

급이 및 비급이 참돔의 조직감 비교

신길만¹ · 안유성¹ · 신동명² · 이재형³ · 김형준³ · 윤민석³ · 허민수³ · 김진수^{3*}

¹순천대학교 식품과학부

²미조리 수산

³경상대학교 해양생명과학부/해양산업연구소

Comparison of Muscle Texture between Red Seabreams Cultured by Feeding and Starving

Gil Man Shin¹, You Seong Ahn¹, Dong Myung Shin², Jae Hyung Lee³, Hyung Jun Kim³,
Min Seok Yoon³, Min Soo Heu³, and Jin-Soo Kim^{3*}

¹Division of Food Science, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

²Mijori Fishery, Namhae 668-801, Korea

³Division of Marine Bioscience/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea

Abstract

For the effective use of red seabream, the texture between red seabream muscles cultured by feeding and starving were compared. Moisture and crude lipid contents of red seabream muscle cultured by starving (RCS) were 72.7% and 3.7%, respectively, which was 3% higher in the moisture compared to that of red seabream muscle cultured by feeding (RCF), while 3% lower in the crude lipid. The hardness of RCS was 0.93 kg/cm², which was higher than that (0.47 kg/cm²) of RCF. No differences in total collagen content, acetic acid-solublized collagen content, its thermal denaturation temperature and SDS-PAGE patterns between RCS and RCF were found. The results suggested that the difference in muscle texture between RCS and RCF was probably due to the difference of lipid content.

Key words: red seabream, seabream cultured by starving, sliced raw fish, fish texture, cultured fish

서 론

생선회는 신선한 수산물을 소재로 하여 위생적으로 처리한 후 근육을 얇게 썰은 다음 간장과 고추장 그리고 야채를 곁들여 그 조직감을 음미하면서 먹는 전통 수산식품 중의 하나이다. 생선회 산업은 과거의 경우 활어 상태의 유통기술이 부족하고, 신선도 유지에 어려움이 있으면서 가격이 낮게 형성됨으로 인하여 어촌 주위에 한정적으로 발달하였다. 그러나 최근 생선회는 우리나라의 급속한 경제성장, 유통기술의 발달과 eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5)와 docosapentaenoic acid(DHA, C22:6) 등과 같은 지질, taurine과 betaine 등과 같은 질소 화합물, 셀레늄 등과 같은 무기질 등의 여러 가지 유용성분이 다량 함유되어 있어 건강식으로 인식되어 그 수요가 급증하고 있다(1). 하지만, 생선회 용도의 자연산 수산물은 연안의 오염 등으로 어획량이 감소되어 이의 대체 어종으로 양식산 수산물이 절실히 필요하다. 하지만, 양식산 수산물의 경우도 저가의 중국산 수산물이 대량

수입됨으로 인하여 고급 어종 위주로 양식되어 가고 있는 추세이다. 우리나라에서 생선회로 소비할 목적으로 양식되고 있는 주요 수산물로는 넙치, 우럭, 참돔 등과 같은 어류, 굴 등과 같은 패류 이외에도 해삼, 우렁쟁이, 개불 등과 같은 다양한 종이 있고, 그 중에서도 특유의 조직감으로 인하여 넙치, 우럭 및 참돔 등과 같은 어류를 특히 선호하고 있어, 이들이 양식의 주류를 이루고 있다(1).

