



## 물리 및 효소화학적 방법에 의한 참돔, *Pagrus major*의 품질판정 지표 설정

심길보 · 배진한 · 정호진 · 여해경 · 김태진<sup>1</sup> · 조영제\*

부경대학교 식품생명공학부, <sup>1</sup>(사)한국생선협회

## Indices for Quality Evaluation by Physicochemical and Chemoenzymatic Method in Red seabream, *Pagrus major*

Kil-Bo Shim, Jin-Han Bae, Ho-Jin Jeong, Hae-Kung Yeo, Tae-Jin Kim<sup>1</sup> and Young-Je Cho\*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea  
<sup>1</sup>Korea Association of Sliced Raw Fish

This study evaluates red seabream quality using physicochemical and chemoenzymatic indices. Breaking strength was correlated with moisture content and lipid content of red seabream by a precedent experiment. Moisture content ( $X_1$ ), lipid content ( $X_2$ ) and breaking strength ( $Y$ ) were optimized with multiple regression as,  $Y = -2.53539 + 0.05544X_1 - 0.00161X_2$ . To test the equation, red seabream ( $n=13$ ) were randomly purchased and measured moisture content, lipid content and breaking strength. The calculated breaking strength using the equation was similar to breaking strength measured using Rheo meter. Adenylate energy charge (AEC), a general biochemical index of stress, values of all sample were higher than 0.8 expect two fish. Fish's condition was a good. The equation developed in this study predicts breaking strength with moisture and lipid content measured. Moreover the equation may be used in grading cultured red seabream with calculated breaking strength. Grade according to breaking strength, when it came to over 1.4 kg, was measured as high grade ; when it came to below 1.2 kg, was measured as low grade. Grade according to AEC, when it came to over 0.8, was measured as high grade.

**Keywords:** Quality evaluation, Breaking strength, Multiple regression analysis

### 서 론

삼면이 바다인 우리나라에서 수산식품이 우리의 식생활에 차지하는 비중이 크며, 수산식품이 가지고 있는 건강기능성이나 생리효과가 식품관련 연구자들에 의해 밝혀지면서 소비가 증가하고 있다. 특히, 활어는 동물성 단백질 공급원으로서 양질의 단백질이 많이 들어 있으며, 함황아미노산인 타우린을 많이 함유하고 있다. 또한 질병에 대한 저항력을 길러주는 다양한 영양분들이 들어 있어서 소비자에게 선호되는 식품이다. 그러나 환경오염으로 인한 급속한 연안 오염과 어획의 남용으로 인해 자연산 어류의 생산은 감소하였으나 양식어업은 양식장 시설의 현대화와 양식기술의 발달로 생산이 증가하고 있다. 따라서 현재 유통되고 있는 활어는 자연산이 거의 없고 90% 이상이 양식한 활어가 유통되고 있는 실정이다. Aoki et al. (1991)는 자연산 및 양식산의 참돔, 농어, 은어, 부시리, 넙치 및 전갱이의 일반성

분, 무기질, 지방산, 유리아미노산, 근육경도, 색차에 대한 연구에서 양식산과 자연산 간에는 수분과 지질함량은 역상관 관계가 있으며, 유리아미노산의 경우, taurine, lysine 등의 함량이 자연산과 양식산에 모두 많이 나타났다고 보고하고 있다. 국내의적으로 자연산 및 양식산을 생산지가 동일한 지역에서 시료를 채취하여 이들의 화학성분을 식품 화학적, 영양학적 견지에서 비교 연구가 많이 이루어졌다. 그러나 양식산 활어의 품질비교 연구는 거의 전무한 실정이다. 전보에서 물리 및 효소 화학적 방법을 이용한 양식산 활어의 품질판정 지표로써 수분함량, 지질함량, 콜라겐함량 등을 살펴보았으며, AEC 수치를 이용하여 활어의 건강도를 측정하는 바 있다.

본 연구에서는 이런 품질판정 지표를 이용하여 양식산 활어의 파괴강도를 신속하고 정확하게 판정하기 위하여 파괴강도가 수분, 지질 및 콜라겐함량에 영향을 받는지에 대하여 살펴보았으며, 파괴강도와 독립변수와의 관계식을 알기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 또한 AEC 수치를 적용하여 양식산 활어의 건강도를 측정하여 활어의 등급화를 시도하였다.

