

飼料의 n-3系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락
*Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化

III. 絶食時 體組成의 變化

李尚旻 · 許聖範*

國立水產振興院 魚類養殖科 · *釜山水產大學校 養殖學科

Effects of Dietary n-3 Highly Unsaturated Fatty Acids on Growth and
Biochemical Changes in Korean Rockfish *Sebastes schlegeli*

III. Changes of Body Compositions with Starvation

Sang-Min LEE and Sung Bum HUR*

Fish Culture Division, National Fisheries Research and Development Agency,
Yongsan-gun, Kyongsangnam-do 626-900, Korea

*Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

ABSTRACT

In order to elucidate the effect of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids (n-3HUFA) on the changes of body weight and chemical compositions in the Korean rockfish during starvation, the fish were not fed for 9 weeks after fed different levels (0~1.5%) of n-3 HUFA for 10 weeks.

The higher level of n-3HUFA was contained in the diets, the slower body weight loss was resulted ($P < 0.05$). The decreasing rates of the body nutrients of the fish were significantly higher in the fish fed n-3HUFA deficient diets than those of the fish fed n-3 HUFA sufficient diets. Protein and lipid contents of the whole body were decreased with starvation whereas moisture content was increased. Decrease of lipid was mainly due to the decrease of nonpolar lipid. Amounts of polar lipid in the whole body were almost constant throughout the starvation, meaning not being affected by dietary n-3HUFA levels.

Percentage of 22:6n-3 was increased in the polar lipid fraction, but monoenoic acids (16:1, 18:1), n-3 series (18:3, 18:4, 20:4) and n-6 series (20:2, 22:4, 22:5) were decreased with starvation. Fatty acid compositions of nonpolar lipid were not changed with starvation. These results suggest that all fatty acids of nonpolar lipid are equally utilized for energy during starvation.

緒 論

絶食으로 인한 體成分의 변화는 體內에 축적되어 있는 에너지 源을 이용하는 정도와 관련되어 있으므로 絶食時 魚類의 健康狀態와 環境條件은 매우 중요하다. 絶食期間中 魚類는 體內 營養成分의 감소와 함께 내병성이 약해지는 등 체내의 많은 변화를 초래하게 되어 결국 폐사한다. 특히 越冬時期와 같이 飼育環境이 부적합할 때나 産卵時期와 같은 특별한 조건하에서는 먹이 섭취량이 낮아져 絶食效果를 초래하게 된다. 그래서 많은 연구자들은 絶食效果를 溫度別, 季節別 그리고 産卵回遊 동안 체조성 변화 (Ando et al. 1985; Hatano et al. 1989; Igarashi and Zama 1953, 1954; Satoh et al. 1984; Shimma et al. 1976; Suzuki 1969; Takeuchi and Watanabe 1982; Takeuchi and Ishii 1969; Zama and Igarashi 1954)와 血液成分의 변화 (Bilinski and Gardner 1968; Kamra 1966; Sakaguchi 1976)를 조사하였다. 絶食時 이러한 체내 변화는 絶食前의 어류 健康狀態에 따라 많은 차이를 보일 수 있다. 그러나 絶食前의 健康狀態나 成長條件에 따른 絶食實驗은 일부 수행 (Kaneko et al. 1966; Sakaguchi 1976; Takeuchi and Watanabe 1982b)되어 있을 뿐 그 연구가 미흡한 실정이고, 조피볼락에 대해서는 연구된 바가 없다.

李等 (1993a, b)은 사료의 n-3 系 高度不飽和脂肪酸 (n-3HUFA)이 조피볼락의 必須脂肪酸임을 밝혀 이러한 n-3HUFA가 부족하면 成長低下 및 體內에 生理的인 不安定이 초래됨을 확인하였다. 이와 같이 飼料의 脂肪酸組成에 따라 魚類의 健康狀態가 달라지게 되므로, 本實驗에서는 사료의 n-3HUFA 함량이 각각 다른 實驗飼料로 사육한 조피볼락을 絶食시켜 絶食期間 中の 體成分 變化를 조사하여 n-3HUFA가 絶食時 體內代謝에 어떠한 영향을 미치는지를 검토하였다.

材料 및 方法

李等 (1993a)이 실험한 실험 종료시의 어체, 즉 n-3HUFA 含量 (0~1.5%)이 다른 6種의 實驗飼料 (단백질 45.1%, 지질 8.9%, 가소화탄수화물 14.3%)로 10주간 飼育한 조피볼락 (16~34 g)을 6개의 150 l 원형 수조에 實驗區別로 15마리씩 분리 수용하여, 각각 2반복으로 絶食實驗을 실시하였다. 분당 2 l의 濾過海水를 주수하였고, 수온은 $23.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였다.

絶食開始時, 絶食 2, 5 그리고 9週後에 魚體 무게를 측정하고 측정시마다 各實驗區에서 5마리씩 魚體分析용으로 추출하여 冷凍保管 (-30°C)하였다. 體重減少는 絶食開始時의 總體重을 100으로 환산하여 絶食期間別로 감소되는 量을 相對減少率로 표시하였다.

