

Physiochemical Characteristics of Calcium Supplement Manufactured using Starfish

Hee-Yeon Park[†], Jung Im Lee, Ki-Ho Nam and Mi-Soon Jang

Food and Safety Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

불가사리를 이용하여 제조한 칼슘보충제의 이화학적 특성

박희연[†] · 이정임 · 남기호 · 장미순

국립수산과학원 식품안전과

Abstract

For developing calcium supplement from the harmful marine organism starfish, the physiochemical property of the powdered starfish skeletal plate and the hydrolysis condition of the starfish digestive enzyme were studied. The optimal hydrolysis condition of the starfish digestive enzymes was at 55°C for 12 h. The bulk densities of the powdered starfish skeletal plates of *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* were 1.1±0.0 and 1.2±0.0 g/cm³, respectively. As for the median size, the values were 10.738 and 11.799 μm, respectively. According to the added concentration of sodium polyacrylate, the dispersibility rate of the powdered starfish skeletal plate was shown to be 6h at 0.0%, 3 days at 0.1%, 20 days at 0.2%, and until 30 days at 0.4%. The elementary composition of the powdered starfish skeletal plates from *A. amurensis* and *A. pectinifera* mainly consisted of calcium, and it formed 98.95 and 98.52% of the powdered starfish skeletal plates, respectively. The results of the X-ray diffraction (XRD) analysis showed that they were present in the form of CaCO₃. Based on these results, it is suggested that starfish skeletal plate can be utilized as a functional material for a calcium supplement.

Key words : calcium supplement, starfish, skeletal plate, hydrolysis

서 론

칼슘은 인체 내에서 골격과 치아의 형성, 혈액의 응고, 근육의 수축 이완, 신경전달 작용, 세포막의 투과성 조절 등의 역할을 하는 필수 불가결한 원소 중의 하나이다(1). 그러나 현대인이 지속적으로 먹고 있는 식품에 첨가된 인산염, 설탕, 알코올, 니코틴, 카페인 등은 칼슘의 체내 흡수를 저해하고, 탄산음료의 과도한 섭취는 칼슘의 체외 배출을 촉진하는 것으로 알려져 있다(2,3). 또한 칼슘의 흡수는 장 내에서 제한적으로 이루어지기 때문에 체내이용률은 최대 60%를 넘지 못하며 보통 성인의 칼슘흡수율은 25~30% 수준인 것으로 알려져 현대인의 대다수는 체내 칼슘이 부족한 상태에 있다(4). 따라서 인체의 칼슘을 보충하기 위해 탄산칼슘, 염화칼슘, 구연산칼슘, 글루콘산칼슘, 글리세로

인산칼슘, 젓산칼슘, 제삼인산칼슘, 제이인산칼슘, 제일인산칼슘, 수산화칼슘, 산화칼슘, 황산칼슘 등 화학적으로 합성된 칼슘염을 복용하거나 칼슘이 풍부한 천연식재료인 우유, 어골, 패각, 난각, 해조, 유청, 풍화퇴적산호, 상어연골, 성게껍질, 오징어연골, 불가사리껍질 등을 적절히 가공하여 섭취하고 있으며 최근, 자연식품을 선호하는 소비자 취향에 따라 천연식재료를 이용한 칼슘보충제가 각광을 받고 있다(5-10). 한편, 불가사리는 극피동물문에 속하는 해양저서생물로서 지금까지 약 1,700종이 보고되어 있으며 우리나라 해역에도 200여종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다(11). 특히, 아무르불가사리(*Asterias amurensis*)와 별불가사리(*Asterina pectinifera*)는 육식성으로 피조개, 전복, 바지락, 가리비 등 유용패류를 그 먹이로 하고 있어 수산업에서는 해적생물로 인식되고 있다(12,13). 따라서 해적생물인 불가사리를 산업적으로 이용함으로써 불가사리에 의한 피해를 줄이고 경제적 부가가치도 창출하고자하는 기술개발이 활발하게 추진되고 있다(14). 불가사리는 체벽

