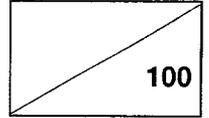


최 종
연구보고서

664,94
L2937
GA0046-0987



19916636

고품질 식품생산을 위한 냉동분쇄 장치 시스템 및 응용기술 개발

Development of Cryogenic Crushing System and
Practical Technology for Food Production of
High Quality

연구기관

한국식품개발연구원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고 품질 식품생산을 위한 냉동분쇄 장치 시스템 및 응용기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998년 12월 20일

주관연구기관명:한국식품개발연구원

총괄책임자:김 동 수

연 구 원:양 승 용

연 구 원:이 남 혁

연 구 원:홍 상 필

연 구 원:도 정 룡

연 구 원:조 길 석

연 구 원:김 의 응

연 구 원:김 정 옥

위촉연구원:임 경 미

위촉연구원:박 정 희

여 백

요 약 문

I. 제 목

고 품질 식품 생산을 위한 냉동분쇄 장치 시스템 및 응용기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 연구 개발의 목적 및 중요성

동결 분쇄는 식품 공업, 플라스틱 및 고무 공업 등의 다양한 산업에 이용되고 있으며 이 기술은 동결된 상태로 품질의 변화, 화학적 반응을 억제하면서 미세하게 분쇄하는 것으로 현재까지는 반드시 냉매를 필요로 한다.

통상 사용되는 냉매는 액화질소 가스로 비점이 -196°C 이므로 이것을 식품 등의 표면에 분사하여 순간적으로 목적 대상물을 동결하여 분쇄하는 방법이다. 이렇게 식품을 동결 분쇄하는 이유로서는 건조 또는 상온 분쇄시에 일어나는 발열과 산화에 의한 품질의 변화를 최소화하고 물성의 변화와 열에 쉽게 파괴되는 영양분의 손실을 막고 지방의 함량이 높거나 수분이 많은 식품의 용도 다양화와 당질 및 젤상의 경우 분말화가 지난한 소재이나 동결에 의해 분쇄를 하면 쉽게 처리가 가능하기 때문에 동결 분쇄 기술이 많이 활용된다. 나아가 고유의 향미를 유지하기 위해 가공 처리 중 향미의 손실이 많은 향신료나 조미료 소재의 향미 성분의 손실을 막는 데도 크게 도움을 주는 가공 방법이다.

그러나 이러한 냉동 분쇄의 기술은 아직까지 많은 제약이 따른다. 그것은 다음과 같은 이유 때문이다. 즉, 저온 상태로 온도를 유지하기 위해서는 액화가스나 액체 질소 같은 냉매의 사용이 필연적이고 분쇄 장치의 제질, 장치의 단열이 필요하므로 설비비가 과다하게 요구되며 분쇄중에도 계속적으로 냉매를 공급해야 하므로 런닝코스트가 많이 소요된다. 그러므로 지금까지는 고 부가가치의 제품에만 적용하여 범용성이 결여되어 있었다.

그러므로 본 연구를 통하여 액화질소의 소요량을 줄이면서 연속적으로 이용할 수 있는 냉동 분쇄 장치 개발을 수행하여 경제적이면서 산업적으로 활용이 가능한 분쇄 장치를 개발하는 것은 국내 식품 산업의 기술 향상과 국제 경쟁력 강화를 위해서도 필요한 기술로 사료된다.

우리 나라의 농수산물은 일시 다량 생산되기 때문에 수요 공급의 조절이 어렵고 협소한 농지에 다량의 품종을 생산하므로 해마다 유통 구조의 문제점이 대두되며 가격의 변동 폭도 크기 때문에 농어민 생산자나 소비자의 경제적인 피해를 종종

초래하기도 한다.

농산 자원의 경우 대부분 장기 저장성이 없기 때문에 단순한 가공 처리가 필요하고 이때에는 영양분의 손실을 초래할 뿐만 아니라 자원의 손실도 매우 크다. 따라서 가격의 변화폭이 큰 마늘, 양파, 고추가루 등의 향신료 등도 냉동 분쇄의 좋은 소재가 될 수 있으며 당근, 시금치, 등의 야채류와 사과, 귤, 오렌지, 바나나 등의 과일류에 본 기술을 적용하면 고유의 향미 유지 뿐만 아니라 비타민, 카로틴 등이 풍부한 냉동 식품, 건강 식품, 잼, 등의 소재로 활용이 가능하다고 판단된다.

저장성이 없는 과일, 야채의 경우는 일정 기간이 지나면 가공 소재로 사용이 불가능하다. 그러나 냉동 분쇄 기술을 활용하면 냉동 저장이 가능하게 되고 냉동된 채로 분쇄하므로 색의 변화, 향미 및 영양분의 손실을 최소화 하면서 2차로 활용이 가능하게 될 것이다.

한편, 국내에서 생산되는 다획성 어류 및 원양 어획물은 일시에 대량 소비가 불가능하므로 냉동 저장이 필연적이나 이를 원료로 하여 가공할시에는 반드시 해동 과정을 거쳐야 한다.

그러나, 해동시 및 해동 후 품온의 상승 및 drip의 다량 유출 등으로 인하여 품질이 급격히 변화하고 유출되는 drip속에 향미 성분의 손실이 많아 냉동 어류를 원료로 한 가공 제품의 경우 품질이 불량함.

냉동 어류의 생산량은 국내 수산 가공품의 약 75%를 차지하여 수산 가공업의 주류를 이루고 있으나 이들 대부분은 가공 처리되지 않은 단순 원형 동결 제품으로 특히 해동 후에는 가공용의 원료나 선어와 같이 신선 상태로 유통되지 못하고 있어 냉동어의 효율적인 이용을 위한 처리 기술이 매우 필요한 실정이다. 이러한 원인은 어류의 종류에 따라 냉동 특성이 각기 상이하고 가공용 등의 용도에 따라 처리 방법을 달리해야 함에도 불구하고 이 분야에 관한 연구가 미진하여 가공용 등의 목적에 따른 원료어의 처리에 어려움이 있다.

냉동된 자원은 저장중 또는 해동시 단백질의 변성, 지질의 산화 등으로 인해 품질의 변화가 심해 가공적성이 불량하여 냉동물 원료의 효율적인 이용 가공이 다소 지난한 품목도 매우 많다. 따라서 소재의 다양화를 위해 비해동 상태에서 처리할 수 있는 기술이 개발되면 냉동 원료의 활용도를 제고시킬 수 있다.

한편 부수적으로 본 기술에 의해 가공에 의해 폐기되는 자원 중 건조나 분쇄가 어려운 폐기 자원이나 수산물의 경우 두부, 내장 등 불가식부위나 점질성이 있는 부산물의 처리를 효율적으로 할 수 있으므로 부산물의 위생적 처리 및 다양한 용도 개발에도 유용하게 쓰일 수 있는 기술이라 사료된다.

따라서 기존의 냉동 분쇄에 소요되는 에너지 비용을 크게 절감하면서 중소 기업

규모에서도 활용할 수 있는 새로운 냉동 분쇄 장치의 개발은 국내 식품 산업의 발전과 자원의 효율적 이용을 위해서는 다른 가공 기술 보다도 부가가치가 높은 기술로 고 품위 제품을 추구하는 현시대에 해결되어야 할 기술로 사료된다.

동결 분쇄에 의해 고품질의 가공 제품을 생산할 수 있으나 현재 많이 활용이 되지 않은 것은 바로 가공비가 많이 소요되고 설비 제질의 제한성 때문이다. 즉 처리중에 필요한 냉매의 경우 원료 Kg당 액체 질소의 경우 원료 투입량 보다 많은 양의 가스가 소요되므로 생산비가 크게 증가하여 상대적으로 고부가가치의 제품에만 적용이 가능하다.

따라서 현재의 지나치게 낮은 온도로 유지되는 동결 분쇄 방법 보다도 액화질소의 사용량을 1/3 또는 1/4정도 줄이면서 품질 수준이 대등한 제품을 생산할 수 있으면 다양한 원료의 활용이 가능하므로 생산비를 크게 절감할 수 있다.

또한 냉동 분쇄는 원료의 처리시 충격열과 산화에 의한 제품의 품질 저하를 억제할 수 있다. 즉 상온 분쇄시에는 열이 발생하므로 향기 성분의 휘발이 일어나고 향미나 자양 성분의 손실이 발생하게 된다. 그러나 동결 분쇄는 내용물의 중심온도가 -20°C 이하에서 분쇄를 하므로 품질이 거의 유지되고 유지나 점성이 높은 당질과 같이 용해가 일어나는 경우 부착이나 불규칙적인 형태로 부스러짐이 없이 처리할 수 있는 등의 여러가지 장점이 있다.

따라서 초고온에 의해 처리하는 현행의 냉동 분쇄 기술을 효율적으로 식품에 적용하기 위해서는 국내 식품 산업 실정에 맞고 범용성이 있는 냉동 분쇄 장치의 개발과 이에 따른 식품의 응용 기술 개발이 필요하며 본 기술이 산업 현장에서 활용되기 위해서는 경제적인 설비의 생산 기술이 필요하다.

지금까지 냉동 분쇄 기술이 일반 식품 산업에 적용되지 못한 가장 큰 이유중의 하나는 바로 경제성의 결여 때문이다. 그것은 앞서서도 언급하였지만 과도한 온도 저하에 의한 냉매의 사용량이 절대적으로 많기 때문이다. 통상 초저온에 의한 동결분쇄시 소요되는 액체 질소의 소비량은 원료의 중량에 대해 1.0 - 1.5배 정도 소요된다. 따라서 본 연구에서는 기존의 초고온에 의한 분쇄방법을 $-30 - -50^{\circ}\text{C}$ 정도로 조절하면서 냉매의 사용량을 기존에 비해 30 - 40% 수준으로 감소하여 경제성을 높이고 품질의 변화를 최소화할 수 있는 기술을 개발함으로써 생산비의 절감 효과와 다양한 원료의 사용으로 가동율을 높이고자 한다.

본 연구에 의해 개발되는 분쇄기의 경제성을 높이기 위해서는 투입하는 액체 질소의 효율적인 조절 및 이용 방법 조사와 아울러 현재 국내 냉동 시스템의 저장 온도인 -20°C 와 부분적으로 저온을 유지하고 있는 품목은 현장에서 바로 적용이 가능한 분쇄 장치의 개발이 수행 된다면 본 연구의 경제적 가치도 충분히 인정되

리라 생각되어짐.

한편으로는 내동성이 없어 저장성에 한계를 초래하여 폐기되기 쉬운 과일, 야채류의 가공 원료를 냉동된 채로 가공 또는 저장하므로 활용 범위를 넓일 수 있고 특히 연간 수백만톤에 이르는 동식물성 부산물의 위생적 처리 및 재활용의 기회를 부여하므로 냉동 분쇄의 활용 기술 개발은 식량 자원의 부가가치제고에 크게 기여할 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
<p>현행 냉동분쇄기의 개선점 및 경제성이 있는 새로운 장치의 원리개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○외국의 기술개발 현황분석 ○주요 농수산물 자원의 실험실 규모 냉동분쇄 시험 ○냉동분쇄물의 품질분석 ○새로운 냉동분쇄장치의 개발을 위한 원리 및 공정확립
<p>단위공정별 최적화 및 이용 가공시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○주요공정별 단위기계의 적정 및 응용 조건 설정(실험실 규모) <ul style="list-style-type: none"> -frozen cutter -충격 분쇄기 -냉매 주입탱크 ○분쇄시 에너지 비용조사 ○단위조작별 응용시험 및 품질조사
<p>냉동분쇄기 시스템의 상업적모델 제시</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○원료의 투입에서 분쇄후 까지 일괄적인 공정에 의한 시스템 개발 (단순 부품 및 소재강화) ○경제성 제고를 위한 공정개선 방안 확립 ○식품 산업계에서 활용할 수 있는 냉동분쇄기의 상업적 모델 제시 ○분쇄물(어류) 저장성 시험

IV. 연구결과 및 활용에 대한 건의

1. 냉동 분쇄기 개발을 위한 분쇄 시험

가. 현행 냉동 분쇄 기술의 문제점 및 개선 사항

동결 분쇄에 의해 고품질의 가공 제품을 생산할 수 있으나 현재 많이 활용이 되지 않은 가장 큰 이유는 동결 분쇄 중 에너지 비용 등 가공비가 많이 소요되고 설비 제질의 제한성과 내구성이 없기 때문이다. 즉 처리중에 필요한 냉매의 경우 원료 Kg당 액체 질소의 소요량이 투입량 보다 많은양의 가스가 소요되는 경우가 있어 생산비가 크게 증가하여 일반적인 식품의 적용에는 어렵고 상대적으로 고부가가치의 제품에만 적용이 가능하다.

따라서 현재의 지나치게 낮은 온도로 유지되는 동결 분쇄 방법 보다도 액화 질소의 사용량을 1/3 또는 1/4정도 줄이면서 품질 수준이 대등한 제품을 생산할 수 있으면 다양한 원료의 활용이 가능하므로 생산비를 크게 절감할 수 있다.

또한 냉동 분쇄는 원료의 처리시 충격열과 산화에 의한 제품의 품질 저하를 억제할 수 있다. 즉 상온 분쇄시에는 열이 발생하므로 향기 성분의 휘발이 일어나고 향미나 영양 성분의 손실이 발생하게 된다. 그러나 동결 분쇄는 내용물의 중심 온도가 -20°C 이하에서 분쇄를 하므로 품질이 거의 유지되고 유지나 점성이 높은 당질과 같이 용해가 일어나는 경우 부착이나 불규칙적인 형태로 부스러짐이 없이 처리할 수 있는 등의 여러가지 장점이 있다. 따라서 초고온에 의해 처리하는 현행의 냉동분쇄 기술을 효율적으로 식품에 적용하기 위해서는 국내 식품 산업 실정에 맞고 범용성이 있는 냉동 분쇄 장치의 개발과 이에 따른 식품의 응용 기술 개발이 필요하며 본 기술이 산업 현장에서 활용되기 위해서는 경제적인 설비의 생산 기술이 필요하다.

나. 외국의 연구 및 이용 현황 조사

냉동 분쇄에 관한 외국의 연구 현황을 살펴보면 일본에서는 식품 소재의 개발을 위한 연구가 이미 1970년대에 본격적으로 이루어져 왔으나 현재는 동결 분쇄기를 상업적으로 광범위하게 생산하지 못하고 있으며 일부 고 부가가치의 제품에만 이용하고 있다. 그러나 동결 분쇄기가 개발됨에 따라 종래 분쇄법의 문제점인 (1) 발열과 산화 등에 의한 향, 맛, 물성의 변화 및 영양가의 손실 (2) 육류와 같은 고지방 식품, 야채류와 같은 고수분 식품 (3) 당질 및 지방분이 많은 겔상 원료의 분말화 및 paste화의 어려움 등이 일거에 해결되었다.

동결 분쇄기의 생산 원가는 액체 질소, 액화 천연 가스 등의 냉매를 이용하므로 제조 원가가 종래의 분쇄법보다 2-3배 비싸 주로 고부가 가치의 식품 개발에 주로 적용되어 왔다. 그러나 최근에는 생산 가격을 낮추어 보다 값싸게 다양한 식품에 적용하려는 노력의 일환으로 보통의 동결 식품 유통 온도인 $-20 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 저온에서 깨지기 쉬운 물성의 특성을 이용하므로써 동결 분쇄법에 뒤지지 않는 품질을 얻을 수 있는 동결 마쇄기를 개발 중에 있다.

표 1은 현재 외국에서 개발되어 사용중인 동결 분쇄법에 특징을 간략하게 소개하였다.

표1.동결분쇄법에 관한 연구결과 요약

구 분	특 징	비 고
동결온도	-80℃ ~ -100℃	
동결냉매	액체천연가스(LNG), 액화질소(N ₂)	沈山信一 등 (1991년)
냉각장치	상기의 냉매로 예비냉각 필요	
분쇄기구	충격분쇄(햄머밀, 로라밀, 스크류밀)	
적응원료	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상온에서 분쇄할 수없는 유지방분 및 고 당질의 원료. ○ 휘발성성분이 많고 산화되기 쉬운원료 ○ 초미분쇄를 필요로하는 원료. 	
런닝코스트	분쇄에 적합한 저온까지 냉각을 필요로 하며, 분쇄중에도 냉각을 필요로 하기때문에 냉매가 많이든다.	
설비비	일반적으로 -80℃ ~ -100℃ 에서 분쇄 함. 분쇄장치의 재질, 장치전체의 단열이 필요. 설비비가 비쌘	상온분쇄 5배 정도

다. 주요 농수산물의 냉동 분쇄 시험

1) 원료의 전처리

수산물의 동결 분쇄의 가능성을 조사하기 위하여 오징어, 명태는 신선한 원료를 구하여 두부, 내장 등을 제거하고 -20°C , -40°C 및 -80°C 에 각각 동결한 후 hammermill로 분쇄하여 분쇄물의 온도 변화와 물성의 변화를 조사 하였고 농산물의 경우는 마늘과 당근을 원료로 하였으며 마늘은 껍질을 제거한 후 바로 냉동고에 저장하여 냉동하였고 당근은 맑은 물로 수세한 후 간단히 세절하여 동결한 후 분쇄시험을 실시하였다.

2) 마쇄물의 제조 및 특성

동결분쇄시 동결온도를 -20°C , -40°C 및 -80°C 에서 분쇄하여 제품의 품질 및 가공적성을 검토한 바 -40°C 의 마쇄물이 품질 및 경제적 측면에서 바람직한 결과로 나타났고, 이때 분쇄 및 마쇄물의 품온은 3어종 모두 0°C 이하를 유지하고 있었다.

정어리 및 오징어육 등의 어류의 경우 냉동온도별 입자분포는 온도에 관계없이 유사하게 나타나고 있으나 명태육의 경우에는 -40°C 보다 -80°C 에서 동결한 어육이 전체적으로 크기가 작은 입자들의 비중이 높아지는 특성을 보이고 있었다.

2. 냉동마쇄기 개발

냉동 분쇄기의 전체 시스템 중 가장 근본적으로 사용되는 분쇄기기를 효율적으로 개발하기 위한 연구로 기존의 액체 질소나 액화 천연 가스로 -150°C 이하로 유지하는 고가의 설비비가 요구되는 시스템과는 근본적으로 다른 개념의 분쇄기로 우선적으로 농수산물 원료 자체의 품온으로 분쇄하는 분쇄기이다.

따라서 상기의 공정을 토대로하여 기존의 햄마밀로서도 분쇄가 가능하였고 부피

큰 농수산물의 경우 냉동 분쇄시 부하가 많이 걸리고 분쇄되는 속도가 상대적으로 느리기 때문에 분쇄물의 품온이 급상승하여 냉동 분쇄 중 해동되어 분쇄 입자가 분쇄망에 걸려 녹아 연속식으로 분쇄물의 제조가 불가능하게 된다. 따라서 품온을 이용할 경우는 냉동 분쇄전에 한번 절단해 주는 시스템이 필요하고 해동되기 쉬운 원료를 분쇄할 경우는 분쇄 중 급상승하는 온도를 저하시키기 위하여 액체 질소 등을 분사할 수 있는 시스템 즉, 기존의 연속적이고 고가의 설비비를 필요로 하는 장치가 아닌 간단한 장치의 분쇄기를 제작하였다.

3. 마쇄물의 품질 특성

냉동분쇄물의 수분함량은 상법으로 해동한 대조구 보다 3-4% 높았고, 회분함량은 약 1% 높았다. 어류 냉동 마쇄물의 무기질함량은 Ca의 경우 대조구보다 6-8 배 높았고 P의 경우도 30-120%가 증가 되었다.

한편 냉동분쇄물의 색택은 온도의 변화에 따라 급격히 갈변되기 때문에 가공처리시 저온의 냉동조건을 유지하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다.

원료어종중 정어리 분쇄물의 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase 활성은 대조구와 비교하여 약한 활성을 나타내었으며, 명태의 경우는 대조구 보다 높은 활성을 나타내었다. 또한, 오징어의 경우는 대조구와 거의 같은 활성을 나타내었다. 한편 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화에 있어서는 정어리의 경우 분쇄 또는 마쇄함에 따라 myosin heavy chain에 해당하는 성분이 감소하는 결과를 나타내었으며, 명태와 오징어의 경우 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화는 거의 인정되지 않았다.

염에 대한 3어종의 용해도는 Ca-ATPase의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 즉, 정어리의 경우는 분쇄 또는 마쇄함에 따라 용해도는 크게 저하되는 경향이 있었으며, 명태는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료가 높은 용해도를 나타내었다. 또한 오징어는 전체적으로 높은 용해도를 나타내었으며 분쇄 또는 마쇄처리에

의한 특별한 변화는 인정되지 않았다.

이상의 결과는 분쇄 또는 마쇄처리에 의한 3어종의 생화학적 특성에 있어서 각기 상이함을 나타내었다. 즉, 정어리의 경우는 마쇄 또는 분쇄를 통하여 단백질의 안정성이 저하되었으며, 명태는 대조구 보다도 단백질의 안정성이 높은 것으로 나타났으며, 오징어는 모든 처리구에 있어서 상당히 안정한 것으로 나타났다. 마늘과 당근의 경우는 색도, pyruvic acid, thiosulfinate, carotenoid 등을 저장 온도에 따라 저장 시험을 실시하였다. 이들의 경우 저장 중 색의 변화는 일반 상온 유통 제품에 비해 안정되어 있었고 마늘의 경우 중요한 성분으로 알려진 pyruvic acid, thiosulfinate의 함량은 분쇄물의 경우라도 동결 중에는 약간의 변화를 알 수 있었다. 그러나 관능 검사 결과 향의 경우는 생원료에 비해 손실이 거의 없었다.

4. 마쇄물의 가공기능성

냉동분쇄 및 마쇄물의 유화능은 각 어종별로 상이 하였다. 정어리는 대조구에 비해 4-6% 낮았고, 오징어는 큰차이를 보여주지 않았으며 명태의 경우 대조구에 비해 높게 나타났다.

보수력에 있어서도 정어리를 제외하면 유화능과 같은 경향을 나타내었다. 즉 정어리의 경우 전체적으로 높은 보수력을 나타내었는데 이와같은 결과는 단백질과 지방간의 상호작용에 의한 것으로 사료되었다.

겔형성능에 있어서는 유화능과 같은 경향을 나타내었다. 즉 정어리는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료의 겔형성능이 떨어지는 것으로 나타났으며, 명태는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료의 겔형성능이 우수한 것으로 나타났다. 또한 오징어는 모든 처리구에 있어서 우수한 겔형성능을 나타내었다.

5. 연육의 제조 및 저장중 품질변화

냉동분쇄 및 마쇄처리에 있어서 가장 안정성이 높았던 오징어육의 연육화를 중

심으로 검토하였다. 0℃, -10℃, -20℃, -40℃ 및 -80℃에서 120일간 저장하면서 Ca-ATPactivity 전기영동상의 단백질 특성 및 보수력 등을 조사한 바 그결과 -20℃ 이하에서 저장하면 적어도 70일 이상 저장가능한 것으로 나타났으며, 따라서 냉동 분쇄 기술을 통하여 연육을 개발하면 장기저장의 가능성을 시사하였다.

6. 가공응용 시험 및 품질조사

햄버거 패티 및 너겟의 관능검사 결과 오징어와 명태의 경우 기존의 새우버거나 휘쉬버거 및 닭고기 너겟과 유사한 결과를 보여주었으나 정어리는 전반적인 결과가 좋지 않게 나타났다. 또한 설문조사 결과 햄버거 패티는 58%, 너겟 68%가 생선에 대한 선호도와 함께 구매욕을 느끼는 것으로 나타났다.

마늘의 경우 냉동분쇄기법을 환용하여 동결 건조 후 분말화 시험을 실시한 바 현재 유통 중인 상온 건조 분말 제품에 비해 색과 향미가 우수한 결과를 얻었다.

7. 경제성 검토

가공의 전처리 공정에 따른 수율에 있어서는 명태 및 정어리의 경우 필레를 이용하는 대조구에 비해 냉동마쇄물의 경우가 약 21% 수율 상승폭을 보여주었다. 한편 현재의 시설비가 많이 투입되는 기계장치를 단순하고 효율적으로 운용할 수 있는 기능적 장치를 개발 한다면 가공에너지 비용의 절감과 고품질의 냉동분쇄물을 제조 할 수 있을 것으로 사료됨.

8. 냉동분쇄 시스템의 상업적 모델 제시

가. 분쇄기(frozen cutter) 및 원료 이동기(conveyor belt)

1, 2차년도 예비 시험을 통하여 최종적으로 선정된 분쇄기의 시스템 구성은 크게 4가지 부품으로 이루어져 있다. 즉 ① 동결된 제품이 1차로 slice형태로 절단하는 기능으로 특히 수산물 어류와 같이 한꺼번에 분쇄하기 힘든 소재를 4~5cm

크기로 절단하는 기능이며 마늘이나 소형 식품 소재는 frozen slicer를 사용하지 않고 바로 ②hopper로 투입된다. ③hopper로 투입된 원료를 분쇄하는 분쇄기.충격에 의해 분쇄된 분쇄물은 ④의 product box로 모이게 된다. 이때 일정 크기의 입자만 분리되어 직경이 각기 다른 쇄그물망을 설치하여 필요한 입자만 수거가 가능하다. 한편, 냉동 원료의 분쇄전 해동을 막고 분쇄 수율을 증대하기 위해서는 연속적으로 냉매가 분사되면서 냉동 원료의 이송이 가능한 conveyor belt 시스템이 필요하였다. 이러한 시스템을 이용하여 원료 이송 상태 및 냉매의 주입을 시험 실시한 바 냉동물을 그대로 단순 분쇄하는 것 보다 콘베이어를 이용할 경우 더욱 효과적인 분쇄물의 생산이 가능 하였다.

나. 마쇄기(pulverator)

어류를 냉동 분쇄한 이후에도 뼈등의 불가식 물질이 존재하기 때문에 이를 식감에서 느낄수 없을 정도로 완전히 분쇄하기 위해서는 메스콜로이드와 같은 기기가 필요하다. 본 연구에서는 냉동 분쇄물을 제조한 후 메스콜로이드의 clearance를 조정하여 뼈등의 이물질 식감여부를 관능 검사를 통하여 조사한 바 국내 식품 회사에서 정밀 분쇄용으로 사용하고 있는 메스콜로이드를 이용해도 햄버거, 너겟 등의 냉동 조리 식품의 가공에 충분히 이용이 가능하였다.

따라서 이상의 결과를 종합해 보면 본 연구에 의해 개발된 냉동분쇄 시스템을 활용하면 고 품질의 식품생산이 가능하였다는 결론을 얻었다.

한편, 상업적인 측면에서도 기존 외국의 분쇄기 보다 저 비용의 시스템 운영이 가능하였고 일반식품 업계에서도 널리 활용될 수 있을 것으로 생각 된다.

Summary

I. Title

Development of Cryogenic Crushing System and Practical Technology for Food Production of High Quality

II. Objective and significance

Food resources are generally stored frozen prior to use and needed to be thawed for its direct utilization or processing. Frozen storage may lead to extensive alterations of food raw materials known as freeze denaturation including protein, lipid, texture etc. After thawing raw materials, large amount of drip occurs as the results of decrease in water retention due to damage of formed large ice crystals in intercellular to the histological structure of the muscle and other causative factors, making maintenance of food quality or processing propriety of raw materials difficult. Domestic frozen fish meat is dominant products amounting to 75% of total fishery production and frozen fish meat has been utilized as simply frozen or thawed type and has no advantages of processing because of its deteriorative quality and lack of research in solving these problem.

In the light of solving these problem, technology of cryo-shattering can be applied to frozen fish meat, so may be expected to maintain both of its quality and yields and strongly improve its utilities including other food additives or by-product items.

In this study, effect of freezing and cryogenic crushing on physico-chemical

characteristics of sardine, pollack, squid, garlic, carrot representative and investigate the crushing characteristics of food raw materials containing watwe, both animal and vegetable, the experiments of crushing these materials is with hammermill type crusher have been tried.

III. Contents and scopes

1. Preparation of crushed fish meat and vegetable

Sardine, pollack, squid and garlic, carrot was frozen at -80, -40 and -20°C, respectively and these materials was crushed by hammermill and grinded by mass-colloider. The temperature and particle sizes of crushed or grinded product was checked and proper conditions were established.

2. Quality assay of crushed fish meat

Sensory, color and flavour and biochemical characteristics such as Ca-ATPase activity, SDS-page, protein solubility are compared between crushed products obtained in these experiments and simply thawed raw materials.

3. Processing propriety assay

Emulsifying capacity, water holding capacity and gel forming ability of crushed fish meat as a standard parameters of functional properties were investigated.

4. Applicability of crushed fish meat to Surimi

To investigate applicability of crushed squid meat to Surimi, crushed squid meat was grinded by masscolloider and the product was stored added with anti-freeze such as sorbitol, phosphate and egg powder and its quality was checked on the storage temperature and time.

5. Processing and quality assay

Patties for hamburger and nugget was prepared with crushed fish meat and cryogenic garlic powder its sensory score was compared with other commercial products and their production costs were evaluated.

IV. Results and recommendations

Effects of freezing and cryogenic crushing on physico-chemical, quality of sardine, pollack and squid were investigated. Dehead and viscerated, washed fishes were subjected to freezing without air circulation and liquid N₂ gas at -20°C, -40°C and -80°C, and then frozen fishes were crushed by hammermill, masscolloider. Three kinds of fishes could be cryo-shattering by hammermill above at -40°C, but sardine was did not crushed below -20°C.

The particle size distribution of shattered meat deeply depended on the temperature of shattering, the relationship between the particle size and the moisture, protein, fat and mineral content of particle depending upon shattering temperature, and shattered fish meat was accelerated discoloration after thawing.

For the investigation of quality properties of cryo-shattered meat on the 3 kinds of fishes were shattered by hammermill and masscolloider, Ca-ATPase activity of myofibrillar protein(Mf), subunit component of Mf by SDS-PAGE

and solubility of Mf for 0.6M NaCl were investigated. Mf Ca-ATPase activity of cryo-shattered meat prepared from sardin showed lower value compared to control prepared by thawing at room temperature. In the case of cryo-shattered meat prepared from walleye pollack, Mf Ca-ATPase activity was shown higher value compare to control. On the other hand, Mf Ca-ATPase of squid was shown same value with high activity compare to control. On the changes in muscle protein subunit was analyzed by SDS-PAGE, in the case of sardin, myosin heavy chain component decreased during shattering. But muscle protein subunit of walleye pollack and squid was not changed. Solubility of Mf for 0.6M NaCl was same result with Ca-ATPase activity. That is, solubility of cryo-shattered meat from sardin decreased by shattering, and solubility of cryo-shattered meat from walleye pollack was higher value compare to control. Processing propriety such as emulsion capacity, water holding capacity and gel forming ability of cryo-shattered meat was higher than filletts which was thawed at room temperature. To investigate applicability of shattered squid meat to surimi, shattered squid meat grinded by masscolloider and the product was stored added with anti-freeze such as sorbitol, phosphates, starch and egg powder, quality of frozen squid surimi was not changes during 70 days at below -20°C.

For Processing and quality assay, patties for hamburger and nugget was prepared with shattered meat and its sensory score was compared with other commercial products were evaluated. The results of quality characteristics and sensory evaluation of patties and nugget which made from shattered squid and pollack were similar to commercial products in flavor, color and texture, but sardine meat was inferior to commercial products in flavor and color.

To investigate the crushing characteristic of food raw materials containing water , both animal and vegetable, the experiments of crushing these materials is with hammermill type crusher have been tried. This crusher has intrisically a system of crushing zone and classificarion zone in itself, then the size of crushed products tends to come to a similar range, irrespective of the kinds of feed materials , temperature and crushing condition. therefore the crushing resistance of materials can be compared by energy consumption for the crushing of unit weight of materials. Power consumption is measured with a torque-meter attached to the shaft of the crusher. The results of experiments showed at the effect of deep freezing on crushing resistance was not so simple as in the case materials and plastic materials, and , in this case, there is no distinct point of embrittlement temperature.

여 백

Contents

I . Introduction	27
II. Material and methods	31
1. Material	31
2. Pretreatment of Raw materials	31
3. Preparation of crushed products	31
4. Anlaysia methods	32
1) General components	32
2) Ca-ATPase activity	32
3) Composition of protein subunit	33
4) Protein solubility	33
5) Mineral assay	34
6) Color	34
7) Image analysis of crushed particles	34
8) Thiosulfinate	35
9) pyruvate	35
5. Processing properties	35
1) Emulsion capacity	35
2) Water holding capacity	36
3) Gel forming capability	36
6. Preparation of Surimi(fish meat paste)	37
7. Product application and quality assay	37

III. Results and discussion	41
1. Preparation and characteristics of crushed products	41
2. Quality of crushed products	50
1) General components	50
2) Ca-ATPase activity	66
3) Composition of protein subunit	74
4) Protein solubility	80
5) Mineral assay	87
6) Color	91
3. Processing propriety	95
1) Emulsion capacity	95
2) Water holding capacity	96
3) Gel forming capability	104
4. Preparation of Surimi and its quality changes on storage	108
5. Preparation of cryogenic crushed garlic and carrot and its and quality changes on storage	141
6. Processing application and quality assay	145
7. Economic feasibility assay	151
8. Model of commercial cryogenic crushing system	153
IV. Conclusion and recommendation	165
V. References	171

목 차

요 약 문	3
Summary	15
제 1 장 서 론	27
제 2 장 재료 및 방법	31
제1절. 실험 재 료	31
제2절. 시료의 전처리	31
제3절. 마쇄물의 제조	31
제4절. 조사항목 및 방법	32
1 일반성분	32
2 Ca-ATPase 활성	32
3 Protein subunit	33
4 Protein solubility	33
5 무기질 함량	34
6 선택	34
7 입자분포 및 형태적 특성	33
8 Thiosulfinate	35
9 Pyruvate	35
제5절 가공기능성 조사	35
1 유효용량	35
2 보수력	36
3 Gel형성능	36
제6절 연육의 제조	37

제7절 제품응용시험 및 품질조사	37
제 3 장 결과 및 고찰	41
제1절. 마쇄물의 제조 및 특성	41
제2절. 마쇄물의 품질 특성	50
1. 일반성분 및 입도분포	50
2. Ca-ATPase activity	66
3. 단백질의 subunit	74
4. Protein solubility	80
5. 무기질 함량	87
6. 선택	91
제3절. 가공 기능성	95
1. 유화용량	95
2. 보수력	96
3. 겔 형성능	104
제4절. 연육의 제조 및 저장중 품질 변화	108
1. 명태분쇄육의 저장중 단백질의 이화학적 변화	108
2. 정어리 분쇄육의 저장중 단백질의 이화학적 변화	116
3. 오징어 분쇄육의 저장중 단백질의 이화학적 변화	124
4. TBA가 및 총균수의 변화	136
제5절. 마늘 및 당근분쇄물의 저장중 품질변화	141
제6절. 가공응용시험 및 품질조사	145
1. 시판 버거제품의 성상	145
2. 응용실험용 관능검사 부원료	145
3. 관능검사결과	146
제7절. 경제성 검토	151

1.햄버거 패티 및 너겟의 제조과정	151
2.수율	152
3.전기료	153
제8절. 상업적인 냉동분쇄 시스템의 모델제시	153
1.분쇄기 및 원료 이동기	153
2.마쇄기	158
3.converyor belt freezer의 설계 및 제작	161
4.단위 공정별 분쇄물의 제조시험	161
제 4 장 결론 및 건의 사항	165
제1절 마쇄물의 제조및 특성	165
제2절 마쇄물의 품질 특성	165
제3절 가공 기능성	167
제4절 연육의 제조 및 저장성 품질 변화	167
제5절 가공 응용시험 및 품질조사	168
제6절 경제성 검토	168
제7절 냉동 분쇄 시스템의 적용 시험 및 상업적 모델 제시	169
제 5 장 참고문헌	171

여 백

제 1 장 서 론

동결분쇄는 식품공업, 플라스틱 및 고무공업 등의 다양한 산업에 이용되고 있으며 이 기술은 동결된 상태로 품질의 변화, 화학적 반응을 억제하면서 미세하게 분쇄하는 것으로 반드시 냉매를 필요로 한다.

통상 사용되는 냉매는 액화질소가스로 비점이 -196°C 에 이르므로 이것을 식품 등의 표면에 분사하여 순간적으로 목적 대상물을 동결하여 분쇄하는 방법이다.

이렇게 식품을 동결분쇄하는 이유로서는 건조, 또는 상온분쇄시에 일어나는 발열과 산화에 의한 품질의 변화를 최소화 하고 물성의 변화와 열에 쉽게 파괴되는 영양분의 손실을 막고, 지방의 함량이 높거나 수분이 많은 식품의 용도 다양화와 당질 및 겔상의 경우 분말화가 지난한 소재이나 동결에 의해 분쇄를 하면 쉽게 처리가 가능하기 때문에 동결분쇄 기술이 많이 활용된다. 나아가 고유의 향미를 유지하기 위해 가공처리중 향미의 손실이 많은 향신료나 조미료 소재의 향미성분의 손실을 막는데도 크게 도움을 주는 가공방법이다.

그러나 이러한 냉동분쇄의 기술은 아직까지 많은 제약이 따른다. 그것은 다음과 같은 몇가지 이유 때문이다. 즉 저온상태로 온도를 유지하기 위해서는 액화가스나 액체질소 같은 냉매의 사용이 필연적이고 분쇄장치의 제질, 장치의 단열이 필요하므로 설비비가 과다하게 요구되며 분쇄중에도 계속적으로 냉매를 공급해야 하므로 런닝코스트가 많이 소요된다. 그러므로 현재는 고 부가가치의 제품에만 적용하여 범용성이 결여되어 있었다.

그러므로 본 연구를 통하여 액화질소나 기타의 냉매 사용이 없는 자체의 품으로서만 분쇄하는 기술의 개발로 경제적이면서 산업적으로 활용이 가능한 분쇄기술을 개발하는 것은 국내 식품산업의 기술향상과 국제 경쟁력 강화를 위해서도 필요한 기술로 사료된다.

한편, 국내에서 생산되는 다핵성 어류 및 원양어획물은 일시에 대량소비가 불가능

하므로 냉동저장이 필연적이거나 이를 원료로 하여 가공할시에는 반드시 해동과정을 거쳐야 한다.

그러나 해동시 및 해동 후 품온의 상승 및 drip의 다량 유출등으로 인하여 품질이 급격히 변화하고 유출되는 drip속에 향미성분의 손실이 많아 냉동어류를 원료로 한 가공제품의 경우 품질이 불량하다. 냉동어류의 생산량은 국내 수산가공품의 약 75%를 차지하여 수산가공업의 주류를 이루고 있으나 이들 대부분은 가공처리되지 않은 단순 원형 동결제품으로 특히 해동후에는 가공용의 원료나 선어와 같이 신선상태로 유통되지 못하고 있어 냉동어의 효율적인 이용을 위한 처리기술이 매우 필요한 실정이다. 이러한 원인은 어류의 종류에 따라 냉동특성이 각기 상이하고 가공용등의 용도에 따라 처리방법을 달리해야함에도 불구하고 이 분야에 관한 연구가 미진하여 가공용 등의 목적에 따른 원료어의 처리에 어려움이 있다.

냉동된 자원은 저장중 또는 해동시 단백질의 변성, 지질의 산화등으로 인해 품질의 변화가 심해 가공적성이 불량하여 냉동물 원료의 효율적인 이용가공이 다소 지난한 품목도 매우 많다. 따라서 소재의 다양화를 위해 비해동상태에서 처리할 수 있는 기술이 개발되면 냉동원료의 활용도를 제고시킬 수 있다.

한편 부수적으로 본 기술에 의해 가공에 의해 폐기되는 자원중 건조나 분쇄가 어려운 폐기자원이나 수산물의 경우 두부,내장등 불가식부위나 점질성이 있는 부산물의 처리를 효율적으로 할 수 있으므로 부산물의 위생적 처리 및 다양한 용도 개발에도 유용하게 쓰일 수 있는 기술이라 사료된다.

동결분쇄에 의해 고품질의 가공제품을 생산할 수 있으나 현재 많이 활용이 되지 않은 것은 바로 가공비가 많이 소요되고 설비제질의 제한성 때문이다. 즉 처리중에 필요한 냉매의 경우 원료 Kg당 액체질소의 경우 원료 투입량 보다 많은량의 가스가 소요되므로 생산비가 크게 증가하여 상대적으로 고부가가치의 제품에만 적용이 가능하다.

따라서 현재의 지나치게 낮은 온도로 유지되는 동결분쇄 방법 보다도 자체의 품

온으로 분쇄할 수 있다면 생산비를 크게 절감할 수 있다.

또한 냉동분쇄는 원료의 처리시 충격열과 산화에 의한 제품의 품질저하를 억제할 수 있다. 즉 상온분쇄시에는 열이 발생하므로 향기성분의 휘발이 일어나고 향미나 영양성분의 손실이 발생하게 된다. 그러나 동결분쇄는 내용물의 중심온도가 -20°C 이하에서 분쇄를 하므로 품질이 거의 유지되고 유지나 점성이 높은 당질과 같이 용해가 일어나는 경우 부착이나 불규칙적인 형태로 부스러짐이 없이 처리할 수 있는 등의 여러가지 장점이 있다.

따라서 초고온에 의해 처리하는 현행의 냉동분쇄기술을 효율적으로 식품에 적용하기 위해서는 국내식품산업 실정에 맞고 범용성이 있는 냉동분쇄 장치의 개발과 이에 따른 식품의 응용기술 개발이 필요하다.

냉동분쇄에 관하여 국내 전문학술지의 연구결과에 관한 자료는 찾아 보기 어렵고 또한 국내에서 제작하여 사용하는 기기나 외국의 기계를 도입하여 사용하는 업체도 없는 실정이다.

이상과 같이 식품에의 중요성이나 국내산업 현황을 돌아볼 때 냉동분쇄의 식품 가공산업상의 의의는 매우 크다.

따라서 본 연구에서는 기존의 초고온에 의한 분쇄방법을 $-20 - -80^{\circ}\text{C}$ 정도로 피조물을 동결하여 곧바로 분쇄장치를 이용하여 어육과 마늘 당근 등을 원료로 냉동마쇄물을 제조하고 기존의 상법에 의해 제조되는 제품과의 품질비교를 실시하고 그 기능성을 검토하였다.

또한 냉동분쇄물을 이용한 기존연육의 대체 기능성과 이를 이용한 제품가공 응용 시험을 실시하고 그 결과를 보고하는 바이다.

여 백

제 2 장 실험재료 및 방법

제 1 절 실험재료

본 시험에 사용한 오징어는 포항수협에서, 명태는 속초수협에서, 그리고 정어리는 부산 대형선망수협의 협조로 선도가 양호한 선어를 구입하고 현지에서 전처리한 후 냉장상태에서 실험실로 수송하여 실험재료로 사용하였다.

