

생선회의 육질향상에 관한 연구

1. 생선회 육질향상에 미치는 저온 브라인 온도의 영향

심길보[†] · 이기봉 · 김태진* · 조영제
부경대학교 식품생명공학부 · *한국생선회 협회

Improvement of Sliced Raw Fish Texture

1. Effect of Cold Brine Temperature on Sliced Raw Fish Texture

Kil Bo SHIM[†], Gi Bong LEE, Tae Jin KIM*, Young Je CHO
Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
*Korea Association of Sliced Raw Fish

To improve the sensory quality of sliced raw fish, the effect of cold brine temperature on the texture properties was investigated. Fishes were immersed in cold brine by various condition and killed instantly by spiking at the head. The onset of rigor-mortis was accelerated by decrease of immersion temperature. Also, the time reaching full rigor was shortened remarkably too. However, the rigor index of samples immersed in the cold brine decreased more than that of samples killed instantly. Rigor index was the highest in samples killed instantly, followed by 0°C, -5°C, -10°C, -12.5°C, -15°C and -20°C in that order. The breaking strength of samples immersed in the cold brine increased slowly but did not increase through all the conditions in the samples. Breaking strength of all samples immersed in the cold brine decreased significantly after reaching the maximum values ($p < 0.05$). The lactate content of muscle was increased by the decreased brine temperature, however ATP content decreased. Minimum lactate and maximum ATP content in fish muscle showed at -12.5°C. Those results demonstrate that optimal temperature for improvement of sliced raw fish quality by cold brine was -12.5°C.

Key words: Sliced raw fish, Cold brine, Breaking strength, Rigor-index, Lactate, ATP

서 론

근육의 단단함은 생선회의 맛에 직결되며, 육질이 단단한 어종일수록 고급횡감으로 취급되므로 생선회로 섭취하는 활어의 근육을 단단하게 만들려고 하는 일련의 연구들이 진행되었다. 생선회의 단단함은 어종이나 신선도에 따라 달라지지만 이외에 근육 중의 결합조직의 주성분인 collagen의 함량 및 분포형태가 육질의 단단함과 높은 상관관계가 있다 (Ando et al., 1992, 1993). 이러한 목적을 달성하기 위하여 양식 어류를 출하 전에 일정기간 강제로 운동시키거나 육 중의 결합조직의 함량을 향상시키기 위하여 한약재료를 사료에 첨가하는 방법 등이 연구된 바 있다 (Tachibana et al., 1988; 谷本·高橋, 1991). 한편, 근육의 수축에 의한 단단함은 육의 수축에 의하여 생기는 단단함으로, 사후 초기에 collagen 섬유질의 붕괴가 일어나지 않는 단계에서 처리조건을 조절하여 근육에 물리적인 장력을 발생시켜 근육의 수축에 의한 단단함을 증가시킬 수만 있다면, 생선회의 품질을 활어가 가지고 있는 본래의 상태에 비하여 훨씬 더 우수하게 만들 수 있을 것이다. 당 연구실에서는 생선회의 육질을 개선할 수 있는 저온 브라인 침지장치를 고안하여, 주식회사 에이알에서 제작하였다.

따라서, 본 연구에서는 저온 브라인 침지장치를 이용하여

생선회의 육질을 향상시킬 수 있는 최적의 조건을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

원료어

본 실험에 사용한 활어는 넙치 (olive flounder, *Paralichthys olivaceus*), 우럭 (black rockfish, *Sebastes schlegelii*)으로 도균수산(부산광역시 수영구 민락동 소재)에서 활어상태로 실험실로 운반하여 15°C 상온의 해수에서 약 6시간 피로를 완전히 회복시킨 후에 즉살 (두부의 급소를 강타)사 및 생선횡감의 육질향상을 위한 저온 브라인 용액에 침지시켜 시료로 사용하였다.

저온 브라인 침지장치 및 처리

브라인 용액의 온도를 -20°C 이하로 저하시킬 수 있는 저온브라인 침지장치는 (주)에이알에서 제작한 것을 사용하여, 활어를 0°C, -5°C, -10°C, -12.5°C, -15°C, -20°C에 각각 5분 동안 침지하였다.

사후경직도(rigor-index)의 측정

생선회의 사후경직도는 Bito et al. (1983)의 방법에 따라서 측정하였다.

