

넙치(*Paralichthys olivaceus*)육의 사후 초기 변화

4. 치사 방법이 육의 사후 경직도와 파괴 강도에 미치는 영향

조영제 · 이남걸 · 김육용 · 김재현 · 최영준* · 김건배** · 이근우**
부산수산대학교 식품공학과 · *통영수산전문대학 수산가공과 · **군산대학교 수산가공학과

Early Changes after Death of Plaice, *Paralichthys olivaceus* Muscle

4. Effect of Killing Methods on Rigor Index and Breaking Strength of Muscle

Young-Je CHO · Nam-Geoul LEE · Yuck-Yong KIM ·
Jae-Hyun KIM · Yeung-Joon CHOI* · Geon-Bae KIM** and Keun-Woo LEE**

*Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea*

**Department of Marine Food Science and Technology, Tong-Yeong Fisheries College,
ChungMu 650-160, Korea*

***Department of Seafood Processing, Kunsan University,
Kunsan 573-360, Korea*

This study was undertaken to clarify the effect of killing methods on physical and rheological changes of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at early period after death. Plaices killed by the four different methods(1. spiking at the brain instantly. 2. drowning in air. 3. dipping in 1,000ppm ethylaminobenzoate dissolved sea water as an anesthetic. 4. electrifying in sea water.) were stored at 5°C, and the rigor-index and breaking strength through storage were monitored.

The longest onset time of rigor-mortis and full rigor was in the samples killed by dipping in sea water with dissolved anesthetic among all samples, where rigor-mortis began at 20hrs after killing and maximum tension was attained after 56hrs. However, in the cases of plaice electrified in sea water or drowned in air, the onset of rigor-mortis began just after killing and maximum tensions were attained after 9hrs and 13hrs, respectively.

The level of breaking strength in the muscle of fish killed by spiking the brain instantly was 950.30 ± 50.23g, immediately after killing. The value and time reached around the maximum breaking strength for each of the samples were 1,230.60 ± 30.32g and 0hr (immediately after killing) for samples killed by electrifying in sea water, 1,235.83 ± 35.37g and 2.5hrs for drowning samples, 1,186.29 ± 55.90g and 10hrs for spiking samples, and 1,189.67 ± 50.32g and 15hrs for samples dipped in anesthetic, respectively.

From the results above, it could be concluded that electrification in sea water is the most effective method in accelerating rigor-mortis and shortening times of reaching the

maximum breaking strength of fresh plaice flesh of all the killing methods at early periods after death, whereas dipping in sea water treated with anesthetic was the most effective way in delaying those changes.

서 론

일반적으로 경직된 어체는 그 육도 단단할 것이라고 추측되지만 어체의 사후 경직도와 어육의 단단함은 일치하지 않으며(豊原·志水, 1988), 어육의 연화는 어체의 사후 경직과는 다른 mechanism으로 저장 초기에 일어나고 양자 사이에는 상관관계가 없으며 서로 다른 요인에 의하여 진행된다고 보고하고 있다(조·김, 1993; Ando *et al.*, 1991a; 岡 등, 1990). 또한 사후 경직이 진행되는 동안에 근원섬유의 수축으로 인하여 근육중의 물리적인 강도가 증가되어 collagen 섬유가 붕괴되고 이로 인하여 육은 점차 연화하게 된다는 보고도 있으며(Ando *et al.*, 1992; Ando *et al.*, 1991b), 연화 과정에서 근원섬유내에 분자량이 38kDa인 물질의 발현이 사후 연화와 관계가 있을 것이라는 보고(Toyohara *et al.*, 1990)와 collagen중의 type V가 어육의 연화에 관계한다는 보고(Sato *et al.*, 1991)도 있다.

본 연구에서는 치사 방법(즉살, 고민사, 마취사 및 전기 자극사)을 달리하여 치사시킨 후에 5℃에 저장하면서 전보(김 등, 1993)의 화학적 변화에 미치는 치사 조건의 영향을 검토한데 이어, 치사 조건이 사후 초기의 어육의 사후 경직도와 파괴강도의 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

전보(김·조, 1992)와 같이 넙치를 실험실로 운반하여 즉살(두부 강타), 고민사(실온의 공기중에서 치사시까지 방치, 약 1시간), 마취사(1,000ppm Ethyl Aminobenzoate의 해수에 3분 침지) 및 전기 자극사(넙치를 담은 해수액에 110Volts 전압으로 30초간 통전) 등으로 치사 방법을 달리하여 치사시킨 후에 혈액을 제거하고 5℃에 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 사후 경직도의 측정

전보(김·조, 1992)와 같이 측정하였다.

