

동결-해동 조건이 넙치육의 물리·화학적 및 조직학적 변화에 미치는 영향

조영제·조민성·이남걸*·최영준**·김태진***
부경대학교 식품공학과, 동명대학 식품가공과*
경상대학교 수산가공학과**, 국립수산물진흥원 위생가공연구실***

Effects of Freezing-Thawing Conditions on Physicochemical and Histological Properties of Plaice, *Paralichthys olivaceus* Muscle

Young-Je CHO, Min-Sung CHO, Nam-Gul LEE*, Yeung-Jun CHOI** and Tae-Jin KIM***

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, 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

***Sanitation and Processing Research Division National Fisheries R & D Institute, Pusan 619-900, Korea

To improve muscle quality and prolong freshness of sashimi, the effects of freezing-thawing condition on physicochemical and rheological properties of plaice muscle were investigated. Muscle tested were frozen with quick freezing (liquid nitrogen gas) or slow freezing (-15°C air). Transition time of zone of ice crystal formation was within 10 minute for quick freezing and 110 minute for slow freezing. Time required for thawing to 0°C in muscle temperature by various thawing methods was shortest with 25°C tap water, followed by 15°C tap water, 10°C tap water, 25°C air, 5°C tap water and 0°C cold water. Breaking strength of muscle was higher in quickly frozen sample than in slowly frozen sample. According to sashimi form, changes in breaking strength of muscle did not show any difference in quickly frozen sample, while showed significant difference in slowly frozen sample. The remaining content of ATP was not affected by freezing speed, and ATP content was apt to higher in quickly thawed sample than in slowly thawed sample. IMP was the majority of ATP and it's related compounds of sample after freezing and thawing. Collagen matrix was weakened markedly in slowly frozen sample than in quickly frozen sample.

Key words: freezing-thawing, quick frozen, slow frozen

서 론

넙치는 양식기술의 발달에 힘입어 해산양식어 총생산량의 80%를 차지할 정도로 생산량이 증대되고 있으며 (농수산물통계연보, 1995), 생선횃감으로 각광받고 있는 어종이다. 생선회 맛에 영향을 미치는 요인으로는 어종, 크기, 영양상태, 취급조건, 저장온도 등 여러가지가 있으나, 특히 사후에는 저장온도가 가장 큰 영향을 미친다 (Kim and Cho, 1992; Cho and Kim, 1993). 근육의 사후경직을 이용하여 생선회의 육질을 개선하거나 품질유지기간을 연장하기 위하여 고려해야할 요소들에 대한 연구가 일부 진행되고 있으며 (Hatae et al., 1990), Yamana et al. (1978)은 사후경직과 해동경직 사이에는 현저한 차이가 있고 해동경직이 사후경직에 비하여 수축이 강하게 일어난다고 하였다. 해동경직은 어육을 동결한 후 해동시킬때 일어나는 현상으로 해동경직의 정도는 동결조건, 해동조건, 선도와 치사방법 등이 큰 영향을 미친다 (Bito, 1986; Ma et al., 1993).

생선회의 맛은 어종고유의 맛외에 육질의 toughness에 의하여 결정되며, 이것은 background toughness와 actomyosin toughness의 2가지 요소에 의하여 좌우된다. 그래서 어육을 동결한 후 해동시켰을 때 일어나는 해동경직을 이용하여 actomyosin toughness를 최대한 상승시키면서 또한 생선회의 외관 및 background toughness가 저하되지 않는 동결방법과 해동방법을 찾는다면 생선회의 육질을 개선함과 동시에 생선회의 동결수송에도 응용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 생선회를 동결수송하기 위한 최적의 방법을 확립하기 위하여 동결방법, 해동방법이 생선회의 물리화학적 및 조직학적 변화에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

넙치 (Plaice, *Paralichthys olivaceus*: 체장 28~32 cm, 체중 700~800 g)를 동암수산 (부산시 기장군 시랑리 소

제)에서 활어상태로 실험실로 운반하여 상온의 해수에서 6시간 정도 피로를 회복시킨 다음 두부를 강타하여 즉살 시켜서 탈혈한 후 시료로 사용하였다.

2. 실험 방법

가. 동결방법

즉살한 넙치를 fillet, chunk, slice형태로 절단하여 급속동결(액체질소동결, -90°C 저장)과 완만동결(-15°C 동결, -15°C 저장)저장하였다.

나. 해동방법

해동방법은 0°C, 5°C, 10°C, 15°C, 25°C의 수도수 및 25°C의 공기로 해동하였으며, 수도수 해동시에는 근육에 물이 닿지 않도록 polyethylene film으로 포장하여 육의 온도가 0°C에 달할때까지 해동시켜 시료로 사용하였다.