[†]Corresponding author. E-mail : hypark@nfrdi.go.kr
Phone : 82-51-720-2650, Fax : 82-51-720-2669

의 내부에 다수의 골판(skeletal plate)이 규칙적으로 배열되어 내골격을 형성하고 있으며 골판의 주성분은 탄산칼슘인 것으로 보고되어 있다(15). 전보에 의하면 산업용 단백질가수분해효소를 이용해서 불가사리의 체벽을 가수분해한 후 골판을 수득하여 칼슘보충제로 활용하는 기술을 개발한 바 있다(16). 그러나 동 기술은 불가사리칼슘제의 생산비용 중 단백질가수분해효소의 가격이 차지하는 비중이 너무 높아 산업화의 저해요인이 되고 있다. 한편, 불가사리의 유문맹랑(pyloric cecca)에는 강력한 소화효소가 존재하는 것으로 알려져 있다(17).

따라서 본 연구에서는 불가사리의 체내에 존재하는 소화효소를 이용하여 체벽을 가수분해한 후 골판을 수득하여 칼슘보충제로의 활용가능성을 알아보기 위해 골판분말의 이화학적 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

불가사리는 2011년 3월에 부산광역시 기장군 송정 인근 해역에서 장어통발을 이용하여 포획한 아무르불가사리(*Asterias amurensis*)와 별불가사리(*Asterina pectinifera*)로 각각의 체중은 190.8 ± 5.3 , 65.6 ± 3.8 g이었고 팔의 길이는 14.5 ± 3.2 , 8.2 ± 2.7 cm이었으며 실험실까지 저온상태로 운반하여 실험에 사용하였다.

소화효소에 의한 가수분해

적정 가수분해 온도를 규명하기 위해 불가사리 1 kg을 3 ± 0.5 cm 크기로 절단한 다음 2배의 증류수를 가하여 온도 35, 55, 65 및 75°C의 진탕항온수조에서 16시간동안 각각 가수분해 실험을 하였으며, 적정가수분해시간을 규명하기 위해 50°C의 진탕항온수조에서 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 및 16시간 동안 각각 가수분해 실험을 하였다. 분리된 골판을 세척하기 위해 10배량의 증류수에 넣고 100°C에서 1시간동안 끓여 유기물을 제거한 다음 건조시킨 것을 골판의 양으로 계산하였다.

겉보기밀도 및 입도의 분석

불가사리 골판의 분쇄는 Attrition Mill (Model KMDC-1B, KMDC Co, Siheung-si, Korea)을 이용하여 2,500 rpm의 조건에서 12시간 동안 분쇄하였다. 겉보기밀도는 불가사리 골판 분말 50 g을 100 mL의 메스실린더에 담아 1 inch의 높이에서 2초 간격으로 3회 딱딱한 나무표면위에 떨어뜨린 다음 부피를 측정하여 무게를 부피로 나눈 값 (g/cm^3)으로 표시하였다(18). 그리고 불가사리 골판 분말의 입도는 레이저입도분석기(BT-9300S, Bettersize Instruments Ltd, Dandong, China)를 사용하여 분석하였다.

색도 및 입자 관찰

색도는 직시색차계(Konica Minolta Sensing Inc, Tokyo, Japan)를 사용하여 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)을 측정하였고 이들로부터 백색도(White index = $100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$)를 산출하였다. 그리고 불가사리 골판 입자의 전체적인 모양은 광학현미경을 이용하여 확대율 100배에서 관찰하였고 입자의 표면 상태는 scanning electron microscope (Hitach S-4200, Tokyo, Japan)을 이용하여 조사하였다.

