

## 양식 및 자연산 도미와 넓치 어육 중의 콜라겐 DSC 측정 및 근육 조직 관찰

이경희 · 이영순\*

경희대학교 급식산업학과, \*경희대학교 식품영양학과

### Observation of Muscle Structure and DSC Measurement of Collagen of the Cultured and Wild Red Sea Bream and Flounder.

Kyung Hee Lee and Young Soon Lee\*

Department of Institutional Food Service, Kyung Hee University

\*Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

#### Abstract

Thermal measurements were made for connective tissues of 5 different fish muscles by using a differential scanning calorimeter(DSC), and connective tissues between muscle fibers and the cross sections of muscle fibers were observed by a light microscope. Red sea bream(cultured and wild) and flounder(cultured, cultured with obosan and wild) were used in this study.

It was found that the connective tissues of cultured and frozen fish muscle required less endothermic enthalpy and the endothermic peak temperature was lower than those of wild and fresh ones when they were shrunken and denatured. Therefore, it is likely that the former are more unstable to heat than the latter.

The cultured flounder fed with obosan and wild flounder which contained more collagen than cultured flounder and the wild red sea bream showed clear connective tissues between fibers. The cross-section of cultured fish muscle fiber was larger than that of wild one.

From these results, collagen content and thermal properties of collagen, cross section of muscle fibers seemed to contribute to the textural difference between wild and cultured fish.

Key words : cultured and wild fish, DSC, light microscope, connective tissue, cross section of muscle fibers

#### 1. 서 론

어육의 물성 변화는 조직구조의 변화로서 외력에 대한 조직구조의 약화가 관련되어 있다고 생각된다. Hatae 등<sup>1)</sup>은 육질의 텍스처 특성이 다른 5종의 어류를 4°C에서 14일간 저장하며 어육의 물성 변화에 관련된 요인을 고찰한 결과 단단한 어종에서 근섬유의 용적이 많았고( $r=0.53$ ), 근섬유의 직경과 어육의 경도 사이에 높은 음의 상관( $r=-0.86$ )이 있어 직

경이 클수록 경도가 낮은 경향을 보였으며, 근섬유의 단편화율(sarcomere 4이하)은 어육의 경도와 낮은 음의 상관( $r=-0.22$ )을 보여 단단한 어종일수록 짧게 잘려진 근원섬유의 비율이 적었다고 보고하였다. Tachibana<sup>2)</sup>는 유연운동이 양식도미의 육질에 미치는 효과에 대한 연구에서 어육의 연화 정도의 지표로서 1 내지 4 sarcomere로 구성된 근섬유의 비율을 측정하고 저장 중 육질이 연한 양식어는 자연어보다 더 빨리 증가하였고, 양식어 중에서도 운동량이 많은 도미는 운동량이 적은 도미보다 더 느리게 증가하였다고 보고하였다.

어육 중의 콜라겐 함량도 근육의 경도와 밀접한 관계가 있어서 Hatae 등<sup>3)</sup>은 생육이 단단한 어종일수록 총 콜라겐 함량이 많았고, 20°C에서 수분 증으로

Corresponding author: Kyung-Hee Lee, Kyung Hee University,  
1, Heoki-Dong, Dongdaemun-ku, Seoul, 130-701, Korea  
Tel : 02-961-0847  
FAX : 02-961-0830  
E-mail : LKHee@khu.ac.kr

이전되는 콜라겐 양이 적어, 육질이 단단한 어종과 연한 어종 사이에는 콜라겐의 함량뿐만 아니라 콜라겐의 성질에도 차이가 있었음을 보고하였다.

어류 근육의 콜라겐 분자는 I형과 V형이 존재하며 분자종류에 따라 생체에서의 존재 부위가 다르다<sup>4,5)</sup>. 어육의 냉장 초기에서의 급격한 연화현상은 근세포 주변의 결체조직 및 근격막(筋隔膜)과 근세포의 접촉부에 존재하는 V형 콜라겐의 미세 세포가 붕괴되어 결체조직이 약화되고 최종적으로 어육의 연화가 생긴다고 한다<sup>6-9)</sup>. 1일 냉장한 육새송어의 냉장초기에서의 어육의 연화현상도 V형 콜라겐에 특이적으로 생긴 변화가 근내막의 약화를 일으켜 결과적으로 근육의 연화로 연결되는 것으로 보고되었다<sup>10,11)</sup>.

