

工學碩士 學位論文

참돔(*Pagrus major*)의 원산지에 따른
품질 평가에 관한 연구

指導教授 趙 永 濟

이 論文을 釜慶大學校 學位論文으로 提出함



2005년 8월

釜慶大學校 産業大學院

食品産業工學科

崔 壽 鎬

崔壽鎬의 工學碩士學位論文을 認准함

2005年 8月

主 審 農學博士 安東賢



委 員 工學博士 金泰辰



委 員 水産學博士 趙永濟



목 차

Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	5
1. 실험재료	5
2. 실험방법	5
2. 1. 수분 및 지질함량	5
2. 2. 콜라겐의 정량	5
2. 3. 파괴강도의 측정	5
2. 4. ATP 관련 화합물의 측정	6
2. 5. Adenylate energetic charge 측정	6
2. 6. 관능평가	7
2. 7. 통계처리	7
결과 및 고찰	10
1. 물리적 방법에 의한 품질지표	10
1. 1. 양식산 참돔	10
1. 2. 자연산 참돔	14
1. 3. 수입산 참돔	17

2. 화학적 방법에 의한 품질지표	20
2. 1. 양식산 참돔	20
2. 2. 자연산 참돔	22
2. 3. 수입산 참돔	24
3. 품질지표의 적용 및 수식화	26
3. 1. 수입산 참돔	26
요 약	35
감사의 글	36
참고문헌	37

A study on the quality evaluation of red seabream (*Pagrus major*) in the localities

Soo-Ho, Choi

*Department of Food Industrial Engineering, Graduate School
School of Industry, Pukyong National University, Busan*

Abstract

Red seabream is a well developed practice in Korea, with aquaculture contributing approximately three-quarters of total red seabream production. The use of a high-energy diet in aquaculture has led to improved growth performance but, at the same time, there has been concern regarding product quality, especially flavor, color and texture. Red seabream is traditionally and popularly eaten raw as sashimi. Texture is a dominant sensory characteristic influencing consumer acceptance and remains a challenging property to devise to suit consumer preference. The lipid and collagen content is thought to be a major factor which determines the meat quality in texture. Collagen fibrils in connective tissue are known to maintain toughness and integrity of fish muscle and have been demonstrated to play an important role in fish meat texture. Generally, negative correlation is had between muscle lipid content and meat breaking strength of fish.

It is well known that lipid contents of cultured fishes are higher than those of wild fishes.

A study was conducted to evaluate meat texture (breaking strength), moisture content, lipid content and collagen content in red seabream. And Breaking strength in fish muscle were correlated with moisture, lipid and collagen content. Meat breaking strength was correlated negatively with muscle lipid content and positively with muscle collagen content. It was concluded that muscle lipid and collagen are the two primary muscle constituents having a direct influence on the raw meat texture of red seabream. Moisture (X_1), lipid (X_2), collagen content (X_3) and breaking strength (Y) were optimized with multiple regression. In order to test the equation, fish were randomly purchased and we measured moisture, lipid, collagen content and breaking strength.

서 론

참돔(red seabrea, *Pagrus major*)은 농어목, 도미과, 참돔속에 속하는 어류로서 우리나라에 8종이 보고되어 있다. 참돔은 그 아름다운 색채와 잘 조화된 몸매로 인해 옛 선조들로부터 '참(眞)' 자를 얻어 참돔·참도미·진도미어(眞道味魚)로 불리어 졌으며 지방(地方)과 성장단계에 따라서 여러 가지 이름을 갖고 있다. 그 형태가 감성돔과 비슷한 전형적인 측편형 도미류의 형태를 가지며, 몸빛은 선홍색이고 등쪽에 금속성 광채가 나는 청록색(코발트색) 반점들을 지니고 있다.

Lee et al. (1998)는 양식 및 자연산 참돔과 넙치 어육의 특성에 관한 연구에서 질감에 대한 객관적 평가방법으로서 rheo meter를 이용하여 어육의 texture를 측정된 결과와 관능검사 결과가 상관성이 높다고 보고하였다. 또한 우리나라에서 가장 많이 소비되고 있는 넙치, 참돔, 우럭, 농어 등의 횡감용 생선회의 맛은 씹힘성으로 결정하고 있기 때문에 육질을 개선하기 위한 일련의 연구가 진행되었다(Tachibana et al., 1988; Hawang et al., 1991; Cho et al., 1996, 1997). 활어는 대부분이 생선 횡감으로 소비되기 때문에 어육 자체의 조직감은 활어의 품질과 소비자의 구매에 직접적으로 영향을 미친다. 우리나라의 경우 활어 근육의 품질을 결정하는 기술에 관한 연구(Kim et al., 2004; Bae et al., 2004; Shim et al., 2004)가 최근에 이루어 졌으며 품질을 결정하는 요인으로 근육의 조직감 즉 파괴강도를 기준으로 품질을 판정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 참돔을 원산지별로 파괴강도에 영향을 미치는 물리적 요인(수분, 지질, 콜라겐함량)에 대하여 살펴보고 회귀분석을 실시하여 파괴강도방정식을 얻었다. 또한 화학적(ATP 관련 화합물, AEC) 방법을 적용하여 활어의 품질을 판정하였다. 그리고 참돔을 신속하고 정확하게 품질을 판정하기 위하여 참돔의 원산지에 따라서 등급화를 시도하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

참돔(Red seabream, *Pagrus major*)를 부산광역시 소재의 청수활어에서 구입하였다. 구입한 활어를 즉살(두부의 급소를 강타)시켜 방혈 후 아이스 박스에 담아서 실험실로 운반하여 실험용 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

2. 1. 수분 및 지질함량

수분함량은 105℃ 상압 가열건조법, 지질함량은 Soxhlet 추출법(AOAC, 1992)으로 측정하였다.

2. 2. 콜라겐(collagen)의 정량

Bergman and Loxley (1963)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 등쪽 근육을 0.3 g씩 captube에 취하여 6 N-HCl 10 mL를 넣고 뚜껑을 닫고 110℃에서 24시간 가수 분해하였다. 가수분해 된 시료는 염산을 제거하기 위해 감압건조 시킨 후, 탈이온수로 10 mL로 정용한다. 시료용액을 시험관에 0.3 mL씩 취하여 0.6 mL의 isopropanol과 교반한 후 산화용액(7% chloramine T : Acetate-Citrate buffer=1 : 4)을 0.3 mL 가하고 5분 동안 상온에서 방치 후 Ehrlich 시약(0.67% p-dimethylaminobez aldehyde, 60% perchloric acid : isopropanol=3 : 13)을 4 mL 가하고 58℃에서 25분간 반응시킨 후, 558 nm에서 30분 이내에 hydroxyproline을 정량하여 콜라겐 환산계수 9.75를 곱하여 구하였다.

