ผลของอายุและชนิดของกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อของปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่เลี้ยงโดยมูลนิธิโครงการหลวง

Effect of Slaughter Age and Muscle Type on Meat Quality of Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss)* Culture under the Royal Project Foundation

ศิวพงษ์ ยะมะกะ[1] เทอดชัย เวียรศิลป์[1] ประสาน พรโสภิณ[2] โกมุท อุ่นศรีส่ง[2]
กาบรีลเล ฮอร์สเกน-ชวาร์ก[3] และสัญชัย จตุรสิทธา[1]
Siwapong Yamaka[1], Therdchai Vearasilp[1], Prasan Pornsopin[2], Gomut Unsrisong[2],
Gabriele HÖrstgen-Schwark[3] and Sanchai Jaturasitha[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอายุและชนิดของกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ทำการทดลองเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าท์ จำนวน 120 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial โดยปัจจัยแรกเป็นระดับอายุของปลา แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ อายุ 10, 12 และ 24 เดือน ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2 เป็นชนิดของกล้ามเนื้อ โดยแบ่งชนิดของกล้ามเนื้อตามความยาวเส้นข้างลำตัว (lateral line) ได้เป็น 2 กล้ามเนื้อ คือ ส่วนหลัง (dorsal fillet) และ ส่วนท้อง (ventral fillet) จากนั้นนำเข้าฆ่าและชำแหละทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ จากการศึกษาพบว่า ปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและไขมันสูงที่สุด ($P<0.001$) ส่วนปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือนมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด ($P<0.001$) ในขณะที่ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุดและค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด ($P<0.001$) ส่วนการหาค่าความหืน (TBARS) ของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ พบว่า มีการหืนเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นตามอายุฆ่าและที่บริเวณกล้ามเนื้อส่วนท้องมากกว่าส่วนหลัง

ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 และ 12 เดือน สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน ($P<0.001$) ตามลำดับ ส่วนปริมาณคอเลสเตอรอลในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือนมีค่าต่ำที่สุดในขณะที่ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน มีค่าต่ำที่สุด ($P<0.001$) สำหรับปัจจัยของกล้ามเนื้อส่วนหลังมีค่าของความชื้นและโปรตีนสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง ($P<0.001$) แต่เปอร์เซ็นต์ไขมัน ค่าความหืน (TBARS) ปริมาณคอลลาเจนและปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อส่วนท้องจะมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P<0.001$) ในขณะเดียวกันชนิดของกล้ามเนื้อไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ โทรศัพท์ 081-7060214
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Thailand
[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
Chiang Mai Inland Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries, Thailand
[3] ภาควิชาสัตวบาลและพันธุศาสตร์ มหาวิทยาลัยจอร์จ ออกัส ก๊อตคิงเก็น เยอรมนี
Institute of Animal Husbandry and Genetics, Georg-August-Universität Göttingen, Germany

(P>0.05) จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อในโปรตีน ค่าความหืนจากการเก็บรักษาในวันที่ 3, 6 และ 9 และปริมาณไตรกลีเซอไรด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง (P<0.001)

คำสำคัญ : ปลาเรนโบว์เทร้าท์ คุณภาพเนื้อ ความหืนของเนื้อ ไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effect of slaughter age and muscle type on meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). One hundred and twenty rainbow trout were divided into 3 slaughter age groups: 10, 12 and 24 months and the second factor were separated by type of muscles: dorsal and ventral fillet. Fishes were slaughtered and then analyzed on meat quality. The results revealed that moisture content of rainbow trout aged 24 months was higher than those of 12 and 10 months (P<0.001), respectively. The highest meat protein was found in trout aged 10 months (P<0.001) and the percentage of fat in trout aged 24 months was highest (P<0.001). At the same time drip loss in trout aged 12 months was highest (P<0.001). Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) was increased in older trout and ventral fillet as well as period of storage (6 days) (P<0.001). Total collagen content in trout aged 12 and 24 months were higher than that of 10 months (P<0.001). Cholesterol content in trout aged 12 months was lowest but the highest triglyceride content was found in trout aged 24 months (P<0.001).

