

포장 방법이 냉장 광어육의 물리·화학적 변화에 미치는 영향

† 신완철 · 송재철 · 최석영
울산대학교 식품영양학과

Effects of Packaging Method on Physico-Chemical Properties of Chilled Plaice Muscle

Wan-Chul Shin[†], Jae-Chul Song and Suck-Young Choe

Dept. of Food Science and Nutrition, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

Abstract

Various changes of physico-chemical characteristics of chilled plaice muscle during storage at 4°C in vacuum and aerobic packaging methods were examined. As a storing period become longer, Hunter L, a, b value changes slightly. However, no differences were observed between vacuum and aerobic packaging method. The hardness of plaice muscle after death was 2232 dyne/cm². The hardness of vacuum packaged plaice muscle stored for 4 days was similar to that of aerobic packaged plaice muscle stored for 14 days. MFI(Myofibrillar Fragmentation Index) of aerobic and vacuum packaged plaice muscle showed maximum value at storage for 4 days and 7 days, respectively. Mg-ATPase activities of myofibril were increased gradually both of all during storage days. But that of MF from aerobic packaging plaice muscle was higher than that of vacuum packaging plaice muscle.

Key words : chilled plaice muscle, packaging method, physico-chemical properties

서 론

경제의 급성장으로 인해 늘어가고 있는 성인병 그리고 빈번하게 일어나는 광우병, 돼지 콜레라 그리고 닭, 오리의 조류독감 등으로 인해 고품질 단백질인 육상동물의 단백질 섭취를 꺼리는 경향이 일반적으로 늘어나고 있는 반면에 해상동물의 고품질 단백질인 어류 단백질의 섭취량은 이를 대신하여 증가하고 있다.

한국농촌경제연구원 홈페이지¹⁾의 식품수급표의 1인 1일당 식품공급량에 의하면 쇠고기는 2000년 22.77g에서 2003년 21.58g인 반면에 어류는 55.42g에서 70.58g으로 쇠고기에 비해 높은 증가를 나타내었으며, 어류 중에도 넙치는 0.65g에서 0.95g으로 매우

높은 증가를 나타내었다. 넙치의 이와 같은 높은 공급량은 다른 어종에 비해 생선 횡감으로 많은 사람들에게 각광을 받고 있기 때문인 것으로 사료된다.

생선회 맛에 영향을 주는 요인으로는 어종 크기, 영양 상태, 저장 온도 등 여러 가지 요인이 있으나 이중 저장 온도가 사후에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 보고되고 있으며²⁾, 또한 포장방법도 영향을 주는 것으로 보고되고 있다³⁾.

최근에는 백화점의 식품 코너나 대형 할인 마트 등에서는 생선회를 랩으로 포장 진열하여 판매하는 것을 흔히 볼 수 있다. 하지만 판매되기 전 진열과정에서 선도의 저하 내지는 품질의 변화로 인하여 구매자들로부터 선호도가 떨어지는 것으로 나타나고 있다.

[†] Corresponding author : Wan-Chul Shin, Dept. of Food Science and Nutrition, University of Ulsan, Ulsan, 680-749, Korea.

Tel : +82-52-259-2371, Fax : +82-52-259-1699, E-mail : wcshin@ulsan.ac.kr

따라서 생체 식품은 부패 방지는 물론 유통과정의 일정기간 동안 선도를 유지시켜 품질 저하를 방지시켜 주기 위한 저장 방안을 확립하는 것이 매우 중요하다.