참돔(*Pagrus major*)은 농어목 도미과 참돔속에 속하는 어종으로 체장이 최대 100 cm 정도로 암컷보다 수컷의 성장이 빠르다고 알려져 있다(2). 이와 같은 참돔은 그 체색이 연분홍색으로 아름답고, 육조각이 아주 맛이 있어 소비자들이 횡감 및 찜 등으로 선호하고 있다. 하지만, 참돔은 우리나라의 경우 남해, 서해 및 동해의 수심 10~200 m 바닥의 기복이 심한 암초지역에 두루 분포하고 있으나 그 생산량이 적어 대부분의 횡감과 찜 요리에는 양식산이 소비되고 있다(2). 이와 같은 소비 목적으로 경상남도 통영시, 거제시, 고성군 및 남해군을 중심으로 전라남도 여수시 등에서 주로 양식되

*Corresponding author. E-mail: jinsukim@gnu.ac.kr
Phone: 82-55-640-3118, Fax: 82-55-640-3111

고 있는 참돔은 4~12월까지의 경우 급이에 의하여 양식을 하나, 1~3월까지의 대체로 월동을 위하여 큰 활동을 하지 않아 비급이에 의하여 양식을 하는 것으로 알려져 있다(2). 그러나 횡감의 소재로 많이 이용되고 있는 어류는 급이 및 비급이에 따라 색조, 맛 및 영양성분 뿐만이 아니라 생선회 소비자의 구매 적도인 조직감의 경우에서도 상당히 차이가 있으리라 판단되어 이들 두 어종 간에 조직감을 비교하기 위한 연구가 필수적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 어류 횡감의 조직감에 관한 연구로는 Lee(3)의 자연산 및 양식산 참돔의 근육 품질에 관한 연구, Tachibana 등(4)의 유영형태에 따른 양식 참돔의 육질 특성에 관한 연구 및 Touhata 등(5)의 참돔의 일반성분과 경도에 대한 계절적 변화에 관한 연구, Cho 등(6-8)의 저장온도 및 전기 자극에 대한 육질 특성에 관한 연구 등과 같이 다수가 있으나, 참돔의 급이 및 비급이기에 따른 조직감에 관한 연구는 전혀 없는 실정이다.

본 연구에서는 참돔을 보다 효율적으로 이용할 목적으로 참돔의 급이 및 비급이에 따른 조직감과 같은 기호적 특성에 대하여 비교하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

참돔은 사료를 먹인 급이 참돔(체장 42.3 ± 0.3 cm, 체중 $1,014 \pm 32$ g)과 사료를 먹이지 않은 비급이 참돔(체장 38.2 ± 0.5 cm, 체중 995 ± 21 g)의 수컷들을 각각 2007년 12월 및 2008년 2월에 경상남도 남해시 미조면 소재 미조리 수산에서 3마리씩을 구입하여 실험에 사용하였다.

수분 및 조지방

수분 및 조지방은 AOAC(9)법에 따라 각각 상압가열건조법 및 Soxhlet법에 따라 측정하였다.

경도

참돔 근육의 경도 측정은 Ando 등(10)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 경도는 참돔 근육을 전처리(참돔 육을 밀면이 평행하게 필레 처리하여 $20 \times 20 \times 20$ mm³의 크기의 정사각형 모양으로 정형)한 후 Sun rheometer(CR-100D, Sun Scientific Co., Japan)로 다음과 같은 조건에 의하여 4회 측정된 다음 그 평균값으로 나타내었다. Sun rheometer의 작동 조건 중 cylindrical plunger는 직경 12 mm로, crosshead speed는 1 mm/sec로, load cell은 2 kg으로, chart speed는 10 mm/min으로 하였다.

광학현미경 사진

광학현미경의 표본제작은 Ando 등(11)의 방법에 따라 검정용 표본을 제작하였다. 즉, 등육을 일정 크기의 정방형($10 \times 10 \times 10$ mm³)으로 잘라서 Instron(model 1011, USA)

으로 직경 40 mm cylinder plunger를 사용하여 100 g/cm^2 의 압력으로 10초간 가압한 후에 다시 일정 크기($8 \times 8 \times 5$ mm³)로 잘라, Bouin 용액으로 24시간 고정하여 증류수로서 24시간 수세 후에 ethyl alcohol로 완전히 탈수하여 paraffin wax로 침투시켰다. Paraffin wax를 응고시켜 시료 block을 만든 후, microtom(PR-50, Yamamoto Kohki, Saitama, Japan)을 사용하여 7 μm 의 절편을 만들었으며, 염색은 Haematoxylin-eosin 염색을 하여 광학현미경(MSM-9, Nikon, Japan)으로 배율 200배에서 검경하였다.

