 8.3 และ 3.9 % ตามลำดับ ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายในเปปซิน (pepsin soluble collagen) เป็น 41.9, 40.1, 50.7, 41.2, 62.2 และ 75.0 % ตามลำดับ และปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) เป็น 41.0, 48.9, 46.8, 53.9, 29.5 และ 21.1 % ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.7 การประเมินด้านการตรวจชิม (sensory evaluation)

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสเป็นวิธีการประเมินโดยให้ผู้ทดสอบชิมตัดสินคุณภาพด้านความเหนียว ความนุ่ม กลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำและความพอใจโดยรวม เป็นต้น โดยให้คะแนนตามลักษณะที่พิจารณาได้ การสูญเสียน้ำจะลดคุณค่าทางโภชนะของอาหารและทำให้เนื้อมีความนุ่มและรสชาติด้อยลง (Pelicano *et al*., 2003) จากการทดลองพบว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือน มีความคงตัวและความพอใจโดยรวมสูงสุด และกล้ามเนื้อส่วนท้องมีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง เพราะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง Johansson *et al*. (2000) ศึกษาผลของการเปลี่ยนระดับอาหารต่อลักษณะการประเมินการตรวจชิมปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 2.0 และ 2.4 ปี พบว่ากลิ่นของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 2.4 ปี สูงกว่า อายุ 2.0 ปี (7.5 vs. 5.0) ($P<0.001$) ส่วนความชุ่มฉ่ำในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 2.0 ปี สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 2.4 ปี (7.1 vs. 6.7) ($P<0.05$) จากการศึกษาของ Rasmussen *et al*. (2001) พบว่า ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ได้รับ Growth hormone (GH) มีคะแนน sweet odour น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับ Bovine placental lactogen (PL) และกลุ่มควบคุม ส่วนคะแนน fresh oily flavor ของกลุ่มที่ได้รับ PL สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ GH นอกจากนี้กลุ่มที่ได้รับ PL มีคะแนนความชุ่มฉ่ำสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ GH และกลุ่มควบคุม จากรายงานของ Nerantzaki *et al*. (2005) พบว่า คะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาในกลุ่มควบคุม (vacuum-packaged non-ozonated trout) และกลุ่มทดลอง (vacuum-packaged ozonated trout) ลดลงหลังจากที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ± 0.5 °C ในวันที่ 0, 3, 6, 8, 11, 13 และ 15 ของการเก็บรักษา

นอกจากนี้ Diler and Gokoglu (2004) รายงานว่า คะแนนของสี รสชาติ และลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วย astaxanthin มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมด้วย shrimp waste meal และกลุ่มที่เสริมด้วย red pepper meal โดย astaxanthin เป็นแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ที่ให้สีแดงหรือสีชมพูแก่เนื้อของสัตว์ทะเลได้ดี Skonberg *et al.* (1998) ศึกษาการเสริม corn gluten (CG), wheat gluten (WG) และ corn gluten canthaxanthine (CGC) ในปลาเรนโบว์เทร้าต์ซึ่งทดแทนวัตถุดิบที่มีฟอสฟอรัสปริมาณสูง พบว่าจะมีคะแนนความชอบสีของกลุ่มที่มีการเติมรงควัตถุเข้าไปมากกว่าทั้งในเนื้อสุกและเนื้อดิบ ส่วนรสชาติทั้งเนื้อบดและเนื้อที่ผ่านกรรมวิธีการนึ่งพบว่ากลุ่มที่เติมสารสีมีคะแนนความพึงพอใจสูงสุด รองลงมาเป็นคอร์นกลูเตนและวีทกลูเตน ตามลำดับ ($P<0.05$) สำหรับ Cakli *et al*. (2006) เปรียบเทียบผลของอายุการเก็บรักษาของการเก็บบรรจุแบบปรับปรุงบรรยากาศ (กลุ่มที่ 1 บรรจุด้วย ก๊าช CO_2 60% N_2 40%, กลุ่มที่ 2 ก๊าช CO_2 50% N_2 50%) และการเก็บบรรจุแบบสุญญากาศ (กลุ่มที่ 3) ที่เก็บรักษาที่ 1, 5, 8, 12, 19,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

