

## 동결온도에 따른 어육의 동결마쇄특성

홍상필 · 양승용 · 이남혁 · 김동수  
한국식품개발연구원

### Cryo-grinding Characteristics of Frozen Fish Meat at Different Temperature

Sang-Pill HONG, Seung-Yong YANG, Nam-Hyuk LEE and Dong-Soo KIM  
Korea Food Research Institute, 46-1 Baek hyun-dong, Kyonggi-do 463-420

Cryo-grinding process comprising hammer mill-shattering and colloid mill-grinding without refrigerant was applied to sardine, pollack and squid muscle frozen at  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  and  $-80^{\circ}\text{C}$ , respectively and its characteristics were investigated. Particle size distribution of shattered product was shown larger in the order of squid, sardine and pollack and particle size of shattered product frozen at  $-80^{\circ}\text{C}$  was shown smaller than those at  $-40^{\circ}\text{C}$ . Image of shattered product depended on freezing temperatures and fish species, suggesting particle size distribution or rheological properties can be dependent on fish species or freezing temperature. Yield of cryo-grinded product was in the range of 52.5~62.5% and Ca content of sardine or pollack product was 6~8 times higher than its fillet. Emulsion capacity of cryo-grinded product was not decreased during processing.

Therefore, this method is thought to be applicable to fish processing, and preparation of fish paste or powder.

**Key words :** Cryo- shattering, grinding, sardine, pollack, squid, hammer mill, colloid mill, fish

## 서 론

생선은 단백질, 고도불포화 지질 및 칼슘 등 영양 성분을 다량 함유하고 있는 식량자원이다.

그러나 원료어의 이용시 머리, 내장 및 뼈는 대부분 버리고 있고 또한 연제품의 제조시에는 제조공정상 어육의 수용성단백질 마저 폐기되고 있는 실정이며 이들 영양성분을 손실하지 않고 효과적으로 이용하기 위해서는 대부분의 성분을 식용화할 수 있는 미립자화기술이 필요하다(豊田 等, 1990).

그런데 생선은 수분함량이 높아 상온 분쇄법으로는 미립자화가 불가능한 특성이 있어 최근 고수분 물질 및 식물성유 등 점탄성이 큰 물질의 미립화에 광범위하게 사용되는 동결분쇄기법을 이들 생선에도 적용하려는 시도가 행하여지고 있다(木村, 1984; Hagura et al, 1989).

동결분쇄기법은 종래 코코넛, 참깨, 겨자, 원두커피 및 감귤류와 같은 농산물을 중심으로 이들의 본래의 향이나 맛을 그대로 유지한 상태로 미립자화 하는 데 이용되어 왔으며(高島, 1982) 최근에 少林(1979)은 krill, 참치 등을, 豊田 等(1990)은 바지락, 새우, 게, 가리비, 굴 및 해조류를 대상으로 동결분쇄기법을 적용하여 이들 생선류의 미립자화에 성공하고 있으며 기호도에 있어서도 만족할 만한 수준에 이르는 것으로 평가되고 있다.

동결분쇄기법은(木村, 1984; 豊田 等, 1990) 식품을 심온동결시켜 점성, 탄성과 충격, 전단 및 압축응력을 저하시켜 충격으로 분쇄하는 원리에 입각한 것으로, 공정상 특별한 점은 냉각설비가 필요하고 또한 분쇄시에 액화질소나 액화 천연가스 등을 이용하여 분쇄 환경을 저온으로 유지하는 과정이 있어 running cost 가 상당히 높아 보편적 식품에의 이용에 한계가 있

