

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 คุณภาพซาก (carcass quality)

4.1.1 ส่วนประกอบของซาก (carcass composition)

ส่วนประกอบของซากประเมินผลโดยการชั่งน้ำหนักซาก จากผลการทดลองใน Table 4-1 พบว่า น้ำหนักตัวของปลาเรนโบว์เทราต์ (whole body weight) น้ำหนักซากปลาเรนโบว์เทราต์ (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 ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$)

ส่วนน้ำหนักเครื่องใน (visceral weight) และน้ำหนักอวัยวะเพศ (gonad weight) ของปลาเรนโบว์ เทราต์ที่อายุ 24 เดือน มากกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 และ 12 เดือน ($P < 0.001$) เปรียบเส้นผ่าศูนย์กลางของปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 และ 12 เดือน สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 24 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$)

ดัชนีของเครื่องในต่อน้ำหนักตัว (VSI; viscerosomatic index) ของปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 เดือน มากกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 12 และ 24 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) ส่วนดัชนีของตับต่อน้ำหนักตัว (HSI; hepato-somatic index) ของปลาเรนโบว์เทราต์ในแต่ละช่วงอายุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

4.1.2 ความยาวซาก (carcass length)

ความยาวซากประเมินผลโดยการวัด ความยาวทั้งตัว (total length) ความยาวมาตรฐาน (standard length) ความยาวส่วนหัว (head length) ความลึก (depth) และความหนาของลำตัว (thickness) ของปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 24 เดือน มากกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 และ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.001$) (Table 4-2)

Table 4-1 Body composition of rainbow trout with different age

Criteria	Age (months)			SEM	P-Value
	10	12	24		
Whole body weight (g)	339.04 ^c	500.74 ^b	1133.64 ^a	11.584	<0.001
Carcass weight ^{1/} (g)	287.99 ^c	432.44 ^b	930.98 ^a	10.307	<0.001
Gill weight (g)	8.79 ^c	13.39 ^b	28.83 ^a	0.336	<0.001
Visceral weight (g)	35.93 ^b	34.43 ^b	64.50 ^a	1.438	<0.001
Heart (g)	0.5 ^c	0.75 ^b	2.03 ^a	0.043	<0.001
Liver weight (g)	4.52 ^c	6.49 ^b	15.15 ^a	0.311	<0.001
Gonad weight (g)	1.85 ^b	2.44 ^b	22.20 ^a	0.723	<0.001
Carcass percentage	84.94 ^a	86.48 ^a	81.90 ^b	0.286	<0.001
Head and Fin weight (g)	38.63 ^c	52.88 ^b	153.65 ^a	2.092	<0.001
Bone weight (g)	50.15 ^c	74.00 ^b	150.25 ^a	1.918	<0.001
Skinned weight (g)	14.72 ^c	33.88 ^b	105.10 ^a	2.831	<0.001
Dorsal fillet weight (g)	77.63 ^c	142.98 ^b	261.40 ^a	3.758	<0.001
Ventral fillet weight (g)	67.30 ^c	129.53 ^b	208.25 ^a	3.557	<0.001
VSI ^{2/}	11.23 ^a	7.45 ^b	7.02 ^b	0.002	<0.001
HSI ^{3/}	1.34	1.31	1.30	0.000	0.858

^{1/} Carcass without visceral^{2/} VSI (Viscero-somatic index) = 100[(weight of all visceral including gonads and heart)/body weight].^{3/} HSI (Hepato-somatic index) = 100[(weight of liver)/body weight]**Table 4-2** Biometric data of rainbow trout with different age

Criteria	Age (months)			SEM	P-Value
	10	12	24		
Total length (mm)	290.22 ^c	334.68 ^b	439.80 ^a	2.006	<0.001
Head length (mm)	263.15 ^c	305.08 ^b	387.45 ^a	2.264	<0.001
Snout length (mm)	56.71 ^c	66.55 ^b	93.98 ^a	0.628	<0.001
Depth (mm)	71.34 ^c	80.83 ^b	104.86 ^a	0.596	<0.001
Thickness (mm)	36.53 ^c	43.68 ^b	60.20 ^a	0.400	<0.001



Figure 4-1 Total length of Rainbow trout



Figure 4-2 Standard length of Rainbow trout



Figure 4-3 Head length of Rainbow trout



Figure 4-4 Depth of Rainbow trout



Figure 4-5 Thickness of Rainbow trout

4.2 คุณภาพเนื้อ (meat quality)

4.2.1 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อ (pH value)

จากผลการทดลองใน Table 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) ที่เวลา 5 นาทีหลังฆ่า ของปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 24 เดือน ไม่แตกต่างจากปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 12 แต่มากกว่าปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนค่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนมีค่าไม่แตกต่างกับปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 เดือน แต่มีค่าสูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือน ($P < 0.001$)

สำหรับค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) ที่เวลา 45 นาที หลังฆ่าของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 และ 12 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 เดือน ($P<0.05$) ส่วนค่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ของปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 10 และ 24 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในปลาเรนโบว์เทราต์ทุกอายุทดลอง แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือน ($P<0.05$)

สำหรับค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) และกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 24 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 12 เดือน ($P<0.001$)

Table 4-3 Muscle pH value of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
pH _i (5 min pm ^{4/})	6.53 ^b	6.48 ^b	6.61 ^a	6.50 ^y	6.55 ^x	0.001	<0.001	0.267	<0.001
pH _{II} (45min pm.)	6.37 ^b	6.38 ^b	6.45 ^a	6.38	6.40	0.001	0.018	0.596	0.060
pH _u (24 h pm.)	6.34 ^a	6.25 ^b	6.37 ^a	6.37	6.32	0.000	<0.001	0.828	0.779

^{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

¹ Dorsal fillet, ² Ventral fillet, ³ Interaction between age and muscle, ⁴ p.m. = post mortem

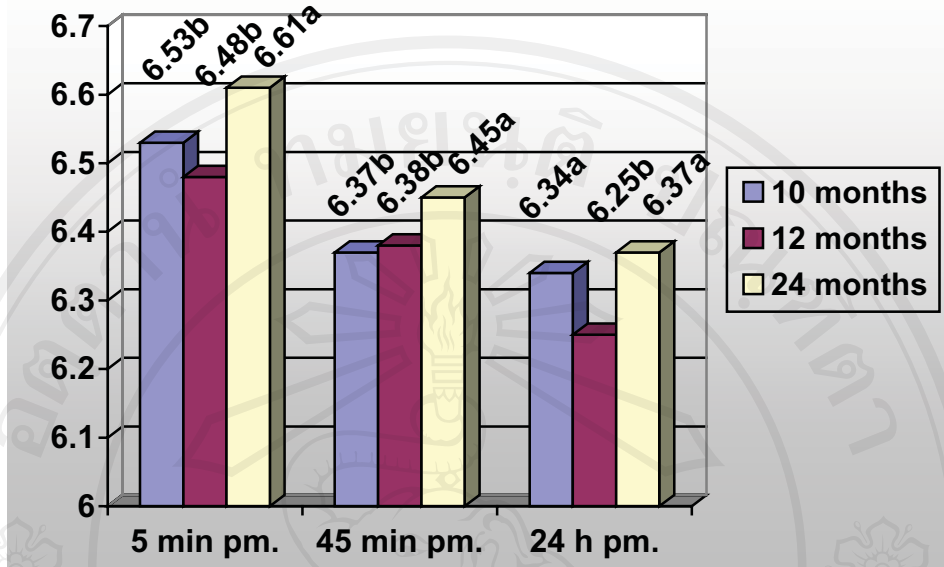


Figure 4-6 pH value of different age of rainbow trout

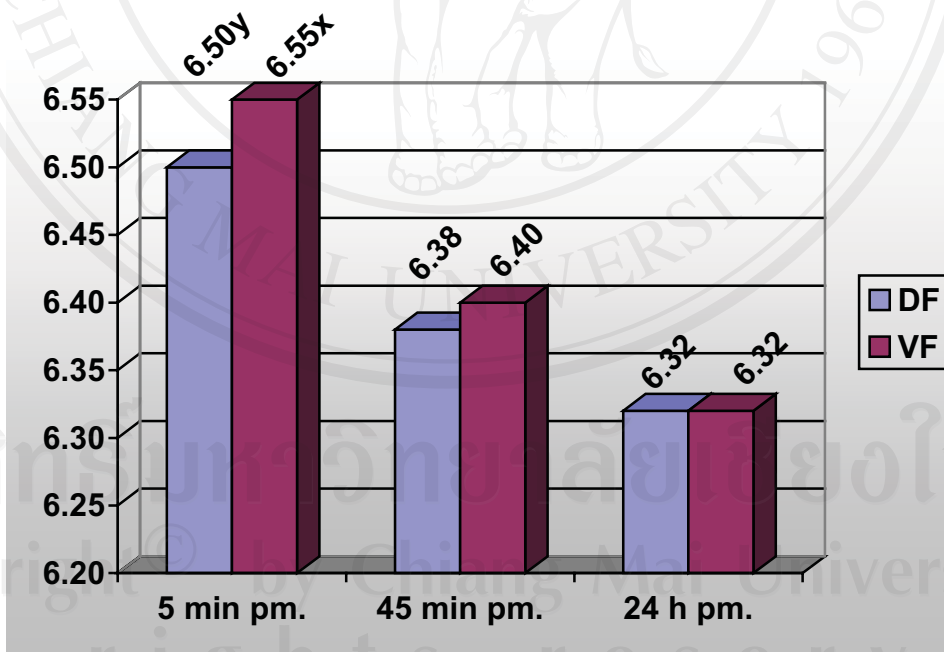


Figure 4-7 pH value of muscle type of rainbow trout

4.2.2 สีเนื้อ (meat color)