26, 33, 40, 47 และ 54 วัน ต่อผลของการประเมินการสัมผัสพบว่า วันที่ 1 ทั้งสามกลุ่มของการเก็บรักษามีคะแนนความพึงพอใจสูงสุด และลดลงตามจำนวนวันเก็บรักษา

Turchini *et al.* (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน โดยมี กลุ่มน้ำมันปลาเป็นกลุ่มควบคุม เทียบกับน้ำมันคาโนลา ไขมันจากสัตว์ปีก ไขมันจากสุกร และน้ำมันจากโอเลอีนของเนื้อปลาบราวน์เทร้าต์ ด้วยการวัดการประเมินการสัมผัส โดยมีคะแนนจาก 0-9 พบคะแนนรสชาติรวม (total flavour) เป็น 4.88, 4.97, 5.02, 4.90, 4.64 คะแนน ตามลำดับ ความคงตัว เป็น 5.52, 6.00, 6.27, 5.68 และ 5.77 คะแนน ตามลำดับ และความนุ่มของเนื้อ เป็น 6.14, 5.95, 6.25, 6.15 และ 6.39 คะแนน ตามลำดับ ขณะที่ Razaei *et al.* (2008) ศึกษาการประเมินการตรวจชิมของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งที่เวลา 0, 4 และ 8 ชั่วโมง หลังตาย และเก็บไว้รักษาเป็นเวลา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 วัน พบว่าปลาที่ทำการแช่แข็งทันทีจะมีคุณภาพดีมากจนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะลดลงมาถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งผู้ตรวจชิมไม่สามารถยอมรับการบริโภคได้

5.2.8 ค่าการหืนของเนื้อ (thiobarbituric acid reactive substances,TBARS)

ค่า Thiobarbituric acid reactive substances ที่วัดได้สามารถบ่งชี้ถึงการหืนของไขมันในเนื้อปลาสด (Choubert *et al.* 2006) จากผลการทดลองพบว่า ความหืนของเนื้อเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันเก็บรักษาเนื้อ และอายุปลาที่มากขึ้นสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ไขมันที่สะสมในกล้ามเนื้อส่วนท้องมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลังและอายุปลาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอายุปลามากขึ้นมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Chaiyapechara *et al.* (2003) รายงานว่า การสะสมไขมันที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการเร่งกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน จึงทำให้มีความหืนของเนื้อมากขึ้น และพบว่าค่า TBARS ของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เก็บไว้ในสภาวะที่แตกต่างกัน โดยเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เสริมไขมัน 30% ในสูตรอาหารจะมีค่าสูงกว่าทุก ๆ สภาวะ ($P<0.001$) ความหืนของเนื้อจากการเก็บรักษาเนื้อวันที่ 0 (เริ่มทดลอง) มีค่าสูงกว่าการทดลองของ Tokur (2007) เพราะมีน้ำหนักตัวและเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า ส่วน Choubert *et al.* (2006) พบว่า ค่าความหืนของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงด้วย astaxanthin หรือ canthaxanthin และเก็บรักษาโดยการควบคุมอากาศ พบว่า การหืนของไขมันของกลุ่มควบคุม แตกต่างจากกลุ่มที่เติมอากาศและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วน Chaiyapechara *et al.* (2003) ศึกษาค่า TBARS ของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เก็บไว้ในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่า เนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เสริมไขมัน 30% ในสูตรอาหารจะมีค่าสูงกว่าทุก ๆ สภาวะ ($P<0.001$) สำหรับ Cakli *et al.* (2006) เปรียบเทียบผลของอายุการเก็บรักษาของการเก็บบรรจุแบบปรับปรุงบรรยากาศ (กลุ่มที่ 1 บรรจุด้วย ก๊าซ CO_2 60% N_2 40%, กลุ่มที่ 2 ก๊าซ CO_2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

