

## 지질 및 콜라겐, Drip량이 양식 및 자연산 도미와 넙치 육질의 경도에 미치는 영향

이경희 · 이영순\*

경희대학교 급식산업학과, \*경희대학교 식품영양학과

### The Effect of Lipid and Collagen Content, Drip Volume on the Muscle Hardness of Cultured and Wild Red sea bream (*Pagrosomus auratus*) and Flounder(*Paralichthys olivaceus*)

Kyung Hee Lee and Young Soon Lee\*

Department of Institutional Food Service, Kyung Hee University

\*Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of the lipid and collagen content and drip volume on the hardness of fish meat. Red sea bream (cultured and wild) and flounder (cultured, cultured with obosan and wild) were used for this study. Textural differences between cultured and wild meats were determined by the measurements of hardness, lipid and collagen content, and drip volume. Lipid content of the dorsal muscle was higher especially in cultured red sea bream (3.32%) than in wild one. Cultured and wild flounder contained lower content of lipid than red sea bream. The content of collagen was higher in cultured flounder fed with obosan (8.37 mg/g muscle) and wild flounder (8.02 mg/g muscle) than others. Drip volume was the highest in cultured flounder fed with obosan (8.67%). The hardness of raw meat was correlated with the contents of lipid ( $r = -0.7063$ ) and collagen ( $r = 0.8307$ ), significantly. Cultured fish contained more lipid and less collagen than wild one. So, the hardness of these fish meats was lower than wild one. However, cultured flounder fed with obosan showed no difference in hardness compared with wild one. In the cooked meat, there was no relationship between the hardness of fish meat and the contents of lipid and collagen. But, the drip volume was significantly related with the hardness ( $r = 0.6870$ ). From these results, the factors contributing the textural difference between wild and cultured fish meat would be the lipid and collagen contents, and two ways to improve the texture of cultured fish meat could be suggested. One is to lower the lipid content by feed control, and the other is to raise the collagen content by inducing more fish movement.

Key words: cultured and wild fish, obosan, hardness of meat, lipid and collagen content, drip volume

#### 1. 서 론

도미와 넙치 양식어육에 대한 관능검사의 결과 양식어는 자연어보다 선호되지 않았으며 특히, 어육의 질감, 맛에서 양식어는 유의적으로 낮은 결과를 나타내어 양식어의 기호성에 어육의 질감이 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 질감에 대한 객관적 평가방법으로써 rheometer를 이용하여 어육의 texture를 측정된 결과에서도 도미와 넙치 모두 양식어는 자연어에 비하여 경도가 유의적으로 낮게 나타났다<sup>1,2)</sup> 한방 사료첨가제인 어보산

\*본 연구는 1999년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과임.

첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 일반적으로 양식된 넙치보다 육질이 더 단단한 것으로 나타났다<sup>3)</sup>.

일반적으로 근육 중의 지질과다는 육질의 맛, texture에 영향을 미치므로 조지방함량이 높은 양식어의 육질이 자연어에 비하여 떨어지는 것은 근육내 지방축적에서 유래된 것으로 볼 수 있으나, 양식어와 자연어 모두 근육내 조지방함량이 극히 적은 복어<sup>4)</sup>에 있어서도 시료 조제시 근육부를 세절, 균질화시켰을 때 양식어는 육질이 연하고 내부로부터 물기가 삼출되는 현상을 보였으나 자연어에서는 육질이 단단하고 탄력성이 풍부하며 양식어와 같이 수분이 삼출되는 현상은 보이지 않아, 어육의 texture가 지질함량의 차이로만 설명될 수 없는 점이 시

사되었다.