\*Corresponding author: yjcho@pknu.ac.kr

**재료 및 방법**

**원료어**

참돔의 파괴강도에 영향을 주는 인자와 파괴강도 예측을 위해 물리·화학적 방법에 의해 품질관정에 사용된 참돔(n=81)의 자료를 이용하였다. 다중회귀분석으로부터 얻어진 파괴강도 방정식을 이용하여 파괴강도를 예측하고 측정된 파괴강도와 비교를 위하여 부산광역시 소재의 계류장의 참돔(n=13)을 무작위로 구입하여 확인실험을 실행하였다.

**실험방법**

**가. 수분 및 지질 함량**

수분은 105°C 상압 가열건조법, 지질함량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다.

**나. 파괴강도(breaking strength)의 측정**

Ando et al. (1991)의 방법에 따라 Rheo meter (Compac-100, Sun, Japan)를 이용하여 참돔의 등쪽 근육을 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/min의 최고값을 측정하였다. 실험결과는 각 참돔에 대하여 4~8회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다.

**다. 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 µm membrane filter) 및 탈기한 후 HPLC (Waters 600, USA)에 주입하였다. Column 이 동상으로는 0.2% triethylamine solution (pH 7.0)을 사용하였다. 측정조건은 시료주입량 5 µl, 이동상 유량 0.8 ml/min, column 온도 40°C, 흡수파장 254 nm, peak 면적 적산법, 분석시간은 50분 이었다.

**라. Adenylate energetic charge (AEC)의 측정**

Thebault et al. (2000)의 방법에 의거, 실험어를 죽살하여 근육을 절취한 다음, perchloric acid로 nucleotides를 추출하였다. 추출된 nucleotides는 ATP 관련 화합물의 분석 조건을 이용하여

HPLC로 분석 후, 아래의 식을 이용하여 AEC 수치를 계산하였다.

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

**마. 통계처리**

SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램을 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며 각 성분간의 상관분석을 실시하였다. 다음으로 파괴강도(Y)가 수분함량(X<sub>1</sub>), 지질함량(X<sub>2</sub>), 콜라겐함량(X<sub>3</sub>)과 어떤 관련성을 갖고 있고 또한 독립변수로부터 파괴강도를 예측할 수 있는지를 다중회귀분석을 실시하였다.

**결 과**

양식산 참돔이 품질관정을 위하여 조사된 근육의 체성분간의 상관성을 피어슨 상관계수로 Table 1에 나타내었다. 수분함량과 지질함량, 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성을 살펴보면 수분함량과 지질함량을 제외하고 모두 양의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으며, 그 상관계수는 각각 -0.9383, 0.3139, 0.5998로 나타났다(P<0.05). 반면에 지질함량과 콜라겐함량, 파괴강도의 상관성은 모두 음의 상관성을 가지는 것으로 나타났으며 상관계수는 각 -0.3265, -0.5648로 나타났다(P<0.05). 콜라겐함량과 파괴강도의 상관관계가 0.1557로 나타났으며 두 성분간의 상관관계가 없게 나타났다(P>0.05). 이 결과를 이용하여 파괴강도(Y), 수분함량(X<sub>1</sub>) 그리고 지질함량(X<sub>2</sub>)간의 다중회귀분석을 SAS를 통하여 실시하였으며 파괴강도 방정식은 다음과 같다.

$$Y = -2.53539 + 0.05544X_1 - 0.00161X_2 \quad (R^2=0.7777)$$

Table 2는 파괴강도 방정식 확인을 위하여 무작위로 선정된 참돔(n=13)의 수분함량, 지방함량 및 파괴강도를 나타낸 것이다. 참돔의 파괴강도는 지질함량이 적을수록 높게 나타나고 있었다. 여기서 측정된 수분함량과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다.

Fig. 1은 무작위로 선택된 참돔의 수분과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 얻어진 파괴강도와 참돔에서 실제로 측정된 파괴강도를 비교하여 나타내었다.