물 분산성 및 염산에 대한 반응속도 측정

불가사리 골판 분말의 물에 대한 분산성을 측정하기 위해 증류수에 골판 분말 1%를 첨가하여 homogenizer로 분산시킨 후 시간별로 용액의 탁도(OD 660 nm)를 측정하였다. 그리고 염산에 대한 반응속도 온도 37°C에서 일정량의 불가사리 골판 분말에 염산(pH 2.0)을 가하여 발생하는 이산화탄소의 부피를 경시적으로 측정하여 산출하였다.

원소 및 XRD상 분석

불가사리 골판의 원소는 X-ray Fluorescence Spectrometer (Seiko Instruments SEA1200VX, Neu-Isenburg, Germany)를 사용하여 조사경 8.0 mm, 여기전압 30 KV, 관전류 1,000 μA 의 조건에서 분석하였으며, XRD (X-Ray Diffraction)상은 X-ray Diffractometer (Rigaku Model D/Max 2400, Tokyo, Japan)를 이용하여 40 KV, 30 mA, 10~70°C의 조건에서 calcium carbonate (XRFOX38, Fluka, St Louis, USA)를 대조구로 하여 분석하였다.

중금속 분석

중금속 중 납, 카드뮴, 비소는 ICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Hitachi P-4010, Tokyo, Japan), 수은은 Mercury analyzer (Milestone, AMA-254, Sorisole, Italy)를 이용하여 AOAC법으로 정량하였다(19).

결과 및 고찰

가수분해에 의한 골판의 분리조건

가수분해 온도에 따른 불가사리 골판의 수득량 변화는 Fig. 1과 같다. 적정 가수분해 온도를 규명하기 위해 온도 35, 45, 55, 65 및 75°C의 진탕항온수조에서 16시간 동안 각각 가수분해 실험을 실시한 결과, 골판 수득량은 별불가사리가 각각 143.0, 239.5, 275.8, 246.8 및 156.4 g이었고, 아무르불가사리는 각각 108.3, 165.2, 182.5, 158.6 및 110.9 g으로 모두 55°C에서 가장 높게 나타났다. Kishimura와 Hayashi (20)는 별불가사리의 유문맹랑으로부터 trypsin을

분리하였으며 이 효소의 최적반응온도는 55℃라고 보고하였다. 그리고 Kishimura와 Hayashi는 아무르불가사리로부터 trypsin유사효소(21)와 carboxypeptidase A유사효소(22)를 분리하였으며 이들 효소의 최적 반응온도는 55℃라고 보고하였다. 이로 미루어 보아 본 연구에서 불가사리 골판을 분리하기 위한 가수분해에 이들 효소가 주로 관여되었을 것으로 추정된다. 가수분해 시간에 따른 불가사리 골판의 수득량 변화는 Fig. 2와 같다. 적정가수분해시간을 규명하기 위해 불가사리 1 kg을 각각 55℃의 진탕항온수조에서 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 및 16시간 동안 가수분해 실험을 실시한 결과, 골판의 수득량은 시간이 경과할수록 증가하여 12시간에 별불가사리 265.3 g, 아무르불가사리 180.8 g을 나타내었으나 그 후 16시간까지는 크게 증가하지 않았다. 따라서 불가사리로부터 골판을 분리하기 위한 최적 가수분해 조건은 온도 55℃에서 12시간동안 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

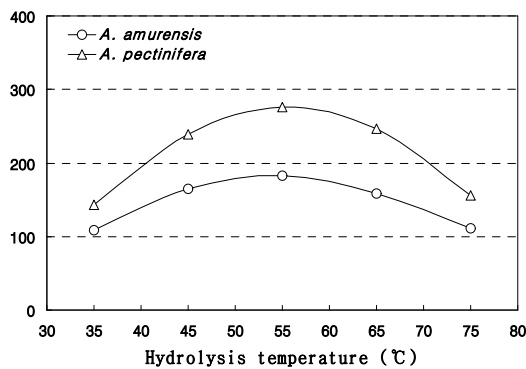


Fig. 1. Change in the yield of starfish skeletal plate according to hydrolysis temperature.