포장 방법에 의한 저장성 증진 방안으로는 진공 포장⁴⁻⁶⁾, 가스 치환 포장(MAP, modified atmosphere packaging)⁷⁻⁹⁾ 등이 주로 우육의 생육 또는 육가공품을 대상으로 또한 최근에는 최근 김 등¹⁰⁾에 의한 양념 갈비의 저장성 개선을 위해 이루어지고 있다. 하지만 식품 공급량에서 높은 우위를 차지하고 있는 신선 어육에 대한 연구는 아직 미미한 실정이므로 신선 어육의 유통기간을 증진시키기 위한 연구의 기초자료로서 사용하기 위해 합기 포장과 진공 포장의 광어육을 4°C에서 저장하면서 어육의 물리화학적 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험의 시료는 울산시 남구 무거동에 위치한 활어시장에서 구입하였다. 시료인 광어(*Plaice, Paralichthys olivaceus*: 체장 25~30 cm, 체폭 12~14 cm, 체중 0.5~0.6 kg, 양식 1년생)를 즉살시킨 후 펠렛으로 만들어 HDPE(high density polyethylene)로 제조된 식품포장용 위생 백인 크린 랩으로 포장한 것을 합기 포장육이라 하였고, PVDC(polyvinylidene chloride)를 사용하여 자동 성형 진공포장기(Han Saem Tech, Korea)로 포장한 것을 진공포장육으로 하였으며, 이와 같은 포장육을 4°C에서 0, 2, 4, 7, 10, 14, 21일 동안 저장하면서 냉장저장 중의 물리, 화학적 변화를 조사하였다.

2. 색소 측정

저장기간별로 시료의 포장을 개봉한 후 펠렛 안쪽을 상층 부위, 중간 부위, 꼬리 부위로 나누어 색차계(Color difference meter, Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 5회 반복 측정하여 평균치를 구한 후 3부위의 값을 다시 평균치로 하여 Hunter scale에 의한 L, a, b 값으로 나타내었다. 이때의 표준색으로는 L = 93.9, a = +0.3159, b = +0.3332의 백색 calibration plate를 사용하였다.

3. 경도와 전단력 측정

광어의 등육을 취하여 근섬유와 평행하게 가로, 세로, 높이를 각각 40, 15, 5 mm로 자른 후 전단력(shear force value)과 경도(hardness)를 rheometer(Model CR-200D, SUN Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 전단력은 adapter 10번, load cell 10 kg, 경도는 adap-

ter 25번, load cell 2 kg을 사용하였으며, table speed는 120 mm/min, chart speed는 30 mm/sec로 하였다. 실험 결과는 5~7회 측정하여 평균으로 나타내었다.

4. 근원섬유 단백질의 추출성 및 근원섬유 소편화도의 측정

Myofibril의 추출은 양의 방법¹¹⁾에 의하여 추출하였으며, 단백질의 농도는 bovine serum albumin을 표준물질로 하여 biuret법으로 측정하였다. 근원섬유의 소편화도는 Culler 등의 방법¹²⁾에 준하였다.

5. Mg-ATPase 활성 측정

0.25 mg/mL myofibrillar proteins, 1 mM MgCl₂, 1 mM ATP, 25 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0)의 혼합액을 30°C의 water bath상에서 5분간 반응시켰으며, 반응 5분 후 최종 농도 4% TCA를 첨가하여 ice bath상에서 반응을 정지시켰다. ATPase의 활성은 1 mg의 단백질에 의하여 1분간 유리되는 무기인산(Pi)을 μmole 로 표시하였다¹³⁾.

결과 및 고찰

1. 어육의 색소 변화

우육의 경우, 호기적 상태에서 장기저장하면 미생물의 성장으로 인한 산소분압의 저하로 갈색의 met-myoglobin이 형성되므로 적색도가 감소하고 명도가 증가한다. 그러나 진공상태에서는 myoglobin이 deoxy-myoglobin 상태를 유지함으로써 암적색을 나타낸다^{14,15)}. 따라서 어육도 포장방법이나 저장기간에 따라 색소의 변화를 나타낼 것으로 예상되어 그에 따른 실험을 하였으며 결과는 Table 1과 같다.

명도(L)의 경우, 합기포장육과 진공포장육 둘 다 저장기일에 따라 증가하였으며, 단지 저장초기에 합기포장이 진공 포장보다 약간 빠르게 증가를 나타내었을 뿐 10일 이상의 저장에서는 거의 비슷한 값을 나타내었다. 적색도(a)의 경우는 저장 7일까지는 합기포장육이 진공포장육에 비해 빠르게 감소를 나타내었으나 저장 10일 이후부터는 유사한 값을 나타내었다. 한편 황색도(b)의 값은 합기포장육이 저장 10일까지 증가를 나타낸 반면에 진공포장육은 저장 14일부터 증가를 나타냈으나 그 값은 합기포장육에 비해 낮게 나타났다.