Table 3은 각 참돔의 ATP 관련 화합물과 건강상태의 지표인 AEC 수치를 나타내었다. 어체의 크기에 따른 ATP 관련 화합물의 차이는 나타나지 않았으며 ATP는 각 개체에 따라서 약간

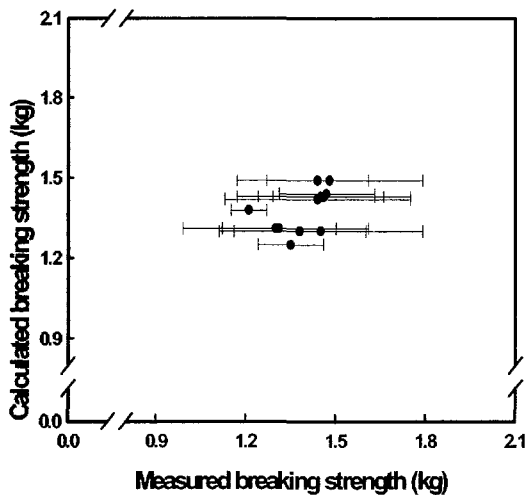
**Table 1.** Regression coefficients of second order polynomials representing relationship between breaking strength and moisture content, lipid content, collagen content

	Moisture content	Lipid content	Collagen content	Breaking strength
Moisture content	1.0000			
Lipid content	-0.9383*(<0.0001)	1.0000		
Collagen content	0.3139*(0.0043)	-0.3265*(0.0029)	1.0000	
Breaking strength	0.5998*(<0.0001)	-0.5648*(<0.0001)	0.1557(0.1652)	1.0000

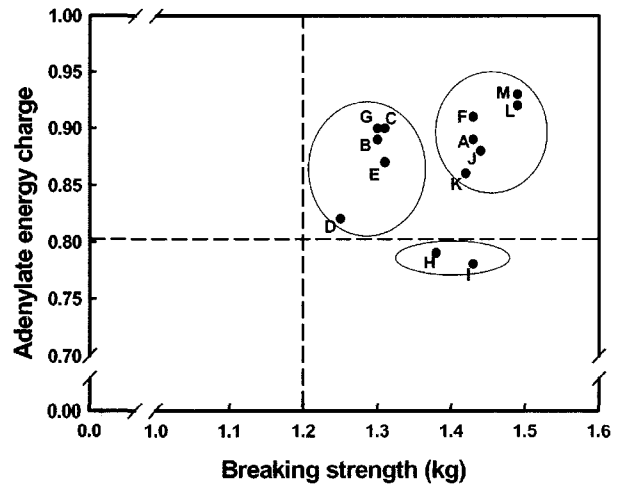
\*Correlation is significance at the 0.05 level.

**Table 2.** The content of proximate composition and breaking strength and prediction value of breaking strength in commercial red seabream

Sample	Weight (kg)	Moisture content (%)	Lipid content (%)	Measured breaking strength (kg)	Calculated breaking strength (kg)
A	1.46	73.42±0.22	4.19±0.00	1.46±0.29	1.43
B	1.12	71.22±0.13	7.03±0.27	1.45±0.34	1.30
C	1.12	71.41±0.01	6.91±0.06	1.30±0.31	1.31
D	0.68	70.24±0.24	8.56±0.07	1.35±0.11	1.25
E	0.80	71.41±0.42	7.03±0.27	1.31±0.19	1.31
F	0.80	73.55±0.12	4.79±0.35	1.45±0.21	1.43
G	0.81	71.23±0.29	7.12±0.10	1.38±0.22	1.30
H	0.68	72.63±0.25	5.88±0.12	1.21±0.06	1.38
I	0.52	73.47±0.28	5.09±0.05	1.46±0.17	1.43
J	0.60	73.63±0.26	4.19±0.02	1.47±0.16	1.44
K	0.60	73.34±0.07	5.21±0.14	1.44±0.31	1.42
L	0.53	74.53±0.02	4.88±0.01	1.48±0.31	1.49
M	0.55	74.53±0.22	4.50±0.03	1.44±0.17	1.49



**Fig. 1.** Plot measured and calculated breaking strength in red seabream.



**Fig. 2.** Grading for commercial red seabream by adenylate energy charge (AEC) and breaking strength. --- Quality standard by AEC and breaking strength.