다. 파괴강도의 측정

Ando et al. (1991)의 방법에 따라서 넙치의 등육을 취하여 일정크기로 자른 다음 이를 근섬유에 대하여 직각 방향으로 절단하여 5 mm의 두께로 잘라 파괴강도를 측정하였다. 파괴강도의 값은 직경 10 mm의 plunger를 사용하였으며 속도 60 mm/min때의 최고값을 나타내었다. 실험결과는 10~12회 측정하여 평균 ± 표준편차 (mean ± S.D.)로 나타내었다.

라. ATP 및 관련화합물의 정량

Iwamoto et al. (1988)의 방법으로 핵산관련물질을 추출하여 추출액을 -25°C 동결고에 보관하면서 HPLC로 분석하였다.

마. Light microscopy 관찰

광학현미경의 표본제작은 근육을 근섬유의 배열방향에 대하여 직각방향으로 절단하여 Bouin액으로 24시간 이상 고정하고 ethanol로 탈수한 다음, paraffin 용액에 담가 paraffin을 침투시켰다. Paraffin을 응고시켜 시료 block을 만들고, 조직절편기 (Model, Reichert Jung)로서 5µm의 절편으로 만든 후, 이것을 haematoxylin-eosin으로 염색하여 canada balsam으로 mounting한 후 광학현미경으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 동결속도와 해동속도

Fig. 1은 근육을 chunk 형태로 하여 급속동결(액체질소동결)과 완만동결(-15°C) 하였을때의 동결곡선을 나타내었다. 액체질소로 동결하였을때는 최대 빙결정생성대의 통과시간이 10분 이내 였으나, -15°C에서는 110분이 걸렸다.

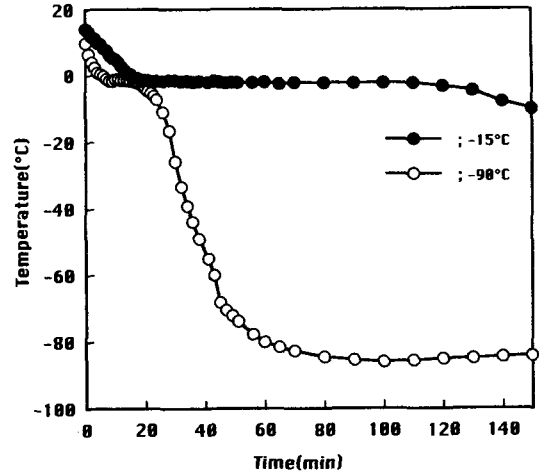


Fig. 1. Freezing curve of plaice muscle by frozen temperature. Sample size; 30×30×10 mm

급속동결 및 완만동결한 후에 각종 해동방법으로 해동하여 품온이 0°C까지 상승하는데 걸리는 시간을 Table 1에 나타내었다. 품온이 -90°C인 동결시료를 0°C까지의 해동에 소요되는 시간은 공기(25°C), 수도수(25°C, 15°C, 10°C, 5°C) 및 빙수(0°C)에서 각각 45, 12, 22, 31, 76, 및 540분이 소요되었으나, 품온이 -15°C인 동결시료는 각각 45, 11, 17, 31, 70 및 420분이 소요되었다.

Table 1. Demanding time on thaw until 0°C in muscle temperature by various thawing methods

Thawing method	Demanding time for thaw (min)	
	Liquid nitrogen gas	-15°C Air
25°C air	45.0	45.0
25°C tap water	12.0	11.0
15°C tap water	22.0	17.0
10°C tap water	31.0	31.0
5°C tap water	76.0	70.0
0°C tap water	540.0	420.0

또한 최대 빙결정용해대를 통과하는 시간이 25°C의 공기로 해동한 경우, 품온 -90°C인 시료는 34.0분, 품온 -15°C 시료는 37.5분이 소요되었으며 25°C의 수도수로 해동하였을때에는 각각 9.5분, 8.0분이 경과되었다. 마찬가지로 15°C, 10°C, 5°C 수도수 및 0°C의 빙수로 해동한 경우, 품온 -90°C의 시료는 각각 17분, 28분, 69분, 560분이 소요되었으며, -15°C의 시료는 14분, 27분, 66분, 406분이 소요되었다. 5°C 이상의 온도에서 해동시에는 각각의 해동온도에 따라서 정도에 차이는 있었지만 해동경직 현상이 나타났으나, 0°C 빙수로 해동하였을 때에는

해동경직 현상은 관찰 되지않았다. 이러한 결과는 Hatae et al. (1990)이 동결육을 4°C에서 해동하였을때 해동경직은 일어나지 않았다고 보고한 내용과 일치하였으며, 해동방법에 따라서 경직의 정도는 현저한 차이가 있는 것으로 판단되었다.