สีของเนื้อประเมินผลออกมาเป็นค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าความเป็นสีแดง (Redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness, b*) จากผลการทดลองใน Table 4-4 พบว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน ($P<0.001$) ส่วนค่าความเป็นสีแดงในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 24 เดือน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือน ($P<0.01$) ส่วนค่าความเป็นสีเหลืองในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่าสูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 10 เดือน ($P<0.001$)

ส่วนค่าความสว่างในกล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 และ 10 เดือน ($P<0.001$) แต่ไม่แตกต่างกันที่อายุ 24 และ 10 เดือน ค่าความเป็นสีแดงในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือน และอายุ 12 เดือน ($P<0.001$) แต่ไม่แตกต่างกันที่อายุ 10 และ 12 เดือน สำหรับค่าความเป็นสีเหลืองในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่ามากกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$)

Table 4-4 Meat color of dorsal and ventral fillet of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
L* ⁴	48.51 ^b	49.86 ^a	46.90 ^c	48.07 ^y	48.86 ^x	0.009	<0.001	0.054	0.002
a*	2.48 ^b	2.10 ^c	4.54 ^a	2.31 ^y	3.73 ^x	0.004	<0.001	<0.001	0.365
b*	11.32 ^c	13.07 ^b	15.05 ^a	12.27 ^y	13.98 ^x	0.009	<0.001	<0.001	0.828

^{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.

⁴ L* = Lightness; white=100, black=0, a* =redness; green=-80, red=100, b* =yellowness; blue=-50, yellow=70.

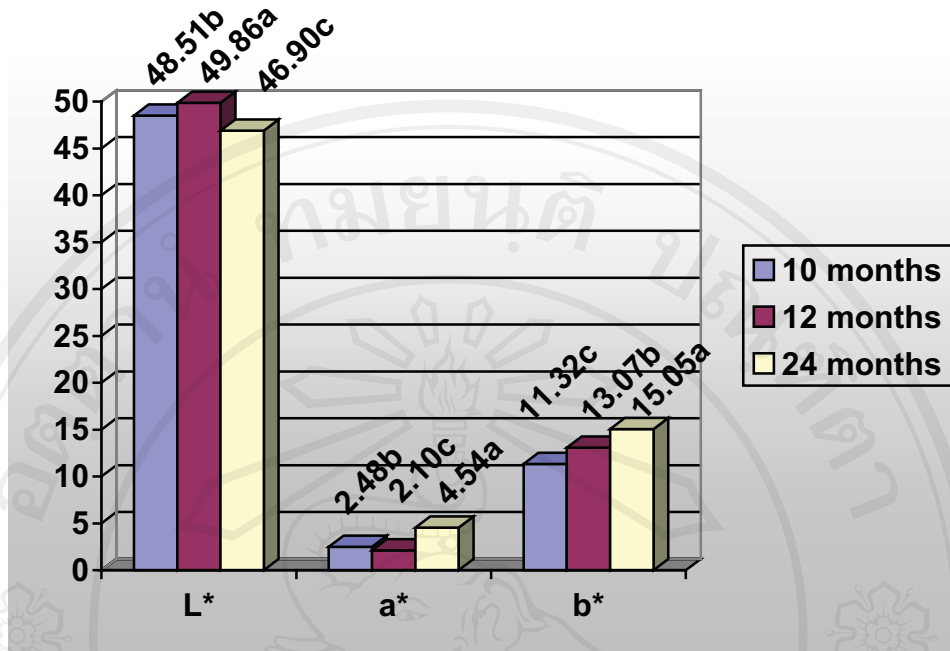


Figure 4-8 Meat color of rainbow trout with different ages

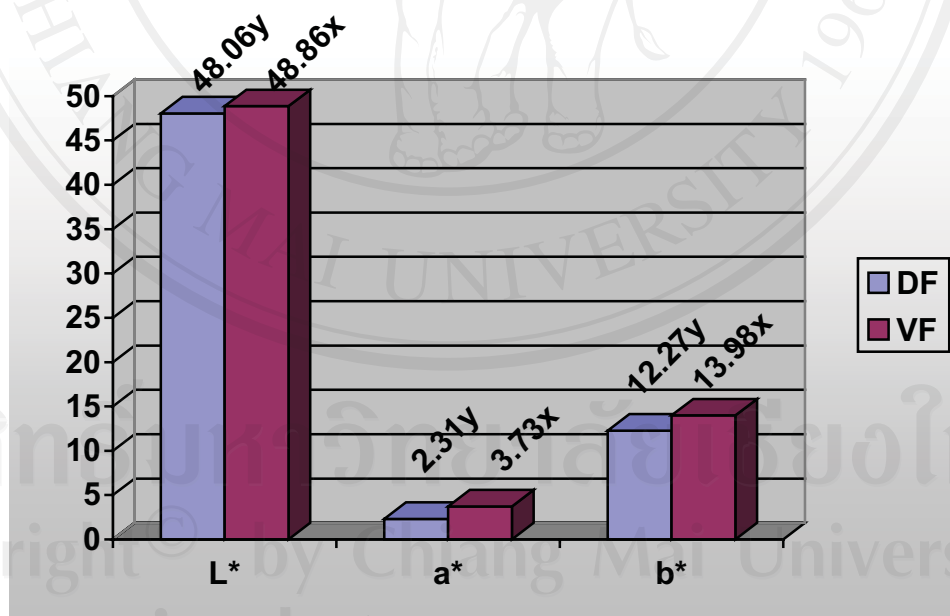


Figure 4-9 Meat color of rainbow trout with different muscle types

4.2.3 องค์ประกอบทางเคมี (chemical composition)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ วัตได้จาก การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อ (moisture) โปรตีน (protein) และ ไขมัน (fat) จากผลการทดลองใน Table 4-5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของ

ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนสูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน ($P<0.001$) ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือนสูงสุด รองลงมาคือปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 และ 12 เดือน ตามลำดับ ($P<0.001$) สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมันในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนสูงสุด รองลงมาคือ ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$)

ส่วนความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture) และโปรตีน (protein) ในกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) ($P<0.001$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมัน (fat) ในกล้ามเนื้อส่วนท้องจะมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (ventral fillet) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$)

จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อใน เปอร์เซ็นต์ โปรตีน (protein) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P<0.001$)

Table 4-5 Chemical composition of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
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

^{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.

