

## 냉각전에 生死의 차이가 넙치육의 사후조기의 물리·화학적변화에 미치는 영향

조영제·이호수·유승균·김태진\*·이남걸\*\*·최영준\*\*\*  
부경대학교 식품공학과, 국립수산진흥원 위생가공연구소\*, 동명대학교 식품공과\*\*, 경상대학교 수산가공학과\*\*\*

### Effect of Life or Death Condition before Cooling on Physicochemical Properties of Plaice, *Paralichthys olivaceus* Muscle at the Early Period after Death

Yong-Je CHO, Ho-Su LEE, Seung-Geun YOU, Tae-Jin KIM\*,  
Nam-Gul LEE\*\* and Young-Jun CHOI\*\*\*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea  
\*Sanitation and Processing Research Division, National Fisheries R & D Institute, Pusan 619-900, Korea  
\*\*Department of Food Science and Technology, Tong Myong College, Pusan 608-080, Korea  
\*\*\*Department of Marine Food Science and Technology, Gyeongsang National University, ChungMu 650-160, Korea

To clarify the effect of life or death condition before cooling on the physicochemical properties of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle at the early period after death, the plaices were dipped in the refrigerated sea water (0°C) either as alive or after anesthesia killing. These samples were stored at 0°C sea water and the changes in rigor-mortis, ATP breakdown, content of ATP and its related compounds, breaking strength and lactate accumulation through storage were investigated.

Acceleration of rigor-mortis, ATP breakdown and lactate accumulation were faster in the samples refrigerated as alive than in samples killed by anesthesia before cooling. ATP in samples refrigerated as alive showed little breakdown until 7.5 hrs but it was decomposed completely after 17.5 hrs storage. The breaking strength in muscle of plaice was 1736.2 ± 65.4 g immediately after killing. The breaking strength in samples dipped in refrigerated sea water as alive increased more rapidly and showed the maximum value over 7.5 hrs (2183.3 ± 32.2 g). However, in case of samples killed by anesthesia before cooling, the value and time reached around the maximum breaking strength were 2126.3 ± 32.2 g and 12.5 hrs, respectively and then decreased until 30 hrs.

From these results, it could be suggested that dipping in refrigerated sea water after anesthesia killing before cooling is more effective in maintaining freshness of fresh plaice muscle than refrigerating as alive.

Key words: breaking strength, rigor-mortis, anesthesia

### 서 론

활어의 사후조기의 물리·화학적 변화에 영향을 미치는 요인으로는 치사전에는 어종, 크기, 양식조건, 취급조건 등이 있으며, 치사후에는 치사방법, 조리형태, 방혈유무등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Cho and Kim, 1993; Cho, 1992; Cho et al., 1994; Cho et al., 1997; Johnston and Moon, 1980). 치사조건은 고민사시킨 것이 안락사시킨 것 보다 (Johnston and Moon, 1980).. 치사후의 냉각 저장온도는 저온일수록 (Cho and Kim, 1993), 그리고 방혈시킨 것이 무방혈시킨 것 보다 (Cho et al., 1996) 사후 어육의 물리·화학적변화가 촉진됨이 알려져 있다. 전보 (Cho et al., 1997)에서는 즉살활어를 수송시에는 수송중에 생선회의 맛에 영향을 미치는 육질의 단단함의 증가와 미각을

향상시킬 목적으로 마취사·무방혈의 round 상태로 0°C에 수송하는 방법을 제시하였다. 활어를 즉살하여 수송하기 위해서는 0°C로 냉각해야하는데 상온에서 0°C까지 냉각시에 生死의 차이는 저온저장중에 어육의 물리·화학적 변화에 영향을 미칠 것이다. 즉, 生筋에서는 급격한 온도의 강하로 신경전달지령에 의하여 근세포체로부터 Ca<sup>2+</sup>이 급속히 방출되어 세포내의 Ca<sup>2+</sup> 농도의 빠른 상승으로 myosin과 actin의 결합에 의한 actomyosin복합체 형성이 촉진되어 근육의 수축이 일어날 것이다. 그러나, 死筋에서는 근소포체가 생리적 기능을 상실해 버렸기 때문에 급격한 온도의 강하에도 근소포체로부터 Ca<sup>2+</sup>은 서서히 누출되게 된다.