파괴강도(breaking strength)의 측정

파괴강도는 Ando et al. (1991)의 방법에 따라 Rheo-

[†]Corresponding author: kilbol221@korea.com

meter (Compac-100, Sun, Japan)을 이용하여 활어의 등육과 배육에 대하여 측정하였다. 즉, 활어를 밀면이 평행하게 필렛하여 20×20×10 mm³ 크기로 정사각형의 칼집을 위에서 찍은 후에, 칼집위로 돌출된 부분을 잘라내고 육의 두께를 100 mm로 균일하게 하여 측정시료로 사용하였다. 파괴강도값은 직경 10 mm cylinder plunger를 사용하였으며, 속도 60 mm/min때의 최고값을 측정하였다.

젖산(lactic acid) 및 ATP 관련물질의 함량 측정

젖산의 함량은 생선회의 육으로부터 제단백추출액을 사용하여 Baker와 Summerson (1941)의 방법에 따라 측정하였고, Iwamoto et al. (1987)의 방법으로 ATP 관련물질을 추출하여 HPLC (Waters Co.)로 분석하였다.

통계처리

실험결과는 측정항목에 대하여 각 15-20회 측정하여 계산하였으며, 통계 처리는 SAS 프로그램을 이용한 분산분석표 (Analysis of variance table: ANOVA table)를 작성하였으며, Duncan의 다중범위 검정 (Duncan's multiple range test)으로 p<0.05 에서 결과간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

파괴강도(breaking strength)의 변화

저온 브라인 침지장치를 이용하여 브라인 용액의 침지온도를 0℃, -5℃, -10℃, -12.5℃, -15℃, -20℃로 달리하였을 때 침지온도에 따른 넙치와 우럭의 파괴강도 변화를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 넙치 등육의 파괴강도는 즉살구가 1.48 kg, 0℃는 1.63 kg, -5℃는 1.65 kg, -10℃는 1.84 kg, -12.5℃는 1.95 kg, -15℃는 1.75 kg, -20℃는 1.64 kg으로 -12.5℃

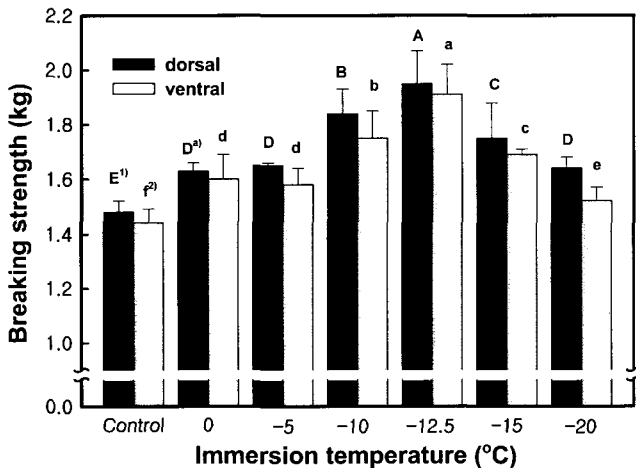


Fig. 1. Effect of brine temperature on the breaking strength of olive flounder muscle.

- 1) Capital letters within breaking strength of dorsal flesh are significantly different(p<0.05).
- 2) Small letters within breaking strength of ventral flesh are significantly different(p<0.05).
- a) Means with the same alphabet are not significantly by Duncan's multiple range test(p<0.05).

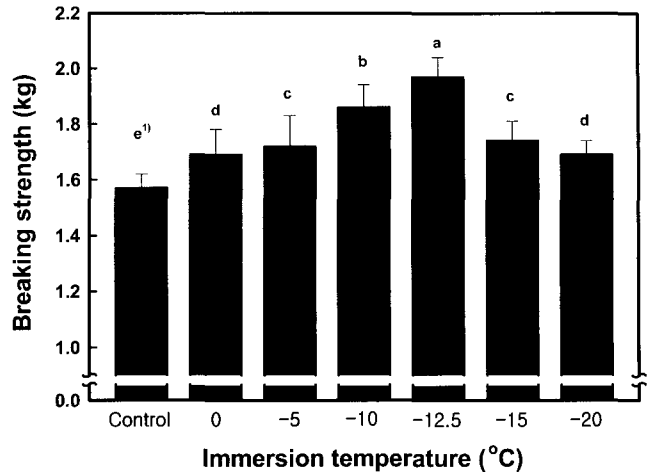


Fig. 2. Effect of brine temperature on the breaking strength of black rockfish muscle.