For muscle type, the dorsal fillet of trout was higher in moisture, protein and cholesterol content (P<0.001) but lower in percentage of fat, TBARS, collagen and triglyceride (P<0.001) than ventral fillet. Moreover, this experiment found the interaction between slaughter age and type of muscle in protein, TBARS (days 3, 6 and 9) and triglyceride content (P<0.001).

Keywords : rainbow trout, meat quality, TBARS, triglyceride, cholesterol

E-mail : **s.yamaka@hotmail.com**

คำนำ

ปัจจุบันประชากรของโลกกำลังประสบกับปัญหาด้านสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่เต็มไปด้วยการแข่งขัน มีความเร่งรีบ ขาดการดูแลสุขภาพ และมีความเครียดสูง ทำให้ผู้ป่วยจากโรคที่มีสาเหตุจากวิถีการดำเนินชีวิตเพิ่มสูง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular diseases; CVD) โรคความดันโลหิตสูง และโรคมะเร็ง (สัญชัย, 2551) ในหลายประเทศจึงมีการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตอาหารมากขึ้นโดยให้ความสำคัญกับผู้บริโภคเป็นหลัก และหาวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งอาหารที่มีคุณภาพและเป็นประโยชน์กับผู้บริโภคมากขึ้น การให้ความสนใจในการบริโภคเนื้อปลาจึงเข้ามามีบทบาทในการบริโภคเช่นกันโดยเฉพาะปลาเรนโบว์เทร้าท์ จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่จำเป็นต่อสุขภาพของผู้บริโภค สอดคล้องกับ Werner *et al*. (2008) ที่ศึกษาปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 66 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน เท่ากับ 76.8, 19.5, 1.3 และ

2.5% ตามลำดับ ส่วนปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 75 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน เถ้า และไขมัน เท่ากับ 74.5, 20.1, 1.3 และ 4.0% ตามลำดับ และในปี 2512 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงมีพระราชดำริแนะนำให้มีการเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าท์ในเขตพื้นที่สูงภาคเหนือของไทย เพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้แก่ชาวเขาทดแทนการปลูกฝิ่น (กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547 อ้างโดย Pornsopin, 2004) ปัจจุบันได้มีการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าท์ภายใต้สภาวะในประเทศไทยโดยมูลนิธิโครงการหลวงและกรมประมง แต่ยังไม่มีการศึกษาด้านคุณภาพเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ทั้งที่เพาะเลี้ยงในประเทศไทยหรือจากต่างประเทศ คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในด้านปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่มและรสชาติ (สัญชัย, 2550) อีกทั้งค่าการหืนจากการเก็บรักษา ปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ของเนื้อ จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอายุและชนิดของกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ซึ่งในประเทศไทยยังมีการศึกษาทางด้านคุณภาพเนื้อน้อย ดังนั้น การศึกษาปลาเรนโบว์เทร้าท์ทางด้านคุณภาพเนื้อในครั้งนี้ เพื่อจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อมูลนิธิโครงการหลวงและตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

ปลาเรนโบว์เทร้าท์ (Rainbow trout; *Oncorhynchus mykiss*) จำนวน 120 ตัว ทำการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน จำนวน 60 ตัว กลุ่มที่ 2 ปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือน จำนวน 40 ตัว และกลุ่มที่ 3 ปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือน จำนวน 20 ตัว การเลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้าท์ในทุกระยะ จะทำการเลี้ยงโดยงานวิจัยประมงบนที่สูง ศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดเชียงใหม่ สถานีวิจัยโครงการหลวงดอยอินทนนท์ มูลนิธิโครงการหลวง เมื่อครบอายุที่กำหนดไว้แล้วจึงนำปลาเรนโบว์เทร้าท์ไปศึกษาคุณภาพเนื้อต่อไป

อาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์อาหารทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย และเถ้า พบเป็น 91.34%, 60.07%, 9.58%, 0.62% และ 10.73% ส่วนปริมาณการให้อาหารในแต่ละช่วงอายุ จะแบ่งตามน้ำหนักตัว

การศึกษาคุณภาพเนื้อ

นำปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่มีอายุดังกล่าวเข้าฆ่าด้วยวิธีทำให้สลบด้วยน้ำแข็งตามวิธีของ Testi *et al.* (2006) และทำการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) และ กล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) จากนั้นนำซากแช่เย็นที่ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1995) วัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (สัญชัย, 2551) วิเคราะห์หาค่าการหืน (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) (Rossell, 1994) วิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจน (Hill, 1969) วิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอล (Jung *et al.*, 1975) และวิเคราะห์หาปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (Bigg *et al.,* 1975)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 factorial โดยมีปัจจัยในการทดลอง คือ อายุของปลา แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ อายุ 10, 12 และ 24 เดือน ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2 เป็นชนิดของกล้ามเนื้อ โดยแบ่งชนิดของกล้ามเนื้อตามความยาวเส้นข้างลำตัว (lateral line) ได้เป็น 2 กล้ามเนื้อ คือ dorsal fillet และ ventral fillet ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม SAS Version 6.12 (SAS, 2001)

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ (chemical composition)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ วัดได้จากการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture) โปรตีน (protein) และไขมัน (fat) จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่า ความชื้นของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 และ 12 เดือน ($P<0.001$) ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือนพบว่าสูงที่สุด รองลงมาคือปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 และ 12 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) เปอร์เซ็นต์ไขมันในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ปลาเรนโบว์ เทร้าท์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) ส่วนความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture) และโปรตีน (protein) ในกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ($P<0.001$) ส่วนไขมัน (fat) ในกล้ามเนื้อส่วนท้องจะมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (ventral fillet) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งความผันแปรของความชื้นและไขมันที่เพิ่มขึ้น โปรตีนที่ลดลงตามอายุ เป็นผลเนื่องจาก เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นจะมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกกัน (สัญชัย, 2551) เช่นเดียวกับ ลักษณะของกล้ามเนื้อ ที่กล้ามเนื้อส่วนท้อง (dorsal fillet) จะมีการสะสมไขมันที่ท้อง ดังนั้นจึงมีปริมาณไขมันที่มากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) สอดคล้องกับ Werner *et al*. (2008) รายงานว่า ปลาเรนโบว์เทร้าท์ควรจะขายในช่วงเวลา 1-2 ปี และน้ำหนักตั้งแต่ 250-450 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากปลายังไม่มีความสมบูรณ์พันธุ์ซึ่งเป็นเหตุทำให้ลดประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตลง นอกจากนี้ยังทำให้คุณภาพเนื้อและความต้านทานโรคต่ำลงด้วย แต่ผลการทดลองกลับพบว่า ความชื้น โปรตีน และไขมัน ลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น (66 *vs*. 75 weeks) ขณะที่ Quillet *et al*. (2007) พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นโปรตีนและไขมันจะเพิ่มขึ้นด้วย ($P<0.05$) จากผลการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อในเปอร์เซ็นต์โปรตีน (protein) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เริ่มจากการจัดการก่อนฆ่ามีผลต่อความเครียดก่อนการฆ่า (สัญชัย, 2551) ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงเพราะโปรตีนของกล้ามเนื้อถูกทำให้เสียสภาพ (denature) ไปบางส่วน โปรตีนจึงจับตัวกันได้น้อย ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีน้ำไหลออกจากเซลล์ (exudative) (เยาวลักษณ์, 2536) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะพิจารณาถึงค่าการสูญเสียน้ำใน

