

전분가수분해물의 어육단백질 동결변성 방지효과 및 작용기구

1. 옥수수전분가수분해물의 어육단백질에 대한 동결변성 방지효과

이강호 · 정병천 · 홍병일
부경대학교 식품공학과

Cryoprotective Effect and Mechanism of Corn Starch Enzyme Hydrolysates on Fish Protein

1. Cryoprotective Effect of Corn Starch Enzyme Hydrolysates on Fish Protein

Kang-Ho LEE, Byung-Chun JUNG and Byung-Il HONG

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

The objective of this study is to investigate cryoprotective effects of corn starch enzyme hydrolysates of nonsweet and low-calories on denaturation of frozen fish protein.

The cryoprotective effects of were examined in Alaska pollack actomyosin solution by changes in SDS-PAGE pattern, solubility, and Ca²⁺-ATPase activity. When samples stored for 0 and 30 days were compared on SDS-PAGE patterns, severe changes in all bands were shown on the control sample regardless of storage temperature, especially in myosin heavy chain (MHC). Not much difference no appeared the electrophoretic pattern in case of the samples containing sucrose at any storage temperature during 30 days of storage. The cryoprotective effect of the hydrolysates were markedly dependant on storage temperature and no MHC band was found in the samples stored at -5°C. The SDS-PAGE patterns of sample stored at -20°C, however, completely maintained after 30 days of storage.

When the samples were stored at -5°C, the solubility of the sample containing sucrose was retained at 90% after 30 days of storage, whereas dramatically decreased in other samples. The samples including sucrose, D.E. 10, 15, and 20 revealed 90% in solubility when stored at -20°C. The tendency of remaining Ca²⁺-ATPase activity was almost shown the same as that of solubility.

Key words: cryoprotection, actomyosin, corn starch hydrolysate

서 론

동결저장은 의학, 약학, 농학, 식품학 등의 광범위한 영역에 걸쳐 이용되고, 연구되어 온 저장방법이다 (Fennema, 1973). 식품의 동결저장은 미생물에 의한 변패를 막고, 생화학 반응속도를 최소화하기 때문에 식품의 품질 유지를 위한 효과적인 방법의 하나로 오래 전부터 사용되어 왔다.

수산물은 주요한 단백질 공급원 뿐만 아니라 최근 각종 생리활성 기능이 알려지면서 건강식품으로서도 그 가치는 날로 높아지고 있지만, 빠른 선도저하나 계획생산이 어려운 점 등 때문에 저온저장을 하게 된다. 어육단백질은 동결저장 동안에 겔형성능을 잃게 되고 (Simpson et al., 1994), 고품질 surimi는 근원섬유 단백질이 변성되지 않은 어육에서만 가능하다 (Matsumoto, 1979; Acton et al., 1983). 비록 미생물 성장과 그에 수반되는 화학적

변화들이 동결저장으로 억제되지만, 저온에서는 기능적 성질의 변화가 발생할 수 있다 (Shenouda, 1980). 즉 근육 단백질을 동결저장함으로써 변성, 분자간 응집 및 분자내 입체적 구조 변화 등이 일어난다 (MacDonald et al., 1991). 동결 및 동결저장으로 인한 단백질의 변성에 영향을 미치는 요소들은 염농도, pH, 이온강도, 표면장력, 빙결정의 기계적 영향과 건조 등이 보고되고 있고 (Park et al., 1994), 일반적으로 어육 단백질은 축육단백질에 비해 육조직이 치밀하지 못하고 연약하여 동결저장에 의해 변성되기 쉽기 때문에 (Connell, 1962) 그 기능성을 유지하기 어렵고, 기능성을 유지하기 위해서는 동결 변성 방지제의 첨가가 요구된다.