2. 3. 파괴강도(breaking strength)의 측정

Ando et al. (1991)의 방법에 따라 Rheo meter (Compac-100,

Sun, Japan)을 이용하여 참돔 등육을 Table 1와 같은 조건으로 측정하였다. 즉, 참돔을 밀면이 평행하게 필렛하여 20×20×10 mm의 크기로 정사각형의 칼집을 위에서 찍은 후에, 칼집 위로 돌출된 부분을 잘라내고 근육의 두께를 10 mm로 균일하게 하여 측정시료로 사용하였다. 파괴강도는 직경 10 mm cylinder plunger를 사용하였으며, 속도 60 mm/min때의 최고값을 측정하였다. 실험결과는 각 참돔에 대하여 4~8회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다.

2. 4. ATP 관련 화합물(ATP related compounds)의 측정

ATP 관련 화합물의 측정은 Iwamoto et al. (1987)의 방법에 따라 시료를 추출한 다음 여과(0.20 μ m membrane filter) 및 탈기한 후 HPLC에 주입하였다. Column 이동상으로는 0.2% triethylamine solution (pH 7.0)을 사용하였고, ATP 관련 화합물의 표준품은 Sigma사의 표준품을 사용하였다. 장치는 Waters 사의 고속액체 chromatograph 자동분석 system을 사용하였고 column은 Water사의 μ -Bondapack C₁₈, 300×3 mm의 역상분배 column이었으며, 측정조건은 시료주입량 5 μ L, 이동상 유량 0.8 mL/min, column 온도 40°C, 흡수파장 254 nm, peak 면적 적산법, 분석시간은 50 min이었다.

2. 5. Adenylate energetic charge 측정

Thebault et al. (2000)의 방법에 의거, 실험어를 즉살하여 근육을 절취한 다음, perchloric acid로 nucleotides를 추출하였다. 추출된 nucleotides는 ATP 관련 화합물의 분석 조건을 이용하여 HPLC로 분석 후, 아래의 식을 이용하여 AEC 수치를 계산하였다.

$$AEC = \frac{[ATP] + 1/2[ADP]}{[ATP] + [ADP] + [AMP]}$$

2. 6. 관능평가

생선회의 맛에 대한 기본적인 훈련이 된 10명의 패널요원에게 실험의 목적, 방법 등을 충분히 설명하고 관능평가를 실시하였다. 관능평가는 5점 평정법(scaling test)에 의해 생선회의 조직감, 색깔, 종합적 평가들에 대하여 실시하였다.

2. 7. 통계처리

SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며 각 성분간의 상관분석을 실시하였다. 다음으로 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3)과 어떤 관련성을 갖고 있고 또한 독립변수로부터 파괴강도를 예측할 수 있는지를 다중회귀분석을 실시하였다.

Table 1. Conditions employed for breaking strength profile measurement of fish muscle

Instrument	SUN RHEO Meter Compac-100
Sample thickness	10 mm
Cylindrical plunger	10 mm in diameter
Crosshead speed	1 mm/sec
Load cell	10 kg
Chart speed	60 mm/m

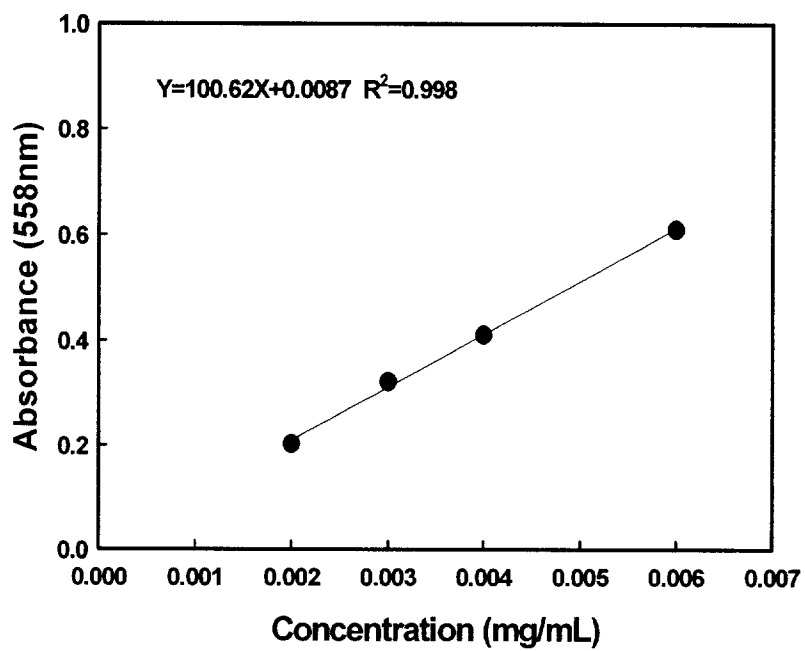


Fig. 1. Standard curve for the determination of hydroxylproline by Bergman and Loxley method.

결과 및 고찰

1. 물리적 방법에 의한 품질지표

1. 1. 양식산 참돔

Table 2은 어체 크기에 따른 각 성분들을 조사하여 나타내었다. 어체 크기와 수분함량간의 상관성을 살펴보면, 각 개체에 대한 수분함량은 차이는 나타나고 있지만, 어체 크기에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다. 지질함량 또한 수분함량과 마찬가지로 각 개체에 대한 고유의 지질함량을 가지고 있지만, 어체 크기에 따른 유의적 차이는 없었다. 콜라겐함량 또한 각 개체 별로 고유의 함량을 가지고 있었다. Touhata et al. (1998)은 연중 성별에 따른 참돔의 성분변화와 육질의 단단함과의 상관관계에서 근육의 단단함은 산란후인 7월에 감소하였는데, 이 결과들로 육질의 단단함은 산란과 성적성숙에 의존된다고 하였다. 또한 육질의 단단함을 결정하는 중요한 요인으로 콜라겐함량으로 보고 하였다. 따라서 수분과 지질함량에 대한 상관관계를 성립하게 되면 자연히 콜라겐함량은 높고 파괴강도도 높은 양질의 활어가 될 수 있을 것으로 판단된다. 어체 크기에 따른 파괴강도의 차이는 나타나지 않았다. 0.7~0.9 kg인 참돔의 평균 파괴강도는 1.16 ± 0.30 kg이었으며, 1.0~1.2 kg에서는 1.52 ± 0.33 kg의 평균 파괴강도가 나타났다. 다음으로 1.5~1.7 kg의 크기의 참돔의 평균 파괴강도는 1.18 ± 0.28 kg으로 나타났다. 그러므로 활어의 품질은 어체 크기에 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단되어지며, 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도는 품질판정의 중요한 요인이 될 것으로 보인다.