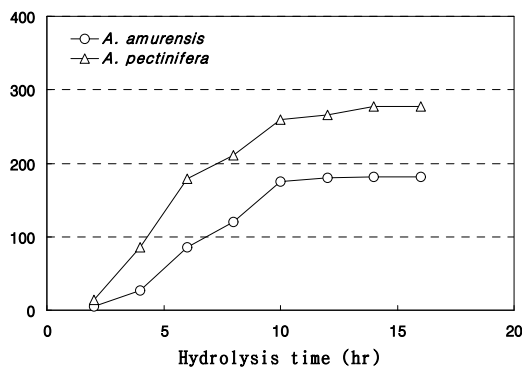


Fig. 2. Change in the yield of starfish skeletal plate according to hydrolysis time.

겉보기밀도 및 입도분석 결과

불가사리 골판 분말의 겉보기밀도는 Table 1과 같다. 불가사리를 가수분해하여 얻은 골판의 겉보기밀도는 아무르불가사리 0.5±0.0 g/cm³, 별불가사리 0.7±0.0 g/cm³이었으며

입자의 크기를 50 μm 이하로 분쇄한 골판 분말의 겉보기 밀도는 아무르불가사리 1.1±0.0 g/cm³, 별불가사리 1.2±0.0 g/cm³이었다. 골판의 겉보기밀도는 별불가사리가 아무르불가사리보다 높았으며 이는 아무르불가사리의 골판이 다공성 구조로 이루어졌기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 아무르불가사리 및 별불가사리 골판분말의 겉보기밀도가 분쇄 후 증가하였으며 이는 분쇄로 인해 입자의 크기가 다양화되어 큰 입자 사이에 발생하는 공간을 작은 입자가 차지하여 부피가 줄어들어 겉보기밀도가 증가한 것으로 판단되며 이러한 결과는 Paik 등(23)의 보고와 일치하였다. 불가사리 골판 분말의 입도분포곡선을 Fig. 3과 같다. 불가사리 골판 분말의 median size는 아무르불가사리 10.738 μm, 별불가사리 11.799 μm로 별불가사리가 아무르불가사리보다 컸다. 이는 아무르불가사리 골판이 다공성구조로 이루어져 별불가사리보다 파열강도가 낮아 더 잘 분쇄되었기 때문인 것으로 추정된다.

Table 1. Bulk density of powdered starfish skeletal plate

Starfish	Bulk density (g/cm ³)	
	Raw	Powder (<50 μm)
<i>Asterias amurensis</i>	0.5±0.0	1.1±0.0
<i>Asterina pectinifera</i>	0.7±0.0	1.2±0.0

골판분말의 색도 및 입자형태

불가사리 골판 분말의 색도는 Table 2와 같다. 불가사리 골판 분말의 백색도는 아무르불가사리 85.4±0.1, 별불가사리 85.9±0.7로 탄산칼슘 91.2±0.2에 비해 낮았으며 황색도는 아무르불가사리 11.56±0.1, 별불가사리 10.9±0.6로 탄산칼슘 7.0±0.1에 비해 높게 나타났다. 이러한 결과는 불가사리 골판에 원래부터 존재하는 유기물질 및 가수분해 과정에서 발생한 저분자성 유기물질이 골판에 침착되었기 때문이며 골판의 다공성 구조와도 관련이 있을 것으로 추정된다. 불가사리 골판 분말의 광학현미경 사진은 Fig. 4와 같다. 불가사리 골판 분말을 100배율로 관찰한 결과, 아무르불가사리가 큰 입자의 수가 적은 것으로 나타나 앞에서 분석한 입도분석 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 불가사리 골판 분말의 전자현미경 사진은 Fig. 5와 같다. 불가사리 골판 분말의 표면을 전자현미경으로 관찰한 결과, 저배율(15.0 kv × 1.00 k)에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 고배율(15.0