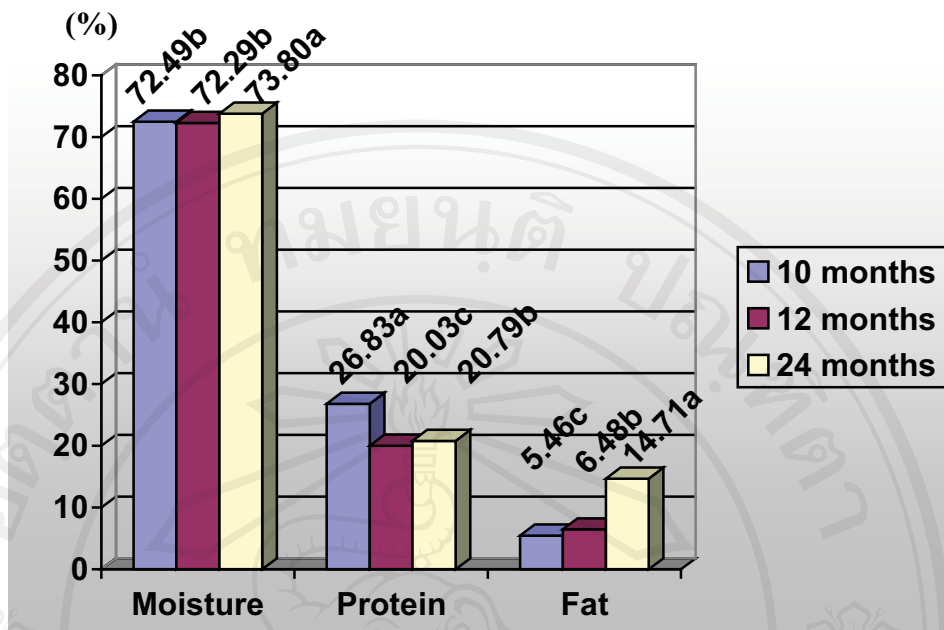


Figure 4-10 Chemical composition of rainbow trout with different ages

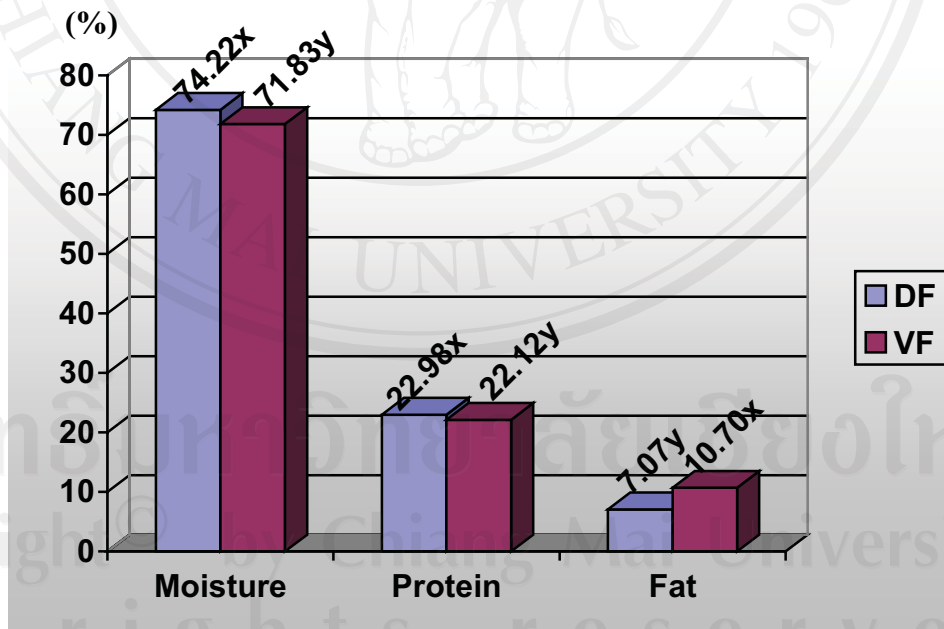


Figure 4-11 Chemical composition of rainbow trout with different muscle types

4.2.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เริ่มจากการจัดการก่อนฆ่ามีผลต่อความเครียดก่อนการฆ่า (สัจชัย, 2551) ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงเพราะโปรตีนของกล้ามเนื้อถูกทำให้เสียสภาพ (denature) ไปบางส่วน โปรตีนจึงจับตัวกันได้น้อย ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีน้ำไหลออกจากเซลล์ (exudative) (เขวาลักษณ์, 2536) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะพิจารณาถึงค่าการสูญเสียน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการย่าง (grilling loss) และค่าการสูญเสียน้ำจากการต้ม (boiling loss) จากผลการทดลองใน Table 4-6 พบว่าค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษาของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุด ($P < 0.001$) ส่วนค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลายของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด ($P < 0.001$) ในค่าของการสูญเสียน้ำจากการย่าง ไม่พบความแตกต่าง ($P > 0.05$) และค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือนสูงที่สุด ($P < 0.001$) ส่วนความแตกต่างระหว่างชนิดของกล้ามเนื้อของค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลายและค่าการสูญเสียน้ำจากการย่างไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) นอกจากค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มพบในกล้ามเนื้อส่วนท้องที่สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P < 0.001$)

Table 4-6 Water holding capacity of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
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
Boiling loss, %	8.07 ^a	4.65 ^b	3.26 ^b	3.94 ^y	6.72 ^x	0.053	<0.001	<0.001	0.077

^{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.

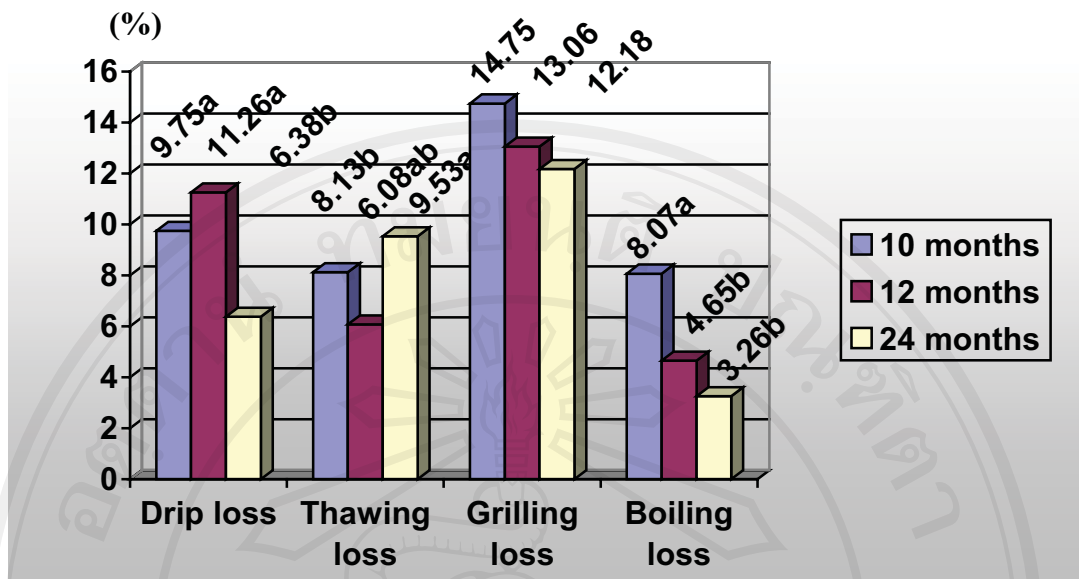


Figure 4-12 Water holding capacity of rainbow trout with different ages

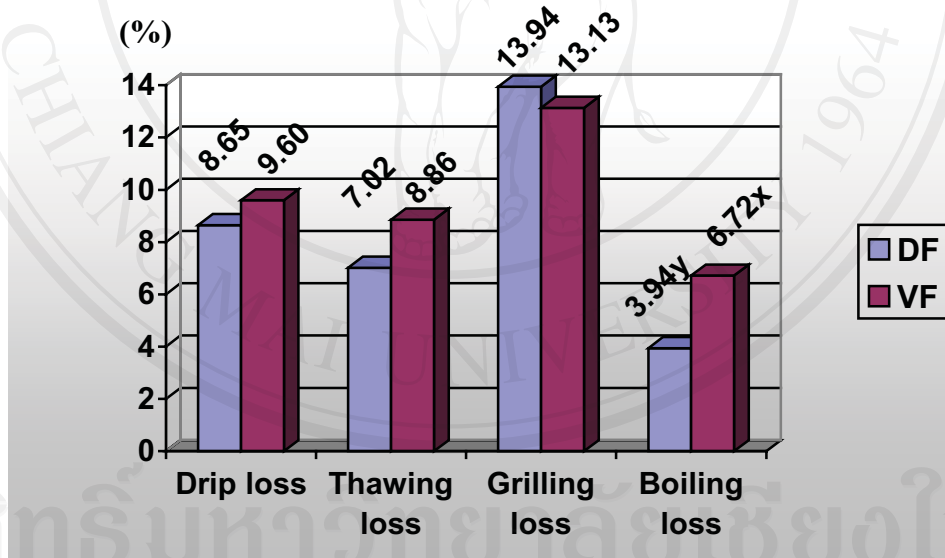


Figure 4-13 Water holding capacity of rainbow trout with different muscle types

4.2.5 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force value)

ความนุ่มของเนื้อนอกจากการวัดการตรวจชิมแล้ว สามารถวัดได้จากเครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner Blatzler Shear Force Device) ที่มีหัวตัดแบบชนิดต่าง ๆ (สัจชัย, 2551) โดยการวัดเนื้อดิบและเนื้อสุก โดยนำเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการต้มเนื้อที่มีอุณหภูมิใจกลางเนื้อ (core temperature) 65 °C ซึ่งวัดออกเป็นค่าตัดผ่านแรงสูงสุด (maximum force; N) และค่าพลังงาน

(energy; J) จากผลการทดลอง พบว่า ค่าแรงตัดผ่านสูงสุดของเนื้อดิบและเนื้อสุกเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ($P < 0.001$) โดยเนื้อสุกจะมีค่าแรงตัดผ่านสูงกว่าเนื้อดิบ ส่วนกล้ามเนื้อส่วนหลังมีค่าแรงตัดผ่านสูงสุดมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง ($P < 0.001$) ส่วนค่างานสูงเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ($P < 0.001$) และไม่พบความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อ ($P > 0.05$)

Table 4-7 Warner-Blatzler Shear Force Value of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
Max. Force (N)									
Raw fillet	5.04 ^b	5.89 ^b	11.52 ^a	7.35	7.04	0.068	<0.001	0.718	0.947
Cooked fillet	9.73 ^c	14.20 ^b	19.01 ^a	16.30 ^x	12.82 ^y	0.139	<0.001	0.040	0.840
Work (J)									
Raw fillet	0.11 ^b	0.13 ^b	0.25 ^a	0.16	0.16	0.002	<0.001	0.951	0.957
Cook fillet	0.35 ^b	0.52 ^b	0.72 ^a	0.58	0.45	0.006	<0.001	0.183	0.860

^{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.