근육에는 근세포 사이를 연결하는 기능을 갖는 결합조직이 존재하며 이 결합조직은 수 종류의 단백질로 형성되지만 대부분은 콜라겐이다<sup>5)</sup>. 콜라겐함량은 근육의 경도와 밀접한 관계가 있으며 콜라겐이 많을수록 단단한 근육이 된다고 한다<sup>6,7)</sup>. 어육내 콜라겐함량은 유영시 몸을 크게 구부리는 부위일수록 높으므로 머리부분보다 꼬리부분에 많으며 어린 것보다 늙은 것에 불용성 콜라겐함량이 높다<sup>8,9)</sup>. 어육은 축육에 비해 결합조직량이 적으므로 생선회 등 생식이 이루어지는데 콜라겐양이 많은 어육은 씹을 때 결합조직의 저항이 느껴지고 때로는 결합조직을 치아로 씹어서 꿀을 수 없어 입안에 남는 경우가 있다. 이런 어육을 생선회로 이용할 때에는 얇게 썰어 미리 결합조직을 절단함으로써 저작시 저항을 적게하는 등 육질에 따라 썰는 방법을 달리하여 texture를 조절하고 있다. Sato<sup>10)</sup> 등은 24어종의 근육내 콜라겐함량을 측정하여 얇게 썬 생선회의 texture에 미치는 영향을 검토한 결과 어류는 포유동물보다 가용성 콜라겐이 많았고, 총 콜라겐함량은 어종에 따라 다양하였으며, 근육내의 콜라겐은 얇게 썬 생선회의 경도에 기여한다고 보고하였다.

따라서, 자연어에 비하여 운동량이 부족한 양식어는 사료에 의한 근육내 지질축적과 동시에 근육내 콜라겐 발달상태가 달라 콜라겐이 어육의 물성에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 시사되었으며 특히, 양식어에서도 조지방함량이 적은 넙치의 경우에는 조지방보다 콜라겐의 영향이 더 크게 작용할 것으로 예상된다.

어육을 50~60°C 이상으로 가열하면 어육 단백질 중 근원섬유 단백질은 수축, 응고하게 되고 탈수현상이 일어나며 근형질 단백질은 curd 상태로 응고되어 근섬유 사이의 접착을 강하게 하고 어육 전체를 연결하는 역할을 하게된다. 따라서, 가열육의 경도는 탈수 정도, 어육 중의 총 단백질에 대한 근형질 단백질의 함비율 등에 의해 단단하거나 부서지기 쉬워지기도 한다<sup>11)</sup>.

이에, 본 연구는 도미와 넙치어육 중의 지질 및 콜라겐함량을 측정하여 이들 성분이 생육 및 가열육의 경도

에 미치는 영향을 검토하였으며, 가열육 조제시 생성된 drip량도 측정하여 가열육의 경도에 미치는 영향을 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시료

실험에 이용된 도미, 넙치의 체장 및 체중, 채취시기 및 장소를 Table 1에 나타냈다. 어종별로 크기가 유사한 양식어와 자연어를 사용하였으며 넙치 양식어는 일반적으로 양식된 것(cultured 1)과 한방사료 첨가제인 어보산(성암산업, 대한민국)을 사료에 첨가하여 양식한 어종(cultured 2)도 검토되었다. 어보산은 인삼, 감초, 계피, 당귀 및 오가피 외 23종의 한방재료 성분으로 조성된 것이다. 시료어는 연수사살(延髓刺殺)에 의해 즉살시킨 후 3장으로 포를 떼서 배육(dorsal muscle)의 일정부위를 실험에 제공하였다.

### 2. 지질측정

배골로부터 0.5~1.0 cm 부위의 배육을 채취하여 Bligh-Dyer 법<sup>12)</sup>에 의해 측정하였다.

### 3. Texture 측정

전보<sup>3)</sup>와 동일하게 측정하였다.