Table 3은 각 성분들의 피어선 상관계수를 나타내고 있다. 어체 크기와 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도는 상관성이 없었다($p > 0.05$). 그러나 파괴강도와 수분, 지질, 콜라겐함량은 상관성이 있었다($p < 0.05$). 이 결과로부터 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐

함량이 높을수록 파괴강도는 증가하였다. 육질의 단단함에 가장 큰 영향을 주는 콜라겐함량은 동일 어종과 동일 크기에서는 큰 영향을 주지 못하는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 2. Contents of moisture, lipid, collagen and breaking strength in Red seabream by body weight

Sample	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)
0.7~0.9 kg				
A	68.47±0.20	11.61±0.03	1.59±0.05	0.97±0.21
B	70.99±0.56	8.03±0.17	1.17±0.05	1.11±0.22
C	73.68±0.17	5.06±0.03	3.36±0.09	1.40±0.31
Total	71.05±2.61	8.24±3.28	2.04±1.04	1.16±0.30
1.0~1.2 kg				
A	72.61±0.24	7.30±0.11	2.00±0.09	1.61±0.20
B	66.25±0.47	12.88±0.06	1.55±0.04	1.23±0.45
C	72.10±0.20	6.55±0.14	2.52±0.05	1.65±0.20
Total	70.32±3.53	8.91±3.46	2.03±0.44	1.52±0.33
1.5~1.7 kg				
A	71.09±0.13	7.84±0.17	2.11±0.03	1.10±0.16
B	72.52±0.01	6.50±0.23	2.05±0.00	1.04±0.10
C	66.45±0.07	14.18±0.13	0.92±0.07	0.96±0.20
D	73.27±0.17	5.23±0.01	1.64±0.06	1.28±0.39
E	72.38±0.09	6.55±0.09	1.90±0.12	1.43±0.15
Total	71.14±2.74	8.06±3.54	1.72±0.46	1.18±0.25

Table 3. Regression coefficients of second order polynomials presenting relationship between weight, moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength

	Weight	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Weight	1.000				
Moisture content	0.260 (0.440)	1.000			
Lipid content	-0.269 (0.425)	-0.986* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	-0.069 (0.840)	0.647* (0.031)	-0.663* (0.026)	1.000	
Breaking strength	-0.143 (0.676)	0.765* (0.006)	-0.765* (0.006)	0.730* (0.011)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

1. 2. 자연산 참돔

Fig. 2은 자연산 참돔의 수분, 지질, 콜라겐함량과 파괴강도의 상관관계를 살펴보았다. 수분함량과 파괴강도는 $r=0.83$, 지질함량과 파괴강도는 $r=0.76$, 콜라겐함량과 파괴강도는 $r=0.52$ 로 나타났다. 즉 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량에 의하여 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. Yoshinaka et al. (1988)는 어육 내 콜라겐함량은 유영 시 몸을 크게 구부리는 부위일수록 높으므로 머리부분보다 꼬리부분에 많으며 어린 것보다 늙은 것에 불용성 콜라겐함량이 높다고 보고하였다.

Table 4은 각 성분들의 피어선 상관계수를 나타내고 있다. 파괴강도는 수분, 지질함량과 0.82, -0.77의 피어선 상관계수를 가지고 있지만 파괴강도와 콜라겐함량은 0.52의 피어선 상관계수를 가지고 있었으며 상관성이 낮게 나타났지만 유의적 차이가 있었다. 양식산 방어의 파괴강도는 지질, 콜라겐함량과 상관성을 가지지만 단백질, 회분함량과는 상관성이 없다는 보고(Prasad Thakur et al., 2002)와 정어리에서 육의 파괴강도는 지질함량이 적을수록 높게 나타난다는 보고(Kunisaki et al., 1986) 등에 의하여 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량에 의해서 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 자연산 참돔에서도 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량과 상관성이 있었다. 그러나 Kim et al. (2004)의 연구에서는 파괴강도와 콜라겐함량과는 상관성이 없다고 보고하였는데 이는 양식산 참돔을 강제로 운동시켜 지질함량은 감소시켜 파괴강도를 증가시킬 수는 있지만 콜라겐의 합성은 단기간의 운동에 의하여 증가로 이어지지 않아서 파괴강도와 콜라겐함량과는 상관성이 없게 나타났다고 하였다.

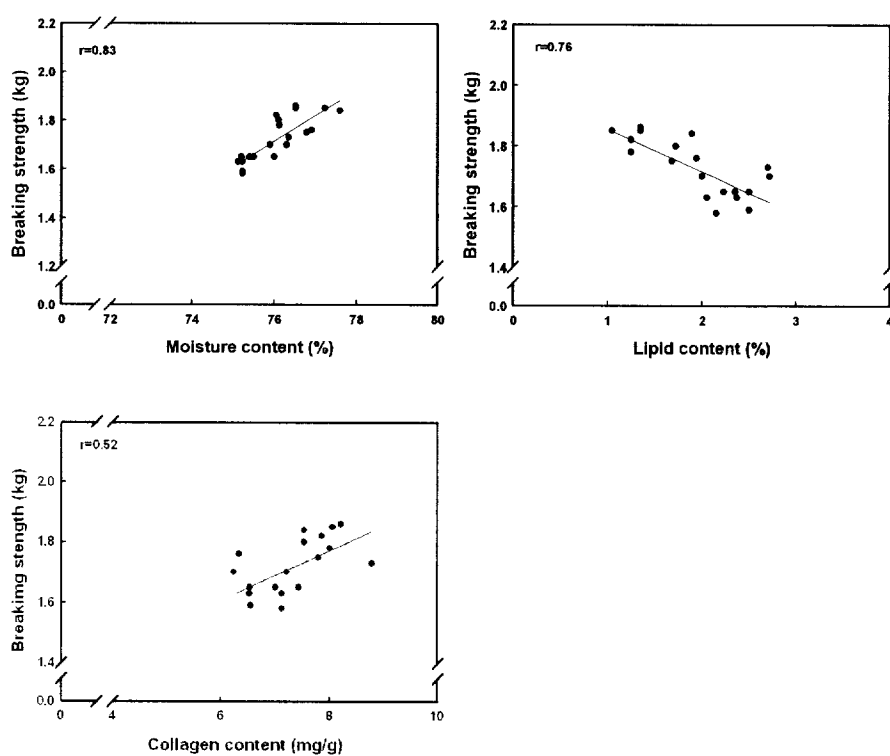


Fig. 2. Relationship of each elements for the quality judgment in wild Red seabream.