한편, 마늘과 당근은 가락동 농수산물 도매시장에서 신선한 원료를 구입하여 실험에 사용하였다.

제 2 절 시료의 전처리

냉장상태의 원료어중 오징어는 활복하여 내장을 제거하고 동육과 다리를 분리하였으며 명태와 정어리는 머리부분과 내장을 제거하고 얼음물로 수세하여 이물질과 혈액을 제거한 후 냉동시켰다.

마늘과 당근의 경우 껍질과 이물질을 제거한 후 냉동하였다.

제 3 절 마쇄물의 제조

원료의 중심온도가 목적온도(-20℃, -40℃, -80℃)에 도달한 후 hammermill의 호퍼에 냉동오징어, 냉동명태 및 냉동정어리의 어류와 마늘 및 당근을 투입하여 마쇄를 실시하였다. 어류의 경우 마쇄된 생선육을 건식 masscolloider에 투입하여 균일하게 마쇄하였다. 본 시험에 사용한 기기의, 특성은 table 1과 같다.

Table 1. Mechanical characteristic and dimensions of Pulverator

Specification	Hammermill	Masscolloider
Manufacture	Korea	Japan masuko co, MKZA6-5
Main motor	5.5KW, 7.5HP, 60HZ	3.7KW, 2HP, 3phase
r.p.m.	1,740rpm	1,500rpm
Grinder size		∅ 250mm
Sieve size	∅ 8mm, round type	
Std. capacity	250kg/hr	10 - 100kg/hr
Weight	200kg	100kg

제 4 절 조사항목 및 방법

1. 일반성분

원료육 및 마쇄물의 수분, 조단백질, 조지방질, 조회분 등은 A.O.A.C. 방법에 준하여 분석하였다.

2. Ca-ATPase activity

각각의 냉동분쇄물(명태, 정어리, 오징어)로 부터 Katoh 등의 방법에 따라 근원섬유 단백질을 조제하였다. 즉, 분쇄된 시료 5g을 취하여 25ml의 0.1M KCl-20mM tris-HCl(pH 7.0)를 첨가하여 충분히 냉각 시키면서 1분씩 6회 균질화한 후 6,000 x g에서 10분간 원심분리하여 침전물을 모았다. 침전물에 KCL-20mM tris-HCl(pH 7.0)을 첨가하여 교반한 후 원심분리를 하는 조작을 수회 반복하여 근원섬유 단백질을 추출하였다. 추출된 단백질에 상기와 같은 용액으로 유리로된 hand homogenizer를 이용하여 잘 현탁시켜 100ml가 되도록 조제하였다. 또한 현탁된 단백질의 농도는 biuret법에 의해서 비색정량 하였다.

한편, Ca-ATPase활성은 5mM CaCl₂, 0.1M KCl, 25mM tris-maleate(pH 7.0), 1mM ATP 및 0.2-0.4mg/ml Mf의 반응혼액 중에서, 25°C에서 반응시켜 생성한 무기인산을 비색정량하여 비활성(umol Pi/min mg protein)을 측정하였다.

3. Protein subunit 조성의 검색

각 분쇄물을 정확히 0.4g을 측정후 8M urea-2% SDS-2% 2-mercaptoethanol-20mM tris-HCl(pH8.0) 용액을 7.5ml 첨가하여 교반하고 100°C에서 2분간 가열후 실온에서 20시간 교반하여 가용화 시켰다. 가용화된 성분은 biuret법에 의해서 비색정량 하여 단백질 농도를 측정하였으며, 20ug을 전기영동에 공시하였다. 또한 전기영동은 Laemmli법에 의한 10% polyacrylamide gel을 이용하여 행하였으며, Coomassie Brilliant Blue R로 염색한 후 탈색은 50% Methanol-7% Acetic acid로 20분간, 계속해서 7% Acetic acid로 gel의 배경이 투명하게 될때까지 행하였다.

4. Protein solubility

근원섬유 단백질을 추출하여 단백질 농도 10mg/g, NaCl농도가 0.6M이 되도록 조절후 4°C 이하에서 2시간 동안 교반하여 가용화 시켰다. 그런다음 15,000 x g에서 원심분리 한 후 상청액중의 단백질 함량을 biuret법으로 비색정량하여 전체의 단백질함량에 대한 상청액중의 단백질함량을 백분율로 계산하여 용해도로 하였다. 이에대한 계산식은 이하와 같다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상청액중의 단백질 함량(mg/ml)}}{\text{전체단백질 함량(mg/ml)}} \times 100(\%)$$

한편, 상청액중에 포함된 단백질의 subunit 성분은 SDS-PAGE에 의하여 분석하였다.

5. 무기질 분석

시료육 5g을 취하고 왕수(황산 20ml+질산 10ml)를 가하여 hot plate상에서 충분히 분해한다. 분해하는 중간에 질산액을 1-2방울씩 가하여 맑은액이 될때까지 가열한다. 용액이 식은 후 100ml 정용플라스크에 희석하여 시료용액으로 한다. 이때 모든 초자의 수세 및 희석용액은 3차 증류수를 사용하여야 한다. 준비가 끝난 분석 시료는 I.C.P.(Inductivity Coupled Plasma, made in France)로 mg% 단위로 분석하였다.

6. 색택

제품의 색택은 색차계(Model NO. UC 600IV ,Japan Yasuda Seiki Ltd)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)를 조사하였다. 각 색도값의 해석은 L값이 높을수록 명도의 증가 경향을 나타내고 a값이 높으면 적색, 낮으면 녹색으로 , b값이 높으면 황색 낮으면 청색으로 변화됨을 의미하며 ΔE 값은 표준백색판과 비교한 제품의 색택차를 나타낸것으로서 ΔE 값이 높으면 전반적으로 색택이 어두워짐을 나타내고 낮으면 밝아짐을 나타낸다. ΔE 값은 $(L-L')^2 + (a-a')^2 + (b-b')^2$ 제곱, 이 전체값의 루트로 표시할 수 있으며 이때 L,a,b는 표준백색판의 값(고정치: L=89.2,a=0.921,b=0.28)이며 L',a',b'는 제품의 색택값이다.

7. 입자분포 및 형태적 특성

냉동 온도별(-40,-80℃)로 저장한 어육을 hammermill로 분쇄하고 분쇄물의 입자분포와 형태학적 특성을 살피기 위하여 -20℃ 냉동실에서 aperture size를 2.4-0.125mm 범위의 10개구간으로 나눈 mesh 체상에서 분쇄물 500g을 최 상단에 있는 2.4mm 망체에 균일하게 적치하고 30분간 자동 shaking 한 후 각 size 별 입자의 중량을 측정하여 분포도를 작성하였다. 또한 얻은 입자별 분쇄물을 동결건조한 후 20배 배율의 확대경을 이용한 image analysis를 행하여 냉동온도별 및 어종별 조직특성을 분석하였다.

8. Thiosulfinate의 측정

마늘 alliin의 효소적 분해산물인 thiosulfinate의 함량은 Freeman 등의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 냉각시킨 시료에 냉각수를 가하여 신속히 마쇄, 추출, 여과하고 여액의 일정량에 시료 두배량의 흡광분석용 hexane을 가한 후 5분간 진탕, 추출한 다음, hexane 층을 취하여 262 nm에서 extinction maximum을 thiosulfinate의 상태적인 양으로 나타내었다.

9. Pyuvate 함량의 측정

Total pyuvate는 Schwimmer 등의 방법으로 측정하였다. 즉, 시료 10g를 취하고 여기에 trichloroacetic acid 5 ml를 가한다. 1시간 방치 후 여과하여 여액 1 ml에 0.125% 2,4-dinitrophenyl hydrazine 1 ml를 가한 다음 증류수 1 ml를 가하여 37°C에서 10분간 방치한다. 그 다음 0.6N NaOH 용액 5 ml를 가한 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하여 미리 작성한 pyruvate 표준곡선에 의하여 함량을 산출한다.

제 5 절 가공기능성 조사

1. 유화능

유화능은 잘 마쇄된 생선육 5g을 블렌더병에 넣고 100ml의 냉각된 3% 소금용액을 가하여 높은속도로 1분간 마쇄한다. 마쇄가 끝난 후 식물성기름 50ml를 일시에 가하고 높은속도로 계속 혼합한다. 유화조직이 형성됨에 따라 점도가 상승하다가 갑자기 블렌더의 회전소리가 달라지고 점도가 떨어지면서 유화조직이 깨어지는 점이 적정치이다. 볼트-옴메타(tester)를 블렌더병에 설치하면 저항치가 갑자기 줄어들게 되는점이 종말점이다.

2. 보수력

각각의 분쇄물 250g에 2.5%의 NaCl을 첨가하여 Speed cutter(National MK-K51)로 소금갈이를 행하였다. 원통형 원심관(3 x 7cm)에 시료 약 20g을 충전한 후 85℃에서 30분간 가열하여 겔을 조제하였다. 그런다음 약 30분간 얼음물에 냉각시킨 후 10,000 x g에서 30분간 원심분리하여 전체의 시료중량(g)에 대한 침전의 중량비(g)를 백분율(%)로 나타내어 편의적으로 보수력으로 하였다. 즉 보수력은 다음과 같은 식에 의해서 산출하였다.

$$\text{보수력} = (B/A) \times 100(\%)$$

B=A-C A; 전체의 시료중량 B; 침전물의 중량
C; 상청액의 중량

한편, 원심분리에 의하여 가열겔로부터 분리된 상청액 중에는 단백질의 일부가 포함되어 있으므로 SDS-PAGE법으로 그성분을 분석하였다.

3. Gel 형성능

각각의 분쇄물에 2.5% NaCl을 첨가하여 Speed cutter(National MK-K51)로 5분간 4℃에서 소금갈이를 하여 고기풀을 조제하였다. 고기풀중의 기포를 제거한 후 Casing tube(3cm x 15cm)안에 충전하여 85℃에서 30분간 가열하여 겔을 제조하였다. 겔강도는 시료의 두께를 20mm로 절단하여 Rheometer(Sun kagaku CD 200)로 측정하였으며 Plunger는 직경 10mm의 원형을 이용하였으며 겔의 강도는 겔이 파단될 때 까지 요구되는 힘, 즉 파단강도(g)로서 나타내었다.

제 6 절 연육의 제조

Masscolloider를 이용한 연육의 제조는 오징어육을 원료로 하였다. 신선한 오징어의 내장과 다리를 제거한 후 -80°C 에서 동결하여 hammermill에 의해서 1차적으로 분쇄하고 다시 masscolloider로 마쇄하여 오징어육을 미세화하였다. 다시 여기에 육 중량의 4% 솔비톨, 0.3% 중합인산염, 3% 난백, 4% 전분을 첨가하여 잘 혼합한 다음 비닐봉지에 공기가 혼입되지 않도록 500g씩 분취하여 각각 0°C , -20°C , 및 -40°C 에서 저장하였다.

상기와 같이 제조된 연육의 저장중에 일어나는 생화학적 특성 및 가공기능성을 조사하기 위하여 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase 활성, SDS-PAGE에 의한 단백질의 subunit조성의 변화를 검토하였으며, 가공기능성은 소금갈이를 한 후 가열에 의한 겔 형성능(파단강도)을 검토하였다

제 7 절 제품의 응용시험 및 품질조사

1. 배합비

마쇄된 어육을 원료로 하여 table 2의 배합비를 기준으로 하여 fig.1의 공정으로 햄버거패티와 너겟을 제조하고 전문관능요원을 선정하여 품질검사를 실시하였다.

Table 2. Basic formulation of hamburger patty and nugget (w/w, %)

Fishes	Formulation ratio of ingredients
Pollack	egg powder 5, starch 5, salt 1.2, sorbitol 1, phosphate 0.2
Squid	blanching & chopped squid leg 20% ,egg powder 5, starch 5, salt 1.2, sorbitol 1, phosphate 0.2.
Sardine	egg powder 5, starch 10, salt 1.2, sorbitol 3, phosphate 0.2

2. 응용제품의 제조(햄버거패디, 너겟)

Moulding(햄버거패디 : 90g 기준, 너겟 : 30g 기준)

Freezing(-4℃ air blast freezer)

전분풀 soaking (전분가루 1 : 물 1.5 - 2.0)

(이때 전분용액의 온도는 약 7℃로 유지)

빵가루 coating

Deep fat frying (튀김조건 : 햄버거패디 180℃ 2분 15초,

너겟 180℃ 2분)

Oil drain

Fig. 1. Manufacturing procedure of hamburger and nugget.

3. 응용실험용 부원료

1) 햄버거패티

빵가루코팅 마쇄물 3종(명태,오징어,정어리),오이피클,마요네스+케찹,양겨자,양상치,햄버거용 빵

2) 너겟

빵가루코팅된 3종의 냉동마쇄물버거, 너겟소스(양겨자,맥아엿,대두유,식초,난황액,설탕)

4. 관능검사표

1) 햄버거 패티

관 능 검 사 표

일 시 : 년 월 일

성별 : 남 여

나이(만) :

성명 :

본 시료는 생선을 원료로한 햄버거패티의 새로운 소재개발 및 품질개선을 위한 시험분석 처리구입니다. 대조구는 현재 시판되고 있는 새우버거와 피쉬버거입니다. 나머지 세 처리시료는 오징어,명태 및 정어리를 원료로하여 본 실험목적에 맞게 실험실에서 제조한 햄버거패티용 피쉬버거 입니다. 시식하신 후 아래의 질문에 응해주시면 감사하겠습니다.

가) 채점표

조사항목 \ 대상시료	253	329	512	131	472
맛					
향					
조직감					
기호도					

* 점수기준표 : 7(매우좋다), 5(좋다), 6(조금좋다), 4(보통), 2(조금나쁘다), 3(나쁘다), 1(매우나쁘다)

나). 기초조사

① 평소 햄버거를 사먹는 횟수(대략적으로)

② 햄버거를 사먹을 경우 패디(고기성분)의 성분(소고기, 닭고기, 생선등)에 따라 구매차이를 느끼시는지의 여부와 느낀다면 선호도는 ?

③ 예를들어 햄버거 고유의 맛은 다소 떨어지더라도 몸에 이로운 기능성성분이 패디의 원료에 포함되어 있을 경우 구매욕의 차이를 느낄 수 있을지의 여부 ?

2) 너겟

햄버거패디의 관능검사와 동일한 방법으로 수행 하였음

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 마쇄물의 제조 및 특성

1. 선행 연구결과 및 현황

동결 분쇄에 의해 고품질의 가공 제품을 생산할 수 있으나 현재 많이 활용이 되지 않은 가장 큰 이유는 동결 분쇄 중 에너지 비용 등 가공비가 많이 소요되고 설비 제질의 제한성과 내구성이 없기 때문이다. 즉 처리중에 필요한 냉매의 경우 원료 Kg당 액체 질소의 소요량이 투입량 보다 많은양의 가스가 소요되는 경우가 있어 생산비가 크게 증가하여 일반적인 식품의 적용에는 어렵고 상대적으로 고부가가치의 제품에만 적용이 가능하다.

따라서 현재의 지나치게 낮은 온도로 유지되는 동결 분쇄 방법 보다도 액화 질소의 사용량을 1/3 또는 1/4정도 줄이면서 품질 수준이 대등한 제품을 생산할 수 있으면 다양한 원료의 활용이 가능하므로 생산비를 크게 절감할 수 있다.

또한 냉동 분쇄는 원료의 처리시 충격열과 산화에 의한 제품의 품질 저하를 억제할 수 있다. 즉 상온 분쇄시에는 열이 발생하므로 향기 성분의 휘발이 일어나고 향미나 영양 성분의 손실이 발생하게 된다. 그러나 동결 분쇄는 내용물의 중심 온도가 -20°C 이하에서 분쇄를 하므로 품질이 거의 유지되고 유지나 점성이 높은 당질과 같이 용해가 일어나는 경우 부착이나 불규칙적인 형태로 부스러짐이 없이 처리할 수 있는 등의 여러가지 장점이 있다. 따라서 초고온에 의해 처리하는 현행의 냉동분쇄 기술을 효율적으로 식품에 적용하기 위해서는 국내 식품 산업 실정에 맞고 범용성이 있는 냉동 분쇄 장치의 개발과 이에 따른 식품의 응용 기술 개발이 필요하며 본 기술이 산업 현장에서 활용되기 위해서는 경제적인 설비의 생산 기술이 필요하다.

냉동 분쇄에 관한 외국의 연구 현황을 살펴보면 일본에서는 식품 소재의 개발

을 위한 연구가 이미 1970년대에 본격적으로 이루어져 왔으나 현재는 동결 분쇄기를 상업적으로 광범위 하게 생산하지 못하고 있으며 일부 고 부가가치의 제품에 만 이용하고 있다. 그러나 동결 분쇄기가 개발됨에 따라 종래 분쇄법의 문제점인 (1) 발열과 산화 등에 의한 향, 맛, 물성의 변화 및 영양가의 손실 (2) 육류와 같은 고지방 식품, 야채류와 같은 고수분 식품 (3) 당질 및 지방분이 많은 겔상 원료의 분말화 및 paste화의 어려움 등이 일거에 해결되었다.

동결 분쇄기의 생산 원가는 액체 질소, 액화 천연 가스 등의 냉매를 이용하므로 제조 원가가 종래의 분쇄법보다 2-3배 비싸 주로 고 부가가치의 식품 개발에 주로 적용되어 왔다. 그러나 최근에는 생산 가격을 낮추어 보다 값싸게 다양한 식품에 적용하려는 노력의 일환으로 보통의 동결 식품 유통 온도인 $-20 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 저온에서 깨지기 쉬운 물성의 특성을 이용함으로써 동결 분쇄법에 뒤지지 않는 품질을 얻을 수 있는 동결 마쇄기를 개발하였다.

표 3은 현재 외국에서 개발되어 사용중인 동결 분쇄법에 특징을 간략하게 소개하였다.

Table 3. Summarized of pre-studies on cryogenic crushing

구 분	특 징	비 고
동결온도	-80℃ ~ -100℃	沈山信一 등 (1991년)
동결냉매	액체천연가스(LNG), 액화질소(N2)	
냉각장치	상기의 냉매로 예비냉각 필요	
분쇄기구	충격분쇄(햄머밀, 로라밀, 스크류밀)	
적용원료	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상온에서 분쇄할 수없는 유지방분 및 고 당질의 원료. ○ 휘발성성분이 많고 산화되기 쉬운원료 ○ 초미분쇄를 필요로하는 원료. 	
런닝코스트	분쇄에 적합한 저온까지 냉각을 필요로 하며, 분쇄중에도 냉각을 필요로 하기때 문에 냉매가 많이든다.	
설비비	일반적으로 -80℃ ~ -100℃ 에서 분쇄 함. 분쇄장치의 재질, 장치전체의 단열이 필요. 설비비가 비쌘	상온분쇄 5배 정도

2. 동결분쇄 및 동결마쇄 온도

정어리, 명태, 오징어 3종을 원료로하여 hammermill에 의한 분쇄와 분쇄 후 masscolloider에 의한 균질화를 했을때 원료어의 온도 변화를 품질을 table 4에 나타냈다. 아래 table 4. 에서 볼 수 있듯이 온도분포 영역은 hammermill에 의한

동결분쇄의 1차 온도 및 masscolloider에 의한 동결마쇄의 2차 온도로 나타내었다. 먼저 동결분쇄 가능성을 실험한 결과 -20℃의 명태원료는 분쇄가 불가능하였으며 hammermill의 round체에 생선육이 해동이된채 걸러지지 않았다. 따라서 이때의 품온은 0℃이상으로 나타났다. 이러한 주된 원인으로서는 명태의 근육이 섬유상으로 질겨서 -20℃의 냉동조건에서는 냉장상태를 유지하고 있는 hammermill로 품온을 전이당하므로써 분쇄초기에 분쇄기의 마찰열을 흡수하지 못했을 것으로 판단된다.

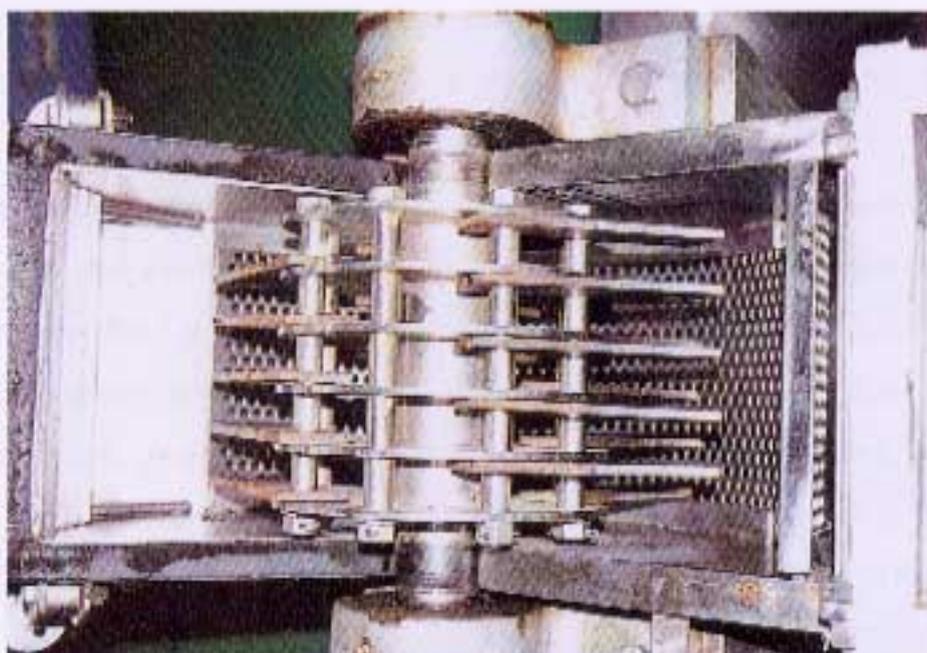
한편 -20℃의 동결분쇄 처리구 정어리의 경우, 온도가 -3.9℃로서 초기 생선의 품온인 -20℃에 비해서 품온상승폭이 16.1℃ 였으며 -40℃의 경우 27.2℃, -80℃의 경우는 61.5℃로서 분쇄 이후에 냉동온도별 품온이 급격히 상승하는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 동결된 생선이 분쇄가 될때 급격하게 표면적이 증가되면서 상온(room temp.)과의 온도차이가 급격히 줄어들게 되는 것으로 생각되었다. 나머지 처리구인 명태와 오징어의 경우에 있어서도 정도차이는 있지만 유사한 온도분포를 나타내고 있었다.

사진 1과 2는 냉동분쇄 예비시험으로 사용한 hammermill과 masscolloider를 나타낸 것이다.

Table 4. Temperature of shattered products after cryogenic crushing

Freezing Temperature of raw material	Pulverator	Temperature of shattered products		
		Sardine	Pollack	Squid
- 20℃	H M	- 3.9℃	0℃<	- 2.0℃
	M C	- 0.5℃	0℃<	0℃<
- 40℃	H M	- 12.8℃	- 6.0℃	- 10.2℃
	C M	- 0.5℃	- 0.2℃	- 1.5℃
- 80℃	H M	- 18.5℃	- 13.5℃	- 17.8℃
	M C	- 1.0℃	- 0.4℃	- 1.8℃

* H M : hammermill , M C : Masscolloider



(Photo. 1) Inner part of Hammermill



(Photo.2) Inner part of Masscolloider

더우기 동결분쇄 이후에 상온으로의 온도상승속도가 masscolloider를 이용한 동결마쇄시에 더욱 상승되어 각 어종별로 큰 차이를 나타내지 않았고 -0.5℃에서 -1.8℃ 수준으로 나타났다. 한편 명태의 경우에 있어서는 근육구조가 매우 미세한 섬유질상으로 분쇄가 되므로서 다른 어종에 비해서 표면적이 더욱 커지므로서 온도상승을 부촉했을 것으로 사료 되었고 각 어종별 성분조성과도 관계가 있을 것으로 생각 되었다. Hagura등(1989)은 고등어와 정어리를 -20℃에서 -196℃까지 온도구간별로 hammermilling을 하여 지방 및 회분함량과 분쇄물의 입도분포를 살펴본 결과 체의 크기가 커질수록 회분함량은 높아졌으며, 분쇄된 입자분포와 입자의 지방함량과는 분쇄온도와 밀접한 관계가 있다. 정어리는 -80℃에서, 고등어는 -60℃에서 입자의 지방함량이 줄어들수록 입도가 감소되는 결과를 얻었다고 보고하였다.

마늘과 당근의 분쇄물은 -80℃에서 저장한 경우 양호한 분쇄 특성을 보였고 일반 햄머 밀로도 분쇄물의 제조 가능성을 확인할 수 있었다. 특히 당근의 경우 미세한 분말을 보여 쉽게 분쇄되는 특성을 보였는데 이는 당근속에 함유된 고 수분과 섬유질의 함량이 높기 때문으로 사료되고 마늘의 경우 분쇄는 매우 용이하였으나 분쇄물의 성분에는 상당히 많은량의 당류와 점질물이 함유되어 있어 분쇄 후 곧바로 처리하지 않으면 응겨붙는 현상이 발생하여 신속하게 저온에서 처리하는 것이 매우 중요하였다.

한편, 어체가 큰 명태나 당근의 경우는 분쇄 전에 한번 정도 절단하여 분쇄할 필요가 있다. 그 이유는 지나친 충격에 의한 에너지의 소비와 기계 내구성의 제한을 받을 수도 있고 온도의 상승폭이 높아 분쇄 후 해동하기 쉬워 가공 중 품질의 변화를 초래할 가능성이 있기 때문이다.

따라서 냉동 분쇄기에 원료가 투입되기 이전에 간단하게 절단할 수 있는 절단기가 부착된 냉동 분쇄기의 개발이 필요하다.



(Photo.3)

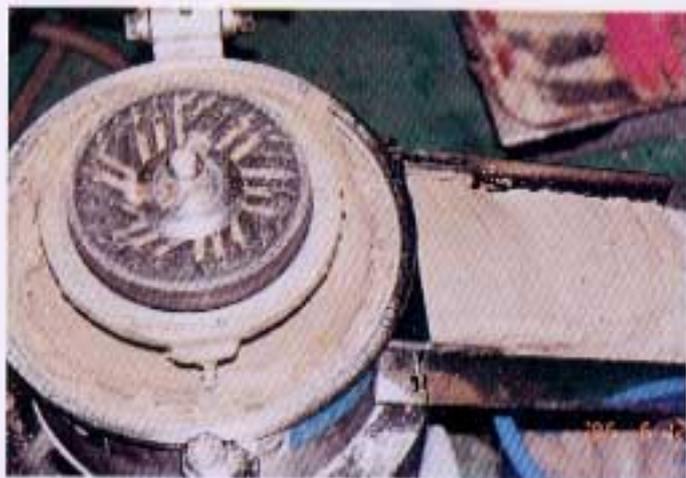
Frozen Sardine



(Photo.4)

Shattered Products

by hammermill



(Photo.5)

Grinded Products

by Masscolloider



(Photo.6)

Frozen Pollack



(Photo.7)

Shattered Products
by hammermill



(Photo.8)

Grinded Products
by Masscolloider



(Photo.9)

Frozen Squid



(Photo.10)

Shattered Products

by hammermill



(Photo.11)

Grinded Products

by Masscolloider

제 2 절 마쇄물의 품질특성

1. 일반성분 조성 및 입도분포

1) 일반성분

일반성분의 경우 시료는 -40℃ 냉동상태의 시료를 냉동분쇄하여 시료로 분석하였고 대조구인 필레는 -20℃의 냉동시료를 0℃ 냉장상태에서 24시간 완만해동한 이후에 분석 시료로 사용 하였다. 정어리와 명태에 있어서 분쇄물의 수분함량은 대조구에 비해 약 3 - 4% 수준이 높았고 단백질함량은 상대적으로

Table 5. General compositions of fillet and cryogenic crushed fish meat.

Unit : %

Samples	Item			
	Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Ash
Sardine(crushed)	69.41(0.12)	20.69(0.45)	7.51(0.92)	2.27(0.22)
Pollack(crushed)	81.08(0.05)	16.22(0.67)	1.20(0.24)	1.98(0.04)
Squid(crushed)	74.77(0.11)	20.69(0.14)	0.73(0.08)	1.45(0.10)
Sardine(fillet)	65.52(0.15)	21.68(0.46)	8.32(0.82)	0.87(0.10)
Pollack(fillet)	78.65(0.22)	17.64(0.31)	1.12(0.21)	0.68(0.01)

() : standard deviation

함량은 상대적으로 대조구에서 다소 높게 나타났는데 이것이 해동되는 과정에서 드립감량과 냉동물 시료의 수세 처리시 혼입된 일부 수분이 포함된 결과로 생각된다. 정어리와 명태의 회분함량은 뼈가 혼입된 결과 약 1.3% 정도 높은 결과로 나타났다.

2) 입도분포와 특성

냉동 온도별(-40,-80℃)로 저장한 어육을 hammermill로 분쇄하고 분쇄물의 입자

분포와 형태학적 특성을 살피기 위하여 -20도 냉동실에서 aperture size를 2.4-0.125mm 범위의 10개구간으로 나눈 mesh 체상에서 분쇄물 500g을 최 상단에 있는 2.4mm 망체에 균일하게 적치하고 30분간 자동 shaking 한 후 각 size 별 입자의 중량을 측정하여 분포도를 작성하였다. 또한 얻은 입자별 분쇄물을 동결건조한 후 20배 배율의 확대경을 이용한 image analysis를 행하여 냉동온도별 및 어종별 조직특성을 분석하였다.

Fig. 2에서 Fig.7은 -40도 및 -80도에서 동결한 정어리, 명태 및 오징어육의 입자 분포를 나타낸 것으로 정어리 및 오징어육의 냉동온도별 입자분포는 온도에 관계없이 유사하게 나타나고 있으나 명태육의 경우에는 -40도 보다 -80도에서 동결한 어육이 전체적으로 크기가 작은 입자들의 비중이 높아지는 특성을 보이고 있었다. 이와 같은 결과는 정어리와 오징어는 온도에 관계없이 유사한 경향을 보이는 반면에 명태의 경우 냉동온도에 따른 분쇄물의 입자 누적 분포에 큰 차이를 보이고 있는 Fig. 6의 결과에서도 확인되고 있었다.

한편 -40℃와 -80℃ 동결온도 차에 의한 분쇄경향을 살펴보고자 각 어류별로 동일한 입자의 형태를 비교 분석한 결과, 전체적으로 -40℃ 동결처리 분쇄물은 깃이 겨지는 형태를 보이고 있었으며 -80℃ 동결처리 분쇄물의 경우에는 예리한 절단현상이 관찰되고 있었다.

또한 정어리와 명태의 경우 섬유다발형태가 관찰되었고 오징어의 경우에는 명태 및 정어리 육의 조직과는 다른 치밀한 조직상을 보이고 있어 어류마다 조직특성이 다양함을 보여주고 있었다.

이상의 결과로부터 냉동어육의 동결분쇄 경향은 어종마다 다르고 또한 냉동온도에 따라 차이를 보이고 있으며 이러한 차이는 어종특성에 기인하는 것으로 판단되었다.

1)과2)항에서는 정어리, 명태 및 오징어를 각각의 냉동온도에서 냉동시킨후 분쇄 또는 마쇄를 하였을때 냉동온도 및 어종에 따라 입자의 형태 및 크기의 분포도에

있어서 상이한 결과를 나타내었다. 적색어종의 대표적인 것으로서 정어리의 경우는 크게 2가지의 분쇄 양상을 띄었으며, 적색어종의 대부분을 차지하고 있는 적색육 부분은 근섬유 자체가 짧게 끊어지는 형태가 많이 관찰 되었으며 근섬유의 다발이 파괴되는 형태로 관찰되었고, 약간의 백색육 부분은 근섬유의 다발이 파괴되면서 근섬유 자체가 끊어지는 형태로 관찰되었다. 또한 백색어종의 대표적인 명태의 경우는 전체적으로 정어리의 백색육 부분과 동일한 분쇄 양상이 관찰 되었으며, 정어리 및 명태와는 전혀 근조직이 상이한 오징어의 경우는 짧게 끊어지는 형태로 관찰되었다.

마늘 및 당근의 경우는 -80°C 에서 저장하여 완전히 동결한 후 햄머 밀로서 마쇄하여 곧바로 동결실로 옮겨 입자별로 입도 분포도의 조성을 조사한 바 마늘의 경우는 입도가 큰 2.36mm의 입도가 가장 많아 전체의 약 23%를 나타냈고 1mm 이상의 입도가 전체의 60%이상을 차지하였다. 반면, 당근의 경우는 마늘 보다 미세하게 분쇄되어 전체적으로 입도의 크기가 작았으며 그 조성비도 1.4-0.85mm의 입도가 전체의 50%이상을 차지하여 원료의 종류에 따라 마쇄되는 입도의 크기도 다름을 알 수 있었다.

이러한 원인은 마늘의 경우 당근 보다는 당질의 함량이 높아 점성이 있고 온도의 상승폭도 커서 곧바로 해동하여 끈끈한 물성을 나타내기 때문이다.



A

B

Fig 2. Image analysis of shattered sardine muscle frozen at -40°C (A) and -80°C (B)

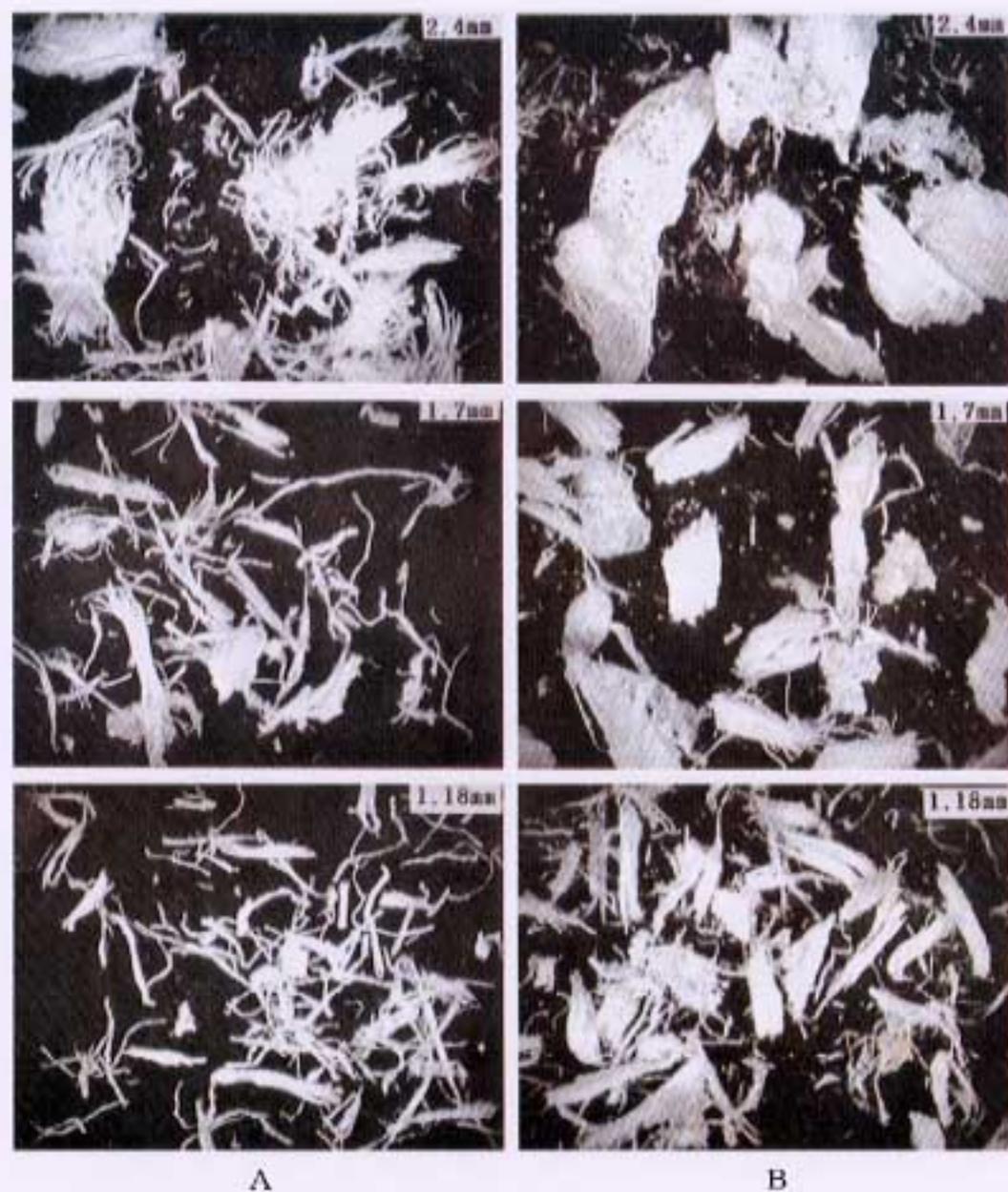


Fig 3. Image analysis of shattered pollack muscle frozen at -40°C (A) and -80°C (B)

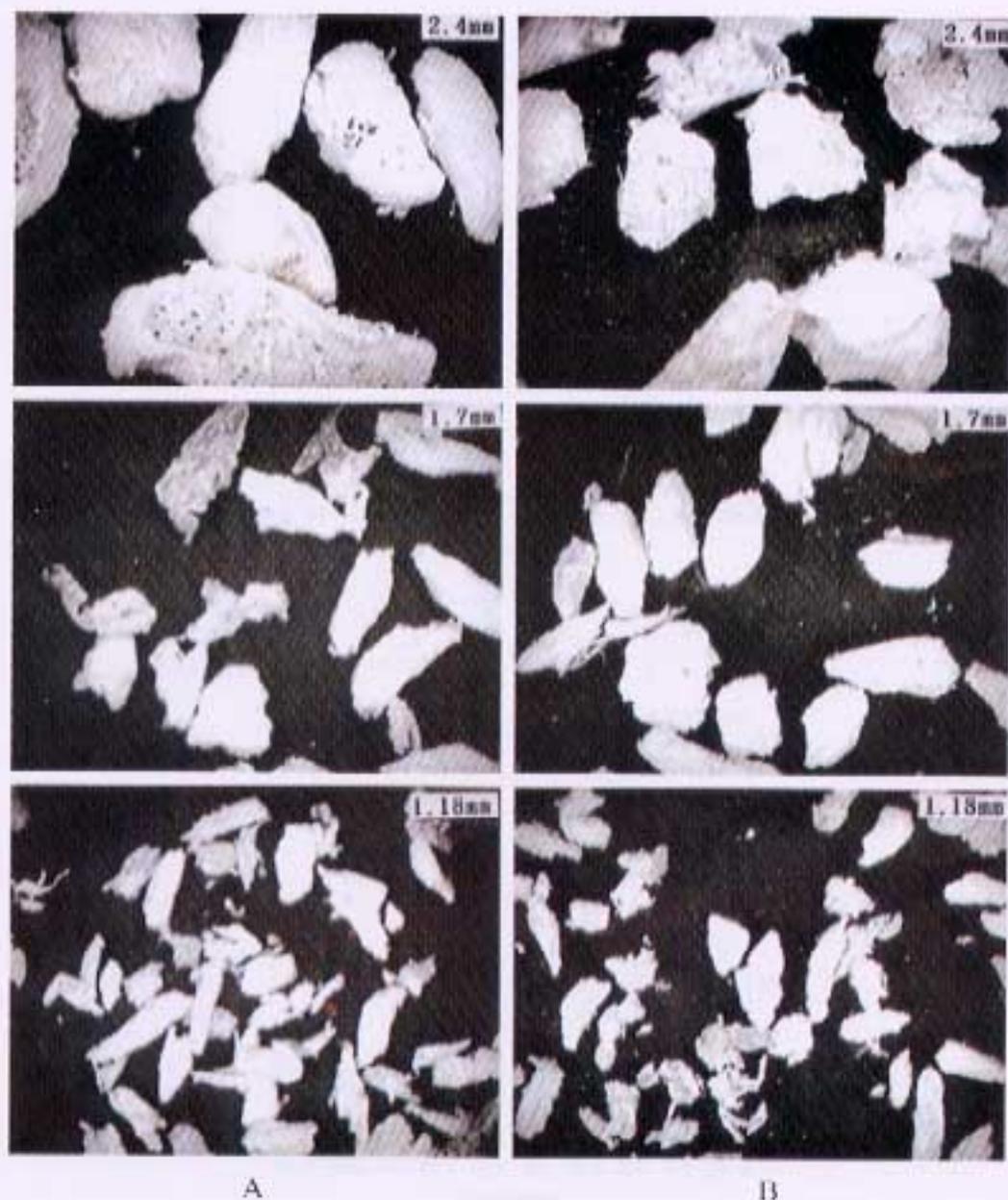


Fig 4. Image analysis of shattered squid muscle frozen at -40°C (A) and -80°C : (B)

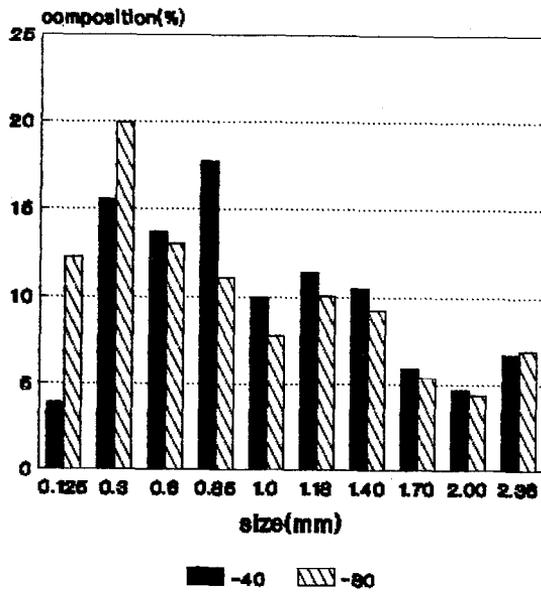
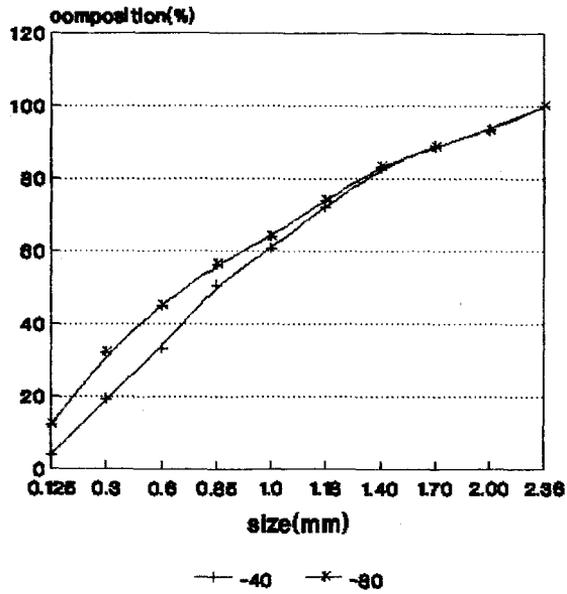


Fig. 5. Particle size distribution of sardine muscle shattered by hammer mill.