본 논문에서는 냉각시키기 전에 生死의 차이가 냉각 저장 (0°C)중에 넙치육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

## 재료 및 방법

넙치 (plaice, *Paralichthys olivaceus*: 체장 37~40 체폭 17~20 cm, 체고 2.5~3.0 cm, 체중 700~800 g, 양식 1년생)를 공수수산(부산시 기장군 소재)에서 활어상태로 실험실로 운반하여 20°C 해수에서 약 6시간 정도 회복시킨 후에, 마취사시킨 것(2,000 ppm ethyl-amiobenzoate 마취액에 10분간 침지)과 활어상태의 두 종류를 0°C로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하면서 시료로 사용하였다. 실험방법은 전보(Cho et al., 1997)와 같이 하였다. 즉, 사후경직도는 Bito et al(1983)의 방법으로 측정하였고, 파괴강도는 Ando et al(1991)의 방법, 즉 넙치의 밀면을 평평하게 하여 20×20×10 mm<sup>3</sup> 크기로 잘라서 측정용 시료로 사용하였으며, 파괴강도값은 직경 10 mm cylinder plunger를 사용하고 deformation을 60%로 하여, 속도 60 mm/min 때의 최고값을 측정하였다. 실험 결과값은 6~8 회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다. 또, ATP관련물질은 HPLC로 분석하였고, 유산량은 Barker and Summerson(1941)방법에 따라서 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 사후경직도의 변화

활어를 냉각전에 生死의 차이가 어육의 사후경직도의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 마취사시킨 것과 활어 상태의 시료넙치를 0°C로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 사후경직도의 변화를 Fig.1에 나타내었다. 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 저장 2.5시간까지 경직의 진행은 관찰되지 않았으며, 5시간 후에는 10.6% 값을 나타내었다. 그 이후에 시간의 경과와 더불어 증가하여 30시간후에 최고값인 98%를 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 침지직후에 격렬하게 움직였으며, 저장 2시간 후에 경직도가 7% 까지 상승하였다. 그 이후에도 사후경직도의 값은 마취사한 것보다 빨리 증가하여 저장 18시간 후에 98%의 최고 경직도를 나타내었다. 이와같이, 냉각시키기전에 生死의 차이에 따라서 사후경직도의 변화에 차이가 나는 것은, 生筋에서의 근육의 수축은 0°C 냉각해수 침지에 의하여 근소포체로부터 Ca<sup>2+</sup>이 빠르게 세포내로 방출되어서 myosin과 actin의 결합에 의한 근육의 수축으로 사후경직이 촉진되는 반면에, 死筋에서는 신경 전달리얼이 아닌 저온 환경에 의한 근소포체의 수축으로 Ca<sup>2+</sup>의 방출속도가 느리기 때문에 사후경직이 늦어지는 것으로 생각된다.

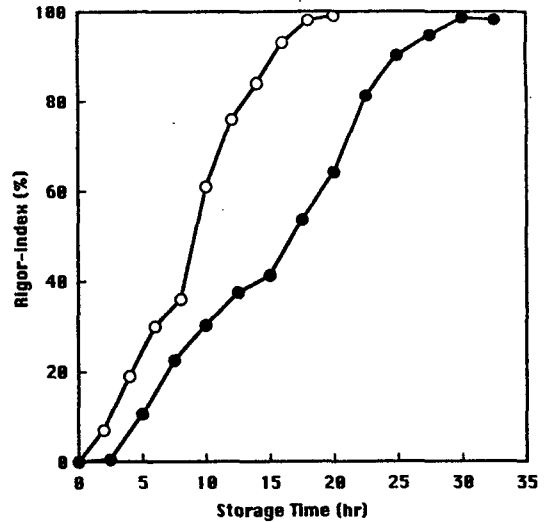


Fig. 1. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater (0°C) on changes in rigor-index of plaice muscle during storage.

—●— : Dipping of live plaice in refrigerated seawater  
 -○- : Dipping of anesthesia plaice in refrigerated seawater

### 2. ATP 분해

어육의 사후에 ATP의 분해 속도는 저장온도, 치사조건, 방혈유무등에 영향을 받으며, 저장온도가 낮을수록 분해가 촉진되며(Kim and Cho, 1992), 치사조건은 전기자극시킨 것이 분해가 가장 촉진됨이 알려져 있다(Kim et al., 1993). 그리고, 방혈유무는 어종에 따른 차이는 있지만, 넙치를 시료로 한 실험에서는 무방혈이 방혈보다 ATP의 분해가 억제된다고 보고하고 있다(Cho et al., 1997).