Table 4. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on the wild Red seabream

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.784* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.523* (0.018)	-0.689* (0.001)	1.000	
Breaking strength	0.824* (p<0.001)	-0.773* (p<0.001)	0.521 (0.037)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

1. 3. 수입산 참돔

Fig. 3은 수입산 참돔의 수분, 지질, 콜라겐함량과 파괴강도의 상관관계를 살펴보았다. 수분함량과 파괴강도는 $r=0.72$, 지질함량과 파괴강도는 $r=0.73$, 콜라겐함량과 파괴강도는 $r=0.64$ 로 나타났다. 즉 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량에 의하여 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

Table 5은 각 성분들의 피어선 상관계수를 나타내고 있다. 파괴강도는 수분, 지질, 콜라겐함량과 0.68, -0.67, 0.62의 피어선 상관계수를 가지고 있으며 유의적 차이가 있었다($p<0.05$).

Morishita et al. (1988)는 양식산 및 자연산 참돔의 일반성분 조성의 산지별, 양식방법별 비교 연구에서 산지가 다른 양식산 참돔의 일반성분은 조단백질과 회분함량은 차이가 없으나 지방은 차이가 크다고 하였는데 이것은 양식장에서 사용되는 사료의 성분차이에 기인된다고 하였다. 또한 Hatae et al. (1986)는 파괴강도와 가장 밀접한 관계가 있는 콜라겐은 그 함량이 많을수록 단단한 근육이 된다고 보고하고 있으며 어종에 따른 근육의 조직상의 차이점은 세포의 결체조직에서 콜라겐 섬유유의 밀도와 배열과 관계있다고 알려져 있다(Ando et al., 1993).

자연산 참돔이 양식산, 수입산 참돔보다 파괴강도는 높고 지질함량이 낮게 나타나고 있었다. Kim et al. (2000)는 산지 및 성장 조건별에 따른 참돔, 조피볼락, 넙치의 정미성분에 관한 연구에서 양식산 어류가 자연산 어류에 비하여 지질함량은 높고 수분함량은 다소 낮은 경향을 보인다고 보고하였다. 본 연구와 일치하고 있었다.

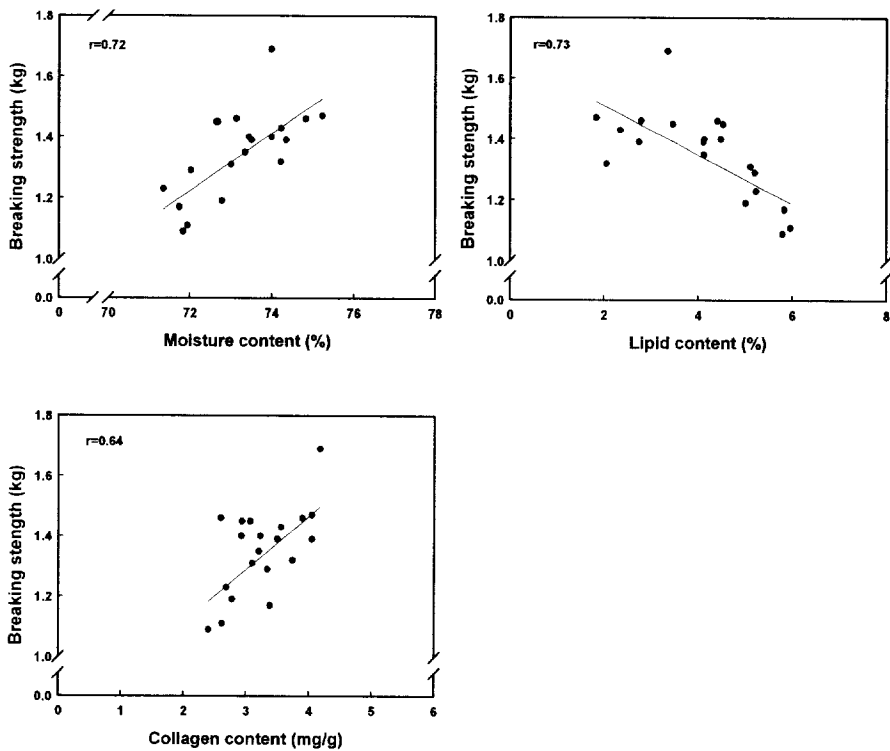


Fig. 3. Relationship of each elements for the quality judgment in imported Red seabream.

Table 5. Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between moisture content, lipid content, collagen content and breaking strength on imported Red seabream

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.000			
Lipid content	-0.832* (p<0.001)	1.000		
Collagen content	0.743* (p<0.001)	-0.758* (p<0.001)	1.000	
Breaking strength	0.678* (0.001)	-0.676* (0.001)	0.616* (0.004)	1.000

*Correlation is significance at the 0.05 level.

2. 화학적 방법에 의한 품질지표

2. 1 양식산 참돔

ATP 관련 화합물은 정미성분, 선도판정 및 갈변현상의 관련 화합물로서 중요하며 주로 근육조직에 많다. 휴면 상태의 어류 근육에서 ATP 관련 화합물의 80%이상을 ATP (adenosine triphosphate)가 차지하며, 시간이 경과하면 ADP (adenosine diphosphate), AMP (adenosine monophosphate)를 거쳐 IMP (inosine monophosphate)로 분해되고 이것은 다시 inosine (HxR)을 거쳐 hypoxanthin (Hx)로 분해 된다고 한다.

Table 6은 어체 크기에 따른 ATP 관련 화합물의 변화는 0.7~0.9 kg의 크기를 가진 참돔에서는 ATP 함량이 $8.41 \pm 0.25 \mu\text{mol/g}$, 1.0~1.2 kg에서는 $8.72 \pm 0.89 \mu\text{mol/g}$, 1.5~1.7 kg에서는 $7.80 \pm 1.36 \mu\text{mol/g}$ 으로 나타났다. 반면에 ADP 함량은 $1.08 \pm 0.14 \mu\text{mol/g}$, $1.11 \pm 0.13 \mu\text{mol/g}$, $0.76 \pm 0.25 \mu\text{mole/g}$ 으로 나타났으며 어체 크기에 따른 ATP 관련 화합물의 변화는 거의 없었다.