- 1) Means with the same alphabet are not significantly by Duncan's multiple range test(p<0.05).

에 침지시 가장 높은 값을 나타냈다. 또한, 넙치 배육에서도 등육에 비해서는 파괴강도값이 낮았지만, 저온 브라인 용액에 침지시 즉살시킨 넙치육에 비해 파괴강도값이 높은 경향을 나타냈다. 우럭을 넙치와 같은 조건으로 실험하였을 때, 즉살구가 1.57 kg, 0℃는 1.69 kg, -5℃는 1.72 kg, -10℃는 1.86 kg, -12.5℃는 1.97 kg, -15℃는 1.74 kg, -20℃는 1.69 kg로, 넙치와 같이 -12.5℃에서의 파괴강도값이 즉살시킨 우럭 등육에 비해 높았다. 파괴강도값이 최고로 상승한 -12.5℃에서의 육질향상 정도는 넙치와 우럭이 각각 30%, 25% 정도로 나타났다. 그러나, -12.5℃보다 침지 온도가 높거나 낮아지면 파괴강도값은 낮았으나, 저온 브라인 용액에 침지한 넙치와 우럭의 육이 즉살한 넙치와 우럭의 육보다는 높은 파괴강도를 나타냈다. 이러한 결과는 Cho and Lee (1994)가 보고한 바와 같이 collagen 섬유의 취약화에 의한 background toughness가 저하하지 않은 상황에서 저온 브라인 용액 침지에 의한 급속한 ATP의 분해로 myosin과 actin의 결합이 가속화되어 actomyosin toughness가 증대된 결과로 여겨진다. 그리고 0℃, -5℃, -10℃의 경우 actomyosin toughness를 최대로 할 수 있는 ATP의 분해를 -12.5℃만큼 충분히 가속화시키지 못하여 파괴강도 값이 낮은 것으로 추측된다. 또한 -15℃, -20℃의 경우 actomyosin toughness는 증가되지만 과도한 온도저하로 인하여 collagen 섬유가 취약화되어 background toughness를 저하시키기 때문이라고 생각한다. 활어의 종류에 따라서 파괴강도의 차이는 있었으나, -12.5℃의 브라인에 활어를 일정시간 침지시키면, 넙치와 우럭 등 중요 횡감용 어육의 파괴강도가 최고값을 가졌다. 이는 차가운 브라인의 냉기가 활어의 신경자극을 유발하여 근육의 수축을 강력하게 발생시키므로 육질이 단단하게 되며, 근육이 수축된 상태인 활어를 생선회로 조리하면 신경전달 체계가 끊겨져 버리므로, 수축된 근육이 이완되는

가역적인 반응이 일어나지 못하기 때문으로 판단된다.

사후경직도(rigor-index)의 변화

사후경직은 어류의 사후변화 과정 중 일어나는 가장 현저한 현상으로 선도의 중요한 지표가 된다. 경직의 기구는 근육 중 ATP의 소실과 관련되어 있어, ATP가 어느 정도 감소하면 경직이 시작되며, ATP의 소실과 더불어 경직이 완료된다 (Watabe et al., 1991). 저온 브라인에 넘치와 우럭을 침지한 후에 5°C 저장 중 사후경직도의 변화를 Fig. 3 과 Fig. 4에 나타내었다. 사후경직도는 넘치 즉살구가 29시간 후 90%로 최대 경직을 보였으며, 0°C는 27시간 후 85%, -5°C는 25시간 후 83%, -10°C는 23시간 후 79%, -12.5°C는 20시간 후 80%, -15°C는 18시간 후 76%, -20°C는 16시간 후 70% 였다. 우럭은 즉살한 경우, 24시간 후 89.5%로 최고 경직도를 나타내었고, 0°C는 23시간 후 87.1%, -5°C는 22시간 후 86.0%, -10°C는 20시간 후 82.4%, -12.5°C는 18시간 후 78.8%, -15°C는 16시간 후 74.4%, -20°C는 14시간 후 70.8%로, 넘치와 우럭 모두 침지온도가 낮아짐에 따라서 최고경직까지의 도달시간이 짧아지고 경직도도 낮아지는 결과를 나타내었다. 이와 같이 브라인에 침지시킨 것이 사후 경직의 진행속도가 빨랐는데, 이것은 브라인 침지시 저온에 의하여 ATP의 분해가 촉진되어 신속한 해당작용의 진행으로 인하여 경직의 진행속도가 현저히 빨라지기 때문 이라고 생각된다. 이것은 Cho et al. (1995)이 전기자극시킨 넘치가 즉살한 넘치보다 사후경직이 촉진된다는 보고와 일치하였으며, Will et al. (1979)도 우육을 전기자극시키면 경직의 진행속도가 빨라진다는 보고와도 일치하였다.