의 차이를 보이고 있었다. 건강상태의 지표인 AEC 수치는 2마리를 제외하고 양호한 상태였다.

Fig. 2는 파괴강도 및 AEC 수치를 이용하여 참돔의 품질 등급을 나누어 나타내었다. H와 I개체는 파괴강도는 높지만 AEC 수치가 낮아서 품질판정에서 낮은 등급을 받게 되었다.

**고 찰**

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. 본 연구에서도 개체 크기가 비슷한 참돔에서도 수분함량과 지질함량의 차이가 나타난 것은 양식장별로 사용된 사료의 차이에 의한 것으로 보인다.

우리나라의 활어 시장에서 활어의 품질을 단지 외관적 특성

**Table 3.** Changes of adenylate energy charge (AEC) level in commercial red seabream

(unit : μmole/g)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ATP	8.76	8.71	8.62	4.08	5.96	8.72	8.58	3.41	3.32	7.46	6.74	8.82	8.89
ADP	0.97	1.18	1.03	1.01	1.08	0.92	0.91	1.11	1.16	1.06	1.23	0.81	0.80
AMP	0.60	0.53	0.55	0.51	0.47	0.45	0.57	0.49	0.53	0.52	0.58	0.45	0.35
IMP	0.25	0.17	0.19	0.21	0.19	0.17	0.16	0.17	0.20	2.17	2.84	0.21	0.18
AEC	0.89	0.89	0.90	0.82	0.87	0.91	0.90	0.79	0.78	0.88	0.86	0.92	0.93

과 중량을 중심으로 판단하고 있다. 즉 활어의 품질과는 상관 없이 비만도가 높은 활어가 높은 가격에 유통되고 있다. 활어의 품질을 결정하는 중요한 요인 중 하나는 씹힘성으로, Lee (1998)는 양식 및 자연산 도미와 넙치 어육의 특성에 관한 연구에서 관능검사와 파괴강도와 상관성이 높다고 보고하였다. 이를 통하여 파괴강도를 신속하고 정확하게 측정하기 위하여 파괴강도에 미치는 여러 가지 영향인자에 대하여 살펴보았으며 수분함량과 지질함량에 의하여 상관성이 크게 나타났다. Thakur et al. (2002)는 양식산 방어의 부위별로 파괴강도에 영향을 미치는 생화학적 성분에 관한 연구에서 지질함량이 낮고 콜라겐함량이 높을수록 파괴강도가 높다고 하였다. 또한 부위별로 콜라겐함량을 살펴본 결과, 운동 부위인 꼬리 근육이 등쪽 근육보다 높은 콜라겐함량을 나타낸다고 보고하였다. 즉 운동이 실제적으로 일어나는 꼬리 근육에서 콜라겐함량은 증가하나 생선회의 가식부위인 등쪽 근육을 연구에 사용하였기 때문에 운동 및 비운동에 따른 콜라겐함량의 변화가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 그러므로, 파괴강도는 수분함량과 지질함량에 의해 상관관계가 형성되지만 콜라겐함량과는 상관관계가 형성되지 않는다. 이를 통하여 수분함량은 증가하고 지질함량은 감소할수록 파괴강도는 커진다는 결론이다. 이 결과를 이용하여 회귀분석을 실시하여  $Y = -2.53539 + 0.05544X_1 - 0.00161X_2$ 와 같은 파괴강도 방정식을 얻었다. Rheo meter를 이용하여 파괴강도를 측정 한 값과 파괴강도 방정식에 수분함량과 지질함량을 대입하여 얻어진 파괴강도를 비교했을 때, 측정된 파괴강도의 편차를 감안하면 파괴강도 방정식에서 얻어진 파괴강도와 비슷한 결과 값을 얻을 수 있었다.