50% N_2 50%) และการเก็บบรรจุแบบสุญญากาศ (กลุ่มที่ 3) ที่เก็บรักษาที่ 1, 5, 8, 12, 19, 26, 33, 40, 47 และ 54 วัน พบว่า ค่า TBARS กลุ่มที่ 1 ตั้งแต่ 0.7 ถึง 2.2 mg malonaldehyde/kg กลุ่มที่ 2 ตั้งแต่ 0.8 ถึง 1.3 mg malonaldehyde/kg และกลุ่มที่ 3 ตั้งแต่ 1.4 ถึง 2.1 mg malonaldehyde/kg ตามลำดับ ส่วน Zhong *et al*. (2007) ศึกษาค่าการหืนของไขมันของปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เก็บรักษาไว้จำนวน 10 วัน พบค่า TBARS ของวันที่ 0 ของวันเก็บรักษา เป็น 0.8 μmol malondialdehyde/g และเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันเก็บรักษา และค่า TBARS ของวันที่ 10 เป็น 1.4 μmol malondialdehyde /g

Razaei *et al*. (2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งที่เวลา 0, 4 และ 8 ชั่วโมง หลังตาย และเก็บไว้รักษาเป็นเวลา 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 วัน พบว่า ค่า TBARS เพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนวันเก็บรักษา ($P<0.05$) ขณะที่ Arashisar *et al*. (2005) ศึกษาผลของการใช้กรดน้ำนม (lactic acid) ระดับต่าง ๆ ในการรักษาคุณภาพของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ ในวันที่ 0, 3, 5, 7 และ 9 พบว่าค่า TBARS ในกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นสูงที่สุดในระดับที่รับได้ (20 μmol/kg) จนถึงวันที่ 5 ของการเก็บรักษา แต่ในกลุ่มที่ใช้กรดน้ำนม 2 และ 4 % จะมีค่า TBARS เพิ่มสูงมากในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (80 และ 100 μmol/kg ตามลำดับ)

5.2.9 ปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol content)

คอเลสเตอรอล คือ ไขมันชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อร่างกายเพื่อใช้ในการสร้างฮอร์โมน วิตามินอี และกรดน้ำดี พบในอาหารที่มาจากสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์เท่านั้น (สัญชัย, 2551) จากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 39.70, 35.88 และ 30.01 mg/100g fillet ตามลำดับ ($P<0.001$) และกล้ามเนื้อส่วนหลังมีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (40.07 vs. 30.33 mg/100g fillet) ($P<0.001$) สอดคล้องกับ Celik *et al*. (2008) ที่หาปริมาณคอเลสเตอรอลจากปลาเรนโบว์เทร้าต์จากอ่างเก็บน้ำประเทศตุรกีมีค่าเป็น 35.04 mg/100g โดยมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 289 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักตัวต่ำกว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 เดือนของการทดลองนี้ ในขณะที่ Moreira *et al*. (2001) ได้วิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลจากปลาน้ำจืดหลาย ๆ ชนิดพบว่าจะอยู่ในช่วง 40.99 และ 52.79 mg/100g นอกจากนี้ Mathew *et al*. (1999) และ Luzia *et al*. (2003) ศึกษาปริมาณคอเลสเตอรอลในสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ปลาซาร์ดีน ปลา Crocker ปลานิล ปลา Curimbatá และกุ้ง โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 72.6, 71.6, 66.8, 92.0 และ 165.4 mg/100g ตามลำดับ พบว่าปลาน้ำจืดมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าปลาน้ำเค็มและสรุปว่าปลาน้ำจืดเหมาะสมที่เป็นอาหารต่อสุขภาพมนุษย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Francesco *et al*. (2004) ศึกษาผลการใช้แหล่งโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนจากสัตว์ในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อเป็น 47.74 และ 51.04 mg/100 g ตามลำดับ ส่วน Turchini *et al.* (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน โดยมี กลุ่มน้ำมันปลาเป็นกลุ่มควบคุม เทียบกับน้ำมันคาโนลา ไขมันจากสัตว์ปีก ไขมันจากสุกร และน้ำมันจากโอเลอีนของเนื้อปลาบราวน์เทร้าต์ พบปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมด (total cholesterol) เป็น 107.06, 110.15, 98.41, 100.91 และ 107.94 mg/100g ตามลำดับ ขณะที่ Küçükbay *et al.* (2006) ศึกษาผลของการเสริมโครเมี่ยมพิโคลิเนท (chromium picolinate) ที่ระดับต่าง ๆ (0, 400, 800 และ 1600 mcg/kg) ต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ระดับที่เสริม โครเมี่ยมพิโคลิเนทเพิ่มขึ้นจะลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดลง พบเป็น 243, 218, 204 และ 196 mg/dl ตามลำดับ ขณะที่ Zelenka *et al*. (2003) ศึกษาผลของการเสริมน้ำมันลินซีดและทานตะวันต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีปริมาณตั้งแต่ 0.571-0.594 g/kg และ Yamamoto *et al*. (2007) ศึกษาผลของการเสริมกรดอะมิโนจำเป็นและเกลือน้ำดีในอาหารที่มีไขมันสูงในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมาปลาเรนโบว์เทร้าต์ในกลุ่มควบคุม, ปลาหมึกป่นผสมกรดอะมิโนที่จำเป็น, ปลาหมึกป่น และปลาหมึกป่นผสมเกลือน้ำดี มีความแตกต่างกัน เป็น 680, 589, 535 และ 532 mg/dl ตามลำดับ ($P<0.05$)