콜라겐 함량

콜라겐의 분획조작은 Kim과 Park(12)이 언급한 방법으로 실시하였으며, 모든 분획조작은 5°C에서 실시하였다. 참돔 육을 5배의 냉수로 균질화한 후 원심분리(SUPRA 22K, Han-il Science Industrial Co., Korea; $1,000 \times g$, 20 min)하였고, 이어서 비콜라겐성 단백질 및 콜라겐 분해 효소의 활성을 억제하기 위하여 잔사에 대하여 20배에 해당하는 0.1 N NaOH를 가하여 하룻밤 교반하였다. 이어서, 참돔 알칼리 처리물은 원심분리($1,000 \times g$, 20 min)하여 알칼리 가용성 획분을 제거하였으며, 이와 같은 알칼리 처리 조작을 3회 반복하였다. 그리고 알칼리 불용성 획분은 수세처리한 다음 10배에 해당하는 0.5 M acetic acid를 가하고 3일 동안 교반한 후 원심분리($1,000 \times g$, 20 min)하여 콜라겐이 가용화 되어 있는 acetic acid 가용성 획분을 회수하였고, 다시 잔사에 대하여 10배량의 acetic acid를 가하여 2일간 교반한 후 원심분리한 상층액(재추출한 콜라겐 함유 acetic acid 획분)을 기존 콜라겐 함유 acetic acid 획분과 합하여 부분정제한 산가용성 콜라겐 추출용액으로 하였다. 이어서 산가용성 콜라겐 추출용액에 2.0 M NaCl 용액을 가하여 염석 및 원심분리($2,000 \times g$, 1 hr)하여 정제를 시도하였다. 침전물은 다시 0.5 M acetic acid에 가용화시킨 후 염을 제거하기 위하여 증류수에 투석 및 원심분리($2,000 \times g$, 1 hr)하였다. 이와 같은 정제공정을 2회 더 반복 실시한 다음, 분리된 산가용성 콜라겐은 동결건조하여 산가용성 콜라겐으로 하였다.

이어서 산불용성 콜라겐은 acetic acid 처리 후 남은 잔사에 대하여 증류수 5배를 가한 다음 autoclave(MAC-6100, Eylea, Japan; 121°C)에서 1시간 동안 열처리한 후 원심분리($1,000 \times g$, 20 min) 및 여과하여 제조하였다.

콜라겐 함량은 시료 중 총 질소 함량에 대한 총 콜라겐 질소 함량(산 가용성 + 산 불용성)의 상대비율(%)로 하였고, 용해도는 총 콜라겐 질소(산 가용성 + 산 불용성)에 대한 산 가용성 콜라겐 질소의 상대비율(%)로 하였다.

열변성 온도

콜라겐의 열변성 온도는 Zhu와 Kimura(13)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 0.03% 콜라겐 용액(30 mg/100 mL of 0.1 M acetic acid)의 5 mL를 Ostwald viscometer(KH 98934-33, Cole-Parmer Instrument Co., Vernon Hills, Illi-

nois, USA)에 주입하고 8°C, 15~31°C(매 2°C 간격), 45°C에서 30분 동안 정지한 후 각 온도에서 비점도를 측정하였고, 이를 상대점도를 환산한 다음, 콜라겐의 열변성도를 환산하였다. 열변성 온도는 각 온도에서 측정한 열변성도가 50%로 변화하였을 때의 온도로 환산하여 나타내었다.

$$\text{열변성도} = \frac{(\text{측정온도에서 비점도/농도}) - (45^\circ\text{C에서 비점도/농도})}{(8^\circ\text{C에서 비점도/농도}) - (45^\circ\text{C에서 비점도/농도})}$$

