工學碩士 學位論文

생선회의 생명시간에 미치는 처리방법의 영향

指導敎授 趙 永 濟

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

釜慶大學校 産業大學院

食品産業工學科

金 周 英

金周英의 工學碩士 學位論文을 認准함

2003年 6月 日

主 審 農學博士 安 東 賢 印

委 員 工學博士 金 泰 辰 印

委 員 水産學博士 趙 永 濟 印

목 차

Abstract ····· 1

서 론 ····· 3

재료 및 방법 ····· 6

1. 원료어 ····· 6

2. 실험방법 ····· 6

가. 사후경직도(rigor-index)의 측정 ····· 6

나. 파괴강도(breaking strength)의 측정 ····· 6

다. ATP 관련화합물(ATP related compounds)의 측정 ····· 7

라. 젖산(lactate) 함량의 측정 ····· 7

결과 및 고찰 ····· 9

1. 치사방법에 따른 생선회 생명시간의 검토 ····· 9

가. 사후경직도의 변화 ····· 9

나. ATP 관련화합물의 변화 ····· 11

다. ATP의 분해속도에 미치는 치사방법의 영향 ····· 15

라. 파괴강도의 변화 ····· 18

2. 조리형태에 따른 생선회 생명시간의 검토 ····· 21

가. 파괴강도의 변화 ····· 21

나. ATP 및 젖산함량의 변화 ····· 21

3. 얼음물의 처리유·무 및 저장온도에 따른 생선회 생명시간의 검토 · 25
가. 파괴강도의 변화 ····· 25
나. ATP 관련화합물의 변화 ····· 32

4. 포장 및 껍질부착 유·무에 따른 생선회 생명시간의 검토 ··· 38

요 약 ····· 41

감사의 글 ····· 43

참고문헌 ····· 44

Effect of Treatment on the Shelf-life of Sliced Raw Fish

Ju-Young Kim

Department of Food Industrial Engineering, Graduate School School of Industry, Pukyong National University, Pusan

Abstract

This study was undertaken to clarify the effect of treatment on the shelf life of sliced raw fish. Cultured olive flounder were killed by the following three different methods : 1. spiking at the head instantly 2. dipping in 1000 ppm ethyl benzoate dissolved sea water including anesthetic 3. electrifying in sea water(110V, 30sec). And then the changes in rigor-index, breaking strength, ATP related compounds, ATP breakdown and lactate content were investigated during storage at 0℃.

The onset time of rigor-mortis was the longest in the dipping in sea water including an anesthetic, followed by spiking at the head instantly and electrifying in sea water in order. The breaking strength in spiking at the head instantly and dipping seawater including an anesthetic was maintained longer than that in electrifying in sea water. ATP content was depleted remarkably in sample electrified in sea water.

By preparing form of slice raw fish, the breaking strength of muscle

was higher in Round and Fillet than in Slice, and ATP breakdown and lactate formation did not show any difference.

In Round treatment, the physicochemical changes such as ATP content and breaking strength were similar to whether or not immersion in ice water, however, existed some difference in Fillet treatment. According to storage temperature after preparing of sliced raw fish, the breaking strength was decreased faster in 10℃ storage than in 0℃ storage.

The breaking strength of muscle was hardly affected by packing methods and, with or without removal of skin.

서 론

우리 국민들의 생선회를 먹는 습관은 살아있는 활어를 소비자가 보는 앞에서 조리사가 바로 생선회로 처리한 것을 가장 맛이 있다고 여기고 있기 때문에 양식장에서 살아 있는 상태로 활어를 수송하고 있다. 그렇지만 현재의 활어 수송방법은 계절에 따라 다소의 차이는 있지만 활어조 내에는 대부분의 해수(약 80%)와 약간의 활어(약 20%)를 싣고서 수송하기 때문에, 필요 없는 대량의 물을 나르는 결과가 되므로 수송경비가 증가되며, 이것은 생선회 가격의 상승을 초래하게 된다(Cho et al., 1999).

세계에서 생선회를 가장 많이 소비하는 일본에서는 우리와 같은 방법과는 달리, 활어를 즉살한 다음 방혈시켜 수송하거나, 선어회 가공공장에서 선어회로 가공한 후 포장하여 수송하는 방법을 채택하고 있다. 우리의 방법과 일본의 방법을 비교해 보면, 우리나라는 생산자로부터 운송업자, 유통업자, 도매업자, 중간도매업자를 거쳐 생선횟집에 도달한 후 처리하여 소비자가 생선회를 소비하는 과정으로 되어 있어 유통구조가 대단히 복잡하고 수송경비가 많이 소요되는 반면, 일본은 선어회 가공공장에서 바로 초밥집이나 소규모의 판매장으로 수송되기 때문에 중간 유통단계가 단순하므로 수송경비가 절약된다. 그리고 우리나라에서는 어류를 살려서 수송하고 횟집에서 살아 있는 상태로 보관해야 하므로 활어차 및 활어수조 등의 시설비가 소요될 뿐만 아니라 횟집에서는 수조관리를 해야하는 2중의 부담을 안게된다.

이와 같은 우리나라의 활어회 소비구조는 복잡한 유통구조에 의한 수송경비 뿐만 아니라 수조시설의 시설 및 관리비 등을 소비자가 부담하여야 하므로, 생선회 가격이 비싸져서 소비심리를 떨어뜨린다. 또한, 현재와 같은 다단계의 유통구조에 활어차로 수송 중에 흔들림, 수조에 장시간 보관에 의한 스트레스 상승으로 인한 육질의 탄력 및 면역기능 저

하로 세균감염의 위험이 높아질 뿐만 아니라 생선회 맛이 떨어지게 되는 단점을 안고 있다. 그리고 무엇보다도 여름철에 바닷물에서 유입된 비브리오균이 활어수조에서 증식하거나, 조리기구 및 조리사에 의한 2차 오염으로 인하여 식중독이나 패혈증을 유발시킬 위험이 있다. 그러므로, 지금과 같은 활어 중심의 생선회 문화가 선어회로 바뀌지 않고서는 상기에서 언급한 여러 가지 문제점을 해결하기가 대단히 어렵다.

그러나, 현재의 활어회에서 선어회로 전환하기 위해서는 몇 가지 문제점을 반드시 해결해야만 한다. 그것은 우리가 개발·정착시키고자 하는 선어회는 일본의 선어회와 구별되어야 한다는 것이다. 우리나라의 생선회 식문화를 살아서 펄떡펄떡 뛰는 활어회(活魚膾) 문화로 본다면, 일본은 활어를 죽인 후에 냉장고 등에 넣어서 일정시간 저장 후에 먹는 선어회(鮮魚膾) 문화이다. 활어회 문화란 살아 있는 활어를 바로 조리하여 생선회로 만드는 방법으로, 대부분의 생선횟집에는 이와 같은 방법으로 생선회를 조리하며, 또 우리국민들은 살아 있어야만 생선회이며 맛이 좋다는 개념을 갖고 있다. 살아 있어야만 생선회의 맛이 좋다는 개념은 펄떡펄떡 뛰는 싱싱함과 육질의 단단함, 즉 **씹힘성**이 좋다는 것으로, 우리국민들이 생선회를 먹을 때에는 이빨로 느끼는 육질의 단단함 즉 씹힘성을 중요시하는 생선회 식문화이다. 한편, 일본의 선어회 문화는 활어를 죽여서 저온에 일정 시간 저장 중에 감칠맛 성분인 이노신산(IMP, 정미성분)이 생기므로 혀로 느끼는 맛이 좋아지지만, 육질의 단단함은 떨어진다(조, 2002). 따라서, 혀로 느끼는 **미각**을 중요시하는 생선회 식문화이다. 그러므로 일본의 선어회 처리방법을 그대로 도입할 수 없다.

우리나라의 실정에 맞는 한국식 선어회의 개발·유통을 위해서는 근육의 단단함이 유지되는 시간내에 이루어져야 하며, 선어회 조리 및 포장방법, 유통온도 등이 확립되어야 한다. 활어의 사후 물리·화학적인 변화에 영향을 미치는 요인은 치사 전에는 어류의 종류, 크기, 양식조건

등 여러 가지가 있으며, 치사 후에는 치사방법, 조리형태 및 저장온도 등의 영향을 받게 된다. 활어를 치사시키면 근육은 일정 시간이 경과 후 단단해지는 사후경직 현상이 일어나게 된다.

생선회 근육의 단단함에 영향을 미치는 요인은 치사 전에는 어류의 종류, 크기, 양식조건 등 여러 가지가 있으며, 치사 후에는 치사방법, 방혈유무, 조리형태 및 저장온도 등의 영향을 받게 된다. 어류 사후 경직의 진행속도는 저장온도 및 치사방법에 따라 많은 차이를 나타내며 (Iwamoto et al., 1985, 1987, 1988; Hwang et al., 1991; 조 등, 1994a), 사후경직과 저장온도와의 관계는 어종에 따라 다르고, 이것은 규칙성이 없다. 근육의 단단함은 사후경직의 진행속도와 일치하지 않으며 (조 등, 1994b), 사후경직에 비하여 빠르게 진행되다가 완전경직에 도달하기 전에 이미 근육의 단단함은 저하하기 시작하므로 선어회 생명시간은 근육의 단단함에 초점을 맞추어 설정되어야 한다. 그리고 선어회의 품질 및 유통기간을 결정하는 중요한 요인은 저작성(촉감)이기 때문에 우리 국민들의 식습관에 부응하여 생선회의 단단함(toughness)이 그대로 유지되면서도 유통기간은 최대로 연장할 수 있는 방법으로 개발되어야 한다.