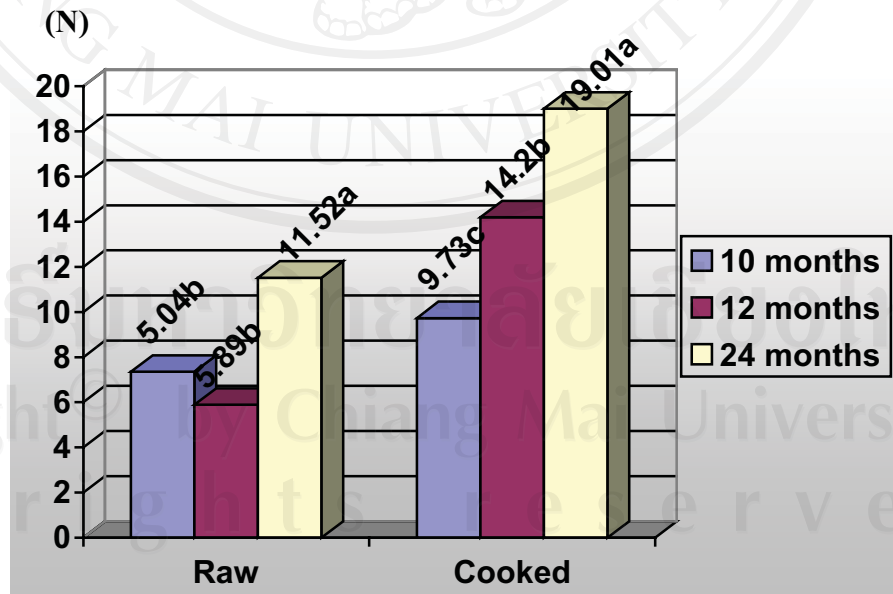


Figure 4-14 Maximum force of rainbow trout with different ages

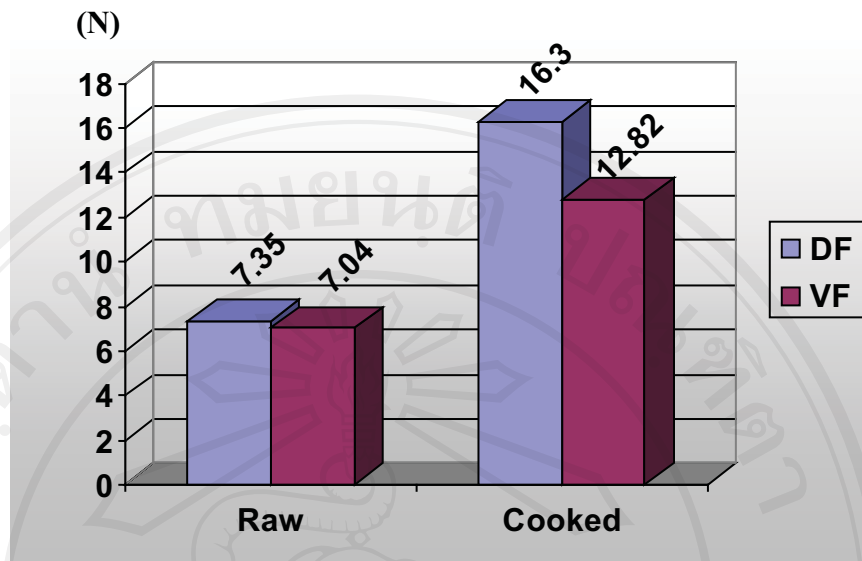


Figure 4-15 Maximum force of rainbow trout with different muscle types

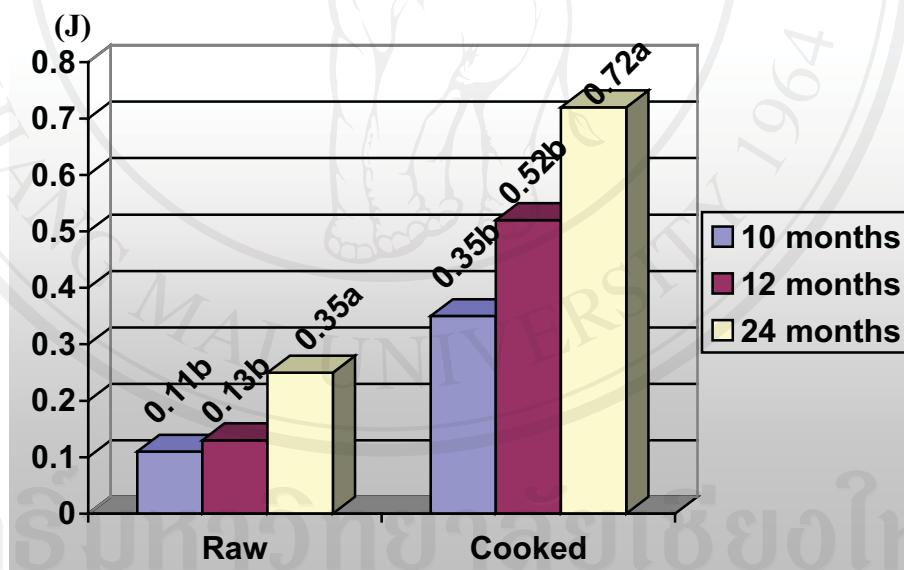


Figure 4-16 Work of rainbow trout with different ages

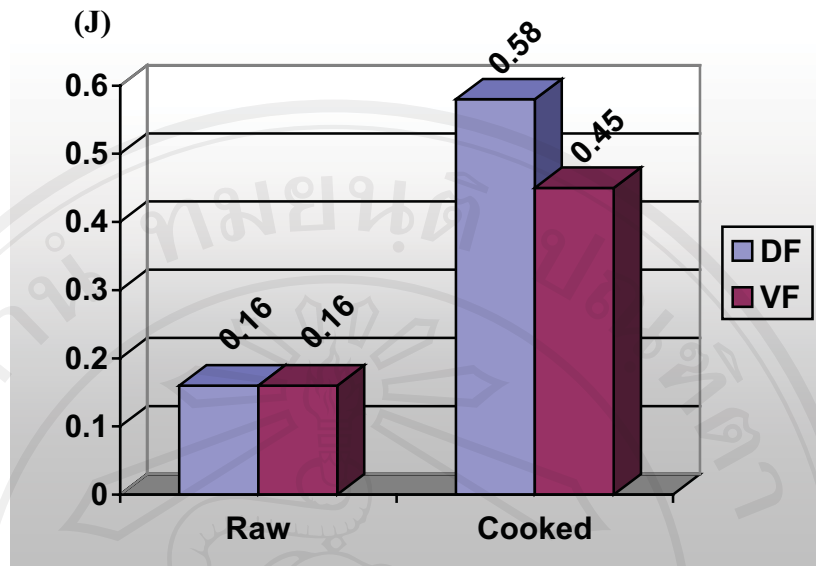


Figure 4-17 Work of rainbow trout with different muscle types

4.2.6 ปริมาณคอลลาเจน (collagen content)

คอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีมากถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมด พบได้ในผิวหนัง กระดูก กระดูกอ่อน เอ็นและผนังเส้นเลือด (Bodwell and McClain, 1971) ปริมาณของคอลลาเจนและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มกลุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่มให้รวมเป็นมัดกล้ามเนื้อ (perimysium) ใช้เป็นปัจจัยหลักในการใช้ตัดสินความเหนียวของเนื้อ โดยเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายสูงจะมีความนุ่ม ส่วนเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายสูง เนื้อจะมีความเหนียว จากผลการทดลองใน Table 4-8 พบว่า คอลลาเจนที่ละลายได้ (soluble collagen) ในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ปลาเรนโบว์เทราต์ที่อายุ 24 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.61, 0.58 และ 0.54 g/100g fillet ตามลำดับ ($P < 0.001$) ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (insoluble collagen) ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือนมีค่าสูงที่สุดแต่ไม่ต่างจากปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือน โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.63, 0.61 และ 0.48 g/100g fillet ตามลำดับ ($P < 0.001$) ในขณะที่ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 และ 12 เดือน สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือน ($P < 0.001$) ตามลำดับ และปัจจัยของชนิดกล้ามเนื้อ พบว่าทั้งปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ คอลลาเจนที่ไม่ละลายและคอลลาเจนทั้งหมดของกล้ามเนื้อส่วนท้อง มีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (0.61 vs. 0.54, 0.62 vs. 0.53 และ 1.23 vs. 1.07 g/100g fillet ตามลำดับ) ($P < 0.001$)

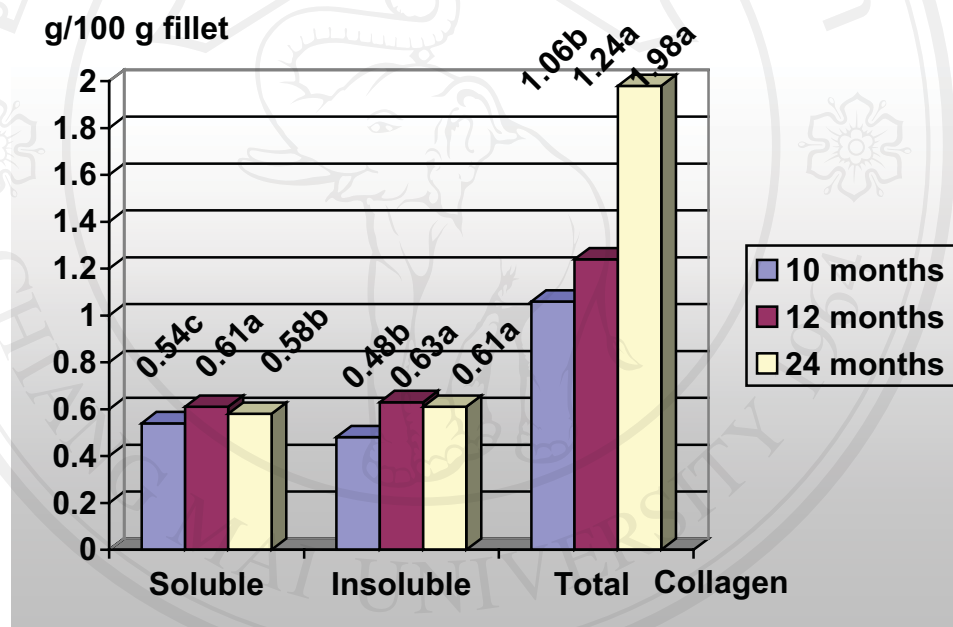
Table 4-8 Collagen content (g/100g fillet) of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
<i>Soluble collagen</i>	0.54 ^c	0.61 ^a	0.58 ^b	0.54 ^y	0.61 ^x	0.001	<0.001	<0.001	0.412
<i>Insoluble collagen</i>	0.48 ^b	0.63 ^a	0.61 ^a	0.53 ^y	0.62 ^x	0.001	<0.001	<0.001	0.172
<i>Total collagen</i>	1.06 ^b	1.24 ^a	1.98 ^a	1.07 ^y	1.23 ^x	0.001	<0.001	<0.001	0.757

^{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.