2. 동결 및 해동속도에 따른 육의 파괴강도의 변화

육질의 단단함은 육의 결합조직의 대부분을 차지하고 있는 collagen matrix에 의하여 좌우되는 background toughness와 사후 근육 중의 ATPase에 의한 ATP의 분해로 myosin과 actin의 결합에 의하여 형성되는 actomyosin 복합체에 의하여 발생된 actomyosin toughness로 나누어지며, 파괴강도는 이들 두 요소의 강약에 따라 결정되어진다. Cho and Lee (1994)는 background toughness가 사후 초기의 collagen matrix의 붕괴로 서서히 저하된다고 하였으며, 반면에 actomyosin toughness는 사후 초기에 ATP의 분해로 actomyosin 복합체가 형성되기 때문에 서서히 증가된다고 하였다. 또한 actomyosin 복합체의 형성은 사후 어육의 저장온도에 따라 좌우되며, 생선회의 식감을 증대시키기 위하여 사후경직을 효과적으로 이용하기 위한 많은 연구가 진행되었다 (Iwamoto et al., 1987, 1988; Kim and Cho, 1992; Cho and Kim, 1993). 특히 이와같이 온도의존성을 지니는 사후경직 외에 해동경직을 이용하여 식감을 개선하고자 하는 연구도 이루어지고 있다 (Hatae et al., 1990). 신선한 어육을 동결저장중에 background toughness의 저하가 일어나지 않는 시점에서 해동경직에 의한 actomyosin toughness를 증가시킬수 있다면 육질의 전체적인 toughness가 증가되어 식감이 증대되어질 것이다. 따라서, 해동에 의한 actomyosin toughness의 상승조건을 찾기 위하여 동결 및 해동방법을 달리하였을때 육질의 toughness의 변화를 검토하였다.

넙치를 즉살하여 급속동결(액체질소동결, -90°C 저장)과 완만동결(-15°C 동결저장)하여 3일 동안 동결한 다음, 해동방법을 달리하였을때 파괴강도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 즉살직후의 파괴강도는 588.5 ± 38.7g이었으나, 급속동결하여 25°C의 수도수로 해동한 육의 파괴강도는 722.5 ± 12.8g이었으며, 완만동결한 육은 670.5 ± 33.7g을 나타내어 급속동결하여 저온저장한 시료의 해동경직현상이 더 높게 나타났다. 15°C의 수도수로 해동하였을때도 급속동결 및 완만동결하여 저장한 것이 각각 717.6 ± 21.5g, 656.5 ± 18.9g으로 25°C의 수도수로 해동한 육과 비슷한 파괴강도 값을 나타내었다. 그러나, 25°C의 공기중에 방치하여 해동한 육은 각각의 동결온도에서

695.4 ± 23.6g, 613.7 ± 26.5g으로 25°C나 15°C의 수도수로 해동한 육에 비하여 낮았다. 또한 10°C와 5°C의 수도수로 해동한 육은 급속동결 한 것이 689.7 ± 24.7g과 677.0 ± 32.5g을 나타내었으며, 완만동결한 시료는 648.8 ± 21.3g과 620.8 ± 23.6g을 나타내었다. 한편, 0°C의 빙수로 해동하였을때는 급속동결 및 완만동결한 육이 628.8 ± 29.6g과 600.3 ± 37.3g으로 즉살 직후 육의 파괴강도 값과 큰 차이를 나타내지 않았다. 해동온도 및 해동매체를 달리하여 해동하였을 때 파괴강도는 해동속도에 현저하게 영향을 받아 급속해동한 육의 파괴강도가 즉살 직후에 비하여 현저하게 증대되었으며, 해동속도가 느릴수록 파괴강도의 증가폭은 낮은 경향을 나타내었다. 그러나, 25°C의 수도수로 해동시에는 육의 파괴강도는 상승하지만 위축변형이 심하여 상품가치가 저하한다. 따라서 위축변형을 일으키지 않고 파괴강도 값의 상승을 야기시킬 수 있는 15°C의 수도수로 해동하는 것이 생선회의 식감상승에 기여한다고 생각되므로, 동결생선회의 적정 해동조건은 15°C의 수도수에서 급속해동하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

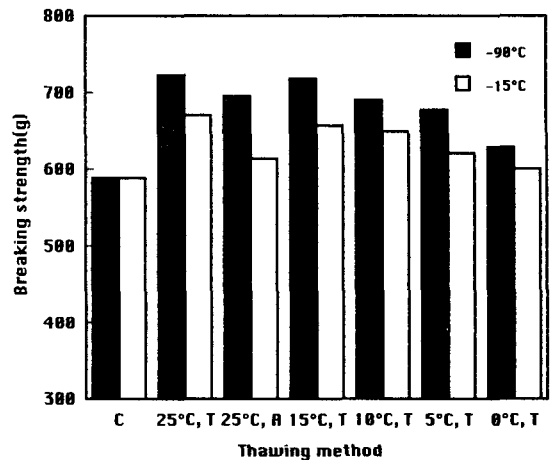


Fig. 2. Effect of thawing condition on breaking strength in frozen plaice dorsal muscle. Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

한편, 넙치 근육을 fillet, chunk, slice의 형태로 처리하여 3일간 동결저장한 후 15°C의 수도수로 해동하였을때 육의 파괴강도를 Fig. 3에 나타내었다. 즉살 직후의 근육의 파괴강도가 588.5 ± 38.7g였으며 급속동결하여 저장한 것은 처리형태별로 보면 fillet한 것이 724.5 ± 13.7이었으며, chunk 및 slice한 것은 각각 717.6 ± 23.1g, 710.4 ± 17.5g으로, 처리형태에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다.