그러므로 상기에서 언급한 여러 가지 요소들을 종합적으로 조절하여 선어회의 가공 및 유통방법을 확립하여야 한다. 그러므로 본 연구에서는 활어의 치사방법, 조리형태, 얼음물 침지유무 및 포장방법을 조절하여 선어회의 유통기간을 연장할 수 있는 처리방법을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 원료어

넙치(Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*)를 도군수산(부산광역시 수영구 민락동 소재)에서 활어상태로 실험실로 운반하여 15℃ 상온의 해수에서 약 6시간 피로를 완전히 회복시킨 후에 즉살(두부의 급소를 강타)시켜 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

가. 사후경직도(rigor-index)의 측정

사후경직도(rigor index) 측정에 사용된 시료들은 즉살(두부의 급소를 강타)후에 얼음물에 침지하지 않고 각각 0℃와 10℃의 냉장고에 보관하면서 Bito et al.(1983)의 방법에 따라서 체장의 절반을 수평대위에 올려 고정시킨다음 꼬리지느러미가 시작되는 부분까지의 길이 변화를 아래 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{사후경직도}(\%) = \frac{(Do - D)}{Do} \times 100$$

Do : 즉살직후의 거리(㎝)

D : 사후경직중일 때의 거리(㎝)

나. 파괴강도(breaking strength)의 측정

Ando et al.(1991a)의 방법에 따라 넙치 등육을 Table 1과 같은 조건으로 측정하였다. 즉, 넙치를 밑면이 평행하게 필렛하여 10×10×10mm의 크기로 정사각형의 칼집을 위에서 찍은 후에, 칼집위로 돌출된 부분을 잘라내고 육의 두께를 10mm로 균일하게 하여 측정시료로 사용하였다. 파괴강도값은 직경 8mm cylinder plunger를 사용하였으며, 속도 60

㎜/min때의 최고값을 측정하였다. 실험결과는 4~8회 측정하여 평균±표준편차(mean±S.D.)로 나타내었다.

다. ATP 관련화합물(ATP related compounds)의 측정

Iwamoto et al.(1987)의 방법으로 ATP 관련화합물을 추출하여 추출액을 -25℃ 동결고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 측정시에 0.45㎛ membrane filter로 여과후 HPLC에 주입하였다. Column이동층으로는 0.2% triethylamine 용액(pH 7.0)을 사용하였고, ATP 관련화합물의 표준품은 Sigma사의 표품을 사용하였다. 장치는 Waters 사의 고속액체 chromatograph 자동분석 system을 사용하였고 column은 Waters사의 μ-Bondapack C_{18}, 300×3.9㎜의 역상분배 column이었으며, 측정조건은 시료주입량 5㎕, 이동층 유량 0.8㎖/min, column 온도 40℃, 흡수파장 254㎚, peak 면적 적산법, 분석시간은 50분이었다.

라. 젖산(lactate) 함량의 측정

제단백추출액을 사용하여 Backer와 Summerson(1941)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 동육을 2.5g 취하여 10% perchloric acid로 균질화하여 단백질을 제거한 후에 6,000rpm에서 원심분리하여 상층액 1㎖를 취한 후 20% cupric sulfide를 가하여 유산을 구리로 치환하고 증류수를 사용하여 10㎖로 정용하였다. 여기에 Ca(OH)2 1g으로 실온에서 30분간 방치하여 당류를 제거한 다음, 5,000rpm에서 원심분리한 후에 상층액 1㎖와 4% CuSO4 0.05㎖로 잔류유산을 재치환시켰다. 여기에 진한 황산을 6㎖ 가하여 액중에 포함되어 있는 Ca(OH)2를 분해시키고 20℃로 냉각한 후에 1.5% p hydroxyphenol 0.1㎖로서 발색(37℃, 30분)시켰으며, 100℃의 수조에서 90초간 p-hydroxyphenol을 용해시킨 후에 560nm에서 비색정량하였다.

Table 1. Condition employed for breaking strength profile measurement of olive flounder muscle

Instrument	SUN RHEO Meter Compac-100, Japan
Sample thickness	10mm
Cylindrical plunger	8mm in diameter
Crosshead speed	1mm/sec
Load cell	10kg
Chart speed	60mm/m

결과 및 고찰

1. 치사방법에 따른 생선회 생명시간의 검토

가. 사후 경직도의 변화

치사방법(즉살, 마취사 및 전기자극사)을 달리한 넙치를 0℃에 저장하는 동안의 사후경직도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 완전경직 도달시간이 전기자극사에서 현저히 단축되었으며, 다음으로 즉살, 마취사의 순으로 연장됨을 알 수 있었다. 즉, 치사방법에 따른 경직 개시시간과 완전경직 도달시간은 각각 전기자극사에서 0시간과 7시간, 즉살에서 2.5시간과 30시간, 그리고 마취사에서 5시간 34시간이었다. 최대 경직시의 경직도는 전기자극에 의하여 ATP분해가 촉진되어 급속한 해당작용의 진행으로 경직의 진행 속도가 현저히 빨라진다는 보고와 유사하였다 (Will et al., 1979; Shaw and Walker, 1977; 吉上, 1990; Crenwelge et al., 1984).

마취사에서의 사후경직의 진행이 가장 느렸는데, 이러한 결과는 Fraswr et al.(1967)의 보고와 같이 마취사시킨 대구육에서 ATP의 분해가 느려서 경직의 진행이 지연된 것으로 생각된다. 치사조건이 달라도 완전경직 도달 이후의 해경속도에는 큰 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과는 岡등(1990)이 방어를 시료로 실험한 결과, 치사 조건이 사후 경직의 진행에는 큰 영향을 미치지만 해경의 속도에는 치사조건보다도 저장 온도의 영향이 더 크다는 보고와 유사한 경향을 나타낸다.

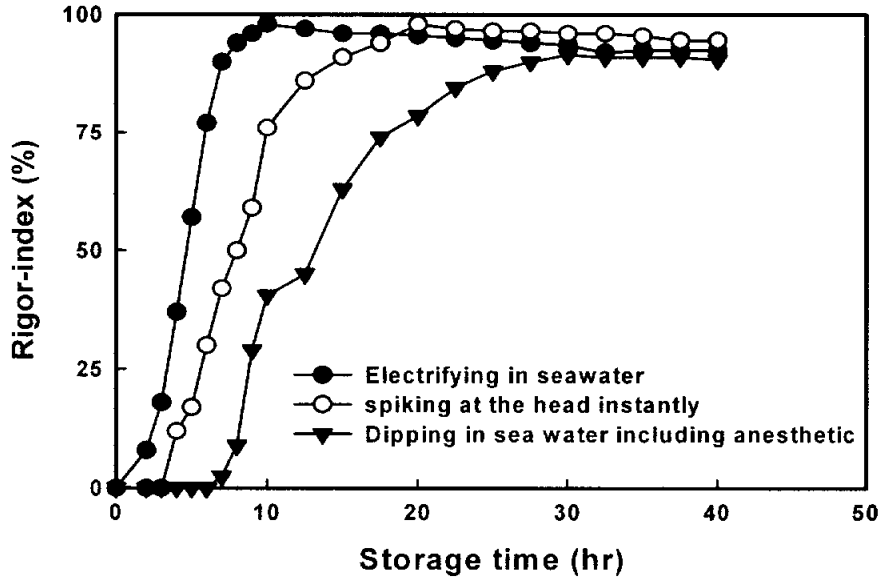

Fig. 1. Changes in rigor index of olive flounder muscle during storage at 0℃ after killing by various methods.

나. ATP 관련화합물의 변화

치사방법(즉살, 마취사, 전기자극사)에 따른 넙치육의 사후조기의 ATP 관련화합물의 변화를 Fig. 2에서 Fig. 4에 나타내었다. 즉살(Fig. 2)에서는 치사직후에 ATP함량은 5.79μmole/g으로 근육중의 전체 ATP 관련화합물의 71.8%를 차지하였으며, ADP+AMP량은 1.95μmole/g, IMP는 0.32μmole/g이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은 검출되지 않았다. 0℃저장 중에 ATP 함량은 저장초기부터 빠리 감소하여 25시간 후에 완전히 분해되었고, ADP+AMP는 완만히 감소하였다. IMP는 저장직후부터 축적되어서 완전경직 도달시간 부근의 25시간 후에 6.30μmole/g을 나타내었다. Inosine과 hypoxanthine의 함량은 저장기간 중에 완만히 증가하여 저장 35시간 후에는 0.94μmole/g의 값을 나타내었다.

마취사(Fig. 3)에서는 치사직후에 ATP 함량은 6.28μmole/g으로 즉살보다 높았으며 근육 중의 전체 ATP 관련화합물의 74.6%를 차지하였다. ADP+AMP량은 1.90μmole/g, IMP는 0.24μmole/g이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은 검출되지 않았다. 0℃의 저장 초기에 ATP의 감소속도는 즉살보다 늦어서 저장 10시간 후에도 5.07μmole/g의 값을 유지하였으며 그 이후에 빨리 분해하여 저장 30시간 후에 완전히 분해되었다. ADP+AMP는 저장 기간동안 완만히 감소하였으며, IMP도 즉살보다는 완만히 증가하여 저장 40시간 후에 6.07μmole/g의 값을 나타내었다. Inosine과 hypoxanthine의 함량은 저장기간중에 완만히 증가하였다.

전기자극사(Fig. 4)에서는 상기의 즉살 및 마취사와는 다른 경향을 나타내었다. 즉, 전기자극 직후의 ATP 함량은 3.97μmole/g이었고, inosine(HxR) + hypoxanthine(Hx)은 검출되지 않았다. 0℃저장 초기에 ATP감소는 상당히 촉진되어 저장 10시간 후에는 ATP가 전부 소실되었으며, ADP+AMP도 저장 15시간 후에 전부 분해되었다. 반면에, IMP와 HxR+Hx의 증가는 즉살 및 마취사보다도 빨랐다.