자연어에 비해 섭취 식이, 운동량이 다른 양식어는 자연어보다 육질이 단단하지 못한 것으로 나타났으며<sup>12,13)</sup>, 이런 물성의 차이에 콜라겐 함량의 차이가 영향을 크게 미친 것으로<sup>14)</sup> 선행연구에서 보고한 바 있다. 또한, 전보에 의하면 한방재료를 혼합하여 제조된 한방사료첨가제(어보산)가 양식어의 육질 개선에 효과 있는 것으로 나타났다.

이에, 본 연구는 DSC에 의해 도미와 넙치 양식어의 결체조직의 열적 특성을 자연어와 함께 측정하고 광학현미경에 의한 조직 내 콜라겐의 발달상태를 관찰하여 양식어와 자연어 사이에 콜라겐 함량뿐만 아니라 콜라겐의 성질 및 조직 내 콜라겐의 발달 상태에도 차이가 있을 가능성 검토하였으며, 물성의 차이를 가져올 수 있는 또 다른 요인으로서 근육내 근섬유의 발달상태를 광학 현미경을 이용하여 관찰하였다. 넙치 양식어의 경우 일반적인 사료로 양식된 양식어 외에 양식어의 육질개선을 목적으로 개발된 한방사료 첨가제 첨가사료로 양식된 어종도 검토되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

실험에 이용된 도미 양식어와 자연어, 넙치 양식어 2종(일반사료 및 한방사료 첨가제 첨가사료로 양식된 것)과 자연어는 전보에<sup>14)</sup> 기재된 바와 같은 것이다. 어종별 크기가 유사한 양식어와 자연어를 연수사살(延髓刺殺)에 의해 즉살시킨 후 3장으로 포를 떼서 배육(dorsal muscle)의 일정부위를 실험에 사용하였다. DSC 측정은 생육의 경우 4°C에서 5시간 이내로 측정하였고, 냉동육은 -20°C에서 24시간 저장

후 측정하였으며, 현미경관찰을 위한 시료는 즉살시킨 후 즉시 처리되었다. 한방사료첨가제는 인삼, 감초, 계피, 당귀 및 오가피 외 23종의 한방재료를 혼합하여 제조된 것으로 어보산(성암산업)이라고 한다.

### 2. DSC(Differential Scanning Calorimeter) 측정

4°C에서 5시간 이내로 저장한 배육과 -20°C에서 24시간 저장한 배육의 일정부위를 2mm 두께로 slice한 후 핀셋으로 결체조직을 고정시키고 microtome으로 결체조직 주변의 근육을 잘라 제거하여 결체조직만 떼어내었다. 무게가 미리 측정된 cell에 담아 중량을 측정 후 밀봉하여 DSC(Shimadzu Electron Co., DSC-50, Japan)에 의해 결체조직 12mg에 대한 측정을 Table 1의 조건에 따라 실시하였다.

### 3. 광학 현미경 관찰

배육 일정부위를 1cm<sup>2</sup>×0.5cm 크기로 세절하여 10% neutral formalin(pH 7.0)에 24시간 이상 고정 한 후 수도물로 과잉의 formalin을 제거한 뒤 상법에 따라 paraffin으로 포매(包埋)하였다. Rotary microtome으로 4μm 정도로 얇게 썰어 slide glass에 붙이고 paraffin을 제거한 후 물을 흡수시켜, 어육의 근섬유 단면은 Hematoxylin-Eosin 염색을 하고, 결체조직은 Masson trichrome 염색하여<sup>15)</sup> 광학현미경(Nikon FX-35A)에 의해 조직상을 관찰하였다.