### 4. 콜라겐 정량

Bergman<sup>13)</sup> 등의 방법에 의해 배육을 0.3 g씩 cap tube에 취하여 증류수 1.5 ml, 12N-HCl 1.5 ml를 넣고 3분간 탈기후 뚜껑을 닫고 110°C에서 24시간 가수분해한 후 50 ml로 정용한 시료용액을 시험관에 0.3 ml씩 취하여 0.6 ml의 isopropanol과 교반한 후 산화용액(7% chloramine T:0.25 M sodium acetate, 0.13 M trisodium citrate, 0.03 M citric acid, 0.3% isopropanol=1:4)을 0.3 ml 가하고 4분 동안 상온에서 방치후 Ehrlich 시약(0.67% P-dimethylaminobenz aldehyde, 60% perchloric

Table 1. Caught place, average body length and weight, caught month of cultured and wild Fish

Samples	Place	Body length(cm)	Body weight(kg)	Month	
Red sea bream ( <i>Pagrosomus auratus</i> )	Cultured (n=7)	Seosan	31.5~36.0	1.08~1.20	Jun., Jul., Aug., Sep.
	Wild(n=7)	Wando	30.5~35.0	0.95~1.03	Jun., Jul., Aug., Sep.
Flounder ( <i>Paralichthys olivaceus</i> )	Cultured 1(n=7)	Chejudo	32.0~37.0	0.90~1.00	Jun., Jul. Aug., Sep.
	Cultured 2 (n=7)	Keoje	31.3~34.2	0.83~0.94	Aug., Sep.
	Wild(n=7)	Wando	35.0~39.0	1.02~1.10	Jun., Jul., Aug., Sep.

Cultured 1 : fed general diet.

Cultured 2 : fed diet containing 0.3% Obosan for 3 months.

acid : isopropanol = 3:13)을 4 ml 가하고 60°C에서 25 분간 반응시킨 후 558 nm에서 1시간 이내에 hydroxyproline을 정량하고 콜라겐 환산계수 9.75를 곱하여 구하였다.

5. Drip 측정

어육 100 g을 폴리프로필렌 봉지에 넣어 직경 25 cm의 냄비에 끓고 있는 2 l의 비등수 중에서 10분간 가열한 후, 봉지 안에 유출된 drip량을 어육의 가열전의 중량에 대한 비율로 구하였다.

6. 통계처리

SPSS를 이용하여 지질, 콜라겐함량 및 drip량 측정에 대한 결과는 일원분산분석하여 p<0.05 수준에서 유의성 있는 그룹의 평균치 간의 차이를 Duncan의 다중범위검정에 의해 검증하였으며, 어육의 경도와 지질, 콜라겐함량 및 drip량 사이의 상관관계를 검토하였다.

III. 결과 및 고찰

도미와 넙치의 양식 및 자연어육 중의 지질 및 콜라겐함량, 가열육 조제시 생성된 drip량을 측정하여 Table 2에 나타냈으며, 이들 함량과 동일 시료에서 측정한 생육 및 가열육의 경도와와의 상관관계를 Fig. 1~5에 나타냈다.

1. 어육내 조지방, 콜라겐함량 및 Drip량

양식 및 자연산 도미와 넙치의 근육내 조지방함량은 양식도미가 3.32%로 가장 많았고 자연어는 1.64%로 양식어보다 적었으며 넙치는 양식 및 자연어 모두 도미보

Table 2. Contents of lipid, collagen and drip in the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder

Samples	Lipid (%)	Collagen (mg/g muscle)	Drip (%)
Red sea bream			
RC (n=5)	3.32±0.69 <sup>a</sup>	4.11±1.02 <sup>b</sup>	5.09±1.88 <sup>bc</sup>
RW (n=5)	1.64±0.36 <sup>b</sup>	5.81±1.85 <sup>b</sup>	3.86±1.54 <sup>c</sup>
Flounder			
FC1(n=5)	0.99±0.22 <sup>c</sup>	4.79±1.38 <sup>b</sup>	6.86±2.04 <sup>ab</sup>
FC2 (n=5)	1.09±0.38 <sup>c</sup>	8.37±1.76 <sup>a</sup>	8.67±2.31 <sup>a</sup>
FW (n=5)	0.67±0.16 <sup>c</sup>	8.02±2.03 <sup>a</sup>	4.37±1.99 <sup>bc</sup>

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2: Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Oboson for 3 months, FW: Wild Flounder Values are Mean ± S.D.

