



냉동粉碎에 의한 魚肉의 加工機能性 研究

Studies on the Processing Functional
Properties of Fish Meat by Cryogenic
Crushing

글 | 李 聖 甲* · 金 淵 洙**

(Rhee, Seong Kap · Kim, Yeon Soo)

*식품기술사, 농학박사, 국립한경대학교 식품공학과 교수/대학원장, 한국식품기술사회 회장,

본회 이사/홍보위원, 겸임연구관(농림부), 식품심의위원(복지부).

E-mail: skrhee@hnuhankyong.ac.kr

**식품기술사, 국립한경대학교대학원 식품공학과, (주)동희 상무이사.

목 차

1. 서론
2. 실험개요 및 결과
3. 실험결과 고찰
4. 결론

Abstract

In this study, effect of freezing and cryogenic crushing on physico-chemical characteristics of sardine, pollack and squid representative for domestic frozen fishery products was investigated and some product using them was tried to be prepared.

Dehead and viscerated, washed fishes were subjection 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 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.

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.

I. 서론

동결분쇄(凍結粉碎)는 동결시켜 미세하게 분쇄하는 것으로 냉매는 비점이 -196°C 인 액화질소 가스를 식품 등의 표면에 분사하여 순간적으로 동결하여 분쇄하는 최신기술이다.¹⁾ 식품의 동결 분쇄하는 목적은 건조, 또는 상온분쇄 시에 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 겔상의 경우 분말화가 어려운 소재를 동결에 의해 분쇄를 하면 쉽게 처리가 가능하기 때문에 동결분쇄 기술이 많이 활용된다.

또 고유의 향미의 손실이 많은 향신료나 조미료 소재의 향미성분의 손실을 막는데도 크게 도움을 주는 가공방법이다.

그러나 아직 실용화에는 액체질소 같은 냉매의 공급 및 분쇄시의 단열장치와 계속적 냉매 공급으로 런닝코스트가 많이 소요되는 점이어서 앞으로 냉동품 자체의 품온으로 분쇄하는 기술개발이 필요하다.²⁾ 국내 수산가공품의 약 75%가 냉동어류로 대부분 단순 원형 동결제품으로 특히 해동에 따른 drip이나 식미 저하 등 문제가 커져 냉동어의 효율적인 이용을 위한 처리기술이 필요하고³⁾, 또 어류의 종류에 따른 내동가공적성에 관한 연구가 미진하여 가공용 등의 목적에 따른 원료어의 처리에 어려움이 있다.^{4,5)}

한편 부수적으로 본 기술에 의해 가공에 의해 폐기되는 자원 중 건조나 분쇄가 어려운 폐기자원이나 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 사료되며^{6,7)} 식품에 적용하기 위해서는 국내식품

산업에 맞고 범용성이 있는 냉동분쇄 장치의 개발과 이에 따른 식품의 응용기술 개발이 필요하다.^{8,9)}

따라서 본 연구에서는 분쇄방법을 $-20\sim-80^{\circ}\text{C}$ 정도로 피조물을 동결하여 곧바로 분쇄장치를 이용하여 어육의 냉동파쇄물을 제조하고 상법에 의해 제조되는 해동어육제품과의 품질비교와 냉동 분쇄물을 이용한 기존연육의 대체 가능성과 이를 이용한 제품가공 응용시험을 실시하고 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

오징어는 포항수협에서, 명태는 속초수협에서, 그리고 정어리는 부산 대형선망수협에서 제공한 선도 양호한 선어를 현지에서 전처리한 후 냉장 상태에서 실험실로 수송하여 실험재료로 사용하였다.

2. 시료의 전처리

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

3. 파쇄물의 제조

원료를 목적온도(-20°C , -40°C , -80°C)로 냉동한 오징어, 명태 및 정어리를 hammer mill의 호퍼에 투입하여 파쇄된 생선육을 건식 masscolloider에 투입하여 균일하게 파쇄 하였다.

4. 조사항목 및 방법

가. 일반성분

원료육 및 파쇄물의 수분, 조단백질, 조지방질,

조회분 등은 A.O.A.C.방법¹⁰⁾에 준하여 분석하였다.