全魚體의 一般成分은 AOAC (1984)法으로 分析하였고, 총 에너지 함량은 蛋白質과 脂質을 각각 5.65 및 9.41 kcal/g으로 계산하였다 (李等 1991). 脂質 및 脂肪酸 分析을 위한 總脂質의 추출은 Folch et al. (1957)의 방법에 준하여 실시하였고, 극성지질 및 비극성지질의 分劃은 Juaneda and Rocquelin (1985)의 방법에 따랐다. 분리한 극성지질 및 비극성지질은 14% BF_3 -methanol로 methylation시킨 후, gas chromatography (Varian 3400)로 脂肪酸을 分析하였으며 分析條件은 李等 (1993a)이 사용했던 방법과 같다. 一般成分 및 脂質成分은 絶食期間別로 모두 분석하였으나, 극성지질 및 비극성지질 중의 脂肪酸 組成은 絶食開始時와 終了時의 魚體만 분석하였다.

統計處理는 Duncan's Multiple Range Test (Duncan 1955)로 有意性을 검정하였다 ($P < 0.05$).

結 果

實驗期間中 n-3HUFA 0.6% 添加飼料는 絶食 8 주째 100% 餵사하였으며, n-3HUFA 0~0.3% 添加飼料는 10 주째 100%, n-3HUFA 0.9~1.5% 添加飼料는 10 주째 50~70% 餵사하였다. Table 1 과 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 絶食開始時 體重을 100 으로 하여 絶食期間別로 體重 變化를 표시하였는데, 絶食期間中の 體重減少는 全實驗區에서 일정하게 감소하였으나 n-3HUFA 含量이 높은 飼料를 먹은 實驗區일수록 有意하게 體重減少가 적었다.

Table 1. Changes of body weights in percent of Korean rockfish during 9 weeks starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA¹

Weeks starved	Diet No. n-3HUFA levels (%)							SEM ²
		1 0.0	2 0.3	3 0.6	4 0.9	5 1.2	6 1.5	
0		100	100	100	100	100	100	
2		94.45 ^a	94.41 ^a	94.58 ^a	94.50 ^a	95.39 ^b	95.64 ^b	0.148
5		89.25 ^a	89.51 ^{ab}	89.99 ^{ab}	89.87 ^{ab}	90.78 ^{ab}	91.01 ^b	0.433
9		83.35 ^{ab}	82.90 ^a	—	84.05 ^b	84.95 ^c	85.95 ^d	0.224

¹ Values in same row having the different superscripts are significantly different (P<0.05).

² Standard error of the mean, n=2.

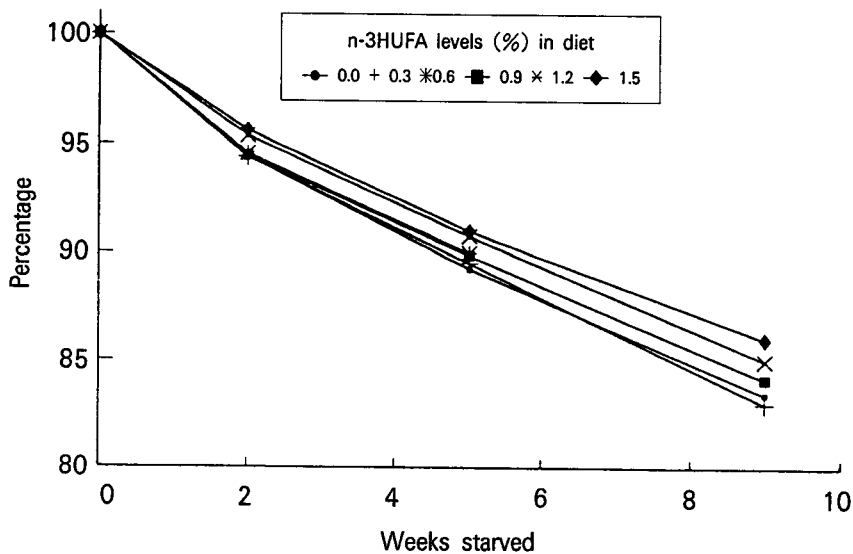


Fig. 1. Changes of body weight of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

全魚體의 蛋白質含量은 n-3HUFA 0.6~1.5% 添加飼料에서는 絶食 5 주째까지 감소하다가 그 후에는 일정한 값을 유지한 반면, n-3HUFA 0.0~0.3% 添加飼料는 絶食 5 주 이후에도 계속 감소하였으며 n-3HUFA 0% 飼料는 급격히 감소하였다 (Fig. 2). 지질과 총 에너지 함량의 변화는 絶食期間이 진행됨에 따라 일정하게 감소하였으며, 특히 n-3HUFA 함량이 낮은 사료를 먹었던 實驗區 (n-3HUFA 0.0~0.3%)가 상대적으로 감소폭이 컸다 (Fig. 3~4). 水分含量은 絶食期間中 脂質含量과 반대 경향을 보여 증가하였으며 n-3HUFA 含量이 낮은 實驗區가 더 현저히 증가하였다 (Fig. 5).