### 4. 통계처리

SPSS를 이용하여 DSC 측정에 대한 결과를 일원 분산 분석으로 분산 분석하여 p<0.05 수준에서 유의성 있는 그룹의 평균치간의 차이를 Duncan의 다중범위 시험법에 의해 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 결체조직의 열적 성질

생육과 -20°C에서 냉동한 어육의 결체조직에 대한

Table 1. Conditions of DSC for connective tissue in the fish muscle

Cell	Aluminum pan
Reference	Water
Temperature	0~200 °C
Rate of raising temp.	5°C/min
Atmosphere	Nitrogen
Chart speed	0.5 cm/min

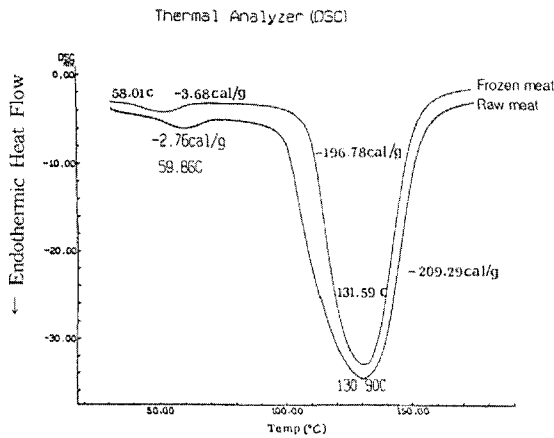


Fig. 1. DSC endotherm curve of connective tissue of wild flounder

DSC를 측정하여 peak 면적으로부터 구한 흡열량 및 peak의 온도를 Table 2, 3에 나타냈으며, 넙치 자연어의 결체조직의 DSC 곡선을 측정 예로서 Fig. 1에 나타냈다.

어육 내 결체조직의 DSC 곡선에는 두개의 peak가 나타났다. 첫번째 peak는 60°C 전후에서 나타났는데 어육의 collagen은 50~60°C에서 수축현상이 일어나므로 결체조직 수축시의 흡열반응을 나타낸 peak(제1 peak)이며, 두번째 peak는 120~130°C에서 나타났는데 이 peak(제2 peak)는 결체조직의 열변성시의 흡열반응이 나타난 것으로 사료된다.

생육의 경우 도미 양식어는 제1 peak와 제2 peak 모두 흡열량(2.02cal/g, 192.19cal/g)과 peak온도(62.18°C, 125.63°C)가 자연어의 흡열량(2.45cal/g, 215.13cal/g)과 peak온도(63.82°C, 136.89°C)보다 유의적으로 낮았다. 넙치는 제1 peak에서는 일반적으로 양식된 양식어(58.69°C)가 어보산 첨가사료로 양식된 양식어(59.53°C)와 자연어(60.80°C)보다 peak 온도가 유의적으로 낮았으나 흡열량은 2종의 양식어(1.88cal/g, 1.86cal/g)가 모두 자연어(2.80cal/g)보다 낮게 나타났다. 제2 peak에서는 흡열량이 일반적으로 양식된 양식어(179.89cal/g)가 어보산 첨가사료로 양식된 양식어(202.74cal/g)와 자연어(197.31cal/g)보다 유의적으로

Table 2. DSC thermal properties and peak temperature of connective tissue in raw muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder

	Peak 1		Peak 2	
	Temp(°C)	Enthalpy(cal/g)	Temp(°C)	Enthalpy(cal/g)
Red sea bream				
RC(n=5)	62.18 ± 1.48 <sup>ab</sup>	2.02 ± 0.56	125.63 ± 11.04 <sup>ab</sup>	192.19 ± 13.29 <sup>ab</sup>
RW(n=5)	63.82 ± 3.30 <sup>a</sup>	2.45 ± 0.60	136.89 ± 13.43 <sup>a</sup>	215.13 ± 33.19 <sup>a</sup>
Flounder				
FC1(n=5)	58.69 ± 3.82 <sup>b</sup>	1.88 ± 1.36	126.52 ± 14.81 <sup>ab</sup>	179.89 ± 46.46 <sup>b</sup>
FC2(n=5)	59.53 ± 4.55 <sup>ab</sup>	1.86 ± 0.79	116.47 ± 7.56 <sup>b</sup>	202.74 ± 14.47 <sup>ab</sup>
FW(n=5)	60.80 ± 2.12 <sup>ab</sup>	2.80 ± 0.84	125.86 ± 6.14 <sup>ab</sup>	197.31 ± 23.31 <sup>ab</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% Obosan 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.