SDS-PAGE

SDS-PAGE 전기영동은 5% 농축겔과 7.5% 분리겔을 이용하여 Laemmli(14)의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 전기영동용 시료는 표준단백질(M 4038, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 및 시료에 2% SDS, 1% 2-mercaptoethanol, 25% glycerol, 0.1% bromophenol blue를 포함하는 10 mM Tris-HCl buffer(pH 6.8)를 첨가하고, 100°C에서 3분간 처리하여 조제한 후, slab 겔 전기영동장치(FB-VE 16-1, 16x14 cm, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA)에 주입하여 전기영동을 실시하였다. 전기영동 후 겔은 coomassie brilliant blue R-25에서 염색한 후 methanol: acetic acid: 증류수(1:1: 8, v/v/v)의 혼합용액으로 탈색하였다.

관능검사 및 통계처리

관능검사는 조직감에 잘 훈련된 10인의 평가요원을 구성한 다음 급이 참돔(비급이 참돔과 동일시기에 평가를 할 목적으로 2월까지 급이를 하면서 사육한 참돔) 근육의 조직감을 기준점인 3점으로 하고, 이보다 우수한 경우 4, 5점을, 이보다 못한 경우 1, 2점으로 하는 5단계 평점법으로 상대평가하여 이를 평균값으로 나타내었다. 그리고 이들 값은 SPSS 통계 패키지(SPSS for Windows, release 10.1)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산 분석한 후, Duncan의 다중위 검정으로 최소 유의차 검정(5% 유의수준)을 실시하였다.

결과 및 고찰

수분 및 조지방 함량

급이 및 비급이 양식산 참돔 간의 수분함량 및 조지방 함량의 결과는 Table 1과 같다. 비급이 참돔의 수분함량 및 조지방 함량은 각각 72.7% 및 3.7%로, 급이 참돔의 각각 70.0% 및 6.6%에 비하여, 수분함량의 경우 약 3%가 높았고, 조지방 함량의 경우 약 3%가 낮아 유의적으로 차이(p<0.05)가 있었는데, 이는 참돔이 비급이에 의하여 체지방이 감소하였고, 상대적으로 수분함량이 증가하였기 때문이었다. 이와 같은 급이 및 비급이 참돔 간에 일반성분의 차이는 참돔 근육의 조직감에 영향을 미치리라 판단되었다. 한편, Kunisaki 등(15)은 천연 및 양식산 전갱이의 성분 변화를 검토하는 연구에서 어류의 수분함량과 단백질 함량은 합이 거의 80%

Table 1. Comparison in proximate compositions of red seabream muscles cultured by feeding and starving (g/100 g)

Components	Red seabream	
	Feeding	Starving
Moisture	70.0±0.3 ^b	72.7±0.4 ^a
Crude lipid	6.6±0.2 ^a	3.7±0.1 ^b

Values are the means±standard deviation of three determination. Means with the different superscript letters in same row indicate a significant difference at p<0.05.

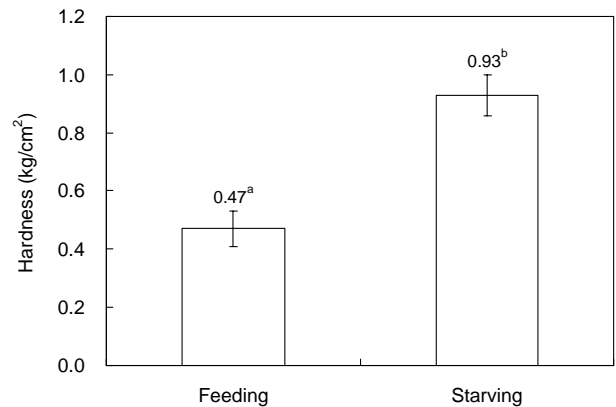


Fig. 1. Comparison in hardness of red seabream muscles cultured by feeding and starving. Different letters on the bars indicate a significant difference at p<0.05.