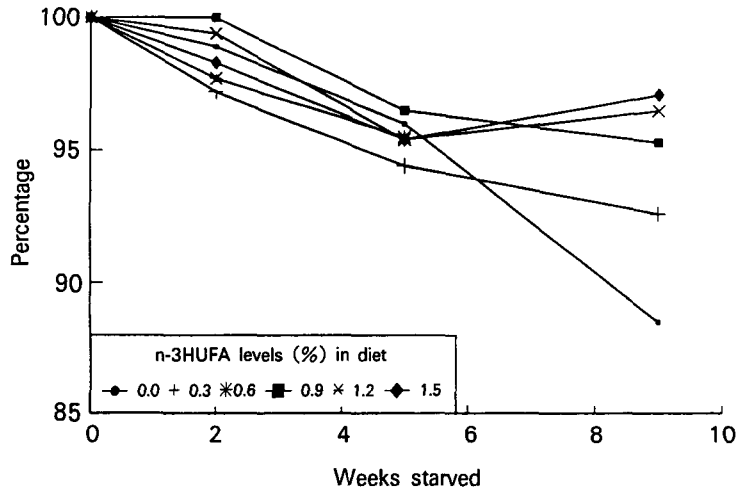


Fig. 2. Protein content changes of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

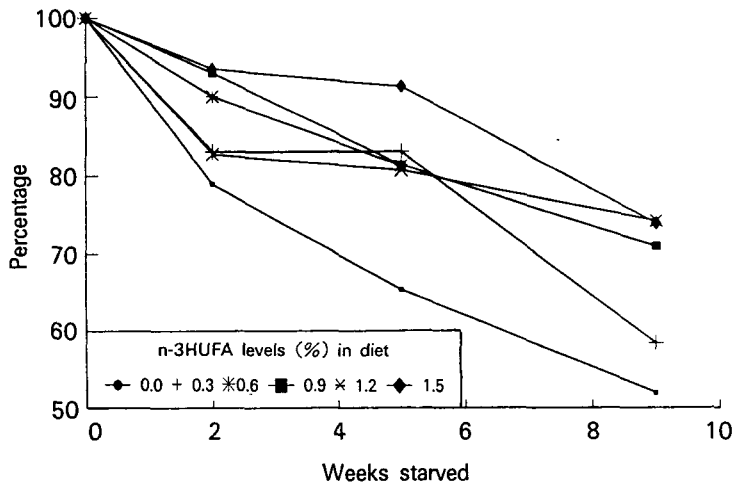


Fig. 3. Lipid content changes of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

Table 2. Effects of starvation for 9 weeks on the whole body composition (%) of Korean rockfish fed different dietary n-3HUFA levels

Starved weeks	Diet No.						
	1	2	3	4	5	6	
0	Moisture	69.6 (100.0)	69.8 (100.0)	69.5 (100.0)	69.9 (100.0)	69.0 (100.0)	68.9 (100.0)
	Protein	17.4 (100.0)	17.7 (100.0)	17.7 (100.0)	17.2 (100.0)	17.3 (100.0)	17.3 (100.0)
	Lipid	8.1 (100.0)	7.7 (100.0)	8.0 (100.0)	8.6 (100.0)	9.3 (100.0)	9.2 (100.0)
	Ash	4.7 (100.0)	5.3 (100.0)	4.9 (100.0)	4.8 (100.0)	3.8 (100.0)	4.5 (100.0)
	GE (kcal/kg) ¹	1745 (100.0)	1724 (100.0)	1752 (100.0)	1780 (100.0)	1852 (100.0)	1842 (100.0)
	Moisture	70.9 (101.9)	70.5 (101.0)	71.3 (102.6)	70.3 (100.6)	70.1 (101.6)	69.1 (100.3)
2	Protein	17.2 (98.9)	17.2 (97.2)	17.3 (97.7)	17.2 (100.0)	17.2 (99.4)	17.0 (98.3)
	Lipid	6.4 (79.0)	6.4 (83.1)	7.2 (90.0)	8.0 (93.0)	8.1 (82.8)	8.6 (93.5)
	Ash	5.2 (110.6)	5.3 (100.0)	5.3 (108.2)	4.9 (102.1)	5.0 (131.6)	4.5 (100.0)
	GE (kcal/kg)	1575 (90.3)	1575 (91.4)	1648 (94.1)	1727 (97.0)	1733 (95.6)	1769 (96.0)
	Moisture	71.4 (102.6)	71.8 (102.9)	71.8 (103.3)	71.0 (101.6)	70.9 (102.8)	70.4 (102.2)
5	Protein	16.7 (96.0)	16.7 (94.4)	16.9 (95.5)	16.6 (96.5)	16.5 (95.4)	16.5 (95.4)
	Lipid	5.3 (65.4)	6.4 (83.1)	6.5 (81.3)	7.0 (81.4)	7.5 (80.7)	8.4 (91.3)
	Ash	5.8 (123.4)	5.3 (100.0)	5.4 (110.2)	4.8 (100.0)	4.6 (121.1)	4.5 (100.0)
	GE (kcal/kg)	1484 (85.0)	1542 (89.4)	1567 (89.4)	61592 (89.4)	1642 (88.7)	1718 (93.3)
	Moisture	74.4 (106.9)	73.2 (104.9)	—	72.3 (103.4)	72.1 (104.5)	71.2 (103.3)
9	Protein	15.4 (88.5)	16.4 (92.6)	—	16.4 (95.3)	16.7 (96.5)	16.8 (97.1)
	Lipid	4.2 (51.9)	4.5 (58.4)	—	6.1 (70.9)	6.9 (74.2)	6.8 (73.9)
	Ash	5.7 (121.3)	5.5 (103.8)	—	5.6 (116.6)	5.2 (136.8)	5.5 (122.2)
	GE (kcal/kg)	1268 (72.7)	1350 (78.3)	—	1496 (84.0)	1588 (85.8)	1585 (86.0)

¹ Gross energy was calculated based on 5.65 kcal/g protein and 9.4 kcal/g lipid.

² Parentheses : % changes when body weight of 0 week was regarded 100.