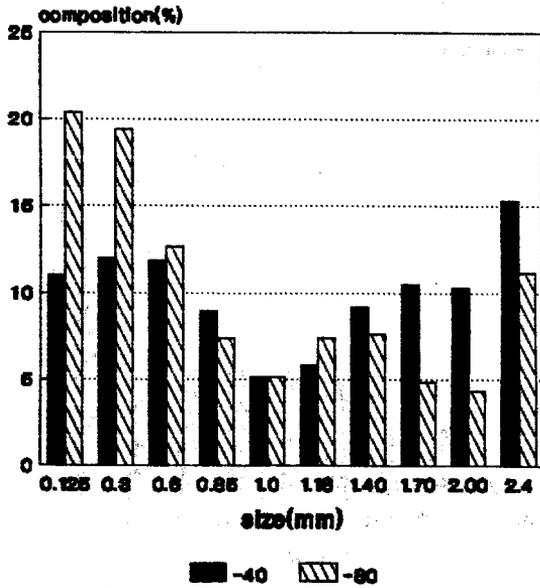
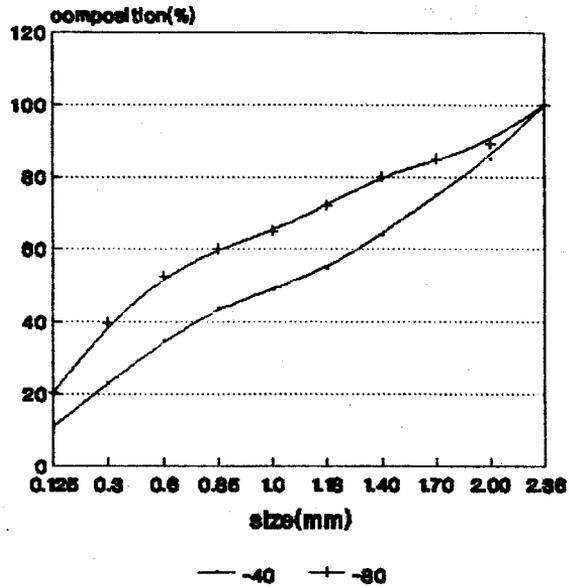


Fig. 6. Particle size distribution of pollack muscle shattered by hammer mill.

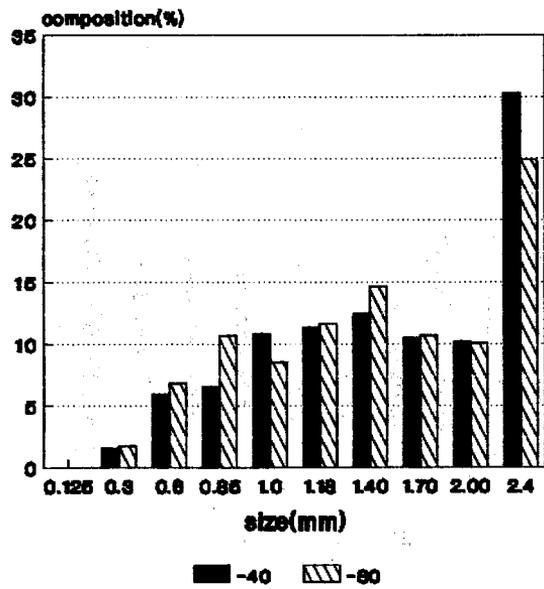
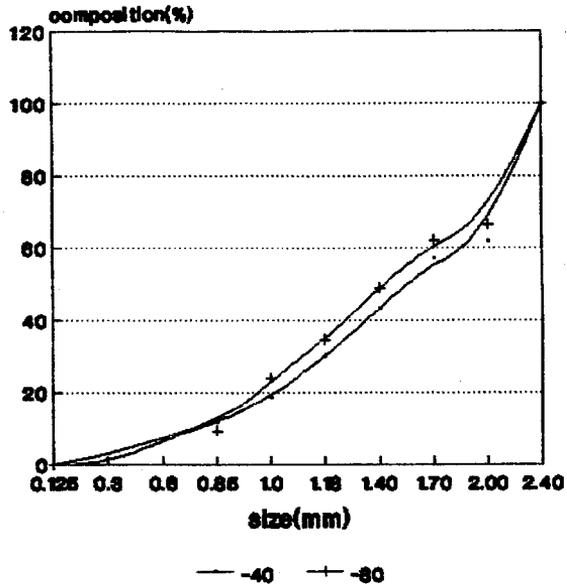


Fig. 7. Particle size distribution of squid muscle shattered by hammer mill.

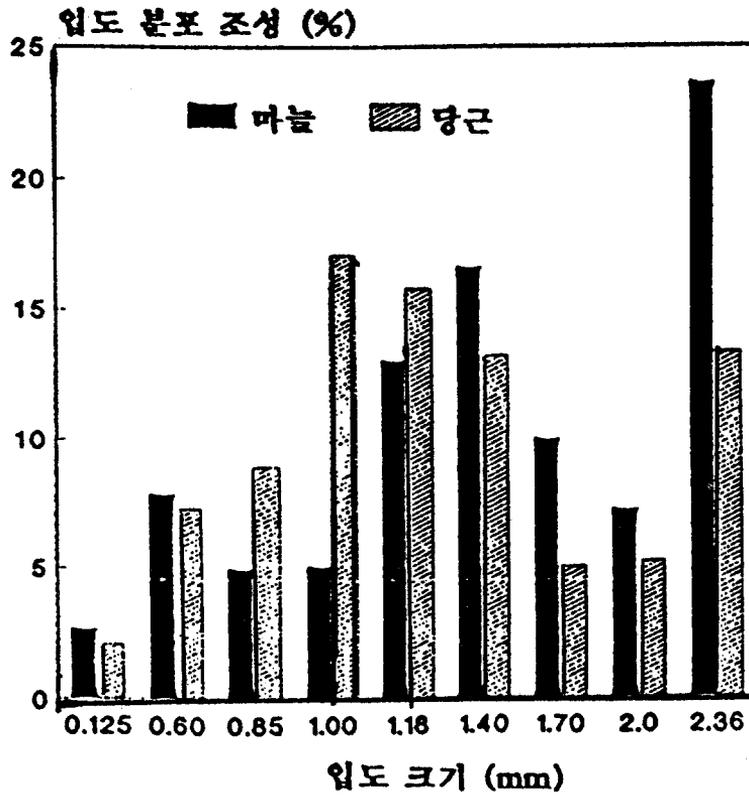
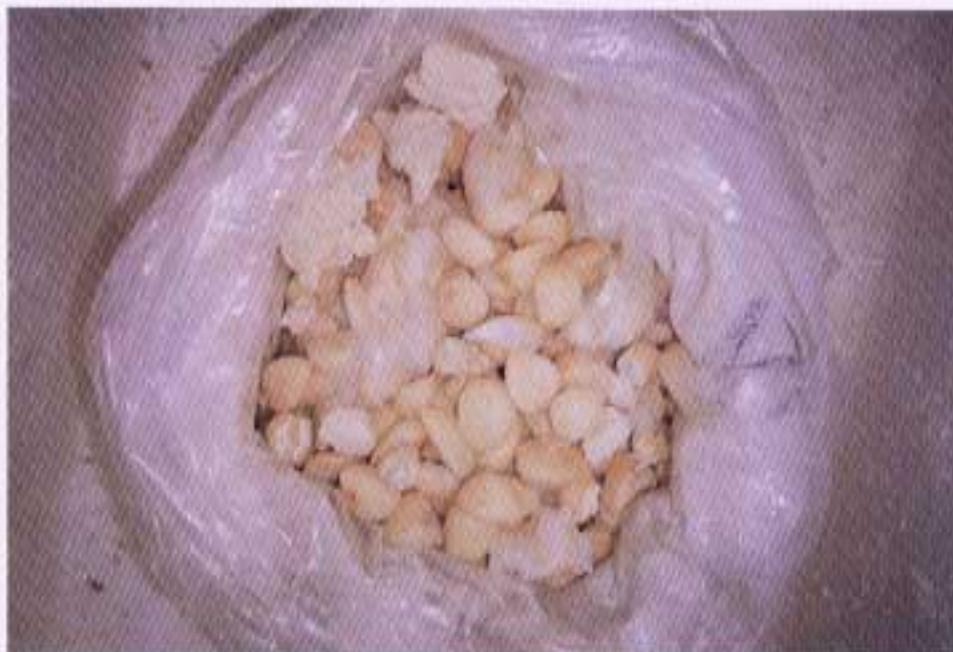


Fig.8. Particle size distinction of garlic and carrot shattered by hammermill



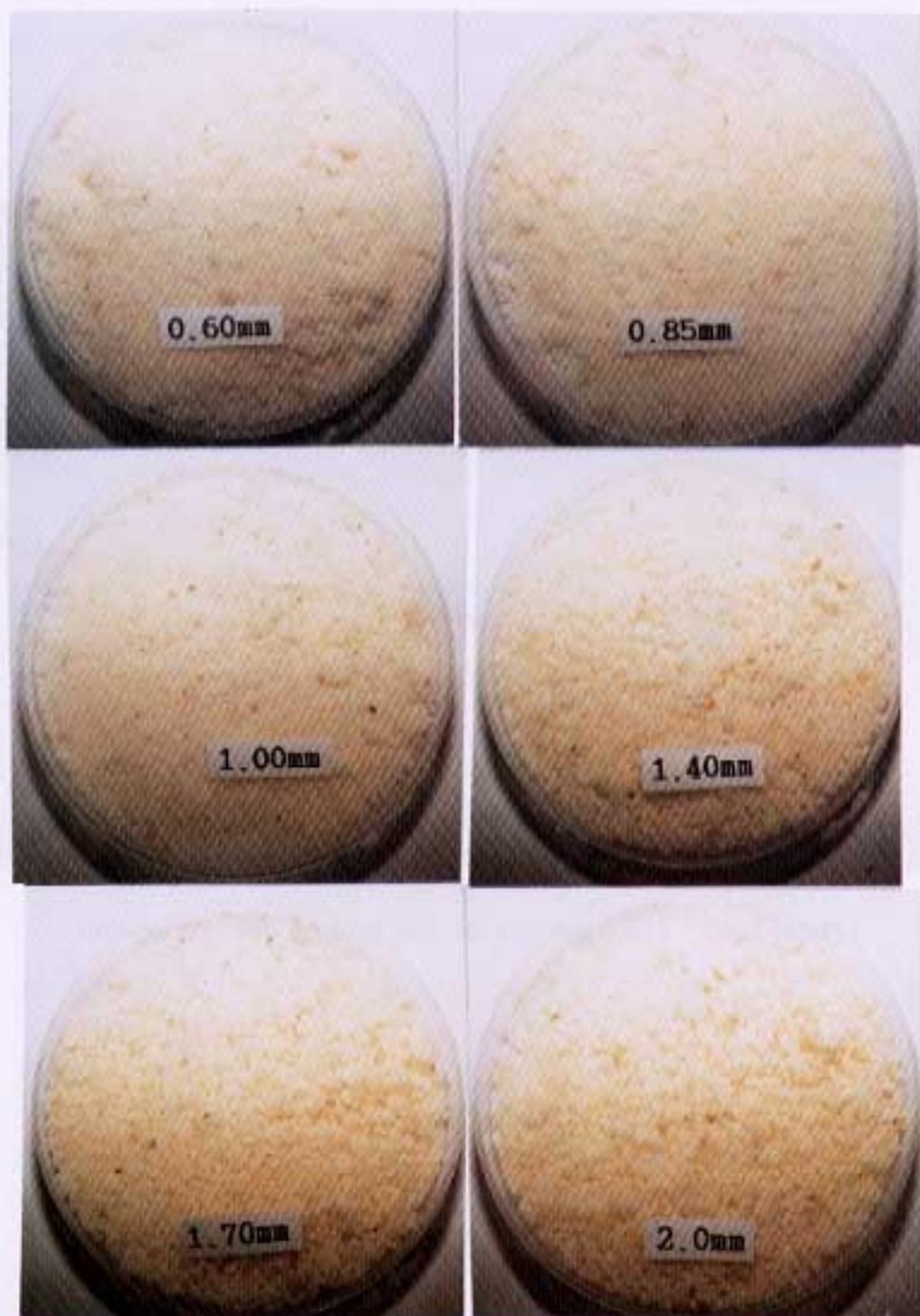
(Photo.12) Frozen garlic



(Photo.13) Shattered garlic



(Photo.14) Temperature of shattered garlic powder



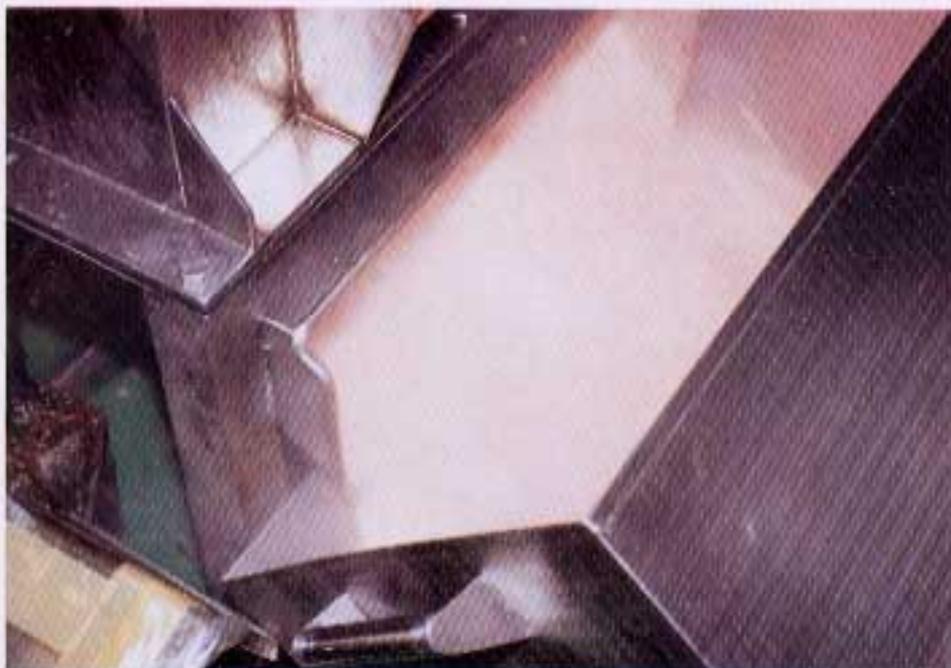
(Photo.15) Particle size of cryogenic crushed garlic



(Photo.16) Frozen carrot



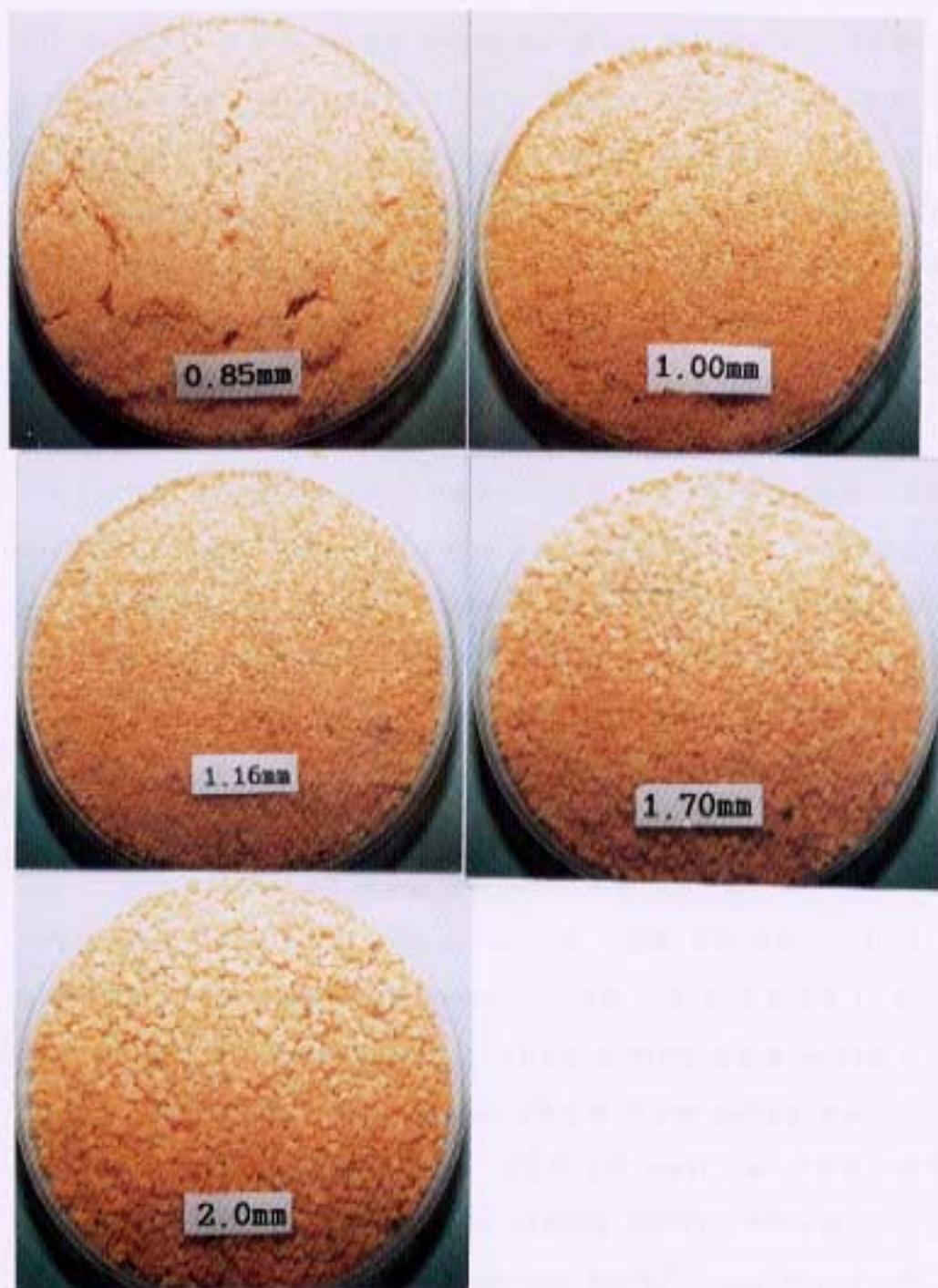
(Photo.17) Input of cryogenic crusher



(Photo.18) Carrot crushing by hammermill



(Photo.19) cryogenic crushed carrot



(Photo.20) Particle size of cryogenic crushed carrot

2. Ca-ATPase 활성 측정

어류는 한대에서 부터 열대에 이르기 까지 광범위하게 분포 되어있으며, 각각의 환경온도에 적응하면서 서식하고 있다. 그 결과로서 근육 단백질의 성질, 특히 변성의 정도는 서식온도에 대응하는 것으로 밝혀졌다. 즉, 한대성 어종 일수록 근육 단백질은 불안정하며 변성하기 쉽고 열대성 어종일수록 근육 단백질은 안정적이다. 이와같은 단백질의 변성을 알아보는 방법으로서 Ca-ATPase 활성을 측정하는 방법이 최근 채택되어 단백질의 변성정도 즉, 품질을 나타내는 수단으로서 많이 활용하게 되었다.

근육에는 다종의 단백질이 포함되어 생명을 유지하기 위하여 움직이고 있으며, 어육의 이용가공의 관점으로 부터는 고함량의 근원섬유 단백질이 가장 중요하다. 이것은 근수축에 관련되어 있는 단백질의 총칭으로서 근육을 수세하여도 유출하지 않는 성분이다. 이 주성분은 myosin(총단백질의 약60%)과 actin(약 20%)으로 되어 있으며 그외에는 수축시키거나 이완시키게 하는 조절계 단백질이 포함되어 있다. 어육을 식품으로서 취급하는 경우에도 함량이 높은 2가지의 단백질을 될수 있는한 변성시키지 않고 이용하는 것이 매우 중요하다.

근원섬유 단백질은 근수축의 주요 역할을 담당하고 있으며 그 수축을 위하여 에너지를 ATP를 효소적으로 분해 하였을때에 발생한 것을 이용하고 있다. 그 효소능을 행하는 것은 가장 함량이 높은 myosin 이다. Myosin 분자는 2개의 두부(머리)와 긴 꼬부(꼬리)를 갖는 분자량 약 48만의 특이한 구조를 지니고 있는 단백질로서 ATPase 활성은 두부에서 나타나는 것으로 알려져 있다.

Myosin의 ATPase 활성의 발현에는 Ca, Mg, K 등의 이온이 필요하며 이온의 종류에 따라서 Ca-ATPase 활성 등으로 칭하고 있다. Ca-ATPase 활성은 수 mM의 Ca이 필요하며 ATP와의 친화력은 그다지 높지 않으며 어떠한 KCl농도에서도 검출된다. 또한 actin이 공존하고 있다 하더라도 그 활성에 영향을 미치지 않는 특징을 갖고있다. 더욱이 일정의 조건하에서 Ca-ATPase 활성의 높고 낮음은 미변

성 myosin 양의 많고 적음을 반영하는 것으로서 간접적으로 그 품질을 판정할 수 있다.

K-ATPase 활성은 고농도의 K 이온(0.5 M 이상)을 필요로 하며 일반적으로 EDTA를 첨가하여 측정하므로 EDTA-ATPase로도 칭하고 있다. Ca-ATPase와 비교하여 일반적으로 활성은 높으며 K-ATPase 는 actin에 의해서 활성이 크게 저해되는 것으로 알려져 있다. 따라서 Actomyosin 또는 근원섬유 단백질 등의 actin이 포함되어 있는 경우는 그 해석에 있어서 매우 신중을 기할 필요가 있다.

Mg-ATPase 활성도 myosin의 ATPase 활성이지만 단독으로는 매우 낮은 활성을 나타내는 정도이며 0.1M KCl 이하의 조건에서는 actin에 의해서 현저한 활성화를 나타내는 것으로 알려져 있다. Mg-ATPase의 경우도 actin이 포함되어 있는 단백질계에 있어서는 그 해석에 있어서 신중을 기할 필요가 있다.

따라서 금속 이온에 따른 ATPase 활성의 측정은 그 해석방법이 제각기 다르며 매우 복잡한 경로를 통하여 근단백질 안에서의 여러가지 변화를 추정할 수 있으나, 식품학적인 입장에서 품질(선도)과의 관계를 정확히 판별할 수 있는 것은 다른 factor의 영향을 받지 않는 Ca-ATPase가 가장 적합한 것으로 사료된다.

Fig.9에는 적색어종인 정어리를 각각의 온도(-20, -40, -80℃)에서 냉동시킨 후 hammermill로 분쇄한 시료와 분쇄된 시료를 masscolloider로 마쇄 하였을 때의 품질변화를 근원섬유 Ca-ATPase활성 측정을 통하여 나타내었다. 대조구는 상업적인 해동방법 으로서 상온에서 해동시킨 시료를 사용하였다. 이결과에 의하면 대조구와 비교하여 전체적으로 낮은 Ca-ATPase 활성을 나타내었다. 즉, hammermill에 의해서 분쇄된 시료는 -80 및 -40℃에서는 대조구와 비교하여 Ca-ATPase활성이 약간 저하하는 결과를 나타내었으나, -20℃에서 냉동 처리한 시료는 그 활성이 현저하게 저하하였다. 한편, 이와같은 시료를 masscolloider로 다시 미세하게 마쇄 하면 Ca-ATPase는 현저하게 저하 하였으며, 이때는 냉동온도와 관계없이 전체적으로 크게 활성이 저하하는 현상을 나타내었다.

정어리 근육은 적색육의 대표적인 어종으로서 활성이 강한 protease가 내재 하고 있는 것으로 알려져 있다. 대조구 보다 각각의 처리구에서 Ca-ATPase 활성이 약하게 나타나는 것은 상기와 같은 Protease의 영향이 큰것으로 사료되었다. 즉, 대조구 보다는 hammermill, hammermill 보다는 hammermill로 처리한후 masscolloider로 처리 하였을때 Ca-ATPase 활성이 급격히 저하하는 현상이 일어났는데 상기와 같은 과격한 처리가 Protease의 활성화를 촉진시켜 그 결과로서 단백질(myosin)의 변성이 일어나 Ca-ATPase 활성의 저하를 가져온 것으로 사료되었다. 한편 냉동처리온도에 따라서 약간의 Ca-ATPase 활성의 변화가 인정 되었는데 -40℃ 이하에서는 처리온도간에 큰 차이가 인정되지 않은데 반하여 -20℃에서 냉동 처리한 시료는 급격히 그 활성이 저하하는 것으로 나타났다.

이와같은 결과는 물리적인 처리와 이에따른 온도 상승에 의해서 Protease의 활성화가 가중되어 Ca-ATPase 활성의 저하를 더욱 촉진 시켰기 때문인 것으로 사료되었다.

Fig.10에는 백색어종인 명태를 fig.9와 같이 처리하여 근원섬유 Ca-ATPase 활성을 측정한 결과이다. 명태의 경우는 hammermill로 처리한 시료에 있어서 냉동온도와 관계없이 대조구 보다 전체적으로 높은 활성을 나타내었으며, 특히 -80 및 -40℃ 온도구에서 처리한 시료는 대조구 보다 월등히 높은 활성을 나타내었다. 한편, masscolloider에 의한 마쇄물의 Ca-ATPase활성은 대조구 보다 약간 높거나 같은 수준의 활성을 나타내었으며 Hammar mill로 처리한것 보다는 매우 약한 활성을 나타내었다.

전형적인 백색어종 으로서 한대성 어종에 속하는 명태의 경우는 단백질의 온도안정성에 있어서 매우 불안정한 것으로 알려져 있다. 정어리와 비교하여 온도안정성은 약 50배 정도 불안정하며 열에 의해 단백질이 변성하기 쉬우므로 시료의 선도 유지를 위해서는 세심한 배려를 필요로하는 어종이다. 또한 명태는 혈액육이 많이 포함되어있는 정어리와 비교하여 내재하고 있는 Protease의 활성이 약한 것

으로 알려져있으며 따라서 Protease에 의한 단백질의 변성은 정어리 보다는 적은 것으로 사료된다. 명태의 경우 상온에서 해동한 대조구의 근원섬유 Ca-ATPase 활성 보다 hammermill로 처리한 시료가 상당히 높은 활성을 나타내었는데 이는 명태 근단백질의 온도안정성에 의한 것으로 사료되었다.

즉, 대조구는 상온에서 해동시키는 과정중에 온도의 상승과 함께 단백질(myosin)의 변성이 상당히 일어났을 것으로 사료되었다. 그러나 냉동처리후 hammermill로 분쇄한 시료의 경우는 분쇄한 후에도 영하의 온도를 유지하고 있었으며, 이와같은 결과가 근원섬유 Ca-ATPase 활성이 대조구 보다 상당히 높게 나타난 것으로 사료되었다. 한편, 분쇄한 시료를 다시 더욱 미세하게 masscolloider로 마쇄하였을 경우 대조구와 같은 수준의 Ca-ATPase활성을 나타내었지만 hammermill로 처리한 시료보다는 훨씬 낮은 수준의 활성을 나타내었다. 이는 hammermill 단독의 처리보다 hammermill로 처리한후 masscolloider로 처리하였을 경우 시료의 온도가 상당히 증가한점 또한 순간적인 마찰에 의한 온도상승 등을 고려하면 상기와 같은 결과는 당연한 것으로 사료되었다. 이상의 결과로 부터 명태와 같은 온도 안정성이 매우 불안정한 어종은 동결 시킨후 hammermill, masscolloider 등의 방법으로 처리하는 것이 원료이용 처리면에서 매우 유효할 것으로 사료되었다.

근조직에 있어서 정어리, 명태와는 상이한 평활근의 구조를 띄고있는 오징어를 동일하게 처리하여 측정한 근원섬유 Ca-ATPase 활성의 결과를 fig.11에 제시하였다. 오징어육의 근원섬유 Ca-ATPase 활성은 상온에서 해동한 대조구의 근원섬유 Ca-ATPase 활성과 hammermill 및 masscolloider에 의해서 분쇄 또는 마쇄된 시료의 근원섬유 Ca-ATPase 활성에 과의 차이는 인정되지 않았다.

지금까지 알려진 오징어 근육 단백질에 관한 연구에서 오징어는 myosin 그자체가 Ca 이온을 결합하는 능력이 있으며 이것은 다른 어류의 myosin에는 없는 성질의 하나인 것으로 밝혀졌다.

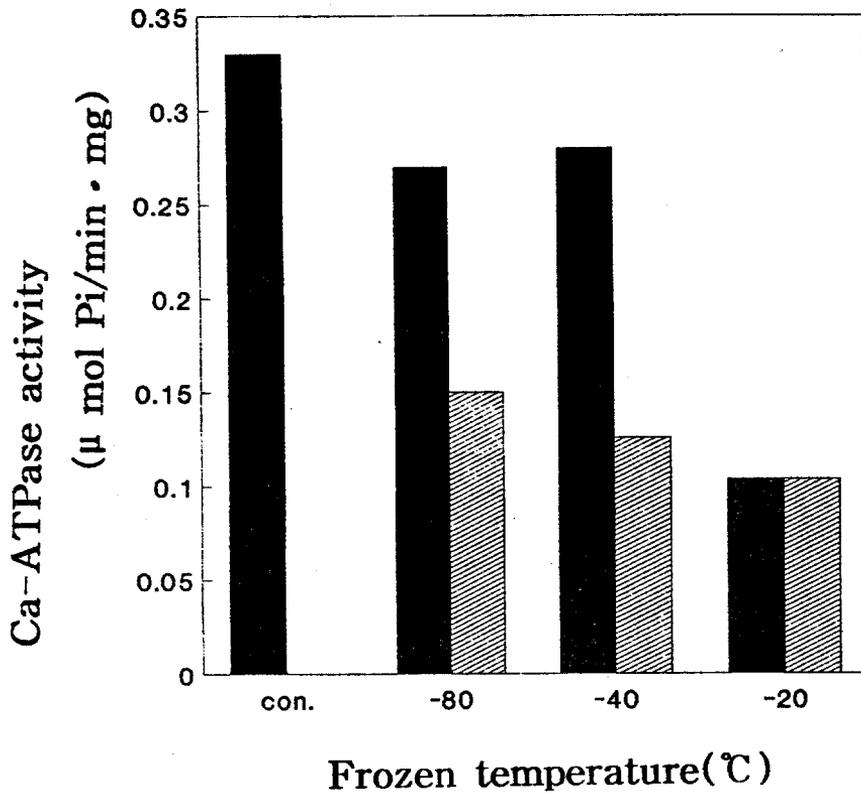


Fig.9. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from sardin shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature

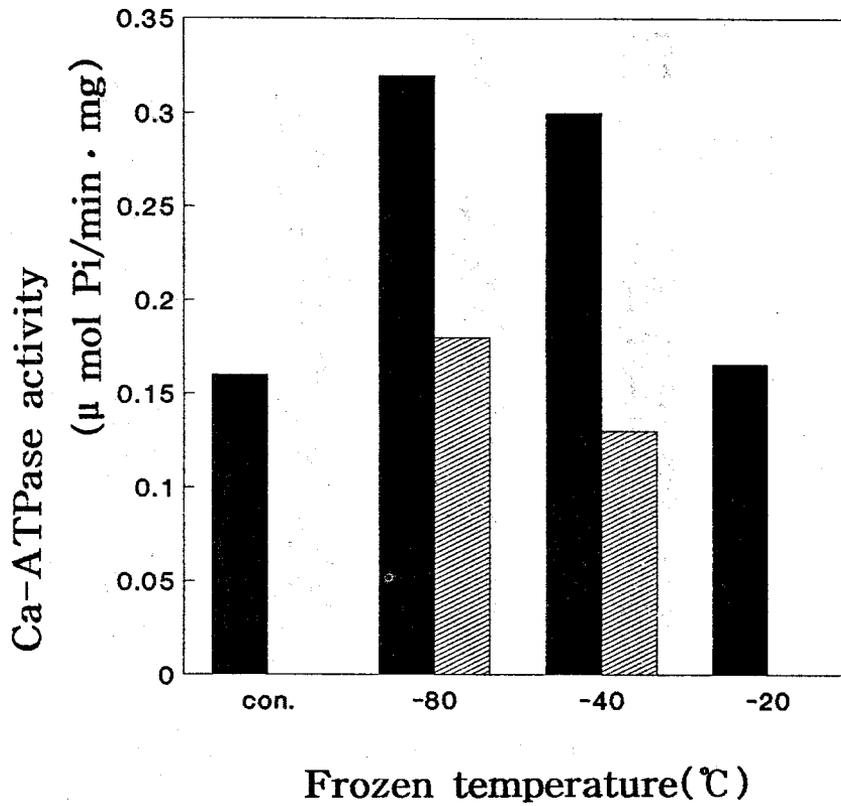


Fig.10. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from walleye pollack shattered using hammer mill (■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

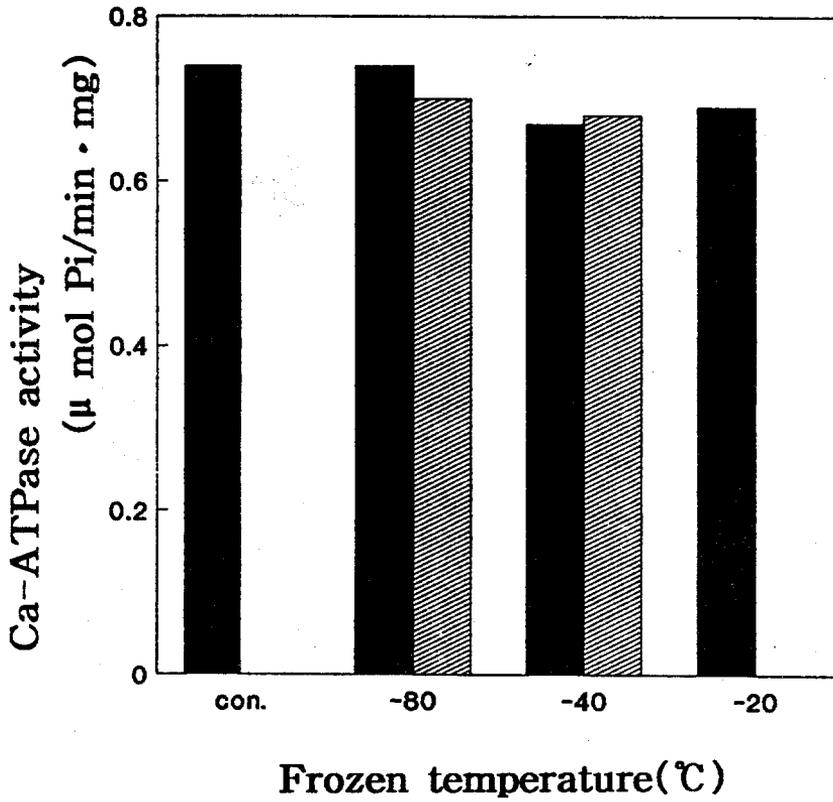


Fig.11. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from squid mantle muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

또한, Ca 이온의 결합에 의해서 단백질은 상당히 안정화 되는 현상을 나타내며 극히 소량의 Ca 이온(1mM)으로 단백질을 안정화 시키는데 충분한 것으로 밝혀졌다. Ca 이온의 유·무에 따른 단백질의 변성은 Ca 첨가에 의해서 약 50배의 차이를 나타내며 이는 정어리와 명태의 단백질의 온도안정성에서 보여주는 차이와 거의 같은 수준이다. 한편 본 실험 결과에서 밝혀진 것과 같이 오징어 근육내의 Ca 함량은 1.5mM정도가 포함 되어 있으며, Ca-ATPase 활성에서도 상온에서 해동하여 시료로한 대조구의 근원섬유 Ca-ATPase 활성과 hammermill 또는 masscolloider로 처리한 시료의 근원섬유 Ca-ATPase 활성이 거의 같은 수준인 것으로 미루어 보아 오징어의 근육단백질은 Ca에 상당히 안정한 것으로 사료된다. 더욱이 오징어는 난대성 어류로서, 한대성 어류 보다 온도 안정성이 높은것으로 알려져 있어 a 모든 처리구에 있어서 Ca-ATPase활성의 변화가 없는 것이 당연하리라 생각된다.

이상의 결과들을 요약하면 3어종의 냉동분쇄에 의한 단백질의 변화에 있어서 각기 다른 특성을 나타내었다. 적색육의 대표적인 어종으로서 정어리의 경우는 냉동분쇄에 의하여 자체내 protease를 활성화시켜 단백질의 변성을 유발시키며, 한대성이며 백색육인 명태의 경우는 서식환경으로 부터 유래되는 단백질의 온도안정성이 낮으므로 상온에서 해동시킨 대조구보다 저온하에서의 분쇄한 시료의 Ca-ATPase 활성이 높게 나타났으며, 또한 오징어의 경우는 대조구와 분쇄물의 Ca-ATPase활성이 거의 같은 수준인 것으로 보아, 온도안정성이 높은점, Ca 결합에 의한 단백질의 안정화 등이 인정되었으며 이와같은 결과가 각기 다른 3어종의 특이성인 것으로 사료되었다. 이와같은 결과로 부터 각각의 어종을 유효하게 이용하기 위해서는 상기와 같은 단백질의 특성을 파악하여 이용할 필요성이 있다.

즉, 정어리와 같은 적색 어종은 활성이 강한 Protease를 내포하고 있어 이에 관한 세심한 주의를 필요로하며, 명태는 처리온도, 오징어는 전체적으로 안정된 어종으로 판정되기 때문에 낮은 온도에서 처리하면 충분히 유효하게 이용할수 있을 것으로 사료되었다.

3 단백질의 subunit 조성의 검색

단백질의 성상은 생화학적, 물리화학적으로 여러 방법으로 분석할 수가 있지만, 대부분이 단백질 용액의 분석을 기본으로 하고 있다. 즉, 단백질을 가용화 하지 않으면 분석수단은 한정되어진다. 따라서 이들을 가용화 하기 위해서는 강한 산이나 알칼리 용액을 이용하면 되지만, 이와같은 강한 시약으로는 단백질이 분해되므로 여기에서 얻을 수 있는 정보는 한정되어진다. 그러나 SDS는 단백질을 효율적으로 가용화 할 수 있으며 분자량의 크기에 따라서 분리할 수 있어 단백질에 관한 여러 가지 정보를 얻을 수 있다. 한편, SDS의 작용은 Peptide쇄를 절단 분해하는 것이 아니며, subunit 구조를 갖고있는 단백질을 각 subunit별로 해리시키는 기능을 갖고 있다. 즉, subunit간의 결합은 수소결합, 정전결합, 소수성 상호작용 등에 의한 약한 결합에 의해서 유지되고 있기 때문에 SDS로 해리시킬 수 있다. 그러나 여러 처리조건에 따라 단백질의 결합은 Peptide 결합 또는 S-S 결합과 같은 강한 결합으로 이루어지는 경우도 있으므로 SDS만 으로는 절단 시킬 수 없다. 따라서 이와같은 강한 결합을 절단하기 위하여 Urea, Mercaptoethanol과 같은 시약을 이용하여 각 subunit별로 절단하게 되는데 Urea의 역할은 단백질의 가용화를 촉진시키는 작용, Mercaptoethanol은 환원제로서 단백질중의 S-S 결합을 절단하는 작용이 있으며, 단백질을 가용화 하기 쉽게 이와 같은 시약을 첨가하여 사용하는 기술이 최근 개발되었다.

한편, 상기와 같은 방법으로 가용화시켜 SDS-PAGE에 의해서 각 subunit의 변화를 분석하면, 시료의 처리방법에 따른 변화를 상세히 검토할 수 있다. 즉, Protease에 의한 단백질의 분해, 단백질의 화학적 처리 및 가열에 의해 생성되는 강한 결합체의 Polymer 등의 해석이 가능하다.

따라서 본실험에 있어서도 상기와 같은 시약을 이용하여 각각의 냉동처리후 분쇄에 의한 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화를 검토하였다.

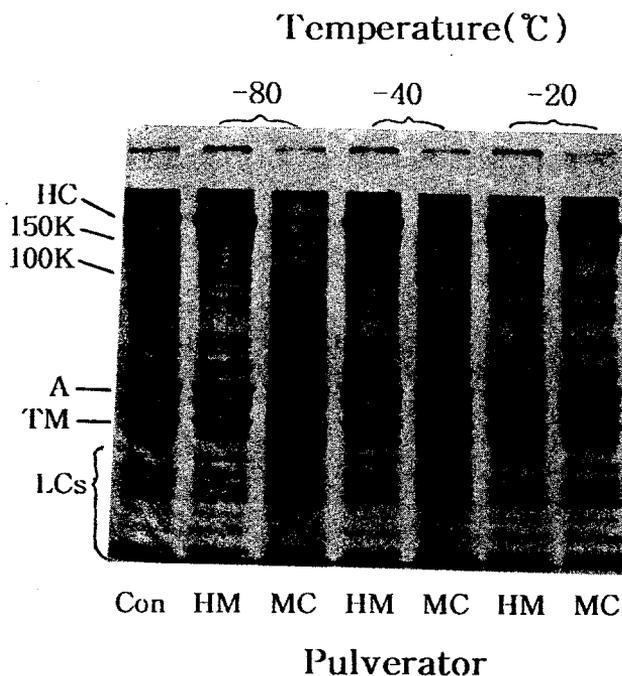


Fig.12. SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein in sardin muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con; thawed at room temperature.

HC; myosin heavy chain

A; actin

TM; tropomyosin

LCs; myosin light chains

Fig.12에는 정어리육을 각각의 온도에서 냉동시킨후 hammermill 및 hammermill로 분쇄후 masscolloider로 마쇄한 시료의 일부를 SDS-Urea-Mercaptoethanol으로 가용화한 근원섬유 단백질의 SDS-PAGE pattern을 제시하였다.

우선, 상온에서 해동시켜 채취한 대조구를 살펴보면 매우 복잡한 Pattern을 나타내고 있다. 여기에는 근육을 그대로 채취하여 SDS-PAGE에 이용했기 때문에 근원섬유 단백질 뿐만이 아니고 Phosphorylase, Glucose phosphate isomerase, Enolase, Creatin kinase 등과 같은 해당계 효소가 함께 검출되었기 때문으로 생각된다. 이와같은 성분을 제거하면 근원섬유의 주요 단백질인 분자량 약 20만의 myosin heavy chain과 분자량 약 4만2천의 actin 그리고 그외의 tropomyosin(약 3만4천), troponin-T(약 3만), myosin light chain(약 2만5천) 등의 고유의 Pattern이 관찰되었다.

한편 정어리육을 -80, -40, -20°C에서 냉동시킨후 hammermill로 분쇄하면 대조구와 비교하여 전체적으로 유사한 Pattern을 나타내었다.