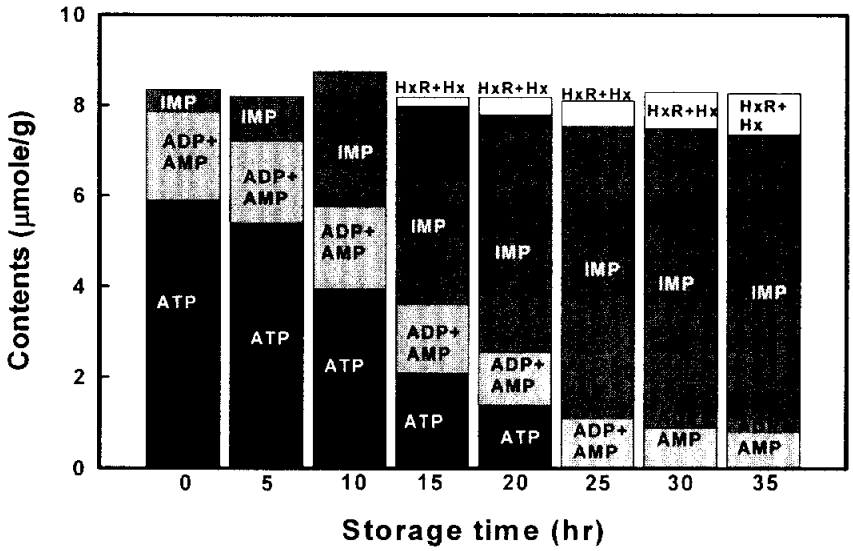

Fig. 2. Changes in ATP related compounds olive flounder muscle during storage at 0℃ after killed by spiking at the head instantly.

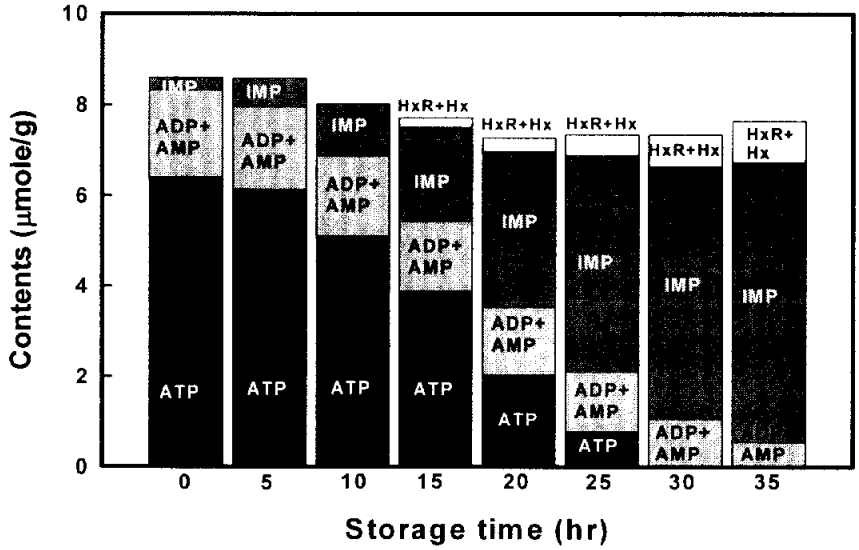

Fig. 3. Changes in ATP related compounds olive flounder muscle during storage at 0℃ after killed by dipping in seawater including anesthetic.

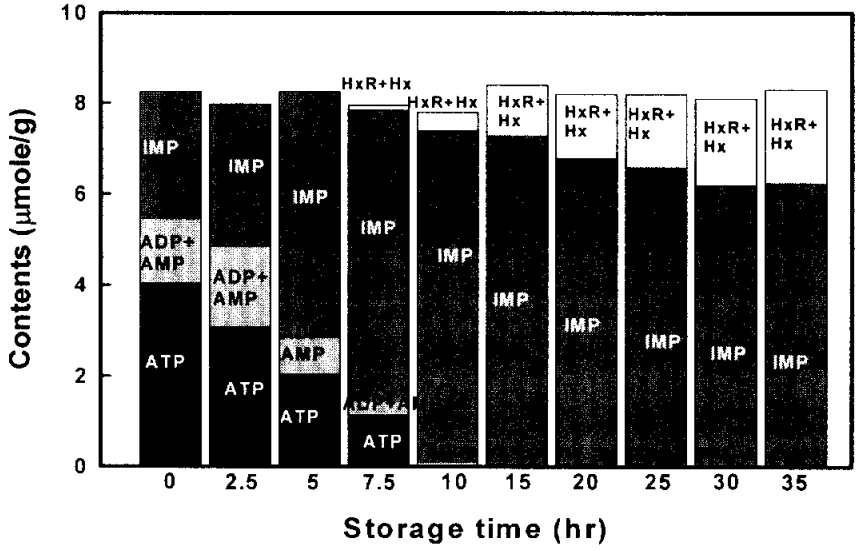

Fig. 4. Changes in ATP related compounds olive flounder muscle during storage at 0℃ after killed by electrifying in seawater.

다. ATP 분해속도에 대한 치사방법의 영향

Fig. 5에 치사방법을 달리한 넙치육을 0℃ 저장 중 ATP의 분해 정도를 나타내었다. 각각의 치사방법에 따른 치사 직후의 ATP 함량은 즉살 5.79μmole/g, 전기자극사 3.97μmole/g, 그리고 마취사 6.28μmole/g으로 전기자극사에서 가장 낮은 함량을 나타내었다. 저장 중의 ATP분해 속도는 전기자극사에서 가장 빨랐으며, 다음으로 즉살, 그리고 마취사의 순으로 마취사에서 가장 느렸다. 즉살하였을 때 근육 중의 ATP 함량은 약 5시간까지 일정하게 유지되었다가 그 후에 감소하여 25시간째에 완전히 분해되었으며, 마취사 어육중의 ATP 함량은 다른 치사방법과는 달리 치사 직후에 6.26μmole/g 으로 가장 높았고, 저장 중의 분해속도도 느려서 약 10시간 후에 5.07μmole/g의 값을 나타내었으며, 저장 30시간이후에 완전히 분해되었다.

전기자극 시킨 어육의 ATP 함량은 다른 치사 방법과 비교하여 저장 초기부터 급격히 분해되어 10시간 후에는 완전히 분해되었다. ATP의 완전 분해시간은 전기자극사에 10시간으로 가장 짧았고, 다음으로 즉살 25시간, 그리고 마취사 30시간 순으로, 마취사에서 가장 연장되었다. 또, 치사 방법에 따른 ATP분해 속도는 전기자극사, 즉살 그리고 마취사 순이었다. 즉살과 전기자극사 시킨 직후의 어육중의 ATP 함량의 차이는 1.82μmole/g이었는데, 이러한 결과는 巖本 등(1990)의 보고와 같이 고민중에 ATP를 소비하였기 때문이다. 또, 즉살보다 고민사에서 치사 직후의 근육중의 collagen함량이 적고 그 후의 감소 속도가 빠르며, 젖산의 축적과 ATP분해속도가 빨라서 경직의 진행이 촉진된다는 보고(巖本등 1990; Boyd et al., 1984)와 일치하는 것으로 생각된다.

마취사시킨 경우에 어육중의 ATP 함량이 가장 높고 다른 치사 방법

보다 ATP분해가 가장 완만하였으며, 완전 분해시간도 현저히 연장되었는데, 이러한 결과는 Fraser et al.(1876)이 대구를 마취사시켜서 육중의 ATP 관련화합물의 변화를 조사하여, ATP의 완전 분해시간과 경직의 진행이 현저히 지연되었다는 보고와 유사하였다.

한편, 어류를 전기자극시킨 경우의 생화학적 변화에 대한 연구는 김(1998)에서 찾아볼 수 있으며, 전기자극시킨 경우의 근육중의 ATP 분해속도가 다른 치사방법보다 경직시간도 짧았는데, 이러한 결과는, 전기자극사시키면 경직의 진행속도가 빠르며 ATP분해가 촉진되어 급속한 해당작용의 진행으로 육의 pH가 저하되고 ATP가 거의 대부분 분해되었을 때 완전 경직에 도달한다는 보고(Will net al., 1979: Crenwelge et al., 1984)와 일치하였다. 그리고, Bendall et al.,(1976)과 Konos and Taylor(1987)도 전기자극시킨 우육(牛肉)의 ATP는 무자극보다 빠르게 분해되었으며, 완전경직 도달시간도 단축되었다고 보고하고 있다.

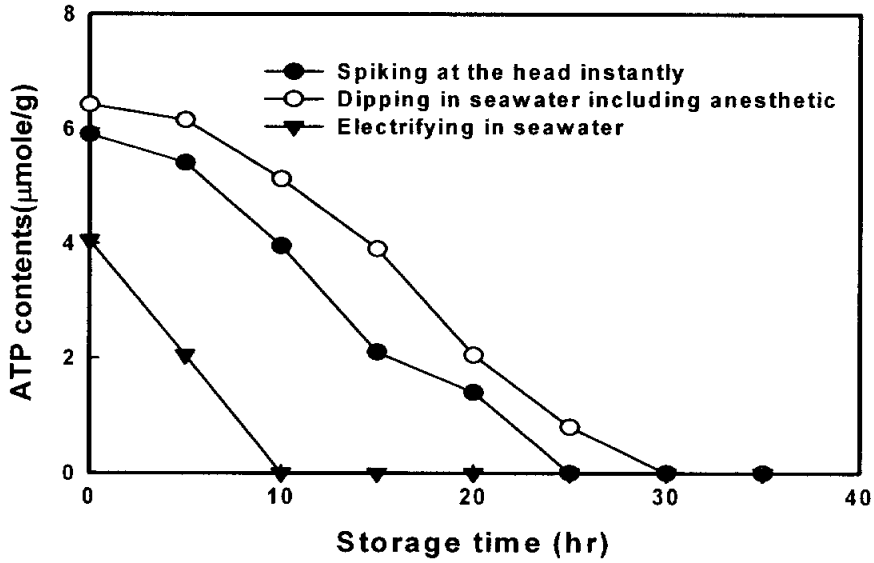

Fig. 5. Effect of killing methods on the changes in content of ATP in olive flounder muscle during stroage at 0℃.