를 나타내고, 이의 한 성분이 증가하면 나머지 한 성분이 감소한다고 보고한 바 있다.

경도 및 현미경학적 구조

급이 및 비급이 양식산 참돔 근육들 간의 근육 경도는 Fig. 1과 같다. 근육의 경도는 비급이 참돔이 0.93 kg/cm²으로, 급이 참돔의 0.47 kg/cm²에 비하여 조직감이 다소 강하리라 추정되었다. 이와 같은 결과는 비급이 참돔 근육의 지방함량이 급이 참돔 근육의 지방 함량에 비하여 낮았기 때문이었다 (Table 1). 한편, Kunisaki 등(15)도 전갱이 근육 경도는 지질 함량이 적을수록 높게 나타난다고 보고한 바 있다.

급이 및 비급이 양식산 참돔 근육들 간의 조직감을 시각적으로 비교하기 위하여 측정한 위상차 광학현미경의 사진은 Fig. 2와 같다. 위상차 광학현미경 사진을 보면 비급이 양식산 참돔 근육은 급이 양식산 참돔의 근육에 비하여 섬유 다발의 모양이 불규칙적이며 근섬유의 붉은색이 불균일하여, 두 근육 간에 확연히 차이가 있었다. 이와 같은 급이 및 비급이 근육 간 광학현미경학적 구조의 차이는 비급이에 의하여 소실된 근육의 지질 때문이었다.

콜라겐의 특성

급이 및 비급이 양식산 참돔 근육들 간의 콜라겐 함량 및 용해도는 Fig. 3에 각각 나타내었다. 참돔 근육의 콜라겐 함량은 비급이 참돔 근육이 9.6%로, 급이 참돔의 8.9%에 비하여 5% 유의수준에서 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 본

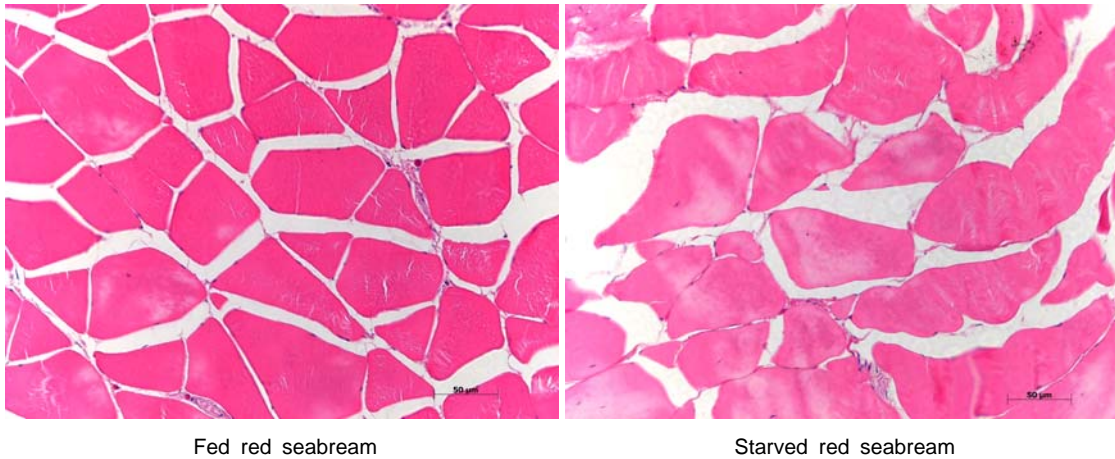


Fig. 2. Comparison of light micrographs of red seabream muscles cultured by feeding and starving.