이와 같은 결과는 fig.9에 제시한 것과 같이 Ca-ATPase에서도 대조구와 비교하여 hammermill으로 분쇄한 시료의 활성이 약간 낮은 수준이었으며, protease에 의한 단백질의 변성이 서서히 일어나고 있는 단계인 것으로 사료되었다. 이와같은 시료를 다시 masscolloider로 마쇄를 행하면 온도가 높을 수록 myosin heavy chain의 성분이 급격히 감소되는 경향을 보여주었으며, 이때의 Ca-ATPase 활성도 급격히 떨어지는 경향이였다. 즉, 적색육인 정어리의 경우 분쇄 또는 마쇄라고 하는 물리적인 힘을 가하면 순간적인 온도의 상승과 함께 Protease의 활성화가 일어나 단백질의 변성(Protease에 의한 단백질의 분해)을 유발시키는 것으로 사료되었다.

백색육의 대표적인 어종으로서 명태의 냉동 분쇄에 의한 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화를 fig.13에 제시하였다. 이결과에 의하면 상온에서 해동한 대조구와 hammermill 또는 masscolloider로 분쇄한 처리구에 있어서 근원섬유 단백

질의 subunit 조성의 차이는 인정되지 않았다. Ca-ATPase(Fig.10)에서는 대조구, hammermill 및 masscolloider 처리구에서 그 활성의 차이가 각기 크게 나타남에도 불구하고 SDS-PAGE 상에서는 그변화가 인정되지 않은 것은 정어리육과는 전혀 다른 어종의 특이성으로 사료되었다. 즉, 정어리의 경우는 분쇄과정에 의해서 Protease의 영향이 큰 것으로 사료되었으나, 백색육이며 Protease의 활성이 약한 명태육은 한대성에 속하는 어종이므로 온도 안정성에 있어서 매우 불안정한 어종으로 알려져 있으며 Protease에 의한 단백질의 변성 보다는 온도에 의한 단백질의 변성이 우선적이었기 때문으로 사료되었다.

Fig.14에는 정어리 및 명태와는 근조직이 상이한 평활근의 구조를 띠고있는 오징어의 냉동분쇄에 의한 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화를 나타내었다. 평활근의 특징은 골격근에서는 찾아 볼수 없는 분자량 약 110만의 paramyosin이 존재하는 것으로 알려져 있다. 오징어의 경우 masscolloider로 마쇄 하였을때 약간의 myosin heavy chain이 감소 현상을 나타내는 것을 제외하면 대조구와 비교하여 큰변화는 관찰되지 않았다. 오징어는 단백질의 온도안정성에 있어서 매우 안정한 것으로 알려져 있으며 또한 Ca 이온에 의해서 단백질이 안정화되는 성질을 보유하고 있어 다른 2어종과 비교하여 가장 안정된 것은 당연한 결과로 추론된다. Fig.11에 제시한 Ca-ATPase 활성에서도 각처리구에 대한 차이는 없었다.

이상은 fig.9, 10 및 11에 제시한 Ca-ATPase 활성의 결과를 지지해 주는 결과였다. 즉, hammermill, masscolloider등의 처리에도 불구하고 3어종간에는 각기 상이한 특성을 나타내었다. 적색육인 정어리의 경우는 분쇄 또는 마쇄에 의해서 Protease의 활성을 유발시켜 단백질을 변성(품질의 저하) 시키는 특징을 갖고 있었으며, 단백질의 온도 안정성이 불안정한 명태는 상온에서 해동시킨 대조구 보다 hammermill 및 masscolloider로 처리한 시료가 단백질의 변성이 훨씬 적은 것으로 부터 온도에 의한 단백질의 변성이 우선적으로 일어나는 특징이 관찰되었다.

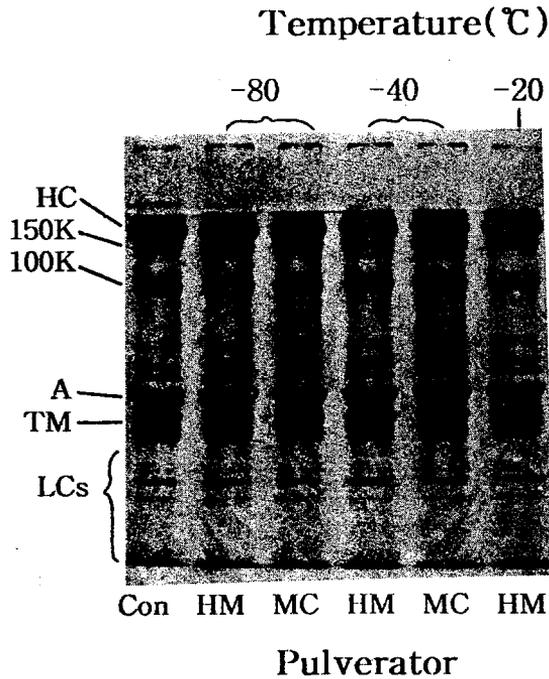


Fig.13. SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein in walleye pollack muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con; thawed at room temperature.

HC; myosin heavy chain

A; actin

TM; tropomyosin

LCs; myosin light chains

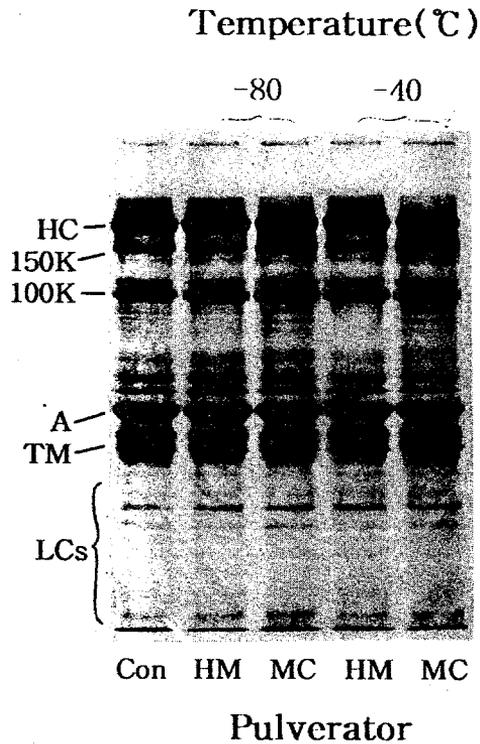


Fig.14. SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein in squid mantle muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con: thawed at room temperature.

HC: myosin heavy chain

A: actin

TM: tropomyosin

LCs: myosin light chains

한편, 오징어육의 경우는 단백질의 온도 안정성이 높은점, Ca에 의한 단백질의 안정화 등이 각 처리구에 있어서 단백질의 변성이 거의 일어나지 않았던 것으로 사료되었다.

4 Protein solubility

일반적으로 단백질의 염에 대한 용해도는 단백질 변성 정도의 지표중의 하나로써 이용하여 왔다. 그 이유는 단백질 중의 주요 단백질인 myosin, actin 등은 염용성 단백질로서 변성 정도에 따라 해리되는 정도가 틀리는 성질을 갖고 있기 때문이다. 즉, 단백질의 변성이 심하게 일어났을 때에는 염용성 단백질의 해리가 원활히 일어나지 못하며, 단백질의 변성이 적을 경우는 해리가 잘 일어난다.

Fig.15에는 이와같은 원리를 이용하여 정어리 분쇄물의 근원섬유 단백질의 염(0.6M NaCl)에 대한 용해도를 측정하여 그 결과를 제시하였다. 우선 대조구(상온해동)의 염용성 단백질의 용해도를 살펴보면 약 70% 정도의 높은 용해도를 나타내었으나 각온도에서 냉동후 hammermill 또는 masscolloider로 분쇄한 염용성 단백질의 용해도는 약15% 정도의 용해도를 나타내고 있어 hammermill 또는 masscolloider의 분쇄로 인하여 단백질의 변성이 많이 일어난 것으로 사료되었다. 이와같은 결과를 SDS-PAGE법으로 근원섬유 단백질 중의 어떠한 성분이 해리되어 검출되었는지 검토하여 fig.16에 제시하였다. 이 결과에 의하면 상온에서 해동한 대조구의 경우는 다량의 myosin heavy chain, actin, tropomyosin, myosin light chain 등이 검출 되었으나, hammermill 또는 masscolloider로 분쇄한 시료의 있어서는 상기의 주요 단백질이 소량 밖에 검출되지 않았다. 이와같은 결과는 앞서 제시한 Ca-ATPase, 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 결과와 일치하였으며 앞서 제시한 결과를 강하게 지지하는 결과였다. Fig.17은 명태육의 각각의 분쇄에 의한 근원섬유 단백질의 염용성 단백질의 용해도를 나타내었다.

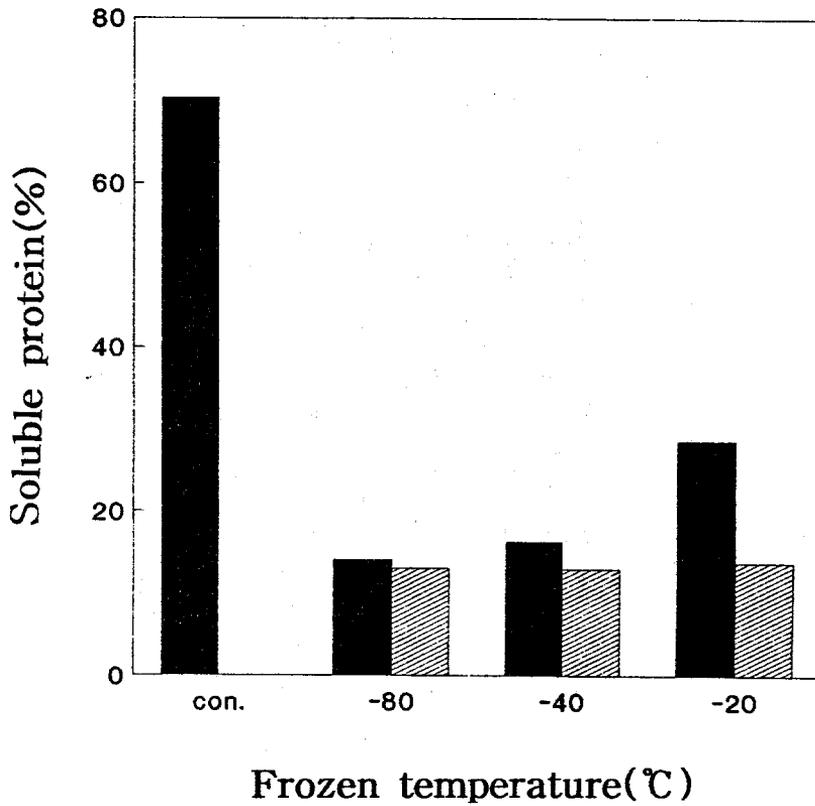


Fig.15. Changes in solubility for 0.6M NaCl of myofibrillar protein prepared from sardin muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider (▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

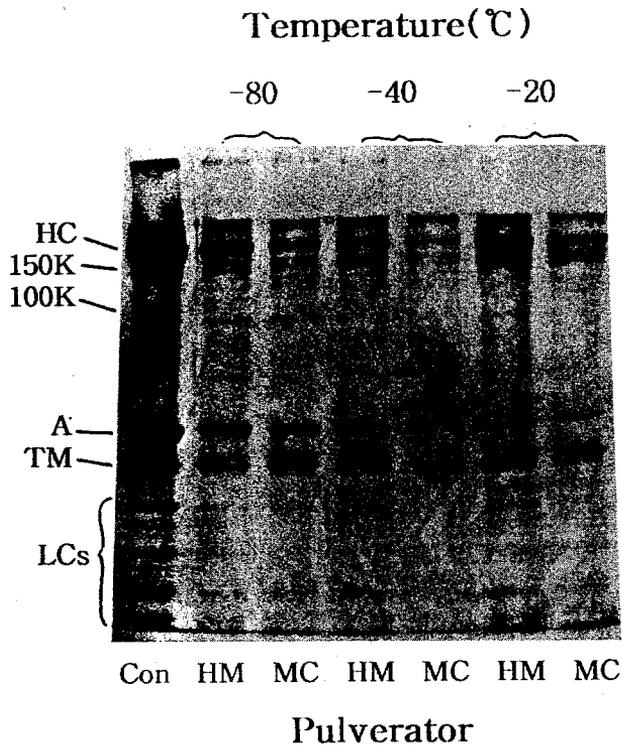


Fig.16. SDS-PAGE profiles of protein extracted by 0.6M NaCl buffer from myofibrils isolated from sardin muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con: thawed at room temperature.

HC; myosin heavy chain

A: actin

TM: tropomyosin

LCs: myosin light chains

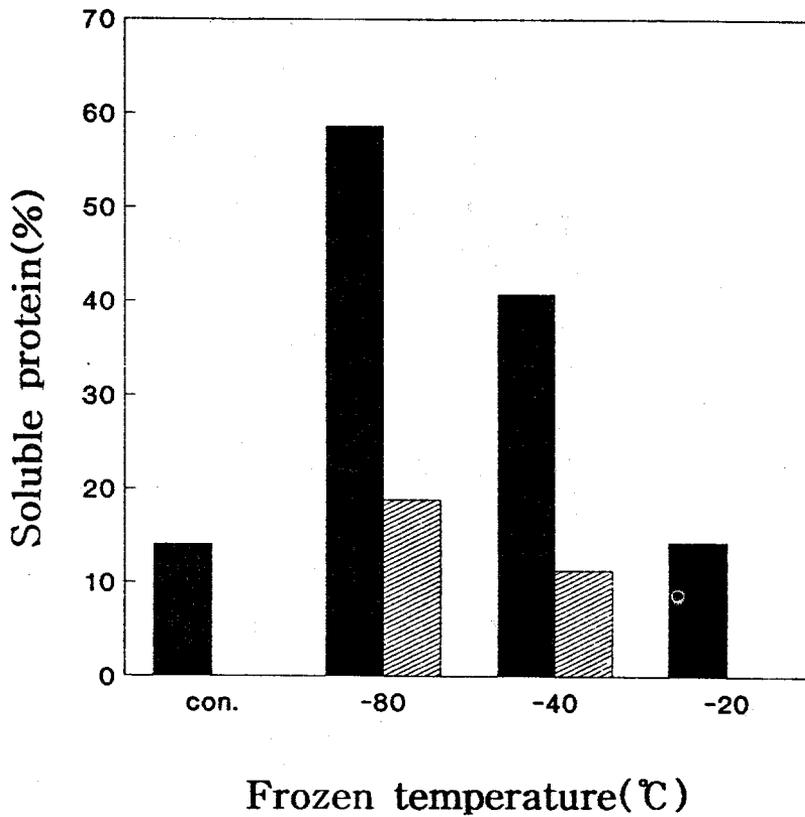


Fig.17. Changes in solubility for 0.6M NaCl of myofibrillar protein prepared from walleye pollack muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider (▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

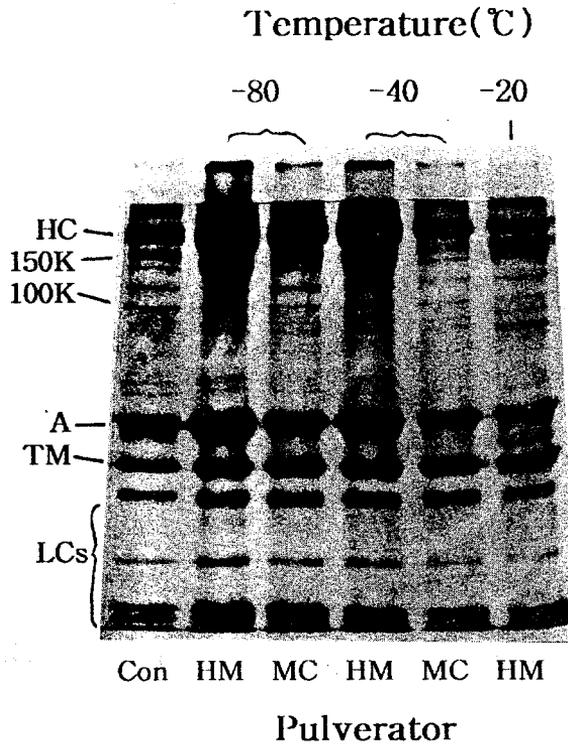


Fig.18. SDS-PAGE profiles of protein extracted by 0.6M NaCl buffer from myofibrils isolated from walleye pollack muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con: thawed at room temperature.

HC: myosin heavy chain

A: actin

TM: tropomyosin

LCs: myosin light chains

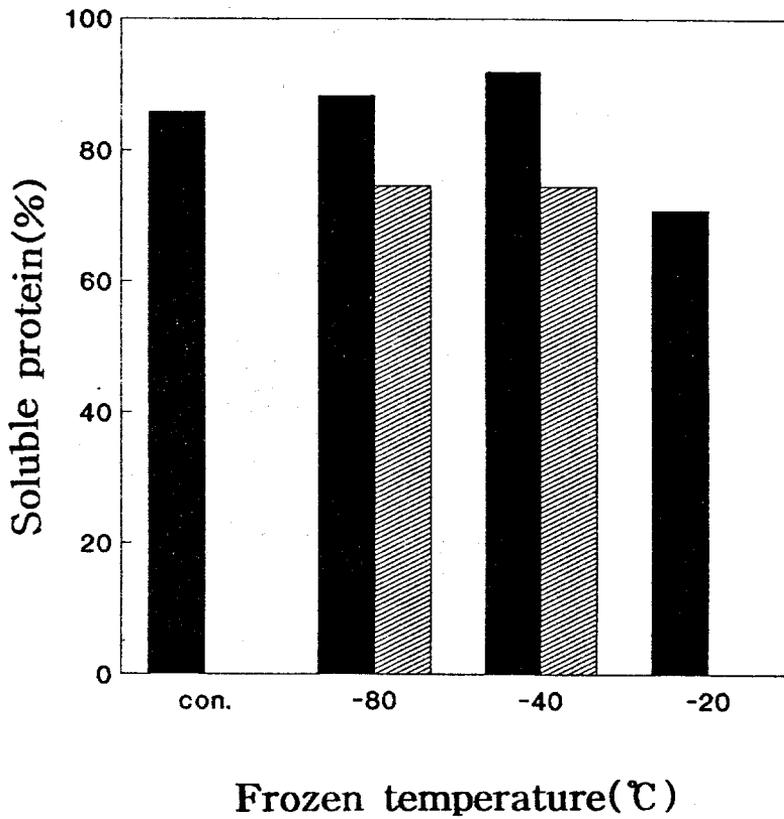


Fig.19. Changes in solubility for 0.6M NaCl of myofibrillar protein prepared from squid mantle muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider (▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

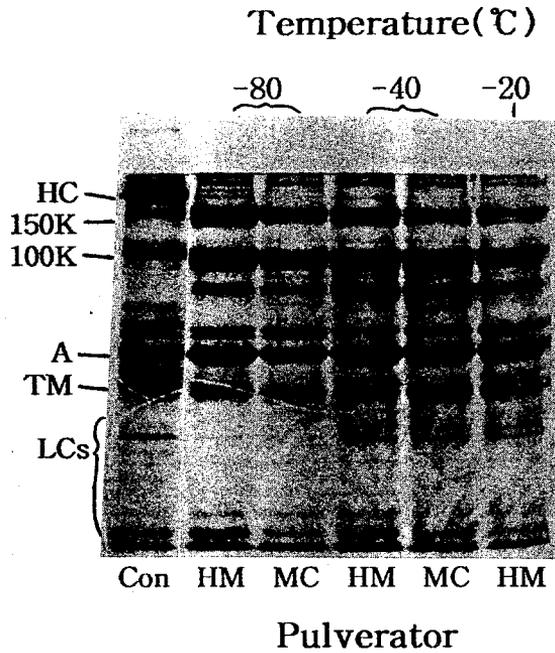


Fig.20. SDS-PAGE profiles of protein extracted by 0.6M NaCl buffer from myofibrils isolated from squid mentle muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Con; thawed at room temperature.

HC; myosin heavy chain

A; actin

TM; tropomyosin

LCs; myosin light chains

명태육의 용해도는 정어리와는 상이한 결과였다. 즉 상온에서 해동한 대조구는 약 15% 정도의 용해도를 나타내는데 반하여 동결후 hammermill으로 분쇄한 경우의 용해도는 -80℃에서 동결한 시료의 경우 약 60%를 나타냈으며, -40℃에서는 약 40%를 나타내었고, -20℃에서는 약 15% 정도의 용해도를 나타내었다. 한편 hammermill으로 분쇄후 masscolloider로 마쇄를 하면 -80℃에서는 약 18%, -40℃에서는 약 12%의 용해도를 나타내었다. 이와같은 결과는 명태육의 경우 대조구보다 hammermill으로 분쇄한 시료가 단백질의 변성이 적은 것을 의미하며 앞서 Ca-ATPase 및 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화의 결과로부터 제시한 한대성 어종의 온도 의존성의 추론을 강하게 지지하는 결과였다.

Fig.18에는 fig.17으로 부터 얻은 결과를 SDS-PAGE로 분석하여 검토한 결과를 제시하였다. 이결과 에서도 fig.9와 같은 경향을 나타내었으며 용해도가 높을 수록 근원섬유의 주요단백질인 myosin heavy chain, actin, tropomyosin, myosin light chain 등이 다량 검출되었다.

Fig.19에는 오징어육의 냉동마쇄에 의한 염용성 단백질의 용해도를 나타내었다. 이결과에서는 처리조건에 따라 약간의 차이는 있었지만 전체적으로 70% 이상의 높은 용해도를 나타내었다. 한편, Fig.20에는 SDS-PAGE에 의한 가용화 성분을 분석하여 그 결과를 제시하였다. 상온에서 해동한 대조구의 경우는 전형적인 근원섬유 단백질의 Pattern을 나타내고 있으나, hammermill 및 masscolloider에 의한 분쇄물에 있어서는 약간 다른 Pattern을 보여주었다. 즉, hammermill 및 masscolloider로 처리하여 근원섬유를 추출한후 0.6M NaCl의 용액으로 단백질을 가용화 시키면 근원섬유의 주요 단백질인 myosin heavy chain의 성분은 거의 검출되지 않았으며, myosin heavy chain의 분해산물인 분자량 150K 및 100K에 상당하는 성분이 대량 검출 되었다. 이와같은 결과는 분쇄물의 염에 대한 용해도를 조사하기 위하여 고농도 염의 첨가에 의한 단백질의 변성이 촉진 되었기 때문으로 사료되었다.

즉, 오징어 근원섬유의 변성은 염에 의해서 촉진되며 NaCl 농도 0.1M과 0.6M에서의 단백질의 변성 정도를 비교하면 약 500배 정도 고염농도하에서 빠르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 또한 어종에 따라서 염의 영향을 받는 염감수성이 다르며 특히 오징어의 경우가 염감수성이 매우 큰것으로 알려져 있다. 염의 첨가에 의한 단백질의 불안정화는 근원섬유 안에서는 myosin과 actin이 결합하여 안정화되어 있지만 고염농도하에서는 myosin과 actin이 해리되어 actin이 우선적으로 변성하여 myosin을 보호할수 없기 때문으로 설명되고 있다. 다시 말하면 저농도염의 조건하에서는 actin이 변성하지 않기 때문에 myosin이 보호를 받아 변성을 저지시키는 것이 된다. 만일 그렇다고 한다면 오징어의 경우는 염농도를 상승 시켰을 때에 변성이 빨리 진행된다고 하는 것보다 염농도가 생리적인 조건하에서는 Ca이 actin에 의하여 보호작용을 강조하고 있다는 생각이 타당할 것으로 사료된다. 실지로 fig.14에 제시한 것과 같이 염이 첨가되지 않은 근원섬유 단백질의 subunit 조성은 오징어 근원섬유 단백질의 전형적인 Pattern을 나타내고 있다.

5. 마쇄물의 무기질 함량

Table 6. Mineral components of crushed meat by cryogenic crushing and fillet unit : mg%

samples	minerals				
	Ca	P	Fe	Mg	Na
Crushed sardine	184.40	246.69	0.61	21.09	100.35
Crushed pollack	246.56	264.89	0.18	20.77	106.09
Crushed squid	6.36	200.29	1.08	13.10	203.09
Sardine fillet	31.18	180.71	1.73	20.13	89.31
Pollack fillet	28.50	121.17	0.17	19.11	65.89

본 실험에서는 실험목적상 선어를 전처리하여 냉동시키는 것을 원칙으로 했고, 오징어는 내장을 제거한 동육을, 명태와 정어리는 내장과 머리부위만을 제거하고 수세하여, 차후 냉동마쇄할 경우 어체끼리 붙지 않도록 개별적으로 냉동시킨 후 포장하여 보관하면서 마쇄실험을 실시하였다.

따라서 명태와 정어리는 뼈와 껍질등이 그대로 분쇄 및 마쇄원료로 사용되었으며 오징어도 탈피를 하지 않은 원료를 사용하였다. Table 6에는 이러한 원료들과 일상적으로 식용하는 필레, 즉 뼈가 포함되지 않은 원료간에 주요 무기질 성분을 분석해 보고자 하였다. 먼저 오징어분쇄육은 뼈 첨가에 대한 영향을 받지 않으므로 비교대상이 안되었으나, 정어리나 명태원료의 경우 Calcium 함량의 경우 대조구에 비해 6 - 8배 정도 높았으며 Phosphorus의 함량에 있어서는 30 - 120% 가 증가 되었고, sodium 함량의 경우에 있어서도 정도차이는 다소 있지만

15 - 30% 수준의 증가폭을 보여 주고있는 결과로 나타났다. 이 결과를 토대로 Ca 및 P 성분이 체내에 어떤 형태로 흡수가 되는지의 실험이 수반된다면 최근의 골다공증 및 연골증등의 현상에 별치이외의 식품으로서 공급효과도 기대할 수 있을것으로 사료된다.

한편 본 냉동 마쇄물에 풍부하게 함유 되어 있는 무기질 특히 칼슘의 체내흡수는 본 연구에서는 검토되지는 않았으나 명태와 정어리의 마쇄물은 일반적으로 필레와 달리 육질부와 뼈를 동시에 분쇄 및 마쇄한 것으로 이들 마쇄물내에는 근육의 뼈에서 유래된 무기물이 다량 함유된 특징이 있다. 본 연구에서는 어육의 무기물중 기능적으로 중요한 동시에 주성분인 Ca 및 P 함량을 측정한 결과 뼈의 경우 명태 Ca: 218.06mg%, P:143.72mg%, 정어리 Ca:153.22mg%, P:65.98mg%, 근육부분은 명태 Ca: 28.5 mg%, P:121.17mg%, 정어리 Ca:31.18 mg%, P:180.71mg%로 나타나 동결마쇄물은 뼈가 포함됨으로서 Ca과 P의 함량이 상당히 증가되고 있음을 확인할 수 있었다.

이와 같은 Ca 및 P는 적당한 골격발달에 절대적으로 필요할 뿐만 아니라 Ca의 경우 혈액응고, 근육수축과 이완, 세포막 투과성, 효소의 활성화, 신경전달 등의 생리작용을 하며 P의 경우에는 포도당과 글리세롤과 결합함으로써 이들의 장내흡수를 촉진하고 세포막 및 신경조직의 물질을 구성하는 동시에 혈액내 산,알칼리에 대한 완충작용등 중요한 생리작용을 하는 물질로 알려진 중요한 물질로 알려져 있다.

그러나 Ca의 체내 흡수관계는 피틴산염, 지방산염, Ca 및 P의 비율관계, 유당의 존재여부, 아미노산 및 철분이나 마그네슘 등과의 염 형성 등 식이적 요인과 존재 형태 및 갑상선호르몬, 칼시토닌, 비타민 D3 등의 내부적 요인에 의해 달라지고 P의 경우에는 Ca 및 P의 비율이 이의 흡수 및 배설에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

그런데 명태와 정어리 근육유래의 Ca 및 P는 대부분 이온이나 단백질과 결합한

형태로 존재하고 있어 체내에서 용이하게 흡수될 것으로 전망되고 있다. 한편 뼈에서 유래된 Ca 및 P는 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$ 의 불용성 염의 형태로 존재하고 있어 근육 유래의 것들과 달리 낮은 용해성과 적절한 해리능이 약한 관계로 체내 흡수력이 떨어질 것으로 생각된다. 그러나 이들의 구체적인 흡수관계는 이상에서 언급한 주요인들에 의해 달라질 수 있으므로 이에 대한 구체적인 연구가 필요하다고 사료된다.

6. 선택

제품의 선택은 선택계(Model NO. UC 600IV, Japan Yasuda Seiki Ltd)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)를 조사하였다. 각 색도값의 해석은 L값이 높을수록 명도의 증가경향을 나타내고 a값이 높으면 적색, 낮으면 녹색으로, b값이 높으면 황색 낮으면 청색으로 변화됨을 의미하며 ΔE 값은 표준백색판과 비교한 제품의 선택차를 나타낸 것으로서 ΔE 값이 높으면 전반적으로 선택이 어두워짐을 나타내고 낮으면 밝아짐을 나타낸다.

ΔE 값은 $(L-L')^2 + (a-a')^2 + (b-b')^2$ 제곱, 이 전체값의 루트로 표시할 수 있으며 이때 L, a, b는 표준백색판의 값(고정치: $L=89.2, a=0.921, b=0.28$)이며 L', a', b'는 제품의 선택값이다.

제품의 선택은 햄머밀링이 된 분쇄물일때의 선택 그리고 매스콜로이다를 통과한 후의 선택으로 분석을 하였다. 식품의 선택은 맛 이전에 소비자의 선택에 가장 민감한 부분이므로 냉동분쇄된 후의 색과 냉동마쇄된 후의 색을 조사하여 보았다. 대체적으로 냉동분쇄가 된 후의 분쇄물은 급격히 산소와의 접촉으로 인하여 산화되어 갈변된다. 따라서 냉동분쇄된 분쇄물의 선택조사시 분석되는 동안에도 갈변되어 일률적인 결과를 얻기가 어려웠으므로 분쇄물의 색도측정시 시료검사 시간을 일정하게 고정된 후 검사하였다.

- 20℃의 경우에는 정어리만이 분쇄 및 마쇄가 가능하였으므로 조사 하여본

결과 명도 및 적색도, 황색도는 줄어들었고 갈변도는 늘어난 결과로 나타나 열변성에 의한 비효소,산화적 갈변현상의 대표적인 결과로 보여진다. -40℃와 -80℃의 경우에 있어서는 정어리, 명태 및 오징어순으로 결과가 정리되어 있다. -40℃의 경우에는 정어리의 갈변도가 가장 높은 결과를 나타냈으며 오징어의 경우 냉동분쇄물의 경우에는 정어리의 적색도와 황색도가 가장 높게 나타났고 냉동마쇄물의 경우에는 오징어의 적색도가 가장 높게 나타났다. 명태의 경우는 냉동분쇄시의 명도보다 냉동마쇄시의 명도가 더 낮게 나타났는데 이것 역시 비효소적 갈변반응이 열에 의해 촉진되었을 것으로 생각된다.

한편 -80℃의 분쇄물의 경우 정어리는 적색육인 관계로 적색도,황색도 및 갈변도가 가장 높았고 오징어는 명도가 매우 높아 근육의 특성이 잘 나타났으며 적색도와 갈변도가 매우 낮은 결과를 보여 주었다. 그러나 명태의 경우 정어리의 명도보다는 당연히 높았고 적색도 및 갈변도 역시 상대적으로 낮은 결과를 보여 주었다. 냉동마쇄물의 경우를 살펴보면 냉동분쇄물의 경우와 달리 명도와 갈변도가 모두 증가하고 감소하여 표에서 보는바와 같이 전어종 공히 유사한 결과를 보여 주었으며 적색도의 경우 오징어의 경우 탈피처리를 하지 않았으므로 표피색인 옴모크롬의 색택이 발현하여 적색도가 높았다.

결국 냉동온도가 분쇄에 미치는 색택의 영향은 유의적으로 동결온도가 낮을수록 분쇄물 근육의 색이 원료의 색과 근사하게 나타났으나 냉동분쇄 및 마쇄시의 표면적 확대에 의한 마찰열의 증가로 인하여 냉동마쇄에 있어서는 원료어류의 고유색택이 유지되지를 못한다. 따라서 냉동분쇄에 있어서 색택의 영향은 동결온도가 낮을수록 원료고유의 색택이 유지되는 분쇄물을 얻을 수 있으나 냉동마쇄물에 있어서는 마쇄시 발생하는 표면적 상승으로 인한 마찰열의 증가로 갈변현상이 야기되어 원료고유의 색택을 유지되기 어려운 것으로 판단이 되었다.

Table 7. Color characteristics of crushed fish meat by hammermill with different freezing temperature.

Freezing temp	Color	Fish species		
		Sardine	Pollack	Squid
-20°C	L	52.3	-	-
	a	3.9	-	-
	b	13.3	-	-
	ΔE	39.0	-	-
-40°C	L	33.3	50.6	53.1
	a	4.3	2.4	0.4
	b	9.2	8.9	5.6
	ΔE	56.6	39.4	36.3
-80°C	L	42.0	63.3	70.3
	a	6.9	2.0	0.1
	b	11.7	9.6	6.8
	ΔE	48.7	27.4	19.8

Table 8. Color characteristics of grinded fish meat by masscolloider with different freezing temperature.

Freezing temp	Color	Fish species		
		Sardine	Pollack	Squid
-20°C	L	43.5	-	-
	a	1.3	-	-
	b	10.2	-	-
	ΔE	46.6	-	-
-40°C	L	42.7	45.4	44.2
	a	1.5	2.0	5.4
	b	8.9	7.7	8.0
	ΔE	45.4	46.2	45.7
-80°C	L	44.5	43.4	44.2
	a	1.8	2.0	5.4
	b	8.9	7.7	8.0
	ΔE	45.4	46.2	45.7

제 3 절 가공 기능성

1. 유화능

냉동마쇄 생선육의 가공기능성을 확인하고자 근육단백질의 유화능력을 조사하고자 하였다. 단백질 원료가 안정된 유화상태를 유지하기 위하여 단백질 고유의 기능을 유지하고 있어야 하며, 구조단백질이 세포막 밖으로 흘러나와야 한다. 유화용량은 수용성 단백질이나 불용성 단백질은 아주 낮으나 염용성 단백질은 아주 높다. 결국 근육의 신선도에 따라 단백질의 추출성이 다르므로 유화능에 영향을 받게 된다. 한편 냉동분쇄와 냉동마쇄중에 온도의 영향은 앞에서 살펴 보았듯이 빙점이상으로 온도가 상승되지는 않았으나 근육단백질 자체의 가공기능성에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

본 시료는 1차로 냉동분쇄를 한 후의 분쇄물을 다시 마쇄를 하였기 때문에 hammermill이나 grinder로 인해 마찰열이 생기게 되므로 그로 인한 단백질 기능성에 저하가 우려되므로 냉동분쇄 및 냉동마쇄시료육을 원료로하여 단백질 유화용량을 조사하였다. 대조구(control)는 -20℃에서 냉동된 시료를 10℃에서 24시간 완만해동을 시킨 후의 fillet로 하였다.

정어리의 경우 대조구가 냉동분쇄 및 냉동마쇄육에 비해 다소 높게 나타났으며 냉동마쇄의 경우가 냉동분쇄의 경우보다 유화용량이 4 - 6% 수준으로 낮았다. 이것은 분쇄 및 마쇄과정에서 마찰로 인한 단백질의 열변성이 유화용량에 다소 영향을 준 것으로 보여진다. 그러나 명태의 경우 대조구 보다 유화용량이 전 구간에서 높았는데 이것은 명태육이 상대적으로 초기선도가 다소 좋지 않았던점과 근육의 선도가 일찍 변성이 되는 것으로 판단이 되며 특히 이러한 생선들의 가공에 냉동마쇄 및 냉동분쇄의 역할이 기대될 것으로 생각된다. 명태의 결과 -20℃에서는 -40, -80℃의 경우보다 유화용량이 약 15% 까지 차이가 나는 결과를 보여주었다. 그러나 40℃와 80℃의 차이는 전혀 없는 수준이었다. 오징어의 경우에 있어서는 -20℃ hammermill의 경우를 제외하고 냉동분쇄나 냉동마쇄를 실시한

처리구에서의 유화용량이, 저온 완만해동을 실시한 대조구 처리구보다 -40℃의 경우는 동일한 수치를 보여 주었으며 -80℃의 경우는 4 - 5% 높은 유화능을 보여 주었다.

결국 냉동분쇄 및 냉동마쇄에 따른 생선 단백질의 유화능은 오징어, 명태, 정어리 순으로 나타났다.

Table 9. Emulsion capacity of fish meat after cryogenic crushing.

unit : ml

Freezing temp	Crushing type	Fish species		
		Sardine	Pollack	Squid
-20℃	control	199.3(0.7)	146.8(1.0)	222.5(0.4)
	H.M*	191.5(0.8)	*150.3(0.6)	*202.5(0.5)
	M.C*	177.8(0.4)	-	-
-40℃	H.M.	194.5(1.1)	185.0(0.9)	222.(0.9)
	M.C.	183.0(0.6)	170.5(0.7)	221.3(0.6)
-80℃	H.M.	198.3(1.1)	183.8(1.4)	233.8(0.9)
	M.C.	189.3(0.7)	169.3(0.8)	238.4(1.3)

*HM:hammermill, MC:Masscolloider ; Not enough: -

() : standard deviation

2 보수력의 변화 및 Drip중의 단백질의 성분

시료의 가공 기능성 중의 보수력은 매우 중요하다. 그 이유는 가공하였을 때 수분을 얼마만큼 많이 보유할 수 있는가에 따라서 탄력성, 부드러움 등의 물성에 영향을 미치고 있기 때문이다. 또한 어육 단백질의 보수력은 어종 및 그 품질과의

관계에 있어서 매우 연관성이 깊으며, 특히 어육 단백질의 품질과 보수력과의 관계는 상관성이 매우 큰 것으로 되어있다. 즉, 어육 단백질을 소금같이 하여 가열에 의해서 형성시킨 겔의 보수력은 어육 단백질의 품질에 따라 단백질간의 상호작용이 틀리며 품질이 좋을 수록 단백질 간의 강한 상호작용에 의하여 겔을 형성하므로 matrix안에 갇혀져 있는 수분이 밖으로 유출되지 않아 탄력성 및 유연성을 유지할수 있다.

Fig.21에는 정어리를 hammermill 및 masscolloider로 분쇄한 시료의 가공 가능성을 알아보기 위하여 각각의 시료를 소금같이 한후 가열에 의하여 형성된 겔의 보수력을 조사하여 그 결과를 제시하였다. 이결과에 의하면 상온에서 해동한 대조구 및 hammermill과 masscolloider로 처리한 시료에 있어서 큰 차이는 나타나지 않았으며 약 80% 이상의 높은 보수력을 나타내었다. 생화학적인 지표(Ca-ATPase 활성, 단백질의 subunit 변화, 염용성 단백질의 용해도)에 의한 검토 결과에서는 대조구가 hammermill 및 masscolloider로 처리한 시료보다 단백질의 변성이 적게 나타났음에도 불구하고 본 실험 결과에서는 그 차이가 인정되지 않았다. 이와같은 결과는 정어리의 경우 적색육으로서 지방이 다량 포함되어 있으며(시기에 따라 다소 틀리나 약 7-15%)단백질과 지방간의 상호작용에 의한 것으로 사료되었다. 지방을 제거한 근원섬유 단백질의 용해도를 살펴보면 대조구와 비교하여 hammermill 및 masscolloider 처리구는 저하하는 현상을 나타냈고, Ca-ATPase 활성에서도 활성이 상당히 떨어진 것으로 보아 근육내에 포함되어 있는 단백질과의 친화력이 뛰어나 단백질 내에 지방이 골고루 분산되어 보수력에 있어서는 대조구와 크게 차이가 나타나지 않았던 것으로 사료되었다..

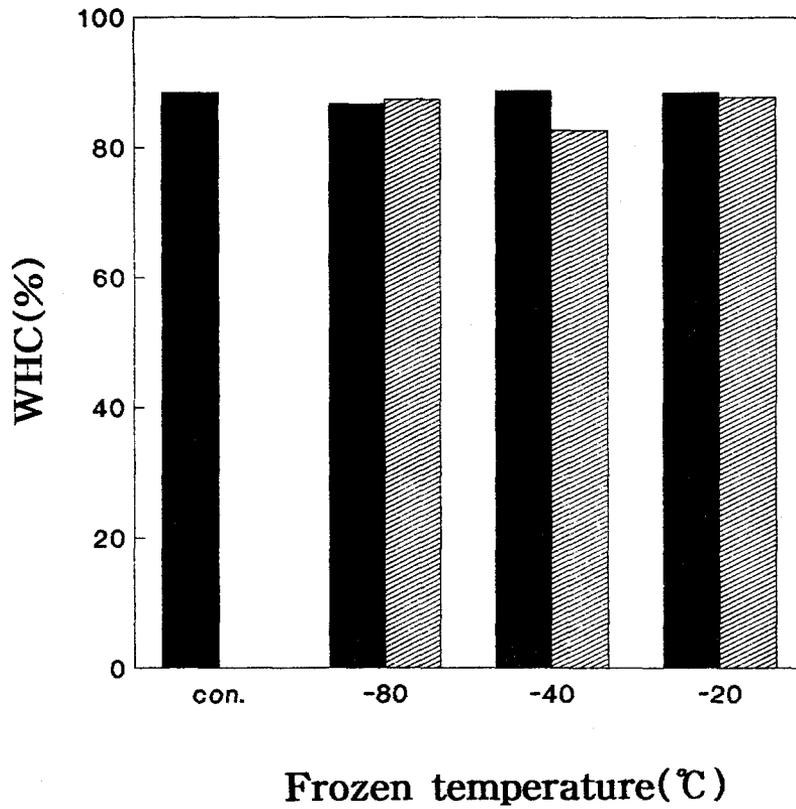


Fig.21. Changes in water holding capacity of gel prepared from sardin muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures. con; thawed at room temperature.

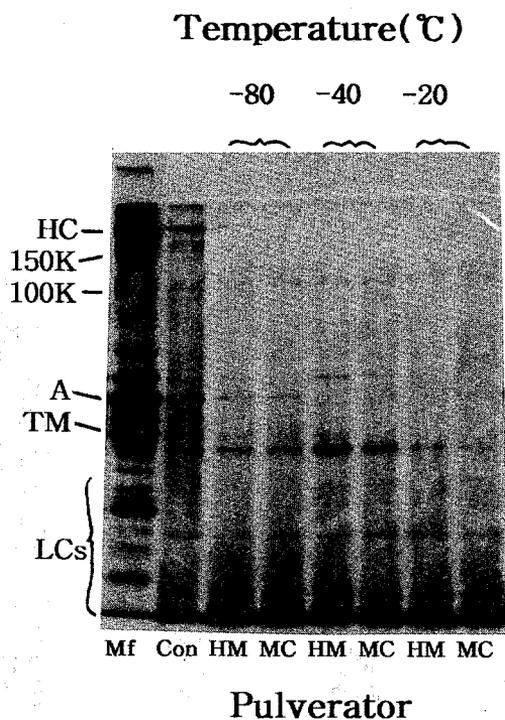


Fig.22. SDS-PAGE patterns of isolated protein by centrifugation of heating gel prepared from sardin muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Mf: myofibrillar protein

Con: thawed at room temperature.