라. 파괴강도의 변화

치사방법에 따른 육의 파괴강도의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 치사직후의 파괴 강도는 즉살 및 마취사에서 1.28±0.03kg, 그리고 전기자극사에서 1.68±0.02kg으로, 전기자극 시킨 것이 가장 높았다. 또한, 파괴강도가 최대 값에 도달하는 시간과 그 때의 값은 즉살에서 10시간과 1.49±0.03kg, 마취사에서 13시간과 1.47±0.02kg 그리고 전기자극사는 치사직후에 1.68±0.02kg이었다. 즉살육의 경우, 저장 초기에 파괴강도가 서서히 증가하여 10시간후에 최대 값에 도달한 후에 감소하여 16시간 후에 1.19±0.02kg의 값으로 치사직후보다 다소 낮았다. 또, 15시간 후의 감소속도는 전기자극사보다는 느렸으나 마취사에 비해서는 빠르게 진행되었다. 마취사육의 파괴강도의 변화는 다른 치사방법에 비하여 가장 느렸으며, 저장 초기에 서서히 증가하여 13시간 후에 최대 값에 도달하였으며 16시간 이후에도 1.29±0.03kg으로 치사직후와 비슷한 파괴강도를 나타내었고, 저하속도는 즉살과 유사한 경향이었다. 전기자극사육은 치사 직후에 최고 값을 나타내었고 그 후에 급속히 감소하여 3시간 후에 거의 최저 값에 도달하였다. 전기자극사에서 파괴강도의 최대값이 크고 그 값의 감소속도가 빠른 것은, 전기자극에 따른 ATP소모가 촉진되어서 경직이 빨라지므로 경직도가 커지며, 일시적인 과도경직에 의하여 세포를 연결하는 collagen섬유의 붕괴가 빨리 일어났기 때문으로 생각되며, 마취사의 경우는 이와 반대로 경직의 진행이 느려서 collagen섬유의 붕괴가 완만히 진행되었기 때문이라 추측된다.

한편, 약 25시간 저장 후에 파괴강도는 치사방법이 달라도 거의 일정한 값을 나타내었는데, 岡등(1990)의 보고와 같이 완전 경직전의 육의 경도는 치사조건에 큰 영향을 받지만 해경시의 어육의 물성은 치사조건

보다는 저장온도에 영향을 받기 때문이라 생각된다. 전기자극사에서 치사직후의 파괴강도가 가장 높았는데, 이는 전기자극에 의해 급속한 ATP의 분해로 actin과 myosin의 상호결합이 가속화되었기 때문으로 추측된다. 또한, 젖산의 축적으로 인하여 pH가 급속히 떨어짐으로서 경직시에 형성된 actomyosin의 상호결합이 약화되고(Will et al., 1979; Shaw and Walker, 1977; Crenwelge et al., 1984), 결합조직의 주요성분인 collagen의 구조가 빠르게 파괴되어 연화가 촉진되는 것으로 생각된다(Shaw and Walker, 1977; Will et al., 1979).

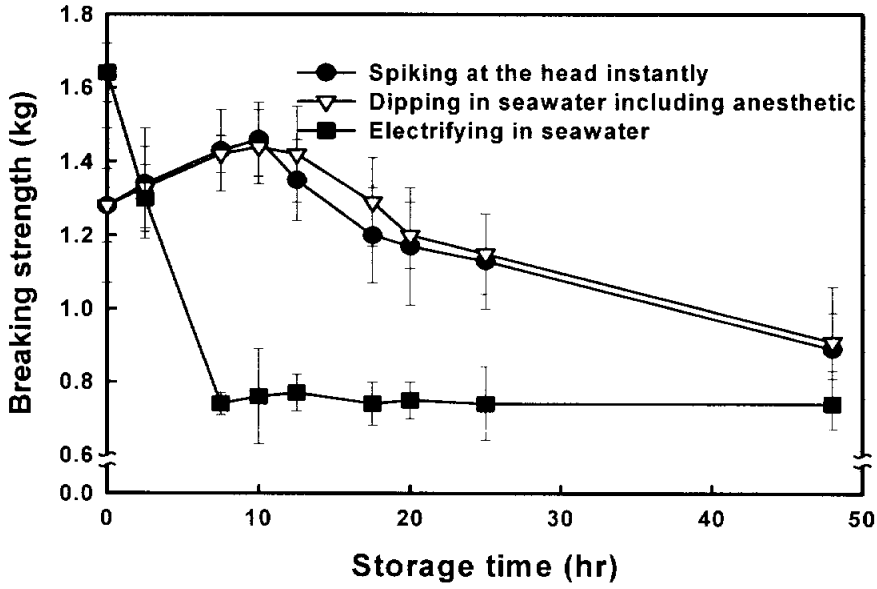

Fig. 6. Changes in breaking strength of olive flounder muscle during storage at 0℃ after killing by various methods.

2. 조리형태에 따른 생선회 생명시간의 검토

가. 파괴강도의 변화

Fig. 7은 조리방법에 따른 넙치 육의 0℃ 저장 중 파괴강도의 변화를 나타낸 것이다. 즉살직후의 파괴강도 값은 1.32±0.02kg이었으며, round 및 fillet형태에서는 저장기간 동안에 파괴강도가 거의 동일한 변화패턴을 나타내었다. 즉, 저장 10시간후에 약 1.50kg까지 상승하여, 즉살직후보다 약 10%만큼 그 값이 증가하였으며, 그 이후로 감소하여 저장 24시간후에 약 1.20 kg까지 감소하였다. 한편, slice형태의 저장에서는 round 및 fillet형태의 변화와는 다르게 저장기간을 통하여 육의 파괴강도의 증가는 거의 관찰되지 않으며, 저장 10시간 이후부터 빠르게 감소하였다. 이러한 결과는 조리형태가 사후조기의 넙치육의 물성적 변화에 미치는 영향이 큼을 시사하는 것으로 생각된다.

나. ATP 및 젖산함량의 변화

조리형태에 따른 근육 중의 ATP 및 젖산함량의 변화는 Table 2에 나타낸바와 같이, 저장기간이 길어짐에 따라서 ATP분해 및 젖산축적이 진행되었으나 조리형태에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 이와 같이 활넙치를 slice형태로 조리하여 저온 저장시에, ATP 및 젖산량의 변화는 round 및 fillet형태와 차이가 없었지만, 파괴강도의 증가가 거의 관찰되지 않은 것은, slice형태로 조리하여 저온저장시에 사후근육의 수축에 의하여 발생하는 actomyosin toughness가 근육의 단단함으로 나타날 수 있는 지지체가 없기 때문인 것으로 생각된다. 이상의 연구결과는 선어회의 가공시 slice형태로 처리하여 사용하는 것은 선어회를 유통할 때 육질의 단단함은 저하된 상태로 되기 때문에 선어회의 가공유통에서는 slice 형태로 조리하는 것이 적절하지 못하다는 결과를 얻었다. 또한 생선회를 조리 후에 냉장고에 진열·판매하는 현행의 백화점 식품점에

서의 생선회 판매형태는 round 또는 fillet형태로 저온(0℃)저장하면서 고객이 구매시에 slice형태로 조리하여 판매하는 방법으로 바뀌어야만 생선회 맛의 향상 및 유지기간의 연장에 효과가 있을 뿐만 아니라, 즉 살 활어 수송산업이 활성화될 수 있을 것이다.

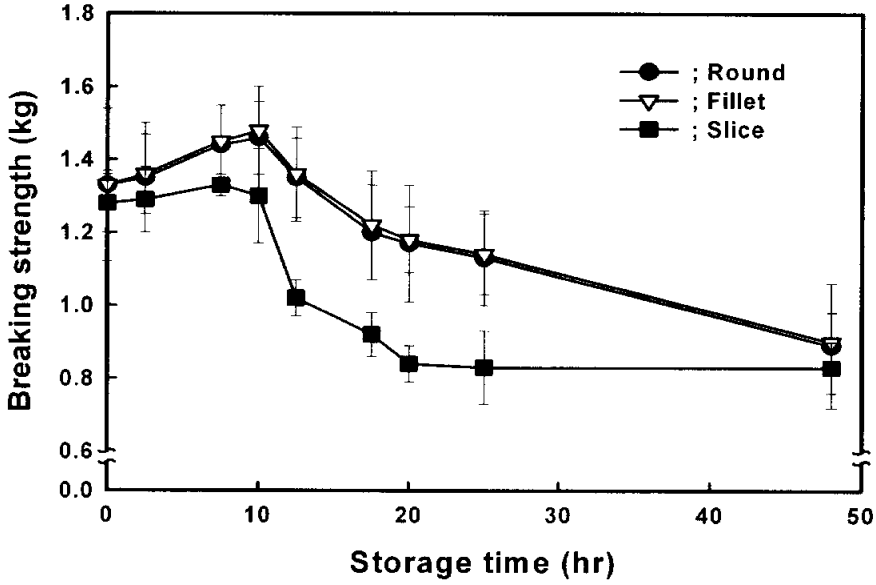

Fig. 7. Changes in breaking strength of olive flounder muscle during storage at 0℃ after preparing by various forms.