Table 2. Hunter color value of powdered starfish skeletal plate

Color	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)	Whiteness index
<i>Asterias amurensis</i>	91.1±0.1	-1.2±0.1	11.5±0.1	85.4±0.1
<i>Asterina pectinifera</i>	91.2±0.7	-1.4±0.2	10.9±0.6	85.9±0.7
Calcium carbonate	95.0±0.1	-2.0±0.1	7.0±0.1	91.2±0.2

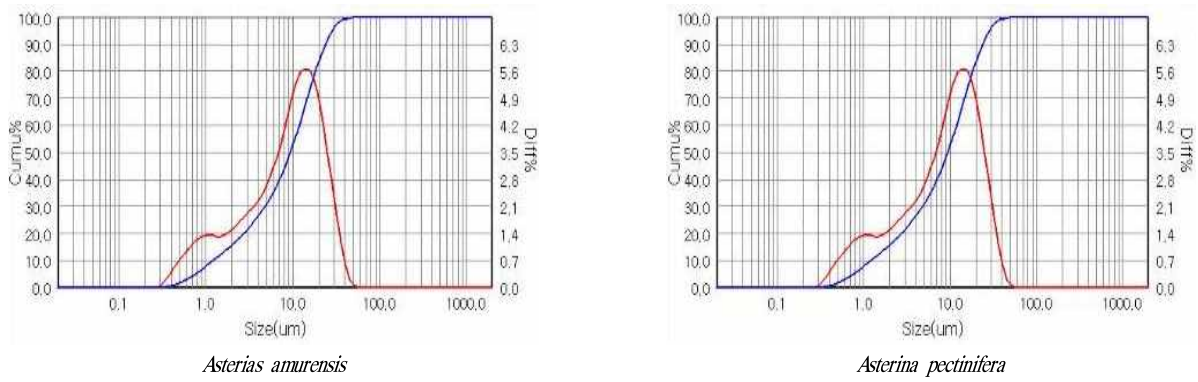
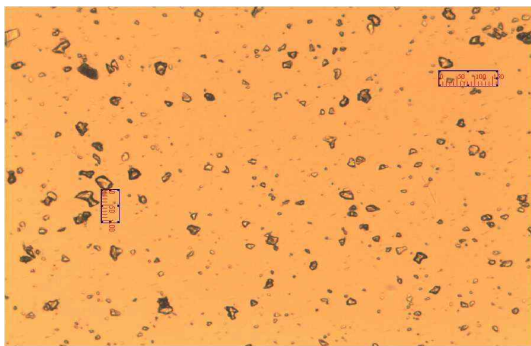
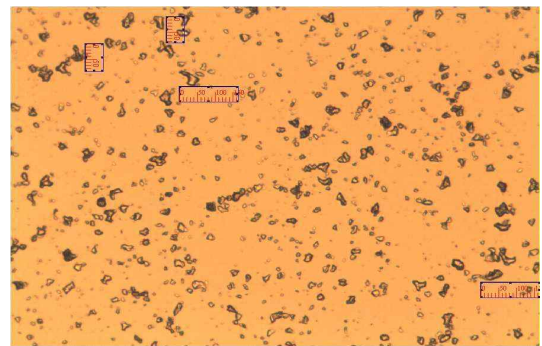


Fig. 3. Gradation curve of powdered starfish skeletal plate.