รูปแบบต่างๆ ประกอบด้วย ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) และค่าการสูญเสียน้ำจากการย่าง (grilling loss) จากผลการทดลองใน Table 1 พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุด (P<0.001) ส่วนค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนที่ค่าสูงที่สุด (P<0.001) และไม่พบความแตกต่างกัน (P>0.05) ในค่าของการสูญเสียน้ำจากการย่าง (grilling loss) ส่วนความแตกต่างระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับ สัญชัย (2550) ที่รายงานว่าการสูญเสียขณะทำละลายมีความสัมพันธ์กับความชื้นในเนื้อ ส่วนการสูญเสียเนื่องจากการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับไขมันในซากซึ่ง Schnepf (1989) อ้างโดย Suárez *et al*. (2005) รายงานว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ที่มีการเปลี่ยนแปลงโปรตีนโดยการยืดหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ และการกระจายตัวของน้ำทั้งในและนอกเซลล์ และศึกษาพบว่ากล้ามเนื้อของเนื้อปลามีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นระหว่างชั่วโมงแรกๆ ของการเก็บรักษา และจะสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาได้ 10 ชั่วโมงจนกระทั่ง 72 ชั่วโมงการสูญเสียน้ำจะค่อยๆ ลดลง

Table 1 Chemical composition and water holding capacity of rainbow trout at different age and muscle.

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF[1]	VF[2]		Age	Muscle	Inter[3]
Chemical composition, %									
Moisture	72.49^{b}	72.79^{b}	73.80^{a}	74.22^{x}	71.83^{y}	0.139	<0.001	<0.001	0.683
Protein	26.83^{a}	20.03^{c}	20.79^{b}	22.98^{x}	22.12^{y}	0.074	<0.001	<0.001	<0.001
Fat	5.46^{c}	6.48^{b}	14.71^{a}	7.07^{y}	10.70^{x}	0.148	<0.001	<0.001	0.064
Water holding capacity, %									
Drip loss	9.75^{a}	11.26^{a}	6.38^{b}	8.65	9.60	0.057	0.002	0.385	0.277
Thawing loss	8.13^{b}	6.08^{ab}	9.53^{a}	7.02	8.86	0.056	0.024	0.076	0.544
Grilling loss	14.75	13.06	12.18	13.94	13.13	0.150	0.681	0.659	0.100

$^{a, b, c}$ Mean within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.001) by age effect.

^{x,y} Mean within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.001) by muscle effect.

[1] Dorsal fillet.

[2] Ventral fillet.

[3] Interaction between age and muscle.

ความหืนของเนื้อ (Thiobarbituric acid reactive substances; TBARS value)

ค่า Thiobarbituric acid reactive substances ที่วัดได้สามารถบ่งชี้ถึงการหืนของไขมันในเนื้อปลาสด (Sweet, 1973 cited by Choubert *et al.* (2006)) โดยการเก็บเนื้อปลาในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส หลังการตัดแต่งเป็นเวลา 14 วัน จากผลการทดลองค่าความหืนใน Table 2 พบว่า วันที่ 0 ของการเก็บเนื้อปลา

เรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 และ 24 เดือนความหืนไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีค่าความหืนสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน (P<0.001) ความหืนในวันที่ 3 ของการเก็บเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือน สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ (P<0.001) ความหืนในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือน สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ (P<0.001) ส่วนวันที่ 9 ในการเก็บเนื้อ พบว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือน มีความหืนสูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 และ12 เดือน (P<0.001) ทั้งนี้เนื่องจากการสะสมไขมันที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุปลามากขึ้น ส่วน Choubert *et al.* (2006) พบว่า ค่าความหืนของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่เลี้ยงด้วย astaxanthin หรือ canthaxanthin และเก็บรักษาโดยการควบคุมอากาศ พบว่า การหืนของไขมันของกลุ่มควบคุม น้อยกว่ากลุ่มที่เติมอากาศและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วน Chaiyapechara *et al.* (2003) พบว่าค่า TBARS ของเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่เก็บไว้ในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่า เนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่เสริมไขมัน 30% ในสูตรอาหารจะมีค่าสูงกว่าทุกๆ สภาวะ (P<0.001) ส่วนความหืนของเนื้อที่วัดความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อส่วนหลังและส่วนท้อง ทุกระยะการเก็บรักษาเนื้อ พบว่า ค่า TBARS ของการกล้ามเนื้อส่วนท้องสูงกว่าส่วนหลัง (P<0.001) ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้อส่วนท้องมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง นอกจากนั้นพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อในวันที่ 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา (P<0.001)