마취사시킨 것과 활어상태의 시료 넙치를 0°C로 조정된 냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 ATP의 분해정도를 Fig. 2에 나타내었다. 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 치사직후에 6.4 μmol/g의 값을 나타내었으며, 저장 초기에는 ATP의 분해가 거의 관찰되지 않고 저장 20시간까지 5.4 μmol/g의 값을 유지하였다. 그 이후로 급격히 분해되어 저장 25시간 후에는 3.4 μmol/g을 나타내었고, 저장 30시간 후에는 완전히 분해되었다. 한편, 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 ATP분해가 빨랐다. 즉, 저장 7.5시간까지는 6.4 μmol/g값으로 유지되다가 그 이후로 급속히 분해되어 저장 17.5시간후에는 완전히 분해되었다. 이와같이, 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것이 살아있는 상태로 침지저장한 것보다 ATP분해가 억제

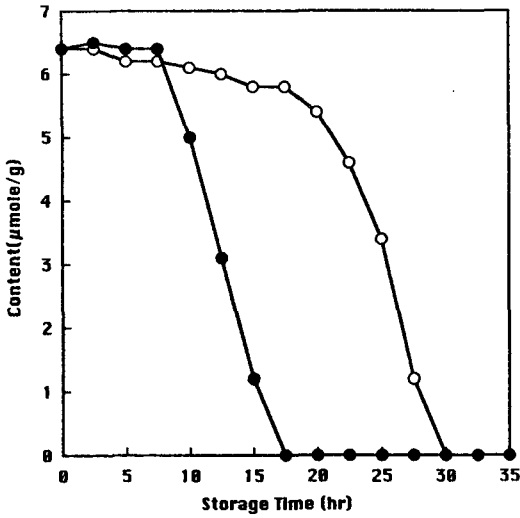


Fig. 2. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater (0°C) on changes in ATP breakdown of plaice muscle during storage. symbols are the same as Fig. 1.

되는 결과는 마취로 인한 근소포체로의 신경전달계의 차단 때문인 것으로 판단된다. 그리고, 살아있는 상태로 침지저장한 것도 저장 7.5시간까지 ATP함량이 줄어들지 않는 것은 혈액으로부터 ATP가 재생되기 때문이라고 추정된 Cho et al. (1997)의 보고와 일치하는 것으로 생각된다. ATP분해속도 상수는 마취사후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 저장 17.5시간 까지는 0.038h<sup>-1</sup>였으며, 그 이후 저장 30시간까지는 0.489h<sup>-1</sup>였다. 살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 침지저장한 것은 저장 7.5시간 까지 0.004h<sup>-1</sup>였고 그 이후 저장 30시간까지 0.664h<sup>-1</sup>의 값을 나타내었다.

3. ATP관련 물질들의 변화

마취사 후에 0°C 냉각해수에 바로 침지저장한 것은 (Fig. 3), 치사직후에 ATP함량은 6.4 μ mole/g으로 근육 중의 전체 ATP관련물질의 74%를 차지하였으며, ADP + AMP는 1.2 μ mole/g, HxR + Hx는 0.6 μ mole/g 이었다. ATP는 저장의 초기에는 분해되지 않고 일정한 값을 유지하였으나, 저장 20시간 이후부터 급격히 감소하기 시작하여 저장 30시간 후에는 완전히 분해되었다. 한편, IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하였으며, ATP가 완전히 분해되는 30시간 후에 6.6 μ mole/g까지 상승하였다. ADP+AMP는 저장기간을 통하여 거의 일정한 값을 유지하였으며, HxR+Hx는 저장기간이 길어짐에 따라서 약간 상승하여 저장 35시간 후에는 1.2 μ

mole/g의 값을 나타내었다.