일반적으로 어육단백질의 동결변성방지제는 당류와 당알콜류가 가격과 편이성, 안전성, 뛰어난 용해성 등으로 널리 사용되고 있으나 높은 감미와 고칼로리로 인하여 소비자들이 거부감을 갖게 됨에 따라 낮은 감미와 저칼

로리의 동결변성 방지제의 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 낮은 감미와 저칼로리의 동결 변성 방지제를 개발할 목적으로 옥수수전분을 내열성의 α -amylase로 가수분해시켜 감미가 거의 없는 옥수수전분 가수분해물 (Dextrose equivalent, D.E. 5~20)을 조제하여 어육단백질에 대한 동결변성방지효과를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험의 actomyosin 추출에 사용한 명태 (*Theragra chalcogramma*: 체중 300~400 g, 체장 40~50 cm)는 부산시 남천동 소재 어시장에서 구입하였다. 그리고 본 실험에 사용한 옥수수전분, α -amylase (Sigma사 Type XII-A), 전기영동용 표준 kit (SDS-전기영동용 분자량 표준단백질; myosin, β -galactosidase, phosphorylase b, fructose-6-phosphate kinase, bovine albumin, glutamic dehydrogenase, egg ovalbumin, glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase), 전기영동용 시약 등은 Sigma사 제품을 사용하였으며, 그 외 실험에 사용한 시약은 특급을 사용하였고 물은 재증류한 탈이온수를 사용하였다.

2. 전분 가수분해물의 조제

옥수수전분 80 g에 증류수 720 ml (10% w/w)를 가하고 Ca^{2+} 의 농도가 40 ppm이 되도록 Calcium chloride를 첨가한 후 응축기가 구비된 flask 내에서 500 rpm으로 교반시키면서 95°C까지 가열하여 5분간 유지하여 호화시켰다. 이 호화 전분액을 80°C로 냉각한 다음 α -amylase (Sigma사, Type XII-A)를 적당량 가하고 일정시간 가수분해하여 전분가수분해물의 D.E. (환원당량/전당량 \times 100)값이 각각 5, 10, 15, 20에 도달하면 0.5N HCl을 첨가하여 최종 pH가 2.0이하로 맞추어 잔존 효소를 불활성화시키고 바로 냉각시킨 후 0.5N NaOH 용액으로 중화시켜 동결 건조하여 분말화한 후 동결 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. Actomyosin의 추출

신선한 명태를 껍질과 두부를 제거한 다음 Okada 등 (1985)의 방법을 약간 수정하여 actomyosin을 추출하였다. 추출한 actomyosin 용액에 동결 변성 방지제 (8%의 sucrose와 가수분해물 (D.E. 5, 10, 15, 20))를 가하여 잘 혼합한 후 10 ml 씩 cap tube에 분취하고 이 tube들을 -70°C 용액 (ethanol + dry ice)에 30초간 침지하여 품온을

-20°C 이하로 급속 동결시킨 후 미리 온도가 설정된 동결고 (-5, -12, -20°C)에 저장하였고, 일정한 시간이 경과한 후 시료 tube들을 흐르는 물에서 해동시킨 다음 3000 \times g에서 10분간 원심분리하고 gauze로 여과하여 응집된 단백질을 제거한 여액을 실험에 사용하였다.

4. Actomyosin의 전기영동

동결 저장 중 actomyosin의 저장 온도와 첨가제 종류에 따른 subunit 변화를 알아보기 위하여 동결저장한 시료를 해동시킨 후 gauze로 여과하여 응집된 단백질을 제거한 액을 disc-PAG (9% polyacrylamide gel) 전기영동법 (Laemmli, 1970)에 따라 실험하였다. 전기영동 시료와 표준 단백질 용액 20 μ l를 각 well에 주입하고 25 mM Tris-192 mM glycine 완충액 (pH 8.3)을 상·하부 전극액으로 사용하여 전기영동하였다. 전기영동 후 SDS-gel의 염색은 Coomassie brilliant blue R-250을 사용하였고, 염색이 끝난 겔은 빙초산:에탄올: 증류수 혼합액 (v/v/v 1:2:7)으로 탈색하였다. 또한 SDS-분자량 표준단백질의 전기영동 이동도와 SDS화 한 actomyosin subunit의 전기영동 이동도를 비교하여 단백질 패턴을 검토하였다.

5. 단백질의 용해도

저장하기 전 단백질 함량을 구하고 일정기간 저장한 후 actomyosin 용액을 3000 \times g에서 10분간 원심분리하고 gauze로 여과한 여액의 단백질 함량을 구하여 그 비로 용해도를 구하였다. 단백질의 농도는 Biuret 방법 (Gornall, 1949)에 따라 bovine serum albumin을 표준단백질로 하여 구한 검량선으로 540 nm에서 흡광도 값을 구하고 단백질 함량을 결정하였다.

