

갑오징어갑으로부터 칼슘의 추출을 위한 전처리 방법의 검토

조문래 · 허민수 · 김진수⁺
 경상대학교 해양생물이용학부, 해양산업연구소

Study on Pretreatment Methods for Calcium Extraction from Cuttle Bone

Moon-Lae CHO, Min-Soo HEU and Jin-Soo KIM⁺

Division of Marine Bioscience/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

As a part of basic investigation for utilizing of cuttle bone as a calcium source, we examined on the extraction methods (calcining at 800°C for 2 hrs, autoclaving at 121°C for 10 hrs and ultrasonic treatments at 60°C for 10 hrs) as a pretreatment methods for preparation of calcium-based powder from cuttle bone. The color of calcined calcium-based powder from cuttle bone was white, while that treated by other methods was light yellow. The calcium content in calcined calcium-based powder was 70.5%, and revealed high about 2 times compared to those pretreated by other methods. And, calcium solubility in calcined calcium-based powder was improved 22 times compared to raw cuttle bone powder. Among calcining, autoclaving and ultrasonic treatments as a pretreatment methods for preparation of calcium-based powder from cuttle bone, calcining treatment was superior to other methods on the aspect of color, calcium solubility and purity of calcium-based powder. Judging from X-ray diffraction pattern of calcined calcium-based powder, most of calcium was present as a form of calcium oxide. But, pH of calcined calcium-based powder revealed strong alkali of pH 12.9. This pH value might invoke health risk in using food resource. Therefore, for utilization effectively calcined calcium-based powder from cuttle bone, it requires a suitable treatment such as adjustment of pH to neutral condition.

Key words: Cuttle bone, Calcium powder, Seafood processing by-products, Calcining treatment

서 론

근년 경제성장과 더불어 늘어나는 맛벌이 부부, 교통 체증 등과 같은 사회적, 경제적 요인으로 즉석 식품의 수요가 급증하고 있고, 이로 인하여 칼슘 등과 같은 유용 무기성분 및 비타민 등과 같은 미량 성분이 결핍되기 쉽다 (Kazuhiro, 1998; Tomio, 1987). 칼슘은 뼈나 치아의 조직에 강도를 부여하는 신체 지지기능 이외에 체액의 pH를 약 알칼리성으로 유지시켜 장관으로부터 흡수한 영양소를 각 세포에 부드럽게 전달하여 세포 및 효소의 활성화에 의한 근육의 수축, 혈액 응고 및 여러 가지 심혈관계 질환의 예방에 관여하는 기능을 한다 (Ezawa, 1994). 칼슘의 흡수가 부족한 경우에는 뼈나 치아의 발육이 나쁘게 되어 성장이 늦고, 피로를 쉽게 느끼며, 고혈압, 심장병 및 뇌졸중 등의 성인병과 골다공증의 원인이 된다 (Hiroshi, 1987; Okiyoshi, 1990). 한편, 갑오징어는 연체동물 중에서 오징어 다음으로 생산량이 많으면서 (The Fisheries Association of Korea, 1997), 일반 오징어에 비하여 조직감이 특이하여 소비자들의 호응도가 좋아 소비량은 점차 증가하리라 전망된다. 이와 같은 갑오징어는 내부에 딱딱하면서 흰 배모양의 비식용 갑을 가지고 있고, 가공 중 이들이 부산물로 발생한다. 갑오징어갑은 칼슘과 같은 무기성분이 건물당 약 40% 정도로 다량 함유 (Cho et al., 2001)되어 있어 칼슘 보급원으로 이용 가능하나, 대부분이 폐기되고 비료 등으로 일부 이용되고 있다. 이