살아있는 상태로 0°C 냉각해수에 저장한 것의 ATP관련물질의 변화는 Fig. 4와 같다. 대조시료는 ADP+AMP가 1.2 μ mole/g, IMP는 0.5 μ mole/g, HxR+Hx는 0.5 μ mole/g으로, 마취사시킨 시료와 큰 차이는 없었다. 그러나, 저장중에 ATP의 변화는 마취사시킨 것과는 달리, 저장초기 7.5시간까지는 분해가 거의 관찰되지않다가 그 이후로 급격히 감소하여 저장 17.5시간 후에 완전히 분해되었다. IMP는 ATP의 감소와 더불어서 증가하여 저장 17.5시간 후에는 6.7 μ mole/g까지 상승하였고, 그

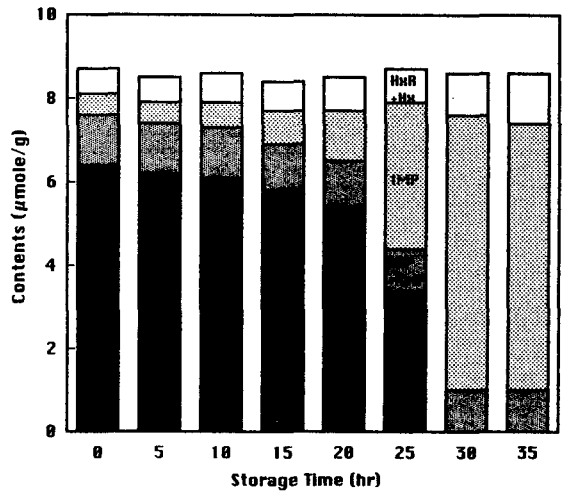


Fig. 3. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle killed by anesthesia without bleeding during storage at 0°C seawater.

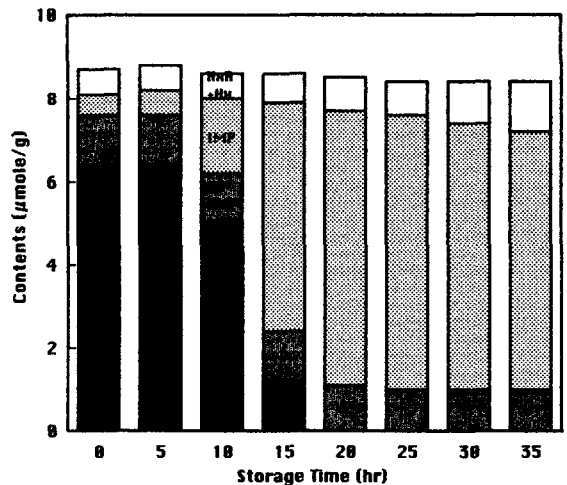


Fig. 4. Changes in contents of ATP and its related compounds in plaice muscle during storage at 0°C seawater without killing.

이후로 거의 일정한 값을 유지하였다. 한편, ADP + AMP는 저장기간을 통하여 거의 변화가 없었으며, HxR + Hx는 저장기간이 길어짐에 따라서 약간 상승하여 저장 35시간 이후에는 마취사시킨 육과 동일한  $1.2 \mu\text{mole/g}$ 까지 상승하였다. 이상과 같은 결과로부터, 냉각전에 활어의 生死의 차이에 따라서 ATP 분해속도는 차이가 있지만, 신선도의 지표인 K값의 변화에는 차이가 없는 것으로 판단된다.

#### 4. 파괴강도의 변화

냉각전에 활어의 生死의 차이가 육질의 단단함의 변화에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 마취사 후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 침지저장한 것과 활어상태의 시료 넙치를  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 침지저장하는 동안에 육의 파괴강도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 대조시료의 파괴강도값은  $1736.2 \pm 65.4 \text{ g}$ 이었으나, 마취사 후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 파괴강도의 증가속도가 완만하여 저장 12.5시간 후에  $2126.3 \pm 32.2 \text{ g}$ 으로 최고의 값은 나타내었으며, 대조시료보다 약 22% 만큼 상승하였다. 그 이후에 서서히 저하하였으나 저장 20시간 후에도  $1896.5 \pm 29.2 \text{ g}$ 으로 대조구보다 높은 값을 유지하였다. 이러한 결과는, Cho et al. (1997)이 마취사·무방혈 상태로 넙치육을  $0^\circ\text{C}$  냉장고에 저장중에 육의 파괴강도값의 변화가 20시간까지 대조구보다 높은 값으로 유지되는 것과 같은 결과로, 치사후에 냉각속도는 ATP분해 및 육의 파괴강도등 물리·화학적 변화에 크게 영향이 없음을 시사하는 결과로 생각된다. 한편, 살아있는 상태로  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 저장초기에 육의 파괴강도값이 증가하여 저장 7.5시간 후에  $2183.3 \pm 32.2 \text{ g}$ 으로 대조구보다 약 26% 상승하였다. 그 이후로 감소하여 저장 20시간 후에는  $1367.2 \pm 40.9 \text{ g}$ 으로, 마취사 시료보다 상당히 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는, 치사방법에 따른 육의 파괴강도 변화를 실험한 Cho et al. (1994)의 결과와 유사한 것으로, 살아있는 상태로 냉각해수에 침지시켰을 때에 주위환경이 저온이기 때문에 격렬한 몸부림을 치므로, 이 때에 ATP의 급격한 분해로 myosin과 actin의 결합에 의하여 생성되는 장력 때문에 육의 파괴강도의 증가속도가 빨랐으며, 그 이후로 collagen matrix의 취약화의 가속화 때문에 육의 파괴강도값의 저하가 빨라진 것으로 생각된다.