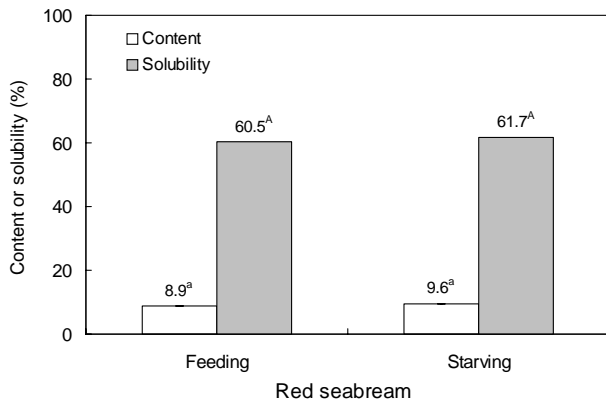


Fig. 3. Content and solubility on acetic acid of collagens from red seabream muscles cultured by feeding and starving. Different letters on the bars within the same item indicate a significant difference at $p < 0.05$.

실험에서 시료로 채취한 참돔 시료가 콜라겐 함량과 민감한 꼬리 육보다는 등과 복부를 혼합한 육으로 채취하였기 때문이었다.

일반적으로 콜라겐이 아세트산에 대한 용해도가 높을수록 수소결합의 강도가 낮다고 알려져 있다(16). 이러한 일면에서 콜라겐의 결합강도를 간접적으로 측정할 목적으로 살펴본 참돔 근육 유래 콜라겐의 아세트산에 대한 용해도는 급이 참돔 근육 콜라겐이 60.5%로 비급이 참돔 근육 콜라겐의 61.7%에 비하여 5% 유의수준에서 차이가 없어 두 콜라겐간에 결합 정도에 있어서는 차이가 없으리라 추정되었다. 한편, Thakur 등(17)은 양식산 방어의 정도에 콜라겐 함량과 지질 함량의 경우 영향을 미친다고 보고한 바 있고, Kunisaki 등(15)은 전갱이 근육 경도의 경우 지질 함량이 적을수록 높게 나타난다고 보고한 바 있다. 이와 같은 참돔 근육에 대한 경도와 콜라겐의 함량 및 아세트산에 대한 용해도의 결과와 Thakur 등(17) 및 Kunisaki 등(15)의 보고로 미루어 보아 급이 및 비급이 참돔 간의 근육에 대한 경도는 유사한 콜라겐 함량 및 결합 강도보다는 지질 함량에 의한 영향이

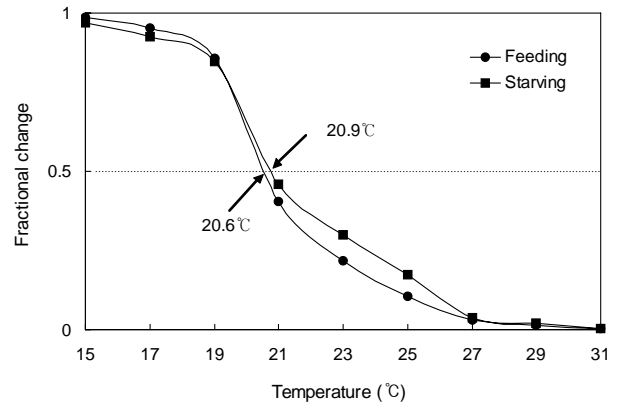


Fig. 4. Thermal denaturation temperature of acid-soluble collagens from red seabream cultured by feeding and starving.

크리라 판단되었다.