**Figure 4-18** Collagen content of rainbow trout with different ages

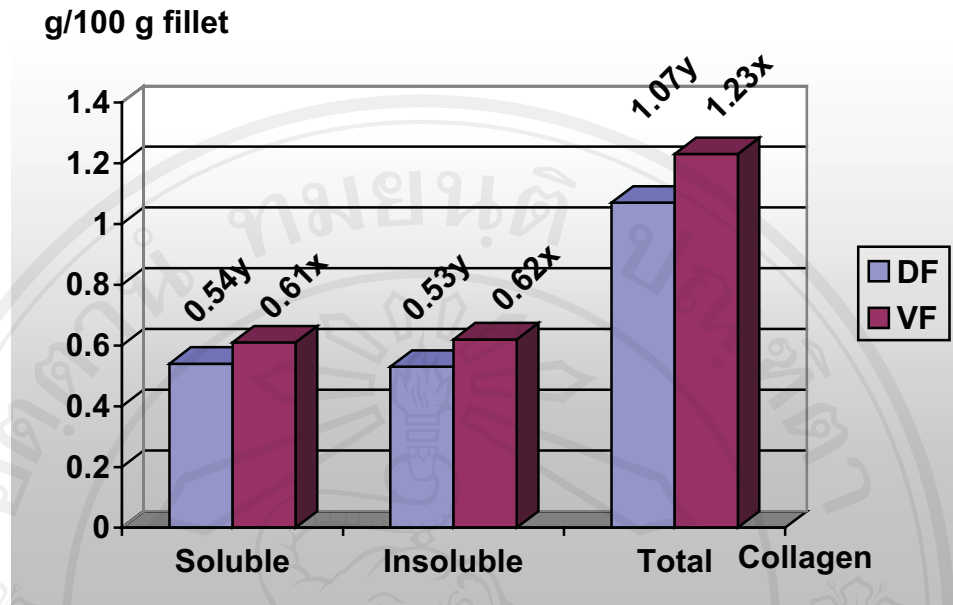


Figure 4-19 Collagen content of rainbow trout with different muscle types

4.2.7 การประเมินด้านการตรวจชิม (sensory evaluation)

การประเมินด้านการตรวจชิมประกอบด้วย ความคงตัว (firmness) กลิ่น (odour) ความชุ่มน้ำ (juiciness) ความนุ่ม (tenderness) และความพอใจโดยรวม (acceptability) โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 ซึ่งหมายถึง ความพอใจน้อยที่สุดไปจนถึงพอใจมากที่สุด จากการทดลองในตาราง 4-9 พบว่า ระดับอายุของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือนมีความคงตัวและความพอใจโดยรวมสูงสุด รองลงมาเป็น ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 และ 12 เดือน ตามลำดับ (5.94, 5.51 และ 5.24 ตามลำดับ) ($P < 0.001$) (5.94, 5.55 และ 5.54 ตามลำดับ) ($P < 0.006$) แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดของกล้ามเนื้อพบว่า กล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral fillet) มีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal fillet) (6.10 vs. 5.80) ($P < 0.05$) และจากการทดลองไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับอายุและชนิดของกล้ามเนื้อ

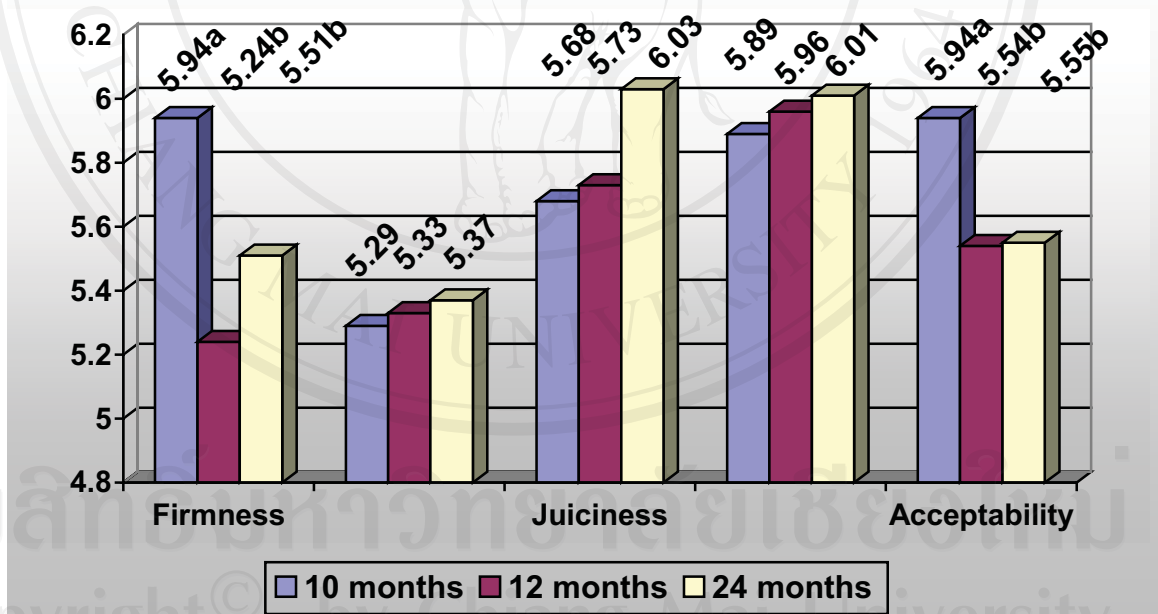
Table 4-9 Sensory evaluation of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
<i>Firmness</i> ⁴	5.94 ^a	5.24 ^b	5.51 ^b	5.48	5.70	0.003	<0.001	0.089	0.244
<i>Odour</i> ⁴	5.29	5.33	5.37	5.41	5.24	0.004	0.887	0.287	0.248
<i>Juiciness</i> ⁴	5.68	5.73	6.03	5.85	5.76	0.004	0.097	0.515	0.798
<i>Tenderness</i> ⁴	5.89	5.96	6.01	5.80 ^y	6.10 ^x	0.003	0.742	0.021	0.894
<i>Acceptability</i> ⁴	5.94 ^a	5.54 ^b	5.55 ^b	5.63	5.76	0.003	0.006	0.232	0.541

^{a,b} 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, ⁴ 1=low intensity 5=moderate 9=high intensity

**Figure 4-20** Panel score of rainbow trout with different ages

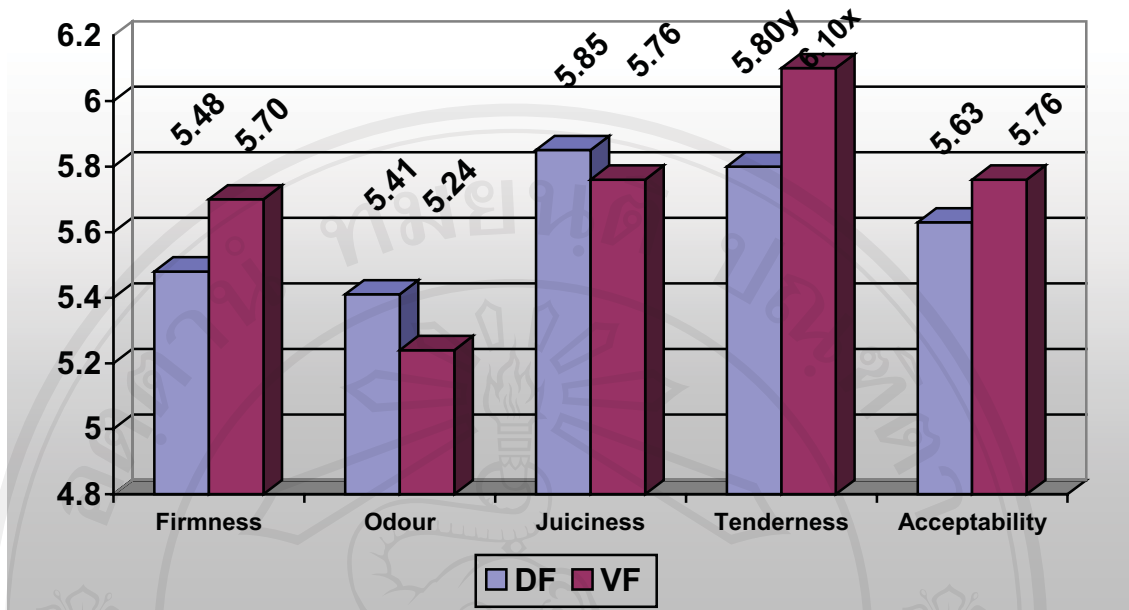


Figure 4-21 Panel score of rainbow trout with different muscle types.