다. 그런데 최근 어개류, 축육류, 청과 및 향신료 등을 대상으로 보통의 냉동식품의 유통온도 (-20℃~-40℃)로 냉동하여 1차적으로 frozen cutter 혹은 chopper로 입자지름이 5 mm 내외가 되도록 동결품을 해쇄하고 계속해서 마쇄를 함으로서 동결분쇄기법에 필적하는 품질을 얻을 수 있는 방법도 소개되고 있다 (遠藤, 1991). 그러나 이 방법에서 사용하고 있는 frozen cutter나 chopper 설비 역시 동력비 및 장치비가 과다하여 현실적으로 실용성에 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 이상의 동결분쇄상의 냉각설비나 냉매의 사용이 필요없고 또한 frozen cutter나 chopper를 사용하여 해쇄(解碎)하는 방식이 아닌 동결품 자체의 품온으로서 직접 분쇄할 수 있는 기술검토를 목적으로 오징어, 명태 및 정어리를 -20℃~-80℃ 범위에서 동결하여 hammer mill에 의한 분쇄 적합성을 검토하였으며 분쇄물을 계속해서 mass colloid에 주입하여 여기서 얻어진 마쇄물의 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험재료는 오징어, 명태 및 정어리를 대상으로 하였으며 각 어류는 어획즉시 빙장상태를 유지하고 머리, 내장 및 지느러미를 제거하여 -20℃, -40℃ 및 -80℃의 동결고에서 동결후 분쇄에 이용하였다.

### 2. 동결어육의 분쇄 및 마쇄

원료어의 중심온도가 목적온도 (-20℃, -40℃ 및 -80℃)에 도달한 후 각 시료 30 kg에 대해 8 mesh

크기의 체를 고정된 hammer mill에서 분쇄를 행하였으며 분쇄물을 바로 mass colloid 상에서 균일하게 마쇄하였다. 본 시험에 이용한 hammer mill 및 mass colloid의 제원을 Table 1에 나타내었다.

### 3. 분석방법

가. 일반성분의 분석은 수분의 경우 상압가열건조법으로 조단백질은 micro Kjeldahl법을 이용하였고 조지방은 soxhlet 방법으로 회분은 건식회화법을 이용하여 행하였다.

나. 무기질 분석은 시료 5 g에 대해 황산 20 ml 및 질산 10 ml를 가해 hot plate상에서 질산 1~2방울을 가해 맑은 상태가 될 때까지 분해하고 분해액을 100 ml 정용 flask에 넣고 증류수를 가해 100 ml로 정용한 후 Inductivity Coupled Plasma (I.C.P, France)로 분석하였다.

다. 입자분포의 분석은 -20℃에서 각 size 별 (2.4 mm~0.125 mm 범위)로 10개구간으로 나눈 mesh 체 상에서 분쇄물 500 g을 최상단에 있는 2.4 mm mesh체에 균일하게 적치하고 30분간 자동 shaking 한 후 각 크기별 입자의 중량을 측정하여 행하였다.

라. 입자의 Image는 얻은 입자별 분쇄물을 동결 건조한 후 20배 배율의 확대경을 이용하여 computer로 화상분석하였다.

마. 유화용량은 잘 마쇄된 생선육 5 g을 블렌더 병에 넣고 100 ml의 냉각된 3% NaCl용액을 가하여 1분간 교반한 후 식물성유를 가하면서 볼트-옴메타를 이용하여 종말점을 구하여 아래와 같이 계산하였다.

어육 g당 유화용량 (ml/g) = 총 유지소요량 (ml) / 시료 (g)

Table 1. Mechanical characteristics and dimension of pulverator

Specification	Hammer mill	Mass colloid
Manufacture	Korea	Japan, Masuko Co, MKZA6-5
Main rotor	5.5 KW, 7.5 HP, 60 HZ	3.7 KW, 2 HP, 3 phase
r.p.m.	1,740	1,500
Grinder size	.	250 mm
Sieve size	8 mm, round type	.
Std. capacity	250 kg/hr	10~100 kg/hr
Weight	200 kg	100 kg

## 결과 및 고찰

### 1. 어육의 동결온도에 따른 동결분쇄 및 마쇄 특성

어육의 동결온도에 따른 동결분쇄적성을 검토하고자 정어리, 명태 및 오징어를  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  및  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 각각 동결시키고 이들 동결품에 대하여 8 mm mesh가 설치된 hammer mill상에서 분쇄를 시도하였다. 표 2에는 각 온도별로 동결한 어육의 분쇄 및 마쇄 적합성과 품온을 나타낸 것으로 어육의 동결분쇄는 어중에 관계없이  $-40^{\circ}\text{C}$ 이하로 동결할 경우 적합한 것으로 나타나고 있었다 (Fig. 1, A에는 hammer mill과 hammer mill에 의한 어육의 분쇄물을 예로 나타내었음).