러한 일면에서 Kim et al. (1998a; 1998b, 2000a; 2000b)은 어류뼈의 칼슘제 소재로서 이용 가능성을 검토하였고, Kim et al. (2000c) 및 Lee et al. (2000)은 갑오징어갑을 단순히 분쇄 및 건조하여 가공식품의 품질 개선에 응용하였다. 그러나 이들의 연구는 칼슘제 소재로서의 이용 가능성을 검토한 정도에 지나지 않았고, 또한 갑오징어갑을 가공식품의 품질개선제로 이용하는 경우에도 아무런 전처리를 하지 않아 칼슘의 용해도가 결여되고, 또한 일부 용해되어 품질개선에 기여하는 것도 용해하면서 탄산가스를 발생하는 등의 부작용이 발생하리라 생각된다. 본 연구에서는 대부분이 폐기 또는 비료와 같이 비효율적으로 이용되고 있거나, 단순히 분쇄 및 건조하여 가용화율을 고려하지 않거나 이산화탄소 등의 발생을 고려하지 않은 상태에서 이용을 시도하고 있는 갑오징어 가공부산물인 갑을 흡수율이 높으면서 이산화탄소 등의 발생이 적은 고기능성 칼슘제와 같이 보다 효율적으로 이용하기 위하여 갑오징어갑으로부터 칼슘의 추출을 위한 전처리 방법을 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

갑오징어 (*Sepia esculenta*) 갑은 2000년 1월에 부산시 사하구 소재 우영수산(주)로부터 구입하여 원료로 사용하였다. 갑오징어 갑의 이물질 제거를 위하여 수세 및 탈수 후 분쇄를 용이하게 하기 위하여 동결 (-25°C)하고, 이어서 분쇄한 다음 실험에 사용하였다.

⁺Corresponding author: jinsukim@gaechuk.gsnu.ac.kr

칼슘의 추출조건 및 수율

갑오징어갑으로부터 칼슘의 추출을 위하여 검토한 방법 중 고온 처리구의 경우 물침가 없이 800°C에서 2시간 동안 소성처리하여 조제하였고, 고온가압처리구의 경우 10배의 물을 가한 다음 121°C로 조정된 autoclave (Toyo SVM-30H, Japan)에서, 초음파 처리구의 경우 10배의 물을 가한 다음 60°C로 조정된 초음파 조사기 (Branson 8210, USA)에서 각각 10시간 동안 처리한 다음 감압여과 및 열풍건조하여 조제하였다. 그리고, 수율은 추출에 사용된 갑오징어갑 분말에 대하여 추출 후 분말 중량의 상대비율 (%)로 하였다.

일반성분 및 키틴

일반성분은 AOAC법 (1984)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 측정하였으며, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법으로 질소를 정량한 후 질소계수 (6.25)를 이용하여 계산하였다. 그리고, 키틴은 Hackman의 방법 (1954)에 따라 갑오징어갑 (100 g)으로부터 키틴을 추출 및 동결건조한 후 이의 무게로 하였다.

X-ray 회절

구성성분의 존재 형태 확인을 위한 XRD 상분석은 건조 갑오징어갑 분말을 동결 및 마쇄한 후 열풍건조한 다음, 이를 체가름 (100 mesh)하여 40 KV, 30 mA의 조건과 10~70°C 범위의 온도조건에서 X-ray diffractometer (Philips expert system, Netherland)를 이용하여 측정하였다.

무기질 함량

무기질 (칼슘, 나트륨, 칼륨, 철, 마그네슘, 망간 및 아연) 및 인은 Tsutagawa et al.의 방법 (1994)으로 유기질을 습식분해한 후 ICP (Inductively coupled plasma spectrophotometer, Atomscan 25, TJA)로 분석하였다.

pH 및 용해도

pH 및 칼슘의 용해도 측정을 위한 시료는 전처리 갑오징어갑 (600 mg 칼슘)에 탈이온수 100 mL를 첨가하고, 이어서 상온에서 3시간 동안 진탕반응시킨 다음 여과하여 조제하였다. 이 여액을 시료 용액으로 하여 pH는 pH meter (Metrohm 691)로 측정하였고, 용해도는 Tsutagawa et al.의 방법 (1994)으로 유기질을 습식분해한 후 ICP (Inductively coupled plasma spectrophotometer, Atomscan 25, TJA)로 분석하였다.