AEC 수치는 스트레스 지표를 판단하기 위하여 Atkinson (1968)에 의하여 제안되었으며 많은 연구자들에 의하여 수산동물의 스트레스 지표와 영양에 대한 연구를 수행하였다. AEC 수치는 $(\text{ATP} + 1/2\text{ADP}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP})$ 의 비율로 정의되는데, ATP 분자의 3개의 인산기는 막대한 에너지를 가지고 있다. 이것이 ADP로 분해되면 2개의 인산기를 가지게 되며 이는 ATP에서 가지는 에너지의 반으로, AMP는 에너지가 결여되게 된다. AEC 수치의 범위는 0~1사이로써 0은 ATP 관련 화합물이 AMP로 전환된 상태를 말하며, 1은 모든 ATP 관련화합물이 ATP로 존재하는 것을 의미한다. 그러므로 이들 결합의 상관적인 정도는 개개의 세포에서 에너지의 효용성을 측정하는 것으로 이용되고 있다. 양식산 참돔의 AEC 수치는 평균적으로 0.90 ± 0.02 로 나타났으며 건강한 상태임을 알 수 있었다.

Table 6. Changes in ATP related compounds and AEC value in Red seabream muscle by body weight

(unit : $\mu\text{mol/g}$)

	ATP	ADP	AMP	AEC
0.7~0.9 kg				
	8.28	1.13	0.53	0.89
	8.25	1.18	0.48	0.89
	8.70	0.93	0.58	0.90
1.0~1.2 kg				
	9.42	0.97	0.65	0.90
	7.71	1.14	0.48	0.89
	9.02	1.22	0.55	0.89
1.5~1.7 kg				
	8.12	0.49	0.32	0.94
	6.31	0.79	0.28	0.91
	8.98	1.00	0.62	0.89

2. 2. 자연산 참돔

Table 7는 자연산 참돔의 ATP 관련 화합물 및 AEC 수치를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 $8.34 \pm 0.70 \mu\text{mol/g}$, ADP 함량은 $0.83 \pm 0.08 \mu\text{mol/g}$, AMP 함량은 $0.49 \pm 0.03 \mu\text{mol/g}$ 으로 나타났다. 국내 양식산 참돔과 비교했을 때, ATP 관련 화합물의 함량은 비슷하였다. AEC는 0.91 ± 0.01 로 평균적으로 양식산 참돔과 비슷하였으며 활어의 건강도는 양호하였다.

Kim et al. (2000)의 연구에서 넙치, 조피볼락, 참돔에서 ATP는 검출되지 않거나 매우 적게 검출되었고 ADP, AMP, inosine 순으로 그 함량이 높게 나타났다고 보고하였다. 이는 어획방법과 수송기관 등과 관련이 있는데 ATP 분해 생성물들은 실험어 처리조건, 채취 시 근육의 피로도 등에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 본 연구에서는 활어를 즉살시킨 상태로 실험실로 운반하여 실험에 사용하였기 때문에 ATP 함량이 많이 검출된 것으로 사료된다.

Table 7. Contents of ATP related compounds and AEC in wild Red seabream

(unit : $\mu\text{mol/g}$)				
Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	8.87	0.82	0.46	0.91
B	7.54	0.75	0.48	0.90
C	8.61	0.92	0.52	0.90
Total	8.34 $\pm$ 0.70	0.83 $\pm$ 0.08	0.49 $\pm$ 0.03	0.91 $\pm$ 0.01

2. 3. 수입산 참돔

Table 8은 수입산 참돔의 ATP 관련 화합물 및 AEC 수치를 나타낸 것이다. 평균적으로 ATP 함량은 $5.30 \pm 1.20 \mu\text{mol/g}$, ADP 함량은 $0.65 \pm 0.11 \mu\text{mol/g}$, AMP 함량은 $0.32 \pm 0.05 \mu\text{mol/g}$ 으로 나타났다. 국내 양식산 및 자연산 참돔과 비교했을 때, 수입산 참돔의 ATP 함량이 낮게 나타났고 활어의 건강도는 K개체를 제외하고는 양호하였다. Ivanovici (1980)는 AEC 수치의 등급화를 시도하였는데, 생체기관의 성장과 재생산이 최적일 때 AEC 수치가 0.8이상을 나타내었다. 또한 성장이 줄고 재생산이 되지 않는 제한된 상태에서는 AEC 수치가 0.5~0.7을 나타내었고 성장과 재생산이 되지 않는 상태에서는 AEC 수치가 0.5이하를 나타내었다. 그러나 생체기관이 최적의 상태로 된다면 AEC 수치는 빨리 회복된다고 하였다. 또한 Maguire (1998)는 스트레스에 따른 가리비의 생화학적 영향에 관한 보고에서 실험 개체가 어떤 스트레스를 받아 매우 허약한 것이 발견된다면 가리비의 AEC 수치는 0.3~0.5이고 0.5~0.7의 정도를 나타낸다면 이 가리비는 서서히 성장을 하며, 본질의 상태와 같이 재생과 소생이 되지 않고 AEC 수치가 0.8~1의 상태는 아주 건강한 상태라고 보고하였다. 즉, 스트레스 받은 어육은 스트레스를 중화하기 위하여 더 많은 에너지를 사용하게 되고 이로 인하여 AEC 수치가 낮아지게 되는 것이다.

Table 8. Contents of ATP related compounds and AEC in imported Red seabream

(unit : $\mu\text{mol/g}$)

Sample	ATP	ADP	AMP	AEC
A	6.08	0.73	0.34	0.90
B	6.73	0.73	0.34	0.91
C	4.99	0.76	0.41	0.87
D	4.05	0.47	0.20	0.91
E	4.28	0.73	0.33	0.87
F	4.57	0.58	0.28	0.89
G	6.57	0.65	0.32	0.91
H	6.07	0.55	0.34	0.91
I	5.37	0.56	0.34	0.90
J	5.87	0.69	0.31	0.90
K	3.32	0.80	0.36	0.83
L	5.73	0.68	0.30	0.91
M	5.31	0.49	0.27	0.91
Total	5.30 $\pm$ 1.02	0.65 $\pm$ 0.11	0.32 $\pm$ 0.05	0.90 $\pm$ 0.02

3. 품질지표의 적용 및 수식화

근육의 파괴강도가 어떠한 독립변수들에 의하여 크게 영향을 받으며, 파괴강도와 독립변수와의 관계식은 무엇인가를 규명하기 위하여 회귀분석을 실시하였다. 여기서 독립변수로 사용된 것은 아래와 같다.