한편, 각 처리군을 분쇄하였을 때의 품온은  $-20^{\circ}\text{C}$  동결군의 경우에는  $-3.9 \sim -0^{\circ}\text{C}$ 를 나타내었고  $-40^{\circ}\text{C}$  및  $-80^{\circ}\text{C}$  처리군의 경우에는 각각  $-12.8^{\circ}\text{C} \sim -6.0^{\circ}\text{C}$

및  $-18.5^{\circ}\text{C} \sim -13.5^{\circ}\text{C}$ 로 동결온도에 비해 분쇄된 미세 입자들의 품온에 큰 차이를 나타내지 않고 있었다. 이 같은 결과는 동결온도가 낮은 처리군의 분쇄성이 큰 데 따른 것으로 해석된다.

동결품자체의 품온으로서 hammer mill에 의해 분쇄가 가능한 것으로 나타난 이상의 결과는 동결온도가  $-30^{\circ}\text{C} \sim -100^{\circ}\text{C}$ 인 동결분쇄법의 경우 (豊田 等, 1990)보다는 동결온도가 훨씬 높은 수준이며 또한 통상 동결온도가  $-20^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 의 유통온도에서도 동결마쇄가 가능하다고 알려진 동결마쇄기법 (遠藤, 1991)보다는 동결온도가 약간 낮은 수준이나 향후 경제성 있는 방법으로서 응용가능함이 시사되었다.

본 연구에서는 이상에서 얻은 동결분쇄물을 그대로 mass colloid에 주입하여 동결분쇄물의 마쇄적성을 살펴보고자 하였다. Table 2에 나타낸 바와 같이  $-40^{\circ}\text{C}$  및  $-80^{\circ}\text{C}$ 로 동결한 명태, 정어리 및 오징어의 동결분쇄물은 모두 마쇄가 가능한 것으로 나타났다. 한