따라서 광어육의 경우, 저장기간이 길어지면서 명도와 황색도의 약간의 증가 그리고 적색도가 감소하는 현상을 나타내고 또한 합기포장육이 진공포장육에 비

Table 1. Changes in L, a, b of plaice muscle during storage at 4 °C

Storage day	Aerobic packaged			Vacuum packaged		
	L	a	b	L	a	b
0	42.93±1.42	-1.40±0.63	1.30±1.37	42.93±1.42	-1.40±0.63	1.30±1.37
2	46.15±2.18	-1.70±0.17	1.52±1.45	44.10±2.18	-1.51±0.71	1.23±1.50
4	48.73±4.15	-1.90±0.81	2.27±2.12	45.93±1.66	-1.47±0.68	1.13±1.93
7	49.83±3.74	-2.30±0.56	2.53±2.11	46.97±1.79	-1.87±0.42	1.23±1.27
10	50.20±2.21	-2.60±0.52	3.20±1.73	49.47±2.19	-2.40±0.95	1.40±2.70
14	49.00±1.97	-2.73±0.47	3.13±1.70	50.70±3.50	-2.67±0.35	2.43±1.21
21	52.23±4.32	-2.77±0.67	3.53±3.37	51.87±3.06	-2.67±0.85	2.90±2.23

해 황색도가 약간 높은 값을 보이지만 그 차이가 크지 않은 것으로 보아 어육의 색소 변화는 포장방법에 따른 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

백색 어류인 참돔미육의 경우, Mb+Hb이 6 mg/100 g 정도로 알려지고 있다¹⁶⁾. 그러므로 백색어류인 광어육도 참돔미육과 비슷한 색소의 함량을 갖고 있을 것으로 예측되며 따라서 저장 기간 동안 색소의 변화의 폭이 적게 나타나기 때문에 L, a, b값에 큰 차이가 나타나지 않는 것으로 사료된다.

2. 경도와 전단력가의 변화

즉살시킨 광어를 진공포장과 합기포장으로 나누어 4°C에 저장하면서 경도와 전단력가의 변화를 측정하여 Fig. 1, 2에 나타내었다.

즉살 바로 후의 경도는 2,232 dyne/cm² 이었으나 저장기간이 지나면서 낮아지는 경향을 나타내었다. 특히 진공포장과 합기포장 둘 다 저장 7일까지는 급격히 낮아졌다가 그 후 14일까지는 매우 서서히 낮

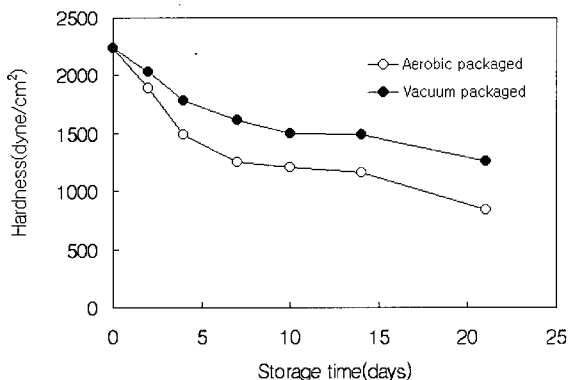


Fig. 1. Change in hardness of plaice muscle during storage at 4 °C.

아졌으며, 그 이후에는 다시 감소폭이 조금 커지는 유사한 경향을 나타내었다.

이와 같은 경도의 감소의 폭은 합기포장육의 4일째의 경도가 진공포장육 14일째의 경도와 비슷한 값을 나타낼 정도로 합기포장육이 진공포장육에 비해 상당히 큰 것으로 나타났다.