Table 3. DSC thermal properties and peak temperature of connective tissue in frozen muscle of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder

	Peak 1		Peak 2	
	Temp(°C)	Enthalpy(cal/g)	Temp(°C)	Enthalpy(cal/g)
Red sea bream				
RC(n=5)	60.24 ± 2.83 <sup>a</sup>	1.05 ± 0.69	108.12 ± 12.79 <sup>b</sup>	157.16 ± 40.03 <sup>b</sup>
RW(n=5)	60.24 ± 0.89 <sup>a</sup>	2.56 ± 0.52	128.66 ± 13.02 <sup>a</sup>	211.49 ± 11.11 <sup>a</sup>
Flounder				
FC1(n=5)	56.29 ± 1.39 <sup>b</sup>	1.30 ± 0.89	111.44 ± 11.57 <sup>ab</sup>	175.40 ± 39.75 <sup>b</sup>
FC2(n=5)	57.67 ± 2.51 <sup>ab</sup>	1.28 ± 0.68	106.24 ± 0.98 <sup>b</sup>	190.10 ± 30.15 <sup>ab</sup>
FW(n=5)	56.33 ± 2.49 <sup>b</sup>	1.96 ± 1.49	115.87 ± 16.02 <sup>ab</sup>	194.48 ± 22.19 <sup>ab</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% Obosan 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.

낮았으며, peak 온도는 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 양식어(116.47°C)가 일반적으로 양식된 양식어(126.52°C)와 자연어(125.86°C)보다 유의적으로 가장 낮았다.

냉동어육에서 채취한 결체조직의 흡열량 및 흡열 peak 온도는 대체로 신선한 생육보다 낮았으며 양식어와 자연어 사이의 차이도 더 크게 나타났다. 도미의 경우, 제1 peak에서는 흡열량과 흡열 peak 온도 모두 양식어(1.05cal/g, 60.24°C)와 자연어(2.56cal/g, 60.24°C) 사이에 유의적인 차이가 없었으나 제2 peak에서는 양식어의 흡열량(157.16cal/g)과 peak 온도(108.12°C)가 자연어(211.49cal/g, 128.66°C)보다 유의적으로 낮았다. 넙치의 경우에는 제1 peak와 제2 peak 모두 일반적으로 양식된 양식어(1.30cal/g, 175.40cal/g)는 자연어(1.96cal/g, 194.48cal/g)보다 흡열량이 낮은 경향을 보였으나, peak 온도는 유사한 경향으로 나타났다. 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치는 흡열량이 제1 peak와 제2 peak 모두 1.28cal/g, 190.10cal/g로서 자연어보다 낮았으나, peak 온도는 일관된 경향을 나타내지 않았다.

이 등<sup>16)</sup>은 양식 및 자연산 도미와 넙치에서 결체조직의 DSC 곡선을 측정하여 결과 결체조직의 수축시 일어나는 작은 흡열 peak만 나타났으며 도미의 경우 양식도미는 60.5°C에서 흡열량 2.42cal/g의 peak가, 자연산 도미는 62.5°C에서 흡열량 3.28cal/g의 peak가 나타났고 넙치는 양식넙치가 56.3°C에서 흡열량 2.32cal/g의 peak, 자연산 넙치는 58.2°C에서 흡열량 3.37cal/g의 peak가 나타났다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 본 실험 결과에서 제1 peak에서 나타난 측정치와 유사하였으며, 도미와 넙치 모두 흡열량은 본 실험의 결과보다 약간 높게, 흡열 peak 온도는 1~2°C 낮다고 보고한 바 있다. 또한 냉동 어육으로부터 채취한 결체조직의 흡열량, 흡열 peak 온도가 24시간 냉장 보관한 것보다 약간 낮아진 결과를 나타내어 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

Hatae 등<sup>3)</sup>은 육질이 단단한 어종일수록 20°C에서 수증에 이행되는 collagen이 적으며 육질이 연한 어종에서는 그 양이 많은 것으로부터 어종간에 collagen의 성질에 차이가 있는 것으로 추정하였다. 본 실험에서도 육질이 연하며 collagen량이 적은 양식어는 자연어보다 더 적은 열량으로 결체조직이 변성하는 경향을 나타냈다. 그 원인의 하나로 총 아미노산 중 hydroxyproline의 비율에 차이가 있는 것이 아닌가 생각해 볼 수 있을 것이