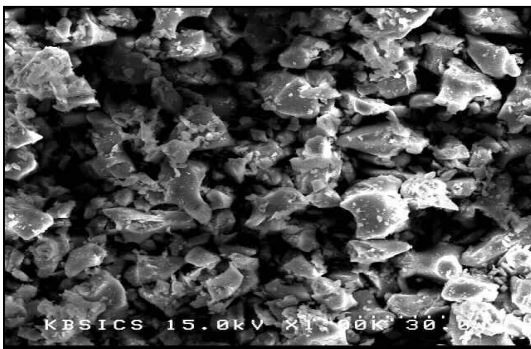


Asterias amurensis

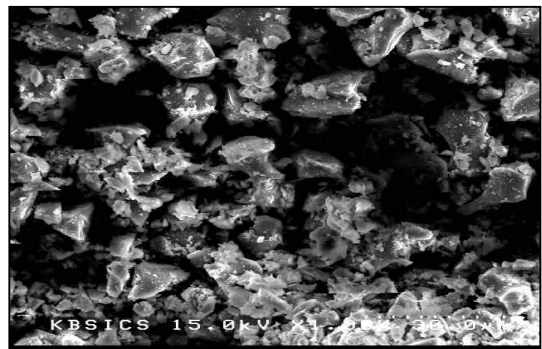


Asterina pectinifera

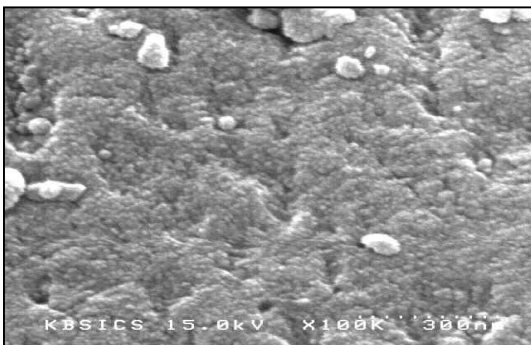
Fig. 4. Photographs of light microscope on powdered starfish skeletal plate (×100).



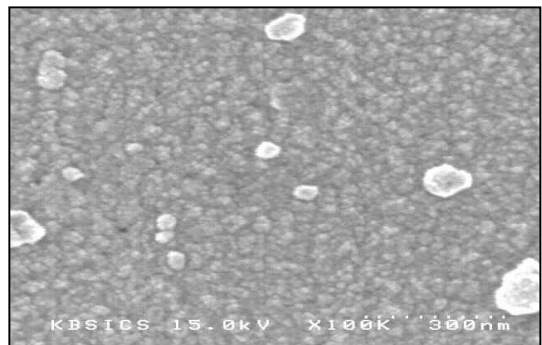
A



B



C



D

Fig. 5. Scanning electron micrographs of powdered starfish skeletal plate.

A: *Asterias amurensis* (15.0 kv × 1.00 k); B: *Asterina pectinifera* (15.0 kv × 1.00 k); C: *Asterias amurensis* (15.0 kv × 100 k); D: *Asterina pectinifera* (15.0 kv × 100 k).

kv × 100 K)에서는 아무르불가사리 골편분말의 다공성 구조를 확인할 수 있었다.

물 분산성 및 염산반응 속도

저장기간 중 불가사리 골편 분말의 물 분산성 변화는 Fig. 6과 같다. 불가사리 골편 분말은 물에 용해되지 않으며 물에 일정량을 분산시키더라도 단시간에 침전하므로 액상 식품에 칼슘보충제로 사용하기에 문제점이 있다. 본 연구는 불가사리 골편 분말의 물 분산성을 향상시키기 위해 식품의 유효분산제로 사용되고 있는 폴리아크릴산나트륨 (Sodium Polyacrylate) 0.0%, 0.1%, 0.2%, 0.4%를 각각 1% 불가사리 골편 분말 현탁액에 첨가하여 방치시간에 따른 탁도의 변화를 측정하는 방법으로 분산성의 정도를 평가하였다. 그 결과, 폴리아크릴산나트륨의 농도가 0.0%에서 6시간, 0.1%에서 3일, 0.2%에서 20일, 0.4%에서 30일까지 분산성이 양호하였으며 불가사리 종류에 따른 분산성은 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 액상식품에 폴리아크릴산나트륨 0.4%를 첨가하면 불가사리 골편 분말을 약 1% 정도 첨가할 수 있을 것으로 사료된다. Ji (24)는 탄산칼슘에 폴리아크릴산나트륨과 폴리글리세린 지방산에스테르를 혼합한 탄산칼슘 유효액을 제조하여 우유에 첨가하는 방법을 개발하였으며, You (25)는 식품첨가용 탄산칼슘 수성 현탁액을 개발하여 산업에 활용되고 있다. 따라서 불가사리 골편 분말과 폴리아크릴산나트륨을 적당량 혼합하면 액상식품의 칼슘보충제로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 염산에 대한 불가사리 골편 분말의 화학반응속도는 Fig. 7과 같다. 칼슘소재의 종류별 화학반응속도는 별불가사리 0.053 mL/sec, 아무르불가사리 0.057 mL/sec, 탄산칼슘 0.063 mL/sec로 불가사리 골편 분말이 탄산칼슘의 화학반응속도보다 낮은 것으로 나타났다. 탄산칼슘의 결정형태는 석회석의 calcite, 패각이나 천연에서 유래하는 aragonite, 화학합성에 의해 생성되는 vaterite로 구분되며 결정의 형태에 따라 화학반응속도가 차이가 있는 것으로 보고되어 있다(26). 그리고 별불가사리에 비해 아무르불가사리의 화학반응속도가 다소 높게 나타