Table 2. Changes in content of ATP and lactate in olive flounder muscle during storage at 0℃ after preparing by various forms

Forms \ Time(hr)		0	5	10	15	20	25
Round	ATP	5.7	5.4	3.8	2.2	1.4	0
	lactate	13.2	16.8	27.6	33.7	44.3	46.2
Fillet	ATP	5.8	5.4	3.9	2.3	1.5	0
	lactate	13.0	16.9	27.4	33.8	44.2	46.3
Slice	ATP	5.7	5.3	3.8	2.3	1.4	0
	lactate	13.1	17.0	27.5	33.6	44.5	46.1

3. 얼음물의 처리유·무 및 저장온도에 따른 생선회 생명시간의 검토

본 실험에서의 활어의 처리는 넙치를 즉살하여 Round 와 Fillet 상태로 polyethylene film에 포장하여 얼음물에 침지하여 육온이 0℃까지 떨어질 때까지 처리한 것과, 즉살 후 얼음물에 침지하지 않은 것을 0℃와 10℃에 저장하면서 근육의 물리·화학적 변화를 검토하였다.

가. 파괴강도의 변화

일본의 선어회는 활어를 즉살하여 방혈시킨 다음, 얼음물에 침지하는 과정을 거침으로서 ATP의 분해를 촉진시켜 IMP의 생성을 유도함으로서 미각의 상승효과를 이끌어낸다. Fig. 8은 대표적인 흰살 생선회인 넙치를 즉살하여 Round 상태로 얼음물 침지유·무에 따라 0℃에 저장하면서 근육의 단단함, 즉 파괴강도의 변화를 나타낸 것이다. Round 상태로 처리하여 얼음물에 침지한 것과 침지하지 않은 것은 최초의 파괴강도가 각각 1.28±0.15kg, 1.28±0.21kg으로 차이가 없었으며, 저장초기에 서서히 증가하여 12.5시간이 경과하였을 때 최대에 도달하였다. 12.5시간 후 얼음물에 침지한 것과 침지하지 않은 것은 파괴강도가 각각 1.50±0.08kg, 1.48±0.11kg으로 얼음물에 침지한 것의 파괴강도 상승폭이 그렇지 않은 것에 비하여 다소 높게 나타났다. 그러나, 12.5시간을 경과하면서 파괴강도는 저하하기 시작하였으며, 약 20시간이 경과하였을 때 얼음물에 침지한 것의 파괴강도 값이 침지하지 않은 것에 비하여 낮은 파괴강도 값을 나타내었다.

Fig. 9는 Fillet 상태로 얼음물 침지유·무에 따라 0℃에 저장하면서 파괴강도의 변화를 살펴본 것이다. Fillet 상태로 처리하여 얼음물에 침지한 것과 침지하지 않은 것은 최초의 파괴강도가 각각 1.49±0.10kg, 1.33±0.04kg으로 얼음물에 침지한 것의 파괴강도가 그렇지 않은 것에

비하여 상당히 높은 수치를 기록하였다. 이것은 육을 Fillet 상태로 처리하였을 때는 Round와 달리 초기 근육의 수축이 현저하게 진행됨을 보여주고 있는 것으로 판단된다. 그리고 얼음물에 침지한 것은 0℃에 저장 중 시간경과에 따라 파괴강도가 감소하는 반면, 얼음물에 침지하지 않은 것은 저장 10시간째 1.49±0.05kg으로 최대에 도달하였다가 서서히 저하되는 경향을 보였다. 그러나 저장 15시간이 경과한 후에도 최초의 파괴강도 값과 비교하여 거의 비슷한 값을 나타내었다. 이것은 넙치의 경우, Fillet 처리를 하여 일본에서 하는 것과는 다르게 얼음물에 침지하지 않고 바로 0℃에 저장하면 근육의 단단함의 저하가 일어나지 않는 상태, 즉, 선어회의 생명시간이 15시간은 충분히 유지될 수 있다는 것을 확실하게 증명하여 주고 있는 것이다.

한편, 동일하게 넙치의 육온을 0℃까지 떨어뜨린 다음, 파괴강도를 측정하였음에도 불구하고 Round와 Fillet사이에 초기 파괴강도가 차이를 나타내는 것은 육온이 0℃ 까지 저하되는데 소요되는 시간의 차이뿐만 아니라 척추에 연결되어 있는 신경의 연결과도 깊은 상관관계가 있을 것으로 추측된다. 그리고 선어회의 가공 처리시 Round 상태로 하는 것은 가공공장에서 대형매장이나 판매장으로 이동 후 다시 처리하여야 하는 문제점을 안고 있기 때문에 현실적으로 선어회 가공공장에서 Round 처리를 하여 출하하는 방법을 선택하기는 어렵다고 판단된다.

그리고 얼음물에 침지한 것이 침지하지 않은 것에 비하여 근육의 파괴강도가 높은 것은 얼음물에 침지함으로서 근육의 수축이 현저하게 촉진되었기 때문이라고 여겨진다. 그리고 얼음물에 침지한 것이 파괴강도가 최대로 된 후에 저하가 빠른 것은 근육의 수축이 빠르게 진행됨으로서 사후경직의 진행이 촉진되어 젖산의 축적으로 인한 pH의 저하로 경직시에 형성된 actomyosin의 결합이 약화되었기 때문이라고 생각된다.

Fig. 10과 Fig. 11은 넙치를 즉살하여 각각 Round 와 Fillet 상태로 얼음물 침지유·무에 따라 10℃에 저장하면서 근육의 단단함, 즉 파괴

강도의 변화를 살펴본 것이다. 얼음물에 침지하였을 때 Round 상태로 처리한 것은 파괴강도가 저장 8시간째 최대에 도달하였으며 그 이후, 서서히 감소하여 약 16시간이 경과하였을 때 파괴강도가 1.28±0.13kg으로 최초의 1.29±0.08kg과 거의 비슷한 값을 나타내었다. 그리고 얼음물에 침지하지 않은 것 역시 얼음물에 침지한 것과 거의 유사한 결과를 보였다. 한편, Fillet 상태로 얼음물의 침지유·무에 따라 파괴강도를 측정한 경우에는 Round와는 달리, 얼음물에 침지한 것은 최초 1.52±0.10kg으로 얼음물에 침지하지 않은 1.33±0.04kg에 비하여 높은 수치를 나타낸 반면, 저장시간이 경과하면서 일방적으로 저하되는 경향을 나타내었다. 그러나 얼음물에 침지하지 않은 것은 저장 3시간째 약간 파괴강도가 상승하다가 7.5시간 이후에는 최초의 파괴강도(1.33±0.04kg)에 비하여 낮은 파괴강도(1.16±0.21kg)을 나타내어 선어회의 생명시간의 유지기간이 대단히 짧아짐을 보여주었다.

그러므로 Fig. 8에서 Fig. 11의 결과를 종합해보면, 활어를 선어회로 가공하여 유통시킬 때 Round로 유통시키는 것은 매장에서 또 다른 fillet 처리를 해야 하므로 생명시간은 Fillet에 못지 않게 유지되더라도 채택하기가 어려울 것으로 사료되며, 10℃로 유통하는 것은 생선회의 품질기간이 짧아지므로 이 방법을 적용하기가 적절하지 않다. 그러므로, 넙치는 Fillet 처리를 하여 일본에서 하는 것과는 다르게 얼음물에 침지하지 않고 바로 0℃에 저장하면 근육의 단단함의 저하가 일어나지 않는 상태를 일정시간 유지할 수 있으므로 이 방법이 선어회의 가공·유통에는 적합할 것으로 판단되며, 상기의 결과로부터, 넙치 선어회의 생명시간은 약 15시간으로 설정하는 것이 적합하리라 생각된다.

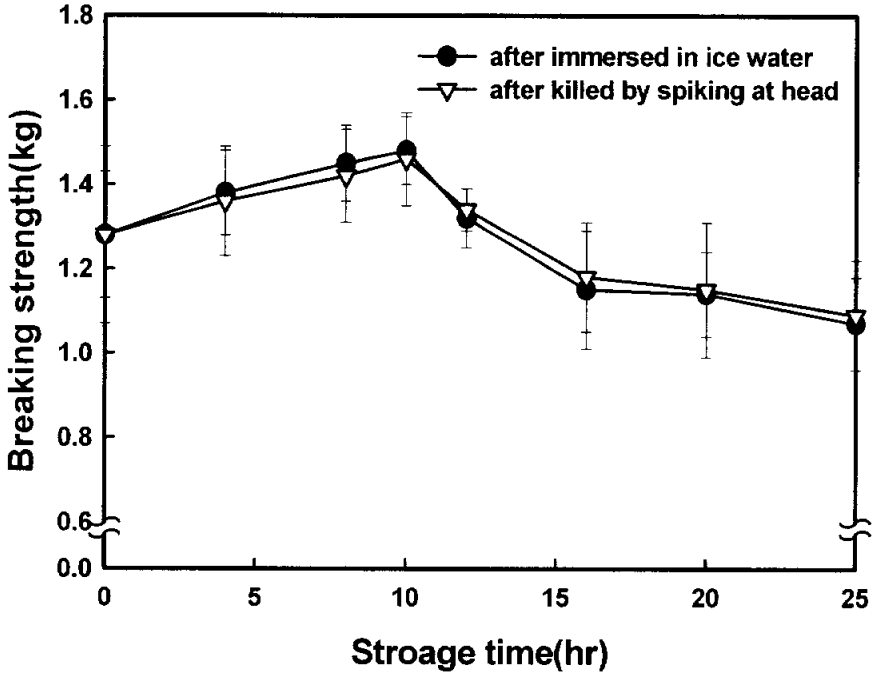

Fig. 8. Effect of ice water treatment on breaking strength in olive flounder round during storage at 0℃.