X_1 : 수분함량(moisture content)

X_2 : 지질함량(lipid content)

X_3 : 콜라겐 함량(collagen content)

Y : 파괴강도(breaking strength)

회귀분석을 실시한 후, 어종별에 따른 회귀방정식을 Table 9에 나타내었다. 양식산 참돔은 $Y = -3.0600 + 0.0622X_1 - 0.0071X_2 - 0.0367X_3$, 자연산 참돔은 $Y = -3.6708 + 0.0707X_1 - 0.0730X_2 + 0.0215X_3$, 수입산 참돔은 $Y = -1.5845 + 0.0394X_1 - 0.0293X_2 + 0.0530X_3$ 으로 나타났다. Shim et al. (2004)은 물리 및 효소화학적 방법에 의한 참돔의 품질판정 지표 설정에 관한 연구에서 활어를 강제운동 시킨 후, 각 성분들의 상관성을 비교하여 회귀분석을 실시하였다. 이 연구에서 단기간의 운동으로 지질함량이 감소하여 파괴강도는 증가하지만 콜라겐함량은 큰 변화가 없었다. 이를 통하여 회귀분석을 실시한 결과 파괴강도는 수분, 지질함량과 상관성이 있지만 콜라겐함량과는 상관성이 없게 나타났다.

Table 9. Equation of breaking strength in fish species

Fish species	Equation
Cultured red seabream	$Y = -3.0600 + 0.0622X_1 - 0.0071X_2 - 0.0367X_3$
Wild red seabream	$Y = -3.6708 + 0.0707X_1 - 0.0730X_2 + 0.0215X_3$
Imported red seabream	$Y = -1.5845 + 0.0394X_1 - 0.0293X_2 + 0.0530X_3$

3. 1. 수입산 참돔

수입산 참돔을 무작위로 구입하여 생선회로 조리 후에, 관능평가 결과를 Table 10와 Fig. 4에 나타내었다. 수입산 참돔의 파괴강도가 1.4 kg이상이 관능적으로 좋은 평가를 얻었으며, 대부분의 개체에서 1.2~1.4 kg의 파괴강도에서는 중간정도의 평가를 얻었다. 그러나 파괴강도가 1.2 kg이하인 생선회에서는 맛이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 파괴강도를 이용하여 수입산 참돔과 마찬가지로 등급화가 가능할 것으로 판단된다. 즉 생선회의 맛에 가장 큰 영향을 주는 육질의 쫄깃쫄깃함에서 높은 점수를 받은 개체들, 생선회의 맛이 좋다고 평가된 것들, 대체적으로 파괴강도가 높게 나타났다.

Table 11은 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 수입산 참돔(n=13)의 수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 일반적으로 파괴강도는 수분함량이 높고 지질함량이 낮을수록 파괴강도가 높게 나타난다. 수입산 참돔도 이와 똑같이 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐함량이 많을수록 파괴강도가 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 5은 무작위로 선택된 수입산 참돔의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 참돔에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다. 방정식을 이용하여 계산된 파괴강도와 Rheo-meter를 이용하여 측정한 파괴강도의 상관성은 다소 낮았다. 수입산 참돔은 양식산 참돔과 마찬가지로 1.4 kg이상이 상급, 1.2~1.4 kg이 중급, 1.2 kg이하를 하급으로 선정하였으며, 건강도값에 의하여 하향조정 등으로 등급화를 시도한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 수입산 참돔은 수입 도중에 많은 스트레스로 활어의 건강도는 다소 떨어지지만 0.8 이상으로 양호하였다.

Table. 10. Relationship between sensory evaluation and breaking strength in imported Red seabream for grading

	Texture	Color	Over-all acceptance	Breaking strength (kg)
A	2.2±0.8	2.8±0.8	2.6±0.5	1.05±0.10
	3.4±0.5	3.4±0.5	3.2±0.4	1.17±0.20
	2.4±0.5	3.2±0.4	2.6±0.5	1.03±0.12
	2.4±0.9	3.0±0.7	2.4±0.5	1.05±0.20
	3.0±1.0	3.4±0.5	2.8±0.8	1.10±0.19
B	3.2±0.8	3.4±0.5	3.4±0.5	1.22±0.20
	3.6±0.5	3.0±0.7	3.2±0.4	1.34±0.15
	3.6±0.5	3.2±0.8	3.4±0.5	1.37±0.17
	3.4±1.1	3.4±0.9	3.4±0.9	1.36±0.21
	3.2±0.4	3.6±0.5	3.6±0.5	1.30±0.25
C	4.4±0.9	3.6±0.9	4.2±0.4	1.51±0.20
	4.0±0.7	3.4±0.5	3.4±0.5	1.50±0.12
	4.0±0.7	3.6±0.9	4.0±0.0	1.41±0.18
	4.2±0.8	3.4±0.5	4.0±1.0	1.45±0.16
	4.6±0.5	3.4±0.5	4.2±0.4	1.42±0.11

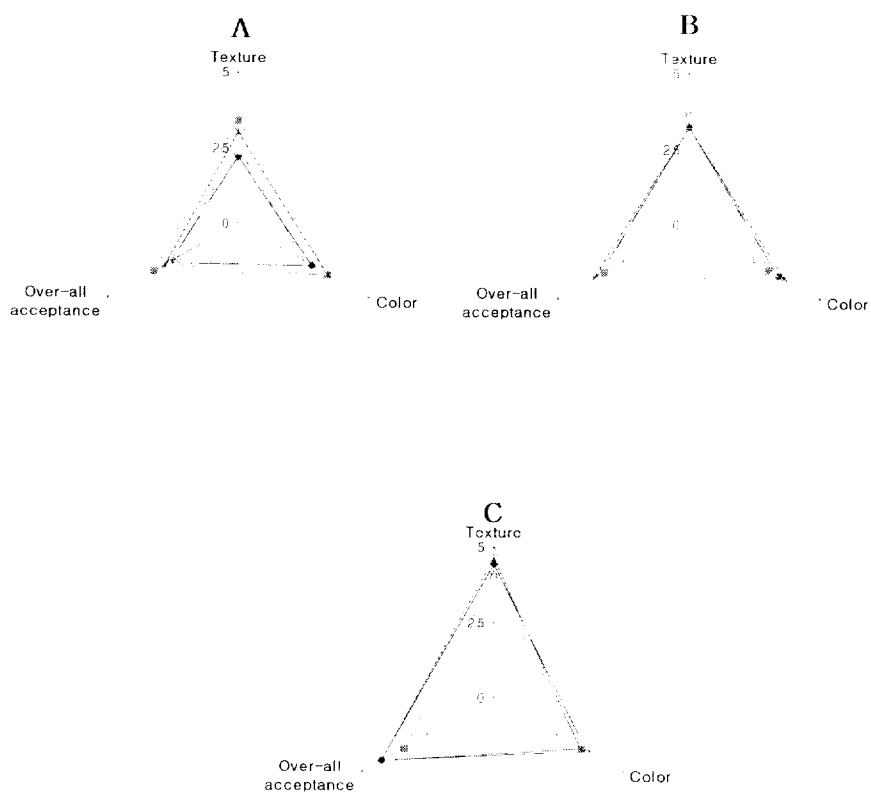


Fig. 4. Sensory evaluation of imported Red seabream by degree of breaking strength.