급이 및 비급이 양식산 참돔이 핏감으로서 소비될 때 입속에서 부드러움을 살펴 볼 목적으로 검토한 근육 유래 산가용성 콜라겐의 열변성도는 Fig. 4와 같다. 급이 및 비급이 양식산 참돔 근육 유래 산가용성 콜라겐의 열변성 온도는 두 콜라겐이 모두 약 21°C로 차이가 없었다. 따라서 급이 유무에 따른 양식산 참돔의 입속에서 부드러움의 차이가 없으리라 판단되었다. 한편, Zhu와 Kimura(13)는 핏감으로 많이 이용되고 있는 가다랑어 근육으로부터 콜라겐을 추출하여 열변성 온도를 측정한 결과 열변성 온도가 29.7°C라고 보고한 바 있다. 이와 같은 양식산 참돔 근육 유래 콜라겐의 열변성 온도와 가다랑어 근육 유래 콜라겐의 열변성 온도로 미루어 보아 급이 및 비급이 양식산 참돔 핏감이 가다랑어 핏감에 비하여 조직이 부드러우리라 판단되었다.

급이 및 비급이 양식산 참돔 근육 유래 산가용성 콜라겐의 분자 구조를 살펴 볼 목적으로 실시한 전기영동의 결과는 Fig. 5와 같다. 급이 및 비급이와 같이 급이 유무에 관계없이 두 양식산 참돔 근육 유래 산가용성 콜라겐은 3종의 주 band 즉, 분자량 116 kDa 이상의 $\alpha 1$ chain과 $\alpha 2$ chain 그리고,

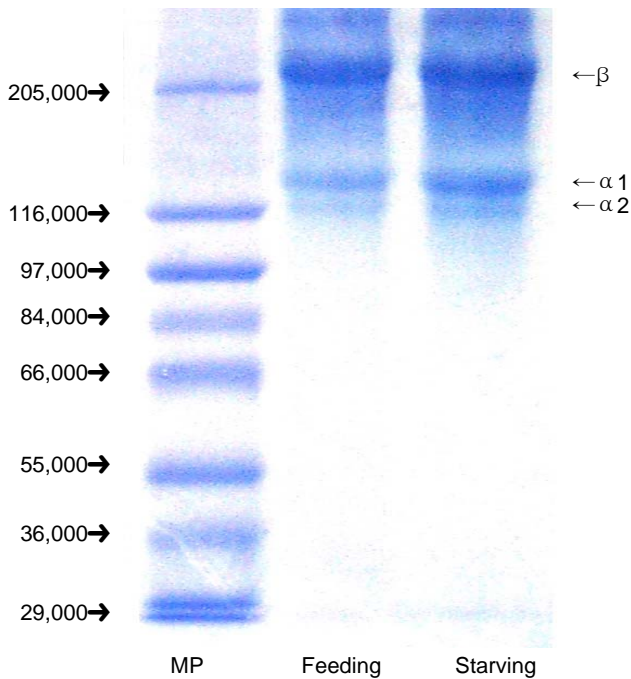


Fig. 5. SDS-PAGE patterns of marker protein (MP) and acid-soluble collagens from red seabream cultured by feeding and starving.

Table 2. Sensory evaluation on the muscle texture of red seabream cultured by feeding and starving

Sensory evaluation	Red seabream	
	Feeding	Starving
Texture	3.0±0.0 ^b	4.2±0.6 ^a

Mean with the different superscript letters indicates a significant difference at $p < 0.05$.

이들의 dimer인 β chain으로 구성되어 있어, 굵이 및 비굽이 참돔 근육 유래 콜라겐 간에는 분자 구성상 차이가 없었다.

관능적 특성

굵이 및 비굽이 양식산 참돔 근육의 조직감에 대한 관능검사 결과는 Table 2와 같다. 굵이 양식산 참돔의 조직감에 대한 관능평점을 기준점인 3점으로 하고, 이에 대한 비굽이 양식산 참돔의 조직감을 평가한 결과 4.2점으로 5% 유의수준에서 우수하다고 평가되었다. 이와 같은 결과는 굵이 참돔에 비하여 비굽이 참돔의 지질 함량이 적었기 때문이었다.