3. 파괴 강도(breaking strength)의 측정

전보(조·김, 1993)와 같이 측정하였으며, 실험 결과값은 8~10회 측정하여 평균 ± 표준 편차(mean ± S. D.)로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 사후 경직도의 변화

치사 방법을 달리한 넙치를 5℃에 저장하는 동안의 사후 경직도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간이 전기 자극사와 고민사에서 현저히 단축되었으며, 다음으로 즉살, 마취사의 순으로 연장됨을 알 수 있었다. 즉, 치사 방법에 따른 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간은 각각 전기 자극사에서 0시간과 9시간, 고민사에서 0시간과 13시간, 즉살에서 10시간과 36시간, 그리고 마취사에서 20시간과 56시간이었다. 사후 경직의 진행 속도 상수는 전기자극사 12.931 h⁻¹, 고민사 7.477h⁻¹, 즉살 2.388h⁻¹, 그리고 마취사 1.754h⁻¹였으며, 최대 경직시의 경직도는 전기 자극사 96.20%, 고민사 90.84%, 즉살 86.15%, 그리고 마취사 86.56%로 전기 자극사와 고민사에서 높았다. 즉살보다 고민사시킨 넙치에서 사후 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간이 현저히 단축되었는데, 이러한 결과는 즉살보다 고민사에서 치사시의 glycogen량이 적고 그 감소 속도가 빠르며 ATP 분해가 빨라서 경직의 진행이 촉진된다는 보고와 일치하였다(巖本 등, 1990; Boyd *et al.*, 1984; Nakayama *et al.*, 1992; 김 등, 1993). 또한, 전기 자극사에서 사후 경직의 진행 속도가 가장 빨랐는데, 이것은 전기 자극에 의하여 ATP 분해가 촉진되어 급속한 해당 작용의 진행으로 경직의 진행 속도가 현저히 빨라진다는 보고와 유사하였다(Will *et al.*, 1979; Shaw and Walker, 1977; 三浦·三上, 1992; Crenwelge *et al.*, 1984).

마취사에서의 사후 경직의 진행이 가장 느렸는데, 이러한 결과는 Fraser *et al.*(1967)의 보고와 같이 마취사시킨 대구육에서 ATP의 분해가 느려서 경직의 진행이 지연된 것으로 생각된다.

치사 조건이 달라도 완전 경직 도달 이후의 해경

속도에는 큰 차이를 보이지 않았는데 이러한 결과는 岡 등(1990)이 방어를 시료로 실험한 결과, 치사 조건이 사후 경직의 진행에는 큰 영향을 미치지만 해경의 속도에는 치사 조건보다도 저장 온도의 영향이 더 크다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

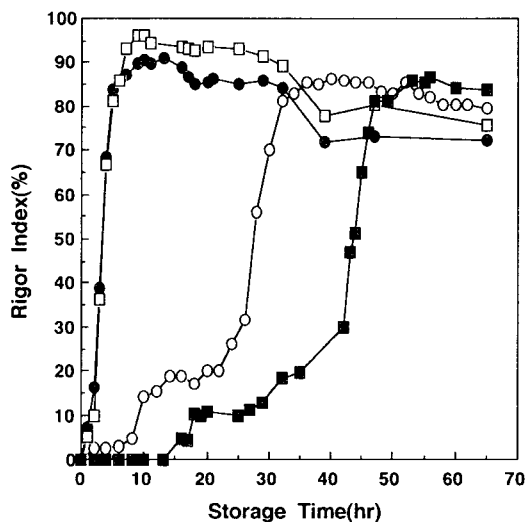


Fig. 1. Changes in rigor index of plaice muscle during storage at 5°C after killing by various methods. ○; spiking at the brain instantly. ●; drowning in air(1hr.) ■; dipping in sea water dissolved anesthetic (1,000ppm of ethylaminobenzoate) for 3min. □; electrifying in sea water(110V, 30sec.).