백색도 및 색조

백색도는 직시색차계 (日本電色 1001-DP, Japan)를 이용하여 분말의 L (백색도), a (적녹색도), 및 b값 (황청색도)을 측정한다. 다음 이들을 이용하여 다음과 같은 식으로 계산하였고, 이 때 색차계의 표준백판은 L=91.6, a=0.28, b=2.69이었다. 색조는 건조한 분말 시료를 관능적으로 검사하였다.

$$\text{white index} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

입도 분포도 및 겉보기 밀도

입도 분포도는 Kim et al. (1997)과 같이 RX-86 sieve shaker (Tyler Inc., Mentor, OH, USA)에 표준 시료체 (No. 60, 100, 140 및 200)를 장착하여 측정하였다. 그리고, 겉보기 밀도는 100 mL 메스실린더에 전처리 갑오징어갑 분말을 담아, 이의 무게를 측정 한 다음 무게를 용기의 체적으로 나눈 값 (g/cm^3)으로 하였다 (Mohamed et al., 1988; Lewis, 1987).

결과 및 고찰

갑오징어갑의 일반성분

갑오징어갑의 일반성분은 Table 1과 같다. 건물당 일반성분의 경우 회분이 90.6%로 거의 대부분을 차지하여, 일반성분만으로 보는 경우 갑오징어갑은 우수한 무기질 추출소재로 판단되었다. 갑오징어갑을 무기질 추출소재로 이용하고자 하는 경우 단백질, 지질 및 키틴과 같은 이물질의 경우 건물당 약 10% 정도에 불과하였다.

Table 1. Proximate compositions and chitin content of cuttle bone

Components	Wet basis (%)	Dry basis (%)
Moisture	37.6 ± 1.4	-
Crude protein	3.1 ± 0.0	5.0
Crude lipid	1.2 ± 0.0	1.9
Crude ash	56.9 ± 0.1	90.6
Chitin	1.8 ± 0.1	2.9

전처리 방법에 따른 수율의 검토

갑오징어갑 분말로부터 유용 무기성분을 추출하기 위하여 소성, 고온가압 및 초음파 처리 등의 방법으로 전처리한 분말의 수율은 Fig. 1과 같다. 전처리 방법에 따른 수율은 초음파 조사가 98.4%로 가장 높았고, 다음으로 고온가압처리 (96.0%)이었으며, 소성처리의 경우 51.2%로 이들에 비하여 월등히 낮았다. 이와 같은 결과와 일반성분의 결과로 미루어 보아 초음파 처리 및 고온가압 처리만에 의해서는 무기질 추출 측면에서 이물질인 조단백질, 조지방 및 키틴 등의 완전 제거가 어렵다고 판단되었다. 한편, 소성처리의 경우 수율이 약 절반정도에 미치지 않았는데, 이는 소성에 의해 조단백질, 조지방 및 키틴 등과 같은 이물질이 제거되고, 갑오징어갑의 주성분인 탄산칼슘 (Cho et al., 2001)이 고온가열처리에 의하여 이산화탄소를 방출하고, 산화칼슘으로 되었기 때문이라 판단되었다 (Shin and Kim, 1997).

소성처리 갑오징어갑의 무기질의 존재 형태

소성처리 갑오징어갑 분말의 무기질 존재형태를 살펴보기 위하여 XRD 분석을 실시한 결과는 Fig. 2와 같다. 원료 갑오징어갑의 경우 대부분이 탄산칼슘의 피크와 일치하여 탄산칼슘이 주성분임을 알 수 있었고, 이를 소성처리한 분말의 경우 탄산칼슘으로부터 이산

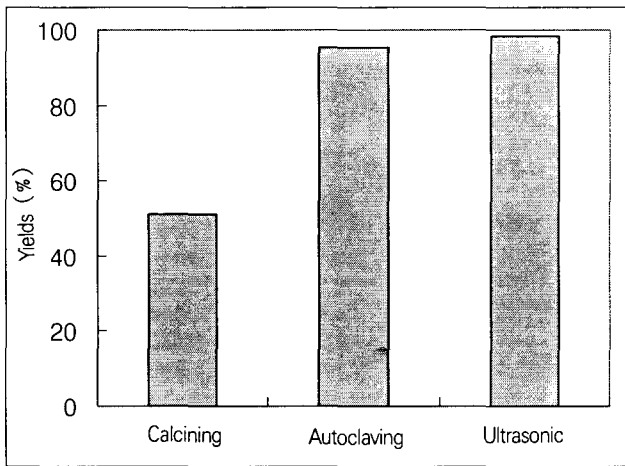


Fig. 1. Effect of treatment methods (calcining: 800°C, 2 hrs, autoclaving: 121°C, 10 hrs, ultrasonic treatment: 60°C, 10 hrs) on yields of calcium-based powder from cuttle bone.