Bahuaud *et al*. (2009) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่เสริมด้วยอาหารที่มีกรดไขมันโอเมก้า 6 และ 3 ในปลาแซลมอน พบว่ามีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อปลาแซลมอนในกลุ่มอาหารที่เสริมด้วยน้ำมันปลา เทียบกับน้ำมันเรปซีด น้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมัน EPA และน้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมัน DHA เป็น 10.2, 10.3, 9.3 และ 8.3 % total lipid ตามลำดับ ส่วน Trushenski *et al*. (2008) ศึกษาปริมาณกรดไขมันในปลา sunshine bass พบปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดองุ่น น้ำมันลินซีด และน้ำมันจากสัตว์ปีกเป็น 65.1, 70.7, 71.3, 74.3 และ 68.6 % of total lipid ตามลำดับ

5.2.10 ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride content)

ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณไตรกลีเซอไรด์ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือนสูงที่สุดรองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 3.98, 3.22 และ 2.32 g/100g fillet ตามลำดับ ($P<0.001$) และกล้ามเนื้อ ventral fillet มีไตรกลีเซอไรด์สูงกว่า dorsal fillet (3.97 vs. 2.38 g/100g fillet) ($P<0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่กล้ามเนื้อส่วนท้องมีการสะสมไขมันมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงด้วย จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อมีเฉพาะในปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride content) ในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$) สอดคล้องกับ Kocaman *et al*. (2005) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับไตรกลีเซอไรด์ในช่วงการสืบพันธุ์ของปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ช่วงที่มีการสืบพันธุ์หรืออายุที่โตเต็มที่จะมีการสะสมไขมันที่สอดคล้องกับวงจรการสืบพันธุ์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน เป็นปลาที่โตเต็มวัยและเป็นปลาพ่อแม่พันธุ์ที่คัดทิ้งไว้ชำแหละซากขาย