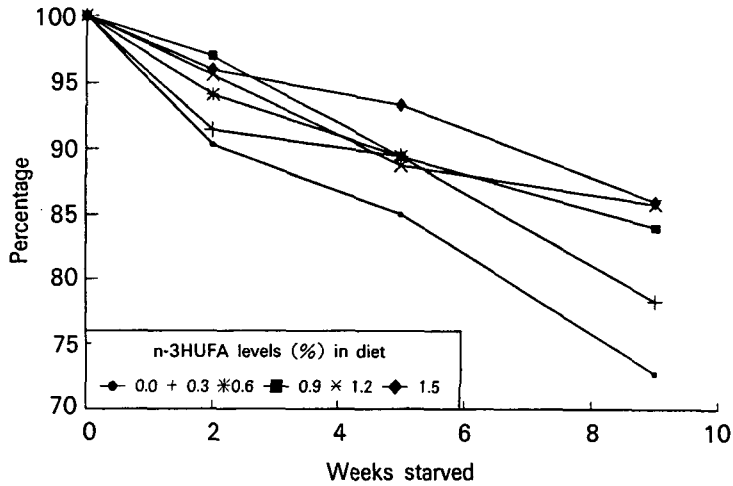


Fig. 4. Gross energy changes of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

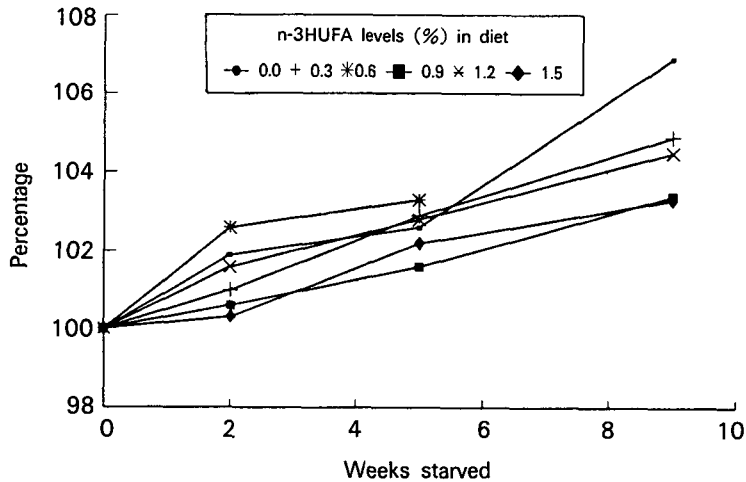


Fig. 5. Moisture content changes of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

絶食前の全魚體 總脂質中 극성지질 및 비극성지질의 함량도 n-3HUFA 함량이 높은 飼料를 먹은 實驗區가 높게 나타나 實驗區別로 차이를 나타내었는데, 絶食期間이 길어짐에 따라 비극성지질은 일정하게 감소하였고, 극성지질은 약간 증가하거나 일정한 수준을 유지하였다 (Fig. 6). 극성지질/비극성지질 比는 절식 기간이 길수록 全實驗區間에서 증가하는 경향을 나타내었으며 (Fig. 7), 특히 n-3HUFA 含量이 낮은 實驗區가 상대적으로 증가폭이 컸다.

사료의 n-3HUFA 量에 따라 絶食前の 脂肪酸組成이 이미 큰 차이를 보여 全魚體의 극성지질과

비극성지질 중 n-3HUFA 量은 사료의 脂肪酸組成에 영향을 받아 n-3HUFA가 많은 飼料를 먹은 實驗區는 EPA와 DHA같은 n-3HUFA가 상대적으로 많이 축적되었다. 絶食期間 중 극성지질의 경우는 n-3HUFA 量이 絶食開始時와 終了時 각각 5.9~14.5%와 8.3~24.1%로 나타나 상당히 증가된 반면, 비극성지질의 n-3HUFA는 4.6~19.6%와 5.2~17.6%로 나타나 絶食後에도 n-3HUFA의 특별한 증가는 없었다. 또한 絶食後 극성지질 중의 16:0와 DHA는 증가하였으나, monoene 酸 (16:1, 18:1), n-3系 (18:3, 18:4, 20:4)와 n-6系 (20:2, 22:4, 22:5) 脂肪酸은 감소하였다 (Table 3~4).