한편 Fig. 2의 전단력가도 경도와 비교해 저장 초기에 전단력가의 낙차 폭이 크다는 것을 제외하고는 진공포장육과 합기포장육 둘 다 저장기간에 따른 경도의 변화와 유사한 경향을 나타내었으며 합기포장육의 감소 속도가 진공포장육에 비해 크게 나타났다.

어육의 경도는 어육 결합조직의 주성분인 collagen 함량 및 분포형태에 따라서 결정되어지는 background toughness와 사후 근육 중의 myosin과 actin의 결합에 의하여 생기는 actomyosin toughness로 나누어지는데¹⁷⁾ collagen matrix는 사후 붕괴되기 시작하는 반면에 actomyosin은 사후 천천히 형성되기 시작하므로 어체의 사후경직도와 어육의 경도는 일치하지 않는다고

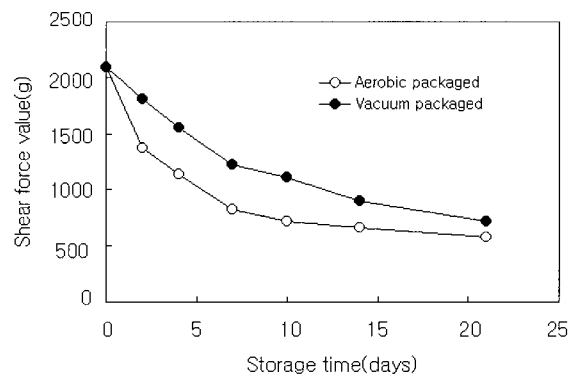


Fig. 2. Change in shear force value of plaice muscle during storage at 4 °C.

보고되고 있다¹⁸⁾. 또한 조 등²⁾도 5°C 저장 넙치육의 파괴강도와 경직도 변화에서 파괴강도는 사후 10시간 정도에서 최대에 도달한 후 40시간까지는 초기강도의 59% 정도로 빠른 감소를 나타낸 후 천천히 감소하며 사후강직도는 35시간 후에 완전강직에 도달한 후 40시간까지는 초기강도의 57% 정도로 서서히 감소한다고 하였다.

본 실험의 결과치도 파괴강도와는 다른 수치이지만 저장 2일(48시간)에는 조 등²⁾이 언급한 것처럼 이미 파괴강도가 급격히 떨어지고 사후강직도 완전강직이 지난 시점이므로 0일에 비해 상당히 낮게 나와 조 등²⁾의 결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 저장 초기 myofibril의 구조적 약화, myosin에 의한 rigor linkage의 변화, connectin filament의 붕괴 그리고 rebulin filament의 분절, 결합조직의 주요 성분인 collagen 섬유의 붕괴 등에 의한 것으로 보고^{19~23)}하고 있으나 아직 확실하게 규명되어 있지 않다. 이와 같은 초기의 연화속도도 진공포장을 한 것이 합기포장한 것에 비해 느리게 진행됨을 나타내고 있는데 앞서와 같은 육의 연화에 영향을 주는 다양한 물리, 화학적 변화들이 산소조건하에서 어떻게 달라지는가에 따라서 영향을 받을 것으로 예상됨으로 이에 대해서는 더욱더 연구가 필요한 것으로 사료된다.

3. Myofibril의 추출성

포장방법과 저장기일에 따라 저장된 광어육으로부터 MF를 추출하였을 때의 추출율을 Fig. 3에 나타내었다.

합기포장육의 MF 추출성은 저장 2일까지는 저장 초기에 비해 약간 높은 값을 나타낸 후 7일까지는 급

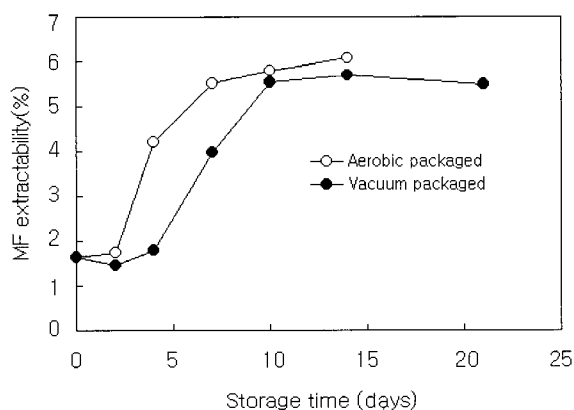


Fig. 3. Change in MF extractability of plaice muscle during storage at 4°C.