2. 파괴 강도와 사후 경직도의 변화

즉살육의 파괴 강도와 사후 경직도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 즉살 직후의 파괴 강도와 사후 경직도는 각각 $950.30 \pm 50.23g$ 과 0%였으며, 시간의 경과와 더불어 파괴 강도는 빠르게 증가하여 사후 경직 개시 시간인 10시간후의 파괴 강도는 $1,186.29 \pm 55.90g$ 이었고 이때의 경직도는 14.05%였다. 이후 경직도의 증가와 함께 파괴 강도는 완만하게 저하하여 25시간후에는 $762.57 \pm 28.48g$ 의 값을 나타내었고, 이때 경직도는 25.91%였다. 최대 경직도를 나타내는 36시간후의 파괴 강도는 약 670g이었다.

고민사시킨 육의 파괴 강도와 사후 경직도의 변화를 Fig. 3에 나타내었는데, 치사 직후의 파괴 강도는 $980.01 \pm 30.12g$ 으로 즉살보다 약간 높은 값을 나타내었으며, 이후 급속히 증가하여 2.5시간후에

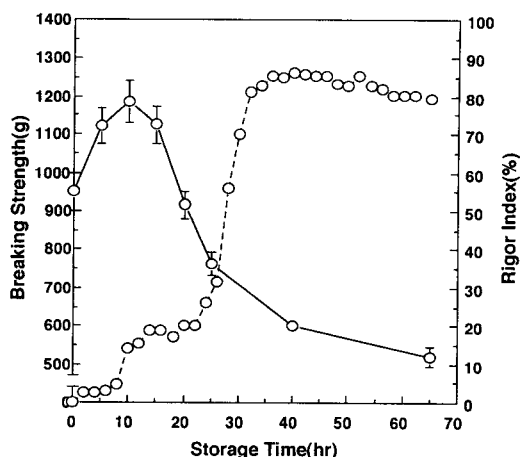


Fig. 2. Changes in breaking strength and rigor index of plaice muscle during storage at 5°C after killing by spiking at the brain instantly. ○—○; breaking strength. □—□; rigor index.

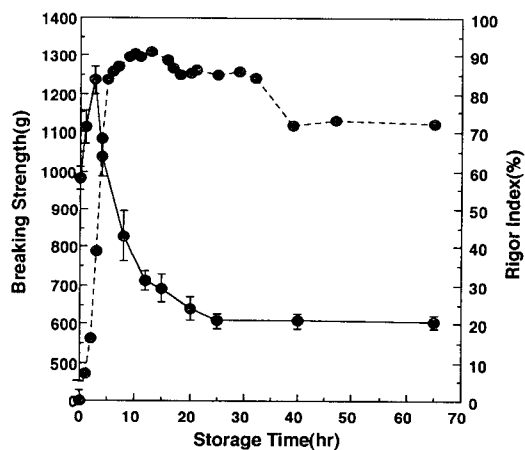


Fig. 3. Changes in breaking strength and rigor index of plaice muscle during storage at 5°C after killing by drowning in air(1hr). ●—●; breaking strength. ■—■; rigor index.

$1,235.83 \pm 35.37g$ 으로 최대값을 나타내었는데 이때의 경직도는 26.57%였다. 완전 경직 도달 시간인 13시간후의 파괴 강도는 $710.65 \pm 26.60g$ 이었고 이후 약간 감소하여 25시간후에 $607.40 \pm 20.15g$ 을 나타내었으며 그 후에는 일정한 값을 유지하였다.

Fig. 4에 마취사시킨 육의 파괴 강도와 사후 경

적도의 변화를 나타내었다. 파괴 강도는 저장중에 완만히 증가하여 15시간후에 $1,189.67 \pm 50.32g$ 으로 최대값을 나타내었으며, 사후 경직 개시 시간인 20시간후에는 그 값이 $1,051.67 \pm 25.80g$ 을 나타내었다. 그 후에, 경직도의 증가와 함께 파괴 강도는 감소하여 40시간후에 $621.74 \pm 28.50g$ 이었으며 완전 경직 도달 시간인 56시간후에는 약 620g의 값을 나타내었다.

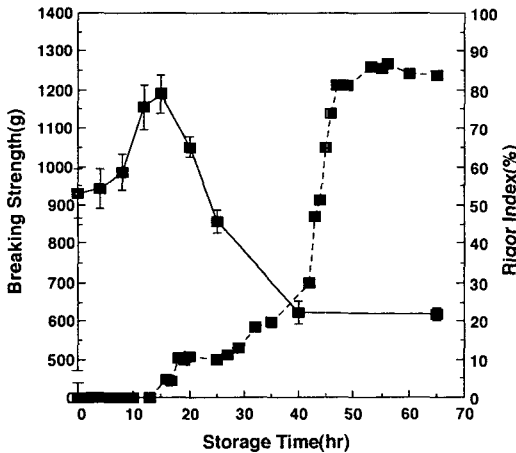


Fig. 4. Changes in breaking strength and rigor index of plaice muscle during storage at 5°C after killing by dipping in sea water dissolved anesthetic(1,000ppm of ethylaminobenzoate) for 3min.
 —■—; breaking strength.
 - -■- -; rigor index.