#### 5. 유산량의 변화

死直後の 근육에는 유산이 거의 축적되어 있지않으며, ATP값이 감소하기 시작하는 시점에서 경직이 개시되는

데, 이 시점에서 유산량도 증가하기 시작한다. 사후경직도가 100%에 도달한 완전 경직기 시점에서 creatine phosphate 및 ATP가 거의 완전히 소실됨과 동시에 유산의 축적량은 최대값에 도달하게 된다. 마취사후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것과 활어상태의 넙치를  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장하는 동안에 근육중의 유산량의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 대조시료의

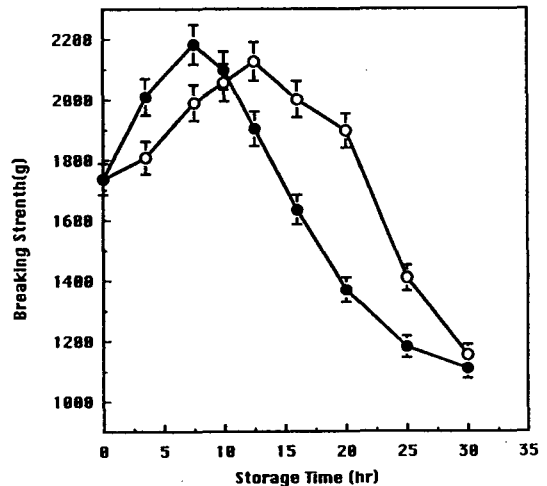


Fig. 5. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater ( $0^\circ\text{C}$ ) on changes in breaking strength of plaice muscle during storage. symbols are the same as Fig. 1.

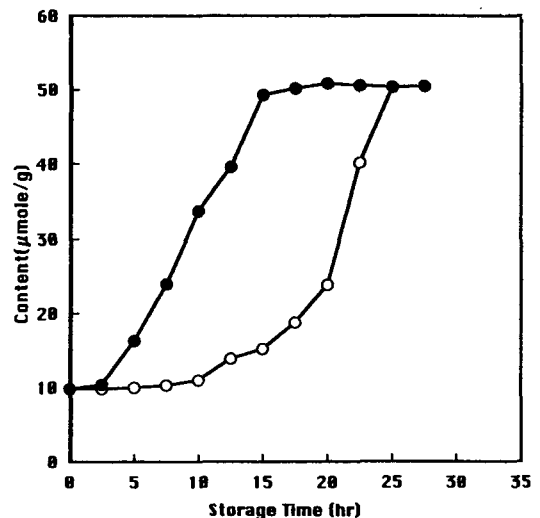


Fig. 6. Effect of live or anesthesia killing before dipping in refrigerated seawater ( $0^\circ\text{C}$ ) on changes in lactate content of plaice muscle during storage. symbols are the same as Fig. 1.