<sup>a,b,c</sup> Means in a column by different superscripts are significantly different at the p < 0.05 level by Duncan's multiple range test.

다 적었다. 콜라겐은 자연산 넙치와 어도산 첨가사료로 양식된 넙치에서 각각 8.02 mg/g muscle, 8.37 mg/g muscle로 많은양 함유하고 있었으며 일반적으로 양식된 넙치와 도미 양식 및 자연어에서는 적은양이었다. Drip량은 2종류의 양식 넙치에서 6.86%, 8.67%로 많았고 도미의 경우에도 양식어가 자연어보다 drip량이 많았다.

2. 지질함량과 어육의 경도

도미와 넙치 생육에 대한 지질함량의 영향은 지질함량이 더 많은 도미가 지질함량이 적은 넙치보다 경도가 더 낮게 나타났고, 도미 중에서도 지질함량이 많은 양식어는 지질함량이 적은 자연어보다 경도가 더 낮게 나타나 전체적으로 지질함량과 생육의 경도는 높은 음의 상관(r = -0.7068)을 나타냈다(Fig. 1). 이<sup>14)</sup> 등은 지질함량이 현저하게 다른 3어종에 대하여 지질함량과 생육의 경도 사이의 상관을 연구한 결과, 동일 어종에서는 생육의 경도에 지질함량이 영향을 미치고 있는 것으로 시사되었으나 전 어종에서의 지질함량과 경도와의 상관은 매우 낮았다(r = -0.2632). 그러나 본 실험에 사용된 도미와 넙치는 모두 백색육어류로서 육질이 유사하므로 생육의 경도와 지질함량 사이의 상관이 높은 것으로 나타났다. 생육의 경도에 지질함량의 영향이 명확하게 나타난 결과는 Kunisaki<sup>15)</sup> 등의 정어리에 대한 보고와도 일치하고 있다.

가열육인 경우에는 지질함량의 차이가 크게 나타난 도미 양식어와 자연어 사이에서 지질함량의 차이에도 불구하고 양 어종간에 경도의 차이가 나타나지 않았다. 넙치는 양식어와 자연어의 지질함량이 거의 같으면서도 양식

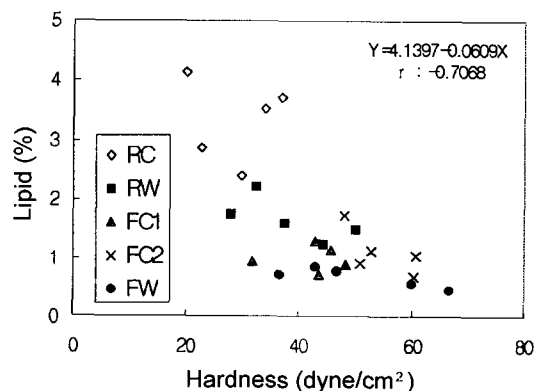
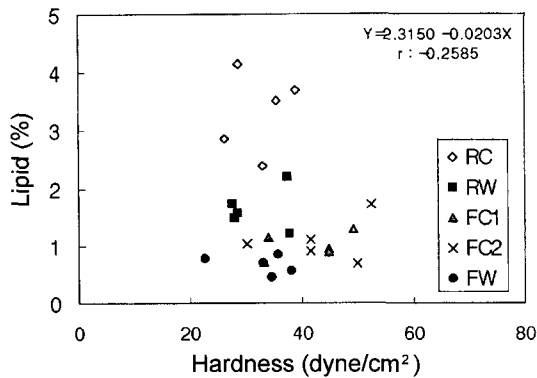


Fig. 1. Correlation between lipid content and hardness of raw muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2 : Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Oboson for 3 months, FW: Wild Flounder