ปริมาณคอลลาเจน (collagen content)

คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีมากถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมด พบได้ในผิวหนัง กระดูก กระดูกอ่อน เอ็นและผนังเส้นเลือด (Bodwell and McClain, 1971) ปริมาณของคอลลาเจนและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มกลุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่มให้รวมเป็นมัดกล้ามเนื้อ (perimysium) เป็นปัจจัยหลักในการใช้ตัดสินความเหนียวของเนื้อ โดยเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายสูงจะมีความนุ่ม ส่วนเนื้อที่มีปริมาณที่ไม่ละลายสูง เนื้อจะมีความเหนียว จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าคอลลาเจนที่ละลายได้ (soluble collagen) ในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือนสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่อายุ 24 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.61, 0.58 และ 0.54 g/100g fillet ตามลำดับ (P<0.001) ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุดแต่ไม่ต่างจากปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือน แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.63, 0.61 และ 0.48 g/100g fillet ตามลำดับ (P<0.001) ในขณะที่ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 และ 12 เดือน สูงกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือน (P<0.001) ตามลำดับ สอดคล้องกับสัญชัย (2550) ที่รายงานว่า อายุเป็นปัจจัยที่บ่งบอกความนุ่มคือ เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นความนุ่มก็จะลดลงถึงแม้ว่าปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาณของ intermolecular crosslinks ภายในเส้นใยย่อยของคอลลาเจนมีเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ 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) และปัจจัยของชนิดกล้ามเนื้อ พบว่าทั้งปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนทั้งหมดของกล้ามเนื้อส่วนท้อง มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (0.61 vs. 0.54, 0.62 vs. 0.53 และ 1.23 vs. 1.07 g/100g fillet ตามลำดับ) ($P<0.001$) ปริมาณและคุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของกล้ามเนื้อสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อที่มีไขมันและมีการเคลื่อนไหวน้อยมีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวมาก

ปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (cholesterol and triglyceride content)

คอเลสเตอรอลคือ ไขมันชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อร่างกายเพื่อใช้ในการสร้างฮอร์โมน วิตามินอี และกรดน้ำดี พบในอาหารที่มาจากสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์เท่านั้น (สัญชัย, 2551) จากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 39.70, 35.88 และ 30.01 mg/100g fillet ตามลำดับ ($P<0.001$) และปัจจัยของกล้ามเนื้อ dorsal fillet มีค่าสูงกว่า ventral fillet (40.07 vs. 30.33 mg/100g fillet) ($P<0.001$) ซึ่งปริมาณคอเลสเตอรอลขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์จากร่างกายสัตว์เอง สอดคล้องกับ Celik *et al*. (2008) ที่หาปริมาณคอเลสเตอรอลจากปลาเรนโบว์เทร้าท์จากอ่างเก็บน้ำประเทศตุรกีมีค่าเป็น 35.04 mg/100g โดยมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 289 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักตัวต่ำกว่าปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 10 เดือนของการทดลองนี้ ในขณะที่ Moreira *et al*. (2001) ได้วิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลจากปลาน้ำจืดหลายๆ ชนิดพบว่าจะอยู่ในช่วง 40.99 และ 52.79 mg/100g นอกจากนี้ Mathew *et al*. (1999) และ Luzia *et al*. (2003) พบว่าปลาน้ำจืดมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าปลาน้ำเค็ม

ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่าปริมาณไตรกลีเซอไรด์ของปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 24 เดือนสูงที่สุดรองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทร้าท์อายุ 12 และ 10 เดือนตามลำดับ 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) ($P<0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่กล้ามเนื้อส่วนท้องมีการสะสมไขมันมากกว่าจึงทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงด้วย จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อมีเฉพาะในปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyride content) ในเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$)

Table 2 Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), collagen content (g/100g fillet), cholesterol (mg/100g fillet) and triglyceride (g/100g fillet) of rainbow trout at different age and muscle.

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF[1]	VF[2]		Age	Muscle	Inter[3]
TBARS, mg malondaldehyde/ kg fillet									
Day 0	1.71^{b}	5.00^{a}	5.49^{a}	3.5^{y}	4.64^{x}	0.124	<0.001	<0.001	0.178
Day 3	7.35^{c}	8.44^{b}	9.91^{a}	7.95^{y}	9.19^{x}	0.103	<0.001	<0.001	<0.001
Day 6	10.12^{b}	8.68^{c}	10.72^{a}	9.64^{y}	10.05^{x}	0.098	<0.001	0.039	<0.001
Day 9	9.47^{b}	9.49^{b}	12.53^{a}	9.26^{y}	11.7^{x}	0.101	<0.001	<0.001	<0.001
Collagen content									
Soluble collagen	0.54^{c}	0.61^{a}	0.58^{b}	0.54^{y}	0.61^{x}	0.001	<0.001	<0.001	0.412
Insoluble collagen	0.48^{b}	0.63^{a}	0.61^{a}	0.53^{y}	0.62^{x}	0.001	<0.001	<0.001	0.172
Total collagen	1.06^{b}	1.24^{a}	1.98^{a}	1.07^{y}	1.23^{x}	0.001	<0.001	<0.001	0.757
Cholesterol	35.88^{b}	30.01^{c}	39.70^{a}	40.07^{x}	30.33^{y}	0.040	<0.001	<0.001	0.148
Triglyceride	2.32^{c}	3.22^{b}	3.98^{a}	2.38^{y}	3.97^{x}	0.003	<0.001	<0.001	<0.001

$^{a, b, c}$ Mean within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.001) by age effect.

^{x,y} Mean within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.001) by muscle effect.

[1] Dorsal fillet.

[2] Ventral fillet.

[3] Interaction between age and muscle.

สรุปและเสนอแนะ

คุณภาพเนื้อปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่เลี้ยงโดยงานวิจัยประมงบนที่สูง ศูนย์วิจัยประมงน้ำจืดเชียงใหม่ สถานีวิจัยโครงการหลวงดอยอินทนนท์ มูลนิธิโครงการหลวง พบว่าคุณภาพเนื้อของปลาเรนโบว์เทร้าท์ ที่อายุ 10 และ 12 เดือน เหมาะสมในการบริโภคมากกว่า ทั้งนี้เพราะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ไขมันต่ำกว่าปลาที่มีอายุมาก และยังมีปริมาณคอเลสเตอรอลรวมและไตรกลีเซอไรด์ที่ต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อสุขภาพผู้บริโภค ส่วนค่าความหืนของเนื้อจะมีค่าสูงในปลาที่มีอายุมากกว่าและเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษาเนื้อ เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลา และการสะสมไขมันที่พบในกล้ามเนื้อส่วนท้องมากกว่าส่วนหลัง ทำให้มีค่าการหืนของเนื้อเพิ่มขึ้นตามวันที่เก็บรักษาเนื้อด้วย

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มูลนิธิโครงการหลวงที่มอบงบประมาณสนับสนุน และขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 133 น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2550. การจัดการเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์มิ่งเมือง. เชียงใหม่. 171 น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2551. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มิ่งเมือง. เชียงใหม่. 335 น.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. USA.