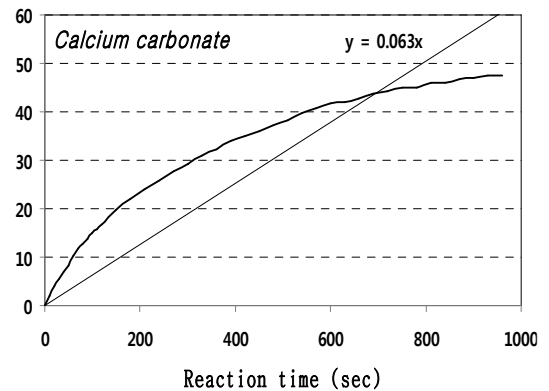
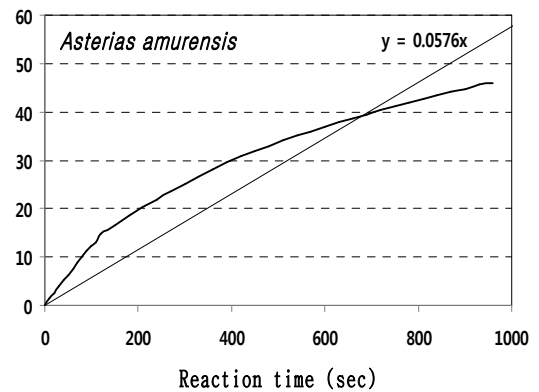
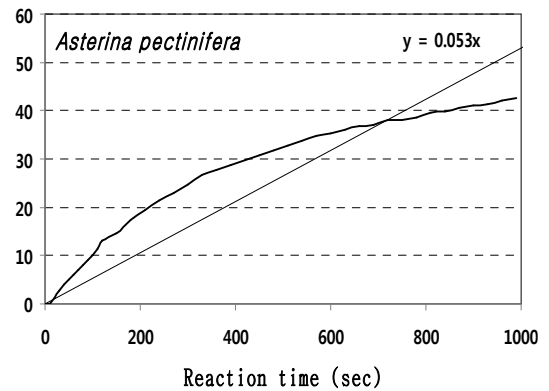


Fig. 7. Chemical reaction rate of powdered starfish skeletal plate with hydrochloric acid solution.