젖산 (Lactate)함량의 변화

생체중에 ATP 합성에 관여하는 대사계로서 glycogen 및 glucose를 출발물질로 하는 혐기적 대사인 해당을 들 수 있다. Glycogen은 glycogen phosphorylase의 작용에 의하여 glucose-1-phosphate를 생성하며, glycogen 1 mole로부터 최종적으로 2 mole의 L-lactate 및 2 mole의 ATP가 생성된다. 사후초기에는 근육에는 거의 축적되어 있지 않으나, ATP 함량이 감소하면 경직이 시작되는데 이 시점에서 젖산의 축적은 증가하기 시작한다. 그러나, 본 실험에서는 저장중의 젖산함량의 변화를 살핀 것이 아니라, 저온 브라인에 의하여 근육이 수축된 정도와 젖산량의 관계를 살펴보기 위하여 조사하였다.

넘치와 우럭을 브라인의 온도에 따라 침지하였을 때 젖산함량 변화를 Table 1에 나타내었다. 넘치의 즉살구에서는 7.5±0.2 μmole/g이었으며, 0°C는 7.8±0.4 μmole/g, -5°C는 8.7±0.2 μmole/g, -10°C는 9.0±0.1 μmole/g, -12.5°C는 10.5±0.5 μmole/g, -15°C는 8.6±0.1 μmole/g, -20°C는 7.9±0.6 μmole/g의 함량을 나타냈다. 또한 우럭의 즉살구에서는 6.1±0.3 μmole/g이었으며, 0°C는 7.2±0.1 μmole/g, -5°C는 7.7±0.2 μmole/g, -10°C는 8.2±0.6 μmole/g, -12.5°C는

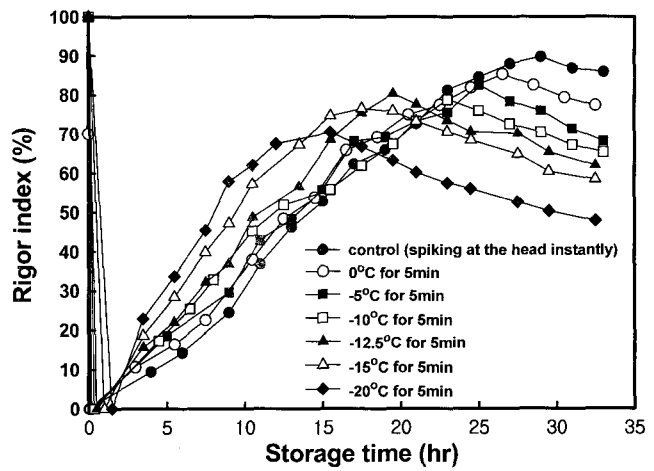


Fig. 3. Changes of rigor-index in olive flounder muscle by brine temperature.

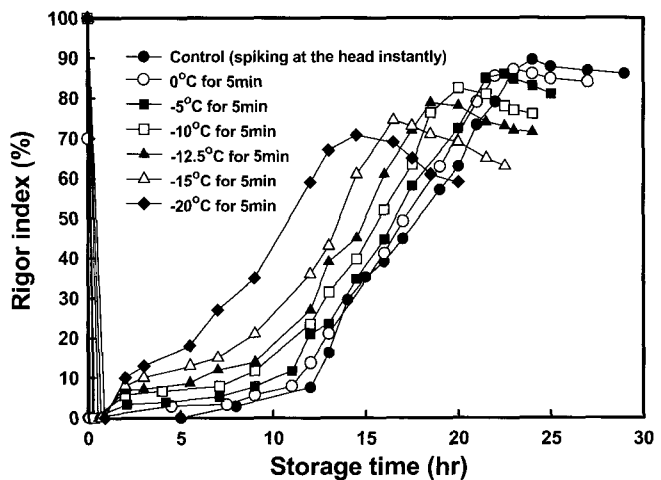


Fig. 4. Changes of rigor-index in black rockfish muscle by brine temperature.