HC: myosin heavy chain

A: actin

TM: tropomyosin

LCs: myosin light chains

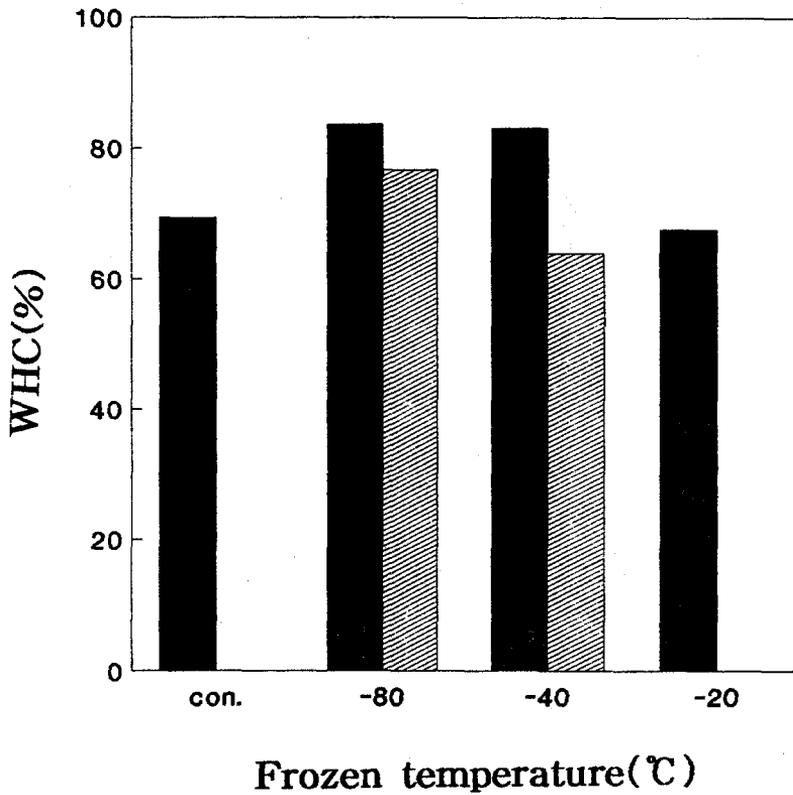


Fig.23. Changes in water holding capacity of gel prepared from walleye pollack muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures. con; thawed at room temperature.

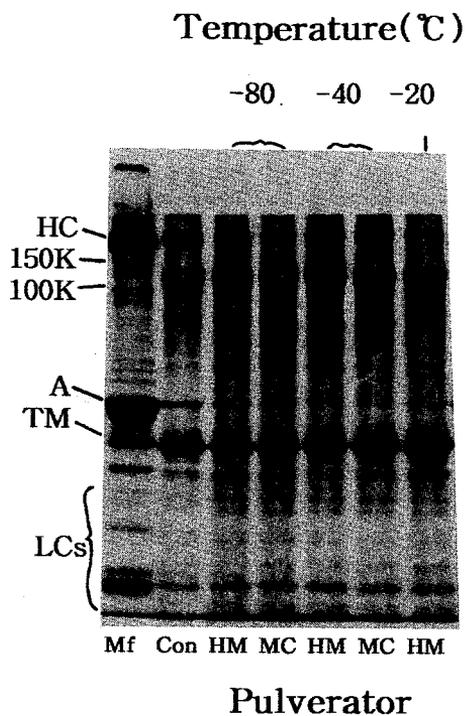


Fig.24. SDS-PAGE patterns of isolated protein by centrifugation of heating gel prepared from walleye pollack muscle shattered using hammer mill(HM) and masscolloider(MC) after frozen at various temperatures.

Mf: myofibrillar protein

Con: thawed at room temperature.

HC; myosin heavy chain

A: actin

TM: tropomyosin

LCs; myosin light chains

한편 보수력의 저하와 함께 생성되는 drip중에 포함되어 있는 단백질의 성분을 SDS-PAGE로 분석하여 그결과를 fig.22에 제시하였다. 이결과에 의하면 상온에서 해동 시킨 대조구를 제외한 모든 처리구에서는 10% polyacrylamide gel의 최저단에서 검출된 것으로 부터 protease에 의해서 분해된 산물들이 검출된 것으로 사료되었다. 이상의 결과는 앞서 제시한 hammermill 및 masscolloider에 의한 protease의 활성화의 추론을 지지하는 결과였다.

Fig.23에는 명태 분쇄물의 보수력을 측정하여 그 결과를 제시하였다. 상온에서 해동한 대조구는 약 70%의 보수력을 나타내었으나, -40°C 이하에서 냉동시킨후 hammermill로 분쇄한 시료는 약 85%의 -20°C 에서의 시료는 약 72%의 보수력을 나타내었다. 또한 masscolloider로 분쇄한 시료는 -80°C 에서는 약 80%, -40°C 에서는 약 70%의 보수력을 나타내었으며 온도가 높을 수록 보수력은 저하되는 현상을 나타내었으나 대조구와 비교하여 동등 이상의 보수력 이었다. 이와같은 결과는 명태의 경우 한대성 어종으로서 단백질의 온도 안정성이 매우 불안정 하므로 상온에서 해동한 대조구 보다 영하의 조건하에서 분쇄된 시료가 매우 안정되게 처리되었기 때문으로 사료되었다. 이상의 결과는 앞서 제시한 결과와 기본적으로는 같은 경향이였다.

한편, 보수력이 저하할때 발생하는 drip중의 포함되어 있는 성분을 검토하기 위하여 SDS-PAGE로 분석하여 그 결과를 fig. 24에 제시하였다. 이결과에 의하면 정어리와는 상이한 SDS-PAGE pattern을 나타내었으며 protease에 의해서 분해되었다고 사료되는 저분자 물질의 성분은 거의 검출되지 않았다. 즉, Drip중의 성분을 살펴보면 200K, 130K로 판단되는 성분이 약간 검출되었으며 대부분은 tropomyosin에 상당하는 성분이었다. 200K 및 130K에 상당하는 성분은 어디에서 유래된 성분인지 현시점에서는 판단할 수 없으나, tropomyosin은 그 성분이 수용성으로서 열에 대한 대성도 큰 것으로 알려져 있으며, 또한 겔화에 있어서 마이너 인자로 알려져 있으므로 Drip이 발생할 때에 함께 유출되는 것으로 사료되었다.

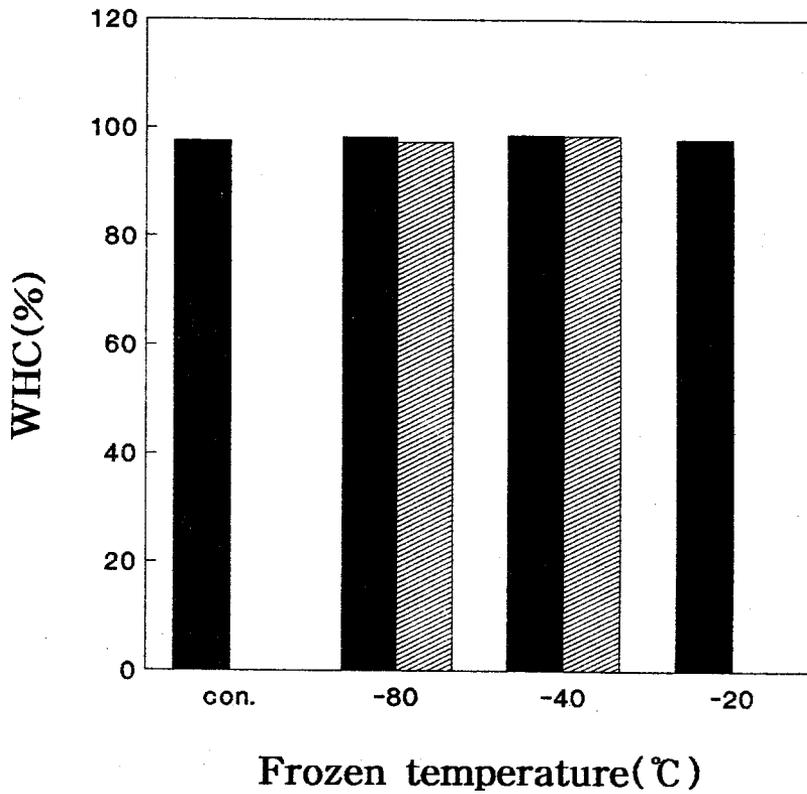


Fig.25. Changes in water holding capacity of gel prepared from squid mantle muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures. con; thawed at room temperature.

이와같은 결과는 Lee등의 Surimi로 부터 제조한 고기풀의 가열에 의해서 분리되는 Drip중의 성분 분석과 기본적으로는 같은 결과였다.

Fig.25에는 오징어의 냉동 분쇄물의 보수력을 측정한 결과를 제시하였다. 대조구, hammermill 및 masscolloider로 처리한 시료를 막론하고 전체적으로 95% 이상의 높은 보수력을 나타내었으며 시료 처리에 따른 보수력의 차이는 인정되지 않았다. 이와같은 결과는 Ca 이온에 의한 단백질의 안정화, 온도 안정성이 높은 점 등으로 충분히 설명될 것으로 생각되며 앞서 제시한 추론을 지지하는 결과였다. 한편, SDS-PAGE에 의한 Drip중의 성분분석은 거의 Drip이 발생하지 않았기 때문에 불가능 하였다.

3 겔 형성능

Fig.26에는 정어리의 냉동 분쇄물로 부터 제조한 가열겔의 파단강도를 나타내었다. 이결과에 의하면 상온에서 해동한 대조구는 약 750g의 파단강도를 나타내었으나 hammermill 또는 masscolloider로 분쇄한 시료의 파단강도는 400-500g 정도의 파단강도를 나타내었다. 이결과에서도 앞서 제시한 결과와 일치하는 결과였으며 hammermill 및 masscolloider로 분쇄 하였을때 Protease의 활성화가 일어나 단백질을 변성시키며 이와같은 결과가 겔형성능을 저하시키는 요인으로 사료되었다.

Fig.27에는 명태의 냉동 분쇄물로 부터 제조한 가열겔의 파단강도를 나타내었다. 상온에서 해동한 대조구 보다 hammermill에 의해서 분쇄된 시료로 부터 제조한 시료의 파단강도가 월등히 높은 점, 또한 masscolloider로 분쇄한 시료는 대조구와 비슷한 파단강도를 나타낸 점 등은 앞서 제시한 결과들과 유사하였으며, 명태의 온도 안정성의 추론을 지지하는 결과였다.

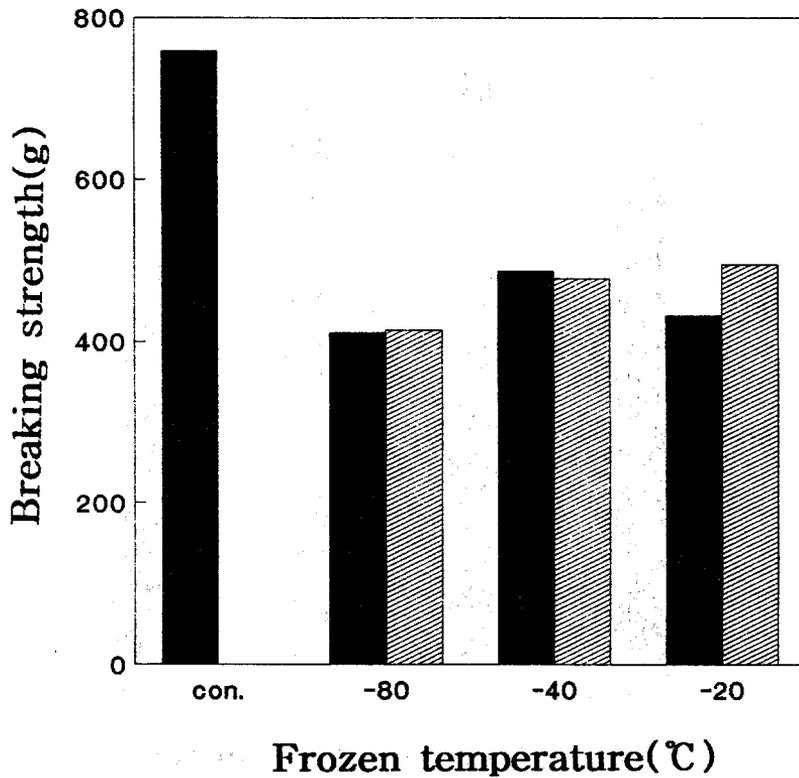


Fig.26. Changes in breaking strength of gel prepared from sardin muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

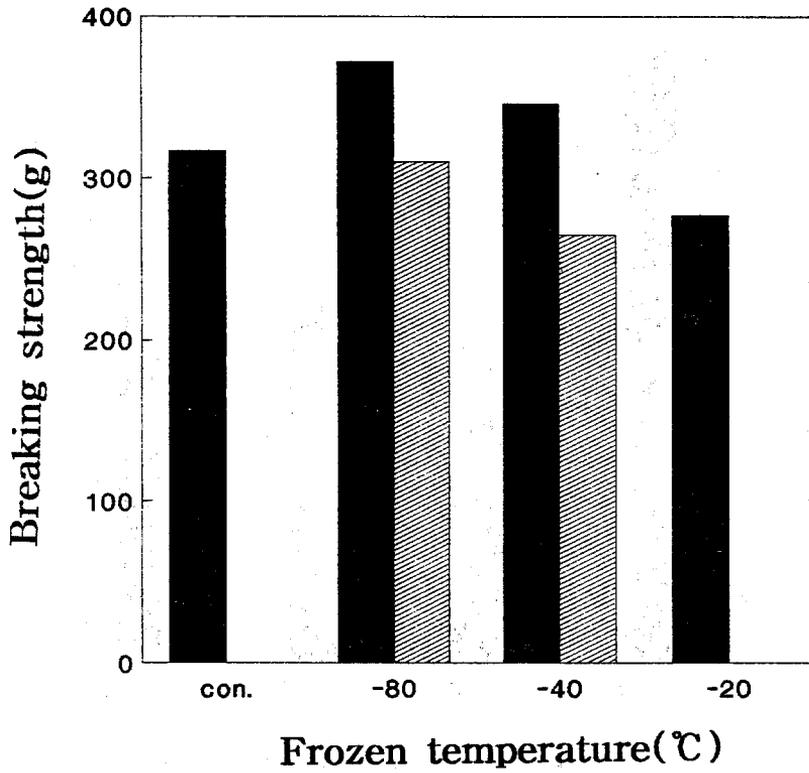


Fig.27. Changes in breaking strength of gel prepared from walleye pollack muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures. con; thawed at room temperature.

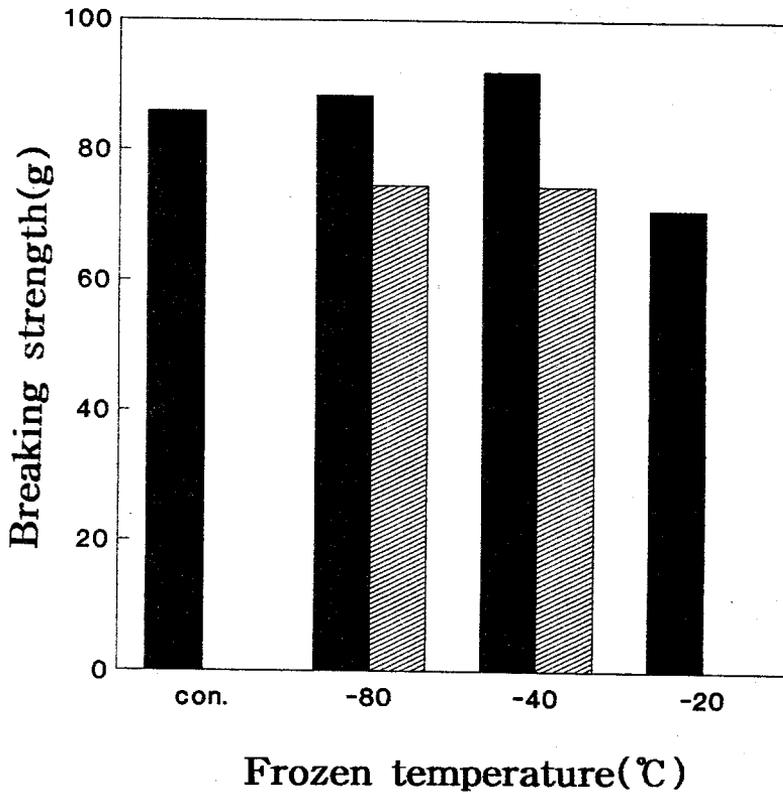


Fig.28. Changes in breaking strength of gel prepared from squid mentle muscle shattered using hammer mill(■) and masscolloider(▨) after frozen at various temperatures.

con; thawed at room temperature.

Fig.28에는 오징어 분쇄물로 부터 제조한 가열젤의 과단강도를 나타내었다. 오징어의 경우는 어떠한 처리구에 있어서도 전체적으로 대등한 과단강도를 나타내었으며 Ca 이온에 의한 단백질의 안정화, 온도 안정성의 높음 등으로 충분히 설명될 것으로 사료되며 앞서 제시한 결과들을 지지하였다.

제 4 절 연육의 제조 및 저장중 품질변화

1. 명태 분쇄육의 저장 중 단백질의 이화학적 변화

가. pH의 변화

명태 분쇄육을 0℃, -10℃, -20℃, -40℃ 및 -80℃에 저장시 측정된 pH의 변화를 조사하였다. 이 결과에 의하면 저장 초기(0day)의 pH는 7.03으로 중성이었으며, 0℃를 제외한 다른 온도에서는 저장 기간 경과에 따른 pH의 변화는 거의 인정되지 않았다.

일반적으로 생체 근육의 pH는 7.0~7.2의 중성을 유지하고 있으나 사후 pH는 급격하게 저하되는데 이와 같은 pH의 변화는 ATP의 분해로 인하여 생성되는 수소이온의 영향과 해당 작용에 의한 유산 생성(축적)이 주요인이라고 알려지고 있다. 그러나 본 실험 결과에서 명태 분쇄육을 -10℃이하의 온도에서 냉동 저장하였을 경우 거의 그 변화가 인정되지 않았는데 이와같은 결과는 냉동저장에 따른 어체의 사후 변화가 지연된 것으로 사료되었다.

한편, 0℃에서는 저장 기간이 경과함에 따라 pH가 7.8까지 급격히 상승되었는데 이것은 저장 중 미생물의 번식에 의한 부패가 서서히 진행된 결과라고 사료되었다.

나. Ca-ATPase활성 변화

근원섬유 단백질은 근수축에 관련되어 있는 단백질의 총칭으로서 그 주성분을 살펴보면 myosin(약 60%)과 actin(약 20%)으로 되어 있으며, 근수축을 위하여 필

요로 하는 에너지는 ATP를 효소적으로 가수 분해하였을 때 발생된 것을 이용하고 있다. 이러한 효소 반응을 행하는 위치는 myosin의 두부(head)이며 ATPase활성 발현에는 Ca, Mg, K 등의 이온이 관여하고 있다. 그러나 이들 금속이온 중 ATPase활성 발현에 있어서 actin등의 다른 단백질의 영향을 받지 않는 유일한 반응은 Ca-ATPase활성이 이용되고 있다.

명태 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성을 측정한 결과는 Fig.29 와 같다. 저장 초기 활성은 0.27이었으며, 저장 기간이 경과함에 따라 그 활성은 점차 감소되었다. 또한 이와같은 활성 감소는 저장온도가 높을 수록 급격하게 저하되는 경향을 나타내었다. 즉, 0°C의 경우 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성은 저장 2일 만에 0.14까지 활성이 저하되었으며, -10°C에서는 저장 10일째에, -20°C에서는 저장 20일째, -40°C는 60일이 경과되었을 때 0°C에서 2일 저장한 명태육의 활성과 같은 정도의 수치를 나타내었다. 또한 -80°C의 경우 저장한 지 140일이 경과되었음에도 불구하고 근원섬유 단백질의Ca-ATPase활성은 0.19로 다른 저장온도와 비교시 상당히 높은 수준의 활성을 나타내었다. 이와같은 결과는 저장온도가 낮을수록 단백질의 변성이 서서히 일어남을 시사하고 있다. 즉, 0°C를 기준으로하여 단백질의 온도 안정성을 살펴보면 -10°C는 약 5배, -20°C에서는 10배, -40°C에서는 30배, 그리고 -80°C에서는 적어도 100배 이상의 온도 안정성을 나타내고 있으며, 어육단백질의 변성과 저장온도와는 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 사료되었다.

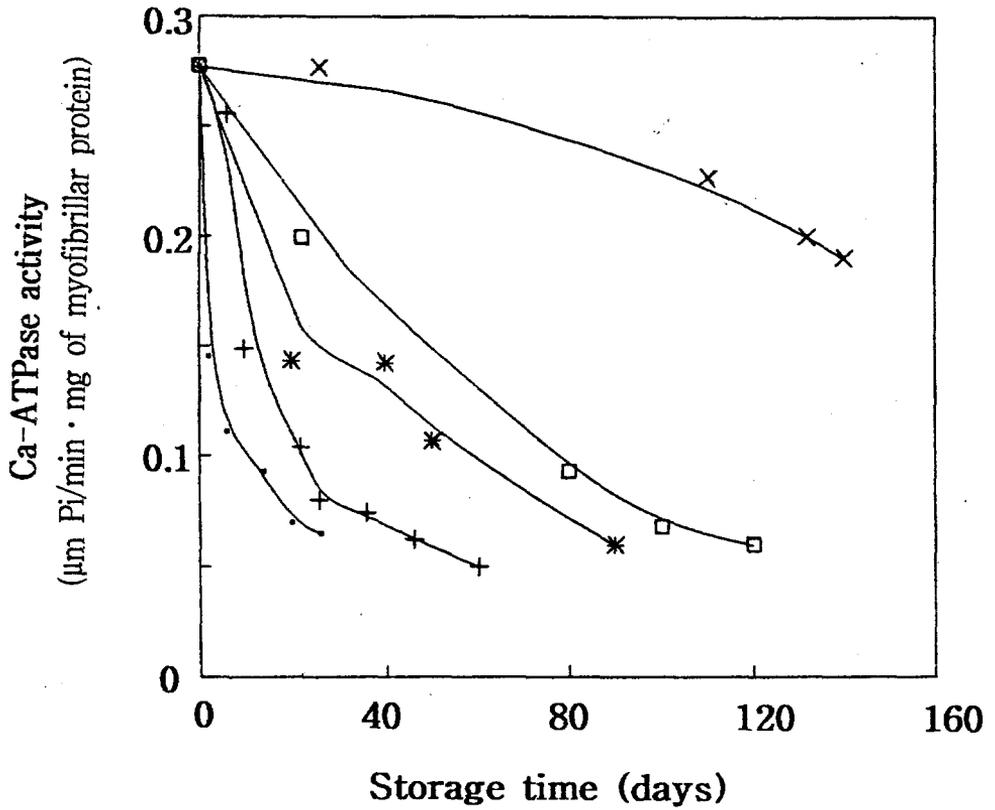


Fig.29. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from crushed meat of walleye pollack during storage at various temperatures.

Ca-ATPase activity was assayed at 25°C in a medium of 0.1M KCl, 25mM Tris-maleate (pH 7.0), 5mM CaCl₂, 1mM ATP.

The storage temperatures were 0°C (—•—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

다. 단백질의 subunit 조성 변화

명태 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 subunit의 조성을 검토한 결과는 Fig.30 과 같다. 이 결과에 의하면 저장 초기(0day)에는 myosin heavy chain, actin, tropomyosin 및 myosin light chain 등의 전형적인 근원섬유 단백질의 SDS-PAGE pattern 이 관찰되었고 저장 기간 경과에 따른 이들 성분은 거의 변화가 없었다. 앞서 제시한 Ca-ATPase활성의 결과 Fig.29 에서는 저장온도가 높을수록 저장 기간의 경과와 함께 활성이 급격히 저하하는 즉, 단백질(특히 myosin)의 변성이 급격히 일어나는 경향을 보인 반면, SDS-PAGE에 의한 근원섬유 단백질의 subunit의 조성에 있어서는, 거의 그 변화가 인정되지 않아 양자간에 상이한 결과를 나타낸 것 같이 보인다. 그러나 이 결과에서는 단백질의 미변성보다는 단백질을 분해할 정도의 변성까지는 진행되지 않은 것으로 사료된다. 즉, 단백질의 분해는 외부로부터의 미생물 유래의 protease 와 근육 자체내 proease의 관여가 추측되며 또한 이와같은 protease의 활성화는 온도(상온), pH 등 환경적 요인의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 저장온도가 대부분 영하의 온도였다는 점을 감안한다면 단백질의 분해까지는 일어나지 않는 것이 오히려 당연할 것으로 사료된다.

라. 용해성의 변화

저장 중 명태 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 0.6 m KCl에 대한 용해성을 측정한 결과는 Fig.31 과 같다. 먼저 저장 초기(0day)의 용해도를 살펴보면 약 30%의 용해도를 나타내었으며 -80℃를 제외한 모든 저장온도에서 저장 기간이 경과함에 따라 용해성이 저하되는 경향을 나타내었으며, 이와 같은 결과는 Ca-ATPase활성의 결과와 매우 유사하였다. 즉, Ca-ATPase의 저하속도와 비교하면 그 속도에 있어서 약간의 차이는 있지만, 0℃를 기준으로 하였을 때 -10℃에서는 약 2.5배, -20℃에서는 5배, -40℃에서는 6.5배로 그 저하속도가 느리게

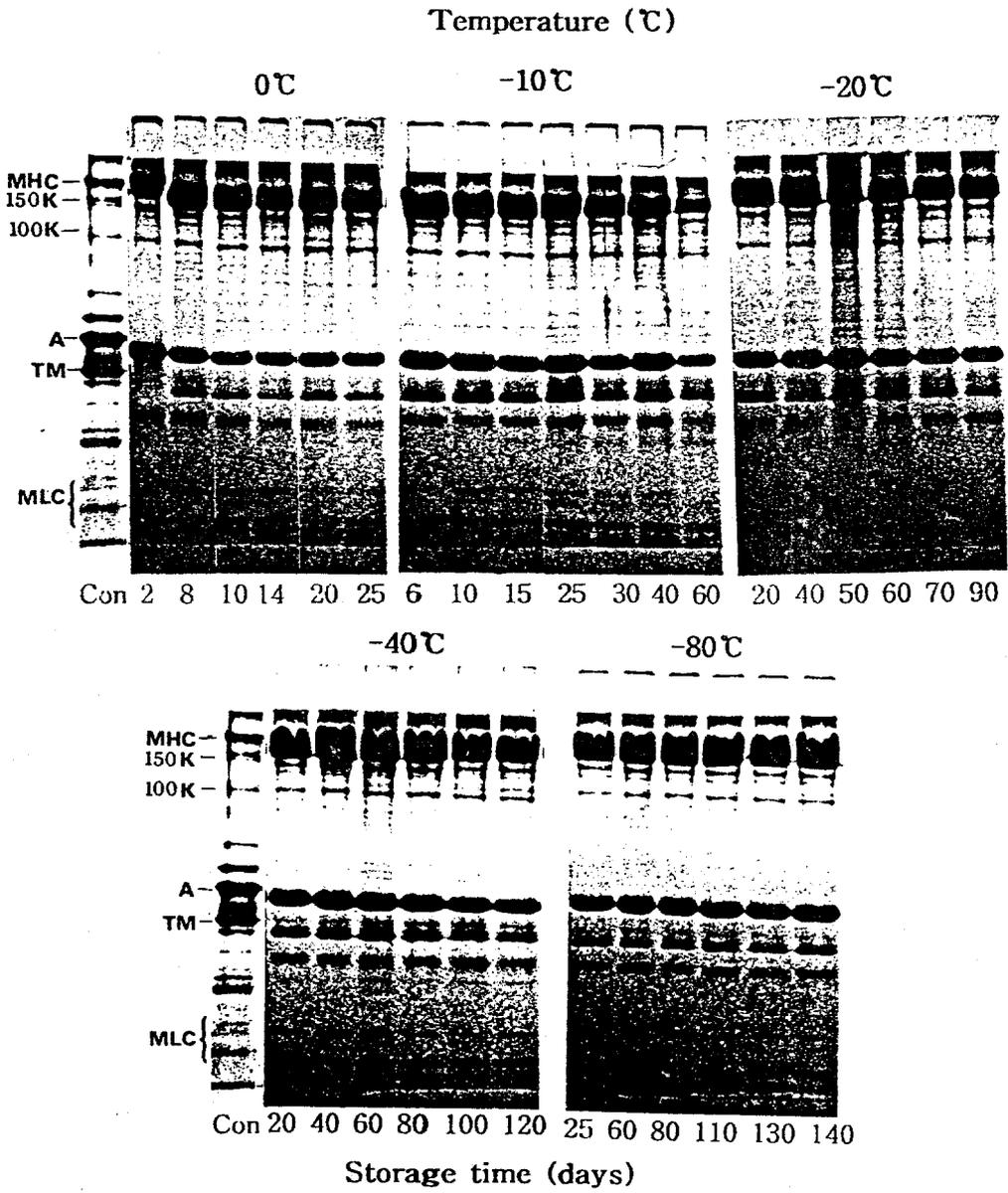


Fig.30. Changes in SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein prepared from crushed meat of walleye pollack during storage at various temperatures.

Position of myosin heavy chain, actin, tropomyosin, 150Kdalton, 100Kdalton, and myosin light chains are indicated as MHC, A, TM, 150K, 100K, and MLC respectively.

Con : Whole muscle

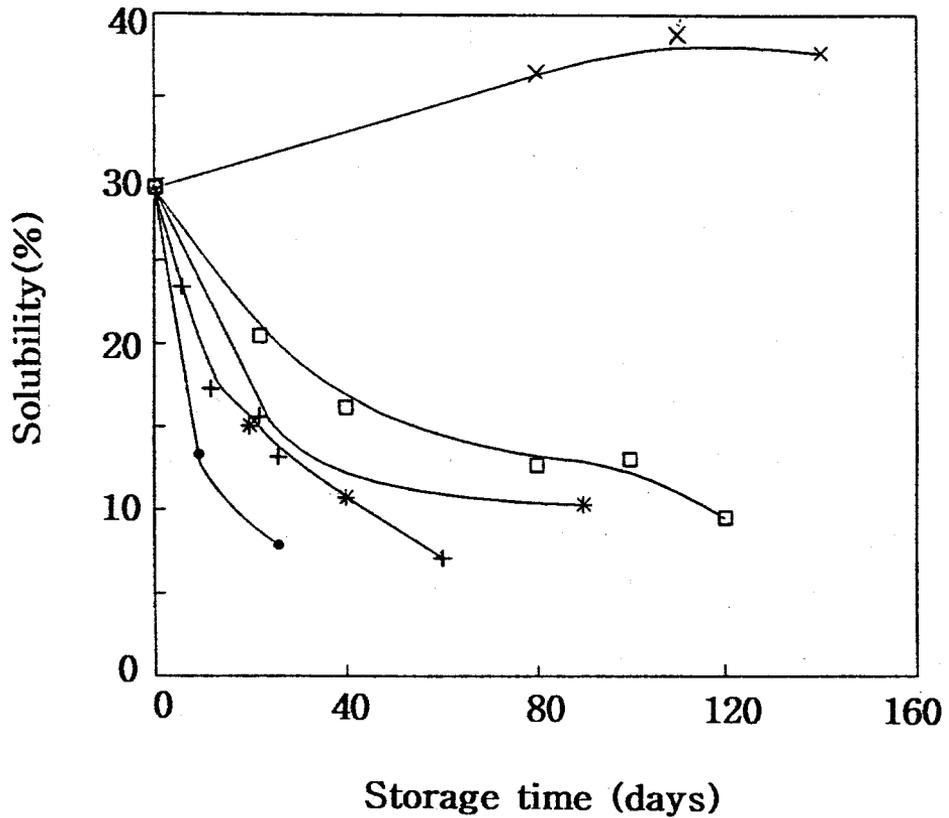


Fig.31. Changes in solubility for 0.6M KCl solution of myofibrillar protein prepared from crushed meat of walleye pollack during storage at various temperatures.

The storage temperatures were 0°C (—●—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

나타났으며 -80°C 에서는 저장 기간이 140일이 경과하도록 용해성의 저하는 거의 인정되지 않아 정확히 산출할 수는 없었지만, 약 백배 이상의 차이를 나타낼 것으로 예상되었다. 한편, 본 용해성의 결과에서도 나타났듯이 분쇄육의 저장온도와 단백질의 변성간에는 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 사료되었다.

마. 명태 분쇄육의 소금갈이를 통해 제조한 가역 Gel의 보수력 변화

명태 분쇄육을 소금갈이 후 가열에 의해 제조한 gel의 보수력을 측정한 결과 gel의 보수력은 앞서 제시한 Ca-ATPase활성 및 0.6 M KCl에 대한 용해도의 결과와 같은 경향의 결과를 나타내었다. 즉, 저장 초기(0day)에서는 약 78%의 높은 보수력을 나타내었으나, 저장 기간이 경과함에 따라 보수력이 감소되었으며 또한 저장 온도가 높을수록 보수력의 저하속도가 빠르게 나타나는 경향이였다. 즉, 0°C 저장의 경우 저장 20일째 보수력은 60%를 나타냈으며 -10°C 의 경우는 26일째, -20°C 는 40일째, -40°C 는 60일째 0°C 와 같은 수준의 보수력을 나타내었다. 그러나 -80°C 에서는 저장 130일이 지났음에도 불구하고 66%의 높은 보수력을 나타내었다. 또한 0°C 를 기준으로 하여 보수력의 저하속도를 살펴보면 -10°C 는 1.3배, -20°C 는 2배, -40°C 는 3배, -80°C 는 약 10배 정도로 저하속도가 빠르게 나타나는 경향이였다.

일반적으로 어육 단백질의 보수력은 어육 단백질의 품질과 매우 연관성이 깊으며, 가공 하였을 때 수분을 어느정도 보유할 수 있는가에 따라 그 제품의 탄력성과 같은 물성에 영향을 미치고 있다고 보고되고 있다. 즉, 어육 단백질을 소금갈이 하여 가열에 의해서 형성시킨 gel의 보수력은 어육 단백질의 품질에 따라 단백질간의 상호작용이 상이하며 즉, 품질이 좋을수록 단백질간의 강한 상호작용(특히 myosin의 cross-linking)에 의한 치밀한 3차원의 망목구조를 형성하여 강한 물리적인 힘을 가하더라도 matrix안에 갇혀 있는 수분이 유출되지 않아 gel의 강한 탄력성을 유지할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 이와 같은 gel의 형성은 단백질의

50%이상을 차지하고 있는 myosin의 cross-linking에 의한 것으로 보고되고 있으며 gel형성능은 myosin의 변성과 강한 상호관계가 있는 것으로 사료된다.

6. 보수력 저하로 생성된 drip중에 함유된 단백질의 함량과 그 조성의 검토

보수력 저하시 생성되는 drip중에 함유된 단백질의 함량을 측정한 결과는 다음과 같다.

이 결과에 의하면 저장 초기(0day)에 생성된 drip중에 함유된 단백질의 함량은 약 6%였으며 저장 기간이 경과함에 따라 0℃에서는 11%, -10℃에서는 11.5%, -20℃는 12%, 그리고 -40℃에서는 9%까지 단백질 함량이 증가되었다. 그러나 -80℃의 경우 보수력은 약간 저하되었으나 drip중에 함유된 단백질 함량은 저장 초기의 단백질 함량과 비교하여 그 차이가 거의 인정되지 않았다. 한편, 보수력의 저하가 크게 일어날수록 생성되는 drip중에 함유된 단백질양이 비례하여 증가하는 경향을 나타내었는데 이것은 변성된 단백질이 gel 형성에 참여하지 못하고 물리적인 힘에 의해 Matrix의 붕괴시 수분과 함께 밖으로 유출되었기 때문인 것으로 사료되었다.

한편 보수력이 저하할 때 발생하는 drip중에 포함되어 있는 성분을 검토하기 위하여 SDS-PAGE로 분석한 결과는 다음과 같다.

먼저 control로 제시된 명태 전근육의 단백질 pattern을 살펴보면 분자량 200KDa의 myosin heavy chain 과 150KDa, 100KDa, actin, 그리고 tropomyosin 및 troponin-T, myosin light chain등을 포함하여 근육 고유의 pattern을 나타내고 있다. 그러나 저장된 모든 온도구간에서 보수력 저하로 유출된 단백질의 성분은 control과 상당히 다른 pattern을 보여주고 있다. 0℃를 비롯한 모든 온도에서 200KDa와 130KDa으로 판단되는 성분과 TM에 상당하는 34KDa의 단백질 성분이 관찰되었다. 이상의 결과로부터 myosin heavy chain에 상당하는 200KDa의 근원은 아마도 저장중에 변성된 myosin이 가열에 의한 gel화에 참여하지 못하고 Matrix의 붕괴시 수분과 함께 밖으로 유출된 것으로 사료되었다. 또한 130KDa에

상당하는 성분의 유래는 확실하지 않으나 myosin의 가열에 의한 구조 변화에 의한 유출로 사료되며, 여기에 관한 연구는 급후 자세히 검토해야 할 것으로 사료된다.

한편, 분자량 34KDa인 tropomyosin에 상당하는 성분은 수용성으로서 열에 대한 대성이 크며, 또한 gel화에 있어서 마이너 인자로 보고되고 있어 drip이 발생할 때 함께 유출된 것으로 사료되었다. 이와같은 결과는 Lee등의 Surimi로부터 제조한 고기풀의 가열에 의해서 분리되는 drip중의 성분 분석과 기본적으로 같은 결과를 나타내었다.

2. 정어리 분쇄육의 저장 중 단백질의 이화학적 변화

가. pH의 변화

정어리 분쇄육의 저장중 일어나는 pH의 변화를 조사한 결과 먼저 저장 초기의 pH를 살펴보면 pH 6.2로서 산성을 나타내어 pH 7.03을 보인 명태와는 상이하였다. 이러한 초기 pH의 차이는 근육을 구성하고 있는 단백질의 어종간의 차이로 인한다고 할 수 있겠다. 즉, 정어리는 백색육인 명태와는 다른 적색육의 어종으로서 전근에 대한 혈합육의 비율이 31.1%로서 높은 함량을 보이는 어종이다. 이와같은 혈합육엔 활성이 강한 protease를 비롯한 해당계 효소를 다량 포함하고 있으며 근원질에 myoglobin, cytochrome등의 색소 단백질과 ceratinine, glutamate 등이 다량 내재하고 있어 산화 환원 현상이 백색육보다 왕성하게 일어난다고 알려져 있다.

따라서 정어리에서 보인 명태와는 상이한 초기 pH의 차이는 적색육의 어종 특성과 함께 나타나는 ATP의 빠른 분해로 인하여 생성된 수소 이온의 영향과 다량의 해당계 효소에 의한 유산 생성이 원인으로 작용된 결과라고 사료된다. 또한 0°C를 포함하여 모든 온도 구간에서 저장 기간이 경과함에도 불구하고 pH의 변화는 인정되지 않았는데 이와같은 결과는 저장 온도에 따른 사후 변화의 지연인 것

으로 사료된다.

나. 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성 변화

정어리 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성 결과는 Fig.32 와 같다. 이 결과에 의하면 초기 Ca-ATPase활성은 0.25를 나타내었으며, 저장온도가 높을 수록 활성이 감소하는 경향은 명태와 유사하였다. 즉, 0℃의 경우 저장 10일이 경과했을 때 활성치가 0.07로 크게 감소하였고, -10℃저장의 경우 30일째, -20℃의 경우 58일째, -40℃의 경우 100일이 경과 되었을 때 0℃에서 10일 저장된 활성과 같은 수치를 나타내었다. 또한 -80℃의 경우 저장한 지 150일이 경과 되었음에도 불구하고 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성은 0.195로 다른 저장 온도에서 저장된 분쇄육의 근원섬유 단백질 활성과 비교하면 상당히 높은 수준의 활성을 나타내었다. 이와같은 결과는 저장온도가 낮을수록 단백질의 온도 안정성을 살펴보면 -10℃는 약 3배, -20℃에서는 6배, -40℃는 10배, 그리고 -80℃에서는 적어도 약 백배 이상의 온도 안정성을 나타내고 있으며, 이와같은 단백질의 온도 안정성은 명태의 경우와 유사한 결과를 나타내었다.

다. 근원섬유 단백질의 subunit조성의 변화

정어리 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 subunit조성 변화는 Fig.23 과 같다. 먼저 control의 단백질 조성을 살펴보면, 근원섬유 단백질의 주요 구성성분인 분자량 200KDa의 myosin heavy chain과 분자량 약 43KDa의 actin을 비롯하여 분자량 150KDa과 100KDa, 34KDa의 tropomyosin등의 전형적인 근원섬유 단백질의 pattern을 나타내고 있다. 그러나 0℃에 저장된 정어리 분쇄육의 근원섬유 단백질의 pattern을 살펴보면 분자량 200KDa의 myosin에 해당하는 성분 및 43KDa의 actin에 해당하는 성분의 감소가 뚜렷하게 관찰되었다. 그러나 -10℃이하의 온도에서는 근원섬유 단백질의 subunit조성 변화가 거의 인정되지 않았다.

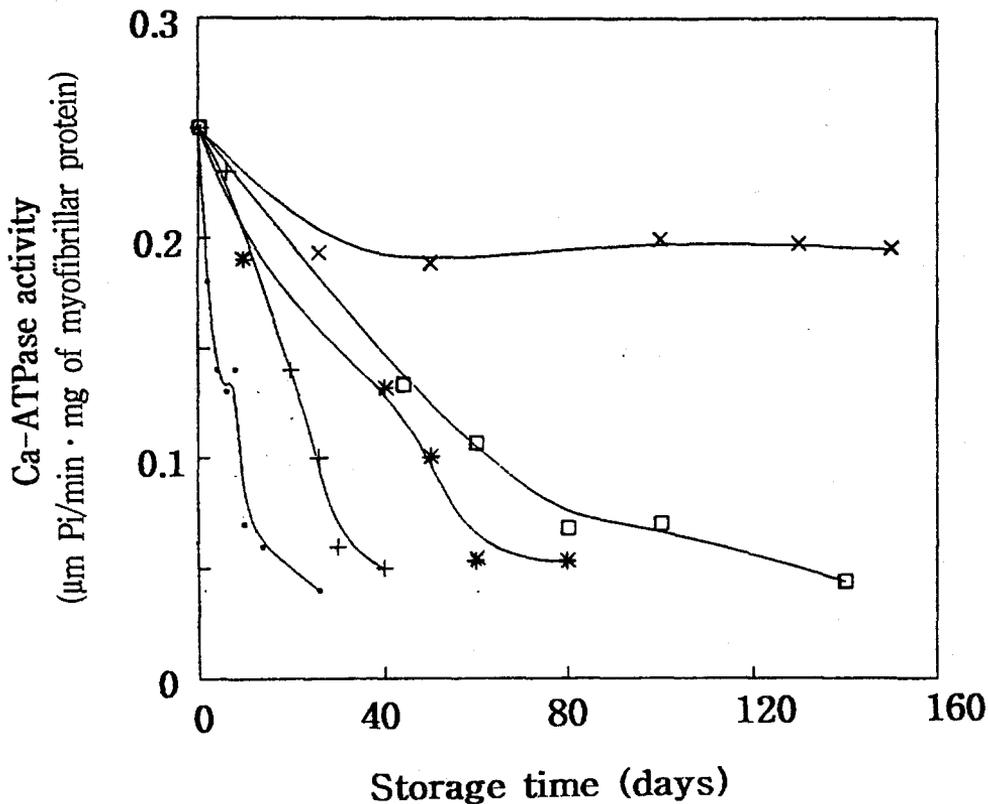


Fig.32. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from crushed meat of sardine during storage at various temperatures.