격한 증가를 보였으며 계속되는 저장에서는 거의 비슷한 추출율을 나타내었다. 한편 진공포장육의 경우 2일 저장에서는 추출성이 낮아졌다가 4일 이후에는 급격히 높아져 10일에서는 합기포장육에서의 추출율과 비슷한 수준의 값을 보였다.

Locker²⁴⁾는 우육의 근원섬유단백질의 추출성이 사후경직상태에서 감소하고 그 후 숙성시킴으로서 다시 증가하여 경직전의 수준을 회복한다고 하였다. 그리고 일반적으로 어류의 경우 사후 7시간에 경직이 시작되어 5~22시간 정도 지속되는 것으로 알려지고 있다. 따라서 2일 저장에서 추출성이 합기포장육의 경우 0일보다 약간 높게 그리고 진공포장육이 약간 낮은 값을 나타내는 결과는 포장방법에 따라 사후경직기간에 차이가 생기기 때문인 것으로 해석되었다.

4. Myofibril의 소편화도

Takahashi 등²⁵⁾은 근원섬유의 근절을 연결하고 있는 z-line과 thin filament의 접합부위가 숙성 중에 약화되고 소편화가 많이 진행되어 식육은 연하게 된다고 하였으며, 또한 根 등²⁶⁾은 이를 이용하여 실험한 결과 소고기를 2°C에서 31일간 저장하는 동안 소편화도의 변화 측정에서 저장 4일째까지는 소편화도가 초기에 비해 급격히 증가한 후 그 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 보고하였다. 그리고 김 등²⁷⁾도 냉장기간이 짧은 때에는 소편화도가 크게 일어나며 그 후에도 증가하지만 유의적인 차이를 나타내지 않는다고 하였다.

Fig. 4에 나타낸 바와 같이 본 실험에서도 진공포장육의 경우, 저장 4일까지는 소편화도가 급격히 일어난 후 그 이상의 저장기일 동안에는 큰 변화를 나타내지 않아 앞의 根, 김 등의 보고^{26,27)}와 일치하나 합기포장

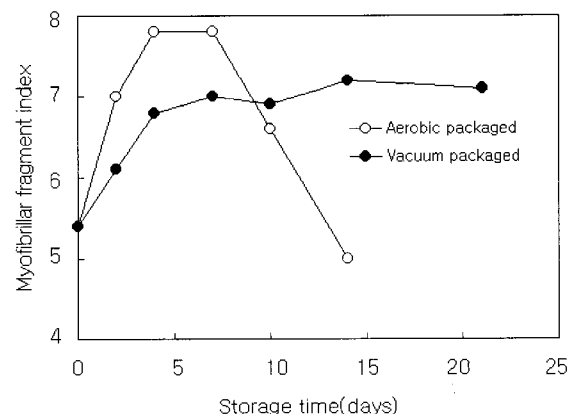


Fig. 4. Change in MFI of plaice muscle during storage 4°C.

육의 경우는 저장 초기에 소편화도가 급격히 일어났으며 그 폭은 진공포장육에 비해 매우 크게 일어났다. 하지만 7일 이후에는 기 보고된 보문들과는 상반되는 색다른 현상을 나타냈다.

합기포장육의 이와 같은 현상은 저장 7일이 지나면 분절 구성의 각각의 단백질로 쉽게 해리됨에 따라 540nm의 파장에서의 흡광에 영향을 주기 때문이 아닌가 사료되나 이에 대해서는 더욱 연구가 필요하다.