A, below of breaking strength 1.2 kg

B, breaking strength 1.2~1.4 kg

C, Above of breaking strength 1.4 kg.

Table 11. The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in imported Red seabream

Sam ple	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Collagen content (mg/g)	Breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	0.88	73.99±0.10	3.35±0.11	3.18±0.12	1.69±0.01	1.40
B	0.84	72.65±0.40	4.53±0.13	2.94±0.44	1.45±0.29	1.30
C	0.84	73.14±0.09	4.41±0.11	2.60±0.21	1.46±0.10	1.31
D	0.88	73.51±0.13	4.11±0.10	3.50±0.01	1.39±0.30	1.38
E	0.84	75.22±0.12	2.06±0.10	3.74±0.05	1.32±0.11	1.52
F	0.94	71.83±0.14	5.79±0.32	2.40±0.08	1.09±0.13	1.20
G	1.18	72.69±0.37	3.46±0.05	3.07±0.08	1.45±0.44	1.34
H	0.88	72.79±0.10	5.01±0.16	2.78±0.10	1.19±0.13	1.28
I	1.02	71.94±0.13	5.96±0.14	2.62±0.05	1.11±0.17	1.21
J	0.88	75.23±0.13	1.84±0.06	4.05±0.10	1.27±0.12	1.54
K	1.10	71.74±0.33	5.83±0.33	3.38±0.20	1.17±0.20	1.25
L	1.00	73.45±0.39	4.48±0.35	3.23±0.11	1.40±0.45	1.35
M	0.94	74.00±0.12	4.13±0.28	2.93±0.11	1.40±0.31	1.44

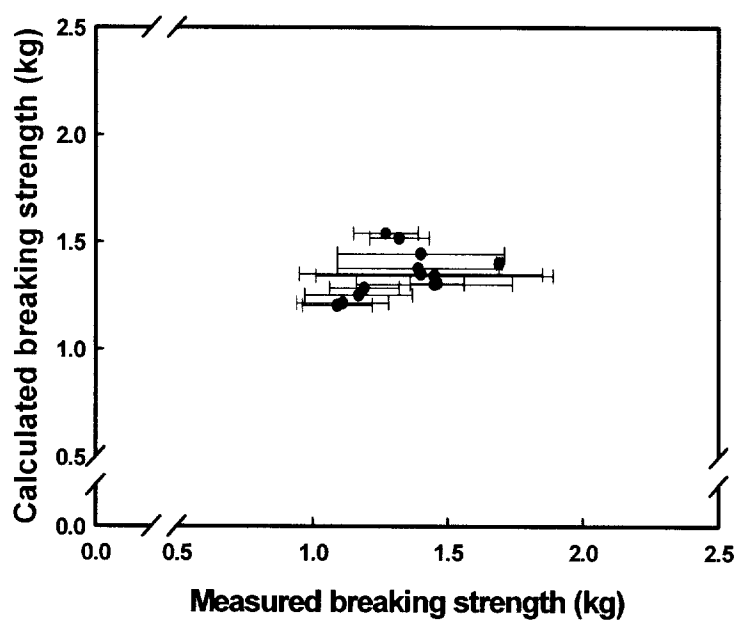


Fig. 5. Plot measured and calculated breaking strength in imported Red seabream.

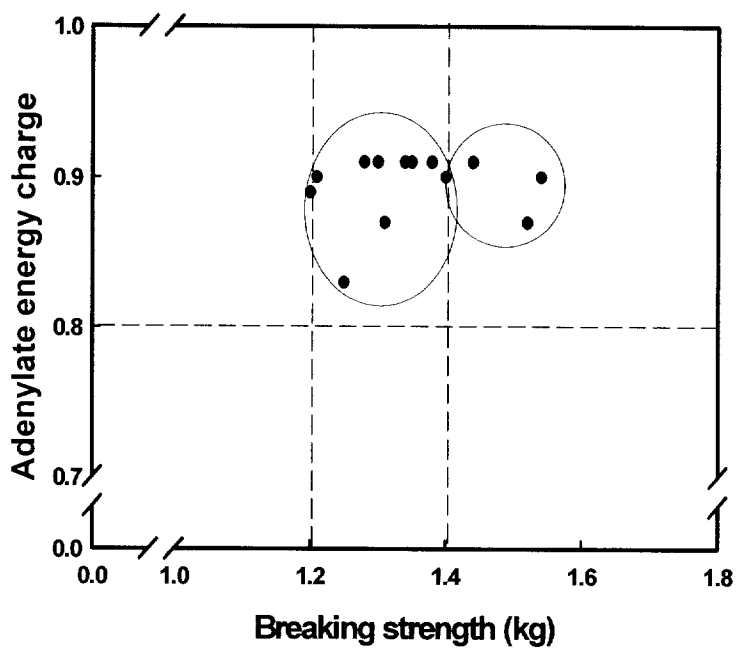


Fig. 6. Grading for imported Red seabream by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength.
 --- Quality standard by AEC and breaking strength.

요 약

본 연구에서는 참돔을 원산지별로 파괴강도에 영향을 미치는 물리적 요인(수분, 지질, 콜라겐함량), 화학적 요인(ATP 관련 화합물, AEC 수치)을 살펴보았다. 또한 활어의 품질을 관능평가와 파괴강도의 상관성을 살펴보고 파괴강도 방정식의 적합성 여부를 살펴보았다.

1. 참돔에서 수분함량이 높고 지질함량이 낮으며 콜라겐함량이 높을수록 파괴강도는 증가하였다. 자연산이 양식산, 수입산 참돔보다 파괴강도는 높고 지질함량이 낮게 나타나고 있었다.

2. 참돔에서 ATP 관련 화합물을 살펴보면, 수입산 참돔의 ATP 함량이 $5.30 \pm 1.02 \mu\text{mol/g}$, 양식산은 $8.31 \pm 0.92 \mu\text{mol/g}$, 자연산은 $8.34 \pm 0.70 \mu\text{mol/g}$ 으로 수입산, 양식산, 자연산 순으로 나타났다. 활어의 건강상태 지표인 AEC 수치는 수입산 참돔이 0.90 ± 0.02 , 양식산은 0.90 ± 0.02 , 자연산은 0.91 ± 0.01 로 나타났다.