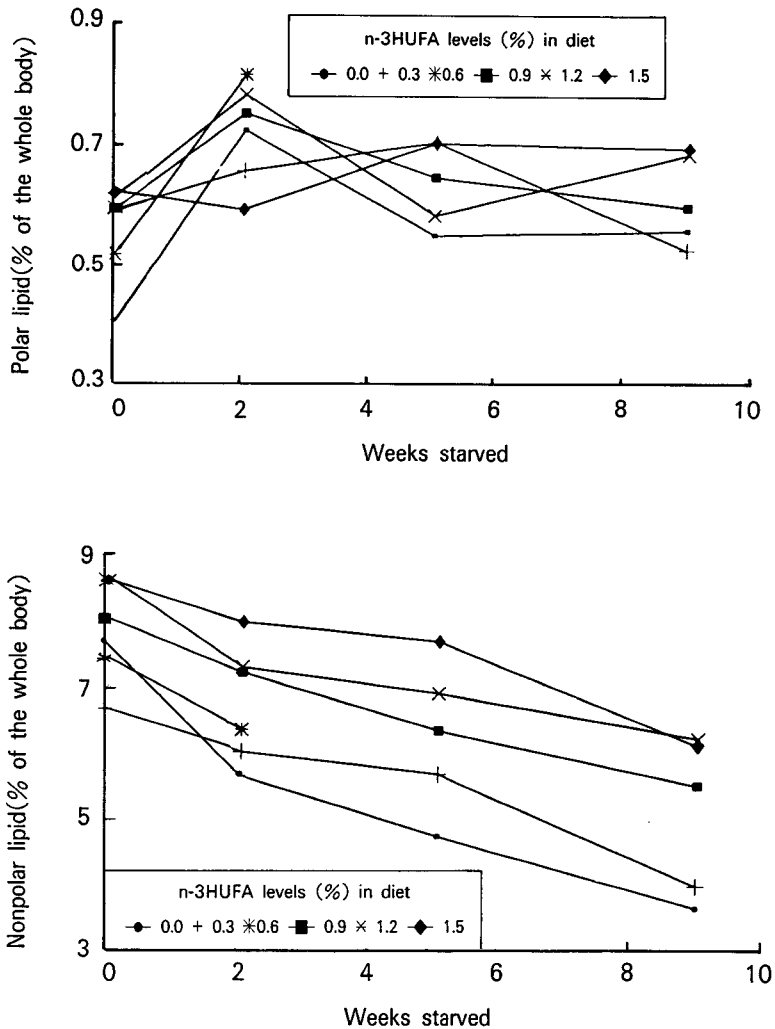


Fig. 6. Polar and nonpolar lipid changes of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

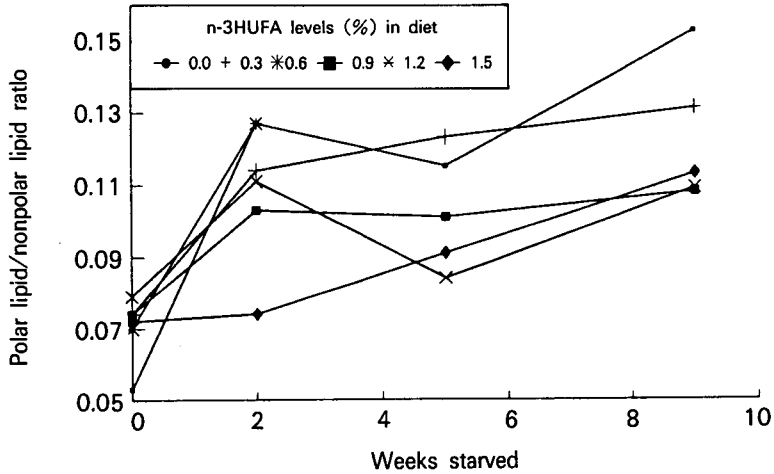


Fig. 7. Changes of polar lipid/nonpolar lipid ratio of whole body of Korean rockfish during starvation after fed different levels of dietary n-3HUFA.

Table 3. Fatty acid compositions (area %) of polar lipid fractions in whole body of Korean rockfish fed different levels of dietary n-3HUFA

Diet No.	1		2		3		4		5		6	
	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9	0	9
Fatty acids												
14:0	2.8	2.6	2.4	2.6	2.9	—	7.3	5.6	7.2	3.6	4.8	4.4
16:0	14.3	23.2	27.4	37.7	29.5	—	15.6	24.2	19.2	21.0	16.7	41.6
16:1n-7	5.9	—	1.9	1.1	3.2	—	8.3	2.5	7.9	5.2	6.0	1.2
18:0	5.1	4.9	2.6	3.6	3.1	—	5.2	5.5	5.8	5.2	5.9	4.4
18:1n-(7+9)	24.6	18.1	22.2	18.2	19.5	—	19.7	20.8	20.2	20.7	20.7	15.5
18:2n-6	24.7	28.0	26.3	22.0	19.3	—	14.6	16.4	8.7	6.0	11.1	8.3
18:3n-3	6.8	5.9	4.4	3.2	4.7	—	10.8	6.1	8.8	7.8	8.0	3.0
18:4n-3	1.1	1.6	0.4	—	0.7	—	0.9	—	—	—	2.2	—
20:1n-9	1.1	1.4	0.8	0.7	—	—	0.5	—	2.2	2.0	1.6	1.7
20:2n-6	0.7	0.9	0.7	0.5	—	—	1.8	—	0.9	—	1.6	—
20:4n-6	0.6	0.7	0.2	0.5	0.9	—	—	1.2	0.6	1.5	0.5	1.3
20:4n-3	1.8	—	0.7	—	1.1	—	1.8	—	0.8	—	1.8	0.5
20:5n-3	1.7	2.7	2.5	1.5	4.1	—	2.3	3.6	4.1	5.7	4.9	3.5
22:1n-9	—	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	0.9	0.6
22:4n-6	1.3	—	0.4	0.2	1.8	—	0.7	—	0.7	—	0.5	—
22:5n-6	2.6	1.0	1.3	1.2	—	—	4.3	1.0	3.1	2.8	3.6	0.6
22:6n-3	2.4	7.9	4.5	6.9	6.5	—	5.2	11.8	8.8	18.4	7.8	12.8
24:0	0.6	0.6	0.6	0.3	2.8	—	1.3	1.2	1.1	—	1.6	0.7
Total (n-3)	13.8	18.1	12.5	11.6	17.1	—	21.0	21.5	22.5	31.9	24.7	19.8
Total (n-6)	29.9	30.6	28.9	24.4	22.0	—	21.4	18.6	14.0	10.3	17.3	10.2
n-3HUFA ¹	5.9	10.6	7.7	8.4	11.7	—	9.3	15.5	13.7	24.1	14.5	16.9