5. Myofibril의 Mg-ATPase의 활성

Mg-ATPase 활성은 냉장동안 어류의 근원섬유단백질의 사후 변화를 추적하기 위해 그리고 AM integrity의 척도로서 널리 사용되므로 저장방법과 저장기일에 따라 4℃에 저장된 광어육으로부터 추출한 myofibril의 Mg-ATPase 활성을 측정하였다(Fig. 5, 6)

염농도에 따른 Mg-ATPase 활성은 포장방법과 저장기일에 관계없이 추출된 모든 MF이 낮은 이온강도 ($\mu < 0.05$)에서는 높은 활성을 나타내다가 이온강도가 높아질수록 낮은 활성을 나타내는 공통적인 경향을 나타내었다. 이는 Mg 이온은 이온강도에 관계없이 myosin ATPase 활성을 저해하나 낮은 이온강도에서 AM ATPase 활성을 활성화시켜 준다는 Yang의 보고²⁸⁾와 일치하는 것으로서 현 실험에서 추출된 모든 MF이 포장방법이나 저장기일에 관계없이 염농도에 따라 actin- myosin interaction을 일으키는 actin, myosin을 공통적으로 갖고 있음을 알 수 있었다.

한편 ATP의 분해능력의 크기에 있어서는 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 진공포장육의 경우, 저장 0, 2, 4일의 MF은 서로간 활성에 차이 없이 가장 낮은 활성을 그

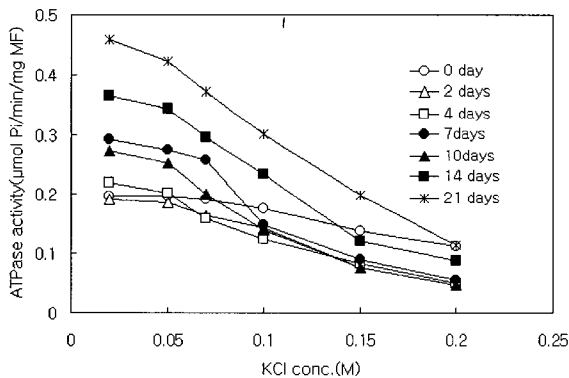


Fig. 5. Mg-ATPase activities of myofibrils from vacuum-packaged plaice muscle during storage at 4°C.

Enz. Assay : 25 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0) 1mM ATP, 1 mM MgCl₂, 0.25 mg/mL MF.

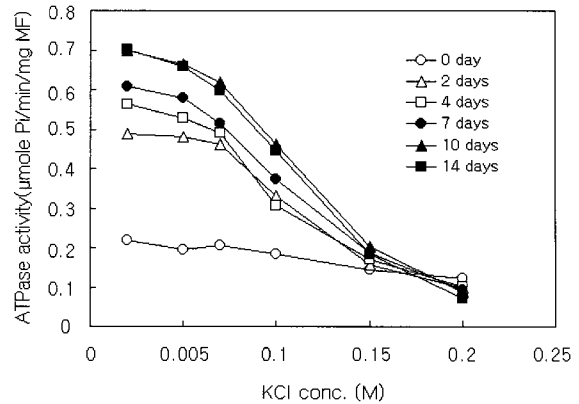


Fig. 6. Mg-ATPase activities of myofibrils from aerobic-packaged plaice muscle during storage at 4°C.

Enz. Assay : 25 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0) 1mM ATP, 1mM MgCl₂, 0.25 mg/mL MF.

리고 7, 10일의 MF은 비슷한 크기로 약간의 증가를 나타내었으며 14, 21일의 MF은 각각 비슷한 크기의 증가폭으로 저장기일에 따라 높은 값을 나타내었다. 한편 Fig. 6의 합기포장육의 경우는 0일 MF 이후에는 급격하게 ATP 분해능력이 높아져 2일 MF 활성이 진공포장육의 21 MF과 비슷한 크기의 활성을 나타내었다. 그 후 저장 10일까지는 계속 증가를 나타내었으나 10일 이후에는 거의 변화가 없었다.