Table 1. Changes of lactate contents in olive flounder and black rockfish muscle by immersion temperature

Immersion temperature (°C)	Lactate content (μmole/g)	
	Olive flounder	Black rockfish
Control	7.5±0.2 ^{a*}	6.1±0.3 ^f
0	7.8±0.4 ^d	7.2±0.1 ^d
-5	8.7±0.2 ^c	7.7±0.2 ^c
-10	9.0±0.1 ^b	8.2±0.6 ^b
-12.5	10.5±0.5 ^a	8.7±0.2 ^a
-15	8.6±0.1 ^c	6.6±0.4 ^e
-20	7.9±0.6 ^d	6.2±0.5 ^f

*Means with the same alphabet are not significantly different by Duncan's multiple range test (α=0.05)

8.7±0.2 μmole/g, -15℃는 6.6±0.4 μmole/g, 그리고 -20℃는 6.2±0.5 μmole/g으로 브라인의 온도가 저하함에 따라 젖산 함량은 증가하다가 -12.5℃에서 최대값을 가지고, 이 보다 더 낮은 온도에서는 다시 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 바와 같이 넙치와 우럭의 파괴강도 경향과 유사하였다. 즉 근육이 강하게 수축되면서 수축을 위한 에너지로써 ATP를 소비하게 되고, 소비된 ATP 만큼 젖산에 생성되었기 때문으로 판단되어진다.

ATP 관련물질의 변화

근육의 사후변화와 ATP 관련물질의 함량사이에는 밀접한 연관이 있으며, ATP는 사후에 ATP → ADP → AMP → IMP → inosine(HxR) → hypoxanthin(Hx)의 경로를 통하여 분해된다. 어육은 사후 ATP가 급속히 감소함에 따라 IMP의 함량이 증가한다고 밝혀져 있다 (Iwamoto et al., 1987, 1988).

저온 브라인의 온도에 따라 침지시킨 넙치와 우럭의 ATP 관련물질의 변화를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. ATP 관련물질의 전체함량은 넙치가 약 12.0 μmole/g, 우럭은 약 8.3 μmole/g으로 유사하였으며, 넙치 즉살구의 경우 ATP함량이 8.5 μmole/g이었고, 0℃는 7.6 μmole/g, -5℃는 7.4 μmole/g, -10℃는 6.8 μmole/g, -12.5℃는 6.5 μmole/g, -15℃는 7.2 μmole/g, -20℃는 7.7 μmole/g이었고, 우럭 즉살구의 경우 ATP함량이 6.9 μmole/g, 0℃는 6.6 μmole/g, -5℃는 6.2 μmole/g, -10℃는 6.1 μmole/g, -12.5℃는 5.9 μmole/g, -15℃는 6.1 μmole/g, -20℃는 6.5 μmole/g으로, 넙치와 우럭 모두 -12.5℃에서 침지시 ATP함량이 가장 낮게 나타났으며, ADP와 AMP의 함량은 대체로 비슷하였다. 어육내의 ATP 관련물질은 파괴강도와 밀접한 관계가 있으며, 어육의 사후경직 중 근육의 ATP가 일정수준을 유지하고 있을 때에는 myosin과 actin의 결합에 의하여 수축된 근육은 가역적으로 이완되지만, ATP의 재생체계가 차단되어 ATP의

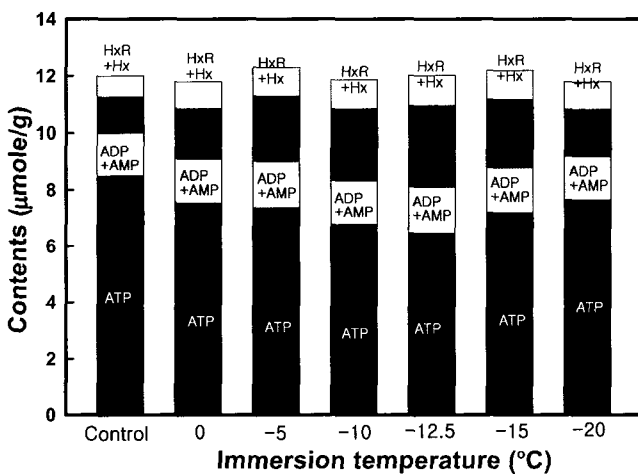


Fig. 5. Effect of brine temperature on the ATP related compounds of olive flounder muscle.