Bigg, H.G., J.M. Erikson and W.R. Moorehead. 1975. Annual colorimetric assay of triglycerides in serum. *Clin. Chem*. 21: 437 – 441.

Bodwell, C.E. and P.E. McClain. 1971. Chemistry of animal tissue: proteins. *In*: The Science of Meat and Meat Product. (eds.) J. F. Price and B. S. Schweigert. W. H. Freeman and Company, USA. 78-132 p.

Celik, M., M.A. Gokçe, N. Basusta, A. Küçükgülmez, O. Tasbozan and S.S. Tabakoglu. 2008. Nutritional quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caught from the Atatürk dam lake in Turkey. *J. Muscle Foods*. 19: 50-61.

Chaiyapechara S., M.T. Casten, R.W. Hardy and F.M. Dong. 2003. Fish performance, fillet characteristics, and health assessment index of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing adequate and high concentrations of lipid and vitamin E. *Aquaculture*. 219: 715-738.

Choubert G. and M. Baccaunaud. 2006. Colour change of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere. *LWT*. 39: 1203-1213.

Hill, F. 1969. The solubility of intramuscular collagen in meat animal of various ages. *J. Food Sci.* 31: 161- 166.

Jung, D.H., H.G. Biggs and W.R. Moorehead. 1975. Colorimetry of serum cholesterol with use of ferric acetate uranyl acctate and ferrous sulfate/sulfuric acid reagent. *Clin. Chem.* 21: 1526 – 1540.

Luzia, L.A., G.R. Sampaio, C.M.N. Castellucci and E.A.F.S. Torres. 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food Chem*. 83; 93-97.

Masniyom, P., S. Benjakul and W. Visessanguan. 2005. Collagen changes in refrigerated sea bass muscle treated with pyrophosphate and stored in modified-atmosphere packaging. *Eur. Food Res. Technol*. 220: 322-325.

Mathew. S, K. Ammu, P.G. Viswanathan Nair and K. Devadasan. 1999. Cholesterol content of Indian fish and shellfish. *Food Chem*. 66: 455-461.

Moreira, A.B., J.V. Visentainer, N.E. de Saouza and M. Matsushita. 2001. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. *J. Food Compos. Anal*. 14: 565–574.

Pornsopin, P. 2004. Performance comparison of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) under the specific environmental condition in the Hignland of Northern Thailand. Ph.D.thesis, Cuvillier Verlag, Göttingen. 63 p.

Quillet E., S.L. Guillou, J. Aubin, L. Labbé, B. Fauconneau and F. Médale, 2007. Response of a lean muscle and a fat muscle rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) line on growth, nutrient utilization, body composition and carcass traits when fed two different diets. *Aquaculture*. 269: 220-231.

Rossell, J.B. 1994. Measurement of rancidity, *In* : Rancidity in Foods. J.C. Allen and R.J. Hamilton. (eds.) Chapman & Hall, London. England. 22 – 53.

SAS. 2001. SAS User's Guide. Statistics. SAS. Inst. Inc., Cary, NC. USA.

Suárez, M.D., M. Abad, T. Ruiz-cara, J.D. Estrada and M. García-Gallego. 2005. Changes in muscle collagen content during *post mortem* storage of farmed sea bream (*Sparus aurata*): influence on textural properties. *Aquacult Int*. 13:315-325.

Testi, S., A. Bonaldo, P. P. Gatta and A. Badiani. 2006. Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three farmed fish species. *Food Chem*. 98: 104-111.

Werner C., K. Poontawee, A. Mueller-Belecke, G. Hoerstgen-Schwark and M. Wicke. 2008. Flesh characteristics of pan-size triploid and diploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a commercial fish farm. *Arch. Tierz., Dummerstorf*. 51: 71-83.