Ca-ATPase activity was assayed at 25°C in a medium of 0.1M KCl, 25mM Tris-maleate (pH 7.0), 5mM CaCl₂, 1mM ATP.

The storage temperatures were 0°C (—•—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—x—).

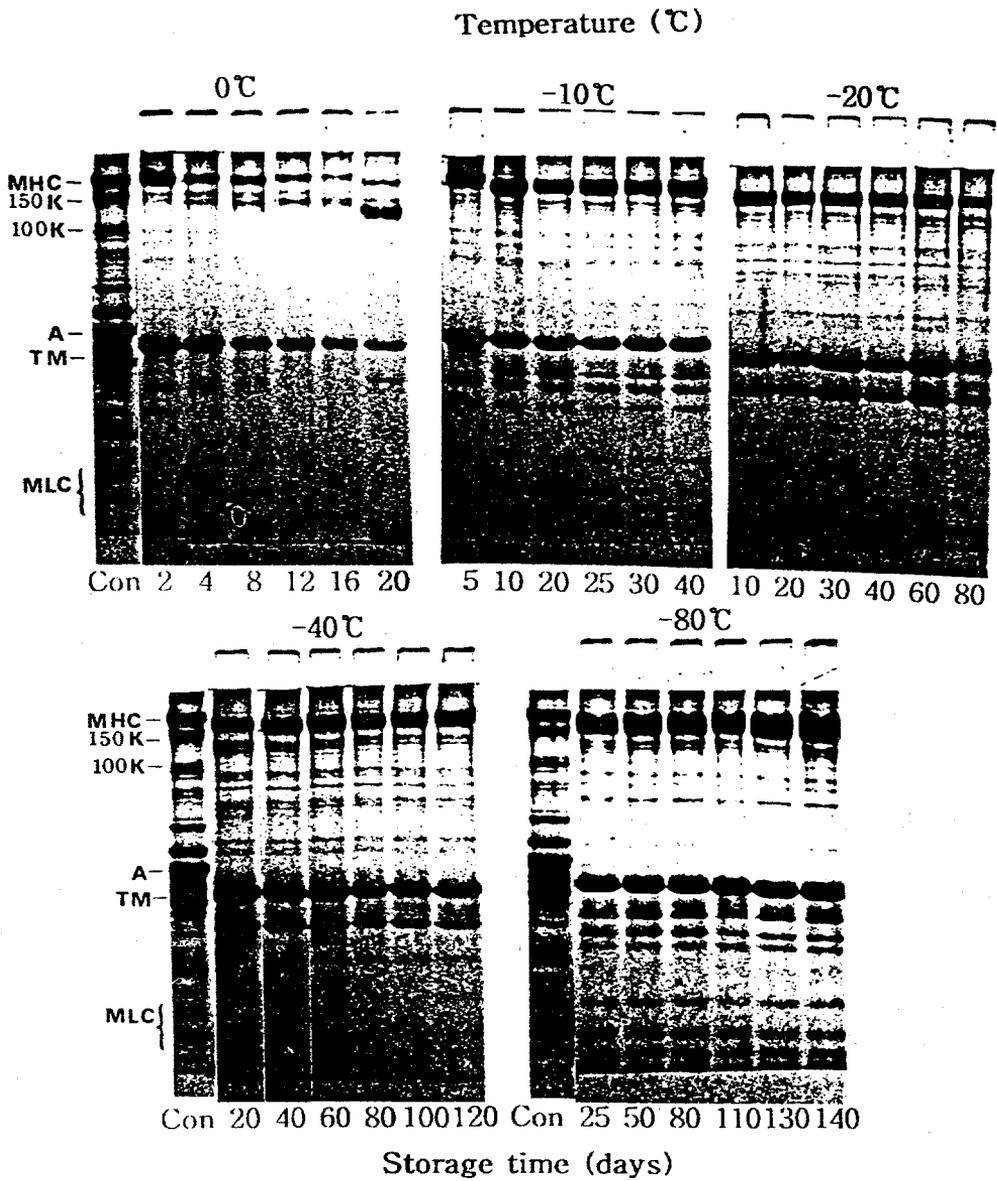


Fig.33. Changes in SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein prepared from crushed meat of sardine during storage at various temperatures.

Position of myosin heavy chain, actin, tropomyosin, 150Kdaton, 100Kdalton, and myosin light chains are indicated as MHC, A, TM, 150K, 100K, and MLC respectively.

Con : Whole muscle

앞서 제시한 Ca-ATPase활성의 결과에서는 저장 온도가 높을 수록 저장기간의 경과와 함께 활성이 급격하게 저하하는 경향을 나타내며 반하여 0°C를 제외한 SDS-PAGE에 의한 근원섬유 단백질의 subunit조성에서는 거의 그 변화가 인정되지 않았다.

한편, 명태 분쇄육의 0°C 저장시 근원섬유 단백질의 SDS-PAGE상의 pattern변화가 거의 인정되지 않은 것과는 상이하게 정어리 0°C저장균에서는 그 변화가 인정되었다. 즉, myosin heavy chain에 상당하는 분자량 200KDa의 성분과 actin에 상당하는 성분의 감소가 저장 기간이 경과함에 따라 유의적임을 알 수 있었다. Funatsu 등은 잉어 근원섬유 단백질의 산변성에 대한 연구에서 각각의 KCl농도 및 pH의 조건하에서 α -chymotrypsin에 의한 근원섬유 단백질의 소화 pattern을 분석한 결과, 산성조건의 pH 및 저염농도 조건하에서는 근원섬유 단백질의 대부분이 actomyosin의 형태로 산변성이 일어나고, actin보다는 myosin이 빠른 속도로 변성된다고 보고 하였다. 본 연구에서 0°C 저장육의 근원섬유 단백질 pattern에서 나타난 myosin heavy chain과 actin에 상당하는 성분의 급격한 손실은 상기의 Funatsu등이 제시한 것과 같이 근원섬유 단백질이 actomyosin형태로 산변성이 일어나게 되어 변성된 actomyosin이 protease의 영향을 받아 myosin heavy chain 및 actin에 상당한 성분의 손실이 발생되었다고 추측되어진다.

가. 근원섬유 단백질의 0.6M KCl에 의한 용해성의 변화

0.6M KCl에 의한 정어리 근원섬유 단백질의 용해성을 측정된 결과는 Fig.34와 같다. 저장 초기의 용해성은 약 23%이며, 저장기간이 경과함에 따라 용해도는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 0°C의 경우 액 5%까지 용해성이 감소되었으며, -10°C의 경우 8%, -20°C저장시엔 저장기간에 경과함에 따라 감소된 용해성의 최저치는 10%였다. -40°C저장 또한 용해성의 변화는 일어나지 않았다. 0°C를 기준으로 하여 단백질의 온도 안정성을 살펴보면 -10°C는 2배, -20°C는 4.3배, -40°C는

10배, 그리고 -80°C 에서는 저장기간이 경과하여도 용해도의 변화가 거의 인정되지 않아 정확하게 산출할 수 없었으나 약 백배 이상의 온도 안정성을 보임을 알 수 있었다. 한편, 초기의 용해성이 명태와 비교하여 다소 낮은 용해성을 나타내었는데 이것은 저장 초기의 pH가 6.3으로, 단백질의 산변성이 일어나기 쉬운 영역으로 알려져 있기 때문에 명태보다 초기 용해성이 낮았던 것으로 사료된다.

마. 정어리 분쇄육의 소금갈이로 제조한 가열 Gel의 보수력 변화

정어리 분쇄육을 소금갈이 하여 제조한 가열 gel의 보수력을 측정한 결과는 Fig.35 와 같다. 저장 초기 (0day)의 보수력은 약 97%로서 명태의 저장 초기 보수력과 비교시 높은 보수력을 나타내었고, 저장 기간이 경과함에 따라 보수력은 점차 감소되는 경향을 나타내었다. 그러나 감소된 보수력은 0°C 와 -10°C 저장의 경우 약 80%로 명태의 경우 약 50%까지 저하된 결과와 비교하면 상당한 차이를 보이고 있다. 이와 같은 결과는 정어리 근육이 적색육으로 다량의 지방을 함유하고 있어 지방의 유화력에 의한 것으로 사료되었다. 지방의 유화력은 단백질을 중심으로 하여 지방이 균일하게 분포되었을 때 단백질과 지방 사이에 높은 친화력 및 상호작용이 형성되어 생성된다. 이때의 조직감은 매우 부드러우며 보수력이 우수한 독특한 질감의 gel을 형성할 수 있게 된다. 이와같은 유화력은 지방의 함량과 단백질 함량과의 비에 따라 다소 차이가 나며, 일반적으로 20%내외의 지방이 적당한 것으로 알려지고 있다.

마. 보수력 전하로 생성된 drip중에 함유된 단백질 함량과 그 조성의 검토

저장기간이 경과함에 따라 보수력의 저하로 생성된 drip의 단백질 함량을 측정한 결과이다. 이 결과에서도 저장 온도가 높을수록 drip중의 단백질 함량이 증가하는 경향을 나타내었으나 전체적으로 단백질의 함량은 5%이하로 명태와 비교시 매우 낮았다.

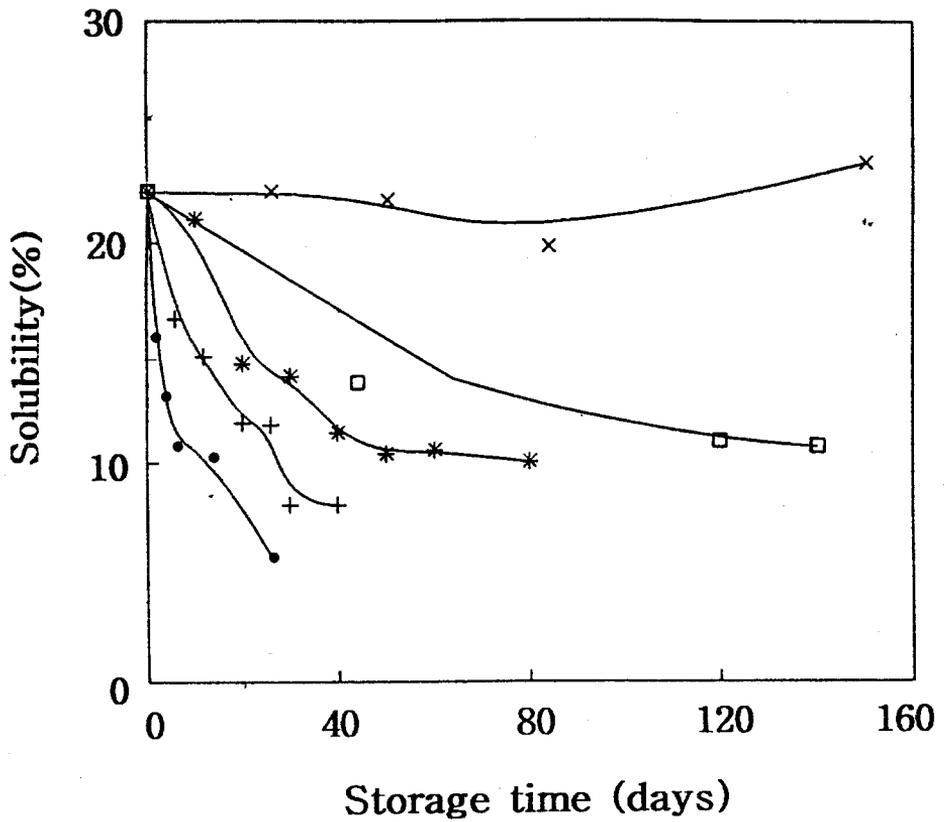


Fig.34. Changes in solubility for 0.6M KCl solution of myofibrillar proteins prepared from crushed meat of sardine during storage at various temperatures.

The storage temperatures were 0°C(—●—), -10°C(—+—), -20°C(—*—), -40°C(—□—), -80°C(—×—).

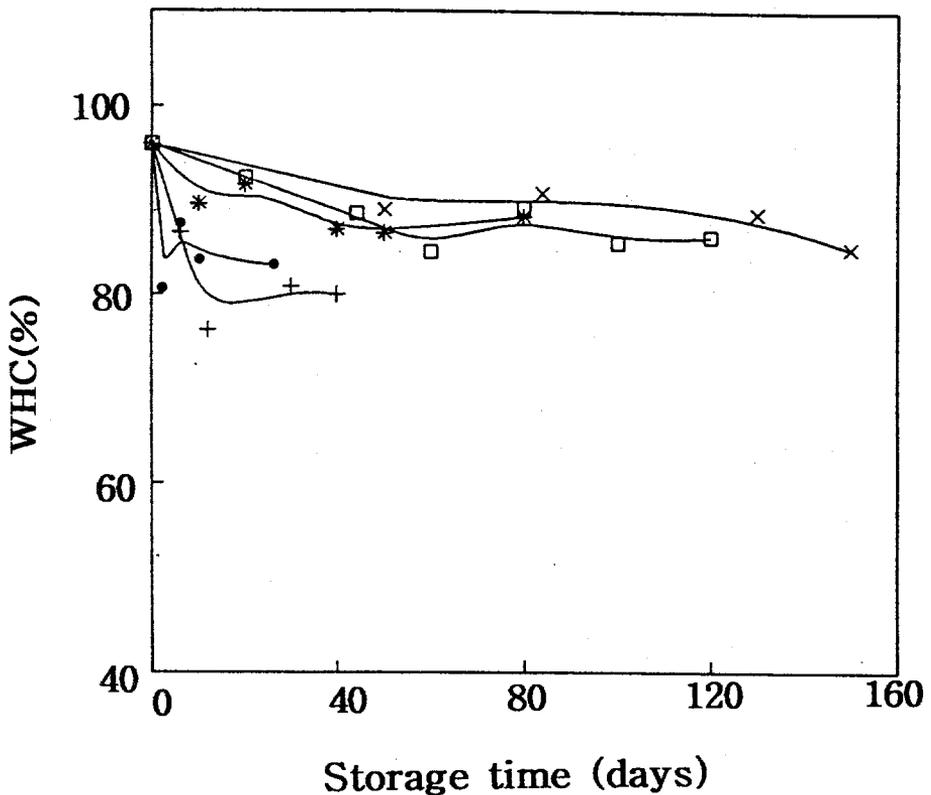


Fig.35. Changes in water holding capacity (WHC) of gel formed by heating of salted meat paste from sardine during storage at various temperatures.

The storage temperatures were 0°C (—●—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

Symbols used are the same as in Fig. 3.

한편, drip속에 함유된 단백질의 성분분석을 위하여 행한 SDS-PAGE의 결과는 Fig.37 과 같다. control인 정어리 전근의 subunit조성은 분자량 약 200KDa의 myosin heavy chain을 비롯한 전형적인 근단백질의 pattern을 나타내고 있다. 그러나 0℃를 비롯한 모든 저장 온도에서 보수력 저하로 생성된 drip중에 함유된 단백질은 10% polyacrylamide gel의 최하단에 검출되는 성분만이 유출된 것으로 나타났다으며 저장 온도가 높을수록 그 양은 약간 증가 되었다.

3. 오징어 분쇄육의 저장 중 단백질의 이화학적 변화

근조직의 구성에 있어 골격근인 명태, 정어리와 상이한 구조를 하고 오징어는 평활근으로서 골격근에서는 볼 수 없는 paramyosin이 존재한다. 최근 오징어의 근원섬유 단백질은 그 구조에서 뿐만 아니라 변성기작에 있어서도 골격근과는 상이하다는 보고가 발표되고 있다. 즉 오징어의 근원 섬유 단백질은 Ca이온이 존재할 경우 Ca이온이 존재하지 않을 때보다. 약 100배가량 안정된다고 보고 되고 있다.

또한 오징어는 온대성 어류로서 한대성 어류보다 온도 안정성이 높은 것으로 알려져 있으나, serine계의 protease에 의한 변성이 야기 되고 있어 오징어 근육에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 본 실험에서는 내장을 제외한 오징어 전근을 분쇄하여 각각의 온도(0℃, -10℃, -20℃, -40℃, -80℃)에 저장중 나타나는 오징어 근육 단백질의 이화학적 특성을 알아보았다.

가. pH의 변화

오징어 전근의 분쇄육을 각각의 온도에 저장했을 때 pH의 변화는, 저장 초기의 pH는 6.7로서 -10℃이하의 저장 온도에서는 거의 그 변화가 인정되지 않았다. 이와같은 결과는 냉동저장에 따른 사후 변화의 지연으로 인한 결과라고 사료된다.

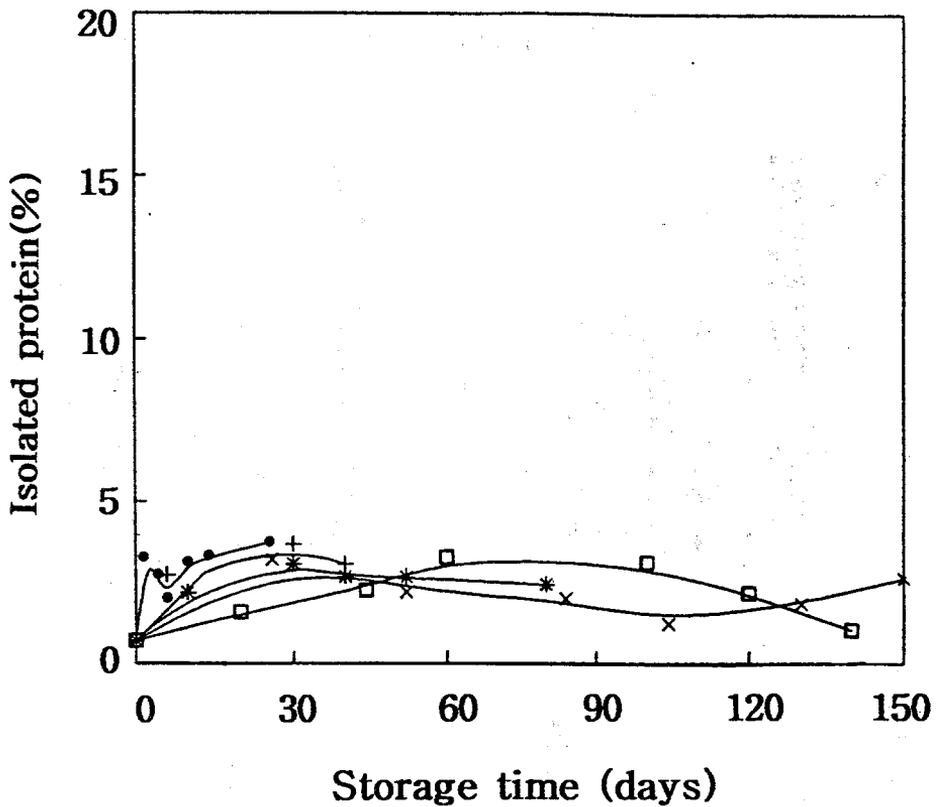


Fig.36. Changes in protein contents of fluid isolated by centrifugation from gel formed by heating of salted meat paste from crushed meat of sardine during storage at various temperatures.

The storage temperatures were 0°C (—●—), -10°C (—⊕—), -20°C (—⊛—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

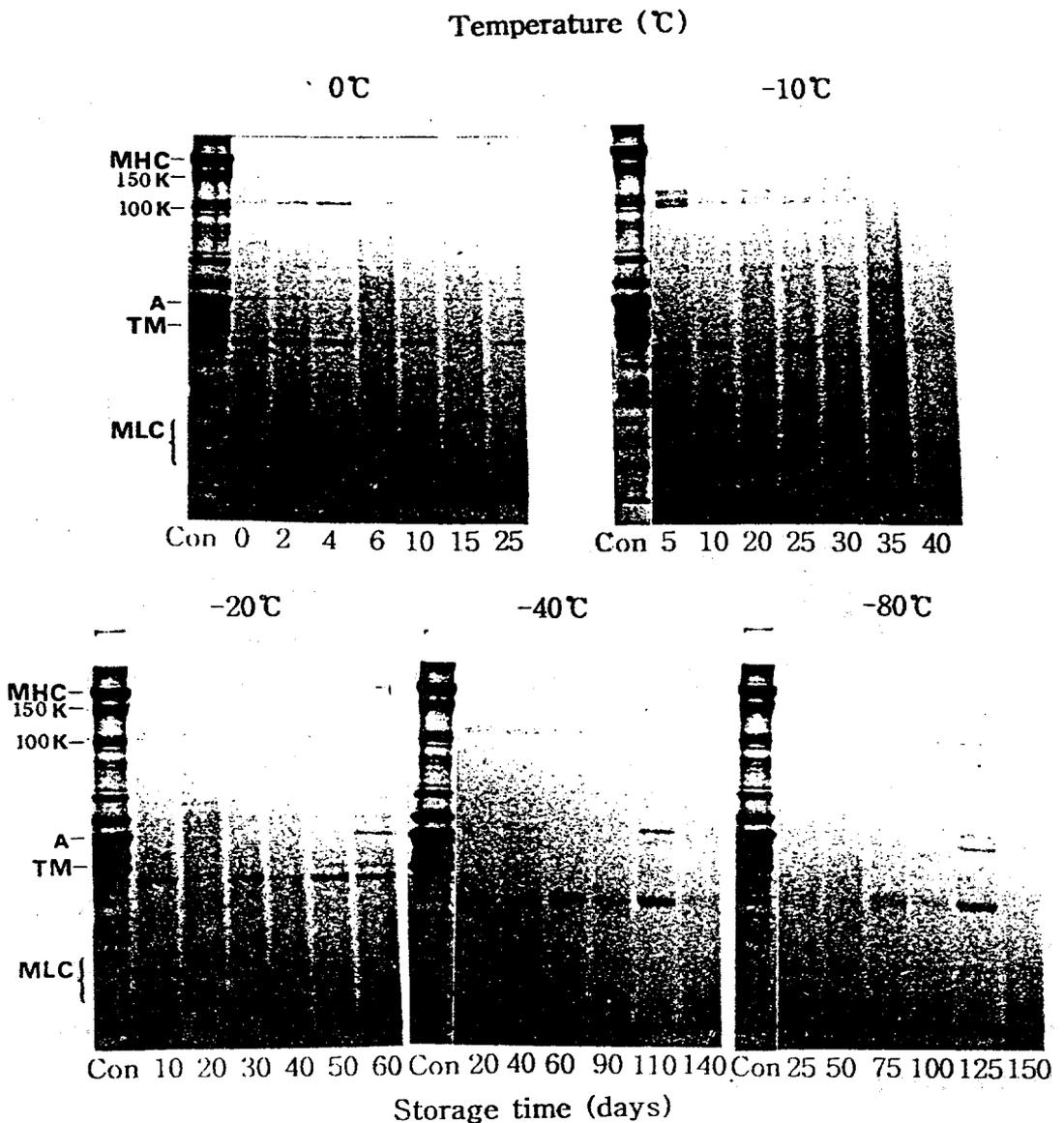


Fig.37. Changes in SDS-PAGE patterns of isolated proteins by centrifugation, from gel formed by heating of salted meat paste from crushed meat of sardine during storage at various temperatures.

Position of myosin heavy chain, actin, tropomyosin, 150Kdalton, 100Kdalton, and myosin light chains are indicated as MHC, A, TM, 150K, 100K, and MLC respectively.

Con : Whole muscle

한편, 0°C저장의 경우 35일 경과 되었을 때 pH가 7.8로 상승하는 경향을 나타내었는데 이것은 저장중 미생물의 번식에 의한 부패가 서서히 진행되었기 때문인 것으로 사료되었다.

나. 근원섬유 단백질의Ca-ATPase활성의 변화

오징어 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성을 측정 한 결과는 Fig.38 과 같다. Fig.38 에 제시한 오징어의 Ca-ATPase활성은 정어리와 명태에서 보인 활성과는 상이한 결과를 보였다. 즉, 저장초기에 활성이 급격히 증가하다 저장기간이 경과함에 따라 서서히 저하하는 경향을 나타내었으며, 저장에 따른 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase의 최소 활성치는 초기의 Ca-ATPase활성치인 0.62와 상등하였다. 그러나 0°C의 경우 초기에 급격한 Ca-ATPase활성의 활성화가 일어나는 것은 다른 온도구간과 동일하였으나, 저장 기간이 경과함에 따라 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase활성이 거의 소실되는 결과를 나타내었다. 이상의 결과로부터 다른 어종과 비교하여 오징어는 -10°C이하의 저장온도에서는 단백질의 온도 안정성이 매우 높은 것으로 사료되었다. 이와 같이 오징어 근육 단백질의 온도 안정성이 높은 것은 다음과 같은 오징어육의 특이성으로 인한 결과라고 사료된다. 즉, 오징어는 온대성 어류로서 한대성 어류보다 온도 안정성이 높으며, 또한 1mM의 생리적인 Ca이온 농도로도 충분히 단백질이 안정화 된다고 알려져 있다.

한편, 저장 초기에 나타난 Ca-ATPase의 급격한 활성화는 오징어에 있어서 ATP가 존재할 경우 actomyosin이 myosin과 actin으로 해리되는 성질이 있어 이와 같은 조건하에서 해리된 myosin은 paramyosin과 강하게 결합하는 것으로 알려져 있고 있기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Nonomura는 paramyosin이 myosin filament의 중심에 존재하고 있는 형태적 특성이 ATPase의 활성 저해작용을 관찰할 수 없었다고 보고 하였다.

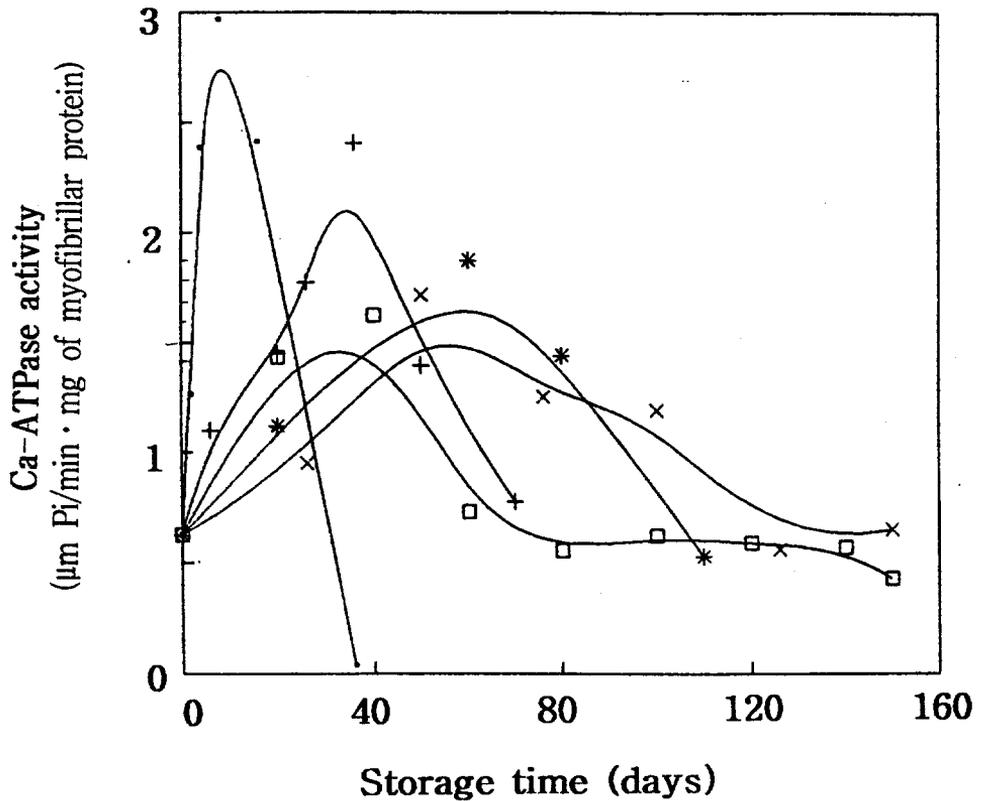


Fig.38. Changes in Ca-ATPase activity of myofibrillar protein prepared from crushed meat of squid during storage at various temperatures.

Ca-ATPase activity was assayed at 25°C in a medium of 0.1M KCl, 25mM Tris-maleate (pH 7.0), 5mM CaCl₂, 1mM ATP.

The storage temperatures were 0°C (—●—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

따라서 이와 같은 결과들을 토대로하여 본 실험 결과와 관련을 살펴보면 정어리, 명태와의 상이한 결과를 나타낸 오징어 근원섬유 단백질의 초기 Ca-ATPase 활성화는 paramyosin의 생화학적인 기작이 있을 것으로 사료된다.

다. 근원섬유 단백질의 subunit조성의 변화

오징어 분쇄육으로부터 제조한 근원섬유 단백질의 성분 분석의 결과는 Fig.39와 같다. 먼저 대조군을 살펴보면 분자량 200KDa의 myosin heavy chain, 43KDa의 actin, 등을 포함하여 전형적인 근단백질의 pattern을 보이고 있다. 반면 0°C에 저장된 경우 저장 기간이 경과함에 따라 MHC에 상당하는 부분이 점차 소실되는 반면 150KDa과 100KDa에 상당하는 성분의 증가가 나타났으며 저장 마지막인 35일째에 100KDa부분만 제외하고 MHC와 actin을 비롯한 모든 단백질이 거의 소실되었음을 관찰 할 수 있었다. 이와같은 결과는 0°C의 경우 저장 중 pH의 증가가 나타난 온도 구간으로서 미생물의 관여가 생각되며, 적어도 미생물 유래의 protease에 의한 단백질의 분해가 일어났을 가능성을 시사하였다. 또한 오징어 근육내에는 serine계의 강한 protease가 존재하는 것으로 사료되었다.

한편, -10°C 이하에서 저장한 분쇄육의 근원섬유 단백질의 subunit조성을 살펴보면 150KDa 및 130KDa에 상당하는 성분이 저장기간이 경과함에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

라. 근원섬유 단백질의 0.6M KCl에 의한 용해성의 변화

0.6M KCl에 의한 오징어 근원섬유 단백질의 용해성의 결과는 Fig.40 과 같다. 저장 초기(0day)의 용해성을 보면 약 95%로서 명태의 30%, 정어리의 23%와 비교 시 상당히 높은 용해도를 나타내고 있다. 또한 0°C를 제외한 다른 저장 온도에서는 저장 기간이 경과함에도 불구하고 약 80%의 매우 높은 용해도를 나타내었다.

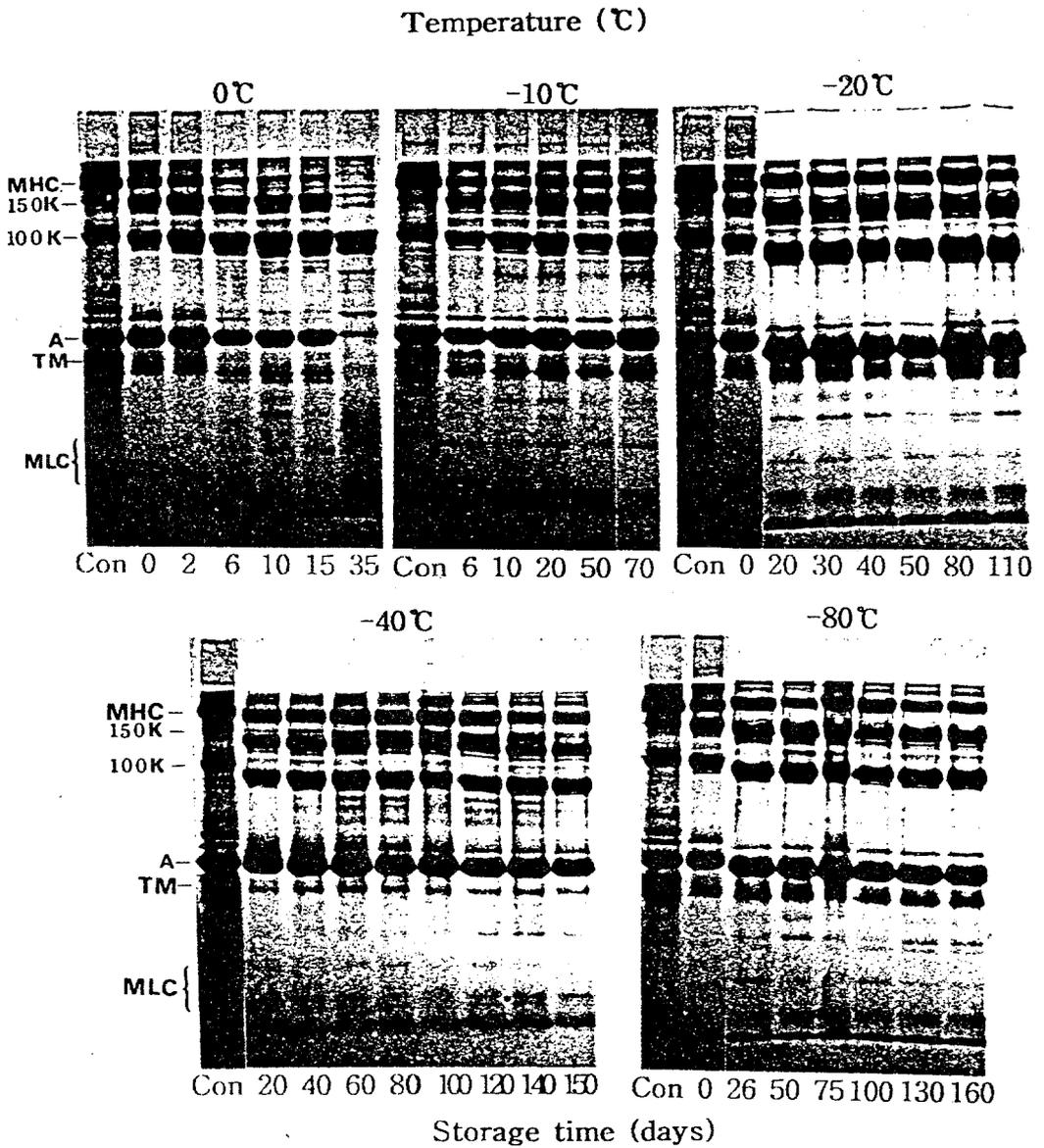


Fig.39. Changes in SDS-PAGE patterns of myofibrillar protein prepared from crushed meat of squid during storage at various temperatures.

Position of myosin heavy chain, actin, tropomyosin, 150Kdaton, 100Kdalton, and myosin light chains are indicated as MHC, A, TM, 150K, 100K, and MLC respectively.

Con : Whole muscle

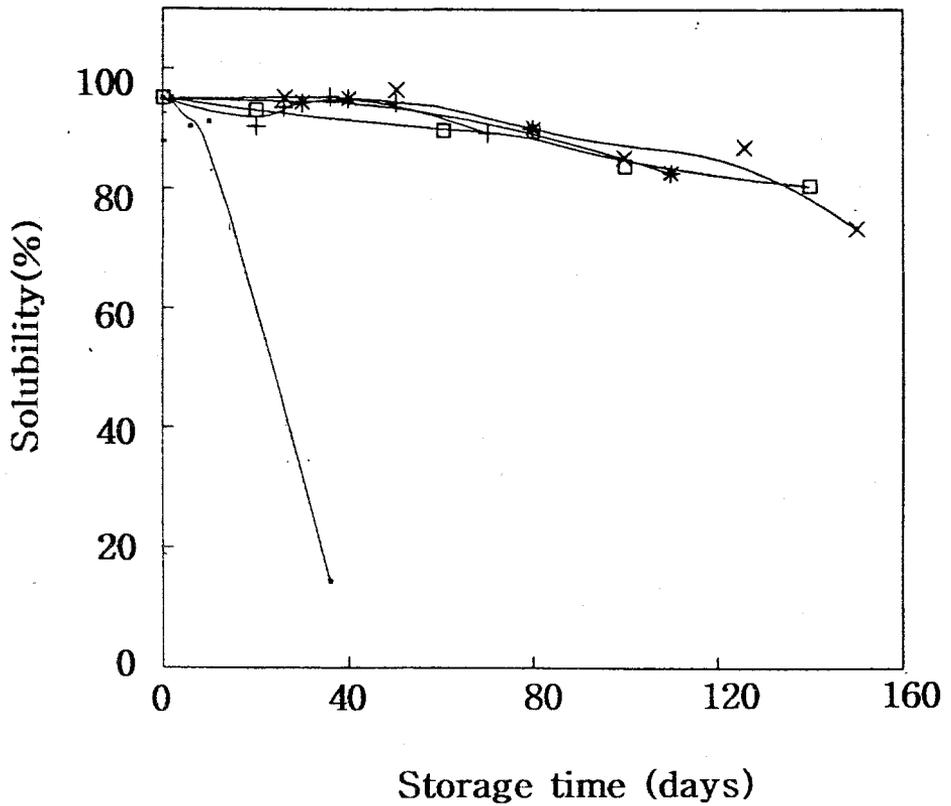


Fig.40. Changes in solubility for 0.6M KCl solution of myofibrillar protein prepared from crushed meat of squid during storage at various temperatures.

The storage temperatures were 0°C (—●—), -10°C (—+—), -20°C (—*—), -40°C (—□—), -80°C (—×—).

한편, 0°C에 저장한 경우 35일째는 약 10%까지 용해도가 저하되었는데 이것은 pH와 Ca-ATPase활성 및 근원섬유 단백질의 성분분석의 결과에서 보인 것과 같이 미생물 유래의 protease와 근육 자체에 존재하고 있는 protease에 의해 염용성 단백질인 myosin과 actin등이 분해된 결과라고 사료된다.

마. 분쇄육의 소금갈이로 제조된 가열 Gel의 보수력 변화

오징어 분쇄육을 소금갈이 후 가열하여 제조한 gel의 보수력은 0°C를 비롯한 모든 온도구간에서 90%를 넘는 높은 보수력을 나타냈으며 0°C저장을 제외한 다른 저장온도에서는 저장 기간이 경과하여도 보수력의 변화는 거의 인정되지 않았다.

한편, 오징어 근육을 0°C에서 저장하였을 때, Ca-ATPase활성, 용해도, SDS-PAGE등의 생화학적 지표에서는 매우 불안정한 것으로 나타났음에도 불구하고 저하된 보수력의 최저치가 92% 정도로 높은 수준의 값을 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 오징어의 경우 다공질의 근육 형태를 갖는 특징적인 구조를 하고 있어 모세압에 의한 수분의 보유력이 다른 어종보다도 높기 때문인 것으로 사료 되었다.

바. 보수력 저하로 생성된drip중에 함유된 단백질 함량과 그 조성의 검토

보수력 저하시 생성되는 drip중에 함유된 단백질의 함량과 SDS-PAGE에 의한 drip중의 성분 분석은 drip이 거의 발생하지 않았기 때문에 측정 불가능하였다.

3어종의 분쇄육을 소금갈이 후 가열하여 제조한 gel의 보수력의 결과를 토대로 1차 반응식에 의해 산출한 용해성의 저하속도 Kw를 산출한 결과는 Fig.43과 같다.

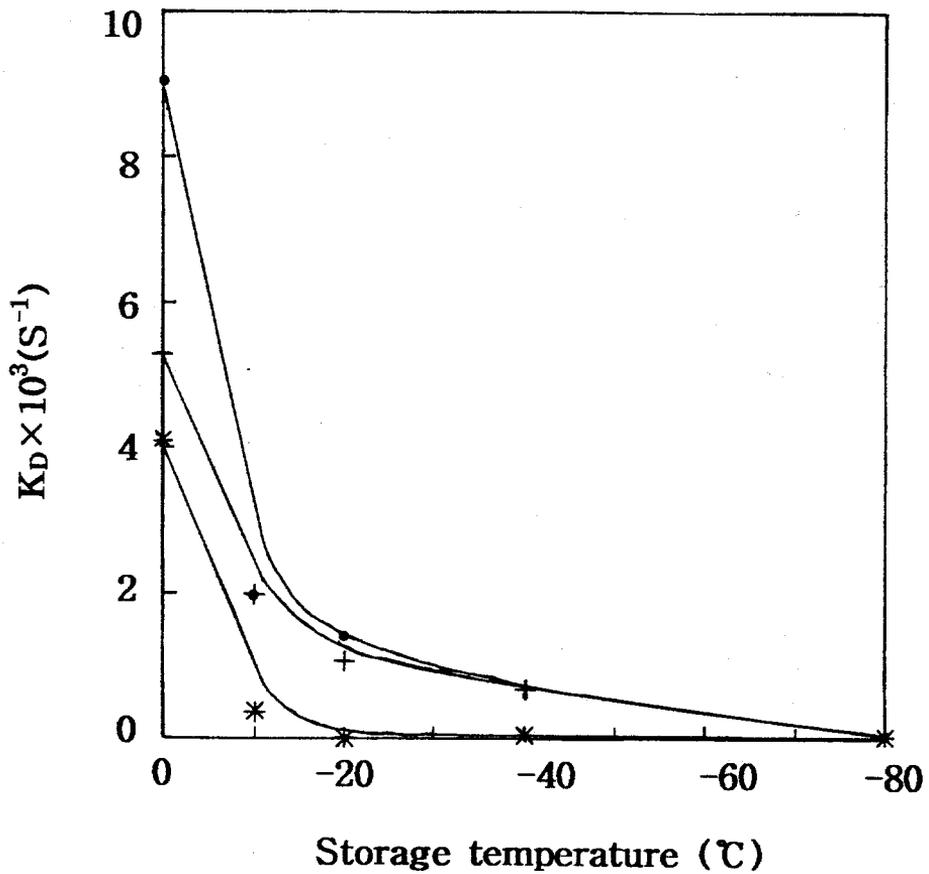


Fig.41. The temperature-dependencies of first order rate constants for inactivation of myofibrillar protein Ca-ATPase.

The first order rate constant (K_D) for inactivation of myofibrillar Ca-ATPase was calculated using the relation, $K_D = (\ln C_0 - \ln C_t) / t$, where C_0 and C_t are the ATPase inactivities of myofibrils before and t seconds of storage.