전기 자극사시킨 육의 파괴 강도와 경직도의 변화를 Fig. 5에 나타내었는데, 치사 직후의 파괴 강도는 $1,230.60 \pm 30.22g$ 으로 다른 치사 방법에 비하여 가장 높은 값을 나타내었다. 이후 경직도의 급격한 증가와 더불어 파괴 강도가 빠르게 저하하였고, 완전 경직 도달 시간인 9시간후에 $683.33 \pm 50.14g$ 에 달한 후 서서히 저하하여 65시간후에 $609.62 \pm 20.14g$ 을 나타내었다.

이상의 결과와 같이, 치사 방법을 달리하여 치사시킨 후의 육의 파괴 강도와 경직도 사이에는 일정한 상관 관계를 보이지 않았으며, 다만 경직 개시 전후에 파괴 강도값이 최대로 됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Ando *et al.*(1991a)과 岡 등(1990)에 의한 어육의 연화는 어체의 사후 경직과 달리 저장 초기에 일어나며 양자간에는 상관 관계가 없으며

서로 다른 요인에 의하여 진행된다는 보고와, 완전 경직 도달 시간과 파괴 강도의 최대값에 도달하는 시간이 일치하지 않았다는 보고(豊原 · 志水, 1988)들과 유사하였다.

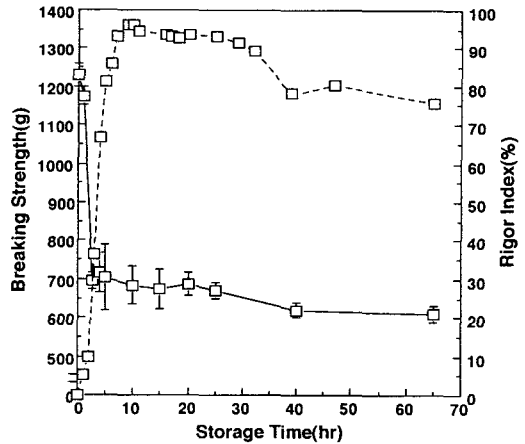


Fig. 5. Changes in breaking strength and rigor index of plaice muscle during storage at 5°C after killing by electrifying in sea water(100V, 30 sec.).
 —□—; breaking strength.
 - -□- -; rigor index.

3. 치사 방법에 따른 파괴 강도의 변화

치사 방법을 달리하였을 때의 파괴 강도의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 치사 직후의 파괴 강도는 즉살에서 $950.30 \pm 50.23g$, 고민사에서 $980.01 \pm 30.12g$, 마취사에서 $930.19 \pm 65.31g$ 그리고 전기 자극사에서 $1,230.60 \pm 30.22g$ 으로, 전기 자극사에서 가장 높았다. 또한, 파괴 강도가 최대값에 도달하는 시간과 그때의 값은 즉살에서 10시간과 $1,186.29 \pm 55.90g$, 고민사에서 2.5시간과 $1,235.83 \pm 35.37g$, 마취사에서 15시간과 $1,189.67 \pm 50.32g$ 그리고 전기 자극사에서 치사 직후에 $1,230.60 \pm 30.32g$ 이었다.

즉살육의 경우, 저장 초기에 파괴 강도값이 서서히 증가하여 10시간후에 최대값에 도달한 후 감소하여 15시간후에 $1,124.57 \pm 47.26g$ 의 값으로 치사 직후보다 높았다. 또, 15시간후의 감소 속도는 전기 자극사와 고민사보다는 느렸으나 마취사보다는 빨랐다. 고민사에서는 치사 직후부터 급속히 증가하여 2.5시간후에 최고값을 나타내었으며, 그 후에 서서히 저하하였다.

마취사육의 파괴 강도의 변화는 다른 치사 방법

에 비하여 가장 느렸으며, 저장 초기에 서서히 증가하여 15시간후에 최대값에 도달하였으며 20시간후에도 $1,051.67 \pm 25.80g$ 으로 치사 직후보다 높은 값을 나타내었고, 저하 속도는 즉살과 유사한 경향이었다.