6. Ca^{2+} -ATPase 활성

Uchiyama와 Katoh (1978)의 방법에 따라 반응혼합액을 항온조 (20°C)에서 10분간 항온 시킨 후 시료 용액 1 ml를 가하여 3분간 방치한 다음 20 mM ATP 용액 0.2 ml를 가한 즉시 시간을 쟀 다음 5분 후에 15% TCA 용액 1 ml를 가하여 반응을 종료시킨다. 이 용액을 여과한 다음 여액 1 ml에 발색시약 4 ml를 가하고 항온조 (20°C)에서 45분간 발색시켜 640 nm에서 흡광도를 측정하고 무기인산 검량 곡선에서 무기인산량을 구하여 활성치를 구하였다.

결과 및 고찰

1. 전기영동 변화

어육 단백질은 많은 요인에 의하여 변성을 받게 되고

변성한 단백질은 천연상태의 단백질과는 많은 차이를 나타내게 된다. 단백질의 동결 변성 지표로서 가장 널리 이용되는 것은 용해도, ATPase활성 변화(Arai et al., 1973), 전기영동변화 등이고, 이외에도 점도변화, α -helix 함량, 소화효소에 대한 감수성, 초원심분석법, 이온교환 크로마토그래피법, 광산란법, 전자현미경법 등을 이용한 경우도 보고되고 있다.

단백질의 동결변성에 대한 방지제로서 많은 물질들이 효과를 나타내고 있으나 크게 나누어 탄수화물류와 아미노산류 그리고 유기산 등으로 분류할 수 있고, 탄수화물류가 효과가 있으며, 이들 중에서도 sucrose 를 비롯한 당당류 및 이당류 그리고 당알콜류가 그 효과가 더 뛰어난 것으로 알려져 있다(Matsumoto and Noguchi, 1992). 따라서 옥수수전분가수분해물의 어육단백질 동결 변성 방지제로서의 효과를 알아보기 위하여 sucrose와 비교하였다.

Fig. 1은 추출한 actomyosin 용액에 sucrose, 옥수수전분 가수분해물 (D.E. 5, 10, 15, 20)들을 각각 8% 첨가하여 저장 온도별(-5, -12, -20°C)로 저장하였을 때 동결하기 전과 각 조건하에서 30일간 저장하였을 때 각 시료들의 전기영동 pattern을 나타낸 것이다. 동결 하기전 시료들은 MHC (myosin heavy chain)과 actin에 해당하는 band가 확연히 나타났고, 시료들 간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. -5°C에서 30일간 저장 후에는 sucrose를 포함하는 시료를 제외한 나머지 전시료들의 MHC가 사라졌지만, sucrose 첨가구의 경우 MHC가 거의 그대로 유지되었다. 그리고 actin band는 시료들 사이에 거의 변화가 없었다. 이런 결과는 옥수수전분 가수분해물이 -5°C에서는 단백질 보호작용을 나타내지 못한다는 것을 나타내고, 근원섬유 단백질을 구성하는 myo-

sin과 actin을 추출하여 각각의 성질에 관해서 검토하였을 때, actin은 저장 전의 성질과 거의 변화가 없는 상태에서도 myosin은 상당히 변성한 사실에서 myosin B의 동결변성의 주체는 myosin의 변성에 기인한다고 주장하였듯이 (Connell, 1962), 본 결과에서도 주로 MHC의 변화가 두드러졌다. -12°C에서 저장한 경우, 역시 actin band는 거의 변화가 없었고, MHC에서 변화가 일어났고 시료들 사이에 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. -20°C에서 저장하는 동안 전기영동상 변화는 control에서 현저하였고, 전분가수분해물 D.E. 5를 첨가한 시료에서도 MHC에 약간의 변화가 일어난 반면에 나머지 시료에서는 별다른 차이를 나타내지 않았다. 이상의 전기영동 pattern에서 sucrose가 첨가된 시료는 저장 온도에 거의 영향을 받지 않고 단백질을 동결 보호한다는 것을 나타내고, 전분가수분해물의 경우는 D.E. 값에 따라 다소의 차이는 있지만 저장 온도에 따라 단백질 보호능의 차이가 현저하다는 것을 알 수 있다.