다. Hydroxy-proline의 수산기는 collagen의 3개의 polypeptide chain 사이에 수소결합으로 생각되는 비공유 결합을 형성하고 helix 구조를 안정하게 하기 때문에 collagen 섬유열의 열안정성과 hydroxyproline 함량간에 상관성이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 동일 어종인 양식어와 자연어 사이에 hydroxyproline 함량에 차이가 있을 것으로는 보기 어렵고 지금까지 보고된 바도 없으므로 양식어와 자연어 사이의 결체조직의 열적 성질의 차이는 collagen 섬유의 hydroxyproline 함량 차이에 의한 것이라기보다는 결체조직의 구조적 차이에 의한 것으로 생각된다. 즉, 어류의 collagen이 포유동물의 collagen에 비하여 내열성이 적고 산용액에서의 용해성이 큰 것은 어류에서 collagen 분자간 가교(架橋)형성이 더 적게 이루어지기 때문인 것으로 알려져 있는 바와 같이, 동일 어류 중에서도 결체조직의 발달 정도가 다른 양식어와 자연어 사이에 collagen 분자간 가교형성 정도에 차이가 있어, 양식어보다 결체조직이 더 발달된 자연어의 경우 결체조직의 열변성이 더 많은 열을 필요로 했을 가능성도 추론된다. 가교결합은 collagen 분자 말단부에 존재하는 lysine의 효소적 산화에 의해 생성하는 aldehyde기가 aldol 축합을 일으키거나 다른 아미노산 잔기와 결합하여 Schiff 형태의 염기를 형성하여 생성된다<sup>17)</sup>.

## 2. 근육 조직내 결체조직의 관찰

광학현미경에 의한 결체조직의 관찰에서도 collagen량이 많았던 자연산 넙치와 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치는 근육조직에 명료한 결체조직이 관찰되었으나 육질의 경도와 collagen량이 낮았던 자연산 도미와 양식도미, 일반적으로 양식된 넙치 양식어는 결체조직이 가늘고 불명료한 부분이 관찰되어 근육조직내의 결체조직에 차이가 현저하게 나타났다(Fig. 2).

## 3. 근육조직내의 근섬유 관찰

어육의 관능검사에 대한 결과에서 양식도미와 넙치는 생육의 경우 자연어에 비하여 경도가 낮았으며 동시에 육질의 결이 더 거친 것으로 나타나, 근섬유의 굵기와 어육의 경도 사이에 상관성이 있을 가능성이 예견되었다. 이에, 어육의 조직을 섬유방향의 직각으로 세절하여 근섬유의 단면을 염색하고 광학 현미경으로 근섬유를 관찰하였다(Fig. 3).

도미와 넙치 모두 양식어보다 육질의 경도가 높

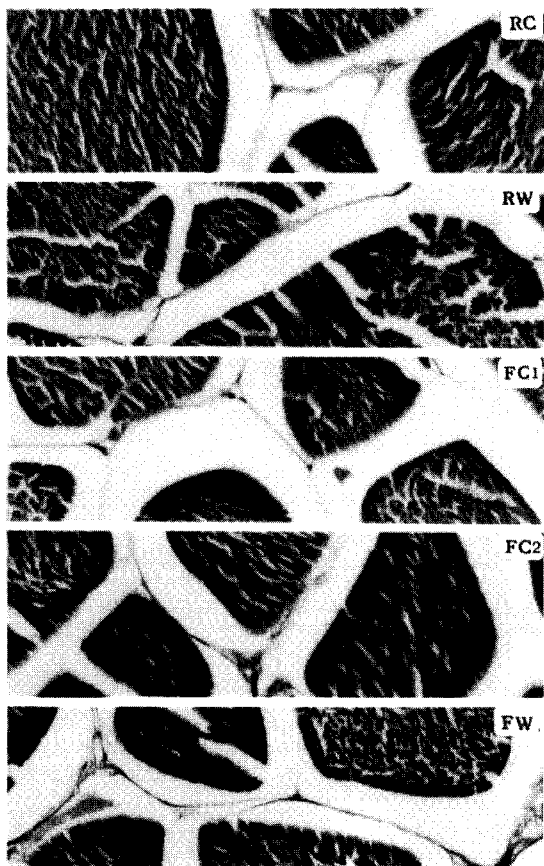


Fig. 2. Light microscopy of connective tissue between muscle fibers stained with masson trichrom of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder( $\times 400$ ).