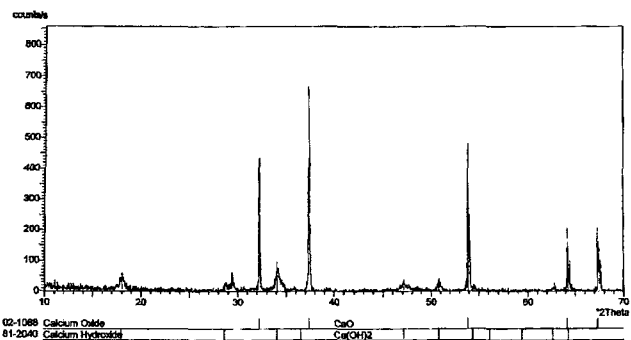
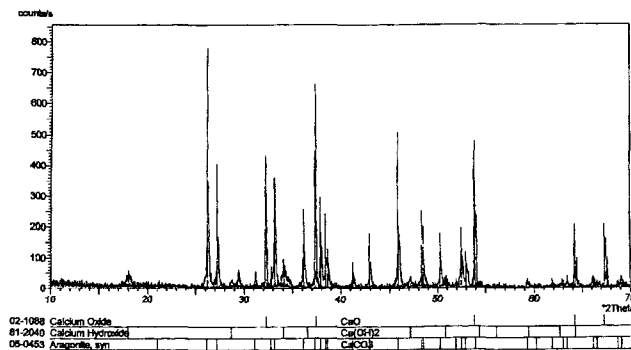


Fig. 2. XRD analysis of dried-cuttle bone (upper) and its calcined powder (lower).

화탄소의 휘발 ($\text{CaCO}_3 + \text{heat} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) 등으로 인해 산화칼슘의 피크와 거의 일치하여 산화칼슘이 주성분임을 알 수 있었다.

전처리 방법에 따른 pH, 백색도 및 관능적 색조의 변화
추출방법에 따른 갑오징어갑 분말의 pH, 백색도 및 관능적 색

조를 비교한 결과는 Table 2와 같다. pH는 원료 갑오징어갑 분말의 경우 9.08로 약알칼리이었고, 전처리 갑오징어갑 분말 중 고온가압처리 분말 및 초음파 조사 분말의 경우 각각 이보다 약간 낮은 8.74 및 8.95이었으나, 소성처리 분말의 경우 산화칼슘으로 변화함에 따라 강알칼리화 (pH 12.90) 되었다. 한편, Kim et al. (2000b)의 경우 자숙처리 가다랑어뼈를 소성처리한 경우 본 실험의 결과와 같이 역시 중성에서 강알칼리화되었다고 보고한 바 있다. 그리고, 백색도는 원료 갑오징어갑의 경우 83.58이었고, 이를 고온가압 및 초음파 처리한 경우 이와 유사한 수준이었으나, 고온가열처리한 경우 이물질의 완전 소성으로 개선되었다. 그리고, 관능적 색조의 경우도 원료 갑오징어갑 분말과 소성처리 갑오징어갑 분말은 백색을 나타내었으나, 고온가압처리 및 초음파 처리한 분말은 옅은 황색을 나타내었다. 이상의 pH, 백색도 및 관능적 색조의 결과로 미루어 보아 고온가압처리 및 초음파 처리 갑오징어갑 분말의 경우 그대로 사용하여도 무방하리라 판단되었으나, 소성처리 갑오징어갑 분말의 경우 식용 목적으로 사용되기 위하여는 반드시 pH 조정 등의 처리가 이루어져야 하리라 판단되었다.