2. Actomyosin 용해도 및 Ca^{2+} -ATPase 활성 변화

추출한 actomyosin 용액에 sucrose, 옥수수전분 가수분해물 (D.E. 5, 10, 15, 20)들을 각각 8% 첨가하여 저장 온도별(-5, -12, -20°C)로 저장하였을 때 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 활성 변화를 살펴보았다. 먼저 -5°C에서 각 시료들을 저장하였을 때 저장기간에 따른 actomyosin 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성 변화를 Fig. 2에 나타내었다. Actomyosin 용액의 용해도 (Fig. 2 (A))는 첨가물 sucrose를 제외한 전분 가수분해물 (D.E. 5, 10, 15, 20)을 함유한 시료들의 경우 저장기간이 경과함에 따라 약간의 차이는 있지만 급속히 감소하여 저장 30일 후에 약 30~40% 정도를 나타내었다. Sucrose 첨가 시료는 아주

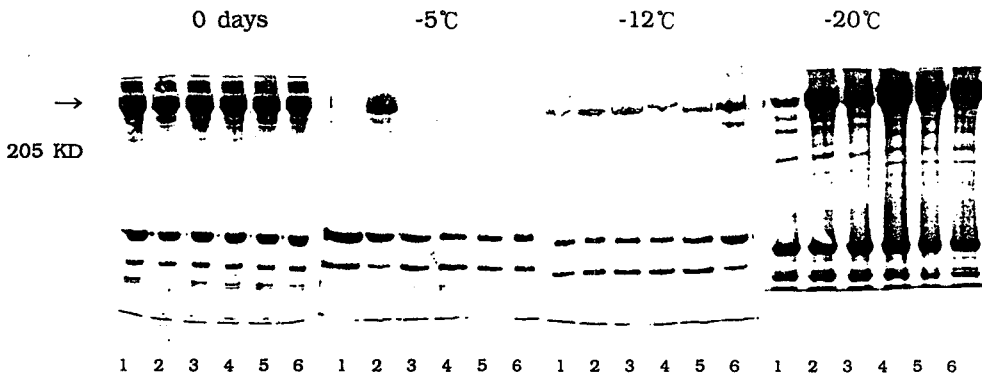


Fig. 1. SDS-PAGE pattern of actomyosin solution containing additives after 30 days of storage at -5, -12, and -20°C. (1, control; 2, sucrose; 3, corn starch hydrolysate D.E. 5; 4, corn starch hydrolysate D.E. 10; 5, corn starch hydrolysate D.E. 15; 6, corn starch hydrolysate D.E. 20).

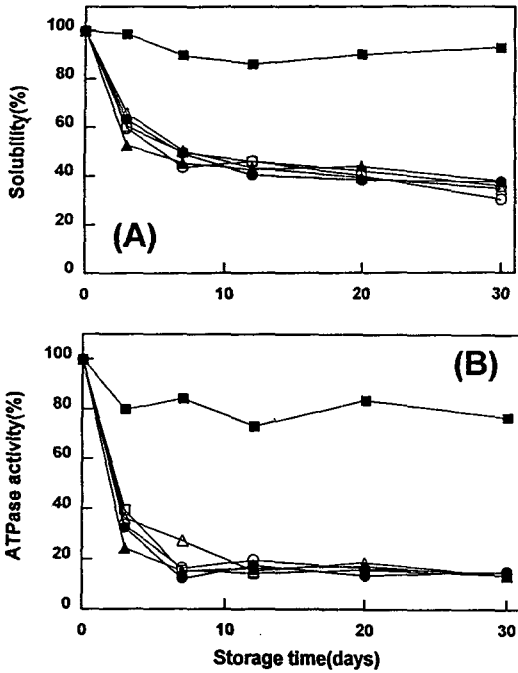


Fig. 2. Changes in solubility (A) remaining Ca^{2+} -ATPase activity (B) of actomyosin solution containing corn starch hydrolysate different in D.E. values during storage at $-5^{\circ}C$.
 ▲ Control ● D.E. 5 ○ D.E. 15
 ■ Sucrose ▲ D.E. 10 □ D.E. 20

완전히 감소하여 저장 30일 후에 약 90%를 나타내었다. 한편 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성 변화 (Fig. 2 (B))는 용해도의 경우와 거의 유사하였고, sucrose 첨가 시료는 저장 30일 후에 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성은 약 80%를 나타내었고, 전분가수분해물 첨가시료들은 15~20%를 나타내었다.