4.2.8 ค่าการหืนของเนื้อ (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)

ความหืนของเนื้อสามารถประเมินได้จากค่า TBARS หลังจากการเก็บเนื้อปลาในตู้แช่แข็งเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นได้ทำการละลายและ ได้เก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองใน Table 4-10 พบว่า วันที่ 0 (เริ่มทดลอง) ในการเก็บเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 24 เดือน มีค่า TBARS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 เดือน ($P < 0.001$) วันที่ 3 ในการเก็บเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่า TBARS สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ ($P < 0.001$) วันที่ 6 ในการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่า TBARS สูงกว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ ($P < 0.001$) ส่วนวันที่ 9 ในการเก็บเนื้อ พบว่า ปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน มีค่า TBARS สูงกว่าปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน ($P < 0.001$)

ส่วนความหืนของเนื้อที่วัดความแตกต่างระหว่างกล้ามเนื้อส่วนหลังและส่วนท้อง ในวันที่ 0, 3 และ 9 พบว่า ค่า TBARS ของการเก็บเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์ส่วนท้องสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P < 0.001$) ส่วนในวันที่ 6 เก็บเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์ส่วนท้องสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P < 0.05$)

จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อในลักษณะของค่าการหืนของเนื้อ ในวันที่ 3, 6 และ 9 ($P < 0.001$)

Table 4-10 Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS; mg malondialdehyde/ kg fillet) of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
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

^{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.

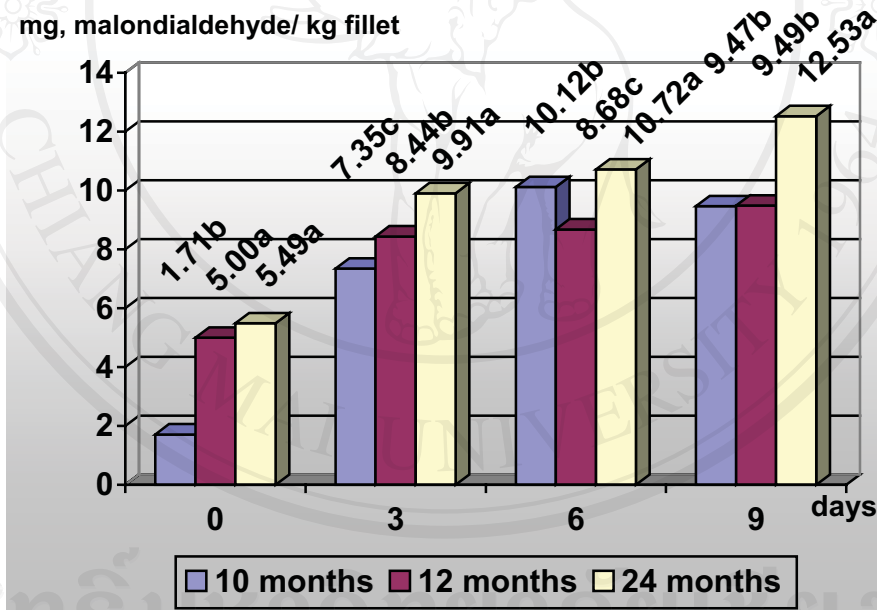


Figure 4-22 TBARS value of rainbow trout with different ages

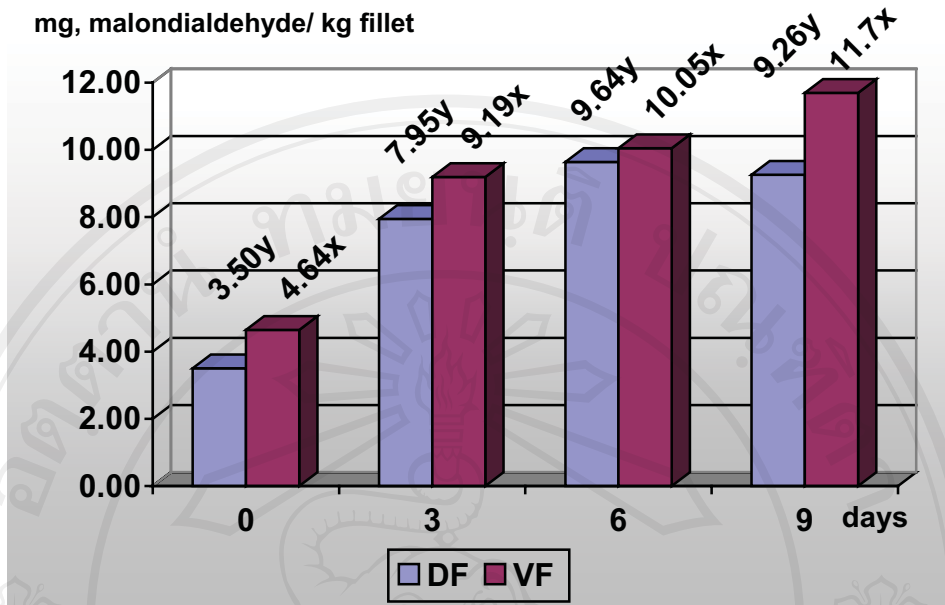


Figure 4-23 TBARS value of rainbow trout with different muscle types

4.2.9 ปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (cholesterol and triglyceride contents)

คอเลสเตอรอล คือ ไขมันชนิดหนึ่งที่ทำเป็นต่อร่างกายเพื่อใช้ในการสร้างฮอร์โมน วิตามินอี และกรดน้ำดี พบในอาหารที่มาจากสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์เท่านั้น (สัตวชัย, 2551) จากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 39.70, 35.88 และ 30.01 mg/100g fillet ตามลำดับ ($P < 0.001$) และกล้ามเนื้อส่วนหลัง มีค่าคอเลสเตอรอลสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (40.07 vs. 30.33 mg/100g fillet) ($P < 0.001$)

ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์ จากผลการทดลองใน Table 4-11 พบว่าปริมาณไตรกลีเซอไรด์ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือนสูงที่สุดรองลงมาเป็นปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 3.98, 3.22 และ 2.32 g/100g fillet ตามลำดับ ($P < 0.001$) และกล้ามเนื้อส่วนท้องมีไตรกลีเซอไรด์สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง (3.97 vs. 2.38 g/100g fillet) ($P < 0.001$) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่กล้ามเนื้อส่วนท้องมีการสะสมไขมันมากกว่าจึงทำให้ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงด้วย จากการทดลองพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอายุและชนิดของกล้ามเนื้อมีเฉพาะในส่วนของปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride content) ของเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($P < 0.001$)

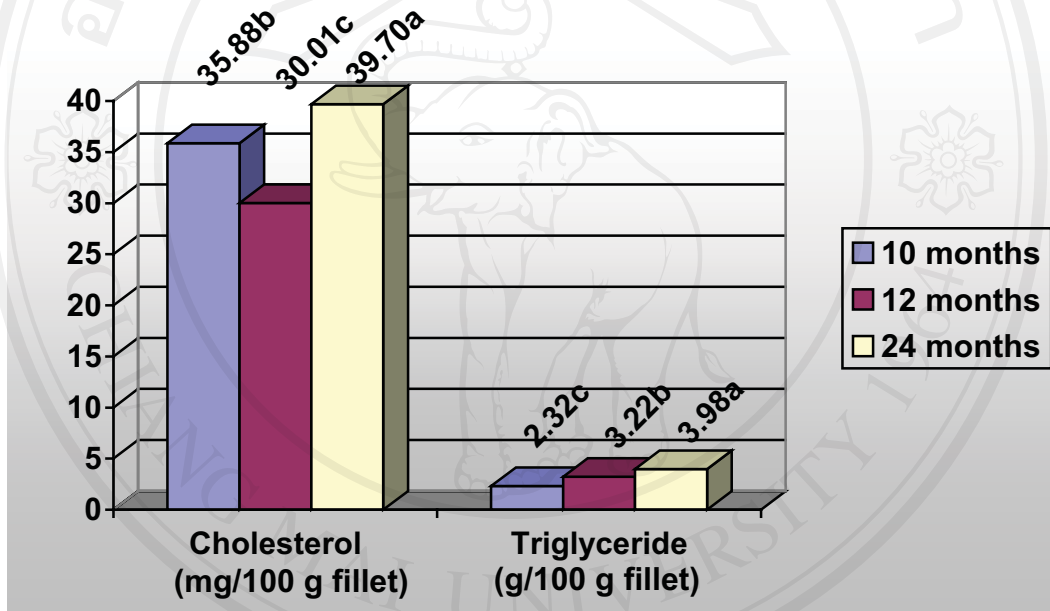
Table 4-11 Cholesterol and triglyceride of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
Cholesterol (mg/100g fillet)	35.88 ^b	30.01 ^c	39.70 ^a	40.07 ^x	30.33 ^y	0.040	<0.001	<0.001	0.148
Triglyceride (g/100g fillet)	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.