Table 2. Effect of treatment methods on pH, white index and sensory color of calcium-based powder from cuttle bone

Analysis items	Dried cuttle bone powder	Treatment methods		
		Calcining (800°C, 2 hrs)	Autoclaving (121°C, 10 hrs)	Ultrasonic (60°C, 10 hrs)
pH	9.08	12.90	8.74	8.95
White index	83.58 ± 0.09	86.15 ± 0.07	83.66 ± 0.12	83.67 ± 0.07
Sensual color	White	White	Light yellow	Light yellow

전처리 방법에 따른 무기질 함량의 검토

전처리 방법에 따른 갑오징어갑 분말의 무기질 함량은 Table 3과 같다. 원료 갑오징어갑 분말의 경우 주성분이 탄산칼슘이어서 칼슘이 약 35.4%로 대부분을 차지하였다. 한편, 이를 추출하기 위하여 고온가압 처리 및 초음파 처리로 전처리한 경우 조단백질, 조회분 및 키틴 등과 같은 이물질의 일부 제거로 칼슘함량은 약간 증가하여 각각 36.6% 및 35.8%를 나타내어 큰 차이가 없었다. 그러나 갑오징어갑 분말로부터 칼슘을 추출하기 위하여 전처리로 소성처리한 경우 칼슘함량은 70.5%로 약 2배 증가하였다. 이와 같이 칼슘함량이 원료 갑오징어갑 분말에 비하여 소성처리 갑오징어갑 분말이 약 2배로 증가하는 것은 고온가열처리에 의해 위에서 언급한 이물질의 제거 이외에도 갑오징어갑의 주성분인 탄산칼슘으로부터 이산화탄소가 휘발하여 산화칼슘으로 됨으로 인해 칼슘의 차지하는 비율이 상대적으로 증가하였기 때문이라 판단되었다. 한편, 칼슘을 제외한 기타 무기질 함량은 원료 갑오징어갑 분말에 비하여 전처리 갑오징어갑 분말이 약간씩 증가하였다.

전처리 방법에 따른 겉보기 밀도 및 입도분포도의 변화

전처리 방법에 따른 갑오징어갑 분말의 겉보기 밀도 및 입도 분포도는 Table 4와 같다. 겉보기 밀도는 원료 분말의 경우 0.87 g/cm³

Table 3. Effect of treatment methods on mineral contents of calcium-based powder from cuttle bone

Minerals (mg/100 g)	Dried cuttle bone powder	Treatment methods		
		Calcining (800°C, 2 hrs)	Autoclaving (121°C, 10 hrs)	Ultrasonic (60°C, 10 hrs)
Phosphorus	43.1	81.9	44.4	43.5
Calcium	35,407.8	70,518.4	36,586.7	35,759.6
Sodium	910.9	1,812.7	939.1	921.8
Potassium	65.2	129.7	67.2	66.1
Ferrus	9.2	18.3	9.6	9.5
Magnesium	91.6	182.3	96.4	94.8
Manganese	0.8	1.6	0.8	0.9
Zinc	3.8	7.8	4.0	4.0

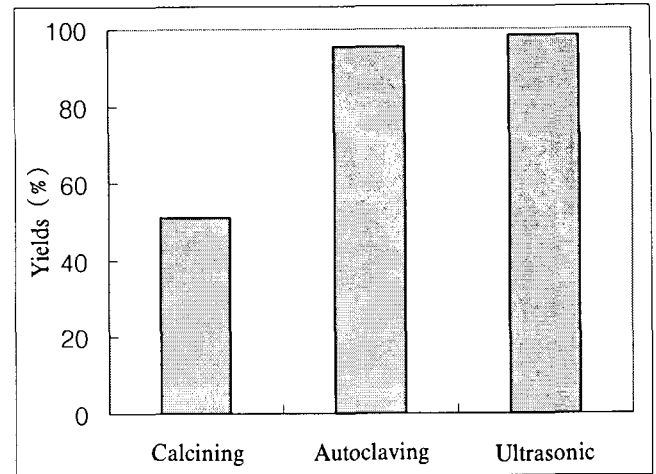
Table 4. Effect of treatment methods on bulk density and size distribution ratio of calcium-based powder from cuttle bone

Analysis items	Dried cuttle bone powder	Treatment methods		
		Calcining (800°C, 2 hrs)	Autoclaving (121°C, 10 hrs)	Ultrasonic (60°C, 10 hrs)
Bulk density (g/cm ³)	0.87	0.55	0.86	0.87
Size 60 mesh	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0
distribu- 100 mesh	80.6	86.4	82.5	83.0
tion 140 mesh	69.0	74.4	69.8	68.9
ratio (%) 200 mesh	54.8	69.5	53.9	53.6