Zhong *et al*. (2007) ศึกษาการจำแนกลำดับชั้นของไขมันในเนื้อปลาปลาเรนโบว์เทร้าต์พบปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol; TAG) เป็น 51.8% ของไขมันทั้งหมด ส่วน Yamamoto *et al*. (2007) ศึกษาผลของการเสริมกรดอะมิโนจำเป็นและเกลือน้ำดีในอาหารที่มีไขมันสูงในปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบว่า ปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอลในพลาสมาปลาเรนโบว์เทร้าต์ในกลุ่มควบคุม ปลาหมึกป่น ปลาหมึกป่นผสมกรดอะมิโนที่จำเป็น และปลาหมึกป่นผสมเกลือน้ำดี ไม่มีความแตกต่างกัน เป็น 125, 170, 159 และ 154 mg/dl ตามลำดับ ขณะที่ Bahuaud *et al*. (2009) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่เสริมด้วยอาหารที่มีกรดไขมันโอเมก้า 6 และ 3 ในปลาแซลมอน พบว่ามีปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอลในเนื้อปลาแซลมอนในกลุ่มอาหารที่เสริมด้วยน้ำมันปลา กลุ่มน้ำมันเรปซีด กลุ่มน้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมัน EPA และกลุ่มน้ำมันที่อุดมไปด้วยกรดไขมัน DHA เป็น 16.1, 19.0, 14.3 และ 23.8 % total lipid ตามลำดับ และ Trushenski *et al*. (2008) ศึกษาปริมาณกรดไขมันในปลา sunshine bass พบปริมาณไตรเอซิลกลีเซอรอล ในเนื้อปลาในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดองุ่น น้ำมันลินซีด และน้ำมันจากสัตว์ปีกเป็น 10.3, 10.8, 9.7, 10.1 และ 8.3 % of total lipid ตามลำดับ

5.2.11 องค์ประกอบกรดไขมัน (fatty acid profile)

กรดไขมันเป็นองค์ประกอบของไขมันในเนื้อ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นและอายุการเก็บรักษา โดยเนื้อที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูงจะส่งผลให้เนื้อมีกลิ่นที่ผิดปกติและอายุการเก็บรักษาสั้น แต่การบริโภคกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด (Wood *et al*., 2003) จากรายงานของ Sérot *et al*. (2002) พบว่า ส่วนประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เสริมอาหารด้วยน้ำมันปลาจะมีปริมาณของ C20:5n-3, C22:5n-3, C22:6n-3 และ อัตราส่วน n-3/n-6 สูงกว่ากล้ามเนื้อปลาเทร้าต์ในกลุ่มที่เสริมอาหารด้วยน้ำมันจากพืช และ Yıldız *et al*. (2004) รายงานว่า การเสริมวิตามินอี 100, 300 และ 500 mg/kg ในอาหารไม่มีผลต่อส่วนประกอบของกรดไขมันในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ อย่างไรก็ตามระหว่างที่ทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษาปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัว เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (PUFA) ค่อย ๆ ลดลง ปลาน้ำจืดสามารถที่จะผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งสายยาว (long chain polyunsaturated fatty acids; LCPUFAs) เช่น eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) จาก linolenic acid และ arachidonate จาก linoleic acid ความสามารถนี้ขึ้นอยู่กับการต่อสายยาว (elongation) และกระบวนการเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (desaturases) ซึ่งปกติจะสร้างอย่างเพียงพอในปลาเรนโบว์เทร้าต์ (Maranesi *et al*., 2005)

จากการทดลองพบว่าปลาเรนโบว์เทร้าต์มีปริมาณของ C18:0 สูงสุด รองลงมาคือ C16:0, C 22:6 n-3, C 15:0 และ C 17:1 โดยมีปริมาณเท่ากับ 29.6-30.6, 20.2-23.8, 9.8-12.8, 6.6-9.3 และ 6.6-7.2% ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดไขมันอื่น ๆ มีอยู่ปริมาณน้อยโดยมีค่าตั้งแต่ 0.04-2.6% ปริมาณกรดไขมัน C 22:6 n-3 (docosahexaenoic acid: DHA) ในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน และกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) สูงที่สุด (12.8 และ 11.8%) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid: SFA) ของปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 10 และ 12 เดือนสูงที่สุด ($P<0.001$) ส่วน monounsaturated fatty acid (MUFA), polyunsaturated fatty acid (PUFA), PUFA:SFA, n-6 PUFA และ n-3 PUFA พบสูงที่สุดในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 24 เดือน ($P<0.001$) แต่พบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน n-6:n-3 (omega 6:omega 3) และกรดไขมันรวม (total fatty acid) ในปลาเรนโบว์เทร้าต์อายุ 12 เดือน สูงที่สุด (0.144 และ 6516.5 mg/100g fillet) ส่วนปัจจัยชนิดของกล้ามเนื้อพบว่ากล้ามเนื้อหลัง (dorsal fillet) มีปริมาณ PUFA, PUFA:SFA และ n-3 PUFA สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ($P<0.001$) ในขณะที่กล้ามเนื้อส่วนท้องมีปริมาณ SFA, n-6 PUFA, n-6:n-3 และ total fatty acid สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P<0.01$) จากการทดลองจะมีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิดต่าง ๆ ต่ำกว่าการทดลองอื่น ๆ เนื่องจากมีสารละลายมาตรฐานของกรดไขมันชนิดอื่นมากกว่า (26 ชนิด) จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์กรดไขมันต่าง ๆ โดยเฉพาะ DHA และ EPA ต่ำการทดลองอื่น ๆ