Fig. 3은 $-12^{\circ}C$ 에서 각 시료들을 저장 하였을 때 저장 기간에 따른 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성 변화를 나타낸 것이다. 용해도 변화 (Fig. 3 (A))의 경우 sucrose 첨가구가 가장 높은 값을 유지하여 저장 30일 후에 약 80%를 나타내었고, control은 가장 낮은 값을 나타내어 30일 후에 약 10%였다. D.E. 5를 제외한 나머지 전분가수분해물 첨가구들은 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 잔존활성변화 (Fig. 3 (B))도 앞의 용해도 변화와 거의 유사하였고, 용해도에서는 D.E. 10과 20이 첨가된 시료의 경우, 비슷한 변화를 보였고, 잔존 활성 변화에서는 D.E. 10과 15의 경우가 거의 비슷한 경향을 나타내고 있다.

$-20^{\circ}C$ 에서 저장한 경우, 용해도 변화 (Fig. 4 (A))에서 control과 D.E. 5 시료는 저장기간에 따라 대체로 감소하는 경향이고 나머지 sucrose, D.E. 10, 15, 20은 거의

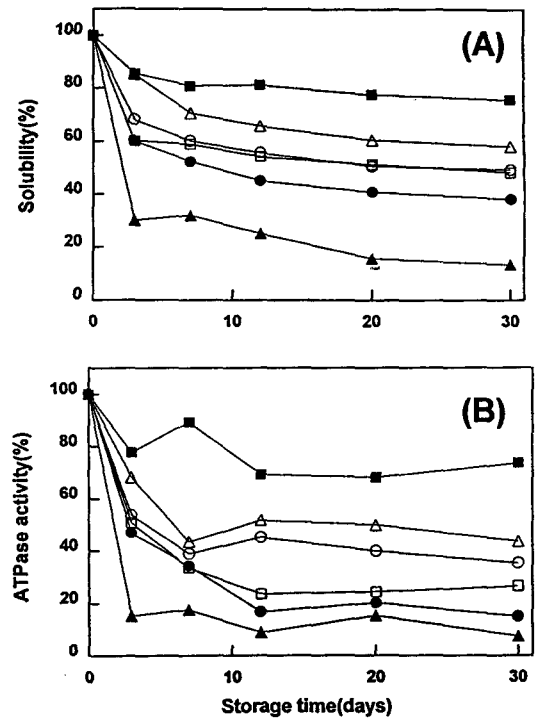


Fig. 3. Changes in solubility (A) and remaining Ca^{2+} -ATPase activity (B) of actomyosin solution containing corn starch hydrolysate different in D.E. values during storage at $-12^{\circ}C$.
 ▲ Control ● D.E. 5 ○ D.E. 15
 ■ Sucrose ▲ D.E. 10 □ D.E. 20

비슷하게 아주 완만히 감소하여 저장 30일 후에 약 85에서 90% 정도를 나타내었다. 잔존 활성 변화 (Fig. 4 (B))에서도 용해도의 경우와 비슷한 경향을 나타내어 control과 D.E. 5 시료를 제외한 나머지 시료들은 저장 30일 후에도 약 82% 정도의 높은 잔존 활성을 나타내었다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 control 시료는 다소의 차이는 인정되지만 저장 온도에 관계없이 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성이 급속히 감소하고, sucrose 첨가 시료의 경우는 저장온도에 거의 영향을 받지 않고 높은 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성을 나타내었다. 그리고 옥수수전분 가수분해물 첨가 시료의 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성의 변화는 온도 의존성이 매우 강하였다. 즉 $-5^{\circ}C$ 에서 저장하였을 때 거의 D.E. 값에 관계없이 저장기간에 따라 용해도와 잔존 활성이 급속히 감소하였고, 한편 $-20^{\circ}C$ 저장에서는 역시 D.E. 값에 거의 관계없이 높은 용해도와 잔존 활성을 나타내었다. 이런 용해도와 Ca^{2+} -ATPase 잔존 활성 변화의 결과들은 앞의 전기영동상의 변화와 관련이 깊은 것으로 생각된다. $-5^{\circ}C$ 에서 저장한 시료들의 전기영동상 pattern에서