이었고, 이를 고온가압 및 초음파 처리한 경우 각각 0.86 g/cm³ 및 0.87 g/cm³으로 차이가 없었으나, 소성처리한 경우 0.55 g/cm³으로 상당히 감소하였다. 이와 같이 전처리 방법에 따라 갑오징어갑 분말의 겔보기 밀도가 차이 있는 것은 이물질의 제거 및 분자량의 감소로 조직이 느슨하여졌기 때문이라 판단되었다. 한편, Shin and Kim (1997)은 난각으로부터 소성에 의해 무기질을 추출하는 경우 겔보기 밀도는 감소하는 경향을 나타낸다고 보고한 바 있다. 전처리 방법에 따른 갑오징어갑의 입도분포도는 겔보기 밀도의 결과와 같이 원료 갑오징어갑 분말에 비하여 고온가압처리 및 초음파 조사처리의 경우 원료 분말과 거의 차이가 없었고, 소성처리의 경우 체의 크기에 관계없이 모든 체에서 통과율이 높았다. 따라서 겔보기 밀도 및 입도분포도의 결과로 미루어 보아 원료 갑오징어갑 분말 및 고온가압 및 초음파 처리 분말에 비하여 소성처리 분말이 미립자로 이루어져 있으면서 겔보기 밀도도 낮아 가용화가 용이한 다공성의 물질로 구성되어 있다고 판단되었다.

전처리 방법에 따른 칼슘의 가용화 정도 검토

전처리 방법에 따른 갑오징어갑 분말의 가용화 정도는 Fig. 3과 같다. 전처리 방법에 따른 가용화율은 원료에 비하여 고온가압처리 분말 및 초음파 처리 분말의 경우 약간 감소하였으나, 소성처리한 경우 약 22배가 증가하였다. 이와 같은 결과는 무기질 추출 방법으로 고온가압 처리 및 초음파 처리의 경우 단지 일부의 이물질만을 제거할 뿐이고, 칼슘의 존재 형태 즉 분자구조를 변화시키지 않았고, 소성처리의 경우 이물질을 제거하고 주성분인 탄산

**Fig. 3. Effect of treatment methods (control: dried cuttle bone powder, calcining: 800°C, 2 hrs, autoclaving: 121°C, 10 hrs, ultrasonic treatment: 60°C, 10 hrs) on water solubility of calcium-based powder from cuttle bone.**

칼슘을 산화칼슘으로 변화시키므로 이온화가 용이하였다고 판단되었다. 이상의 수율, 입자크기 및 겔보기 밀도, 색조 및 칼슘의 가용화도 등으로 미루어 칼슘의 추출을 위한 전처리 방법으로는 고온가압이나 초음파 처리보다는 소성처리가 적절하다고 판단되었다. 그러나 소성처리한 칼슘제의 경우 산화칼슘으로 이루어져 있어, 이를 직접 응용하거나 또는 탄력 개선, 유통기한 연장 등과 같은 품질개선제로 사용하고자 하는 경우 pH가 강알칼리이어서 문제가 있다고 판단되었다. 따라서 위에서 언급한 용도로 사용하기 위하여는 pH 중화와 같은 수식화처리가 필요하다고 판단되었다.

요 약

갑오징어 가공 부산물인 갑으로부터 유용 칼슘을 효율적으로 추출하기 위하여 소성처리 (800°C, 2시간), 고온가압처리 (121°C, 10시간) 및 초음파처리 (60°C, 10시간)와 같은 전처리 방법에 대하여 검토하였다. 소성처리에 의한 칼슘 추출 분말의 경우 백색이었으나, 기타 추출법으로 처리되어진 칼슘 분말의 경우 연노랑색을 나타내었다. 소성처리에 의한 갑 분말의 칼슘함량은 70.5%로 원료 및 다른 전처리 방법에 비하여 약 2배 정도 증가하였다. 전처리 방법에 따른 칼슘의 가용화율은 원료에 비하여 초음파처리 및 고온가압처리의 경우 약간 감소하였으나, 소성처리한 경우 약 22배가 증가하였다. 이상의 칼슘제로서 가장 중요한 품질지표인 색조, 칼슘 가용화율 및 순도 등으로 미루어 보아 전처리 방법으로는 소성처리가 가장 우수하였다. 소성처리 시료를 XRD 상분석한 결과 주성분은 산화칼슘이었다. 그러나, 소성처리에 의한 칼슘 추출 분말의 경우 pH가 12.9로 강알칼리를 나타내어 안전성 측면에서 식품품질 개선제 등으로 사용하기에는 다소 문제가 있었다. 이상의 결과로 미루어 보아 갑오징어갑으로부터 칼슘을 추출하는 방법으로는 소성처리가 가장 우수하였으나, 강알칼리로 인해 식품