จากการศึกษาของ Haliloglu *et al*. (2002) เกี่ยวกับกรดไขมันในกล้ามเนื้อของปลาเทร้าต์จำนวน 3 สายพันธุ์คือ *Salvelinus alpinus*, *Salmo Trutta fario* และ *Oncorhynchus mykiss* พบว่า *O. mykiss* มีกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) สูงสุด (31.92%) แต่กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด MUFA ของ *S. Trutta fario* มีค่าสูงที่สุด (41.90%) แต่ *O. mykiss* มีค่าต่ำสุด (30.81%) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด PUFA นอกจากนี้ *O. mykiss* มี n-3 PUFA สูงที่สุด (22.41%) และ *S. Trutta fario* มี n-6 PUFA สูงที่สุด สำหรับ eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3) ของ *O. mykiss*, *S. alpinus* และ *S. Trutta fario* มีค่าเท่ากับ 3.07, 3.03 และ 1.78% ตามลำดับ นอกจากนี้ *O. mykiss* มีปริมาณ docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n-3) (19.17%) สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่า *S. alpinus* (15.45%) และ *S. Trutta fario* (12.74%) การเลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมที่ต่างกันก็ส่งผลต่ออัตราส่วนของ DHA:EPA โดยลดลงในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีแสงสีฟ้า (3.18 ± 0.06) เมื่อเปรียบเทียบกับแสงสีแดง (3.32 ± 0.05) และแสงสีขาว (3.44 ± 0.03) นอกจากนี้ปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีฟ้ามีกรดไขมัน C17:0, C18:2n6 และ C22:1n11 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเลี้ยงภายใต้แสงสีแดงและแสงสีขาว ซึ่งมีผลจากการเจริญเติบโตและมีสารสื่อประสาท (neurotransmitters) ที่ดีกว่า (Karakatsouli *et al*., 2007) จากรายงานของ Sérot *et al*. (2002) พบว่า ส่วนประกอบของกรดไขมันในกล้ามเนื้อปลาเทร้าต์ที่เสริมอาหารด้วยน้ำมันปลาจะมีปริมาณของ C20:5n-3, C22:5n-3, C22:6n-3 และ อัตราส่วน n-3/n-6 สูงกว่ากล้ามเนื้อปลาเทร้าต์ในกลุ่มที่เสริมอาหารด้วยน้ำมันจากพืช