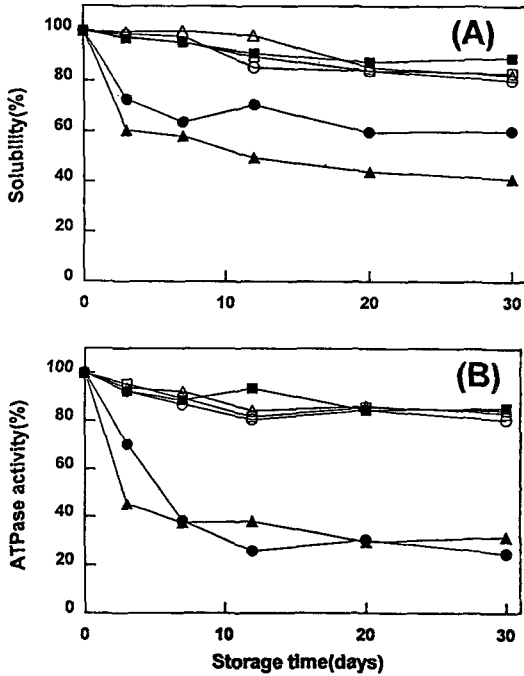


Fig. 4. Changes in solubility (A) and remaining Ca^{2+} -ATPase activity (B) of actomyosin solution containing corn starch hydrolysate different in D.E. values during storage at -20°C

—▲— Control —●— D.E. 5 —○— D.E. 15
—■— Sucrose —△— D.E. 10 —□— D.E. 20

MHC가 사라진 것은 이들이 응집되어 전처리 과정에서 제거되었으므로 용해도와 잔존활성의 감소로 나타났을 것이다.

근육 단백질의 동결변성 방지를 위해 비감미와 저칼로리인 polydextrose의 사용이 보고되었고, Park et al. (1990, 1987a,b)은 polydextrose가 동결저장 중 beef actomyosin을 보호한다고 하였다. Lactitol과 lactulose는 당도가 낮고 어육 단백질을 동결 보호하는데 효과적인 것으로 나타났다 (Sych et al., 1990). Macdonald et al. (1994)은 sodium lactate가 actomyosin의 동결 변성 방지제와 안정제로서 잠재력을 갖는 것으로 보고하는 등 최근에 비감미와 저칼로리의 단백질 동결 변성 방지제 개발에 대한 관심이 고조되고 있는데 본 실험에서 검토한 옥수수 전분가수분해물은 적당한 온도 조절만 된다면 어육단백질의 동결변성 방지제로서 가능성이 있다고 생각된다.

요 약

명태 actomyosin 용액에 대한 옥수수전분 가수분해물

의 동결 보호 효과는 전기영동상 패턴, 용해도 및 Ca^{2+} -ATPase 활성 변화로 알아보았다. 먼저 전기영동상 패턴에서 0일차와 저장 30일차를 비교하였을 때, control의 경우 저장온도에 관계없이 각 band들의 변화가 수반되었고, 특히 MHC의 변화가 두드러졌다. Sucrose 첨가구의 경우, 저장온도에 상관없이 band상의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 전분가수분해물이 첨가된 시료들에서는 온도 의존성이 현저하여 -5°C 에서 저장한 시료들은 MHC band가 나타나지 않았고 반면에 -20°C 에서는 저장 30일 제에도 0일차와 거의 같은 양상을 보였다.

시료들을 -5°C 에서 저장할 때 용해도 변화는 sucrose의 경우 저장 30일 후에도 90% 이상의 높은 값을 유지한 반면에 나머지 시료들은 저장과 함께 급속히 감소하였다. -20°C 에서는 sucrose, D.E. 10, 15 및 20을 함유한 시료들은 약 90% 정도를 나타내었다. 잔존 활성 변화에서도 용해도 변화와 거의 유사한 경향을 나타내었다.