품질개선제 등과 같이 효율적으로 이용하기 위하여는 반드시 중성부근의 pH로 조정이 이루어져야 하리라 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 경상남도에서 시행한 생명공학 기술개발과제 (2000) 수행에 의한 연구 결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 준 경상남도에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C. USA.
- Cho, M.L., M.S. Heu and J.S. Kim. 2001. Food component characteristics of cuttle bone as a mineral source. *J. Korean Fish. Soc.*, 34, 478~482 (in Korean).
- Ezawa, I. 1994. Protection diseases of adult people and a role of calcium. *Food Chemical*, 10, 81~86 (in Japanese).
- Hackman, R.H. 1954. Studies on chitin. 1. Enzymic degradation of chitin and chitin ester. *Aust. J. Biol. Sci.*, 7, 168~175.
- Hiroshi, Y. 1987. Utilization of calcium source as a food. *New Food Industry*, 29, 15~18 (in Japanese).
- Kazuhiro, U. 1998. Intestinal calcium absorption. *Food and Development*, 33, 9~11 (in Japanese).
- Kim, H.S., M.Y. Lee and S.C. Lee. 2000c. Characteristics of sepiae os as a calcium source. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29, 743~746 (in Korean).
- Kim, J.S., J.D. Choi and D.S. Kim. 1998b. Preparation of calcium-based powder from fish bone and its characteristics. *Agric. Chem. Biotech.*, 41, 147~152 (in Korean).
- Kim, J.S., J.D. Choi and J.G. Koo. 1998a. Component characteristics of fish bone as a food source. *Agric. Chem. Biotech.*, 41, 67~72 (in Korean).
- Kim, J.S., M.L. Cho and M.S. Heu. 2000b. Preparation of calcium powder from cooking skipjack tuna bone and its characteristics. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 158~163 (in Korean).
- Kim, J.S., S.K. Yang and M.S. Heu. 2000a. Component characteristics of cooking tuna bone as a food resource. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 38~42 (in Korean).
- Kim, Y.S., T.Y. Ha, S.H. Lee and H.Y. Lee. 1997. Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 120~125 (in Korean).
- Lee, M.J., H.S. Kim and S.C. Lee. 2000. Effects of sepiae os addition on the quality of Kimchi during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29, 592~596 (in Korean).
- Lewis, M.J. 1987. Physical properties of foods and food processing system. 1st Ed., VCH, New York, USA, pp. 53~58.
- Mohamed, M.O., A.T. May and H.A. Moris. 1988. Effects of pH, CaCl₂ and soy protein on Ca²⁺ in reconstituted nonfat dry milk and on rennet-induced coagulaum properties. *J. Food Sci.*, 53, 798~801.
- Okiyoshi, H. 1990. Function of milk as a source of calcium supply. *New Food Industry*, 26, 1~4 (in Japanese).
- Shin, H.S. and K.H. Kim. 1997. Preparation of calcium powder from eggshell and use of organic acids for enhancement of calcium ionization. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 40, 531~535 (in Korean).
- The Fisheries Association of Korea. 1997. Korean Fisheries Yearbook. Dongyang Publishing Co., Seoul, pp. 354~363.
- Tomio, I. 1987. On intake of calcium. *New Food Industry*, 29, 4~7 (in Japanese).
- Tsutagawa, Y., Y. Hosogai and H. Kawai. 1994. Comparison of mineral and phosphorus contents of muscle and bone in the wild and cultured horse mackerel. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, 34, 315~318 (in Japanese).

2001년 7월 8일 접수

2001년 9월 10일 수리