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

있던 자연어는 근섬유가 양식어보다 작고 근섬유의 수가 많은 것으로 나타났다. 특히 육질의 경도가 높았던 자연산 넙치는 근섬유가 작고 세밀한 것으로 나타났다. Hatae등<sup>1)</sup>은 어육의 경도와 근섬유의 직경 사이에 높은 음의 상관( $r=-0.86$ )이 있어 직경이 클수록 경도가 낮은 경향을 보였다고 보고하였다. 본 실험결과에서도 경도가 낮은 양식어는 자연어에 비하여 근섬유가 큰 것으로 나타났으나 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 경도가 높으면서도 근섬유는 일반 양식어와 유사한 정도로 크게 나타나서 육질의 경도가 근섬유의 굵기에 반드시 반비례하지는 않았으며 collagen 같은 다른 요인이 경도에 더 크게 작용된 것이라고 사료되었다.

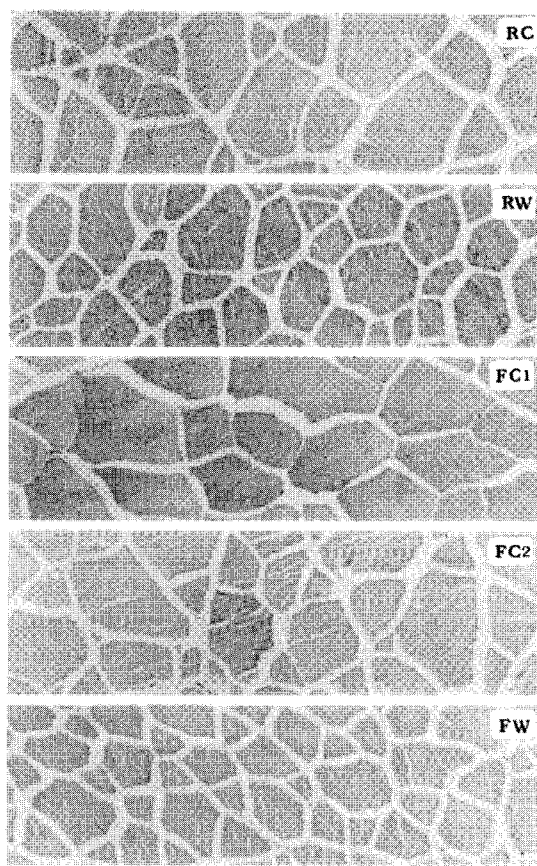


Fig. 3. Light microscopy of cross sections of muscle stained with hematoxylin-eosin of the cultured and wild fishes of red sea bream and flounder( $\times 100$ ).

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

#### IV. 요약 및 결론

DSC를 이용하여 도미와 넙치의 양식어 및 자연어의 결체조직의 열적 특성을 검토하고, 광학 현미경을 이용하여 근육 조직내 근섬유 및 결체조직 상태를 관찰한 결과는 다음과 같았다.

1. 결체조직의 열적 성질은 생육의 경우, 도미 양식어는 흡열량 및 peak온도가 유의적으로 자연어보다 낮아 양식어와 자연어 사이에 열적 성질에 차이가 있는 것으로 나타났고, 자연어는 열변성시 큰 에너지를 필요로 하였다. 넙치는 일반적으로

- 양식된 양식어가 자연어보다 제1 peak에서의 흡열량 및 peak온도가 낮았으나 제2 peak에서는 흡열량만 낮은 결과를 나타냈으며, 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치는 일관성 있는 결과를 나타내지 않았다. 냉동어육에서 채취한 결체조직의 흡열량 및 흡열 peak 온도는 대체로 신선한 생육보다 낮았으며 양식어와 자연어 사이의 차이도 더 크게 나타났다. 도미의 경우, 제1 peak에서는 흡열량과 흡열 peak온도가 양식어와 자연어 사이에 유의적인 차이가 없었으나 제2 peak에서는 양식어의 흡열량과 peak온도가 자연어보다 유의적으로 낮았다. 넙치의 경우에는 제1 peak와 제2 peak 모두 일반적으로 양식된 양식어는 자연어보다 흡열량이 낮은 경향을 보였으나, peak 온도는 유사한 경향으로 나타났다. 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치는 흡열량이 제1 peak와 제2 peak 모두 자연어보다 낮았으나, peak 온도는 일관된 경향을 나타내지 않았다.
2. Collagen량이 많았던 자연산 넙치와 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치는 근육조직에 명료한 결체조직이, collagen량이 가장 적었던 양식도미의 경우에는 가늘고 불명료한 결체조직이 관찰되었다.
  3. 근섬유는 경도가 낮은 양식어가 자연어에 비하여 대체로 크게 나타났으나 한방사료첨가제 첨가사료로 양식된 넙치의 경우에는 경도가 높으면서도 근섬유가 일반 양식어와 유사한 정도로 크게 나타났다.

