

## 무지개송어의 성숙에 따른 식품성분 및 지질과산화물의 변화

박성연<sup>†</sup> · 김해리

서울대학교 식품영양학과

## Changes of Food Components and Lipid Peroxides in Rainbow Trout with Growth

Sung-Youn Park<sup>†</sup> and Har-Riet Kim

Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

### Abstract

The present study was carried out to compare the difference of proximate composition and lipid peroxides in juvenile(80~120g) and adult(670~690g) rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*). There was a marked increase in lipid content with growth. The fatty acids of juvenile rainbow trout was composed of saturates, monoenes and polyenes of 30.18%, 37.81% and 25.09%, respectively. Adult rainbowtrout showed higher content in monoenes and lower content in polyenes. The composition of amino acid was similar. In both groups, glutamic acid, aspartic acid, histidine were abundant. The lipid peroxides, malondialdehydes and lipofuscin, were not increased significantly with growth.

**Key words:** rainbow trout, growth, composition, lipid peroxides

### 서 론

최근 강원도 산간지방에서 대량으로 양식되고 있는 무지개송어는 냉수성어류로서, 횡감 등 고급요리의 재료로 공급되고 있으며(1), 정선의 선평 양어장에서만도 년 17만kg이나 생산되고 있다. 수년 전부터는 냉수성 어종의 해산 가두리 양식을 실험하여 성공적인 결과를 얻음으로써 양식 무지개송어의 공급이 증가하게 되었다(2).

우리나라는 경제개발과 함께 식습관이 서구화되면서 동물성 지방의 섭취증가로 인하여, 지질 대사장애, 당뇨병 및 고혈압 등의 성인병 발생이 증가하고 있다. 근래 남획에 의한 자원 감소와 환경오염으로 수산물 생산이 감소하는 추세인 반면, 수산물 수요와 이들이 국민 단백질원으로서 차지하는 비율이 해마다 증가하고 있다. 이에 민물에서 양식된 무지개송어의 성장에 따른 체조성과 지질과산화물 생성량의 차이를 측정함으로써, 식품·영양학적 가치를 새로이 평가하는 계기를 삼고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 재료

무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 정선 선평양

어장에서 채포한 것을 나이에 따라 치어(생후 7개월, 체중 80~120g)와 성어(생후 15개월, 체중 670~690g)로 구분하여 즉살시킨 후, 육질부와 간을 채취하여 저온을 유지하면서 실험실로 운반하였다. 각 시료는 균질화를 시킨 후 -20°C의 냉동고에 저장하여 두고 분석용 시료로 사용하였다.

#### 일반성분 분석

A.O.A.C.법(3)에 의하여, 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl 법, 조회분은 건식회화법으로 측정하였다.

#### 지방산 분석

육질부로부터 Folch 등의 방법(4)에 따라 chloroform/methanol(2 : 1, v/v) 혼합액을 이용하여 지질을 추출한 뒤, 농축시키고 methanolic BF<sub>3</sub>로 methylation하여 gas chromatography로 정량하였으며 분석 조건은 Table 1과 같다.

#### 아미노산 분석

혼합한 육질부를 동결건조한 후, 6N-HCl로 110°C

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

**Table 1. Instrument and operating condition of gas chromatography operating conditions**

Instrument	Hewlett Packard 5890 Series II
Column	Supelcowax 10 0.25µm film thickness, 30m×0.25mm(I.D.)
Carrier	He, N <sub>2</sub> , air(15 : 5 : 12)
Detector	FID
Initial temperature	175°C
Rate	2.5°C/min
Final temperature	250°C
Final time	20
Injector temperature	260°C
Detector temperature	280°C

에서 16시간 동안 산가수분해시켜 Spackman 등의 방법(5)에 따라 아미노산자동분석기(LKB-4150)로 아미노산을 분석하였다.

**지질과산화물 분석**

Wills의 방법(6)을 변형한 thiobarbituric acid(TBA) 방법에 따라 송어의 간과 육질부의 균질액에 trichloroacetic acid(TCA)을 넣어 제단백한 후, thiobarbituric acid(TBA)를 넣어 발색시켜 malondialdehyde의 양을 측정하였다. 표준검량선을 얻기 위하여 1,1,3,3-tetramethoxypropane을 표준품으로 사용하였다.

Lipofuscin은 간과 육질부에서 chloroform/methanol (2 : 1, v/v)을 이용하여 추출한 지질로부터 spectrophotometer를 이용하여 excitation wavelength 366nm, emission wavelength 435nm로 형광도를 측정하였다. 이때 blank로는 chloroform을 사용하였고, 결과는 fluorescence intensity 60~90 unit에서 arbitrary scale로 나타내었다(7).