**Figure 4-24** Cholesterol and triglyceride content of rainbow trout with different ages

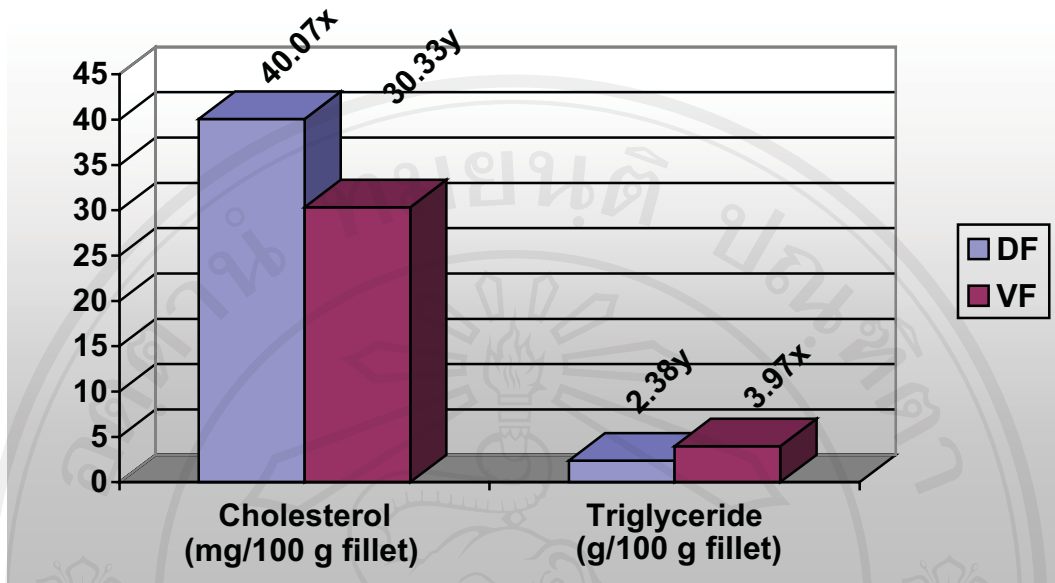


Figure 4-25 Cholesterol and triglyceride content of rainbow trout with different muscle types

4.2.10 องค์ประกอบกรดไขมัน (fatty acids profile)

กรดไขมันที่พบในเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์จากการทดลองนี้ประกอบด้วย กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids, SFA) ได้แก่ myristic acid (C14:0), pentadecanoic acid (C15:0), palmitic acid (C16:0), heptadecanoic acid (C17:0), stearic acid (C18:0), eicosanoic acid (C 20:0) และ henicosanoic acid (C21:0) กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids, UFA) ประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids, MUFA) ได้แก่ myristoleic acid (C14:1), pentadecaonic acid (C 15:1), palmitoleic acid (C16:1), heptadecenoic acid (C17:1), oleic acid (C18:1 n-9), eicosenoic acid (C 20:1), erucic acid (C 22:1 n-9) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acids, PUFA) ซึ่งแบ่งออกเป็นกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 (n-3 PUFA) ได้แก่ α -linolenic acid (C18:3 n-3), eicosateinoic acid (C 20:3 n-3), eicosapentaenoic acid (C20:5 n-3), docosahexaenoic acid (C22:6 n-3) และกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 PUFA) ประกอบด้วย linoleic acid (C18:2 n-6), γ -linolenic acid (C 18:3 n-6), eicosatrienoic acid (C20:3 n-6) และ arachidonic acid (C20:4 n-6) โดยพบว่าในเนื้อปลาเรนโบว์เทราต์มีปริมาณของ 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 0.04-2.63%

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณกรดไขมัน C 22:6 n-3 (docosahexaenoic acid: DHA) ในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน และกล้ามเนื้อส่วนหลัง (dorsal portion) สูงที่สุด (12.8 และ 11.8%) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid: SFA) ของปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 10 และ 12 เดือน สูงที่สุด ($P < 0.001$) ส่วน monounsaturated fatty acid (MUFA), polyunsaturated fatty acid (PUFA), PUFA:SFA, n-6 PUFA และ n-3 PUFA พบสูงที่สุดในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 24 เดือน ($P < 0.001$) แต่พบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน n-6:n-3 (omega 6:omega 3) และกรดไขมันรวม (total fatty acid) ในปลาเรนโบว์เทราต์อายุ 12 เดือน สูงที่สุด (0.1 และ 6516.5 mg/100g fillet) ส่วนปัจจัยชนิดของกล้ามเนื้อพบว่ากล้ามเนื้อหลัง (dorsal portion) มีปริมาณ PUFA, PUFA:SFA และ n-3 PUFA สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนท้อง (ventral portion) ($P < 0.001$) ในขณะที่กล้ามเนื้อส่วนท้องมีปริมาณ SFA, n-6 PUFA, n-6:n-3 และ total fatty acid สูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนหลัง ($P < 0.01$)

Table 4-12 Fatty acid profile (% of total fatty acids) and total fatty acid of rainbow trout with different ages and muscles

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
C 14:0	2.634 ^a	2.609 ^a	2.119 ^b	2.405 ^y	2.503 ^x	0.001	<0.001	<0.001	0.248
C 14:1	0.491 ^a	0.488 ^a	0.431 ^b	0.466 ^y	0.474 ^x	0.000	<0.001	0.024	0.661
C 15:0	9.314 ^a	7.785 ^b	6.612 ^c	7.682	8.125	0.015	<0.001	0.265	0.995
C 15:1	0.343 ^b	0.220 ^c	0.403 ^a	0.326	0.319	0.001	<0.001	0.657	0.614
C 16:0	23.270 ^a	23.820 ^a	20.152 ^b	22.437	22.391	0.015	<0.001	0.911	0.451
C 16:1	0.580 ^b	0.614 ^a	0.603 ^a	0.593	0.604	0.000	<0.001	0.127	0.326
C 17:0	0.563 ^a	0.520 ^b	0.484 ^c	0.513 ^y	0.532 ^x	0.000	<0.001	0.009	0.017
C 17:1	7.156 ^a	6.474 ^b	6.163 ^b	6.700	6.496	0.009	0.002	0.372	0.378
C 18:0	29.609 ^c	30.063 ^b	30.628 ^a	29.480 ^y	30.720 ^x	0.007	<0.001	<0.001	<0.001
C 18:1	9.475 ^c	10.925 ^b	12.304 ^a	10.800	11.003	0.006	<0.001	0.187	0.085
C 18:2n6c	0.209 ^b	0.226 ^a	0.220 ^{ab}	0.216	0.220	0.000	0.011	0.326	0.425
C 18:2n6t	0.343 ^b	0.914 ^a	0.277 ^b	0.475 ^y	0.547 ^x	0.001	<0.001	0.023	<0.001
C 18:3n6	0.772 ^b	0.281 ^c	0.922 ^a	0.677	0.639	0.001	<0.001	0.217	<0.001
C 18:3n3 ALA	0.723 ^a	0.443 ^b	0.496 ^b	0.494 ^y	0.613 ^x	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
C 20:0	0.164 ^c	0.191 ^b	0.206 ^a	0.180 ^y	0.194 ^x	0.000	<0.001	<0.001	<0.001
C 20:1	0.232 ^a	0.215 ^b	0.227 ^a	0.220 ^y	0.230 ^x	0.000	<0.001	0.005	<0.001

Table 4-12 Fatty acid profile (% of total fatty acids) and total fatty acid of rainbow trout with different ages and muscles (continue)

Criteria	Age (months)			Muscle		SEM	P-Value		
	10	12	24	DF ¹	VF ²		Age	Muscle	Inter ³
C 20:3n3	1.270 ^b	1.293 ^b	1.535 ^a	1.431 ^x	1.301 ^y	0.001	<0.001	<0.001	0.777
C 20:3n6	0.158 ^c	0.204 ^b	0.327 ^a	0.216 ^y	0.243 ^x	0.000	<0.001	0.027	0.002
C 20:4n6	0.126 ^{ab}	0.118 ^b	0.128 ^a	0.123	0.125	0.000	0.037	0.631	0.677
C 20:5n3 EPA	0.748 ^b	0.633 ^c	0.870 ^a	0.788 ^x	0.713 ^y	0.001	<0.001	<0.001	0.026
C 21:0	1.694 ^c	1.892 ^b	2.020 ^a	1.776 ^y	1.961 ^x	0.001	<0.001	<0.001	0.041
C 22:1	0.114 ^a	0.085 ^b	0.103 ^a	0.106 ^x	0.096 ^y	0.000	<0.001	0.034	<0.001
C 22:2	0.268 ^c	0.658 ^a	0.386 ^b	0.470 ^x	0.404 ^y	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
C 22:6n3 DHA	9.991 ^b	9.825 ^b	12.809 ^a	11.838 ^x	9.911 ^y	0.008	<0.001	<0.001	0.015
C 24:0	0.279 ^a	0.182 ^c	0.251 ^b	0.239	0.236	0.000	<0.001	0.571	<0.001
C 24:1	0.061 ^a	0.048 ^b	0.035 ^c	0.045 ^y	0.050 ^x	0.000	<0.001	<0.001	<0.001
SFA	67.079 ^a	66.546 ^a	61.952 ^b	64.211 ^y	66.174 ^x	0.012	<0.001	<0.001	0.214
MUFA	18.333 ^b	18.881 ^b	20.103 ^a	19.081	19.130	0.009	<0.001	0.844	0.076
PUFA	14.592 ^b	14.577 ^b	17.951 ^a	16.713 ^x	14.700 ^y	0.009	<0.001	<0.001	0.182
PUFA:SFA	0.218 ^b	0.219 ^b	0.292 ^a	0.263 ^x	0.224 ^y	0.000	<0.001	<0.001	0.088
n-6 PUFA	1.599 ^c	1.731 ^b	1.861 ^a	1.697 ^y	1.764 ^x	0.001	<0.001	0.013	0.442
n-3 PUFA	12.725 ^b	12.189 ^b	15.705 ^a	14.547 ^x	12.532 ^y	0.009	<0.001	<0.001	0.233
n-6:n-3	0.128 ^b	0.144 ^a	0.122 ^b	0.119 ^y	0.144 ^x	0.000	<0.001	<0.001	0.422
Total FA	5242.2 ^b	6516.5 ^a	4054.6 ^c	4050.4 ^y	6491.7 ^x	6.852	<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.