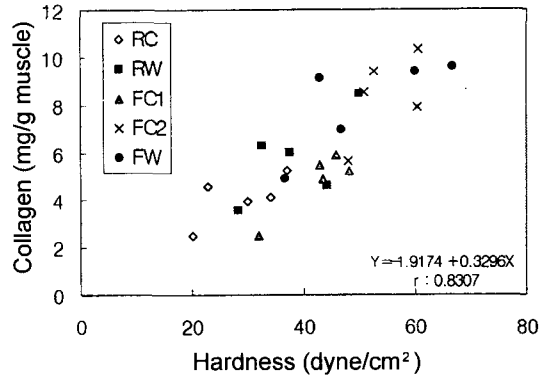
**Fig. 2. Correlation between lipid content and hardness of cooked muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.**

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2: Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Obosan for 3 months, FW: Wild Flounder

어 쪽이 더 경도가 높게 나타났으며, 전 어종에서 지질 함량과 가열육의 경도와의 사이에는  $r = -0.2585$ 로 낮은 상관관계를 보였다(Fig. 2).

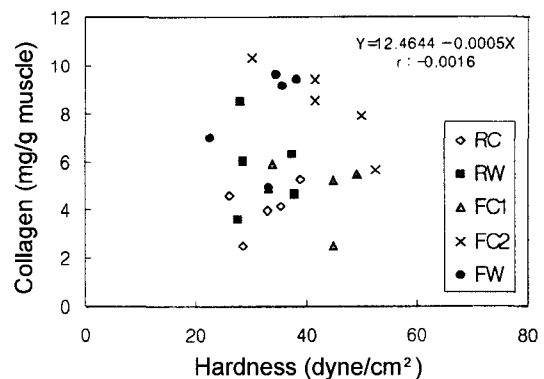
**3. 콜라겐함량과 어육의 경도**

어육의 경도가 측정된 동일 시료어의 콜라겐함량을 측정하여 경도와의 상관관계를 검토한 결과(Fig. 3, 4) 도미와 넙치 모두 생육이 부드러웠던 양식어는 자연어에 비하여 콜라겐함량이 적었으며, 생육의 경도와 콜라겐함량 사이에 높은 상관( $r = 0.8307$ )이 보여 콜라겐함량이 많은 어육일수록 단단한 것으로 나타났으며, 이는 Hatae<sup>16)</sup>등의 결과와도 일치하였다. Sato<sup>10)</sup>등은 22종의 어류에 대하여 유영운동을 한 어류에서의 근육 콜라겐이 생육의 texture 평가에 미치는 연구를 실시한 결과, 구부리는 동작을 많이 하는 유연한 부위의 근육에는 콜라겐 분포가 높았고 근육 콜라겐은 얇게 썰은 생육에서도 질기게 느껴지는 요인으로 기여한다고 보고하였다. 따라서 한정된 면적 안에서 양식되는 양식어는 자연어 보다 운동량이 부족하기 쉬우므로 결체조직의 발달이 자연어에 비하여 떨어질 가능성이 있고 이런 차이는 지방함량과 더불어 육질의 경도에 영향을 미쳐 육질이 더 연하게 나타났으리라 생각된다. 그러나 어보산 첨가사료로 양식된 넙치는 콜라겐함량이 높고 육질의 경도도 높게 나타나 자연어에 가까운 경향을 보였다. 이는 한방사료 첨가제가 양식어의 육질개선에 좋은 효과를 나타낸 것으로, 어떤 요인에 의해 이런 효과를 가져올 수 있는지에 대하여 앞으로 더 검토되어야 할 것으로 생각된다.



**Fig. 3. Correlation between total collagen content and hardness of raw muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.**

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2: Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Obosan for 3 months, FW: Wild Flounder



**Fig. 4. Correlation between total collagen content and hardness of cooked muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.**

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2 : Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Obosan for 3 months, FW: Wild Flounder

어육을 가열하면 근절(筋節)을 접합(接合)하고 있는 콜라겐은 젤라틴화하여 근절들이 분리되기 쉬운 상태로 되므로 콜라겐량이 높으면 생육의 경우와 반대로 가열육의 경도가 낮을 것으로 예상되었으나 본 실험의 가열육에서는 콜라겐량과 경도 사이에 일정한 경향을 나타내지 않아 가열육의 경도에는 다른 요인이 작용할 것이라고 보고한 Hatae<sup>16)</sup>의 결과와 일치하였다.