이상으로 양식어와 자연어의 texture 차이는 결체조직의 양적인 차이 및 열적 성질의 차이가 그 요인의 하나인 것으로 시사되었다. 운동량이 많은 자연어는 양식어보다 결체조직량이 많고 결체조직의 발달 정도가 다른 것으로 나타났으므로 양식어의 운동량을 높임으로써 육질이 개선 될 수 있는 가능성도 생각된다.

### 참고문헌

1. Hatae K., Tamari S., Miyanaga K., and Matsumoto J. : Specie difference and changes in the physical properties of fish muscle as freshness decreases, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **51**(7): 1155~1161, 1985.
2. Tachibana K., Doi T., Tschimoto M., Misima T., Ogura M., Matsukiyo K., and Yasuda M. : The effect of swimming exercise on flesh texture of cultured Red sea bream, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**(4): 677~681, 1988.
3. Hatae K., Tobimatsu A., Takeyama M. and Matsumoto J. : 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.
4. Duance V. C., Restall D. J., Beard H., and Bailey A. J. : The location of three collagen types in skeletal muscle, *FEBS Lett.*, **79**: 248~252, 1977.
5. Mizuta S., Yoshinaka R., Sato M., Suzuki T., and Sakaguchi M.: Immunohistochemical localization of genetically distinct types of collagen in muscle of kuruma prawn "*Penaeus Japonicus*". *Comp. Biochem. physiol.*, **103B**: 917~922, 1992.
6. Hallett I. C. and Bremner A.: Fine structure of the myommatata muscle fiber junction in Hoki, *J. Sci. Agric. Food Chem.*, **44**: 245~264, 1988.
7. Ando M., Toyohara H. and Sakaguchi M.: Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by the disintegration of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**: 567~570, 1993.
8. Ando M., Toyohara H., Shimizu Y. and Sakaguchi M.: Post-mortem tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissues, *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**: 1073~1076, 1993.
9. Ando M., Toyohara H., Shimizu Y. and Sakaguchi M. : Post-mortem tenderization of Rainbow Trout muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure, *J. Sci. Food Agric.*, **55**:589~597, 1991.
10. Sato K., Ohashi C. and Ohtsuki K.: Solubility change during chilled storage of muscle, *J. Agric. Food Chem.*, **39**: 1222~1225, 1991.
11. 安藤正史, 佐藤健司, 大槻耕三, 河端 信, 豊原治彦, 坂口守彦, 中川孝之, 牧之段保夫: 魚類 I 字型及びV型コラーゲン分布の免疫組織學的検討, 平成5年度 日本水産學會 春季大會 講演要旨集: 212, 1993.
12. 이경희, 이영순 : 양식 넙치의 육질에 관한 연구, *한국조리과학회지*, **13**(4): 448-452, 1997
13. 이경희, 이영순 : 양식 및 자연산 도미 어육의 품질 특성에 관한 연구, *한국조리과학회지*, **15**(6):639-644, 1999
14. 이경희, 이영순 : 지질 및 콜라겐, Drip량이 양식 및 자연산 도미와 넙치 육질의 경도에 미치는 영향. *한국조리과학회지*, **16**(4): 352~357, 2000
15. 김수성 : 병리조직검사학, 고문사, 118~119, 1995.
16. 이경희 : 養殖魚の食感を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.
17. Tanzer M. L. : Cross-linking of collagen, *Science*, **180**: 561~566, 1973.

(2001년 8월 21일 접수)