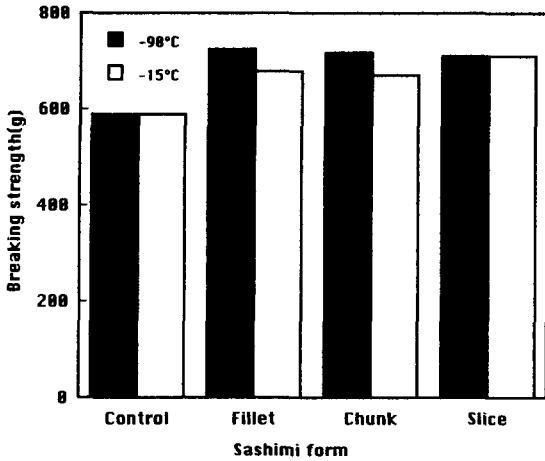


Fig. 3. Effect of sashimi form on breaking strength in frozen plaice dorsal muscle by 15°C tap water thawing.

그러나 완만동결저장한 것은 fillet, chunk, slice 한 것이 각각 678.3 ± 20.5 g, 670.5 ± 26.5 g, 710.0 ± 37.4 g으로 slice 형태로 동결한 것이 fillet, chunk의 형태로 동결한 것 보다 다소 높은 파괴강도 값을 나타내었다. 이와같이 slice 형태의 동결에 있어서는 근육의 두께가 얇아 -15°C의 동결 온도에서도 급속동결이 되었기 때문이라고 생각된다.

3. 동결 및 해동속도에 따른 ATP관련화합물의 함량 변화

사후 시간의 경과와 더불어 일어나는 사후경직과 ATP 함량의 관계는 어체가 살아있을 때의 상태, 치사 조건, 저장온도 등에 영향을 받지만 (Iwamoto et al., 1987; Watabe et al., 1991; Boyd et al., 1984; Bito et al., 1983), 해동경직과 ATP의 함량은 이외에 동결속도와 해동속도에 의해서도 영향을 받는다 (Yamanaka, 1984; Ma et al., 1993). ATP의 분해로 생성된 IMP는 유리아미노산인 glutamic acid와 함께 어육 중의 맛성분의 주체가 되며, 이들은 서로 상승작용을 일으켜 Umami (감칠맛)을 증대시킨다 (Yamaguchi et al., 1968; Yamaguchi and Takahashi, 1984).

넙치를 즉살하여 급속동결 및 완만동결하여 3일간 저장 후 해동하였을 때 해동속도에 따른 근육 중의 ATP 관련화합물의 함량을 조사한 결과, 즉살 직후 넙치육의 ATP 함량은 $7.398 \mu\text{mole/g}$ 으로 근육 중의 전 ATP 관련물질의 86%를 차지하였으며, ADP+AMP는 $0.418 \mu\text{mole/g}$, IMP는 $0.600 \mu\text{mole/g}$, inosine (HxR)과 hypoxanthin (Hx)은 $0.184 \mu\text{mole/g}$ 이었다. 넙치를 급속동결하여 3일간 저장한 후 25°C의 수도수로 해동하였을 때

ATP의 함량은 $0.900 \mu\text{mole/g}$ 으로 0°C나 5°C의 수도수 해동에 비하여 다소 높았다. 10°C 수도수에 해동한 것은 ADP+AMP가 $2.3028 \mu\text{mole/g}$ 으로 다량 축적되었으며 IMP의 함량은 뚜렷한 변화를 나타내지는 않았으나, 0°C 빙수로 해동한 것이 $6.449 \mu\text{mole/g}$ 으로 가장 높았다. 그리고 ATP관련화합물의 총량은 8.080~8.600 $\mu\text{mole/g}$ 범위를 나타내었다 (Fig. 4). Fig. 5는 완만동결한 후 해동

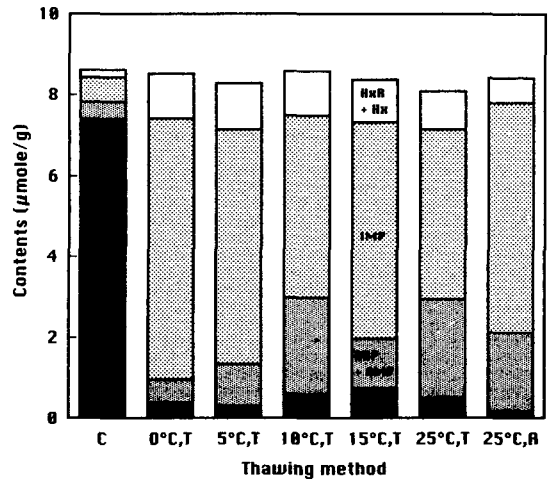


Fig. 4. Changes in contents of ATP and its related compounds in frozen plaice muscle at -90°C with thawing condition.

Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

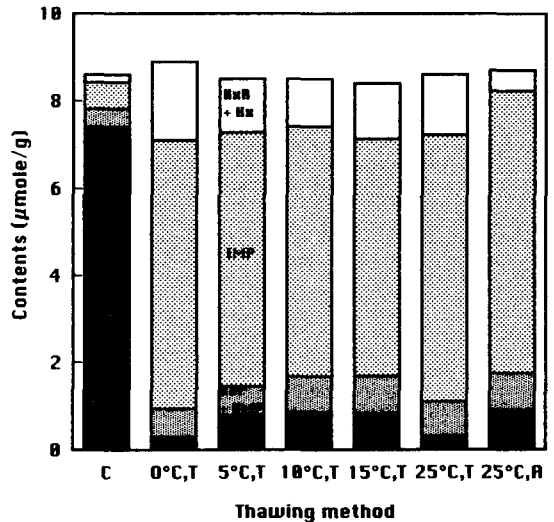


Fig. 5. Changes in contents of ATP and its related compounds in frozen plaice muscle at -15°C with thawing condition.

Abbreviation: C, unfrozen; T, tap water; A, air

속도에 따른 ATP관련화합물의 변화를 나타낸 것이다. ATP의 함량은 25°C의 수도수에 해동하였을 때 0.920 μ mole/g으로 0°C의 수도수 0.295 μ mole/g에 비하여 다소 높은 값을 나타내었으나, 15°C 및 10°C의 수도수와 25°C의 공기해동과는 거의 차이가 없었다. IMP는 해동 후 급속한 증가를 보여 5.400~6.400 μ mole/g으로 해동 후 ATP 관련화합물의 대부분을 차지하였으며 0°C 수도수로 해동한 것은 HxR+Hx이 1.794 μ mole/g으로 다른 해동구간에 비하여 높은 값을 보였다. 이상의 결과로 부터, ATP의 함량변화는 뚜렷한 경향을 보이지는 않지만 해동속도에 따라서 다소 차이를 나타내어 급속해동한 것이 완만해동한 것에 비하여 ATP의 잔존량이 높았으며 동결속도에는 크게 영향을 받지않는 것으로 판단된다. Yamanaka (1984)는 동결육의 해동후의 ATP함량은 급속동결한 것이 완만동결한 것에 비하여 높다고 하였는데, 본 실험에서는 이와 다르게 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. Fig. 2의 결과와 같이 급속해동에 의한 근육의 파괴강도의 상승은 해동경직이 강하게 일어났음을 보여주고 있으며 이는 해동경직의 에너지원으로 ATP의 소모를 반드시 동반하게 된다. 0°C 수도수 해동을 제외한 전 해동구간에서 일어난 해동경직으로 인하여 ATP가 현저하게 소실되었음을 Fig. 4와 Fig. 5에 잘 나타나있다. 본 실험의 결과, 동결-해동에 의한 ATP의 분해는 동결에 의한 근소포체의 Ca^{2+} 의 세포내로의 방출로 Ca^{2+} (+ Mg^{2+})-ATPase의 활성화에 의한 ATP의 소실로 생각되며, 해동시 IMP의 다량 축적은 Bito et al. (1983)이 보고한 바와 같이 저온에서 AMP 탈아미노반응이 빠르게 진행되는 반면에 IMP의 탈인산화는 저온에서 지체되어 해동중 IMP의 축적이 촉진된다고 판단된다.

4. 동결 및 해동속도에 따른 근육의 조직학적 변화
어육의 사후연화기구에 대해서는 여러 가지 가설이 있으나, 동결한 근육조직의 약화에는 동결에 의하여 육중에 생성된 빙결정에 의하여 근육이 물리적인 손상을 받아 취약화된다는 설이 있을 뿐이며 해동방법에 따른 근육의 조직 변화에 대해서는 구명되어 있지 않다. 근섬유와 근섬유는 주로 collagen matrix라고 불리는 세포외 matrix로 접착되어 있으며 이들이 동결에 의하여 생성된 빙결정에 의하여 근육이 손상을 받을 것이라 생각된다. 또한, 해동속도를 달리하였을 때 actomyosin 복합체의 형성으로 인한 장력발생 때문에 근육이 해동시에 물리적으로 손상을 받을 수 있다.