나. 무기질 분석

시료육 5g을 취하고 왕수(황산 20ml + 질산 10ml)를 가하여 hot plate상에서 충분히 분해 후 100ml 정용플라스크에 희석하여 시료용액으로 하여 I.C.P.(Inductivity Coupled Plasma, made in France)로 mg% 단위로 분석하였다.

다. 성택

제품의 성택은 색차계(Model NO. UC 600IV, Japan Yasuda Seiki Ltd)를 이용해서 L(명도), a(적색도), b(황색도)를 조사하였다.¹¹⁾ ΔE 값은 $(L-L')$ 제곱+ $(a-a')$ 제곱+ $(b-b')$ 제곱, 이 전체 값의 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 성택값이다.

라. 입자분포 및 형태적 특성

입자분포와 형태학적 특성을 살피기 위하여 -20℃ 냉동실에서 aperture size를 2.4~0.125mm 범위의 10개구간으로 나눈 mesh 체상에서 분쇄물 500g을 최상단에 있는 2.4mm 망체에 균일하게 적치하고 30분간 자동 shaking 한 후 각 size별 입자의 중량을 측정하여 분포도를 작성하였다. 또한 얻은 입자별 분쇄물을 동결 건조한 후 20배 배율의 확대경을 이용한 image analysis를 행하여 냉동온도별 및 어종별 조직특성을 분석하였다.

5. 가공기능성 조사

가. 유화용량

유화용량은 잘 파쇄된 생선육 5g을 블렌더병에 넣고 100ml의 냉각된 3%소금용액을 가하여 높은 속도로 1분간 파쇄한다. 파쇄가 끝난 후 식물

성기름 50ml를 일시에 가하고 높은 속도로 계속 혼합할 때 블렌더의 회전소리가 달라지고 점도가 떨어지면서 유화조직이 깨어지는 점이 적정치이다. 볼트-옴메타(tester)를 블렌더병에 설치하면 저항치가 줄어든 때 종말점이다.

나. 보수력

각각의 분쇄물 250g에 2.5%의 NaCl을 첨가하여 Speed cutter(National MK-K51)로 소금갈이를 한 후 원통형 원심관(3 × 7cm)에 시료 약 20g을 충전한 후 85℃에서 30분간 가열하여 겔을 조제하여 약 30분간 얼음물에 냉각시킨 후 10,000 × g에서 30분간 원심 분리하여 전체의 시료중량(g)에 대한 침전의 중량비(g)를 백분율(%)로 나타내어 보수력으로 하였다.¹²⁾ 즉 보수력은 다음과 같은 식에 의해서 산출하였다.

$$\text{保水力} = (B/A) \times 100(\%) \quad B = A - C$$

즉 A: 전체의 시료중량 B: 침전물의 중량

C: 상청액의 중량

그리고, 원심분리에 의하여 가열겔로부터 분리된 상청액 중에는 단백질의 일부가 포함되어 있으므로 SDS-PAGE법으로 그 성분을 분석하였다.

다. Gel 형성능

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

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 파쇄물의 제조 및 특성

가. 동결분쇄 및 동결파쇄 온도

Table 1과 같이 온도분포 영역은 hammer mill에 의한 동결분쇄의 1차 온도 및 mass-colloider에 의한 동결파쇄의 2차 온도로 나타내었는데 분쇄초기에 분쇄기의 마찰열을 흡수하지 못한 것으로¹³⁾ 판단되었다.

한편 -20°C의 동결분쇄정어리의 경우, 온도가 -3.9°C로서 상승폭이 16.1°C였으며 -40°C의 경우 27.2°C, -80°C의 경우는 61.5°C로서 분쇄 이후에 냉동온도별 품온이 급격히 상승하였고 명태와 오징어의 경우도 정도차이는 있지만 유사한 온도분포를 보여 Hagura 등(1989)¹⁴⁾은 고등어와 정어리를 -20°C에서 196°C까지 온도 구간별로 hammer milling을 하여 지방 및 회분함량과 분쇄물의 입도분포를 조사한 연구결과와 유사하였다.