**단백질 분석**

조직에서의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준용액으로 사용하여 Lowry법(8)으로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**일반성분 분석**

무지개송어의 일반성분은 Table 2에 나타난 바와 같이 조단백질은 치어 20.3%, 성어 19.4%이고, 조지방은 각각 1.41%, 1.26%로 별 차이를 보이지 않았다. 그러나, 수분 함량은 치어 77.40%, 성어가 69.02%이고, 조지방은 치어 3.54%, 성어 9.59%로 성숙에 따라 조지방의 함량은 증가하고 수분의 함량은 감소하였다. 이는 식이에 따른 체조성변화 실험에서 식이의 종류에 관계없

**Table 2. Proximate composition of rainbow trout (%)**

	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash
Juvenile	77.40	20.30	3.54	1.41
Adult	69.02	19.40	9.59	1.26

**Table 3. Total fatty acid composition of rainbow trout muscle (Area %)**

Fatty acid	Juvenile	Adult
14 : 0	2.9077	2.9115
16 : 0	21.5851	21.7445
16 : 1	6.0811	6.7524
16 : 4	0.4803	0.5110
18 : 0	5.6919	6.1188
18 : 1	29.6105	31.4178
18 : 2	14.4089	12.4341
18 : 3	1.9819	1.8861
18 : 4	0.6862	0.8941
20 : 1	2.1213	2.2479
20 : 4	0.8733	1.0250
20 : 5	1.5900	1.5065
22 : 6	5.0681	5.1892

이 성장에 따라 송어의 지방 함량이 증가한다는 Bromley와 Smart(9)의 보고와 일치한다. 또 Watanabe(10), Reinitz 등(11), Reinitz와 Hitzel(12)이 체중 증가시 체지방과 수분 함량은 반비례한다는 보고와도 같은 양상을 보인다.

**지방산 분석**

무지개송어의 근육에서 추출한 지방산의 조성은 Table 3와 같다.

치어와 성어의 지방산의 조성비를 보면, 각각 saturates 30.18%, 30.77%, monoenes 37.81%, 40.41%, polyenes 25.09%, 23.45%으로 성어에는 monoenes이, 치어에는 polyenes이 차지하는 비율이 조금 높게 나타났다. 지방산 중에는 특히 oleic acid가 가장 많아 총 지방산 조성 중에서 약 32%를 차지하였다.

한편, 이 결과는 김과 최(1)에 의하여 해산가두리 양

식장에서 사육된 무지개송어의 지방산 pattern인 saturate 26.40%, monoenes 43.79%, polyenes 30.96%와는 다른 양상을 보인다. Reinitz와 Yu(13)에 의하면 근육의 지방산조성은 식이지방의 지방산조성을 반영하므로 위의 차이는 식이에 의한 영향일 것으로 생각된다.

최근 어유에 다량 함유되어 있는  $\omega$ -3 지방산이 관상동맥질환의 예방에 기여한다는 사실이 밝혀진 이후, 고혈압, 당뇨병 및 죽상동맥경화증 등의 질병과의 관계가 많이 연구되어지고 있는  $\omega$ -3 지방산은 치어와 성어에서 각각 7.53%, 7.72%로 성장에 따라 그 비율이 증가되며 특히 docosahexaenoic acid(DHA)의 비율이 증가되는 것을 볼 수 있었다.

#### 아미노산 분석

무지개송어 육질부의 아미노산 조성은 Table 4와 같다.

무지개송어 중 양적으로 많은 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid 및 lysine으로 이들 아미노산이 산 가수분해에 의해서 파괴된 tryptophan과 cystine을 제외한 총 아미노산에 대하여 차지하는 비율은 약 50%에 달하였다. 그 외의 아미노산은 5% 이하로 비교적 적은 것으로 나타났다.

치어는 성어에 비하여 lysine, aspartic acid, glutamic acid, histidine의 함량이 특히 높았다.

치어와 성어의 필수아미노산의 함량을 보면 각각 threonine : 3.92%, 4.27%, serine : 3.5%, 3.72%, valine : 4.46%, 4.65%, isoleucine : 2.93%, 3.08%, leucine :

Table 4. Amino acid composition of rainbow trout muscle (Unit : g-A.A/16g-N)

Amino acid	Juvenile	Adult
Essential amino acid		
Thr	2.94	2.70
Ser	2.63	2.36
Val	3.35	2.94
Ile	2.20	1.95
Leu	3.92	3.49
Lys	10.50	9.51
Met	1.81	1.63
Phe	1.66	1.59
Nonessential amino acid		
Try	1.63	1.49
Aso	10.73	8.96
Glu	16.30	11.76
Gly	2.78	2.43
Ala	3.64	3.24
His	4.70	3.60
Arg	4.32	3.95
Pro	1.93	1.68

Table 5. Lipid peroxides of rainbow trout muscle and liver

	Juvenile	Adult
MDA(nmole MDA/mg protein)		
Muscle	0.436	0.332
Liver	0.155	0.161
Lipofuscin(fluorescence/mg protein)		
Muscle	0.020	0.027
Liver	0.072	0.113

5.22%, 5.51%, lysine 13.9%, 15.03%, methionine 2.41%, 2.58%, phenylalanine 2.22% 2.52%로서 총 아미노산의 29.01%, 26.17%를 차지하였다.