¹ Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

Table 4. Fatty acid compositions (area %) of nonpolar lipid fractions in whole body of Korean rockfish fed different levels of dietary n-3HUFA

Diet No.	1		2		3		4		5		6	
	Weeks starved		0	9	0	9	0	9	0	9	0	9
Fatty acids												
14:0	2.1	3.2	2.3	1.8	2.3	—	2.7	4.6	3.3	6.0	4.4	2.6
16:0	14.7	12.6	16.1	15.6	20.8	—	16.0	12.7	21.1	21.8	17.4	11.5
16:1n-7	3.0	4.5	3.1	2.6	3.4	—	5.5	11.1	6.2	4.8	6.3	8.2
18:0	3.5	3.4	3.4	3.5	2.6	—	3.4	1.9	2.8	2.2	3.1	2.1
18:1n-(7+9)	26.6	27.5	29.1	28.6	26.3	—	30.8	26.6	27.2	28.9	27.1	27.5
18:2n-6	35.7	36.1	33.7	33.5	28.3	—	23.8	23.3	14.1	5.5	6.9	17.6
18:3n-3	3.8	3.3	3.9	2.6	3.1	—	2.3	1.6	2.1	1.1	1.3	2.3
18:4n-3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.6	—	0.7	0.4	0.8	0.7	1.1	0.9
20:1n-9	1.4	2.1	1.9	2.7	2.7	—	1.9	4.3	4.4	6.9	6.7	4.0
20:2n-6	0.3	0.2	—	0.3	0.2	—	0.3	0.3	—	—	0.3	0.3
20:4n-6	—	0.3	0.1	0.3	0.3	—	0.5	0.3	0.8	0.6	0.8	1.2
20:4n-3	0.4	0.1	—	0.2	0.3	—	—	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3
20:5n-3	2.2	2.3	1.8	2.2	2.8	—	4.8	3.3	5.6	5.4	7.5	7.2
22:1n-9	0.4	1.0	0.4	1.4	0.8	—	1.4	2.3	2.8	3.9	4.2	2.7
22:4n-6	1.5	—	—	0.2	—	—	—	0.1	0.5	0.2	—	0.1
22:5n-6	—	0.1	0.5	0.1	0.4	—	—	0.1	0.7	—	0.2	0.5
22:6n-3	2.9	2.8	2.8	3.9	4.3	—	5.7	6.1	7.8	10.4	11.6	10.1
24:0	1.4	0.3	0.2	0.4	0.7	—	0.4	0.8	—	1.2	0.5	0.8
Total (n-3)	9.7	8.8	8.9	9.2	11.1	—	13.5	11.6	16.5	18.0	22.0	20.8
Total (n-6)	37.5	36.7	34.3	34.4	29.2	—	24.6	24.1	16.1	6.3	8.2	19.7
n-3HUFA ¹	5.5	5.2	4.6	6.3	7.4	—	10.5	9.6	13.6	16.2	19.6	17.6

¹ Highly unsaturated fatty acids (C≥20).

考 察

절식 5 주까지는 脂質과 함께 蛋白質 含量이 약간 감소하는 것으로 보아, 絶食時 에너지 源으로써 脂質뿐 아니라 蛋白質도 어느 정도 이용되는 것으로 나타났다. 특히 n-3HUFA가 첨가되지 않은 사료 1의 경우는 다른 實驗區에 비해 주 에너지 源인 脂質을 많이 소모한 결과, 에너지로 體蛋白質이 이용되어 절식 5 주 후에도 蛋白質 含量이 계속 감소된 것으로 추정된다. 體蛋白質의 감소는 건강과 폐사에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요인이다. n-3HUFA 充足區의 體蛋白質 含量은 절식 5 주 후에 일정한 값을 유지하였는데, 이러한 현상은 人間의 경우, 絶食時 체내에 필요한 glucose가 蛋白質에서 보충되다가 絶食이 진행됨에 따라 어느 기간 이후부터 glucose 대신 ketone 체가 에너지 源으로 보충된다고 보고되어 있다 (Mayes 1988). 이에 근거를 두고 보면, 조피볼락도 人間の 경우와 비슷한 것으로 간주되어 절식 5 주 이후에도 蛋白質 含量은 일정한 값으로 유지되고 脂質이 계속 감소된 것이 아닌가 생각된다.

절식 동안 全實驗區의 극성지질은 거의 일정한 수준으로 유지된 반면, 비극성지질은 계속 감소하여 絶食時 주 에너지 源으로 사용되었으며, n-3HUFA 含量이 낮은 實驗區의 극성지질/비극성지질비가 絶食期間이 길어짐에 따라 상대적으로 증가폭이 높은 것은 비극성지질의 소모량이 상대적으로 높았기 때문이다. Satoh et al. (1984)은 틸라피아를 두 溫度區 (15 °C, 25 °C)에서 絶食시켜 體組成의

변화를 조사한 결과, 全魚體의 蛋白質과 脂質含量이 일정하게 감소하다가 2 개월 이후부터 감소폭이 증가하는 경향을 보였고, 극성지질 함량은 일정 수준으로 유지된 반면, triglyceride가 에너지 源으로 사용되어 계속 감소되었다고 보고하였다. 잉어와 무지개송어의 絶食實驗(Takeuchi and Watanabe 1982)에서도 절식 기간 동안 triglyceride가 감소하여 本實驗에서와 같이 주 에너지 源으로 비극성 지질이 이용되었다.