유산함량은  $9.8 \mu \text{ mole/g}$ 이었으며, 마취사후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 10시간까지 유산의 증가가 거의 관찰되지 않다가, 그 이후로 서서히 증가하여 저장 20시간 후에  $23.9 \mu \text{ mole/g}$ 을 나타내었고, 그 이후로 급격히 증가하여 저장 25시간 후에는  $50.4 \mu \text{ mole/g}$ 으로 최고값을 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 것은 저장초기에 유산축적이 빨랐으며, 저장 15시간 후에  $49.3 \mu \text{ mole/g}$ 의 값까지 상승하여 최고값을 나타내었다. 유산축적의 반응속도 상수는, 마취사후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 침지저장한 것은 10시간까지는  $0.116\text{h}^{-1}$ , 10시간에서 20시간까지는  $1.468\text{h}^{-1}$ , 20시간에서 25시간까지는  $4.7\text{h}^{-1}$ 의 값을 나타내었다. 한편, 살아있는 상태로  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 침지저장한 것은 저장 2.5시간에서 15시간까지  $3.134\text{h}^{-1}$ 의 값을 나타내었다. 이상과 같이 냉각전에 활어의 生死의 차이에 따른 근육 중의 유산 축적량의 변화는, ATP분해와 상관이 깊다는 Watabe et al. (1991)의 보고와 일치하였다. 본 실험에서 마취사후에  $0^\circ\text{C}$  냉각해수에 바로 침지하여 저장한 시료의 유산 생성이 억제되는 것은 ATP의 분해가 억제되기 때문에 해당작용이 늦어져 유산의 축적이 늦어지는 것으로 해석된다.

## 요 약

즉살 활어 수송방법을 확립시키기위한 연구의 일부로, 냉각시키기 전에 활 넵치의 生死의 차이가 냉각저장 ( $0^\circ\text{C}$ )중에 넵치육의 사후조기의 물리·화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 냉각시키기 전에 살아있는 것이 마취사시킨 것보다 경직개시시간 및 완전경직에 도달하는 시간이 빨랐다.
2. ATP분해도 냉각시키기 전에 살아있는 것이 마취사시킨 것보다 빨랐다. 즉, 냉각시키기 전에 살아있는 것은 냉각저장 17.5시간 후에 완전히 분해되었지만, 마취사시킨 것은 20시간까지 서서히 감소하다가 그 후에 급속히 분해되어 30시간 후에 완전히 분해되었다.
3. 육의 파괴강도는 냉각시키기 전에 살아있는 것이 냉각저장 7.5시간후에 대조구보다 약 26% 증가하여 최대값을 나타내었으며, 마취사시킨 것은 저장 20시간 후에 약 22%만큼 증가하여 최대값을 나타내었다.
4. 유산의 증가는 냉각시키기 전에 마취사시킨 것은 저장 10시간까지 유산생성이 억제되었으며, 그 이후로 증가하여 저장 25시간 후에 최대값에 도달하였다. 한편, 살아있는 것은 유산의 증가가 빨라 저장 15시간 후에 최대값에 도달하였다.

## 감사의 말씀

본 연구는 1996년에서 1997년까지 수행된 농림수산특정연구개발사업과제중 현장애로기술개발 과제의 일부로 수행된 것이며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 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.
- 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. 1992. Relationship between temperature dependency and breaking strength of plaice muscle during low temperature storage. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25, 322~323.
- Cho, Y. J. and Y. Y. Kim. 1993. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 2. Temperature dependency on physicochemical and rheological properties. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 26, 1~7. (in Korean)
- Cho, Y. J., N. G. Lee, Y. Y. Kim, J. H. Kim, Y. J. Choi, K. B. Kim and K. W. Lee. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 4. Effect of killing methods on rigor index and breaking strength of muscle. 27, 41~46. (in Korean)
- 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. 30, 589~594. (in Korean)
- Cho, Y. J., N. G. Lee, Y. Y. Kim, J. H. Kim, K. W. Lee, G. B. Kim and Y. J. Choi. 1994. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 6. Effect of killing methods on morphological changes of myofibrils and histological changes of muscle. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27, 327~334. (in Korean)
- Johnston, I. A. and T. W. Moon. 1980. Exercise training in skeletal muscle of brook trout. *J. Exp. Biol.* 87, 177~194.
- Kim, Y. Y. and Y. J. Cho. 1992. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 1. Early changes after death and temperature dependency.

- Bull. Korean Fish. Soc., 25, 189~196. (in Korean)
- Kim, J. H., N. G. Lee, Y. Y. Kim, K. W. Lee and Y. J. Cho. 1993. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 3. Effect of killing methods on changes in content of ATP and its related compounds and lactate. Bull. Korean Fish. Soc., 26, 403~408. (in Korean)
- 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.

---

1998년 3월 20일 접수

1998년 7월 6일 수리