필수아미노산이 FAO/WHO의 아미노산 pattern(14)보다 대체로 낮게 나타났으나, 쌀 단백질의 제1제한 아미노산으로 알려진 lysine만은 FAO/WHO의 아미노산 pattern에서의 340mg/gN 보다 1.7배 이상 높은 값을 나타내고 있어 쌀을 주식으로 하는 우리나라 실정에서 볼 때 식품영양학적으로 큰 의의가 있다고 생각된다.

#### 지질과산화물의 분석

무지개송어의 간과 육질부에서 초기 지질과산화물의 지표인 malondialdehyde와 지질과 단백질의 축합 반응의 생성물인 lipofuscin을 측정 한 결과는 Table 5에 나타내었다.

무지개송어에는 지방 함유량이 높을 뿐 아니라 불포화도가 높은 지방산들이 다량 존재하여 지질과산화의 위험이 매우 크다고 할 수 있다. 또한 무지개송어의 성장에 따라 근육의 지방 함량이 증가하므로 지질과산화 반응이 더 증가될 것으로 기대된다. 그러나, 지질과산화물의 지표로 측정 한 malondialdehyde와 lipofuscin의 결과를 살펴 보면, 우선 malondialdehyde는 성장에 따른 농도 차가 나지 않았으며 그 양 또한 매우 작다. Lipofuscin의 결과에서도 전반적으로 수준이 낮았다. 위의 사실로 미루어, 무지개송어의 근육에 지질과산화 반응을 억제하거나 그로부터 조직을 보호할만한 항산화체계가 존재하며 그 양은 충분히 다량이거나 성장에 따라 증가할 것으로 여겨진다. 하지만 이제까지 어류의 간에 지용성 비타민 E가 많다는 것과 근육에 비타민 C가 소량 존재한다는 것외에는 알려진 바가 많지 않다(15). 따라서 무지개송어의 근육에서 항산화체계에 대한 연구가 더 필요하다고 사려된다.

#### 요 약

양어장에서 양식된 무지개송어의 성장에 따른 식품

성분과 지질과산화물의 변화를 측정하여 다음의 결과를 얻었다. 치어와 성어의 조지방 함량과 수분 함량은 3.54%, 9.59% 및 77.40%, 69.02%로 성장에 따라 조지방의 함량은 증가되고 수분은 감소하였다. 지방산 조성은 치어에서 saturates 30.18%, monoenes 37.81%, polyenes 25.09%이고, 성어에서 30.77%, 40.41%, 23.45%로 성장에 따라 monoenes의 비율은 증가하고 polyenes은 감소하였다. 구성아미노산조성은 성장에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며, 모두 glutamic acid, aspartic acid, histidine이 전체 아미노산의 약 50%를 차지하였다. 지질과산화의 지표로 측정된 malondialdehyde, lipofuscin은 성장에 따른 유의적인 증가를 보이지 않았다.

### 감사의 글

본 연구는 1995년도 교육부 기초과학 연구소 학술 연구 조성비 지원 과제(과제명 : BSRI 95-4414) 연구비에 의해 수행된 것이며 이에 깊이 감사를 드립니다.

### 문헌

1. 김경삼, 최영준 : 은연어와 무지개송어의 식품성분. 한국식품영양학회지, **6**, 73(1993)
2. 과학기술처 해양연구소 : 연어·송어류 양식기술 개발에 관한 연구. BSPG 00066-202-3(1988)
3. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 16th ed., Association of official analytical chemists. Washington D. C., 4-1(1995)
4. Folch, J., Lee, M. and Sloane-Stanley, G. A. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
5. Spackman, D. H., Stein, W. H. and Moore, S. : Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, **30**, 1190(1958)
6. Wills, E. D. : Mechanisms of lipid peroxide formation in animal tissues. *Biochem. J.*, **99**, 667(1966)
7. 양재수 : 노화촉진생쥐에서 산소라디칼 관련 물질의 검색에 관한 연구. 서울대학교대학원 박사학위논문(1989)
8. Lowry, O. H., JRosevrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : Protein measurement with the folic phenol reagents. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265(1951)
9. Bromley, P. J. and Smart, G. : The effects of the major food categories on growth, composition and food conversion in rainbow trout (*SALMO GAIRDNERI* RICHARDSON). *Aquaculture*, **23**, 325(1981)
10. Watanabe, T. : Sparing action of lipids on dietary protein in fish-low protein diet with high calorie content. *Technocrat.*, **10**, 34(1977)
11. Reinitz, G. L., Orme, L. E., Lemm, C. A. and Hitzel, F. N. : Influences of varying lipid concentrations with two protein concentrations in diets for rainbowtrout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish-Cult.*, **42**, 103(1978)
12. Reinitz, G. L. and Hitzel, F. N. : Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition. *Aquaculture*, **19**, 243(1980)
13. Reiniz, G. L. and Yu, T. C. : Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*SALMO GAIRDNERI*). *Aquaculture*, **22**, 359(1981)
14. FAO Nutrition Meeting Rept. Series 52 and WHO Tech Rept. Series 522 Rome : Food and Agr. Organ(1973)
15. Higashi, H. : Vitamins in fish-with special reference to edible parts. In "*Fish as food*" Borgstrom, G.(ed.), Academic Press, New York, Vol, 3, p.411(1964)

(1996년 9월 12일 접수)