絶食後 전어체의 극성지질 중 DHA는 증가하였으나, monoene 酸 (16:1, 18:1), n-3系 (18:3, 18:4, 20:4)와 n-6系 (20:2, 22:4, 22:5) 脂肪酸은 감소하였다. 선택적으로 DHA가 증가된 것은 절식으로 인해 체구성 성분의 감소 등 체내의 생리적인 상태가 변화되었기 때문으로 추정되는데, DHA는 生體膜의 構成成分으로 중요한 역할을 하는 脂肪酸으로 알려져 있다. 本實驗에서와 같이 EPA는 絶食前 1.7~4.9%에서 絶食後 1.5~5.7%의 범위로 특별한 변화를 보이지 않은 반면, DHA는 絶食前 2.4~8.8%에서 絶食後 6.9~18.4%로 현저히 증가한 것으로 보아 EPA보다 DHA가 체내에 더 중요한 역할을 담당하는 脂肪酸으로 추정된다. 이러한 결과는 李 等(1993b)이 조피볼락 肝 microsomal membrane의 酵素活性에 DHA의 중요성을 지적한 바와 일치하고 있으며, 다른 必須脂肪酸에 관한 實驗(미발표)에서도 성장에 DHA가 EPA보다 더 효과적임이 관찰되었다. 이와 같은 DHA의 증가가 다른 脂肪酸이나 n-3系 不飽和脂肪酸에서 전환되었는지는 불확실하다. 틸라피아, 잉어와 무지개송어도 絶食期間이 길어질수록 극성지질의 DHA는 증가한다고 보고되어 있어 (Castledine and Buckley 1980; Takeuchi and Watanabe 1982; Satoh et al. 1984) 本實驗과 같은 경향을 보였다.

絶食時 비극성지질은 전체적으로 감소하는 경향을 보였는데, 비극성지질 중의 脂肪酸組成은 16:0이 감소하는 것 외에 특별한 변화 경향을 나타내지 않는 것으로 보아, 絶食時 에너지 源으로 비극성지질 중의 특정 脂肪酸이 선택적으로 이용된 것이 아니라 모든 지방산이 똑같이 이용되었기 때문으로 짐작된다. Kaneko et al. (1966)의 무지개송어 絶食實驗에서 體重은 絶食前 攝取한 사료 종류에 관계없이 일정하게 감소하였고, 全實驗區에서 총지질의 EPA나 DHA와 같은 n-3HUFA는 상대적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, Takeuchi and Watanabe (1982)의 잉어와 무지개송어 絶食實驗에서는 絶食前에 섭취한 사료의 종류에 따라 絶食期間中 體組成의 변화도 實驗區間別로 차이를 보였으며, 잉어와 무지개송어의 脂肪酸組成의 변화 경향도 서로 다르게 나타나서 魚種에 따라 에너지 源으로 이용되는 脂肪酸種類가 다르다고 보고되어 있다.

Murata (1979)와 Murata and Higashi (1979)는 잉어 근육의 mitochondria에서 18:1이 β -oxidation되기 쉽지만 22:6n-3은 β -oxidation되기 어려워 에너지 源으로서의 역할은 덜 중요하다고 주장했다. 또한, Murata and Higashi (1980)의 잉어 絶食實驗에서 絶食 중에는 비극성지질의 脂肪酸合成이 억제되고 β -oxidation이 촉진된다고 하였는데, triglyceride가 주 에너지 源으로 이용되며, 그 중 18:1과 18:2n-6과 같은 不飽和脂肪酸이 선택적으로 이용이 더 잘된다고 하였다. 이와 같이 魚種이나 棲息環境에 따라서 이용되는 지방산의 종류가 다르게 나타나지만, 本實驗에서는 비극성지질 중의 모든 지방산이 동등하게 이용되는 것으로 나타났으며, Castledine and Buckley (1980)의 무지개송어 絶食實驗에서도 本實驗과 같은 경향을 보였다.

위의 결과들로 미루어 보아, 絶食期間 중 體重減少 및 體成分 變化가 實驗區間別로 차이를 나타내는 것은 絶食前 섭취한 사료의 脂肪酸組成에 따른 體內機能이 변화되었기 때문으로 추정된다. 또한, 극성지질 중의 DHA는 체내대사에 중요한 물질로서 絶食期間 중 증가되었으며, 絶食時 조피볼락의 주 에너지 源은 비극성지질 중의 모든 脂肪酸으로 이들 모두 골고루 이용되었다. 越冬期나 産卵期와 같은 특별한 環境에서 먹이 섭취량이 감소할 시기, 또는 활어수송 및 일시축양의 시기에 絶食效果가 초래되므로 絶食前 魚類의 健康狀態는 중요한 의미를 가진다.

要 約

조피볼락을 絶食시켰을 때 사료의 n-3HUFA 含量에 따른 체성분의 변화를 조사하기 위해 n-3HUFA 含量이 다른 6種의 사료 (n-3HUFA 0~1.5%)로 10週間 飼育한 조피볼락을 9週間 絶食시킨 결과, 9週 絶食 後의 體重減少率은 14.0~17.1% 범위로서 n-3HUFA 含量이 높은 사료를 섭취한 實驗區일수록 體重減少가 적었다. 絶食期間 中 全魚體의 一般成分에 있어서는 모든 實驗區에서 水分含量이 증가하고 脂質含量은 감소하는 경향을 보였으며, 특히 n-3HUFA 含量이 낮은 飼料區 (n-3HUFA 0~0.3%)에서 脂質含量의 相對變化比率이 높았다. 蛋白質含量은 n-3HUFA 添加 飼料區에서 모두 絶食 5주째까지는 감소하다가 그 이후에는 일정한 값을 유지한 반면, n-3HUFA 無添加 飼料區는 5주 이후에도 계속 감소하여 n-3HUFA 含量에 따른 차이를 나타내었다.