즉살 후 급속동결 및 완만동결하여 3일 동안 저장한 근육을 각종 해동방법에 따라서 해동하여, 근섬유의 배열에 대하여 직각방향으로 절단한 육편을 만들어 근육의 표면조직을 광학현미경 (LM)으로 관찰한 결과를 Photo.1과 Photo.2에 나타내었다. 즉살 직후에 있어서는 근섬유와 근섬유의 간격이 전혀 관찰되지 않았으며, 급속동결하여 25°C의 공기나 15°C의 수도수, 10°C 수도수, 5°C 수도수 및 0°C의 빙수에 해동한 것은 근섬유의 간격이 관찰되지 않았다. 그러나 25°C의 수도수로 해동한 것은 근섬유간의 간격은 다른 해동구간에 비하여 큰 차이를 나타내지 않았으나 근섬유가 다소 부서러지는 현상을 보여 주었다. 이러한 결과는 급속한 해동으로 인하여 근육의 수축에 의한 장력이 현저하게 일어나고 이 장력에 의하여 근섬유가 손상을 입었기 때문이라 생각된다. 한편, 완만동결하여 해동한 것은 근섬유간의 간격이 현저하게 관찰되었으며 25°C의 수도수 해동구간을 제외한 시료에서는 근섬유간의 간격정도가 거의 비슷하였으나 25°C에 수도수로 해동한 것은 근섬유간의 간격외에 근섬유 자체의 개열이 나타나고 있다. 급속동결한 근육에 있어서 근섬유간의 간격이 거의 관찰되지 않는 것은 이 온도에서 3일 정도의 동결저장에 의하여 근섬유와 근섬유를 연결하는 세포외 collagen matrix가 크게 영향을 받지 않음을 나타내어 주고 있으며, 25°C의 수도수로 해동한 것은 해동시 근육의 수축에 의한 장력발생, 즉 actomyosin toughness의 증가로 생긴 물리적인 힘이 근섬유에 손상을 입혔기 때문이라고 여겨진다. 그러나, 최대 빙결정생성대를 통과하는데 30분 이상의 시간이 소요되는 완만해동의 경우는 완만동결 시료의 근섬유간의 간격이 급속동결 시료에 비하여 현저하였는데, 이러한 결과는 완만동결에 의하여 생성된 빙결정이 근섬유에 물리적인 손상을 가하여 나타난 것으로 collagen matrix의 취약화를 촉진시킨 것으로 생각된다.

이상의 결과로 부터, 해동방법에 따른 파괴강도의 변화나 조직학적인 변화로 부터 collagen 섬유를 파괴시키지 않고 actomyosin toughness를 최대한 증대시킬 수 있는 방법, 즉 근육을 급속동결하여 15°C 정도의 수도수로 해동함으로써 생선회의 조직감을 증대시킬 수 있을 것이라 생각한다.