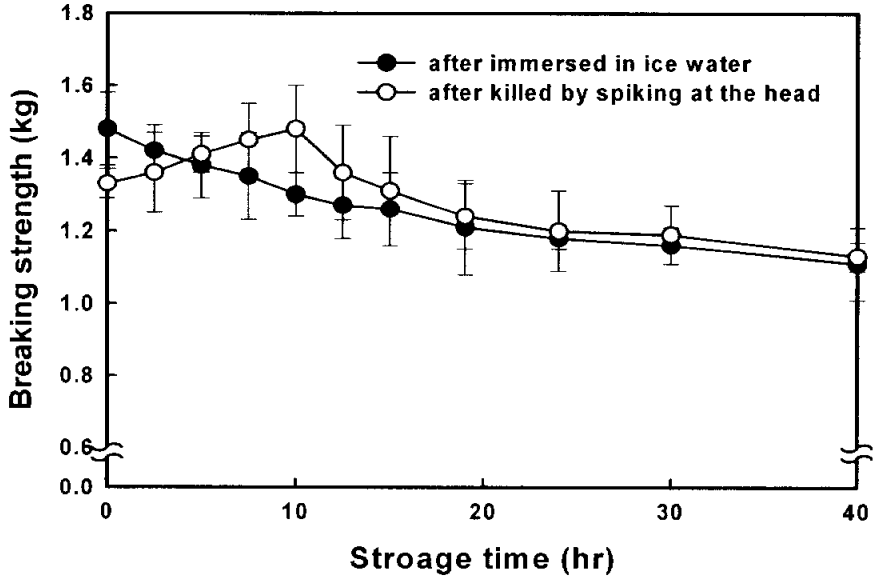

Fig. 9. Effect of ice water treatment on breaking strength in olive flounder fillet during storage at 0℃.

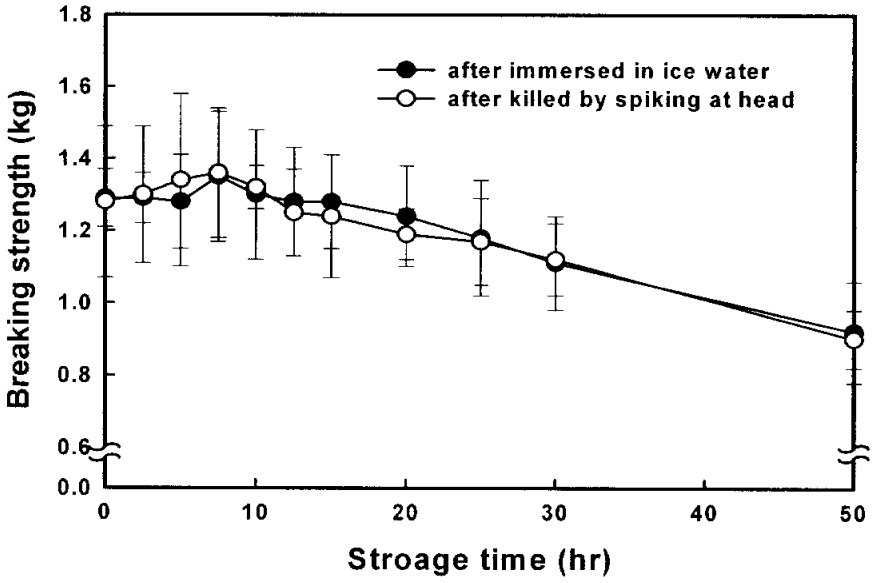

Fig. 10. Effect of ice water treatment on breaking strength in olive flounder round during storage at 10℃.

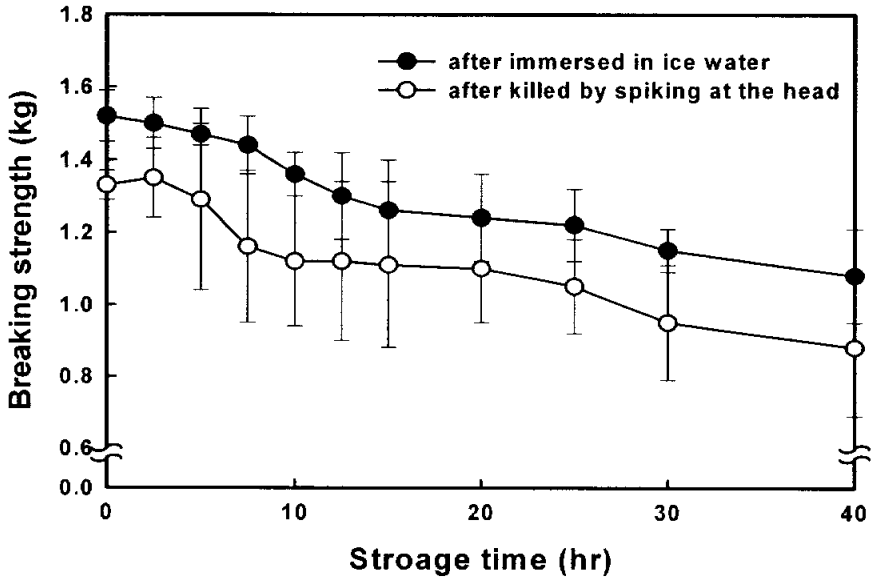

Fig. 11. Effect of ice water treatment on breaking strength in olive flounder fillet during storage at 10℃.

나. ATP 관련화합물의 변화

근육의 사후변화와 ATP 함량 사이에는 밀접한 연관이 있으며, ATP는 사후 ATP → ADP → AMP → IMP → HxR → Hx의 경로로 분해된다. ATP의 분해는 각 단계마다 관련 효소의 작용에 의하여 진행되며 분해속도는 어종에 따라 차이가 있다. ATP 관련화합물의 함량은 적색육 어류와 백색육 어류에 따라 큰 차이가 없어 대체로 5~10μ mole/g이며, 어육은 사후 ATP를 소모하면서 수축을 일으키게 된다.

Fig. 12와 Fig. 13은 넙치를 Fillet 상태로 얼음물의 침지유·무에 따라 0℃ 저장 중 ATP 관련화합물의 변화를 나타낸 것이다. 얼음물의 침지한 것이 그렇지 않은 것에 비하여 최초 ATP의 함량은 낮은 수준을 나타내었으나, 저장시간이 경과하면서 얼음물에 침지하지 않은 것이 침지한 것에 비하여 ATP의 소실이 다소 빠르게 진행되는 경향을 보였다. 이것은 넙치 Fillet을 0℃에 얼음물에 침지함으로서 육온이 0℃에 도달하기까지 근육의 수축이 많이 진행되어 ATP의 소모가 현저하게 일어났기 때문이다. 그리고 이것은 Fig. 9의 결과에서 보는 것처럼 얼음물에 침지한 것은 최초의 파괴강도가 1.56kg으로 침지하지 않은 넙치의 1.33kg에 비하여 상당히 높게 나타난 결과로부터 확인할 수 있었다. 그리고 얼음물에 침지하지 않은 것이 저장 중 ATP의 소실이 다소 빠르게 진행되는 것은 얼음물에 침지한 것은 얼음물 침지 중에 근육의 수축으로 ATP가 상당히 소실된 반면, 침지하지 않은 것은 0℃ 저장 중 육의 파괴강도가 증대되면서 ATP의 소모가 상당히 일어났기 때문이라고 생각된다.

한편, Fig. 14와 Fig. 15에서와 같이 얼음물에 침지하여 육온이 10℃까지 저하된 후에 10℃에 저장한 넙치육이 얼음물에 침지하지 않고 10℃에 저장하였을 때에는 얼음물에 침지한 것이 그렇지 않은 것에 비하여 ATP의 소모가 빠르게 일어났다. 이것은 얼음물에 침지하지 않았을 때는 0℃에 저장한 것과는 달리 10℃에 저장한 것은 ATP의 소실을

현저히 유도할 정도의 수축 현상이 근육내에 일어나지 않았기 때문으로 생각되며, 이런 이유로 얼음물에 침지하지 않았을때는 저장 40시간 이후에도 ATP가 많이 존재하고 있음을 보여주고 있다(Fig. 15). 그리고 얼음물에 침지하지 않고 10℃에 저장한 경우, 근육의 파괴강도가 0℃와는 달리 저장시간이 경과하면서 계속 저하하는 결과로부터 확인할 수 있었다.

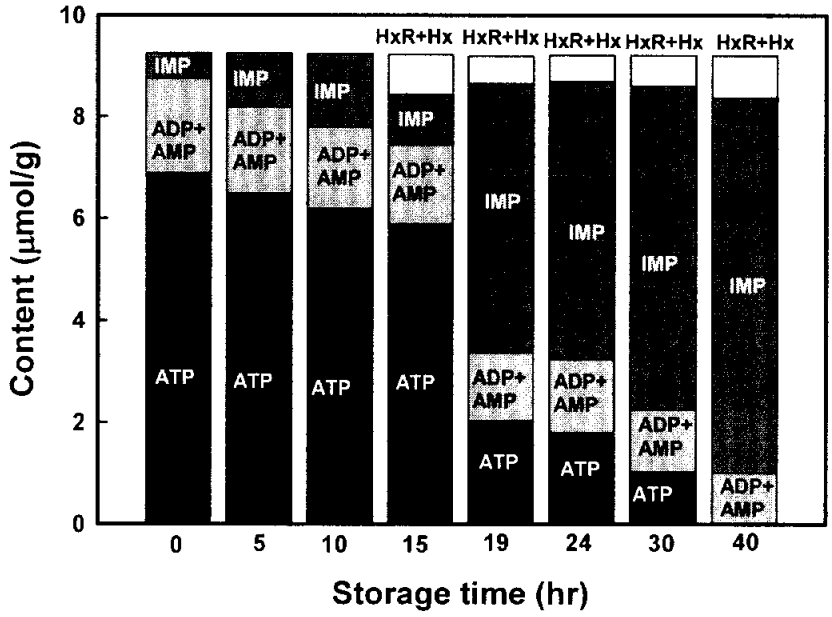

Fig. 12. Changes of ATP related compound in olive flounder fillet during storate at 0℃ after immersed in ice water.