3. 파괴강도(Y), 수분함량(X_1), 지질함량(X_2), 콜라겐함량(X_3)과 어떤 관련성을 갖고 있고 또한 독립변수로부터 파괴강도를 예측할 수 있는지를 다중회귀분석을 실시하였다. 회귀분석을 실시한 후, 양식산 참돔은 $Y = -3.0600 + 0.0622X_1 - 0.0071X_2 - 0.0367X_3$, 자연산 참돔은 $Y = -3.6708 + 0.0707X_1 - 0.0730X_2 + 0.0215X_3$, 수입산 참돔은 $Y = -1.5845 + 0.0394X_1 - 0.0293X_2 + 0.0530X_3$ 으로 나타났다.

4. 생선회에 대한 전문 패널로부터 얻은 관능평가결과와 Rheo-meter로 측정한 파괴강도를 통하여 참돔은 파괴강도가 1.4 kg이상이면 상급, 1.2~1.4 kg은 중급, 1.2 kg이하이면 하급으로 등급화하였다.

5. 수입산 참돔의 수분, 지질, 콜라겐함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻은 계산된 파괴강도와 Rheo-meter로 측정된 파괴강도는 편차를 감안하면 거의 일치하고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구를 위하여 지도와 격려를 아끼지 않고 이끌어 주신 조영제 지도교수님께 먼저 깊은 감사를 드리며, 식품공학과 장동석 교수님, 이근태 교수님, 김선봉 교수님, 전병수 교수님, 이양봉 교수님, 안동현 교수님, 그리고 Korea Food Tech.의 김태진 소장님께 감사의 뜻을 표합니다.

그리고 논문이 나오기까지 꾀은일을 마다하지 않고 도와준 수산가공실험실의 심길보, 정호진, 배진한, 여해경, 김지연, 김운철, 오상민, 박철윤, 김용제, 강도훈, 박현규, 정선희 등 후배님들과 여러 선배님들에게도 감사드립니다.

특히 2년 동안 같은 실험실에서 함께 공부하며 의를 나눈 이춘복, 김성필, 이상범, 김정선, 김태홍 학우들에게도 감사의 말씀을 전합니다.

마지막으로 제가 이 자리에 설 수 있도록 끝없는 사랑으로 뒷바라지를 해 주신 부모님과 가족들에게 감사의 말씀을 전하며, 앞으로도 이 작은 결실을 출발로 더 큰 목표를 세우고 살아가며, 그 목표를 이룰 수 있도록 부단한 노력을 할 것을 감히 약속드립니다.

참고문헌

- Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991. Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure. J. Sci. Food Agric., 55, 589-597.
- AOAC. 1992. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.
- Atkinson, D. E., 1968. The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. Biochemistry, 7, 4030-4034.
- Bae, J. H., T. J. Kim, H. J. Jeong, H. K. Yeo, K. B. Shim and Y. J. Cho. 2004. Quality evaluation of red seabream (*pagrus major*) by chemoenzymatic method. J. of Aquaculture, 17, 167-172.
- Bergman I. and R. Loxley. 1963. Two improved and simplified methods for the spectrophotometric determination of hydroxyproline. Analytical. Chem., 35, 1961-1965.
- Cho, Y. J., M. S. Cho and Y. J. Choi. 1996. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on the breaking strength of plaice muscle. Bull. Korean Fish. Soc., 29, 912-913.

- Cho, Y. J., M. S. Cho, S. M. Kim and Y. J. Choi. 1997. Effect of anesthesia killing and non-bleeding on physicochemical properties of plaice *Paralichthys olivaceus* muscle at early period after death. Bull. Korean Fish. Soc., 30, 589–594.
- Hatae, K., A. Tobimatsu, M. Takeyama and J. J. Matsumoto. 1986. Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 2001–2007.
- Hwang, G. C., H. Ushio, S. Watabe, M. Iwamoto and K. Hashimoto. 1991. The effect of thermal acclimation on rigor mortis progress of carp stored at different temperatures. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 541–548.
- Ivanovici, A. M., 1980. The adenylate energy charge in the estuarine mollusk, *Pyrazus ebeninus*. Laboratory studies of reponses to salinity and temperature. Comp. Biochem. Physiol., 66A, 43–55.
- Iwamoto, M., H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto. 1987. Effects of storage temperature on rigor–mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. J. Food Sci., 52, 1514–1517.
- Kim, H. Y., J. W. Shim, H. O. Park, S. H. Choi, Y. M. Jang and S. O. Lee. 2000. Comparison of taste compounds of red

- seabream, rockfish and flounders differing in the localities and growing conditions. Korean J. Food Sci. Technol., 32, 550-563.
- Kim, T. J., J. H. Bae, H. K. Yeo, K. B. Shim, H. J. Jeong and Y. J. Cho. 2004. Quality evaluation of red seabream(*Pagrus major*) by physicochemical method. J. of Aquaculture, 17, 173-179.
- Kunisaki, N., K. Takada and H. Matsuura. 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.
- Lee, Y. S. 1998. Studies on the muscle quality of cultured and wild red seabream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). Ph. D. thesis. Kyung Hee University, Korea.
- Maguire, J. A., 1998. Aspects of the biology of cultured scallops (*Pecten Maximus L.*) with particular reference to stress. Ph. D. thesis. University Collage Cork, Ireland.
- Morishita, T., K. Uno, Y. Matsumoto and T. Takahashi. 1988. Comparison of the proximate compositions in cultured red seabream differing the localities and culture methods, and of the wild fish. Bull. Japan Soc. Sci. Fish, 54, 1965-1970.

- Prasad Thakur, D., K. Morioka, Y. Itoh and A. Obatake. 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.
- Shim, K. B., J. H. Bae., H. J. Jeong, H. K. Yeo, T. J. Kim and Y. J. Cho. 2004. Indices for quality evaluation by physicochemical and chemoenzymatic method in red seabream (*pagrus major*). J. of Aquaculture, 17, 228–232.
- Tachibana K., T. Doi, M. Tsuchimoto, T. Misima, M. Ogura, K. Matsukiyo and M. Yasuda. 1987. The effect of swimming exercise on flesh texture of cultured red sea-bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 677–681.
- Thebault, M. T., J. P. Raffin, A. M. Picado, E. Mendonca, E. F. Skorkowski and Y. L. Gal, 2000. Coordinated changes of adenylate energy charge and ATP/ADP : Use in ecotoxicological studies. Ecotoxicology and Environmental Safety, 46, 23–28.
- Touhata K., H. Toyohara, M. Tanaka, Y. Tokuta, M. Sakaguchi and H. Tanaka. 1998. Seasonal change in muscle firmness and proximate composition of red seabream. Fish. Sci., 64, 513–516.

Yoshinaka R., K. Sato and Y. Himizu. 1988. Distribution of collagen I body muscle of fishes with different swimming movement. *Comp. Biochem. Physiol.*, 89B, 147–151