**4. Drip량과 가열육의 경도**

경도가 측정된 동일 시료어에 대하여 가열육 조제시

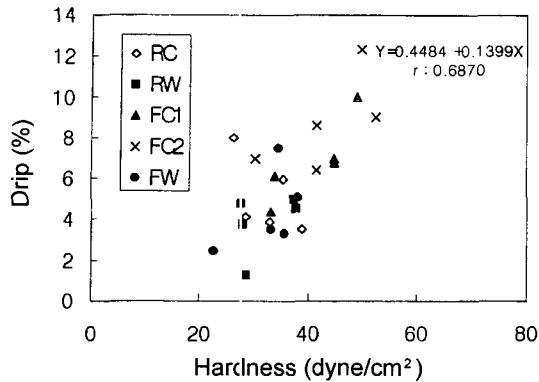


Fig. 5. Correlation between drip volume and hardness of cooked muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder.

RC: Cultured Red sea bream, RW: Wild Red sea bream, FC1: Cultured Flounder fed general diet, FC2: Cultured Flounder fed diet containing 0.3% Obosan for 3 months, FW: Wild Flounder

생성된 drip량을 측정하여 가열육의 경도와와의 상관을 검토하였다.

가열육의 drip량은 가열육의 경도가 높게 나타난 2종류의 넙치 양식어에서 자연어보다 많았고 drip량이 많은 어육일수록 가열육의 경도가 높게 나타났으며(Fig. 5) 도미의 경우 양식어와 자연어 모두 drip량과 가열육의 경도 사이에 일정한 경향을 보이지 않았으나, 전 어종간에는 drip량과 경도 사이에 약간 높은 정의 상관( $r = 0.6870$ )을 나타냈다.

Hatae<sup>17)</sup> 등은 어육의 특성이 매우 다른 5어종의 물성에 관한 연구에서 본 실험의 결과와 다르게 어육의 경도와 drip량 사이에 낮은 정의 상관성이 있는 것으로 보고하였다. 이런 상반된 결과는 어육의 특성이 매우 다를 경우에 drip량 이외에도 어육의 경도에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인이 작용하여 나타난 결과로 추론된다. 즉 어육을 가열하면 근형질 단백질은 curd 상태로 응고되어 근섬유 사이의 접착을 강하게 하므로 어육 중의 총 단백질에 대한 근형질 단백질의 함유비율에 따라 가열육의 경도가 달라지기도 한다. 근형질 단백질의 함유비는 어종에 따라 달라서 적색육은 함유비율이 높고 백색육은 낮으므로<sup>11)</sup> 도미와 넙치같은 백색육의 경우에는 가열육의 경도에 근형질 단백질 보다 drip량이 더 크게 작용한 것으로 사려된다.

#### IV. 요약 및 결론

양식 및 자연산 도미와 넙치에 대하여 지질과 콜라겐

함량 및 drip량을 측정하여 생육과 가열육의 경도에 미치는 영향을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 근육내 지질함량은 양식도미가 3.32%로 자연어보다 많았고 넙치는 양식 및 자연어 모두 도미보다 적었다. 콜라겐은 자연산 넙치와 어보산 첨가사료로 양식된 넙치에서 각각 8.02 mg/g muscle, 8.37 mg/g muscle로 많은 양 함유하고 있었으며 일반적으로 양식된 넙치와 도미 양식 및 자연어에서는 적은양이었다. Drip량은 어보산 첨가사료로 양식된 넙치에서 8.67%로 가장 많았다.

2. 근육내 지질함량은 생육의 경도와 높은 음의 상관( $r = -0.7068$ )을 나타내어 지질함량이 많은 도미 양식어는 자연어보다 경도가 낮게 나타났으며 지질함량이 적은 넙치는 경도가 높았다. 가열육의 경우에는 전 어종에서 지질함량과 경도 사이에  $r = -0.2585$ 로 낮은 상관을 나타냈다.