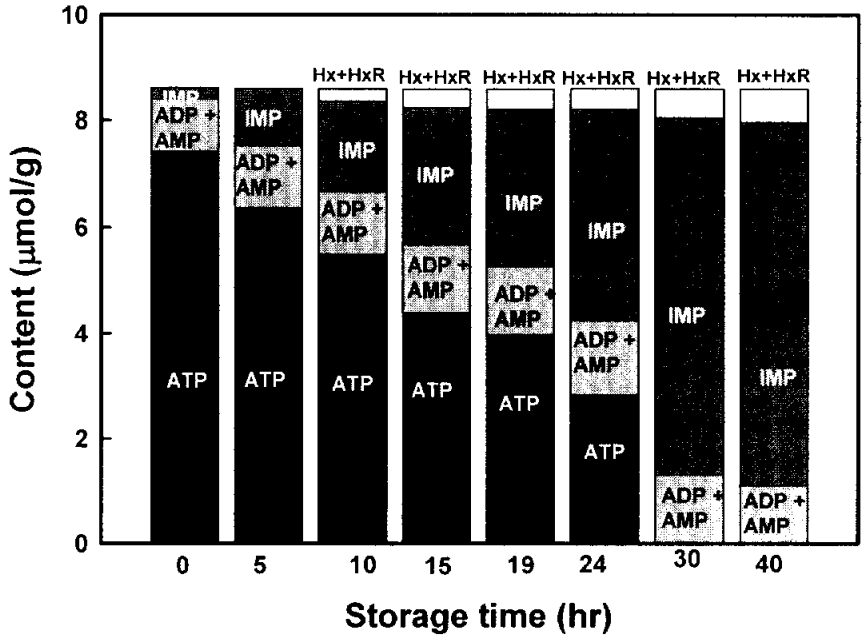

Fig. 13. Change of ATP related compound in olive flounder fillet during storate at 0℃ after killed by spiking at the head.

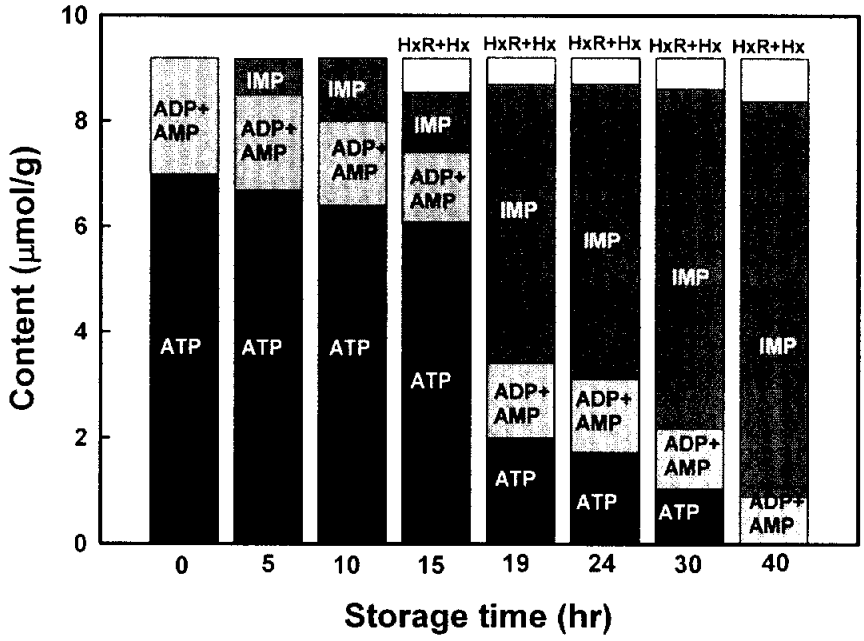

Fig. 14. Changes of ATP related compound in olive flounder fillet during storate at 10℃ after immersed in ice water.

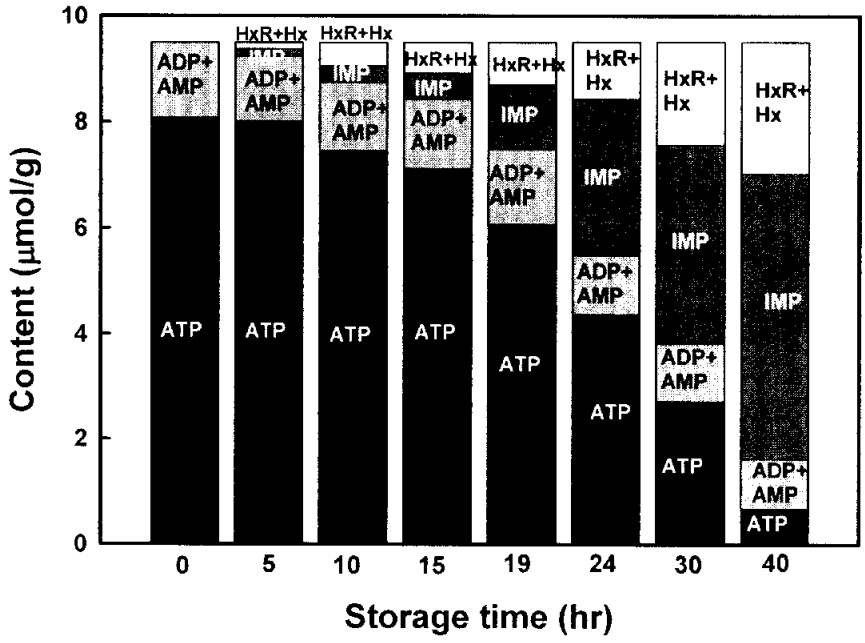

Fig. 15. Change of ATP related compound in olive flounder fillet during storate at 10℃ after killed by spiking at the head.

4. 포장 및 껍질부착 유·무에 따른 생선회 생명시간의 검토

Fig. 16은 넙치를 각각 즉살한 후 fillet하여 껍질의 부착유무에 따라 0℃에 저장하면서 근육의 파괴강도의 차이를 나타낸 것이다. 넙치에 있어서 fillet의 탈피 여부에 상관없이 즉살 직후의 최초 값부터 저시간이 경과하면서 파괴강도의 변화는 거의 비슷한 값을 나타내었다. 이것은 선어회 가공처리에 있어서 껍질의 부착 유무가 근육의 단단함에는 아무런 영향이 없다는 것을 보여주고 있다. 그리고 가공공장에서 선어회의 처리시 fillet 후 껍질을 남겨놓을 필요가 전혀 없음을 알려주고 있는 것이며, 이와 같은 처리는 선어회의 유통시 위생적으로도 대단히 안전성을 부여해 줄 수 있기 때문에 fillet 처리시 껍질을 제거해야만 한다. 만약 껍질을 붙인 채로 유통한다면, 판매장에서 다시 껍질을 제거해야 하므로 위생적으로 오염의 가능성이 존재할 수 있다.

Fig. 17은 넙치를 즉살하여 fillet하여 각각 polyethylene film에 일반포장 및 진공포장한 후, 얼음물에 침지하여 육온을 0℃까지 저하시킨 다음, 0℃에 저장하면서 근육의 파괴강도의 차이를 비교하여 나타낸 것이다. 초기값이 높은 이유는 얼음물에 침지함으로서 actomyosin toughness가 순간적으로 증가하였기 것으로 사료된다. 그리고 저장시간이 경과할수록 포장방법에 따른 다소의 차이는 있지만 파괴강도는 저하되는 경향을 보였다. 포장방법에 따른 파괴강도의 차이는 진공포장과 일반포장에 있어서 다소의 차이는 유의성은 없었으며, 이것은 선어회를 포장함에 있어서 굳이 진공포장을 선택하여야 할 이유가 없음을 보여주고 있는 것이다. 포장방법을 다르게 함으로서 선어회의 생명시간을 연장할 수 없다면 일반포장과 달리 진공포장을 선택할 이유가 없을 것으로 판단되며, 진공포장은 진공을 하는 정도에 따라 육의 성형에 약간의 변형을 야기할 수도 있기 때문이다.

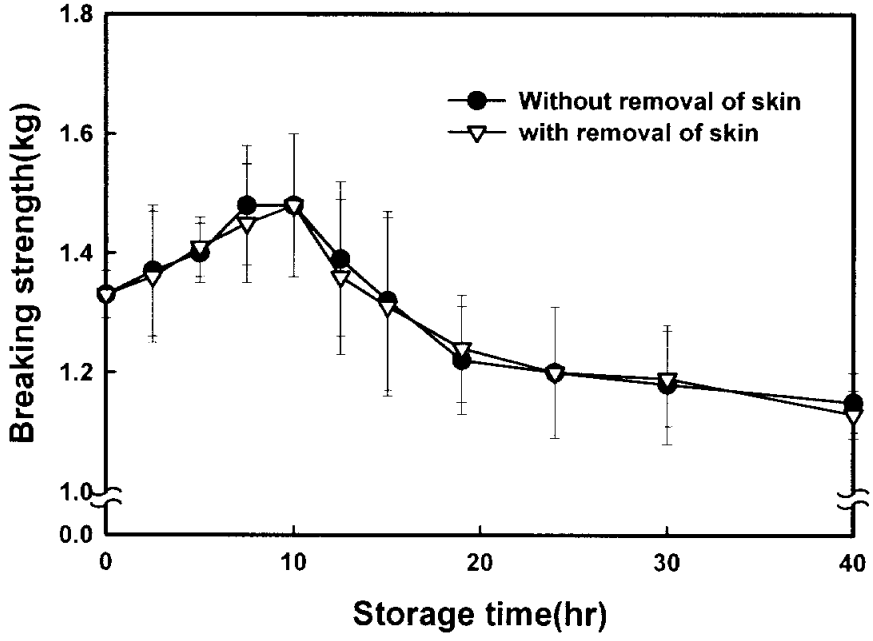

Fig. 16. Changes in breaking strength of olive flounder muscle during storage at 0℃ by without or with removal of skin.