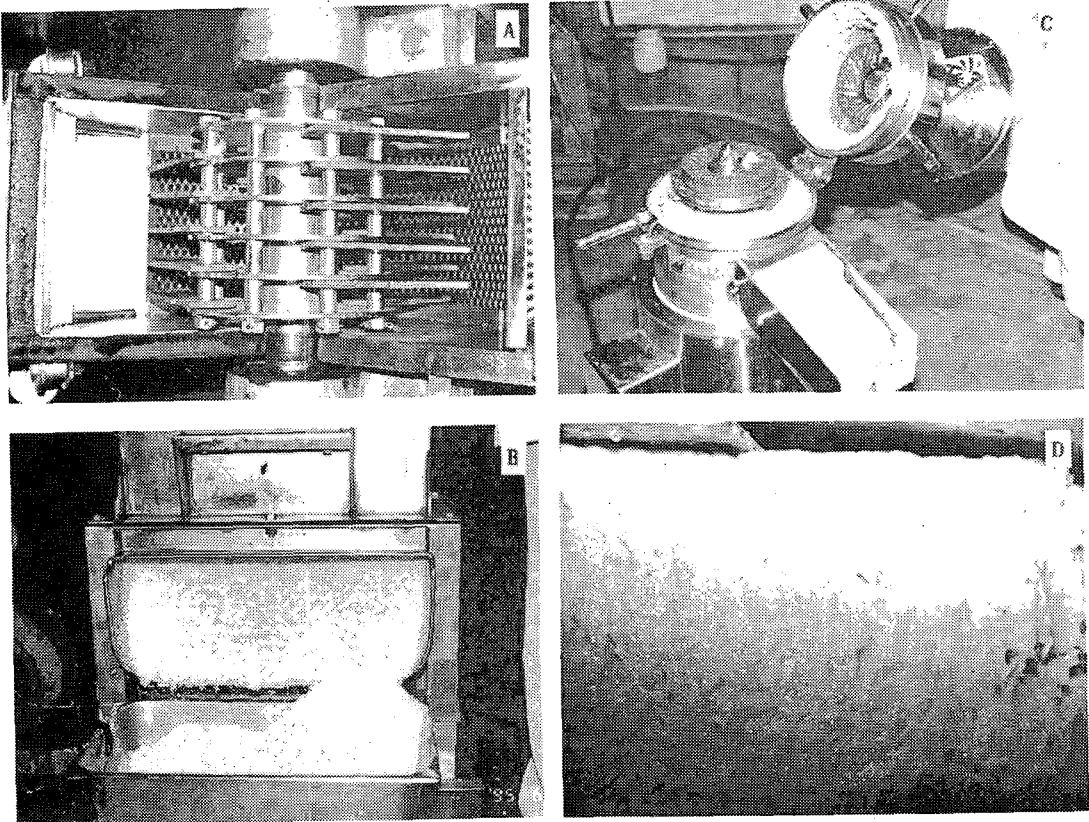


Fig. 1. Cryo-shattered fish product (B) by Hammer mill (A) and its grinded product (D) by mass colloid (C).

**Table 2. Inner temperature of shattered and grinded fish muscle frozen at various temperature and evaluation of shattering feasibility**

Freezing temperature	Pulverator	Temperature of shattered muscle (°C)			Shattering feasibility
		Sardine	Pollack	Squid	
-20°C	HM <sup>1</sup>	-3.9	0<	-2.0	not proper
	MC <sup>2</sup>	-0.5	0<	0<	
-40°C	HM	-12.8	-6.0	-10.2	proper
	MC	-0.5	-0.2	-1.5	proper
-80°C	HM	-18.5	-13.5	-17.8	proper
	MC	-1.0	-0.4	-1.8	proper

<sup>1</sup> Hammer Mill, <sup>2</sup> Mass Colloider

편 마쇄물의 품온을 살펴보면 동결분쇄물 (-40 및 -80°C 처리구)의 품온은 -18°C ~ -6.0°C 범위였으나 마쇄물의 경우에는 이보다 훨씬 높은 -0.5°C ~ -1.8°C 범위로 나타나 colloid mill에 의한 동결분쇄물의 마쇄는 동결분쇄물의 급속한 품온 상승에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

동결분쇄물의 colloid mill에 의한 마쇄에 있어 흥미로운 것은 본 연구의 마쇄는 일반적으로 물을 이용하는 습식마쇄와 달리 물없이 분쇄물만으로 직접 colloid mill에 의한 마쇄가 가능하다는 점에 있다. 그림 1, B에는 mass colloider를 이용한 마쇄과정을 명태를 예로서 나타내었다.

이상의 결과로부터 어육을 -40°C이하로 동결할 경우 동결분쇄 및 마쇄가 가능한 것으로 평가되었으나 동결분쇄가 가능한 것으로 나타난 -40°C 및 -80°C 동결분쇄물의 품질에 대해서는 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 2. 동결분쇄물의 입도분포와 특성

Hammer mill에 의한 동결어육 분쇄물의 특성분석을 위해 입도분포와 형태적 특성을 관찰하였다. Fig. 2에는 각 어류 및 동결온도별 동결분쇄물의 입자분포와 누적분포를 나타내었다. 그림에서와 같이 어육의 동결분쇄물의 입도분포는 0.125~2.36 mm 범위로 작은 입자의 분포비율은 명태, 정어리 및 오징어의 순으로 높게 나타나는 경향이였다. 한편 동결온도별 동결분쇄물의 입도분포는 오징어의 경우에는 동결온도에 따른 차이가 거의 나타나지 않았으나 정어리 및

명태의 경우에는 -80°C 동결군이 -40°C 동결군보다 작은 입자들의 비율이 커지는 경향이었고 이러한 경향은 명태쪽이 약간 큰 것으로 나타났다.

한편 -40°C 및 -80°C 동결온도차에 의한 분쇄물의 형태적 특징을 비교하고자 각 어종별로 동일한 size의 입자의 image 상을 분석하였다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 정어리 및 명태는 섬유다발상으로 그리고 오징어의 경우에는 치밀한 조직상으로 나타나고 있어 어종에 따른 근육조직의 특성을 확인할 수 있었으며 전체적으로 -40°C 동결군의 분쇄물의 입자는 어종에 관계없이 hammer mill에 의하여 짓이겨지는 형태를 보이고 있는 반면에 -80°C 동결군은 예리하게 절단된 형태를 보이고 있었다.

이상의 결과로부터 동결어육의 동결분쇄 경향은 어종마다 다르며 또한 동결온도에도 차이를 보이는 것으로 확인되었으며 이러한 차이는 결국 정어리, 명태 및 오징어 각각의 육성분과 조직학적 특성에 기인하는 것으로 생각되었다.

## 3. 동결마쇄물의 일반성분 및 mineral 조성

본 연구에서 얻은 동결마쇄물은 두부와 내장을 제거한 상태의 어육을 대상으로 한 것으로 각 어육의 수율은 정어리가 62.5%, 명태 56.9%, 오징어 52.5%로 산출되었다. 특히 오징어를 제외한 정어리 및 명태 동결마쇄물은 뼈가 그대로 분쇄되어 육성분으로 활용될 수 있고 또한 수율이 30% 수준내외에 불과한 fillet보다 20%이상 수율 상승을 도모할 수 있다는 것이 특징적인 것으로 평가된다.

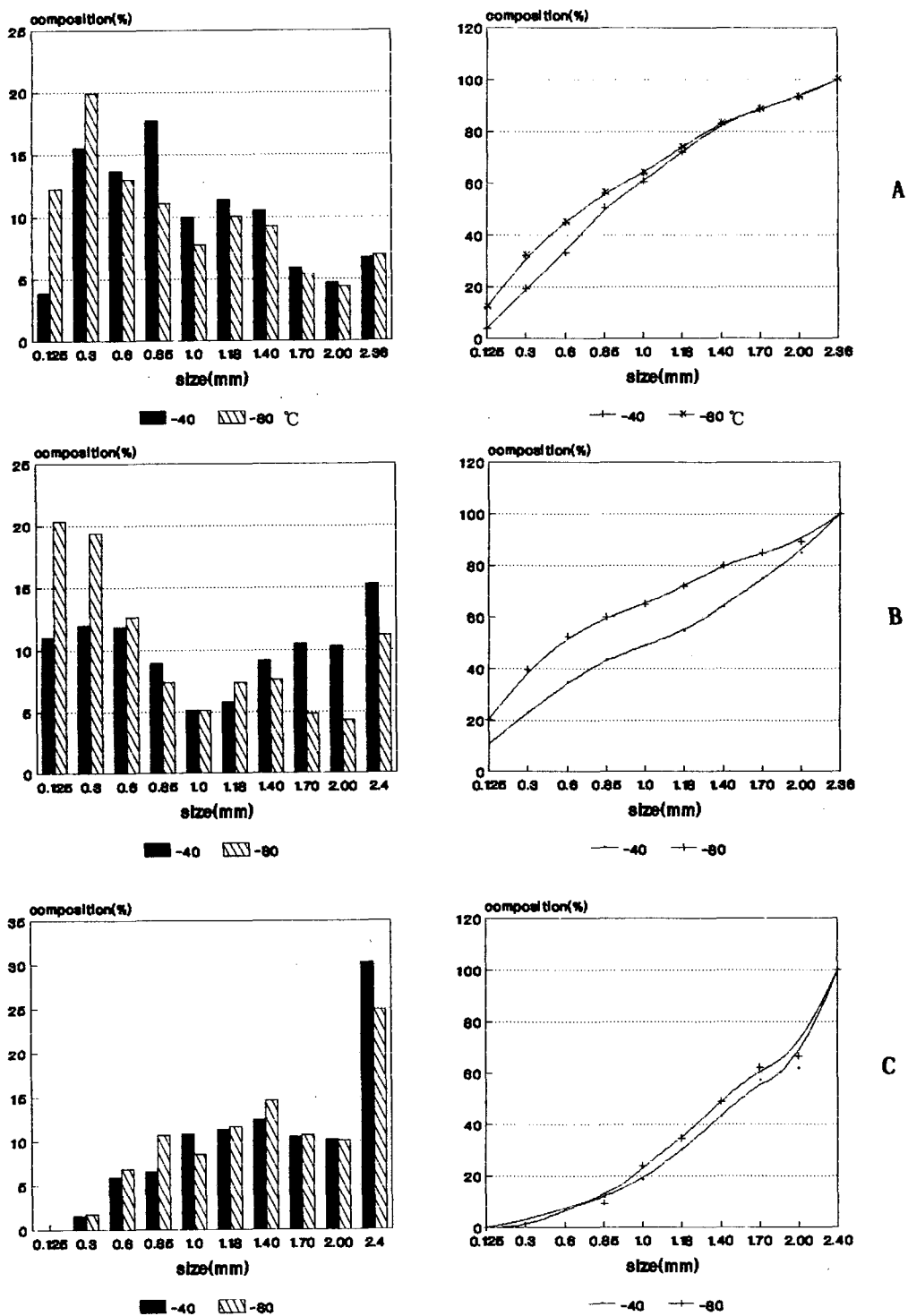


Fig. 2. Particle size and its cummulative distribution of sardine (A), pollack (B) and squid (C) muscle. Particle size refers to the aperture size of the sieve on which particles retained.  
 Left part : Particle size distribution  
 Right Part : Cummulative distribution of particles

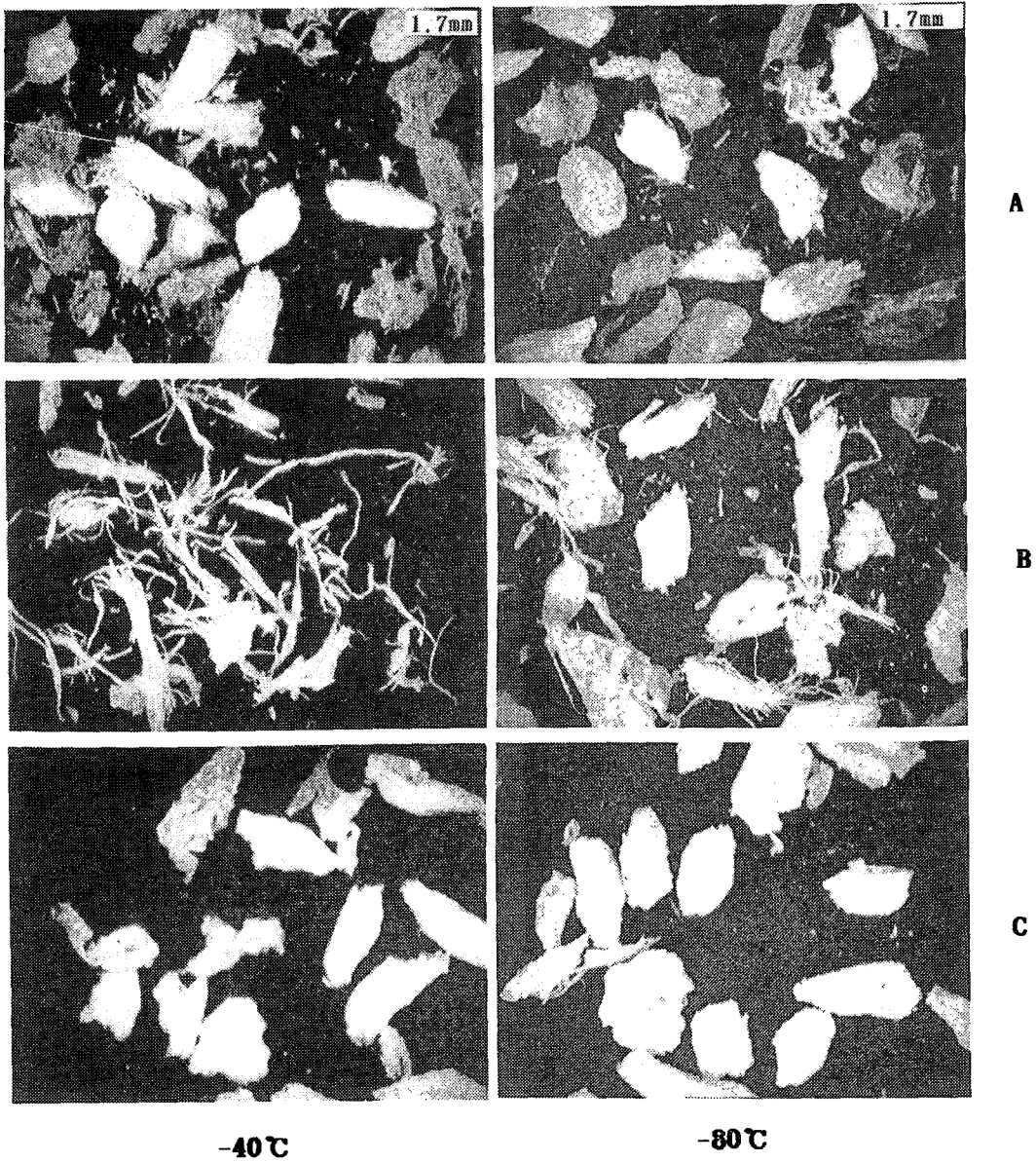


Fig. 3. Image analysis of shattered sardine (A), pollack (B) and squid (C) muscle frozen at  $-40^{\circ}\text{C}$  and  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Table 3에는 어육의 동결마쇄물과 fillet의 일반성분을 분석한 결과를 나타낸 것으로 각 어종별 성분조성은 어종에 따라 다양하게 나타나고 있으며 정어리와 명태의 fillet과 동결마쇄물의 성분조성에 있어서는 동결마쇄물쪽의 회분이 fillet에 비해 2배 이상 높게 나타났다. 또한 무기질을 분석한 결과 동결마쇄물은

fillet보다 전체적으로 Ca, P, Mg, Fe 등 mineral의 함량이 높았고 특히 Ca의 경우에는 fillet 보다 6~8배 높은 함량비를 보이고 있었다.

동결마쇄물의 회분함량과 무기물의 비율이 fillet에 비해 상대적으로 높고 특히 회분함량이 6~8배 높게 나타난 이상의 결과는 동결마쇄물내에는 어체내의 뼈

**Table 3. The proximate and mineral composition of fish fillet (F) and Mass colloid-grinded fish meat (G)**

Species	Proximate composition (%)				Minerals (mg%)			
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Ca	P	Fe	Mg
Sardine F.	65.52	21.68	8.32	0.87	31	180	1.7	20
Sardine G.	69.41	20.69	7.51	2.27	184	246	0.6	21
Pollack F.	78.65	17.64	1.12	0.68	29	121	0.2	66
Pollack G.	81.08	16.22	1.20	1.98	247	265	0.2	21
Squid G.	74.77	20.69	7.51	2.27	6	200	1.1	13

가 그대로 분쇄되어 이들의 무기성분이 일반성분에 반영되고 있기 때문이며 특히 마쇄물내에는 Ca의 함량이 상당히 높다는 점에 주목된다.

Ca는 적당한 골격형성과 각종생리작용에 중요한 물질로 알려진 중요한 물질로 일반적으로 뼈에서 유래된 Ca는 불용성 염의 형태로 존재하고 있어 흡수력이 약한 것으로 알려지고 있으나 각종 식이적 요인이나 각종 체내의 요인에 의해 달라질 수 있다 (한, 1985).

따라서 동결마쇄물의 이용은 생체에 유용한 무기물의 함량이 높다는 측면에서 향후 이용가치가 클 것으로 사료되며 무기물의 체내 흡수관계에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

**4. 동결마쇄물의 유화성**

본 시험에서 제조한 동결마쇄물의 가공적성을 알아보고자 어육의 가공적성을 평가하는 데 중요한 지표가 되는 유화능 평가를 실시하였다. 일반적으로 단백질 원료가 안정된 유화상태를 유지하기 위해서는 단백질 고유의 기능을 유지해야하며 세포내 단백질들이 세포외로 유리되어야 한다.

또한 유화용량은 일반적으로 수용성 단백질이나 불용성 단백질보다는 염용성 단백질이 큰 것으로 알려져 있다. 따라서 동결마쇄물의 유화능은 원료어육의 염용성 단백질의 추출성과 단백질 기능의 유지 등을 포괄적으로 반영하는 것으로 해석할 수 있다 (송, 1982).

Table 4에는 -40℃ 및 -80℃에서 동결한 어육의 분쇄 및 마쇄물의 유화용량을 나타낸 것으로 동결분쇄 및 마쇄물의 유화력은 대조군보다 다소 낮은 것으로 나타났으며 동결온도에 따른 유화력의 차이는 나타나지 않은 반면에 mass colloid를 통과해 나온 마쇄물의 유화용량은 hammer mill 분쇄물에 비해 4~6% 낮아지는 경향을 보이고 있었다.

이상과 같은 동결마쇄물의 유화력의 감소는 동결분쇄 및 동결마쇄과정에서 hammer mill이나 mass colloid에 의해 발생하는 마찰열이 단백질에 영향을 주었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 이로 인한 유화력의 감소는 동결분쇄물의 가공에 큰 영향을 줄 정도는 아닌 것으로 평가되며 가공적성을 구체적으로 평가하기 위해서는 단백질 수준에서의 검토가 필요

**Table 4. Emulsion capacity of shattered (HM) and grinded (MC) fish muscle frozen at at various temperature**

Freezing Temperature	Pulverator	Sardine	Pollack	Squid
Control		199.3	225.8	240.6
-40℃	HM <sup>1</sup>	194.5	185.0	222.3
	MC <sup>2</sup>	183.0	170.5	221.3
-80℃	HM	198.3	183.8	233.8
	MC	189.3	169.3	238.4

<sup>1</sup> Hammer Mill, <sup>2</sup> Mass Colloider

할 것으로 생각된다.

## 요 약

정어리, 명태 및 오징어육을  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$  및  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 동결하고 hammer mill에 의한 분쇄적성과 분쇄물의 mass colloid에 의한 마쇄 특성을 조사하였다.

정어리, 명태 및 오징어육은  $-40^{\circ}\text{C}$  및  $-80^{\circ}\text{C}$ 로 동결할 경우 hammer mill에 의해 분쇄가 가능하였고 분쇄물은 mass colloid에 의해 마쇄가 가능한 것으로 나타났다.

어육별 동결분쇄물의 입도분포는 오징어, 정어리, 명태순으로 큰 입자의 비율이 높은 것으로 나타났다. 한편 동결분쇄물의 입자분포는 동결온도에 따라 차이를 보여  $-40^{\circ}\text{C}$  보다는  $-80^{\circ}\text{C}$  동결군의 입도가 작게 나타나는 경향을 보였다.

한편 동결온도가 다른 어육의 동결분쇄입자들에 대하여 image analysis를 행한 결과,  $-40^{\circ}\text{C}$  처리구는 것이겨진 형태를 보인 반면  $-80^{\circ}\text{C}$  처리구는 예리하게 끊어진 형태를 보였다. 또한 어종간의 조직특성이 관찰되어 어종 및 동결온도에 의해 동결분쇄물의 입도분포 및 물성이 다를 수 있음이 시사되었다.

동결마쇄물의 수율은 정어리 62.5%, 명태 56.9%, 오징어 52.5%로 나타났으며 오징어를 제외한 명태 및 정어리육의 마쇄물은 특히 뼈에서 유래되는 Ca의 함량비가 6~8배 높은 특성을 보이고 있었다. 또한 동결마쇄물의 품질지표의 하나인 유화능을 측정할 결

과, 대조군에 비해 다소 낮게 나타났으나 어육의 가공에는 충분히 적용가능할 것으로 평가되어 hammer mill과 mass colloid를 이용한 어육의 동결마쇄기법은 향후 관련분야에 이용성이 클 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 豊田添平·宮川寿·木村郁夫·藤田孝夫. 1990. 魚肉の營養成分とその利用. 恒屋社厚生閣, pp. 79~87
- 木村進. 1984. 食品加工の革新技術. CMC, pp. 54~63
- Hagura, Y., H. Watanabe, M. Ishikawa and Y. Sakai. 1989. An application of cryoshattering to low fat meat separation from whole fish of mackerel and sardine. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 2119~2122.
- 高島元行. 1982. 低温粉碎. 冷凍, 57, 205~213.
- 小林登史夫. 1979. 食品等の凍結粉碎について. 冷凍, 54, 772~785
- 遠藤悦雄. 1991. 凍結磨碎の食品素材. 冷凍, 66, 1035~1043
- 송계원. 1982. 식육과 육제품의 과학. 선진문화사, pp. 194~196
- 한인규. 1985. 비타민 및 광물질영양학. 향문사, 285 pp.

1996년 4월 2일 접수

1996년 9월 2일 수리