3. 콜라겐함량과 생육의 경도 사이에는 높은 정의 상관( $r = 0.8307$ )을 나타냈으며 양식어는 자연어보다 콜라겐함량이 적고 경도가 낮았으나 어보산 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 콜라겐함량이 많고 육질의 경도도 높았다. 가열육에서는 콜라겐함량과 경도 사이에 일정한 경향을 나타내지 않았다.

4. Drip량과 가열육의 경도 사이에는 전 어종에서 약간 높은 정의 상관( $r = 0.6870$ )을 나타내어 drip이 많이 생성된 어육일수록 단단한 경향을 나타냈다.

이상의 결과로 생육의 경우 양식어와 자연어 사이에 지질함량에 차이가 있었던 도미는 지질의 영향으로, 어종간 콜라겐함량에 차이가 있었던 넙치는 콜라겐의 영향으로 생육의 경도에 차이가 있었으며, 가열육은 도미와 넙치 모두 drip량의 영향으로 drip이 많았던 양식어는 자연어보다 육질이 더 단단하였다.

#### 참고문헌

1. 이경희, 이영순 : 양식 넙치의 육질에 관한 연구. 한국조리과학회지, 13(4):448-452, 1997
2. 이경희, 이영순, 김종현, 김동수 : 한방사료 첨가제인 어보산의 효과 II. 어보산 첨가사료로 사육한 넙치의 육질에 대한 연구. 한국양식학회지, 11(3):319-325, 1998
3. 이경희, 이영순 : 양식 및 자연산 도미 어육의 품질 특성에 관한 연구. 한국조리과학회지, 15(6):639-644, 1999
4. Saeki K. and H. Kumagai : Seasonal variations in nutritive components for wild and cultured Puffers *Fugu Rubrips*, Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 50(1):125-127, 1984
5. Yoshinaka R. : Distribution of collagen in body of several fishes, Nippon Suisan Gakkaishi, 56(3):549, 1990

6. Ochiai Y., Y. Kariya, S. Watabe, and K. Hashimoto : Heat-induced tendering of turban shell(*Batillus Cornutus*) muscle, *J. Food Sci.*, **50**:981-984, 1985
7. Olaechea R. P., H. Ushio, S. Watabe, K. Takada, and K. Hatae : Toughness and collagen content of abalone muscle, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **57**:6-11, 1993
8. Yoshinaka R., K. Sato, and Y. Himizu : Distribution of collagen in body muscle of fishes with different swimming movement, *Comp. Biochem. Physiol.*, **89B**: 147-151, 1988
9. Feinstein G. R. and E. M. Buck : Relationship of texture to pH and collagen content of yellowtail flounder and cuski, *J. of Food Sci.*, **49**:298-299, 1984
10. Sato K., R. Yoshinaka, M. Sato, and Y. Shimizu : Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **52**(9):1595-1600, 1986
11. 松元文子 : 調理學, 光生館, 183, 1982
12. Bligh E. A., W. J. Dyer : *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**:911-917, 1959
13. Bergman I. and R. Loxley : Tow improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline, *Analytical. Chem.*, **35**(12):1961-1965, 1963
14. 이경희: 養殖魚の食感の特徴づける諸要因について, お茶の水女子大學 碩士學位論文, 1988
15. Kunisaki N., K. Takada, and H. Matsuura : On the study of lipid contents, muscle hardness and fatty acid compositions of wild and cultured Horse Mackerel, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **52**(2):333-336, 1986
16. Hatae K., A. Tobimatsu, M. Takeyama and J. Matsumoto: Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **52**(11):2001-2007, 1986
17. Hatae K., F. Yoshimatsu and J. J. Matsumoto : Discriminative characterization of different texture profiles of various cooked fish muscles, *J. Food Sci.*, **49**(3):721-726, 1984

---

(2000년 7월 24일 접수)