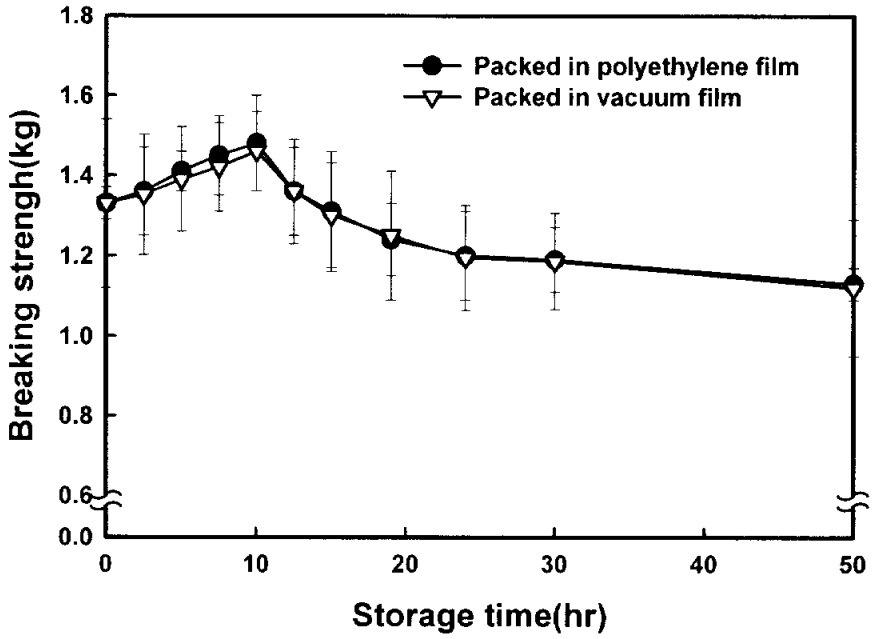

Fig. 17. Changes in breaking strength of olive flounder muscle during storage at 0℃ after treatment by packing method.

요 약

본 연구는 정부에서 추진 중인 선어회 보급시스템을 확립하기 위하여 선어회를 가공·유통할 때, 최적의 방법을 확립하고자 횟감용 활어의 치사방법, 조리형태, 얼음물 침지유무 및 포장방법 등을 비교, 검토하여 선어회의 유통기간을 연장할 수 있는 최적의 처리방법을 확립하고자 하였다.

1. 치사방법에 따라서 근육의 파괴강도와 사후경직의 진행은 현저한 차이를 나타내었으며, 전기자극시킨 것이 치사 직후의 파괴강도는 높았으나, 저장 중 파괴강도의 유지시간은 즉살과 마취사 한 것이 길었다. 그리고 치사직후의 어육중의 ATP 함량은 마취사에서 가장 높았으며, 전기자극사의 ATP 함량이 급격히 감소하였다.

2. 조리형태에 따라 저장 중 파괴강도는 Round나 Fillet 처리한 것이 slice에 비하여 높았으며 slice 형태로 조리한 경우에는 저장 7시간 후에 약간 상승하였으나 그 이후 감소가 다른 조리형태보다 가장 빨랐다. 그리고 조리형태에 따른 ATP 소실 및 lactic acid 생성은 차이가 없었다.

3. 넙치를 즉살한 후, 얼음물에 침지한 것과 얼음물에 침지하지 않은 것을 비교하였을 때, Round 상태의 것은 별 차이가 없었으나, Fillet 상태의 것은 현저한 차이를 나타내었다. 넙치를 Fillet 처리한 것에 있어서, 얼음물에 침지한 것은 초기 근육의 파괴강도가 최대 값을 나타낸 후, 저장 중 감소된 반면, 얼음물에 침지하지 않은 것은 저장 10시간째 가장 높은 파괴강도를 보인 후, 서서히 감소하였다. Fillet 상태의 것이라도 저장온도에 따라서 많은 차이를 보였으며, 특히 10℃에 저장한 것은 0℃ 저장의 경우와는 다르게 저장 중 파괴강도가 계속 감소하였다.

4. 얼음물에 침지한 것은 침지하지 않은 것에 비하여 최초 ATP의 함량은 낮은 수준을 나타내었으며, 저장시간이 경과하면서 얼음물에 침지하지 않은 것이 침지한 것에 비하여 ATP의 소실이 다소 빠르게 진행되었다. 한편, 10℃에 저장한 것은 0℃에 저장한 것에 비하여 ATP의 소실이 연장되었다.

5. 포장방법과 표피의 부착유무에 따른 파괴강도의 값의 차이는 거의 없었다.

그러므로, 우리나라의 실정에 맞는 선어회 즉, 근육의 단단함이 유지되는 생선회로 유통시키기 위해서는 즉살시킨 활어를 탈피된 상태의 fillet으로 가공하여 0℃에서 일반포장으로 유통하는 것이 가장 적합하다.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 저의 곁에서 영양분 많은 토양과 따뜻한 햇볕, 신선한 공기가 되어 주신 고마운 많은 분들이 계십니다.

논문의 시작부터 완성까지 부족한 저를 이끌어 주신 조영제 지도 교수님과 논문발표와 심사과정에서 미처 착안하지 못한 부분까지도 교열하여 주시고 조언을 아끼지 않으신 식품공학과 장동석 교수님, 이근태 교수님, 김선봉 교수님, 양지영 교수님, 전병수 교수님, 이양봉 교수님, 안동현 교수님께도 감사의 말씀을 전하고자 합니다.

그리고, 공부할 수 있도록 배려해 주시고 격려해 주신 수선생님과 동아대학교 병원식구들 그리고 동주대학 식품영양과 강옥주 교수님과 문숙임 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

아울러 논문 실험과 보완을 아끼지 않고 조언을 해주신 김태진 박사님과 조민성, 심길보, 이기봉, 정호진, 배진한, 여해경, 김지연 대학원생과 수산가공실 후배님들에게도 진심 어린 감사를 드립니다.

마지막으로 어렵고 힘들 때 언제나 저의 곁에서 사랑으로 이끌어 주신 나의 가족과 친구들 그리고 항상 묵묵히 지켜봐 주시고 힘이 되어 주신 어머님께 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

Ando, M., H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi. 1991a. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(6), 1165-1169.

Backer, S. B. and W. H. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. J. Biol. Chem., 138, 538.

Bendall, J. R., C. C. Ketteridge and A. R. George. 1976. The electrical stimulation of beef carcasses. J. Sci. Food Agric., 27, 1123-1131.

Bito, M., K. Yamada, Y. Mikumo and K. Amano. 1983. Studies on the rigor mortis of fish: 1. Difference in mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified cutting's method. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 109, 89.

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. J. Food Sci., 49, 177 179.

Cho, Y.J., C.B. Kim and B.K. Hur. 1999. Functional relationships between survival time and the concentrations of dissolved oxygen, ammonium ion and nitrite ion in the high density

storage of live olive flounder, *Paralichthys olivaceous* a low temperature. Food Engineering Progress, 3, 98-103(in Korean).

Crenwelge, D. D., R. N. Terrel, T. R. Dutson, 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.

Fraser, D.I., J. R. Dingle, J. A. Hiness, 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.

Hwang, G. C., H. Ushio, S. Watabe, M. Iwamoto and K. Hashimoto. 1991. The effect of thermal acclimation on rigor mortis progress of carp stored at different temperatures. Nippon Suisan Gakkaishi., 57(3), 541~548.

Iwamoto, M., H. Ioka, M. Saito and H. Yamanaka. 1985. The relationship between rigor mortis of sea bream and storage temperatures. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 443~449.

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 envolved. 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.

Konos, A. C. and D. G. Taylor. 1987. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. Meat Sci., 19, 207-216.

Shaw, F. D. and D. J. Walker. 1977. Effect of low voltage stimulation of beef carcasses on muscle pH. J. Food Sci., 42, 1140-1141.

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 仁·二宮順一郎. 1990. 養殖ハマチの致死條件と冷藏中における魚肉の硬さとの關係. 日本水産學會誌, 56, 1673-1678.

三上正幸·大下康宣·三浦弘之. 1990. 電氣刺戟した牛肉における核酸關聯物質の變化について. 日畜會誌, 62, 398-400.

嚴本宗昭・山中英明・渡部終五・橘本周久. 1990. 天然および養殖セラメの死後硬直の進行の比較. 日水誌. 56. 101-104.

조영제·이근우. 1994a. 넙치육의 사후조기 변화: 5. 저장온도가 근원섬유의 형태학적 및 육의 조직학적인 변화에 미치는 영향. 한수지, 27(2), 114-120.

조영제·이남걸·김육용·김재현·이근우·김근배·최영준. 1994b. 넙치육의 사후조기 변화: 6. 치사방법이 근원섬유의 형태학적 및 육의 조직학적인 변화에 미치는 영향. 한수지, 27(4), 327-334.

조영제. 2002. 생선회 100배 즐기기. 한글그라픽스.