Walleye pollack (—●—), Sardine (—+—), Squid (—*—)

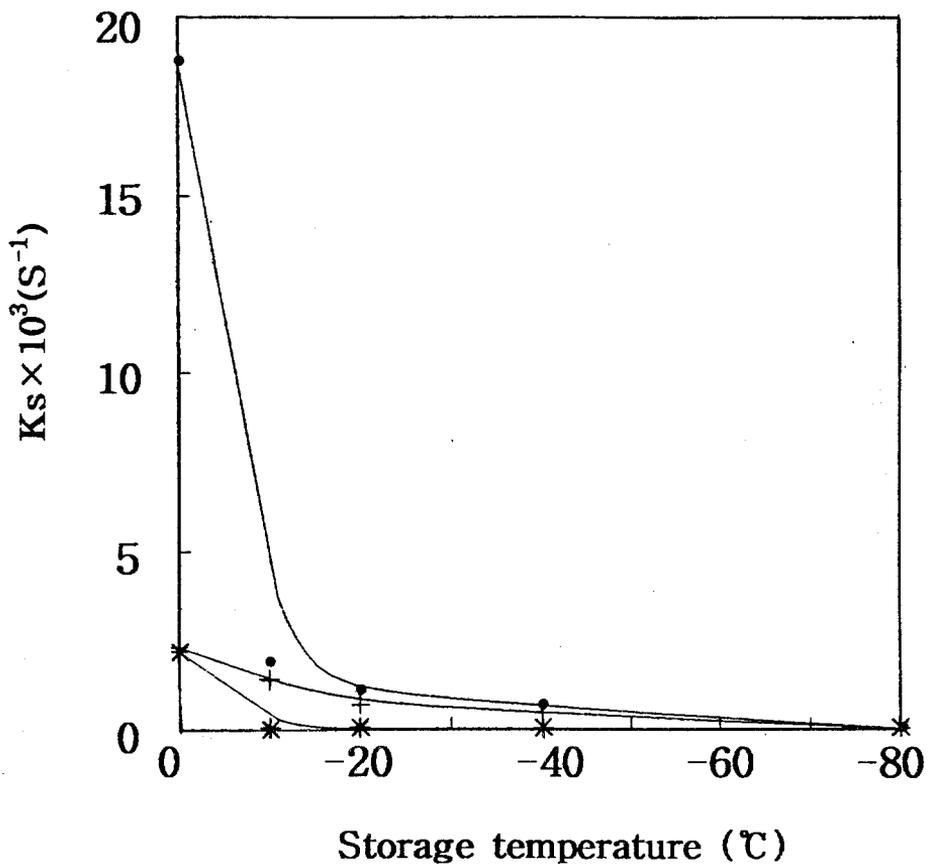


Fig. 42. The temperature-dependencies of first order rate constants(K_s) for decreasing of solubility for 0.6M KCl of myofibrillar proteins prepared from crushed meat during storage at various temperatures.

Walleye pollack(—●—), sardine(—+—), squid(—*—).

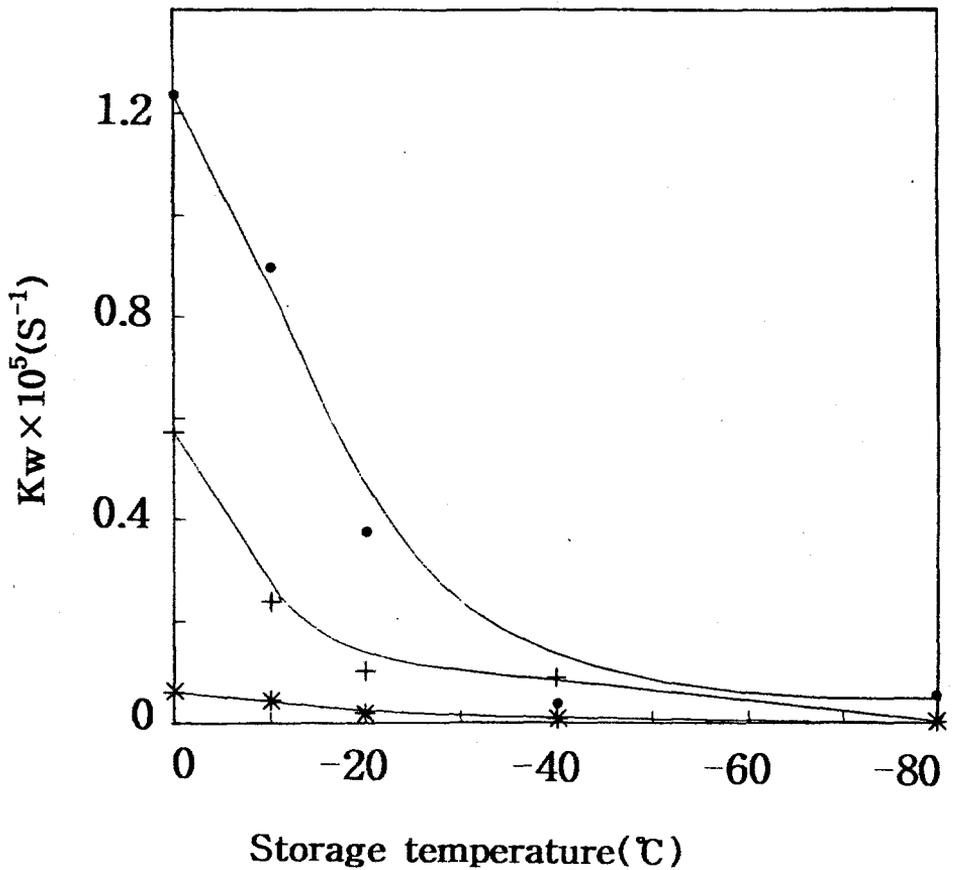


Fig. 43. The temperature-dependencies of first order rate constants(K_w) for decreasing of WHC of gel formed by heating from salted meat paste of crushed meat during storage at various temperatures.

Walleye pollack(—●—), sardine(—+—), squid(—*—).

이 결과에 의하면 보수력의 저하 속도 정수 Kw도 상기의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 즉, 보수력의 저하속도는 명태>정어리>오징어의 순으로 빨랐으며, 명태를 기준으로하여 같은 온도인 0℃에서의 저하속도를 살펴보면 정어리보다 1.8배, 오징어보다 약 20배 더 빠르게 저하되었다.

이상의 결과는 근육 식품의 가공에 있어서 근원섬유 단백질의 약 50%를 차지하고 있는 myosin의 작용이 매우 중요함을 시사하고 있다. 즉, 단백질의 변성 지표로서 ATPase의 잔존 활성을 검토한 여러 연구를 보면 어종에 따라 ATPase의 잔존 활성은 상이하였으며, ATPase의 잔존 활성으로 부터 실험속도를 산출하면 어류의 체온에 따라 단백질의 온도 안정성이 상이함을 보고 하고 있다. 즉, 서식온도가 낮은 한대성 어종보다 서식온도가 높은 온대성 어종의 온도 안정성이 높으며, 이러한 단백질의 온도 안정성의 차이가 근육 단백질의 gel형성 온도에서도 영향을 미치고 있다고 Lee 등이 보고한 바 있다. 이 결과에서도 온대성 어종인 오징어의 단백질의 온도 안정성이 한대성 어종인 명태보다 약 2.5배 더 안정적임을 알 수 있었으며 이러한 단백질의 온도 안정성이 보수력과 상관관계가 성립됨을 Fig.24 를 통해 알 수 있었다. 따라서 근육 식품을 가공함에 있어 가장 중요한 인자인 원료의 품질은 단백질(특히myosin)의 변성정도에 따라 결정되는 것으로 알려져 있으므로 본 실험에서 재료로 선택한 명태, 정어리 및 오징어 분쇄육을 저장할 경우 각 어종의 단백질의 온도 안정성을 고려하여 사후 myosin의 변성을 최대한 줄일 수 있는 저장 조건을 선택하여야 할 것으로 사료된다.

4. TBA가 및 총균수의 변화

냉동 분쇄육의 저장성을 조사하기 위하여 0℃, -10℃, -20℃ 및 -67℃에서 저장하면서 오징어와 명태의 경우 TBA value, 총균수 및 pH의 변화를 조사하였고 그 결과를 요약하면 TBA의 경우는 Table 10~13과 같고 총균수의 경우는 Table 14~ 17과 같다.

Table 10. Changes in the TBA value of cryogenic crushed squid and pollack during storage at 0°C

Sample	Storage time (days)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Squid	0.003	0.003	0.004	0.004	0.008	0.012	0.010	0.004	0.004	0.004
Pollack	0.084	0.133	0.168	0.172	0.186	0.045	0.045	0.045	0.042	0.042

Table 11. Changes in the TBA value of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -10°C

Sample	Storage time (days)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Squid	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.006	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006
Pollack	0.076	0.086	0.102	0.112	0.083	0.084	0.059	0.048	0.048	0.047	0.047	0.048	0.048	0.028

Table 12. Changes in the TBA value of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -20°C

Sample	Storage time (days)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Squid	0.003	0.003	0.003	0.003	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007
Pollack	0.014	0.014	0.015	0.082	0.081	0.082	0.052	0.044	0.024

Table 13. Changes in the TBA value of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -67°C

Sample	Storage time (days)					
	15	30	45	60	75	90
Squid	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004
Pollack	0.007	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009

Table 14. Changes in total bacterial counts of cryogenic crushed squid and pollack during storage at 0°C

Sample	Storage time (days)					
	2	4	6	8	10	12
Squid	4.5×10^2	3.1×10^2	2.8×10^2	3.8×10^2	4.0×10^2	18.8×10^2
Pollack	7.0×10^3	1.7×10^3	2.8×10^3	3.8×10^3	4.3×10^3	20.3×10^3

Table 15. Changes in total bacterial counts of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -10°C

Sample	Storage time (days)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Squid	3.3×10^2	3.4×10^2	1.4×10^2	1.9×10^2	2.5×10^2	1.0×10^2	2.5×10^2	3.0×10^2
Pollack	6.1×10^2	6.8×10^2	9.5×10^2	4.9×10^2	5.0×10^2	4.0×10^2	4.0×10^2	4.2×10^2

Table 16. Changes in total bacterial counts of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -20°C

Sample	Storage time (days)					
	10	20	30	40	50	60
Squid	2.6×10^2	2.1×10^2	3.2×10^2	3.2×10^2	2.6×10^2	3.0×10^2
Pollack	2.6×10^2	2.3×10^2	2.9×10^2	3.4×10^2	2.9×10^2	3.0×10^2

Table 17. Changes in total bacterial counts of cryogenic crushed squid and pollack during storage at -67°C

Sample	Storage time (days)					
	15	30	45	60	75	90
Squid	2.4×10^2	2.9×10^2	3.2×10^2	3.3×10^2	3.0×10^2	3.0×10^2
Pollack	3.7×10^2	3.2×10^2	1.9×10^2	2.4×10^2	3.0×10^2	3.0×10^2

한편, 오징어 전근의 분쇄육을 각각의 온도에 저장했을 때 pH의 변화는 저장 초기의 pH는 6.7로서 -10°C 이하의 저장 온도에서는 거의 그 변화가 인정되지 않았다. 이와같이 결과는 냉동 저장에 따른 사후 변화와 지연으로 인한 결과라고 사료된다. 한편, 0°C 저장의 경우 35일 경과 되었을 때 pH가 7.8로 상승하는 경향을 나타내었는데 이것은 저장중 미생물의 번식에 의한 부패가 서서히 진행되었기 때문인 것으로 사료되었다.

제 5 절 마늘 및 당근 냉동분쇄물의 저장중 품질변화

마늘과 당근의 경우는 색도, pyruvic acid, thiosulfinate, carotenoid 등을 저장 온도에 따라 저장 시험을 실시하였다. (Table 18~22). 이들의 경우 저장 중 색의 변화는 일반 상온 유통 제품에 비해 안정되어 있었고 마늘의 경우 중요한 성분으로 알려진 pyruvic acid, thiosulfinate의 함량은 분쇄물의 경우라도 동결 중에는 약간의 변화를 알 수 있었다. 그러나 관능 검사 결과 향의 경우는 생원료에 비해 손실이 거의 없었다.

Table 18. Changes in the thiosulfinate of cryogenic crushed garlic during storage at -20°C and -67°C

sample	storage time (days)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	1.200	1.262	1.213	1.520	1.278	1.295	1.295	1.419	1.485	1.124	1.124	1.120	1.122
II	1.003	1.025	1.025	1.091	1.090	1.295	1.295	0.500	0.338	0.304	0.210	0.206	0.131
III	1.003	1.002	1.010	1.035	1.061	1.061	1.121	1.130	1.138	1.136	0.956	0.920	0.921

I : Raw material(not treatment) II : Storage -20°C after cryogenic crushed

III : Storage at -67°C after cryogenic crushed

Table 19. Changes in the pyruvate of cryogenic crushed garlic during storage at -20°C and -67°C

sample	storage time (days)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	0.535	0.536	0.536	0.534	0.568	0.490	0.423	0.468	0.489	0.335	-	-	-
II	0.139	0.142	0.142	0.117	0.117	0.117	0.118	0.112	0.113	0.110	0.098	0.107	0.102
III	0.241	0.289	0.233	0.185	0.142	0.220	0.200	0.221	0.210	0.217	0.237	0.195	0.192

I : Raw material(not treatment) II : Storage -20°C after cryogenic crushed

III : Storage at -67°C after cryogenic crushed

Table 20. Changes in the carotinoid of cryogenic crushed garlic during storage at -20°C and -67°C

sample	storage time (days)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	0.136	0.134	0.205	0.226	0.129	0.125	0.120	-	-	-	-	-	-
II	0.123	0.123	0.123	0.122	0.120	0.110	0.110	0.139	0.132	0.127	0.125	0.121	0.120
III	0.123	0.107	0.114	0.118	0.110	0.110	0.112	0.114	0.112	0.111	0.110	0.110	0.109

I : Raw material(not treatment) II : Storage -20°C after cryogenic crushed

III : Storage at -67°C after cryogenic crushed

Table 21. changes in the L, a, b and ΔE color values of cryogenic crushed garlic during storage at -20°C and -67°C

samples	color index	storage time (days)												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
I	L	50.1	52.2	51.8	51.8	50.6	50.9	51.9	52.5	52.9	-	-	-	-
	a	-1.25	-1.21	-1.20	-0.49	-0.38	-0.38	-0.38	-0.32	-0.32	-	-	-	-
	b	20.1	20.9	20.7	20.7	19.9	19.4	19.5	19.1	19.5	-	-	-	-
	ΔE	43.6	43.1	42.3	42.4	43.1	42.5	42.5	43.5	42.1	-	-	-	-
II	L	44.3	45.2	45.4	45.6	47.2	49.8	48.8	48.8	52.0	52.5	52.0	54.0	54.0
	a	-0.33	-0.27	-0.35	-0.72	-0.62	-0.82	1.12	1.12	1.12	1.34	1.57	1.37	1.34
	b	16.9	17.0	17.7	18.1	18.8	20.0	20.4	20.0	20.8	21.5	21.4	21.5	22.6
	ΔE	46.3	46.3	46.7	46.2	45.6	45.1	45.0	45.1	45.0	42.8	42.1	42.1	41.4
III	L	49.4	49.5	51.4	49.8	52.8	52.8	52.8	52.1	57.2	58.4	58.5	59.0	60.1
	a	-0.44	-0.78	-0.92	-0.40	-1.12	-1.23	-1.19	-1.19	-1.23	-1.38	-1.23	-1.20	-1.21
	b	17.7	18.0	18.7	18.4	18.5	18.7	19.4	19.5	19.6	19.9	19.4	19.6	19.9
	ΔE	41.3	40.6	41.6	42.6	40.6	42.1	40.0	41.1	36.4	36.2	32.4	32.6	34.3

I : Raw material(not treatment) II : Storage -20°C after cryogenic crushed

III : Storage at -67°C after cryogenic crushed

Table 22. changes in the L, a, b and ΔE color values of cryogenic crushed carrot during storage at -20°C and -67°C

sample	color index	storage time (days)												
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
I	L	42.8	43.5	42.5	42.8	44.0	44.6	58.2	59.0	-	-	-	-	-
	a	18.3	18.3	18.7	20.8	22.0	23.0	22.8	23.0	-	-	-	-	-
	b	23.3	22.1	23.2	21.3	21.4	21.4	18.3	18.3	-	-	-	-	-
	ΔE	51.9	53.8	54.0	54.1	54.0	55.3	43.8	48.2	-	-	-	-	-
II	L	39.2	41.1	42.1	43.6	43.6	43.4	44.0	43.1	41.9	42.9	42.9	45.2	43.1
	a	20.5	20.9	21.2	21.8	21.8	21.3	20.6	20.3	21.3	20.5	22.3	20.5	20.5
	b	22.0	21.3	21.3	21.2	22.6	21.2	21.0	21.5	22.1	21.4	21.7	22.0	22.2
	ΔE	52.2	54.6	53.3	53.3	54.0	55.3	53.2	54.5	55.1	55.5	54.0	53.3	53.8
III	L	40.0	40.2	40.0	40.8	42.5	43.8	41.7	41.0	41.7	45.0	44.5	44.2	45.2
	a	20.8	20.1	21.2	20.5	20.9	20.3	20.9	21.0	21.0	22.7	22.7	22.4	22.7
	b	21.7	21.8	22.1	22.2	22.3	22.7	22.3	23.1	22.9	21.8	23.0	23.5	23.2
	ΔE	54.2	54.7	54.6	54.9	54.7	54.0	54.0	54.2	54.6	54.8	53.5	54.5	54.2

I : Raw material(not treatment) II : Storage -20°C after cryogenic crushed

III : Storage at -67°C after cryogenic crushed

제 6 절 가공응용시험 및 품질조사

1. 버거 제품의 성상

국내시중에 유통되는 버거제품 8종을 구입하여 이들 제품의 형태와 각각의 내용물을 조사하고 본 연구의 결과에서 얻어진 냉동마쇄물을 시중제품과 동일한 배합비로 처리하여 가공한 후 관능검사를 실시하였다.

제품명	제품형태	판매원	주요내용물
치킨버거	닭가슴살, 빵가루코팅	'KFC	마요네스,양상치,치킨버거
치즈버거	소고기버거	Macdonald	치즈,소고기버거,케찹,오이피클,양파조각,스테이크소스
스테이크버거	소고기버거	Lotteria	양상치,마요네스,스테이크소스,소고기버거
새우버거	새우침가버거,빵가루코팅	Lotteria	양상치,마요네스,돈까스소스,새우침가버거
피쉬버거	새꼬리민태(호기)필레,빵가루코팅	Lotteria	마요네스,케찹,양상치,호기필레버거
피쉬버거	호기필레, 빵가루코팅	Macdonald	프로세스치즈,호기필레버거
햄버거	스테이크버거	Macdonald	스테이크버거,오이피클,케찹,양파조각,양겨자
햄버거	스테이크버거	버거 킹	스테이크버거,양상치,스테이크소스

2. 응용실험용 관

가. 햄버거패디용

빵가루코팅 마쇄물 3종(명태,오징어,정어리),오이피클,마요네스+케찹,양겨자,양상치,햄버거용 빵

나. 너겟용

빵가루 코팅된 3종의 냉동마쇄물버거, 너겟소스(양겨자, 맥아엿, 대두유, 식초, 난황액, 설탕)

3. 관능검사 결과

가, 햄버거 패티 및 너겟의 관능검사 결과

Table 23은 햄버거 패티의 관능검사 처리구로서 패티제품의 제조 시료는 본 실험의 처리구인 정어리, 명태, 오징어의 3종과 시중에서 유통되고 있는 L사의 새우버거 제품과 M사의 호끼필레 버거등 2종을 합하여 5종류의 햄버거 패티를 빵과 야채등의 부원료와 함께 시료로 공급하여 관능검사를 실시하였다. 예상한 바와 같이 현재 유통되고 있는 새우버거와 피쉬버거 즉, 호끼필레가 관능적으로 모두 우수하게 나타났으며 오징어버거는 시중제품과 거의 비슷한 관능성적을 나타내어 양호한 제품적성을 보여 주었다. 한편 명태처리구도 중간이상의 점수를 보여 주었으며 특히 향에 있어서도 비교적 우수한 결과를 보여 주었으나 정어리의 경우 좋지 않은 결과를 보여 주었다. 이것은 정어리육의 특성상 제품이 식으면 비린냄새가 강하게 발현되는 것이 관능적으로 좋지 않은 결과를 보여 주었다. 그러나 본 실험에서의 냉동분쇄 및 냉동마쇄 원료의 특성상 수율을 증대 시키면서 생선육의 기능적 특성을 최대한 살리는 의미에서 제품의 관능점수를 감안하고 차후 각 어종의 관능특성을 감안한 조미가 이루어진다면 지금의 관능점수보다는 양호한 결과를 보여줄 수 있을 것이다.

한편, 본 실험계획상 햄버거 패티의 원조인 소고기를 원료로하여 제조한 패티는 실험구에 포함하지 않았다.

Table 23. Sensory evaluation of hamburger patties manufactured from cryoshattered fish meat

Patties	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Squid	4.905 ^a	4.810 ^{ab}	4.310 ^{ab}	4.929 ^a
Shrimp	5.048 ^a	4.881 ^a	4.905 ^a	5.048 ^a
Sardine	3.143 ^c	2.857 ^c	2.857 ^c	2.786 ^c
Hoki	5.429 ^a	5.071 ^a	4.310 ^{ab}	5.095 ^a
Pollack	4.095 ^b	4.167 ^b	3.619 ^b	3.905 ^b
L S D	0.7039	0.6905	0.7195	0.5968

1)Evaluated by 21 trained panels on hamburger patties on 7 point hedonic scale where 1 = very poor, 7 = very good

2)Mean value of 21 sensory scores followed by different alphabet in same raw means significantly different at $p>0.05$

3)Least significant different

Table 24는 정어리,명태 및 오징어를 원료로 실험방법에서와 같이 너겟을 제조하여 현재 시판중인 치킨너겟을 대조구로하여 관능검사를 실시한 결과이다. 이 결과 역시 햄버거 패티의 결과와 유사하게 나타났다. 특히 너겟은 시중제품이 치킨이 대부분인 결과 치킨 너겟의 입맛에 검사요원들이 습관화가 되어 있어 그 결과를 반영하였다.

이 결과에서도 패티의 결과와 마찬가지로 오징어의 경우 풍미,맛,조직감 모두에서 양호한 관능검사 결과를 보여 주었다. 명태 및 정어리의 경우에서도 햄버거 패티의 결과보다 양호한 결과를 보여 주었다.

Table 24. Sensory evaluation of nugget manufactured from cryo
-shattered fish meat

Nugget	Taste	Flavor	Texture	Overall acceptability
Squid	5.750 ^a	5.318 ^b	5.386 ^a	5.455 ^a
Pollack	5.000 ^b	5.318 ^b	4.500 ^b	4.727 ^b
Sardine	3.523 ^c	3.227 ^c	3.977 ^b	3.386 ^c
Chicken	5.818 ^a	6.023 ^a	5.773 ^a	5.864 ^a
L S D	0.5031	0.6033	0.6592	0.5432

1)Evaluated by 22 trained panels on nugget on 7 point hedonic

scale where 1 = very poor, 7 = very good

2)Mean value of 22 sensory scores followed by different alphabet

in same raw means significantly different at $p>0.05$

3)Least significant different

나, 관능조사원의 전문성 조사

- 햄버거패티(조사원 : 21명)

○ 평소 햄버거를 사먹는 횟수

8회/월	4회/월	3회/월	2회/월	1회/월	1회/2월	1회/6월	1회/년
1명	2명	1명	6명	3명	3명	3명	2명

○ 햄버거패티의 성분(소고기,닭고기,생선)의 선호도는?

소고기 : 9명

닭고기 : 4명

생선 : 5명

○ 햄버거 패티내에 기능성 성분이 있을 경우 구매욕의 차이를 느낄수 있을지의 여부 조사

맛이 우선 : 8명

가능성이 있음 : 6명

구매함 : 5명

- 너겟 (조사원 22명)

○ 평소 너겟을 사먹는 횟수

4회/월	2회/월	1회/월	1회/2월	1회/3월	3회/년
3명	5명	7명	3명	3명	1명

○ 너겟의 성분(소고기,닭고기,생선)에 대한 선호도는?

소고기 : 1명, 닭고기 : 14명, 생선 : 5명

○ 너겟의 살코기에 기능성 성분이 있을 경우 구매욕의 차이를 느낄수 있을지의 여부 조사

맛이 우선 : 7명

가능성이 있음 : 6명

구매함 : 9명

관능검사원의 일반적인 의식습성 및 구매욕에 대한 조사를 실시 하였다. 우선 검사요원이 평소 햄버거를 구입하여 먹는 횟수에 대한 조사결과가 나타났는데 조사원 21명중에 월 4회이상 햄버거를 사먹는 사람이 전체의 14%, 월 1 - 3회 사먹는 사람이 47.6%로 가장 많았으며 한달에 1회 이하 구매하는 사람이 8명으로 38%를 보여 주었다.

다음으로 햄버거 패티성분에 대한 선호도를 조사하였다. 위 그림에서 나타난 바와같이 햄버거 패티의 성분은 소고기, 닭고기 및 생선류 이었는 바 소고기를 선호하는 사람이 9명으로 50%, 닭고기는 4명으로 22% 이었으며 생선을 선호하는 사람은 5명인 28% 수준을 나타내었다.

또한 햄버거 패티의 기능성 성분함유에 따른 구매욕의 차이를 느낄 수 있는지의 여부에 대한 조사를 실시 하였다. 적극적으로 구매욕을 보인 검사원이 5명, 가능성이 있다고 대답한 사람이 6명으로 전체 응답 조사원 중 58% 정도가 구매가능성을 보여 주었으며 나머지 42%인 8명은 맛이 최우선이라고 대답하였다.

한편 너겟에 대한 관능검사 결과는 햄버거 패티보다 낮은 지명도를 보였다. 이것은 너겟의 시장성이 햄버거보다는 낮기 때문일 것으로 생각된다. 평소 너겟을 사먹는 횟수에 대한 조사에서 한달에 1번 이하 먹는 사람이 7명으로 전체 조사원중 31%로 나타났고 월 1회에서 4회정도 구입하는 사람이 69%로 조사 되었다.

너겟 성분에 대한 선호도 조사 결과는 닭고기가 14명으로 전체 조사원의 70%를 차지하였고 생선류를 선호하는 사람은 5명으로 25% 수준을 보여 주었다. 이 결과는 현재 시판되는 너겟 제품은 주로 닭고기를 원료로 하여 제조한 것이기 때문으로 생각된다. 이러한 결과로부터 차후 생선류의 식미 기호성을 향상시켜 주면서 기능성을 강조하는 시장전략이 필요할 것이다.

또한 너겟의 살코기 성분 기능성 함유 등에 따른 구매욕의 차이를 조사한 결과 맛이 최우선이라는 응답은 22명중 7명으로 32% 정도이었으며 나머지 15명 즉, 68% 정도는 구매차이를 느낀다고 대답을 하여 생선류가 너겟의 새로운 가공소재로서의 가능성을 보여주었다.

제 7 절 경제성 검토

1. Hamburger patty 및 Nugget 제조공정

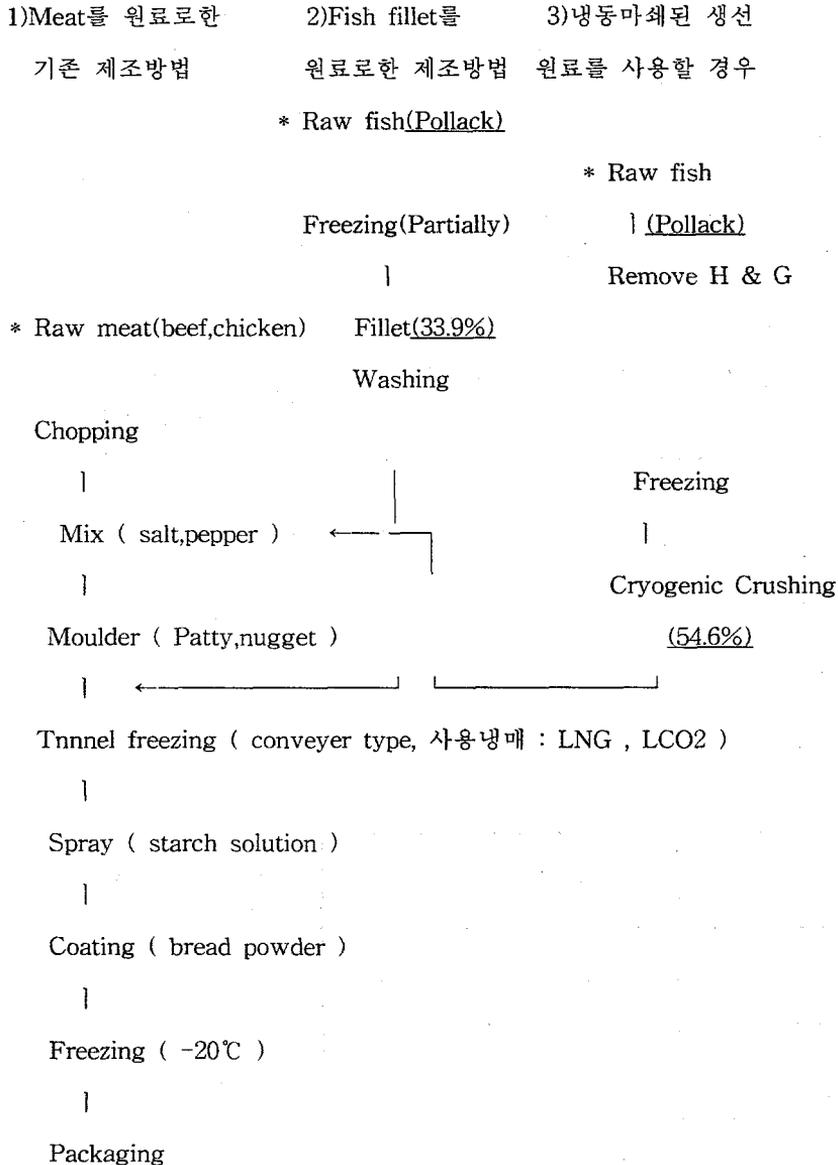


Fig. 44 . Manufacturing processing and yield of hamburger and nugget.

위의 도식에서 보는 바와 같이 2)피쉬 필레를 원료로한 제조 방법과 3)냉동마쇄된 생선 원료를 사용하는 경우의 제조 공정상의 차이는 생선 두부 및 내장을 제거하는 일과 수세하는 공정이 추가가 되지만 뼈를 포함한 수율 측면에서 위에서 알 수 있는 바와 같이 20.7%의 수율상승을 나타내고 있다.

인건비의 경우는 2)의 경우에는 필레를 뜰때의 인건비가 들고 3)의 경우에는 두부 및 내장 제거 등의 생선 전처리 및 수세할때에 인력이 필요하게 되는데 이 두 경우는 비슷한 인력의 소모가 필요할 것으로 생각된다.

2. 수율

1) H & G 형태로 두부와 내장을 제거한 상태

종 류	오 정 어	명 태	정 어 리
수 율(%)	52.5	56.9	62.5

2) 냉동분쇄 및 냉동마쇄등 가공시 수율

원료어종에 관계없이 97 - 99%.

3) 명태 각 부위별 해체 비율(%)

몸 통		머리+꼬리	내 장
56.9		24.4	18.7
필레	뼈	whole fish 중 filler의 비율 33.9	
59.6	40.4		

* 수율은 생태 5kg 3박스 (24미 기준)

3. 전기료

* 기본 전력 요금 : KW/hr당 전력 요금 = 약 1,000원

hammermill(5.5KW) : 5,500원/hr

Masscolloider(3.7KW) : 3,700원/hr

제 8 절 냉동분쇄시스템의 적용시험 및 상업적인 모델 제시

1. 냉동 분쇄의 주요기기 및 시스템의 가동 시험

1) 분쇄기(frozen cutter)

예비 시험을 통하여 최종적으로 선정된 분쇄기의 시스템 구성은 그림 45~48과 같다. 그림45는 분쇄기의 전체적인 모형을 나타낸 것으로 크게 7가지 부품으로 이루어져 있다. 즉 ①은 동결된 제품이 1차로 slice형태로 절단하는 기능으로 특히 수산물 어류와 같이 한꺼번에 분쇄하기 힘든 소재를 4~5cm 크기로 절단하는 기능이며 마늘이나 소형 식품 소재는 frozen slicer를 사용하지 않고 바로 ② hopper로 투입된다. 이 hopper의 역할은 frozen slicer에 의해 절단제품이 분쇄기로 투입되기전 충격에 의해 외부로 흐트러 지는 것을 방지하기 위한 장치이다. ③은 분쇄기의 외형을 나타낸 것으로 외부의 크기와 모형은 그림 45와 같으며 내부의 충격 분쇄 시스템 모형은 그림 46과 같다.

충격에 의해 분쇄된 분쇄물은 ⑥의 product box로 모이게 된다. 이때 일정 크기의 입자만 분리되어 직경이 각기 다른 쇄그물망을 설치하여 필요한 입자만 수거가 가능하다. 그림④는 분쇄기의 칼날 속도를 조절하는 control box이며 그림⑤는 분쇄기를 안정하게 고정시키는 역할을 한다. 한편, 냉동 원료의 분쇄전 해동을 막고 분쇄 수율을 증대하기 위해서는 그림 49와 같은 연속적으로 냉매가 분사되면서 냉동 원료의 이송이 가능한 conveyor belt 시스템이 필요하였다.

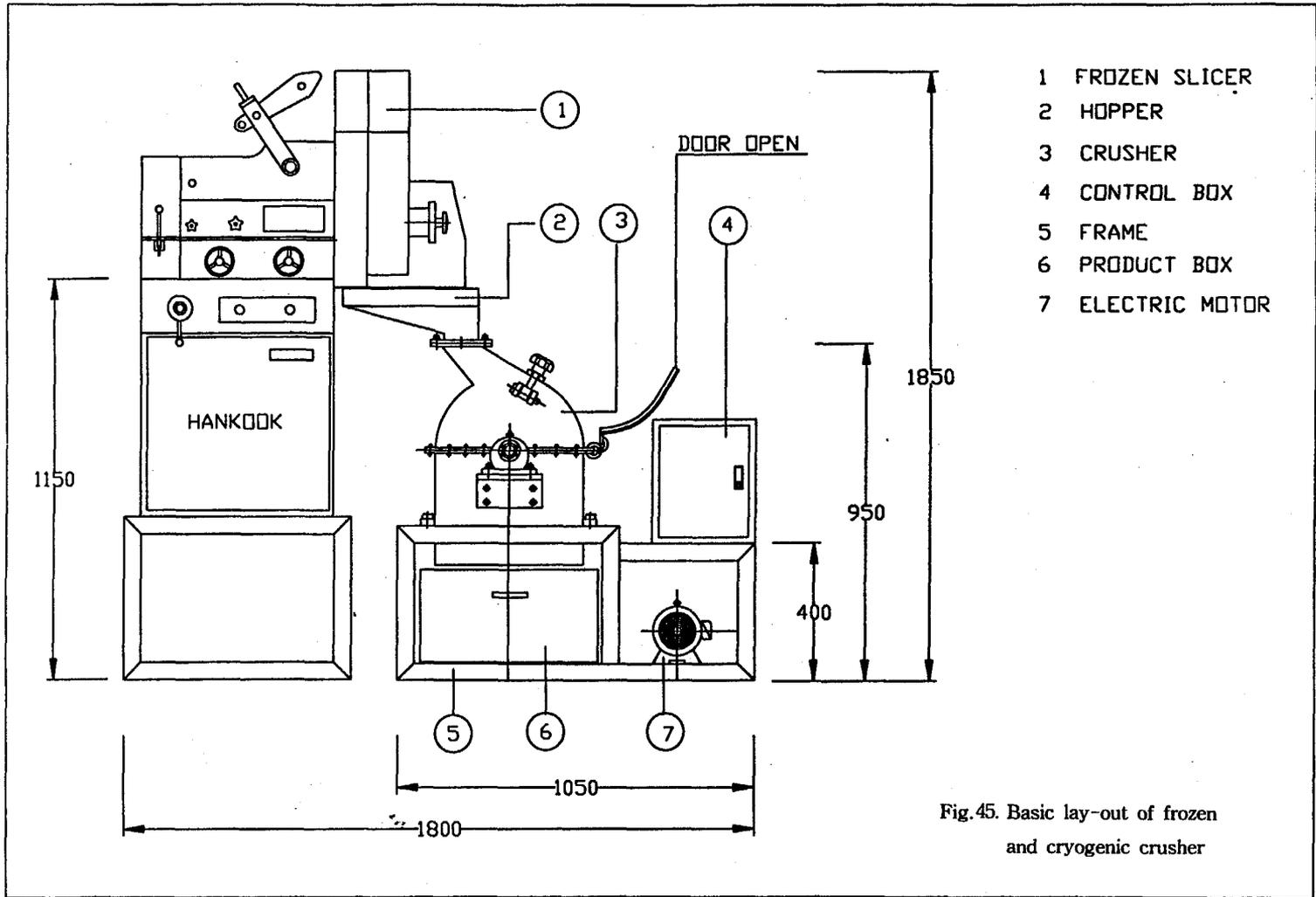


Fig.45. Basic lay-out of frozen and cryogenic crusher

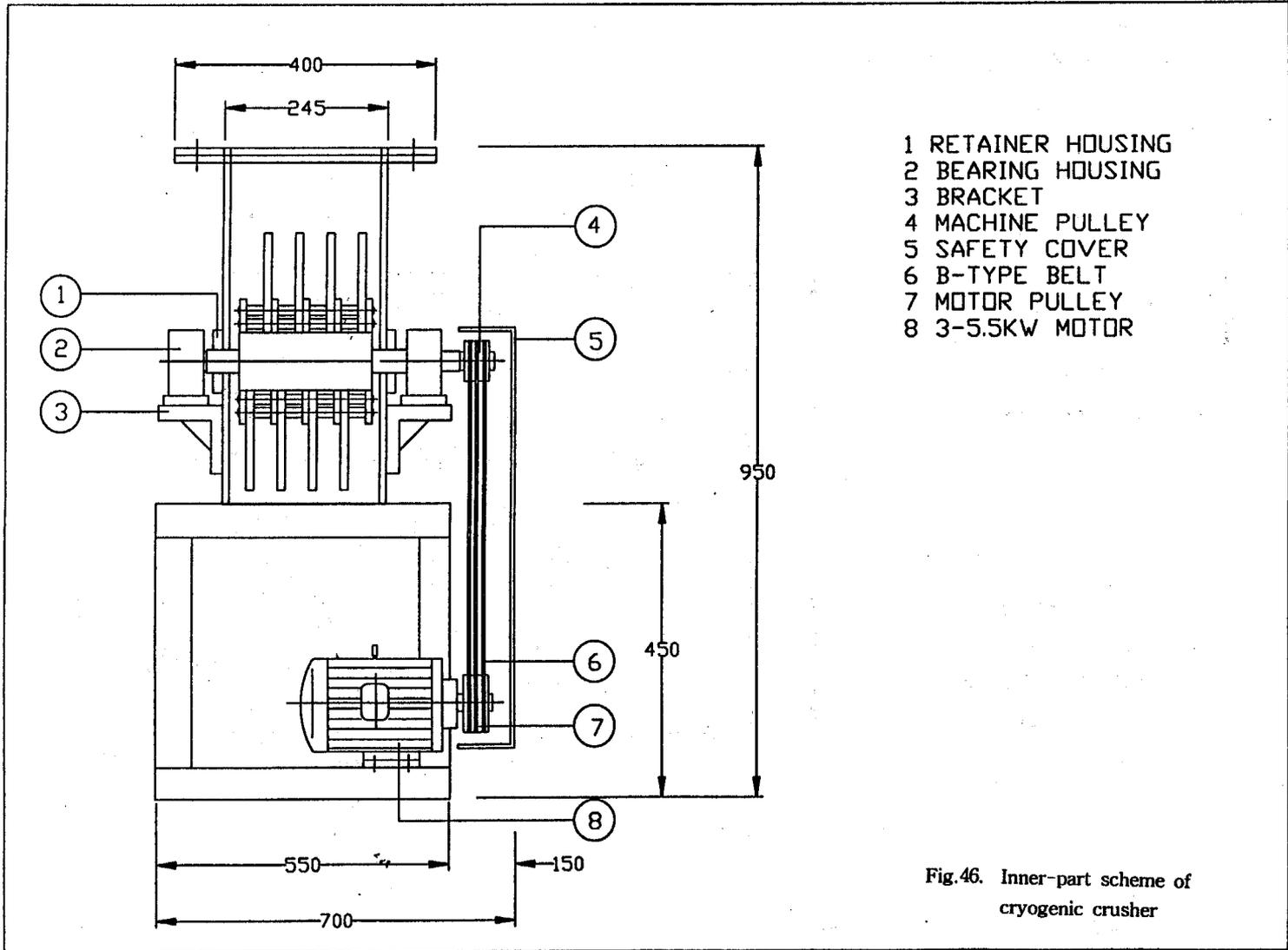


Fig.46. Inner-part scheme of cryogenic crusher

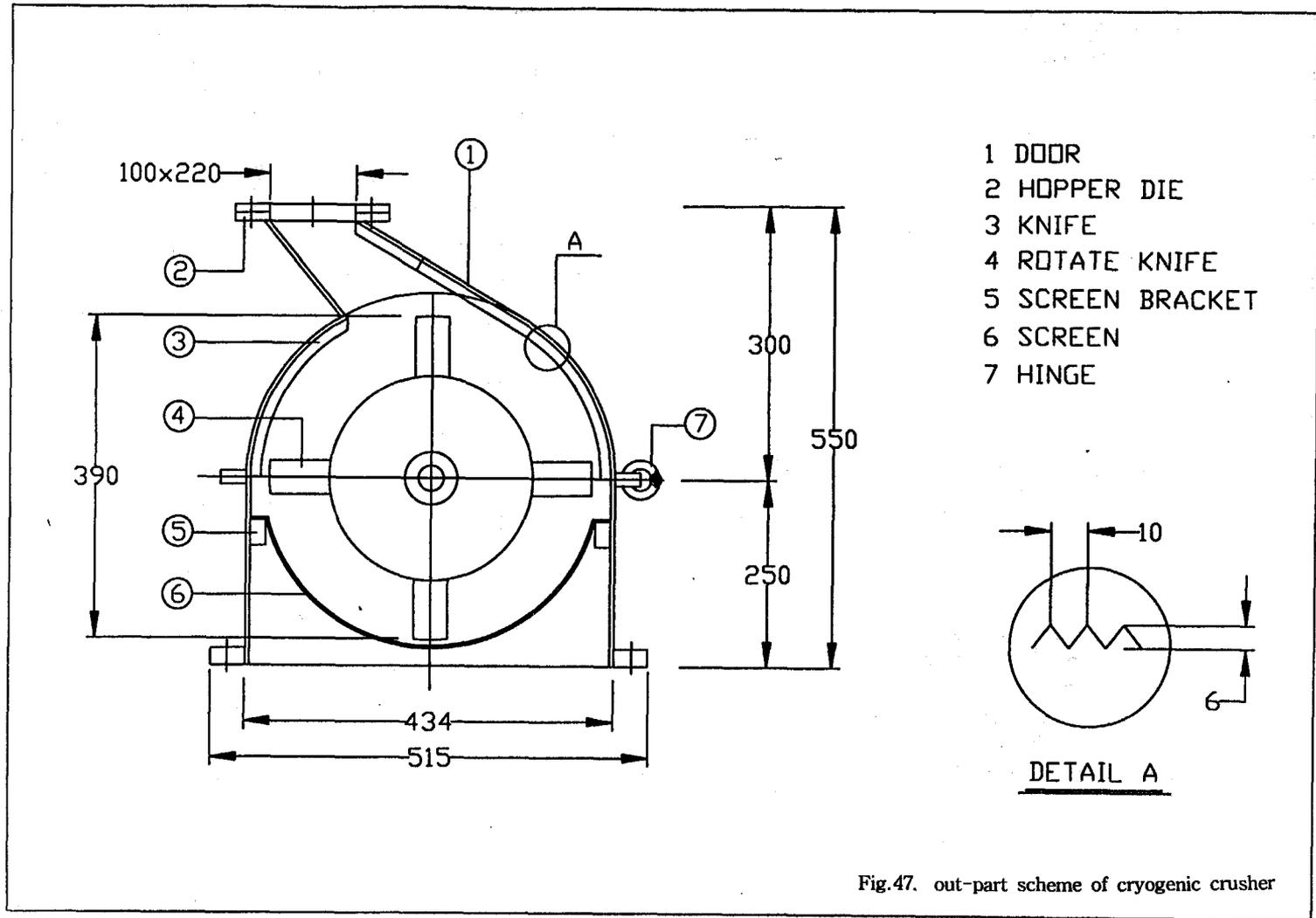


Fig.47. out-part scheme of cryogenic crusher

2) 마쇄기(pulverator)

어류를 냉동 분쇄한 이후에도 뼈등의 불가식 물질이 존재하기 때문에 이를 식감에서 느낄수 없을 정도로 완전히 분쇄하기 위해서는 메스콜로이드와 같은 기기가 필요하다. 본 연구에서는 냉동 분쇄물을 제조한 후 메스콜로이드의 clearance를 조정하여 뼈등의 이물질 식감여부를 관능 검사를 통하여 조사한 바 국내 식품회사에서 정밀 분쇄용으로 사용하고 있는 메스콜로이드를 이용해도 햄버거, 너겟 등의 냉동 조리 식품의 가공에 충분히 이용이 가능하였다.

이 마쇄기는 균질기(homogenizer)라고 하며, 분쇄된 고체입자를 아주 밀접한 두개의 면사이에 보내 그 면의 고속회전에 의하여 전단력을 일으켜 고체를 잘게 세절한다.

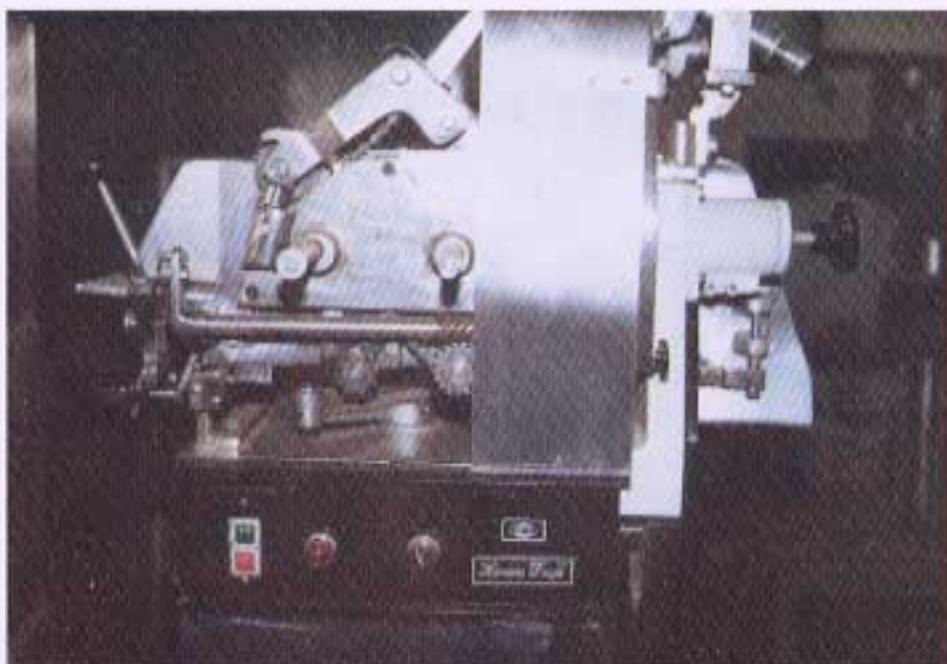
이 방법에 따라 입자의 80% 정도까지는 $0.1\mu \sim 1.0\mu$ 이하로 세절하여 어류의 뼈 등을 입안에서 느낄수 없도록 분산 세절 시킬수 있다.

따라서 코로이드밀에 의해서 제조된 분쇄물의 입자는 $0.1\mu \sim 1.0\mu$ 이며 사진에 나타낸 콜로이드 밀은 고정원판과 회전원판 두개의 멧돌로 그 간격은 25/1000mm로 아주 좁다.

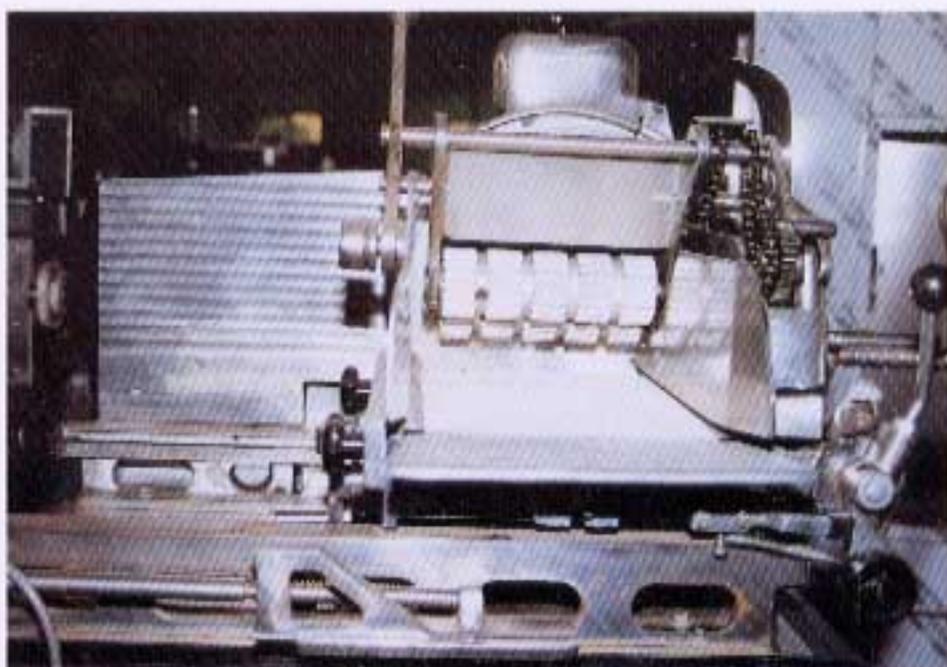
상부가 고정판이고 하부가 회전판으로 약 3,600rpm으로 고속회전으로 돌아가고 이 간격에 원료가 들어가 마찰력에 의하여 분쇄되고 원심력으로 사방에 비산되면서 배출된다.

이때 마찰분쇄에 의해 어류 분쇄물이 유화력 까지 얻을수 있어 여러가지 제품에 활용할 수 있었다.

다음의 Table. 24는 냉동 분쇄 및 세절에 소요된 기기와 주요사양을 나타낸 것이다.



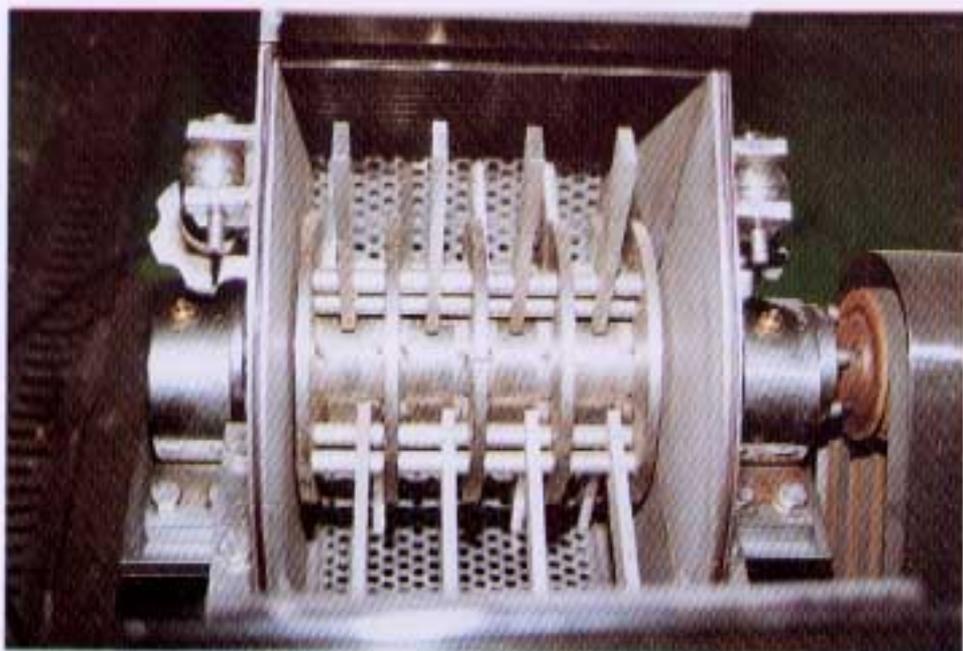
(Photo. 21) Out-part of frozen cutter



(Photo. 22) In-put Regulator of frozen cutter



(Photo. 23) Out-part of cryogenic crusher and rpm
regulator



(Photo. 24) Inner-part of cryogenic crusher

Table 25. Optimum condition of cryogenic crushing

Spec.	Frozen cutter	conveyer belt freezer	pulverator or masscolloider
manufacture company	Korea	Korea	Japan
power	10HP	½HP × 4P	3.7Kw, 2HP
r.p.m	1,000~3,000	2H/30sec	1,500
sieve size	8mm	-	0.5mm이하
std.capacity	100kg/hr	100kg/hr	100kg/hr
weight	200kg	250kg	100kg

3. Conveyor belt freezer 의 설계 및 제작

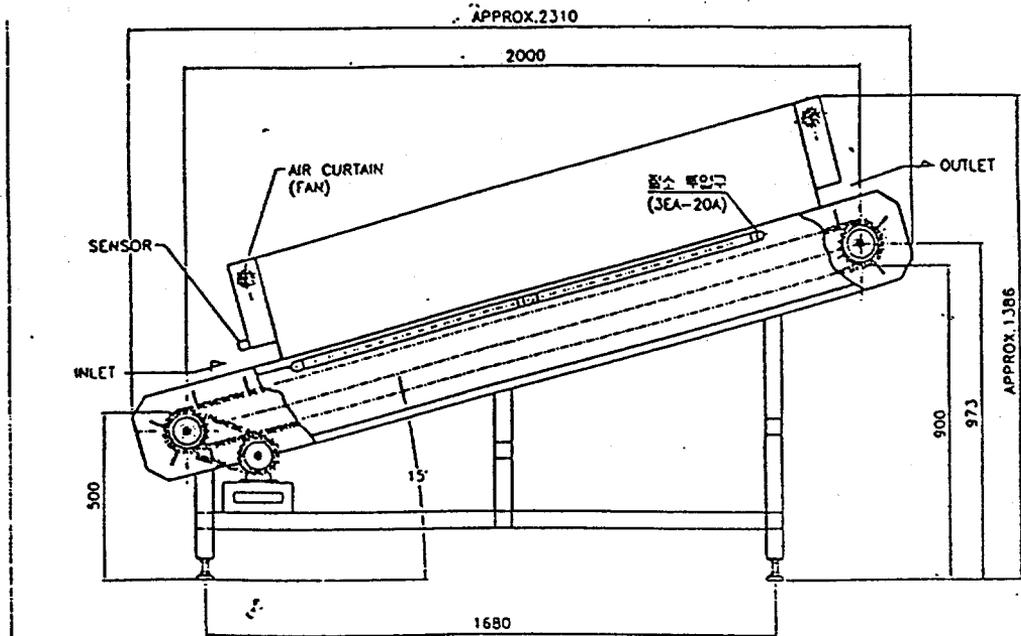
분쇄기 투입전 원료 냉동물의 해동을 억제하기 위하여 예비 실험 실시후 액체 질소 투입이 가능한 연속식 동결 conveyor 를 제작 완료하여 분쇄물 가공 시험을 실시하고 있다. 본 시스템의 기본 구조는 Fig 49.와 같다.<사진27, 사진28참조>

4. 단위 공정별 분쇄물의 제조 시험

본 연구의 주요 시험 재료로 사용한 냉동 어류(명태, 오징어)와 마늘 및 당근의 공정별 분쇄 시험을 실시한 바, 최적 원료의 온도는 -40℃내외가 적당하였고 어류의 경우 원료의 품온이 -20℃이하인 경우 충격 분쇄시 온도가 급격히 상승하여 분쇄물의 온도가 0℃보다 높아 분쇄기 내부에서 해동되어 더 이상 분쇄가 불가능 하였다.

특히 마늘의 경우는 -30℃에서 분쇄가 용이 하여 마늘의 향기 성분의 휘발을 최소화 하면서 분쇄물을 제조할 수 있었다.

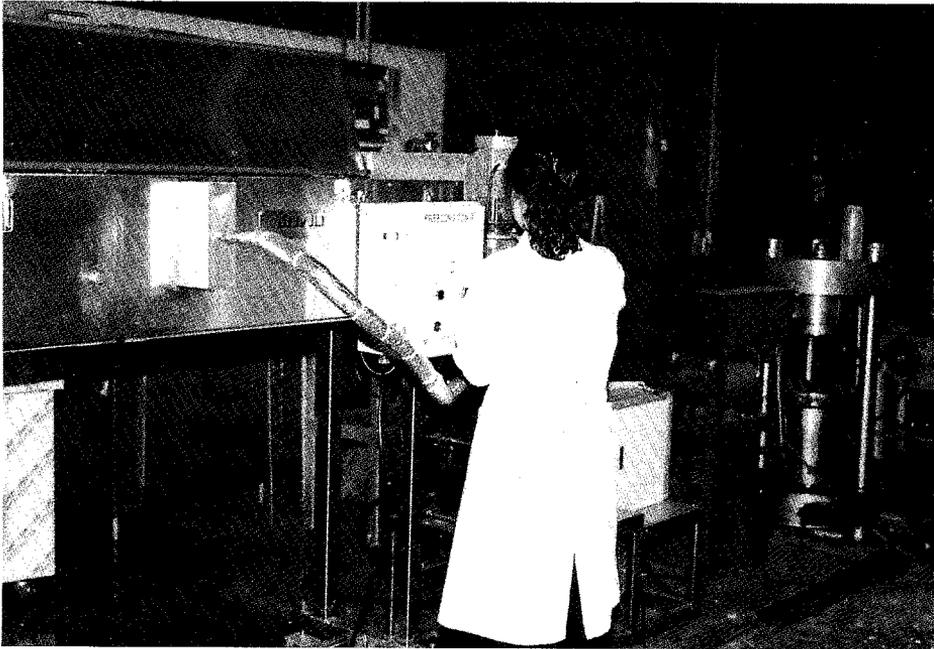
한편, 이들의 mass blance를 조사한 바 분쇄 과정에서 2~5%수준의 원료 손실만 있을 뿐 95% 이상의 수율을 나타냈다.



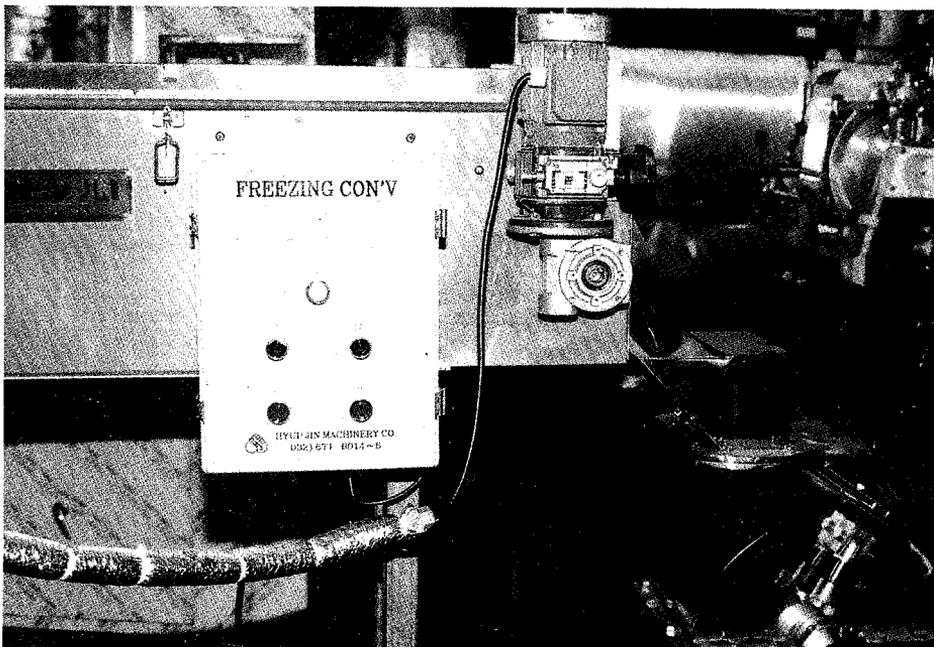
SPECIFICATION

- 1. LINE SPEED : 5M/min
- 2. MOTOR : 1/2HP 4P (1/40)
- 3. CHAIN : RS60 TYPE

Fig.49. Basic lay-out of continuous feeding conveyor belt system



(Photo. 25) Continuous freezing conveyor system



(Photo. 26) Regulator of Freezing conveyor system

여 백

제 4 장 결론 및 건의사항

제 1 절 마쇄물의 제조 및 특성

전 처리 된 정어리 명태 및 오징어를 -20°C , -40°C 그리고 -80°C 로 각각 동결시키고 동결분쇄 및 동결마쇄를 실시하였다.

-20°C 에서 동결시킨 원료어는 정어리만이 동결분쇄가 가능하였으며 이때의 분쇄된 입자의 온도는 -3.9°C 였다. -40°C 에서 동결시킨 어류들의 동결분쇄는 양호하게 수행이 되었고 이때 분쇄물의 온도는 정어리 -12.8°C , 명태 -6.0°C 및 오징어 -10.2°C 로 나타났으며 더우기 -80°C 로 동결시킨 원료어와 비교할때 물리적으로 큰 차이는 보여주지 않았다. 또한 동결마쇄시에도 3종 원료어 모두 0°C 이하의 온도를 유지하고 있었다. 결국 동결분쇄 및 동결마쇄시 -40°C 로 원료어류를 동결하여 처리하는 것이 경제성과 현 업체들의 이용가능성을 고려할 때 가장 적당할 것으로 판단이 되었다.

정어리 및 오징어육의 냉동온도별 입자분포는 온도에 관계없이 유사하게 나타나고 있으나 명태육의 경우에는 -40° 도 보다 -80° 도에서 동결한 어육이 전체적으로 크기가 작은 입자들의 비중이 높아지는 특성을 보이고 있었다.

제 2절 마쇄물의 품질특성

냉동 분쇄물의 수분함량이 대조구에 비해 3 - 4% 높았으며 정어리와 명태처리구에서 냉동마쇄공정시 뼈가 함께 분쇄 및 마쇄가 되므로 회분함량이 1.3%정도 높게 나타났고 상대적으로 단백질은 2 - 3% 낮은 결과를 보여 주었다.

원료어종 중 정어리 분쇄물의 근원섬유 단백질의 Ca-ATPase 활성은 대조구와

비교하여 약한 활성을 나타내었으며, 명태의 경우는 대조구 보다 높은 활성을 나타내었다. 또한, 오징어의 경우는 대조구와 거의 같은 활성을 나타내었다. 한편 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화에 있어서는 정어리의 경우 분쇄 또는 마쇄함에 따라 myosin heavy chain에 상당하는 성분이 감소하는 결과를 나타내었으며, 명태와 오징어의 경우 근원섬유 단백질의 subunit 조성의 변화는 거의 인정되지 않았다.

염에 대한 3어종의 용해도는 Ca-ATPase의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 즉, 정어리의 경우는 분쇄 또는 마쇄함에 따라 용해도는 크게 저하되는 경향이었으며, 명태는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료가 높은 용해도를 나타내었다. 또한 오징어는 전체적으로 높은 용해도를 나타내었으며 분쇄 또는 마쇄처리에 의한 특별한 변화는 인정되지 않았다.

이상의 결과는 분쇄 또는 마쇄처리에 의한 3어종의 생화학적 특성에 있어서 각기 상이함을 나타내었다. 즉, 정어리의 경우는 마쇄 또는 분쇄를 통하여 단백질의 안정성이 저하되었으며, 명태는 대조구 보다도 단백질의 안정성이 높은 것으로 나타났으며, 오징어는 모든 처리구에 있어서 상당히 안정한 것으로 나타났다.

I.C.P.를 이용하여 냉동분쇄물과 대조구인 필레의 무기질 성분을 분석한 결과 냉동분쇄물의 무기질함량중 Ca 함량이 대조구에 비해 6 - 8배 높았고 P의 경우도 30 - 120% 가 증가 되었다. Na의 함량도 대조구 보다 다소 높게 나타났다.

한편, 냉동분쇄물의 색택은 냉동어류가 분쇄가 되면서 급격히 표면적이 증가되면서 산소와의 접촉등을 통해 빠르게 산화되면서 분쇄물의 온도가 상승되어 갈변 현상을 보여 주었다 명도는 오징어 마쇄육이 적색도와 갈변도는 정어리육이 높았으며 명태의 색도는 오징어와 비슷한 수준으로 나타났다. 결국 냉동분쇄된 마쇄물의 가공처리시 가능한 냉장조건을 유지하는 것이 분쇄물의 색택보전에 좋은 영향을 줄 것으로 생각 되었다.

제 3 절 가공 기능성

정어리의 경우 냉동분쇄물의 유화능이 대조구에 비해 4 - 6% 낮았으며 오징어는 분쇄물과 마쇄물 및 대조구간 유화능의 차이를 보여주지 않았다. 또한 정어리의 경우 냉동분쇄물의 단백질 함량이 대조구 보다 3 - 4% 낮기 때문에 상대적으로 단백질의 유화능에 영향을 줄 것으로 판단이 되었고 오징어는 근육자체가 열안정성이 우수한 것으로 나타났으나 명태의 경우 대조구에 비해 분쇄 및 마쇄물의 유화능이 높게 나타났으며 동결온도의 차이에 따른 유화능은 정어리와 오징어의 경우 동결온도가 낮을수록 유화능이 우수하였으나 명태육의 경우는 -40°C 에서 가장 높은 유화능을 보여 주었다.

보수력에 있어서도 정어리를 제외하면 유화능과 같은 경향을 나타내었다. 즉 정어리의 경우 전체적으로 높은 보수력을 나타내었었는데 이와같은 결과는 단백질과 지방간의 상호작용에 의한 것으로 사료되었다.

겔형성능에 있어서는 유화능과 같은 경향을 나타내었다. 즉 정어리는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료의 겔형성능이 떨어지는 것으로 나타났으며, 명태는 대조구 보다 분쇄 또는 마쇄 처리한 시료의 겔형성능이 우수한 것으로 나타났다. 또한 오징어는 모든 처리구에 있어서 우수한 겔형성능을 나타내었다.

제 4 절 연육의 제조 및 저장중 품질변화

냉동분쇄 및 마쇄처리에 있어서 가장 안정성이 높았던 오징어육의 연육화를 검토하였다. 그결과 -20°C 이하에서 저장하면 적어도 70일 이상 저장가능한 것으로 나타났으며, 상세한 연구를 통하여 연육을 개발하면 장기저장의 가능성을 시사하였다.

제 5 절 가공응용시험 및 품질조사

동결분쇄 어류의 응용실험 수행을 위한 제품제조 실험과 관능검사를 실시 하였다. 제품의 형태는 햄버거 패티와 너겟등 2종 이었으며 제품의 제조는 현재 소고기 및 닭고기를 원료로 햄버거 패티 및 너겟을 제조하는 현장의 제조공정을 참고로하여 실험실에서 제조하였다.

본 실험의 결론 및 건의사항은 다음과 같다.

시판되고 있는 버거형태의 제품 8가지를 조사 분석하여 본 실험에 응용된 3가지 어중에 적합한 부원료를 선택하여 관능검사를 실시하였다.

햄버거 패티의 경우 오징어 냉동마쇄 원료를 이용한 패티는 기존의 피쉬버거나 새우버거와 유사한 관능결과를 보여 주었고 명태의 경우도 보통이상의 품질을 확인할 수 있었다. 너겟의 경우에서도 패티의 경우와 유사한 결과가 나왔지만 정어리의 경우는 대조구나 오징어,명태처리구보다 풍미가 떨어지는 것으로 조사 되었다.

햄버거 패티나 너겟의 가공원료에 대한 설문조사에서는 햄버거 패티는 58%, 너겟의 경우는 68%가 생선에 대한 선호도와 함께 기능성 성분의 함유에 따른 구매욕을 느낀다고 답하였다.

제 6 절 경제성 검토

본 실험에서의 냉동분쇄 및 냉동마쇄에 대한 경제성 검토는 가공수율과 제조공정의 검토로 생각할 수 있다.

먼저 가공수율에 있어서는 생선 필레를 떠서 패티제품을 만들었을 경우와 비교해서 약 21%의 높은 수율상승폭을 보여 주었고 제조공정은 선어의 전처리공정 즉 머리,내장제거 및 수세작업과 냉동마쇄공정이 추가 되지만 공장운영상 부담은 크지 않을 것으로 생각된다. 한편 가공시험시 부원료첨가에 따른 수율향상과 제조단가 상승율은 계상하지 않았으나 제품품질 및 가격에 직접 부담을 주지 않는

수준 이었다.

따라서, 한편 현재의 시설비가 많이 투입되는 기계장치를 단순하고 효율적으로 운용할 수 있는 기능적 장치를 개발 한다면 가공에너지 비용의 정감과 고품질의 냉동분쇄물을 제조 할 수 있을 것으로 사료됨.

제 7 절 냉동분쇄시스템의 적용시험 및 상업적인 모델제시

1. 분쇄기(frozen cutter)

예비 시험을 통하여 최종적으로 선정한 분쇄기의 시스템 구성은 그림 45~48과 같다. 그림45는 분쇄기의 전체적인 모형을 나타낸 것으로 크게 7가지 부품으로 이루어져 있다. 즉 ①은 동결된 제품이 1차로 slice형태로 절단하는 기능으로 특히 수산물 어류와 같이 한꺼번에 분쇄하기 힘든 소재를 4~5cm 크기로 절단하는 기능이며 마늘이나 소형 식품 소재는 frozen slicer를 사용치 않고 바로 ② hopper로 투입된다. 이 hopper의 역할은 frozen slicer에 의해 절단 제품이 분쇄기로 투입되기전 충격에 의해 외부로 프트러지는 것을 방지하기 위한 장치이다.③은 분쇄기의 외형을 나타낸 것으로 외부의 크기와 모형은 그림 45와 같으며 내부의 충격 분쇄 시스템 모형은 그림 46과 같다.

충격에 의해 분쇄된 분쇄물은 ⑥의 product box로 모이게 된다. 이때 일정 크기의 입자만 분리되어 직경이 각기 다른 쇄그물망을 설치하여 필요한 입자만 수거가 가능하다. 그림④는 분쇄기의 칼날속도를 조절하는 control box이며 그림⑤는 분쇄기를 일정하게 고정시키는 역할을 한다. 한편, 냉동 원료의 분쇄전 해동을 막고 분쇄 수율을 증대하기 위해서는 그림 49와 같은 연속적으로 냉매가 분사되면서 냉동 원료의 이송이 가능한 conveyor belt 시스템이 필요하였다.

2. 마쇄기(pulverator)

어류를 냉동 분쇄한 이후에도 뼈등의 불가식 물질이 존재하기 때문에 이를 식감에서 느낄수 없을 정도로 완전히 분쇄하기 위해서는 메스콜로이드와 같은 기기가 필요하다. 본 연구에서는 냉동 분쇄물을 제조한 후 메스콜로이드의 clearance를 조정하여 뼈등의 이물질 식감여부를 관능 검사를 통하여 조사한 바 국내 식품회사에서 정밀 분쇄용으로 사용하고 있는 메스콜로이드를 이용해도 햄버거, 너겟 등의 냉동 조리 식품의 가공에 충분히 이용이 가능하였다.

이 마쇄기는 균질기(homogenizer)라고 하며, 분쇄된 고체 입자를 아주 밀접된 두개의 면 사이에 보내 그 면의 고속회전에 의하여 전단력을 일으켜 고체를 잘게 세절한다. 이 방법에 따라 입자의 80% 정도까지는 0.1μ 이하로 세절하며 어류의 뼈등을 입안에 느낄 수 없도록 분산시킬 수 있다.

따라서 콜로이드밀의 입자크기는 $0.1\mu \sim 1\mu$ 이다. 사진에 나타낸 콜로이드밀은 고정원판과 회전원판의 두개의 맷돌로 그 간격은 $25/1,000\text{ mm}$ 로 아주 좁다. 상부가 고정판이고 하부가 회전판으로 약 3,600rpm으로 고속회전으로 돌아간다. 이 간격에 원료가 들어가 마찰력에 의하여 분쇄되고 원심력으로 사방에 비산되면서 비룻된다. 이때 마찰 분쇄에 의해 어류 분쇄물의 유화력까지 얻을 수 있어 여러가지 제품에 활용할 수 있다.

다음의 Table. 24는 냉동 분쇄 및 세절에 소요된 기기와 주요사양을 나타낸 것이다.

참고문헌

1. 魚肉わり制品 : 岡田稔, 衣巻豊輔, 横關源廷 : 恒星社 厚生閣, 66-68, 1987
2. 基調報告(미국편) : 멜히인몬센, 日本水産, 1-20, 1988
3. 野中道夫 : イワシの 高度利用と新しりすり身, 水産ねり製品技術研究會誌, 18(6), 241-255, 1992
4. 香川孝産, 金子岩三 : サバ, イワシの冷凍すり身 製造技術, 食品産業センター 技研報, 141-146, 1988
5. '95 水産年監., 韓國 水産會, 830-835, 1995
6. K. Konnon and C. Fukazawa : Autolysis of squid mantle muscle protein as affected by storage conditions and inhibitors., *J. Food Sci.*, 58(6), 1198-1202, 1993
7. N. Katoh, A. Hashimoto, N. Nakagawa and K. Arai : A new attempt to improve the quality of frozen surimi from pacific mackerel and sardine by introducing underwater mincing of low materials., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 507-513, 1989
8. 高橋興盛 : 食品タンパク質の 科學, 山内文男編著, 食品材研究會, 1983
9. Offer, G. and Trimick. : *J. Meat Sci.*, 8, 245, 1983
10. 北直文 : 食品 タンパク質の 變性と 機能特性の 發現, *Nippon Suisan Gakkaishi*
11. 山田千三, 章二編, : 水産食品學, p 6-13, 1987, 恒星社 厚生閣
12. 安井勉, 鮫島産筋肉タンパク質の加熱ゲル形成, *New Food Industry*, 27, 76-81, 1985

13. Lawrie, R. A. : " Meat Science " 3rd ed., Pergamon press.,
New York, 1979
14. Bendall, JR., : The elastin content of various muscle of beef
animals., *J. Sci. Food Agric.*, 18, 553, 1967
15. 順山三千三 章二編, : 水産食品學, p 33-37, 1987, 恒星社 厚生閣
16. Gershman, L. C., Stracher, A., and Dreizen, P. : Subunit structure
of myosin. III. A proposed model for rabbit skeletal myosin., *J.
Biol. Chem.*, 244, 2726, 1969
17. Golfrey, J. and Harrington, W. F. : Self-association in the myosin
system at high ionic strength. II. Evidence for the presence of a
monomer \leftrightarrow dimer equilibrium, *Biochemistry*, 9, 894, 1970
18. Rice, R. B. : Conformation of individual macromolecular particles
from myosin solution., *Biochim, Biophys, Acta* 52, 602, 1961
19. Tonamura, Y. : Muscle proteins, Muscle contraction and cation
transport., University of Tokyo Press., Tokyo, 1972
20. Protter, J. B., : The content of troponin, tropomyosin, actin and
myosin in rabbit skeletal muscle myofibrils., *Arch, Biochem,
Biophys.*, 162, 436, 1974
21. Yates, L. D. and Greaser, M. L., : Quantitative determination of
myosin and actin in rabbit skeletal muscle., *J. Mol. Biol.*, 168,
123, 1983b
22. Cummins, P and Perry, S, V., : Chemical and immunochemical
characteristics of tropomyosins from striated and smooth muscle.,
J. Biochem., 141, 43, 1974
23. Kominz, D. R., Sand, F., Gladner, J. A., and Laki, K., :
Mammalian tropomyosin., *Arch Biochem. Biophys.*, 70, 16, 1957

24. Ebashi, S. : Separation of troponin into its three components.,
J. Biochem., 72, 787, 1972
25. Ebashi, S. and Kodama, A., : Interaction of troponin with F-actin
in the presence of tropomyosin., *J. Biochem.*, 59, 425, 1966
26. Hartshorne, P. J., and Mueller, H., : Fractionation of troponin into
two distinct proteins., *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 31, 647,
1968
27. Masaki, T., and Takaiti, O., : M-protein., *J. Biochem.*, 75, 367.
1977
28. Starr, R., and Offer, G., : Preparation of C-protein, H-protein,
X-protein and phosphofructokinase in methods in emzymology.,
Acaedmic Press, New York, 130, 1982
29. Ohashi, K., Kimura, S., Deguchi, K. and Maruyama, K., :
I-protein, a characterization., *J. Biochem.*, 81, 233, 1977
30. Ohashi, K., Masaki, T., and Maruyama, K., : I-protein, a new
regulatory protein from verterbrate skeletal muscle. II.
Localization., *J. Biochem.* 81, 237, 1977
31. Starr, R., and Offer, G., : H-protein and X-protein. Two new
components of the thick filaments of verterbrate skeletal muscle.,
J. Mol. Biol., 170, 675, 1983
32. Ebashi, S., and Ebashi, F., : α -actinin, a new structural protein
from skeletal muscle., I. Preparation and action on
actomyosin-ATP interaction., *J. Biochem.*, 58, 7, 1965
33. Maruyama, K., : A new protein-factor hindering network
formation of F-actin in solution., *Biochem. Biophys. Acta.*, 94,
208, 1965
34. Maruyama, K., Kimura, S., Ishii, T., Kuroda, M., Ohashi, K., and
Muramatsu, S., : β -Actinin, a regulatory protein of muscle.
Purification, Characterization and function., *J. Biochem.*, 81, 215,
1977

35. Kuroda, M. and Maruyama, K., : γ -Actinin, a new regulatory protein from rabbit skeletal muscle. I. Purification and characterization., *J. Biochem.*, 80, 315, 1976
36. Ohashi, K. and Maruyama, K., : A new structural protein located in the Z-lines of chicken skeletal muscle., *J. Biochem.*, 85, 1103, 1979
37. H. E. Harris and H. F. Epstein : Myosin and paramyosin of *C. elegans* - Biochemical and structural properties of wild type and mutant proteins., *Cell*, 10, 709, 1977
38. 中川鶴太郎 : レオロシー 岩波書店, 1978
39. Ferry, J. D., : *Adv. Prot. Res.*, 3, 1, 1948
40. Eldridge, J. E. and Ferry, J. D. : *J. Phys. chem.*, 58, 992, 1954
41. Huggins, C., Tapley, D. E. and Jensen, E. V., : *Nature*, 167, 592, 1951
42. Bello, J., : *Biochem. Biophys. Acta.*, 109, 250, 1965
43. Catsimpoolas, H. and Meyer, E. W., : *Am. Assoc. Cereal Chem.*, 47, 550, 1970
44. Anglemier, A. F. and Montgomery, M. W., : In " Principles of Food Science, Part I. Food Chemistry", ed. by Fennema, O. G., pp 238, Marcel Dekker, Inc., New York, 1976
45. Fukazawa, T., Hashimoto, Y. and Yasui, T., : Effect of some proteins on the bridging quality of an experimental sausage., *J. Food Sci.*, 26, 541, 1961
46. Samejima, K., Hashimoto, Y., Yasui, T., and Fukazawa, T., : Heat gelling properties of myosin, actin, actomyosin and myosin-subunits in a saline model system., *J. Food Sci.*, 34, 242, 1969

48. Yasui, T., Ishioroshi, M., Nakano, H. and Samejima, K., : Changes in shear modulus, ultrastructure and spin-spin relaxation time of water associated with heat-induced gelation of myosin., *J. Food Sci.*, 44, 1201, 1979

50. Kawakami, H., Morita, J., Takahashi, K., and Yasui, T., : Thermal denaturation of myosin, heavy meromyosin and subfragment-1., *J. Biochem.*, 70, 635, 1971

51. Hashimoto, A., Arai, K., : *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45, 1453, 1979

52. 李南赫 : 各種魚類の鹽すり肉(肉糊)のゲル化特性に関するタンパク質化學的研究, 日本北海道 博社學位論文, 1991

53. N. Katoh, H. Nozaki, K. Kamatsu and K. Arai : A new method for evaluation of the quality of surimi from alaska pollack relationship between myofibrillar ATPase activity and kamaboko forming ability of frozen surimi., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45, 1027-1032, 1979

54. Numakura, T., Mizoguchi, R., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T., Seki, N., and Arai, K., : Changes in gel forming ability and cross-linking ability of myosin heavy chain of alaska pollack surimi : Denaturated by heat treatment., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1083, 1989

55. Lee, N., Seki, N., Katoh, N., Nakagawa, N., Terai, S., and Arai, K., : Changes in myosin heavy chain and gel forming ability of salted-ground meat from hoki., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 2-93, 1990

56. Numakura, T., Seki, N., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T., Takama, K., and Arai, K., : Effect of quality of surimi on cross-linking reaction of myosin heavy chain during setting., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 633, 1987

57. A. G. Gornall, C. T. Bardawill, and M. M. David : Determination of serum proteins by means of the biuret reation., *J. Biol. Chem.*, 177, 751-766, 1949

58. G. Gomori. : *J. Lab. clin. Med.*, 27, 955, 1942
59. Arai, K., Kawamura, K., and Hayashi, C., : *Nippon Suisan Gakkaishi*, 39, 1077,
60. Lee, N., Seki, N., Kato, N., Nakagawa, N., Terui, S., and Arai, K., : Gel forming ability and cross-linking ability of myosin heavy chain in salted meat paste from threadfin bream., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 329, 1990
61. U. K. Laemmli : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₄, *Nature*, 227, 751, 1970
62. Lawrie, R. A., : *Meat Science*, 1st ed., Pergamon Press, New York, 1966
63. 順山 三千三 : 水産食品学 (二編), 103, 1987, 恒星社 厚生閣
64. 關 伸 夫 : 魚介類 筋肉すよひ 加工中のタンパク質 可溶化と 電気泳動分析, 北海道大學 水産学部編, 1993
65. Boye, Sam, w., and Lanier Tyre C., : Effect of heat-stable alkaline protease activity of atlantic menhaden (*Brevoortia tyrannus*) on surimi gels., *J. Food Sci.*, 53, 1340, 1988
66. Funatsu, Y. and Arai, K., : Acid-induced denaturation of carp myofibrillar protein., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 2061, 1990
67. 김병목, 이성갑 : 水産食品加工学, 진로연구소
68. 岡田稔 : 漁肉わり製品, 恒星社 厚生閣, p 87, 1989
69. T. Sano et al : Paramyosin-Myosin-Actin Interaction in Gel Forming of Invertebrate Muscle. , *J. Food Sci.*, 54(4), 769-799, 842, 1989
70. Nonomura Y. : Fine structures of the thick filament in molluscan catch muscle., *J. molec. Biol.*, 88, 445-455, 1974

71. A.O.A.C.(1980) "Official method of analysis" Association of official analytical chemists. Washington, D. C.
72. 송계원, 1986. "食肉과 肉製品の 科學" 선진문화사
73. 日本 冷東食品協會 : 冷凍食品의 品質과 安定性
74. I.I.R.: Recomendations For the processing and handleing of frozen foods 3rd ed.(1986)
75. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. American meat science association. (1978)
76. handbook of meat analysis 2'nd ed. Edward s.Koniekko(1984) Avery published.
77. 이영춘,1986. "食品冷凍工學" 신광출판사
78. Naka등 : 日本食品産業센터 技術報告書,6,65 (1982)
79. Ishigawa : 最尖端加工技術(超微分碎技術), 16 (1985)
80. Masuda : 日本食品工業學會誌, 37(8), (1980)
81. Ujiya : Food chemical, 4,(8),36,(1988)
82. 深山信一 : 超低溫(液體窒素)粉碎裝置について ,食品機械裝置,4(1991)
83. Katoh, Yamaguch, K. Thukamoto, and K. Arai:Nippon Suisan Gakkashi, 43, 857-867(1977)
84. A.G. Gornall, C. T. Bardawill and M.M. David: J. Biol, Chem., 177, 751-766(1949)
85. G. Gomoro: J. Lab. Clin. Med : 27, 955-960(1942)
86. N.H. Lee, N. Seki, N. Nagagawa, S, Terui and K. Arai: Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 239-336(1990)

87. O.K. Laemmli: Nature, 227, 680-685(1970)
88. K. Samejima, N.H. Lee, M. Ishioroshi : J. Sci, Food Agric., 58,
385-393(1992)
89. N.H. Lee, N. Seiki, N. Katoh, N. Nagakawa, S. Terui and K.
Arai: 56, 2093-2101(1990)
90. J. J. Connel: Biochem. J., 58, 360-367(1954)
91. T. Yasui, K. Samejima : New Food Undustry, 27., 76(1985)
92. N. Katoh, H. Nozaki, K. Komatsu and K. Arai: Nippon Suisan
Gakkaishi, 45, 1027-1032(1979)
93. K. Konno: 水産加工技術基礎講座 全國水産加工協同組合聯合會
15-21(1979)
94. M. Kinoshita, H. Toyohara and Y. Shimizu: Nippon Suisan
Gakkaishi, 56, 1485-1492(1990)
95. H. Toyohara, M. Kinoshita and Y. Shimizu: J. Food Sci., 55,
259-260(1990)