근원섬유단백질의 ATPase 활성이 빙장 또는 동결 저장 동안 어류의 사후 변화를 추적하기 위해 널리 사용되며²⁹⁻³¹⁾ 그리고 myofibril Mg-ATPase 활성은 세포 내외의 Ca²⁺ 존재 하에 actin-myosin complex의 integrity를 나타내며³⁰⁾ 또한 tropomyosin-troponin complex의 integrity를 나타낸다고 하였다³¹⁾. 따라서 ATP의 분해 능력에 차이를 나타낸다는 것은 육의 변화에 따라 myosin, actin을 포함한 조절단백질의 추출에 차이가 있음을 나타내며 또한 이러한 육의 변화는 육의 포장 방법이나 저장기간에 의해 영향을 받음을 나타내는 것으로 예상된다.

그러므로 이상과 같은 결과로 보아 육의 저장 중의 변화가 저장기일에 따라 영향을 받을 뿐만 아니라 포장방법에 따라 크게 영향을 받는데 합기포장육이 진공포장육에 비해 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 신선 어육의 유통기한을 증진시키기 위한 연구의 일환으로서 합기포장과 진공포장한 신선

광어육의 물리화학적 변화를 저장기일에 따라 연구한 결과이다. 신선 광어육의 색소 변화에 있어서 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 모두 저장기간에 따라 약간의 변화를 나타내었으나 포장방법에 따른 현저한 차이는 보이지 않았다. 경도는 즉살 바로 후 2,232 dyne/cm^2 이었으나 저장기일이 지나면서 낮아지는 경향을 나타내었다. 특히 진공포장육과 합기포장육 둘 다 저장 7일까지는 급격히 낮아졌다가 그 후 14일까지는 매우 서서히 낮아졌으며, 이와 같은 경도의 감소의 폭은 합기포장육의 4일째의 경도가 진공포장육 14일째의 경도와 비슷한 값을 나타낼 정도로 합기포장육이 진공포장육에 비해 상당히 큰 것으로 나타났다. 전단력도 경도의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 소편화도는 진공포장육의 경우 저장 4일까지는 급격히 증가하였으나 그 이상의 저장기일 동안에는 큰 변화를 나타내지 않았다. 반면 합기포장육의 경우는 저장 초기에 급격히 일어난 다음 7일 이후부터는 오히려 상당히 감소하는 상반된 현상을 나타내었다. Myosin, actin을 포함한 조절단백질의 추출 정도 내지는 구조에 의해 차이를 나타내는 염농도에 따른 Mg-ATPase 활성은 포장방법에 관계없이 저장기일이 길어짐에 따라 ATP의 분해능력이 커짐을 보였으며, 합기포장이 진공포장에 비해 높은 값을 나타내었다.

참고문헌

1. <http://www.krei.re.kr>
2. Cho, YJ and Kim, YY. Early changes after death of plaice, *Paralichthys olivaceus* muscle. 2. Temperature dependency on physicochemical and rheological properties. *Bull. Korean Fish Soc.* 27:114-120. 1994
3. Shin, YC, Son, JC, Choe, SY and Kim, MS. Effects of packaging method on quality of chilled plaice muscle. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32:1202-1296. 2003
4. Park, CI, Kim, YK and Kim, YJ. Effect of vacuum packaging and aerobic packaging on the physico-chemical properties of vention. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 20:214-221. 2000
5. Kim, DG, Lee, SH, Kim, SM, Seok, YS and Sung, SK. Effects of packaging method on physico-chemical properties of Korean beef. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25:944-950. 1996
6. Kim, BC, Han, CY, Joo, ST and Lee, S. Effects of displaying conditions of retail-cuts after vacuum packed storage on pork quality and shelf-life. *Korean J. Animal Sci.* 41:75-88. 1999
7. Yang, ST and Lee, HS. Shelf-life extension of semi-dried right-eyed flounder using modified atmosphere packaging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31:712-719. 1999
8. Phillips, CA. Review ; Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. I. *J. of Food Sci. Tech.* 31:463-479. 1996
9. Reddy, NR, Schreiber, CL, Buzard, KS, Skinner, GE and Armstrong, DJ. Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. *J. Food Sci.* 59: 260-264. 1994
10. Kim, CJ, Jeong, JY, Lee, ES and Song, HH. Studies on the improvement of quality and shelf-life of traditional marinated beef(galbi) as affected by packaging method during storage at -1°C . *Korean J. Food Sci. Technol.* 34:792-798. 2002
11. Yang, R, Kim, CJ, Moon, YH and Yu, JH. Studies on the myofibrillar proteins. 1. Phase microscopy of myofibrils from rabbit muscle. *Korea J. Food Sci. Technol.* 6:79-85. 1974
12. Culler, RD, Parrish, FC Jr, Smith, GC and Cross, RD. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.* 43:1177. 1978
13. Fiske, CH and Subbarow, Y. The colorimetric determination of phosphorous. *J. Biol. Chem.* 66, 375-379. 1925
14. DeMan, J. Texture in principles of food chemistry(4th ed.). pp.275-288 The AVI Publishing Company, Inc., Westport, CT. 1980
15. Cassens, RG. Meat Preservation, pp.28-32. Food & Nutrition Press, Inc. 1994
16. 김우준. 수산화학, pp. 64-66. 세진사. 1987
17. 山本啓一, 九山工作. 筋肉(生命現象への化學的アプローチ), pp.45-50. 化學同人. 1988
18. Ando, M, Toyohara, H and Sakaguchi, M. Postmortem tenderization of rainbow trout muscle caused by the disintegration of collagen fibers in the pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(3): 567-570. 1992
19. Takahashi, K. Structural weakening of skeletal muscle tissue during postmortem ageing of meet : The non-

- enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.* 43:67-72. 1996
20. 豊原治彦, 志水寶. 魚體の死後強直現象と魚肉の關係. *日本誌*, 54(10):1795-1798. 1988
 21. Seki, N and Tsuchiya, K. Extensive changes during storage in carp myofibrillar proteins in relation to fragmentation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57:927-933. 1991
 22. Seki, N and Watanabe, T. Connectin content and its post-mortem changes in fish muscle. *J. Biochem.* 95: 1161-1167. 1984
 23. Sato, K, Yoshinaka, R, Sato, M and Shimizu, Y. Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52(9):1595-1600. 1986
 24. Locker, RH. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Food Res.* 25:304-311. 1960
 25. Takahashi, K, Fukazawa, T and Yashi, T. Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken muscle. *J. Food Sci.* 32: 409-415. 1967
 26. 根岸晴夫, 夏野めぐみ, 吉川純夫. 牛肉の熟度指標としての物理化學的性質. *日畜會報*, 62:1095-1101. 1991
 27. Kim, MS and Moon, YH. Effects of storage period and rechilling process on tenderness of chilled or frozen beef. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 18(3): 216-223. 1998
 28. Yang, R, Okitani, A and Fugimaki, M. Studies on myofibrils from the stored muscle. 1. Postmortem changes in adenine triphosphatase activity of myofibrils from rabbit muscle. *Agric. Biol. Chem.* 34: 1765-1781. 1970
 29. Monteichia, CL, Roura, SI, Perez Borla, O and Crupkin, M. Biochemical and physicochemical properties of actomyosin from frozen pre and post spawned hake. *J. Food Sci.* 62:491-495. 1997
 30. Paredi, MI and Crupkin, M. Biochemical properties of actomyosin from frozen stored mantles of squid *Illex argentinus* at different sexual maturation stages. *J. Agri. Food Chem.* 45: 1629-1632. 1997
 31. Seki, N, Ikeda, M and Nakita, N. Changes in ATPase activities of carp myofibril during ice-storage. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 45:791-799. 1979
 32. Roura, SI, Goldenberg, AL, Trucco, RE and Crupkin, M. Biochemical and physicochemical properties of actomyosin from pre and post spawned hake stored on ice. *J. Food Sci.* 55:688-692. 1990
 33. Watabe, S, Ushio, H, Iwamoto, M, Yananaka, H and Hashimoto, K. Temperature dependency of rigor mortis of fish muscle; Myofibrillar Mg-ATPase activity and Ca²⁺ uptake by sarcoplasmic reticulum. *J. Food Sci.* 54:1107-1115. 1989

(2005년 6월 1일 접수; 2005년 9월 15일 채택)