AEC는 스트레스 지표를 판단하기 위하여 Atkinson (1968)에 의하여 제안되었으며 온도, 염도, 운동량, 생식(生殖), 기아 등 여러 가지 스트레스 요인에 대하여 생화학적인 반응을 반영하고 있다(Livingstone, 1982). Zarogian et al. (1982)는 AEC의 등급화를 시도하였는데, 생체기관의 성장과 재생산이 최적일 때 AEC 수치가 0.8 이상을 나타내었다. 또한 성장이 줄고 재생산이 되지 않는 제한된 상태에서는 AEC 수치가 0.5~0.7을 나타내었고 성장과 재생산이 되지 않는 상태에서는 AEC 수치가 0.5 이하를 나타낸다고 보고하였다. 본 연구에서는 등급화 된 AEC 수치를 적용시켜 참돔의 품질 판정을 시도하였으며 참돔 13마리 중 2마리를 제외하고 AEC가 0.8~1.0로 건강 상태는 양호하였다. AEC 수치가 0.78인 참돔(I)에서 상피세포의 박리 및 염증이 나타났다.

따라서 양식산 참돔에 있어서 수분함량과 지질함량을 파괴강도 방정식에 대입하여 파괴강도를 얻을 수 있으며 파괴강도에 의한 등급은 1.4 kg 이상은 상급, 1.2~1.4 kg은 중급, 1.2 kg 이하를 하급으로 선정하며, AEC 수치가 1.0~0.8는 상급, 0.8 이하를 중급으로 선정하여 등급화를 분류하여 살펴 본 결과, H와 I개체는 파괴강도는 높지만 AEC 수치가 낮아서 품질판정에서 낮은 등급을 받게 되었다.

## 요 약

수분, 지질, 콜라겐함량 및 파괴강도의 상관관계 살펴본 결과, 파괴강도는 수분함량 및 지질함량과 상관관계가 있으며 상관계수는 각각 0.5998, -0.5648로 나타났다( $P < 0.05$ ). 이를 통하여 파괴강도(Y), 수분함량( $X_1$ ) 그리고 지질함량( $X_2$ )간의 다중회귀분석을 실시하여  $Y = -2.53539 + 0.05544X_1 - 0.00161X_2$ 와 같은 파괴강도 방정식을 얻었다. 파괴강도 방정식의 확인을 위하여, 무작위로 선택된 참돔 13마리에 대하여 수분함량, 지질함량 그리고 파괴강도를 측정하였다. Rheo meter를 이용하여 파괴강도를 측정 한 값과 파괴강도 방정식에 수분함량과 지질함량을 대입하여 얻어진 파괴강도를 비교했을 때, 측정된 파괴강도의 편차를 감안하면 파괴강도 방정식에서 얻어진 파괴강도와 비슷한 결과 값을 얻을 수 있었다. 즉 참돔의 수분함량과 지질함량을 통해서 파괴강도 방정식에 대입하여 계산된 파괴강도를 얻을 수 있었다. 건강상태의 지표인 AEC 수치는 몇 마리의 개체를 제외하고 건강은 양호한 상태였다. 양식산 참돔에 있어서 파괴강도에 의한 등급은 1.4 kg 이상은 상급, 1.2~1.4 kg은 중급, 1.2 kg 이하를 하급으로 선정하며, AEC 수치는 1.0~0.8는 상급, 0.8 이하를 중급으로 선정하여 등급화 하였다.

## 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.
- Aoki, T., K. Takata and N. Kunisaki, 1991. Comparison of nutrient components of six species of wild and cultured fishes. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **57**: 1927-1934.
- Atkinson, D. E., 1968. The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. *Biochemistry* **7**: 4030-4034.
- Iwamoto, M., H. Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe and K. Hashimoto, 1987. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage, and activities of some enzyme involved. *J. Food Sci.*, **53**: 1162-1165.
- 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 (in Korean).
- Livingstone, D. R., 1982. General biochemical indices of sublethal stress. *Mar. Pollut. Bull.*, **13**: 261-263.
- 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.
- Thakur, D. P., Morioka K., Itoh Y. and 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.

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.

Zarogian, G. E., J. H. Gentle, J. F. Heltshe, M. Johnson and A. M. Ivanovici, 1982. Application of adenine nucleotide measure-

ments for the evaluation of stress in *Mytilus edulis* and *Crassostrea virginica*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **71b**: 643-649.

---

원고접수 : 2004년 3월 22일

수정본 수리 : 2004년 7월 13일

책임편집위원 : 권혁추