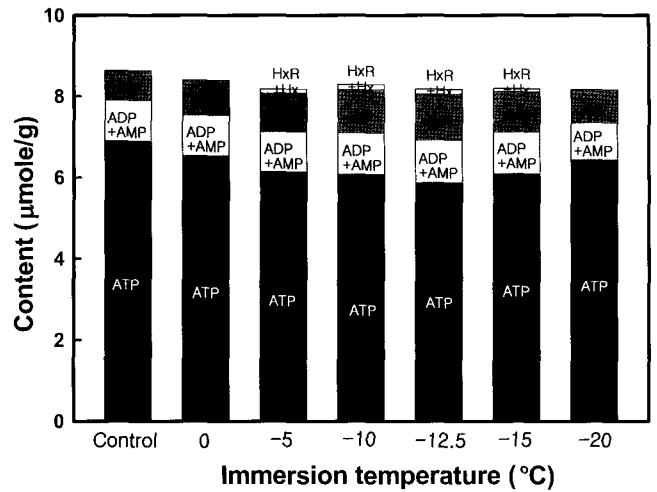


Fig. 6. Effect of brine temperature on the ATP related compounds of black rockfish.

함량이 감소되면 myosin과 actin이 불가역적으로 강하게 결합하여 사후 경직이 급속히 진행되어 ATP의 농도가 1 μmole/g 이하로 저하하면 사후경직이 거의 완료된다. Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 바와 같이, -12.5℃에서 넙치와 우럭의 파괴강도가 최대를 보인 것과는 반대로, ATP 관련물질은 가장 낮은 값을 보였다. 이는 Kim (1998)이 보고한 전기치사에 의한 육질의 변화에서 나타난 바와 같이, 근육이 강하게 수축되었을 때, 파괴강도와 ATP 관련물질 함량과는 역의 관계를 가진다는 보고와 유사하였다. 그러므로, 근육의 수축이 최대로 일어난 -12.5℃에서 파괴강도와 젖산함량이 가장 높았으며, ATP 관련물질의 함량은 가장 낮게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2001년부터 2002년 까지 해양수산 중소벤처 기술개발지원사업으로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165-1169.

Ando, M., H. Toyohara and M. Sakaguchi. 1992. Three-dimensional structure of collagen fibrillar network of pericellular connective tissue in association with firmness of fish muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 1361-1364.

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1993. Post-mortem tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1073-1076.

- Baker, S.B. and W.H. Summerson. 1941. The Calorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem., 138, 538-542.
- Bito, M. K. Yamada, Y. Mikumo and K. Amano. 1983. Studies on the rigor mortis of fish - I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 109, 89. (in Japanese)
- Cho, Y.J., K.W. Lee. 1994. Early Changes after Death of Plaice, *Paralichthys olivaceus* Muscle 5. Effect of storage temperature on morphological changes of myofibrils and histological changes of muscle. Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 114-120. (in Korean)
- Cho, Y.J., N.G. Lee and H.M. Yang. 1995. Effects of electrical stimulation on physicochemical and rheological properties of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at early period after death. Bull. Kor. Fish. Soc. 28, 23-30. (in Korean)
- Iwamoto, M., H. Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe and K. Hashimoto. 1988. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage, and activities of some enzyme involved. J. Food Sci., 53, 1162-1165.
- 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, T.J. 1998. Effect of electrical stimulation on physicochemical properties of muscle protein from plaice. Pukyong National Univ. Ph. D. Thesis.
- Tachibana, K., T. Doi, M. Tsuchimoto, T. Misima, M. Ogura, K. Matsukiyo and M. Yasuda. 1988. The effects of swimming exercise on flesh texture of cultured red sea-bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 677-681.
- Watabe, S., M. Kamal and K. Hashimoto. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate and lactate in sardine muscle. J. Food Sci., 56, 151-153.
- Will, P.A., R.L. Henrickson, R.D. Morrison and G.V. Odell. 1979. Effect of electrical stimulation on ATP depletion and sarcomere length in delay-chilled bovine muscle. J. Food Sci., 44, 1646-1648.

2002년 11월 26일 접수
2003년 4월 7일 수리