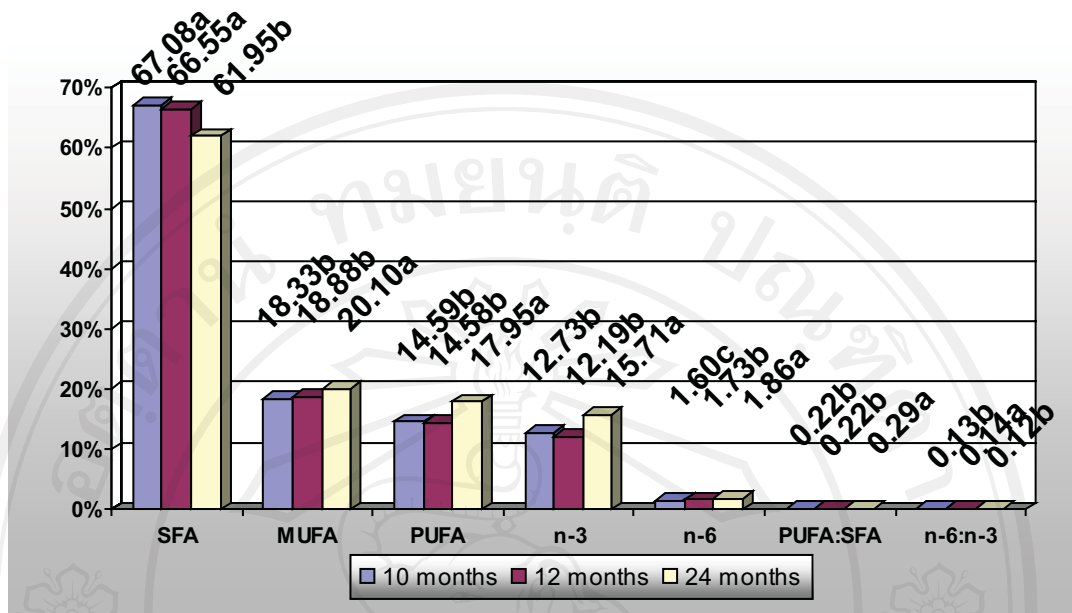


Figure 4-26 SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6, PUFA: SFA and n-6:n-3 of rainbow trout with different ages

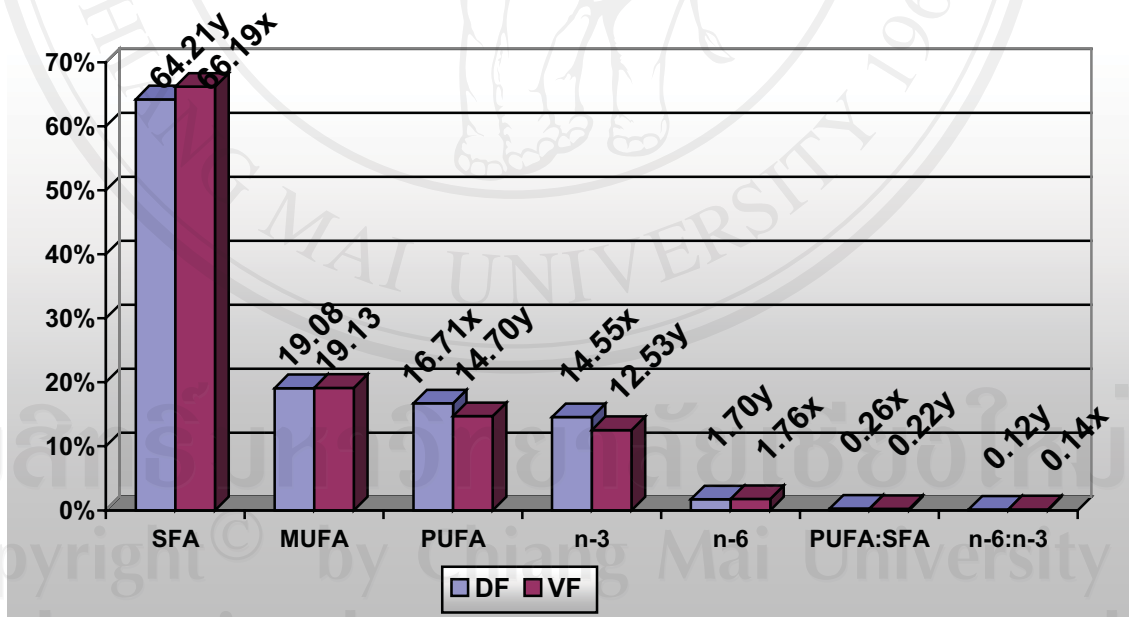


Figure 4-27 SFA, MUFA, PUFA, n-3, n-6, PUFA: SFA and n-6:n-3 of rainbow trout with different muscle types

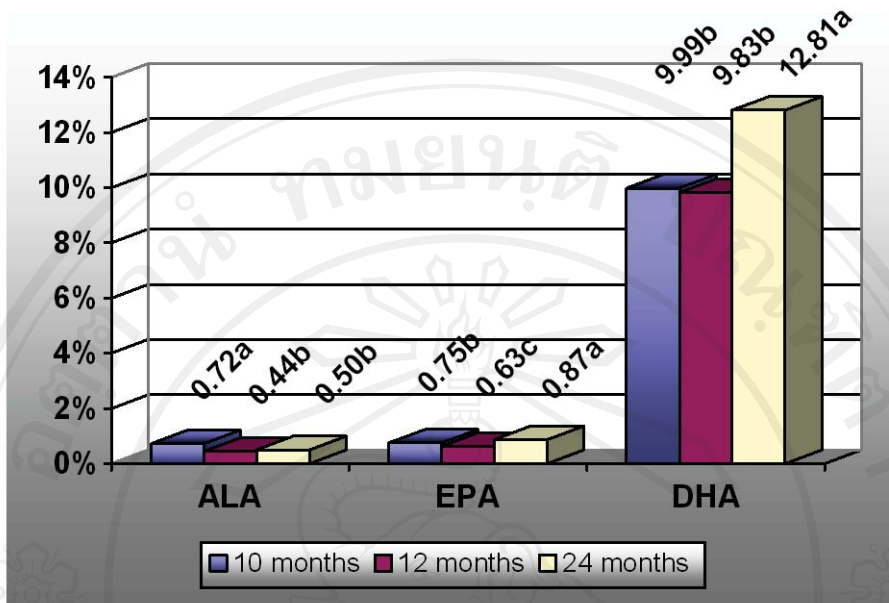


Figure 4-28 Omega 3 fatty acids of rainbow trout with different ages

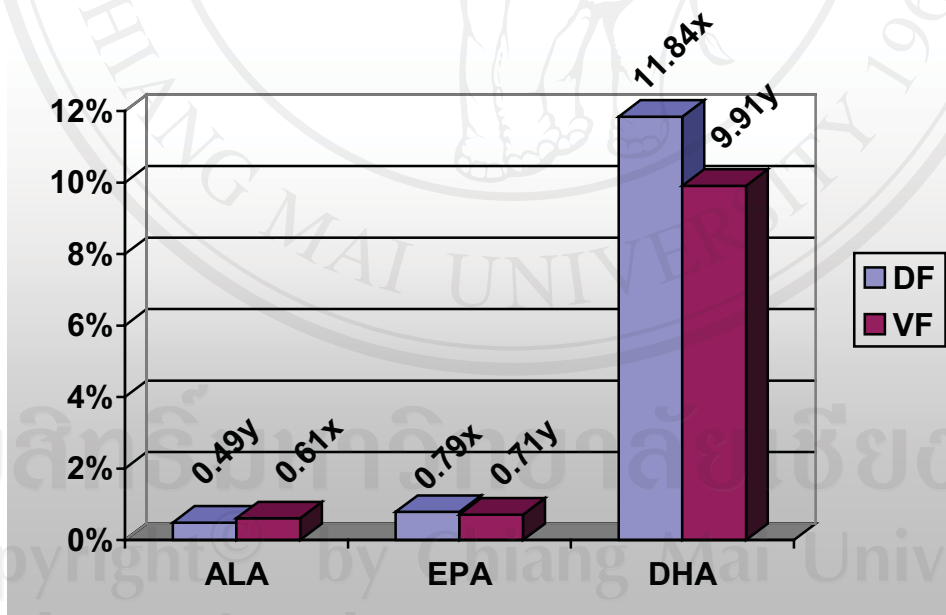


Figure 4-29 Omega 3 fatty acids of rainbow trout with different muscle types