<Table 1> Temperature of shattered products after cryogenic crushing

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

*H M : Hammer Mill, M C : Masscolloider

2. 파쇄물의 품질특성

가. 일반성분 조성 및 입도분포

1) 일반성분

Table 2에서 정어리와 명태 분쇄물의 수분함량은 대조구에 비해 약 3~4% 수준이 높았고 단백

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

<Table 2> General compositions of fillet and cryogenic crushed fish meat

Fishes	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

2) 입도분포와 특성

-40도 및 -80도에서 동결한 정어리, 명태 및 오징어육의 입자분포는 냉동온도별 입자분포는 온도에 관계없이 유사하게 나타나고 있으나 명태육의 경우에는 -40도 보다 -80도에서 동결한 어육이 전체적으로 크기가 작은 입자들의 비중이 높아지는 특성을 보였다. 전체적으로 -40°C 동결처리 분쇄물은 짓이겨지는 형태를 보이고 있었으며 -80°C 동결처리 분쇄물의 경우에는 예리한 절단 현상이 관찰되고 있었다.

3) 무기질 함량

Table 3에서 분쇄 원료들과 일반 필레, 즉 뼈가 포함되지 않은 원료간에 주요 무기질 성분을 분석치를 보면 오징어 분쇄육은 뼈 첨가에 대한 영향을 받지 않으므로 비교대상이 안되었고, 정어리나 명태원료의 경우 Calcium 함량의 경우 대조구에 비해 6~8배 정도 높았으며 Phosphorus의 함량에 있어서는 30~120%가 증가되었고, sodium 함량의 경우에 있어서도 정도차이는 다소 있지만 15~30% 수준의 증가폭을 보여 주고

있는 결과로 나타났다.

<Table 3> Mineral components of crushed meat by cryogenic crushing and fillet unit : mg%

minerals samples	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

뼈중의 칼슘과 인은 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 동결파쇄물은 뼈가 포함됨으로서 Ca과 P의 함량이 상당히 증가되고 있음을 확인할 수 있었다.

4) 선택

Table 4와 같이 -20℃로 분쇄 및 파쇄가 가능한 정어리를 조사한 결과 명도 및 적색도, 황색도는 줄어들었고 갈변도는 늘어났고 -40℃와 -80℃의 경우 정어리, 명태 및 오징어 순이었다. 따라서 냉동분쇄에 있어서 선택의 영향은 동결온도가

<Table 4> Color characteristics of crushed fish meat by hammer mill with different freezing temperature

Fish species	Color	Sardine	Pollack	Squid
-20℃	L	52.3		
	a	3.9		
	b	13.3		
	ΔE	39.0		
-40℃	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℃	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

낮을수록 원료고유의 선택이 유지되는 분쇄물을 얻을 수 있으나 냉동파쇄물에 있어서는 파쇄시 발생하는 표면적상승으로 인한 마찰열의 증가로 갈변현상이 야기되어 원료고유의 선택을 유지되기 어려운 것으로 판단이 되었다.

3. 가공기능성

가. 유화용량

Table 5와 같이 정어리가 다소 높게 나타났으며 냉동파쇄의 경우가 냉동분쇄의 경우보다 유화용량이 4~6% 수준으로 낮은 것은 마찰열에 의한 단백질의 열변성이 유화용량에 다소 영향을 준 것으로 보여진다. 명태는 -20℃에서는 -40, -80℃의 경우보다 유화용량이 약 15% 까지 차이가 나는 결과를 보여 주었다. 결국 냉동분쇄 및 냉동파쇄에 따른 생선 단백질의 유화능은 오징어, 명태, 정어리 순으로 나타났다.