요 약

본 연구는 생선회 맛의 관능적 품질향상 및 생선회로

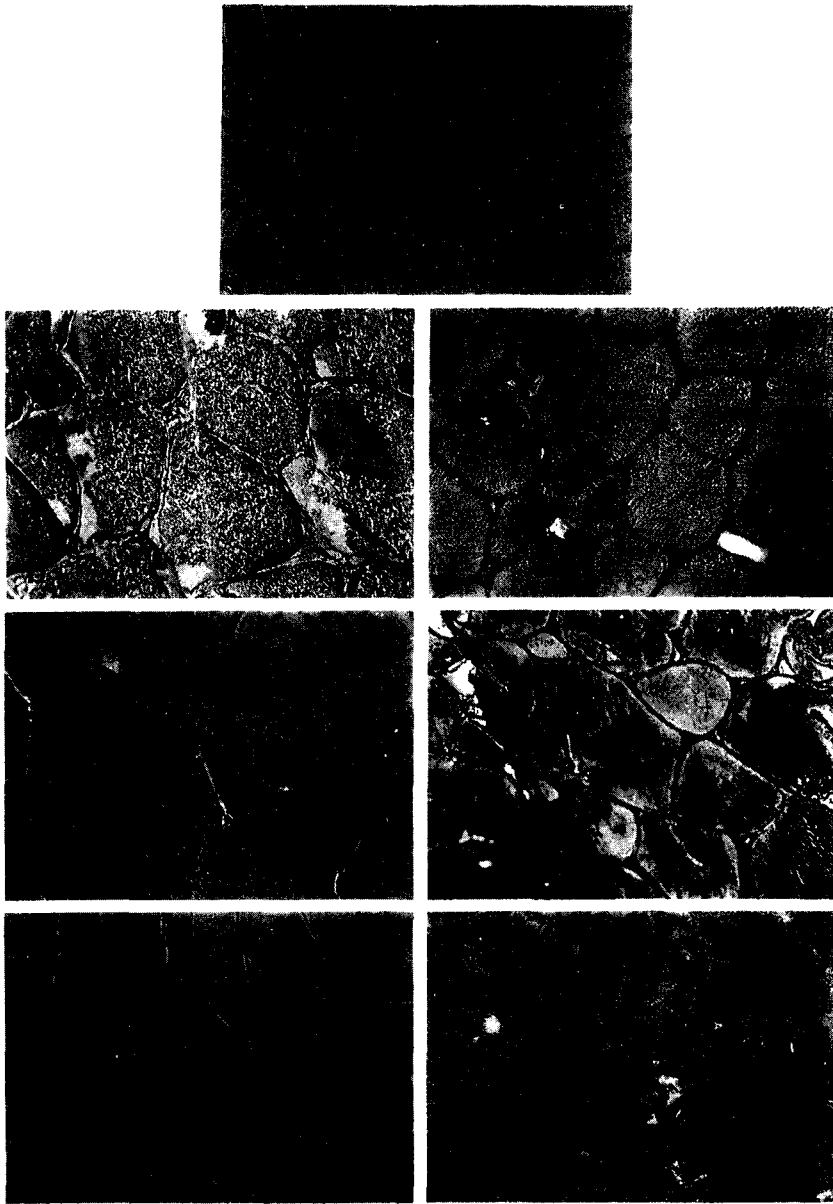


Photo. 1. Changes in histology of frozen plaice muscle at -90°C with thawing condition ($\times 100$).

- a : immediately after death
- b : thawing 25°C tap water
- c : thawing 25°C air
- d : thawing 15°C tap water
- e : thawing 10°C tap water
- f : thawing 5°C tap water
- g : thawing 0°C tap water
- c : extracellular matrix structure
- m : muscle fiber

서의 품질수명을 연장시키기 위하여 우리나라에서 고급
 횡감으로 널리 소비되고 있는 넙치를 시료로 하여 동결
 속도 및 해동방법에 따른 근육의 물리화학적 및 조직학
 적 변화를 살펴보았다.

1. 넙치를 chunk 형태로 급속동결(액체질소동결) 및

완만동결(-15°C 동결)하였을때 최대 빙결정생성대의 통
 과시간은 각각 10분이내와 110분이었다. 해동방법에 다
 른 해동소요시간은 25°C 수도수, 15°C 수도수, 10°C 수도
 수, 25°C 공기, 5°C 수도수, 0°C 수도수 순으로 짧았다.