전기 자극사육은 치사 직후에 최고값을 나타내었고 그 후에 급속히 감소하여 2.5시간후에 최저값에 도달하였다.

고민사에서 파괴 강도의 최대값이 크고 그 값의 감소 속도가 빠른 것은 고민사에 ATP 소모가 촉진되어서 경직이 촉진되므로 경직도가 커지며, 일시적인 과도 경직에 의하여 세포를 연결하는 collagen 섬유질의 붕괴가 빨리 일어났기 때문에 생각되며, 마취사의 경우는 이와 반대로 경직의 진행이 느려서 collagen 섬유질의 붕괴가 완만히 진행되었기 때문이라 추측된다.

한편, 40시간후의 파괴 강도는 치사 방법이 달라도 거의 일정한 값을 나타내었는데, 전술의 岡 등 (1990)의 보고와 같이 완전 경직전의 육의 정도는 치사 조건에 큰 영향을 받지만 해경시의 어육의 물성은 치사 조건보다도 저장 온도에 영향을 받기 때문이라 생각된다.

전기 자극사에서 치사 직후의 파괴 강도가 가장 높았는데, 이는 전기 자극에 의해 급속한 ATP의 분해로 actin과 myosin의 상호 결합이 가속화되었

기 때문으로 추측된다. 또한, 파괴 강도의 감소 속도가 빠른 것은 전기 자극에 의하여 사후 경직의 진행이 촉진되어 유산의 축적으로 인하여 pH가 급속히 떨어짐으로서 경직시에 형성된 actomyosin의 상호 결합이 약화되고(Will *et al.*, 1979; Shaw and Walker, 1977; Crenwelge *et al.*, 1984), 결합 조직의 주요 성분인 collagen의 미세 구조가 빠르게 파괴되어 연화가 촉진된다는 보고와 일치하는 것으로 생각된다(Bendall *et al.*, 1976; Shaw and Walker, 1977; Will *et al.*, 1979; 三浦·三上, 1992; Savell *et al.*, 1979; McKeith *et al.*, 1981; Cross, 1979).

요 약

넙치를 시료로 치사 방법(즉살, 고민사, 마취사 및 전기 자극사)을 달리하여 치사시킨 후에 저장하면서 치사 조건이 사후 초기의 어육의 사후 경직도와 파괴 강도의 변화에 미치는 영향을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 사후 경직의 개시 시간은 전기 자극사와 고민사에서 현저히 단축되었고, 경직 개시 시간과 완전 경직 도달 시간은, 각각 전기 자극사일때 0시간과 9시간, 고민사일때 0시간과 13시간, 즉살일때 10시간과 36시간, 그리고 마취사일때 20시간과 56시간이었다.

2. 파괴 강도가 최대값에 도달하는 시간과 그때의 값은 각각 전기 자극사일때 치사 직후에 $1,230.60 \pm 30.32g$, 고민사일때 2.5시간과 $1,235.83 \pm 35.37g$, 즉살일때 10시간과 $1,186.29 \pm 55.90g$, 그리고 마취사일때 15시간과 $1,189.67 \pm 50.32g$ 으로, 전기자극사와 고민사일때가 최대값이 높았고 그 저하 속도도 빨랐으며, 마취사일때는 파괴 강도가 최대로 되는 시간이 연장되었다.

3. 어체의 사후 경직도와 어육의 파괴 강도 사이에는 상관 관계가 없었으며, 사후 경직 개시기를 전후하여 파괴 강도가 가장 높았다.

이상의 결과로부터, 활어를 전기 자극사시킴으로서 치사 직후에 육질을 단단하게 만들수 있을 뿐만 아니라, 또 마취사시킴으로서 육질이 단단해지는 현상의 발생을 지연시킬 수 있으므로, 이런 방법들은 회맛의 향상 및 즉살 활어의 수송에 응용 가능할 것으로 사료된다.