이상에서 살펴보았듯이 명태 actomyosin 용액의 동결 변성에 대한 옥수수전분가수분해물들의 보호효과는 저장 온도에 따라 많은 차이를 나타내었고, 특히 D.E. 10의 경우는 기존의 동결변성 방지제인 sucrose와 비교하여 -12°C 이하에서는 거의 같은 효과를 나타내는 것을 알았고, 저감미, 저열량의 동결변성 방지제로서 가능한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Acton, J.C., G.R. Ziegler, and D.L. Burge. 1983. Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. *CRC Crit. Rev. in Food Sci. Nutr.*, 18, 99~121.
- Arai, K.I., K. Kawamura, and C. Hayashi. 1973. The relative thermo-stabilities of the actomyosin-ATPase from the dorsal muscles of various fish species. *Bull. Japan. Soc. Fish.*, 39, 1077~1085.
- Connell, J.J. 1962. Changes in amount of myosin extractable from cod flesh during storage at -14°C . *J. Sci. Food Agric.*, 13, 607~618.
- Fennema, O.R. 1973. Freezing injury and cryoprotectants. In *Low-Temperature Preservation of Foods and Living Matter*. Fennema, O. R., Powrie, W. D., and Marth, E. H. (eds.). Marcel Dekker, New York, NY.
- Fennema, O.R. 1982. Behavior of proteins at low temperatures. In *Protein Deterioration Mechanism and Functionality*. Cherry, J. P. (Ed.). ACS Symp. Ser. 206 : 109. American Chemical Society, Washington, DC.
- Gronall, A.G., C.S. Barawill and M.M. David. 1949. Denaturation of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, 177, 751~759.

- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T 4. *Nature*, 227, 680~686.
- MacDonald, G.A. and T.C. Lanier. 1991. Carbohydrates as cryoprotectants for meats and surimi. *Food Technol.*, 45, 150~159.
- Macdonald, G.A. and T.C. Laneir. 1994. Actomyosin stabilization to freeze-thaw and heat denaturation by lactate salts. *J. Food Sci.*, 59, 101~105.
- Matsumoto, J.J. 1979. Denaturation of fish muscle proteins during frozen storage. In *Proteins at Low Temperature*, O. R. Fennema (Ed.) ACS Adv. Chem. Ser. 180, 205. American Chemical Society, Washington DC.
- Matsumoto, J.J. and S.F. Noguchi. 1992. Cryostabilization of protein in Surimi. In *Surimi Technology*, Lanier, T. C. and Lee, C.M. (eds) Marcel Dekker Inc., New York, 357~388.
- Okada K., F. Ohta, N. Inoue, and M. Akiba. 1985. Denaturation of carp myosin B in KCl solution during frozen storage. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 51, 1887~1892
- Park, J.W., T.C. Lanier, H. E. Swaisgood, D. D. Hamann, and J.T. Keeton. 1987a. Effects of cryoprotectants in minimizing physicochemical changes of bovine natural actomyosin during frozen storage, *J. Food Biochem.* 11, 143~151.
- Park, J.W. and T.C. Lanier. 1987b. Combine effects of phosphates and sugar or polyol on protein stabilization of fish myofibrils. *J. Food Sci.* 52, 1509~1513.
- Park, J.W. and T.C. Lanier. 1990. Effects of salt and sucrose addition on thermal denaturation and aggregation of water-leached fish muscle. *J. Food Biochem.* 14, 395.
- Park, J.W. 1994. Cryoprotection of muscle proteins and its mechanism during frozen storage. *J. Aquatic Food Products Technol.*, 3, 23~41.
- Shenouda, S.Y. 1980. Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. In *Advances in Food Research*, C. O. Chichester (Ed.), Vol 26, 275. Academic Press, New York, NY.
- Simpson, R., E. Kolbe, G. Macdonald, T. Lanier, and M. T. Morrissey. 1994. Surimi production from partially processed and frozen pacific whiting. *J. Food Sci.*, 59, 272~276.
- Sych, J., C. Lacroix, L.T. Adambounou, and F. Castaigne. 1990. Cryoprotective effects of lactitol, palatinit and polydextrose on cod-surimi proteins during frozen storage. *J. Food Sci.* 55, 356~360.
- Uchiyama, H. and N. Katoh. 1978. Thermo-stability of Ca-activated myofibrillar ATPase of epipelagic and mesopelagic fish species. *Bull. Japan. Soc. Fish.*, 44, 491~497.

1998년 3월 9일 접수

1998년 10월 27일 수리