<Table 5> Emulsion capacity of fish meat after cryogenic crushing unit : ml

Fish species	Crushing type	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)	222.3(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:hammer mill, MC: Masscolloider ; Not enough.
() : standard deviation

나. 보수력의 변화 및 Drip중의 단백질의 성분
젤의 보수력은 상온 해동구 및 hammer mill과 masscolloider로 처리한 시료에 있어서 큰 차이 없이 약 80% 이상의 높은 보수력을 나타내었다. Drip 중의 성분을 보면 200K, 130K로 판단되

는 성분이 약간 검출되었으며 대부분은 tropomyosin에 상당하는 성분이 유출되는 것으로 Lee등의 Surimi 고기풀의 가열에 의해서 분리되는 Drip중의 성분과 일치하였다.¹⁵⁾

다. 겔의 형성능

가열 겔의 파단강도는 고등어는 400~500g 상온 해동구는 약 750g의 파단강도를 나타냈는데 이는 hammer mill 및 masscolloider로 분쇄하였을 때 Protease의 활성화가 일어나 단백질을 변성시켜 이 결과가 겔형성능을 저하시키는 요인으로 사료되었고 오징어는 전체적으로 대등한 파단강도를 나타내었다.

IV. 결론

-20℃ 에서는 정어리만이 동결분쇄가 가능하였고 이때의 분쇄된 입자의 온도는 -3.9℃ 였으며, -40℃ 에서 어류들의 동결분쇄는 양호하게 수행이 되었고 이때 분쇄물의 온도는 정어리 -12.8℃, 명태 -6.0℃ 및 오징어 -10.2℃ 로 나타났으며 더욱이 -80℃ 로 초저온동결시 각 원료어는 분쇄작업에 큰 차이가 없었다.

동결분쇄 및 파쇄시 -40℃로 원료어류를 동결하여 처리하는 것이 경제성과 업체들의 이용가능성을 고려할 때 가장 적당하였고 냉동 분쇄물의 수분함량이 대조구에 비해 3~4% 높았으며 정어리와 명태처리구에서 냉동파쇄공정시 뼈가 함께 분쇄 및 파쇄가 되므로 회분함량이 1.3% 정도 높게 나타났고 상대적으로 단백질은 2~3% 낮은 결과를 보여 주었다.

유화능은 정어리의 경우 냉동분쇄물 대조구에 비해 4~6% 낮았으며 오징어는 분쇄물과 파쇄물 및 대조구간 유화능의 차이를 보여주지 않았고 보수력도 정어리를 제외하면 겔형성능, 유화능과 같

은 경향을 보였다.

(원고 접수일 2000. 8. 28)

참고문헌

1. 李聖甲, 曹永道, 冷凍冷藏食品學, 韓京大學校 出版部, (1999)
2. Ishigawa : 最尖端 加工技術(超微分碎技術), 16 (1985)
3. 李聖甲, 金銅洙, 水産食品加工利用學, 光文閣, (2000)
4. 李聖甲, 生鮮魚의品質유지를 위한 部分凍結技術, 기술사, 20(1), (1987)
5. 李聖甲, 식품의 동결기술 현황, 식품과학, 한국식품과학회 12(2), (1979)
6. 日本 冷凍食品協會 : 冷凍食品의 品質과 安定性, (1975)
7. 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)
8. I.I.R. : Recommendations For the processing and handling of frozen foods 3rd ed.(1986)
9. Konno K : 水産加工技術基礎講座 全國水産加工協組聯合會, 15-21(1979)
10. A.O.A.C. "Official method of analysis" 16th Ed, Association of official analytical chemists, Washington, D.C.(1995)
11. 吉川誠次, 佐藤信, 食品의 品質評價, 光琳書院, (1963)
12. Handbook of meat analysis 2'nd ed. Edwards, Konieko(1984) Avery published.
13. Masuda : 日本食品工業學會誌, 37(8), (1980)
14. Hagura, Y., H.Watanabe, M.Ishikawa and Y.Sakai.: Nippon Suisan Gakkaishi, 55(55) 19-2122 (1989)
15. Lee N.H., N.Seiki, N.Katoh, N.Nagakawa, S.Terui and K.Arai: 56, 2093-2101(1990)
16. 李英春, "食品冷凍工學" 新光出版社, (1986).
17. 宋啓源, "食肉과 肉製品의 科學" 先進文化社(1986)
18. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat, American meat science association. (1978)
19. Naka 등 : 日本食品産業센타 技術報告書, 6, 65 (1982)
20. LeeN.H, N.Seki, N.Nagagawa, S.TeruiandArai: Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 239-336(1990)
21. 김진수 "식품냉동냉장학", 효일문화사(2000)