全魚體의 극성지질은 絶食期間 中 各實驗區 모두 대체로 일정한 값을 유지하였으나, 비극성지질이 감소한 결과, 絶食期間이 경과함에 따라 극성지질/비극성지질 比가 증가하여 비극성지질이 絶食時의 주 에너지 源으로 사용되었다. 絶食後 全魚體 극성지질의 DHA 含量은 絶食前에 비해 큰 폭으로 증가하였으나, 비극성지질의 脂肪酸組成에는 특별한 변화가 없었다.

參 考 文 獻

- Ando, S., M. Hatano and K. Zama. 1985. A consumption of muscle lipid during spawning migration of chum salmon *Oncorhynchus keta*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 51:1817~1824.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington. AV 1141 pp.
- Bilinski, B. E. and L. J. Gardner. 1968. Effect of starvation on free acid level in blood plasma and muscular tissues of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada 25: 1555~1560.
- Castledine, A. J. and J. T. Buckley. 1980. Distribution and mobility of ω 3 fatty acids in rainbow trout fed varying levels and types of dietary lipid. J. Nutr. 110:675~685.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11:1~42.
- Folch, J., M. Lees and G. H. S. Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497~509.
- Hatano, M., M. Mizogami, A. Sugawara and S. Ando. 1989. Lipid metabolism in the liver of chum salmon during spawning migration. Nippon Suisan Gakkaishi 55:1623~1627.
- Igarashi, H. and K. Zama. 1953. Biochemical studies of the salmon, *Oncorhynchus keta*-I. The changes in the chemical components of the body tissues during the spawning migration. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 18:6~10.
- Igarashi, H. and K. Zama. 1954. Biochemical studies of the salmon, *Oncorhynchus keta*-II. The changes in the components of depot fats during the spawning migration. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 19:1087~1091.

- Juaneda, P. and G. Rocquelin. 1985. Rapid and convenient separation of phospholipids and nonphosphorous lipids from rat heart using silica cartridges. *Lipids* 21:40~41.
- Kamra, B. S. K. 1966. Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *J. Fish. Res. Bd. Canada* 23:975~982.
- Kaneko, T., M. Takeuchi, S. Ishii, H. Higashi and T. Kikuchi. 1966. Effect of dietary lipids of fish under cultivation-IV. Changes of fatty acid composition in flesh lipids of rainbow trout on nonfeeding. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 33:56~58.
- Mayes, P. A. 1988. Lipid transport and storage. In: R. K. Murray, D. K. Granner, P. A. Mayes and V. W. Rodwell (Eds), *Harper's Biochemistry (Twenty-first Edition)*, Appleton & Lange, East Norwalk pp. 226~240.
- Murata, H. 1979. Studies on metabolism of fatty acid in fish-V β -oxidation of 22:6 acid in fish liver and dark muscle mitochondria. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45:379~383.
- Murata, H. and T. Higashi. 1979. Studies on the metabolism of fatty acid in fish-IV Rate of fatty acid decrease based on β -oxidation in carp dark muscle mitochondria. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45:211~217.
- Murata, H. and T. Higashi. 1980. Selective utilization of fatty acid as energy source in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46:1333~1338.
- Sakaguchi, H. 1976. Changes of biochemical components in serum, hepatopancreas and muscle of yellowtail starvation. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42:1267~1272.
- Satoh, S., T. Takeuchi and T. Watanabe. 1984. Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of *Tilapia nilotica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 50:79~84.
- Shimma, Y., H. Ichimura and N. Shibata. 1976. Effects of starvation on body weight, lipid contents, and plasma constituents of maturing rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42:83~89.
- Suzuki, T. 1969. Biochemical studies on wintering of culture carp-IV. Some changes in muscle proteins of carp during winter. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 59:49~54.
- Takeuchi, M. and S. Ishii. 1969. Biochemical studies on wintering of culture carp- II. Changes of the oil content, fatty acid composition and glycogen content in the muscle and hepatopancreas. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 59:19~27.
- Takeuchi, T. and T. Watanabe. 1982. The effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48:1307~1316.
- Zama, K. and H. Igarashi. 1954. Biochemical studies of the salmon, *Oncorhynchus keta*-II. The changes in the components of depot fats during the spawning migration. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 19:1087~1091.
- 李尚旻, 姜龍珍, 李鍾允. 1991. 방어 飼料 蛋白質 代替源으로서의 大豆粕 添加 效果. *수진연구 보고* 45:247~257.
- 李尚旻, 李鍾允, 姜龍珍, 許聖範. 1993a. 飼料의 n-3 系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 I. 成長 및 體成分의 變化. *韓國養殖學會誌*

飼料 中 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락의 絶食時 體組成 變化

6: 89~105.

李尚旻, 李鍾允, 姜龍珍, 許聖範. 1993b. 飼料의 n-3 系 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 II. 血液成分 變化 및 肝細胞 性狀. 韓國養殖學會誌 6: 107~123.