요 약

참돔을 보다 효율적으로 이용할 목적으로 참돔의 굵이 및 비굽이에 따른 조직감과 같은 기호적 특성에 대하여 비교하여 살펴보았다. 비굽이 참돔의 수분함량 및 조지방 함량은 각각 72.7% 및 3.7%로, 굵이 참돔의 각각 70.0% 및 6.6%에 비하여, 수분함량의 경우 약 3%가 높았고, 조지방 함량의 경우 약 3%가 낮아 5% 유의수준에서 차이가 있었다. 근육의

경도는 비굽이 참돔이 0.93 kg/cm²으로, 굵이 참돔의 0.47 kg/cm²에 비하여 조직감이 다소 강하리라 추정되었다. 콜라겐 함량, 콜라겐의 아세트산에 대한 용해도, 산가용성 콜라겐의 열변성 온도 및 전기영동적 분자구성 등의 결과로 미루어 보아 굵이 및 비굽이 참돔 근육 유래 콜라겐 간에는 차이가 없었다. 이와 같은 지질함량, 콜라겐의 특성, 경도 및 관능적 조직감의 결과로 미루어 보아 비굽이 참돔 및 굵이 참돔 간에 근육의 조직감 차이는 지질 함량에 의한 영향이라 판단되었다.

문 헌

- National Fisheries Research and Development Institute. 1995. Supplemented chemical composition of marine products in Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Busan. p 13-20.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB, Kim JG. 2001. *The Marine Fishes of Korea*. Hangeul Publishing Co., Seoul. p 206.
- Lee YS. 1998. Studies on the muscle quality of cultured and wild red seabream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys divaceus*). *PhD Dissertation*. Kyung Hee University, Korea.
- Tachibana K, Doi T, Tsuchimoto M, Misima T, Ogura M, Matsukiyo K, Yasuda M. 1988. The effects of swimming exercise on flesh texture of cultured red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54: 677-681.
- Touhata K, Toyohara H, Tonaka M, Tokuta Y, Sakaguchi M, Tanaka H. 1998. Seasonal change in muscle firmness and proximate composition of red seabream. *Fish Sci* 64: 513-516.
- Cho YJ, Lee GW. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 5. Effect of storage temperature on morphological changes of myofibrills and histological changes of muscle. *Bull Korean Fish Soc* 27: 114-120.
- Cho YJ, Lee NG, Kim YY, Kim JH, Choi YJ, Kim GB, Lee GW. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 4. Effect of killing methods on rigor index and breaking strength of muscle. *Bull Korean Fish Soc* 27: 41-46.
- Cho YJ, Lee NG, Kim YY, Kim JH, Lee KW, Kim GB, Choi YJ. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 6. Effect of killing methods on morphological changes of myofibrills and histological changes of muscle. *Bull Korean Fish Soc* 27: 327-334.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 69-74.
- Ando M, Toyohara H, Shimizu Y, Sakaguchi M. 1991. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 1165-1169.
- Ando M, Toyohara H, Shimizu Y, Sakaguchi M. 1991. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure. *J Sci Food Agric* 55: 589-597.
- Kim JS, Park JW. 2004. Characterization of acid-soluble collagen from pacific whiting surimi processing byproducts. *J Food Sci* 69: C637-C642.

13. Zhu XP, Kimura S. 1991. Thermal stability and subunit composition of muscle and skin type I collagens from skipjack. *Nippon Suisan Gakkashi* 57: 755-760.
14. Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₄. *Nature* 227: 680-685.
15. Kunisaki N, Takada K, Matsuura H. 1986. On the study of lipid contents, muscle hardness and fatty acid composition of wild and cultured horse mackerel. *Bull Jap Soc Sci Fish* 52: 333-336.
16. Fenenma OR. 1985. *Food Chemistry*. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel. p 745-750.
17. Thakur DP, Morioka K, Itoh Y, Obatake A. 2002. Influence of muscle biochemical constituents on the meat texture of cultured yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) at different anatomical locations. *J Sci Food Agric* 82: 1541-1550.

(2008년 8월 1일 접수; 2008년 9월 5일 채택)