Testi *et al*. (2006) ศึกษาลักษณะทางโภชนาการของกล้ามเนื้อส่วนหลังและท้องของปลากะพงขาว ปลากะพงแดง และปลาเรนโบว์เทร้าต์ พบความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อส่วนหลังและส่วนท้องของปลากะพงขาว ของปริมาณ MUFA, PUFA และ DHA พบอัตราส่วนของ n6/n3 ตั้งแต่ 0.22 (กล้ามเนื้อส่วนหลังของปลาเรนโบว์เทร้าต์) ถึง 0.38 (กล้ามเนื้อส่วนท้องของปลากะพงแดง) ส่วนตัวชี้วัดของคุณภาพของลักษณะทางโภชนาการคือ EPA+DHA จะพบในกล้ามเนื้อส่วนท้องมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลังของปลาเรนโบว์เทร้าต์เสมอ ส่วน Johansson *et al*. (2000) พบความแตกต่างระหว่างระดับความสัมพันธ์ของกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในปลาที่ให้อาหารสูตร RL25/100/100, RL50/50/100, RL 100/50/50 และ RL100/100/50 และพบความแตกต่างของ PUFA เฉพาะ DHA เท่านั้น (13.06, 12.45, 14.00 และ 13.67% ตามลำดับ) ($P<0.01$)

รอมลี และคณะ (2550) ศึกษารูปแบบของกรดไขมันในปลาทะเลและปลาน้ำจืดจังหวัดปัตตานี พบว่า ปลาทะเลมี SFA, MUFA และ PUFA ร้อยละ 26.76-60.35, 11.72-55.75 และ 17.52-45.72 ตามลำดับ มี SFA สูงกว่าปลาน้ำจืดซึ่งพบ MUFA และ PUFA ร้อยละ 9.26-33.16 และ 20.89-39.10 ตามลำดับ และปลาทะเลมี n-3 คือ DHA, EPA, ALA (α-linolenic acid) และโอเมก้า 6 สูงกว่าปลาน้ำจืด โดยปลากะพงแดง ปลาโอลายและปลากุเลาเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ส่วน บัณฑิต และคณะ (2546) ศึกษาการเพิ่มระดับกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ในปลานิลโดยการใช้น้ำมันปลาทูน่าเสริมที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน พบว่า การสะสมกรดไขมันในเนื้อปลานิลมีปริมาณ EPA มีค่า 0.14±0.03, 0.19±0.04, 0.28±0.04 และ 0.36±0.05 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณ DHA มีค่า 2.93±0.06, 3.40±0.24, 4.15±0.25 และ 4.62±0.13 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งระดับการสะสมปริมาณกรดไขมัน EPA, DHA และกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 มีค่าเพิ่มขึ้น ตามระดับการใช้น้ำมันปลาทูน่าที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ($P<0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Halilloğlu *et al.* (2004) ศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบของกรดไขมันในปลาเรนโบว์เทร้าต์ที่เลี้ยงในน้ำจืดและน้ำเค็ม พบว่า C 14:0 (myristic; 2.38 vs. 4.04) C 20:5 n3 (EPA; 3.52 vs. 6.02) C 16:1 n7 (4.16 vs. 6.91) C 18:0 (stearic; 6.79 vs. 4.39) C 22:6 n3 (DHA; 22.7 vs. 16.5) และ C 22:5 n3 (0.85 vs. 1.63) และเปอร์เซ็นต์ EPA/DHA (0.16 vs. 0.32) สูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.001$) และปริมาณกรดไขมัน SFA เป็น 30% ของกรดไขมันทั้งหมด ส่วน Turchini *et al.* (2003) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่แตกต่างกัน โดยมีกลุ่มน้ำมันปลาเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มน้ำมันคาโนลา กลุ่มไขมันจากสัตว์ปีก กลุ่มไขมันจากสุกร และกลุ่มน้ำมันจากโอเลอีนของเนื้อปลาบราวน์เทร้าต์ พบ กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เป็น 35.3, 19.7, 55.7, 32.7 และ 37.9 % ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) เป็น 32.3, 49.9, 26.2, 38.2 และ 38.5 % ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) เป็น 31.3, 29.7, 17.6, 27.8 และ 22.8 % ตามลำดับ กรดไขมันโอเมก้า 3 (n-3) เป็น 24.7, 14.7, 10.2, 12.3 และ 10.9 % ตามลำดับ กรดไขมันโอเมก้า 6 (n-6) เป็น 6.6, 15.0, 7.4, 15.5 และ 11.9 % ตามลำดับ และสัดส่วนกรดไขมัน n3/n-6 เป็น 3.8, 1.0, 1.4, 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved