

## 국내외 기술정보

# 어육의 동결분쇄방법에 의한 미세화 기술

김 영 동

표준화연구부

## 1. 머리말

어개류는 양질의 단백질을 중심으로 고도불포화 지질, 칼슘 등 많은 유효영양 성분을 함유하고 있으므로, 중요한 식료자원이다. 일반적으로 머리, 내장, 뼈 등을 제거한, 연제품의 제조에 있어서는 어육을 수쇄하여 수용성 성분을 제거한다. 이러한 유효영양성분을 가능한 손상시키지 않고 동시에 소비자의 기호에 알맞는 식품을 개발하는 것은 극히 중요한 과제이다. 따라서 어개류를 통째로 미세화하여 모든 성분을 식용화할 수 있는 연구가 시도되었다. 이때 입안에서 촉감을 부드럽게 하기 위해서는 뼈 등 단단한 조직의 입경을 100 $\mu$ m 이하로 하는 것이 필요하다. 어개류와 같은 고수분식품의 미립화에 대해서는 거의 실용화의 예가 없기 때문에, 근래 고수분물질과 식물섬유 등 점탄성이 큰 물질의 미립화에 광범위하게 사용되고 있는 동결분쇄방법이 검토되고 있다. 본 내용은 1984년부터 1988년도까지 5년간 걸쳐 일본 수산청에서 위탁연구를 실시한 "어개류 유효영양 성분 이용기술연구"의 성과를 주체로 소개하고자 한다.

## 2. 동결분쇄장치

동결분쇄장치는 저온취성을 이용한 분쇄기술로

서, 제1의 특징은 gum보다 탄력이 강한 것이라도 어떠한 온도, 즉 취하점 이하로 냉각하면 매우 용이하게 분쇄할 수가 있다. 제2는 분쇄시에 필요한 energy중 실제로 분쇄에 사용된 것은 겨우 1%뿐이고, 대부분은 열로 변환되는데, 그의 발열을 control하여 분쇄품의 온도상승 억제가 동결분쇄에 있어서는 가능하다. 제3으로는 저온하에서 모두 처리되기 때문에 단백질 등의 열변성을 방지하는 것이 기대되고, 질소가스 환경 중에서 처리되기 때문에 지질의 산화방지 효과가 기대된다. 이러한 특징을 나타내기 위해서는 동결분쇄에 사용한 장치는 온도 control이 용이하고 온도상승을 방지하여 열변성이 일어나지 않는 것이 중요하다. 동결분쇄 실험에 이용된 분쇄장치를 표1에 나타내었다. 미분쇄 장치의 특성상 공급된 원료의 형상은 3mm 정도 이하의 것이 필요하고 냉동어개류를 (1)의 조분쇄기를 이용하여 -40 $^{\circ}$ C에서 3mm 정도의 입경으로 분쇄한다. 다음으로 이하의 3기종의 미분쇄기에 대해서 검토되었다. (2)는 충격전단형의 분쇄기로, 온도의 control이 용이하고, 또한 입경을 고르게 하기 위하여 분급장치가 사용되며, 일정한 입도 이하의 것이 많이 취출되어, cyclon에서 수집된다. 매분 9,200회전에서 분쇄실험을 할 수가 있다.

(3)은 석구형의 마쇄기로, 3,000회전/분에서 실험할 수가 있다. 이것은 액체질소(이하 LN<sub>2</sub>라 함)

를 이용, -100℃부근에서 냉각하여 분쇄한 것으로, 온도 조절이 어려운 시료를 분쇄중에 해동될 경우 다시 동결할 수 있도록 되어 있다.

(4)는 마쇄형 분쇄기로, 매분 1,000~3,000회전으로 실험할 수가 있는 것으로, 기능성에 있어서 전술의 마쇄기(3)과 거의 같다. 분쇄장치의 plot를 그림1에 나타내었다.

동결한 어개류의 원료를 조분쇄기로 입경 약 3mm로 조분쇄하고, 다음에 LN<sub>2</sub>를 불어 넣어 -130~150℃에서 미분하여 분급장치를 통과시켜서 미세입자로 한다. 정어리 및 명태를 동결분쇄하기 위해 충격전단형 분쇄기(2)로 처리할 경우 처리전의 온도가 -180~190℃이나 분쇄후약 50℃가 상승하는데, 용해되지는 않는다.

석구형 마쇄기(3)으로 처리하면 마쇄에 의한 온도상승은 약40℃이지만 입도를 관찰한 결과 다시 동결된 것으로 평가되었다. 이때 사용된 LN<sub>2</sub>의 양은 원료 1kg당 1.2~3.9kg이었다.

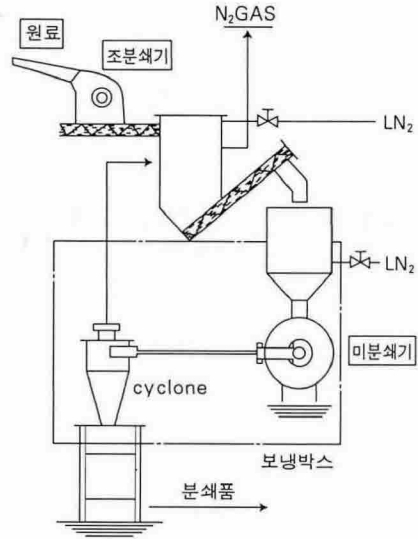


그림 1 동결분쇄 Flow-sheet

표 1. 동결분쇄장치

구분	장 치 명	사 양
조 쇄 기	(1)훼자밀 (호소가와 미크론 주식회사제)	FM-1형, 처리능력:3,000kg/h(3mm망) 동력:3.7kw(5HP), 회전수:730~2880rpm 테스트조건:2,600rpm, 스크린 5mm망)
	(2)파인빅트리밀 (호소가와 미크론 주식회사제)	FVP-OR형, 처리능력:100kg/h, 분급장치 부착 동력:3.7kw(%HP), 회전수:9,200~12,00rpm 테스트조건:9,200rpm
미 분 쇄 기	(3)TK- 마이클로이다 (特殊機化工業 주식회사제)	TK-S형, 동력:15kw(20HP), 회전수:3,000rpm, 테스트조건:아란담 저석을 사용함, 크리어런스:1mm
	(4)마스콜로이다 (増産産業 주식회사제)	MKZA 6-5형, 동력:3.7kw(5HP), 테스트조건:세라믹스 저석을 사용함, 크리어런스:0.5m

### 3. 동결분쇄품의 입도분포

분쇄품 입도는 식품으로서 중요한 요소이므로 입도분포 상태를 측정하였다. 측정은 원심식 입도계와 현미경을 이용하였다. 그림2는 정어리를 분쇄할 경우 입도분포로, 입경이 10~30µm와 80~100µm가 주체로 되어 있었다. 명태의 분쇄품의 경우는 100µm이 주체로 되어 있으나, 200~500µm 크기 것도 약간 보이는 데, 이것은 피부, 근육 등이었다. 어느 경우도 혀에서 짙은 느낌은 없었다.

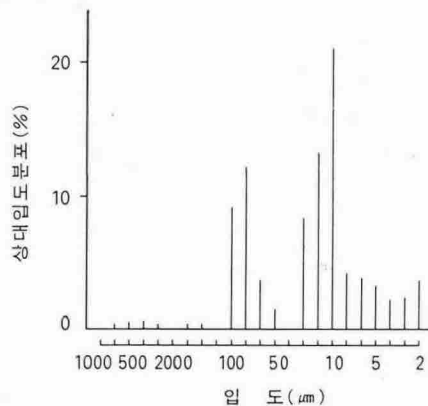


그림 2 정어리(Round)분쇄물의 입도분포(FVP-OR사용)

### 4. 분쇄온도와 입도분포 및 분쇄특성

동결분쇄는 저온취성을 이용하는데, 松居는 각 물질(재료)에서 특유한 취화온도 TC가 있다는 것을 제창하였다. 羽倉의 연구에 의하면 -20~60℃에서 고등어, 정어리를 동결분쇄할 경우 취화온도가 조지방의 함유량에 따라 다르다는 것을 시사함으로써, 어육의 재료 역학적 물성의 변화와 온도의 관계가 밝혀지게 되었다.

### 5. 동결분쇄품의 품질

분쇄공정에서는 열이 발생하여 품온의 상승으로 각종 열변성이 염려되기 때문에 분쇄전후의 품질의 변화에 대하여 조사하였다. 실험에 이용한 원료 및 동결분쇄 직후의 성상을 표2에 나타내었다.

정어리는 선도가 좋은 것을 이용하였다. 분쇄직후의 성상을 분쇄전의 원료와 비교하여 수분, POV, AV 또는 염용성 단백질량의 어느경우도 변화가 거의 없었고, 단백질의 열변성이나 지질의 산화는 진행되지 않았다.

표 2. 정어리 원료 및 동결분쇄 직후의 일반성상

시 료	원 료*	동결분쇄직후	
		파인백 트리멜	TK-마이콜로이다
조단백질 %	15.7	-	-
조 지방 %	15.8	-	-
회 분 %	3.2	-	-
수 분 %	65.2	64.6	64.1
POV meq/kg	20.3	17.7	19.9
AV	3.2	2.9	3.2
K치	12.1	-	-
염용성 단백질추출량 mg/10kg	170	192	171
온도℃	-190	-134	-155

\* 정어리 라운드

### 6. 동결분쇄품의 보존성

분쇄품의 보존성에 대해서 특히, 정어리 등의 다 지방어 지질의 산화가 염려되어, 그의 방지책이 필요하게 되었다. 정어리의 분쇄품 보존성에 대하여 질소가스포장, 보존온도의 영향을 조사한 결과, POV는 -20℃ 이상에서 급증하나, -50℃ 이하에서는 변화가 적었고, 질소가스 포장의 효과가 확인되었다. 그림 3에서 지질의 산화방지에 tocopherol 효과에 대해서 나타낸 것으로, 그 효과는 인정되었으나, 충분치는 않았고, 질소가스포장, 초저온보존 등의 조합이 필요한 것으로 검토되었다.

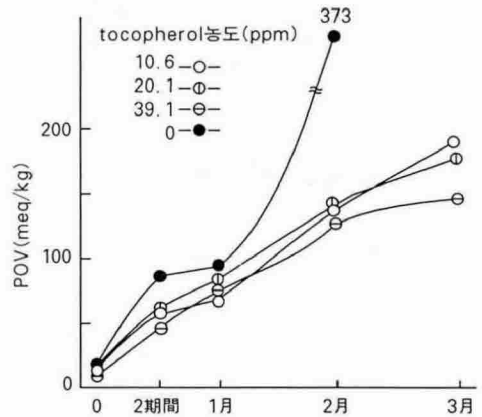


그림 3 정어리 동결분쇄품의 보존시험 (보존온도:-20℃)

### 7. 각종 식품의 동결분쇄

식품, 특히 어개류의 동결분쇄의 보고 예는 매우 적다. Coconut, 참깨, 양겨자를 동결분쇄한 결과, 향 및 혀의 느낌이 양호한 입도가 얻어졌고, 커피콩, 감귤류 등에서도 향을 손실하지 않고 미분화할 수 있었다고 한다. 小林은 크릴(남극새우), 참치 등의 어개류를 동결분쇄하여, 부드러운 식감의 것이 얻어진 것으로 보고하였다. 새우, 게 등의 10종류의 어개류를 동결분쇄하여 명태연육의 첨가실험을 한 결과 일부를 표3에 나타내었다. 어느 경우

조제품도 부드러운 미립자를 형성하였고, 이것을 5%정도 첨가한 결과, 새우, 게, 가리비, 파래에서는 독특한 풍미가 강화되어 유효하였으며, 첨가에 따른 겔형성력의 저하는 미미하였다.

표 3. 각종 어개류 동결분쇄품의 연육혼합, 겔화 시험\*

동결분쇄품 시료	겔 성 상						관능평가	
	수분(%)	pH	W치(g)	L치(cm)	JS(g.cm)	절곡		체질
바지락(속살)	75.3	7.05	335	1.11	372	8	6	황색맛이 상당히 강함
새우(두부계거)	75.6	7.26	460	1.22	561	9	7	게풍미, 검은청색
게(각부착)	76.1	8.27	421	1.30	547	9	7	어취, 짙은 맛
가리비(패주)	76.7	7.06	425	1.31	557	8	7	어개류의맛있는 맛
굴(속살)	76.0	7.03	419	1.23	515	9	6	성게취, 고미
파 래	77.5	7.07	371	1.29	479	9	4	바다향, 김풍미

\* 명태연육에 동결분쇄분 5%를 혼합함.

### 8. 동결분쇄품의 영양성분

연어 및 가다랭이의 dress를 동결분쇄하여 식품 소재(가칭: Fine-meat)로서의 영양성분에 대하여 분석하였다. 연제품의 원료인 수쇄탈수육은 유효영양성분의 이용 측면에서 보면 부적절한 방법이라고

표 4. 연어 및 가다랭이의 동결분쇄품과 수쇄탈수육의 영양성분

성 분	연 어		가 다 랑 이	
	동결분쇄품	수쇄탈수육	동결분쇄품	수쇄탈수육
수 분 %	74.6	82.4	71.5	71.9
조단백질 %	19.3	15.9	22.9	26.9
조 지 방 %	4.1	1.4	3.4	0.9
회 분 %	2.0	0.3	2.2	0.3
칼슘 mg/100g	6406	18	7071	15
아미노산 %	0.24	0.04	1.13	0.07
타우린 mg/100g	62	2	114	-
알라닌 mg/100g	38	3	26	4
히스티딘 mg/100g	10	1	841	38
니아신 mg/100g	5.22	0.28	16.5	1.87

볼때 이것과 분쇄품을 비교한 결과를 표4에 나타내었다.

일반적 성분에서는 분쇄품은 회분, 조지방, 유리 아미노산등이 많았고, 무기질에서는 칼슘, 인, 칼륨 등이나 비타민에서는 니아신, 알라닌, 히스티딘(가다랭이의 맛)이 많이 함유되어 있음을 알 수가 있었다.

### 9. 동결분쇄품의 Gel화

#### 1) 급속가열에 의한 겔화

동결분쇄품은 내장이나 근육에서 유래된 protease가 많이 함유되어 있으므로, 가열젤을 만들 경우 장애가 염려되었다. 급속가열에 의해 효소의 발현을 억제시켜, 겔화를 촉진하는 방법을 검토하였다. 연육을 여러가지 방법으로 가열할 경우 온도 상승 속도와 겔강도의 관계를 표5에 나타내었다.

표 5. 가열방법과 단품젤 강도(JS)의 관계

가 열 방 법	가열시간(분)	W치(g)	L치(cm)	JS(g.cm)	가열속도(분)
90℃ 25분 가열	25	628	0.57	358	22.9
원적외선	18	594	0.61	362	18.3
마이크로파 + 원적외선	10	685	0.62	425	9.1*

\* 가열속도는 5℃의 시료가 90℃로 상승할 때 까지의 시간(분)으로 나타내었다.

Micro파나 근적외선에 의한 가열온도 상승이 빠른 것으로 판단되는데, 마이크로파는 80~90℃부근에서 온도유지가 불안정하므로 원적외선 등과의 조합이 필요하다. Micro파와 원적외선을 이용하여 정어리 분쇄품을 겔화시킨 결과를 다른 가열법과 비교하였다. 마이크로파와의 조합에 의한 급속가열 품은 대조품(90℃, 25분간 boiling)에 비하여, jelly강도가 높은 겔을 얻을 수가 있었다.

2) 초고압처리에 의한 Gel화

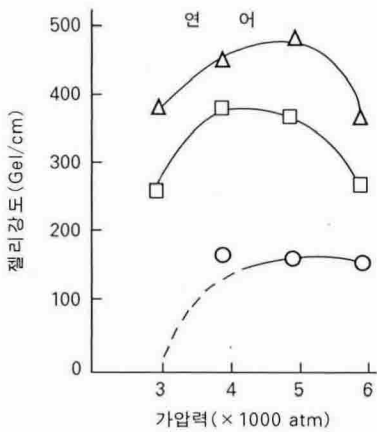
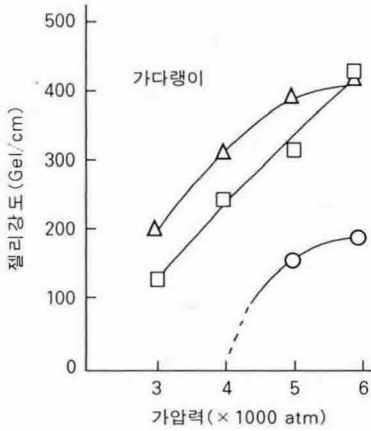


그림 4 가다랭이, 연어 동결분쇄품의 초고압처리 (10℃)에 의한 겔화(가압시간 10분)

- - □ : 식염농도 3%
- - ○ : 식염무첨가.
- △ - △ : 식염농도 1%

상온하에서의 초고압처리 기술이 개발되어, 근연 식품에 응용이 실험되었다. 이 처리 방법에 의해 어류동결 분쇄품의 겔화를 검토하였다. 고압처리 장치 ((株)山本水壓工業製 7,000kg/cm<sup>2</sup> 까지 가압가능)를 이용하여 연어와 가다랭이의 동결분쇄품을 초고압처리하여 겔화한 결과<sup>9)</sup>를 그림4에 나타내었다.

3,000~6,000기압하에서 각각 10분간 가압한 결과 가다랭이에서는 6,000기압, 연어는 5,000기압에서 최대의 겔리강도를 나타낸 겔이 형성되었다. 연육의 식염농도를 1%로 조정할 경우가 가장 강한 겔을 형성하였다. 이것은 매우 흥미있는 결과로서 장래적으로 식염농도가 1%이하의 저염분 연제품의 제조 가능성을 시사하고 있다.

10. 맺음말

어개류의 영양성분을 유효하게 이용하는 방법으로서 동결분쇄법을 검토한 결과 부드러운 입자의 미립화 식품소재를 얻을 수가 있었다. 그렇지만, 식품소재로서 소비자의 기호에 중요한 색과 냄새에 대해서는 아직 개량해야할 과제가 많이 남아 있다. 성형성에 대해서는 초고압처리나 급속가열법에 의하여 우수한 겔을 얻을 수가 있다는 가능성을 시사하고 있다.

동결분쇄품을 원료로하여 일부 식품을 시작한 결과 센베이품(일명 부채과자풍미)의 건조품, 또는 산이나 염변성 기술에 의한 겔화된 계풍미 어묵으로 고품질화의 목적에 부응할 수가 있는 것으로 생각되었다.

참 고 문 헌

魚肉の營養成分とその利用, 恒星社 厚生閣, 79-105(1990)