2. 근육의 파괴강도는 급속동결하여 급속해동한 것이

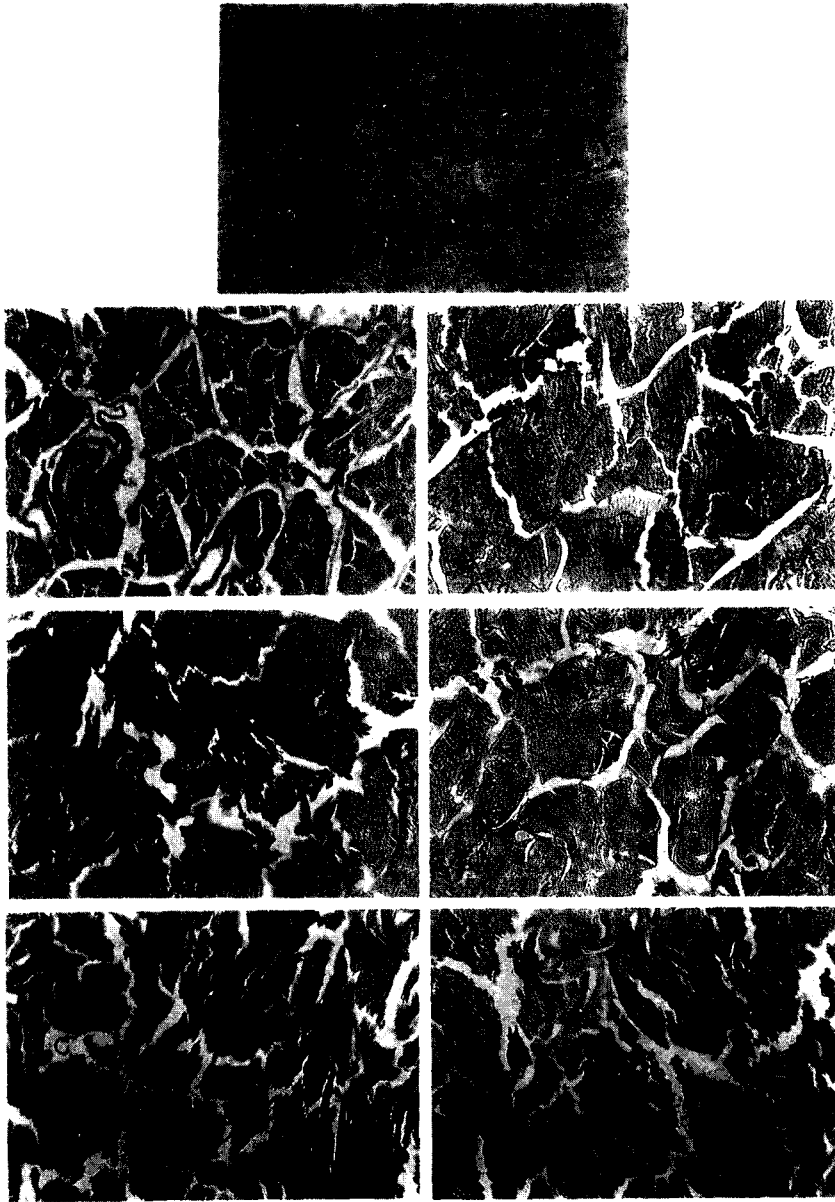


Photo. 2. Changes in histology of frozen plaice muscle at -15°C with thawing condition ($\times 100$).

- a : immediately after death
- b : thawing 25°C tap water
- c : thawing 25°C air
- d : thawing 15°C tap water
- e : thawing 10°C tap water
- f : thawing 5°C tap water
- g : thawing 0°C tap water
- m : muscle fiber
- c : extracellular matrix structure

완만동결하여 완만해동한 것에 비하여 높았으며, 조리형태에 따른 파괴강도는 급속동결한 것은 조리형태에 따라 큰 차이를 나타내지 않았으나, 완만동결한 것은 slice 형태로 처리한 것이 높은 값을 나타내었다.

4. ATP의 잔존량은 동결속도에 큰 영향을 받지 않았

으며, 급속해동한 것이 완만해동한 것에 비하여 높은 경향을 나타내었다. 그리고 IMP가 동결-해동후의 ATP관련화합물의 대부분을 차지하고 있었다.

5. 근육의 표본조직을 광학현미경(LM)으로 관찰한 결과, 즉살직후에는 근섬유간의 간격이 관찰되지 않았으

며, 급속동결하여 해동방법을 달리한 근육에 있어서도 근섬유간의 간격이 거의 관찰되지 않았다. 그러나 완만 동결하여 해동한 것은 근섬유간의 간격이 현저하게 관찰되었다.

감사의 말씀

본 연구는 1996년에서 1997년 까지 수행된 농림수산특정연구개발사업과제 중 현장애로기술개발과제의 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 resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165~1169.
- Bito, M. 1986. The influence of freshness of the fish, freezing temperature, thawing rate and thawing temperature on thaw rigor. *Bull. Tokai Reg. Fish. res. Lab.*, 119, 25~31 (in Japanese).
- Boyd, N. S., N. D. Wilson, A. R. Jerrett and B. I. Hall. 1984. Effects of brain destruction on post harvest muscle metabolism in the fish. *J. Food Sci.*, 49, 177~179.
- 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. and K. W. Lee. 1994. Early changes after death of plaice. 5. Effects of storage temperature on morphological changes of myofibrils and histological changes of muscle. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27, 114~120 (in Korean).
- Hatae, K., H. Sakamoto, A. Shimada, M. Matsumoto, H. Yamanaka and S. Watabe. 1990. Physical properties of arai made by applying of thawing-rigor. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56 (12), 2113~2118.
- 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 enzymes involved. *J. Food Sci.*, 53, 1162~1165.
- Iwamoto, M., H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto. Effects of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice muscle. *J. Food Sci.*, 52, 1514~1517.
- Kim, Y. Y. and Y. J. Cho. 1992. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 1. Relationship between early changes after death and temperature dependency. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25, 189~196 (in Korean).
- Long-Bin M., H. Yamanaka, S. Wada and R. Takai. 1993. Influences of death and thawing conditions on thaw-rigor on carp muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 (1), 145~150 (in Japanese).
- Long-Bin, M. and H. Yamanaka. 1991. Studies on thaw-rigor in red sea bream and carp muscles. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57 (7), 1365~1378 (in Japanese).
- Watabe, S., M. Kamal and K. Hashimoto. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate and lactate in sardin muscle. *J. Food Sci.*, 56, 151~153.
- Yamaguchi, S. and C. Takahashi. 1984. Hedonic function of monosodium glutamate and four basic taste substance used at various concentration levels in single and complex systems. *Agric. Biol. Chem.*, 48 (4), 1077~1081.
- Yamaguchi, S., T. Yoshigawa, S. Ikeda and T. Ninomiya. 1968. Synergistic taste effects of some new ribonucleotide derivatives. *Agric. Biol. Chem.*, 32, 797~802.
- Yamanaka, H. and K. Hideaki. 1984. Influence of freezing rates on the extent of thaw rigor and glycolysis of carp muscle. *Refrigeration*, 59, 11~16 (in Japanese).
- Yamanaka, H., T. Nakagawashi, T. Kikuchi and K. Amano. 1978. Studies on the contraction of carp muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 44, 1123~1126 (in Japanese).
- 통계청. 1995. 농수산물 통계연보.

1998년 3월 20일 접수

1998년 7월 2일 수리