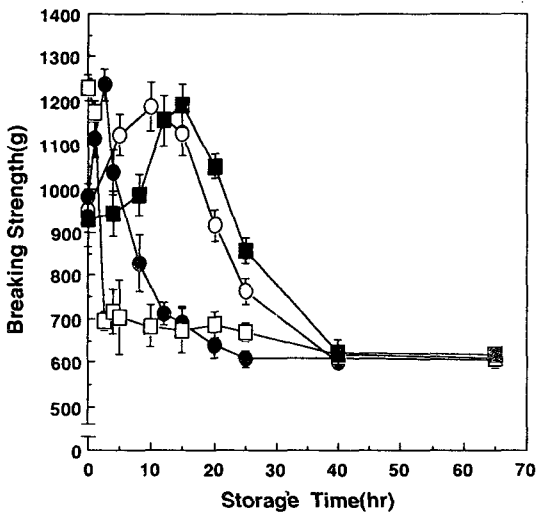


Fig. 6. Changes in breaking strength of plaice muscle during storage at 5°C after killing by various methods. Symbols are the same as Fig. 1.

참 고 문 헌

- 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(7), 1361~1364.
- Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991a. Post-mortem tenderization of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) muscle caused by gradual disintegration of the extracellular matrix structure. *J. Sci. Food Agric.*, 55, 589~597.
- Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991b. Validity of a puncture test for evaluating the changes in muscle firmness of fish during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(12), 2341.
- Boyd, N. S., N. D. Willson, A. R. Jerrett and B. I. Hall. 1984. Effects of brain destruction on post harvest muscle metabolism in the fish kahawai (*Arripis trutta*). *J. Food Sci.*, 49, 177~179.
- Crenwelge, D. D., R. N. Terrell, T. R. Dutton, G. C. Smith and Z. L. Carpenter. 1984. Effects of time postmortem of electrical stimulation and postmortem chilling method on pork quality and palatability traits. *J. Food Sci.*, 49, 294~297.
- Cross, H. R. 1979. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties - A review. *J. Food Sci.*, 44, 509~523.
- Fraser, D. I., J. R. Dingle, J. A. Hines, S. C. Nowlan and W. J. Dyer. 1967. Nucleotide degradation, monitored by thin-layer chromatography and associated postmortem changes in relaxed cod muscle. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 24, 1837~1841.
- McKeith, F. K., G. C. Smith, J. W. Savell, T. R. Dutton, Z. L. Carpenter and D. R. Hammons. 1981. Effects of certain electrical stimulation parameters on quality and palatability of beef. *J. Food Sci.*, 46, 13~18.
- Nakayama, T., D.-J. Liu and A. Ooi. 1992. Tension change of stress and unstressed carp muscles in isometric rigor contraction and resolution. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(8), 1517~1522.
- Sato, K., C. Ohashi, K. Ohtsuki and M. Kawabata. 1991. Type V collagen in trout(*Salmo gairdneri*) muscle and its solubility change during chilled storage of muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 39, 1222~1225.
- Savell, J. W., G. C. Smith, Z. L. Carpenter and F. C. Jr. Parrish. 1979. Influence of electrical stimulation on certain characteristics of heavy-weight beef carcasses. *J. Food Sci.*, 44, 911.
- Shaw, F. D. and D. J. Walker. 1977. Effect of low voltage stimulation of beef carcasses on muscle pH. *J. Food Sci.*, 42, 1140.
- Toyohara, H., M. Ando and Y. Shimizu. 1990. Appearance of a 38,000-dalton component possibly associated with the post-mortem tenderization of rainbow trout muscle. *Agric. Biol. Chem.*, 54, 1575~1576.
- 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.
- 岡 弘康 · 大野一仁 · 二官順一郎. 1990. 養殖ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係. *日水誌*, 56(10), 1673~1678.
- 三浦弘之 · 三上正辛. 1992. 電気刺戟による食肉熟成(1). *畜産の研究*, 16(12), 1151~1154.
- 岩本宗昭 · 山中英明 · 渡部終五 · 橋本周久. 1990. 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較. *日水誌*, 56, 101~104.
- 豊原治彦 · 志水 寶. 1988. 魚體の死後硬直現象と魚肉の物性の関係. *日水誌*, 54(10), 1795~1798.
- 김육용 · 조영제. 1992. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)육의 사후 초기 변화. 1. 사후 초기 변화와 온도 의존성의 관계. *한수지*, 25(3), 189~196.
- 김재현 · 이남걸 · 김육용 · 이근우 · 조영제. 1993. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)육의 사후 초기 변화. 3. 치사 방법이 ATP 관련 물질과 유산 함량의 변화에 미치는 영향. *한수지*, 26(5), 투고 중.
- 조영제 · 김육용. 1993. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)육의 사후 초기 변화. 2. 물리 화학적 및 물성적 특성의 온도 의존성. *한수지*, 26(1), 1~7.

1993년 10월 15일 접수

1994년 1월 4일 수리