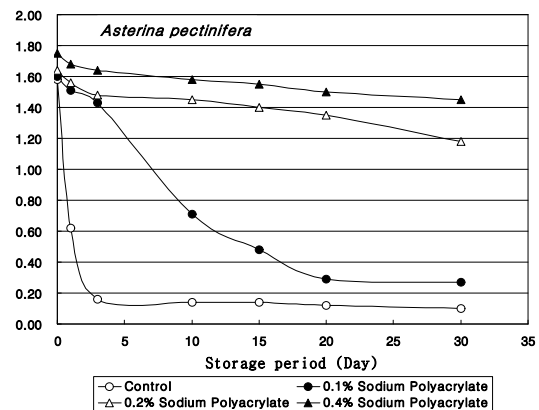
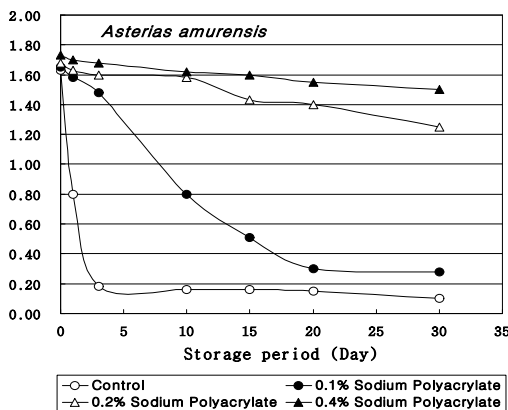


Fig. 6. Change in the water dispersion stability of powdered starfish skeletal plate during storage period.

난 것은 아무르불가사리의 골판이 다공성으로 표면적이 넓은 데에 기인하는 것으로 추정된다.

원소 조성 및 XRD상

ED-XRF에 의한 불가사리 골판 분말의 원소분석 결과는 Table 3과 같다. 아무르불가사리 골판 분말의 원소는 칼슘 98.95%와 스트론튬, 아연, 구리, 철 등이 미량으로 존재하였으며 별불가사리 골판 분말의 원소는 칼슘 98.52%와 칼륨, 스트론튬, 아연, 구리, 철, 망간 등이 미량으로 검출되었다. 따라서 불가사리 골판의 주요 원소는 칼슘인 것으로 나타났으며 불가사리의 종류별로 미량성분의 조성이 다소 차이를 보인 것은 품종 간 생리·태의 특성 차이에서 발생한 것으로 추정된다. 불가사리 골판 분말의 XRD상 분석결과는 Fig. 8과 같다. 불가사리 골판 분말의 XRD상은 탄산칼슘의 피크와 거의 대부분 일치하여, 불가사리 골판의 주요 원소인 칼슘은 탄산칼슘의 형태로 존재하는 것으로 판단되었다. 따라서 불가사리 골판은 기존의 탄산칼슘형 칼슘보충제의 소재로 사용되고 있는 패각, 풍화퇴적산호초, 성게 껍질 등과 칼슘함량 및 이화학적 특성이 비슷하여 새로운 칼슘소재가 될 수 있으며, 해적생물인 불가사리를 산업적으로 이용한다는 측면에서 그 의의가 있는 것으로 사료된다.

Table 3. Elementary analysis of powdered starfish skeletal plate by ED-XRF

Element	Composition (%)	
	<i>Asterias amurensis</i>	<i>Asterina pectinifera</i>
Ca	98.95	98.52
K	-	0.24
Sr	0.92	1.08
Zn	0.05	0.02
Cu	0.02	0.02
Fe	0.06	0.06
Mn	-	0.06

중금속 함량

불가사리 골판 분말의 중금속함량은 Table 4와 같다. 불가사리 골판 분말에서 수은 0.0012~0.0020 mg/kg, 카드뮴 0.037~0.055 mg/kg이 검출되었으며 비소와 납은 검출되지 않았다. 우골, 상어연골 등 동물유래 칼슘보충제는 동물의 생리적 특성 상 뼈에 납이 축적될 가능성이 높아 주요 관리 대상이 되고 있다. Kim 등(27)은 우리나라에 유통되고 있는 칼슘함유식품의 납 함량을 조사한 결과, 평균 1.08 mg/kg이었으며 특히, 우골분을 원료로 사용한 제품의 납 함량은 평균 2.26 mg/kg으로 높게 검출되었다고 보고하였다. 한편, 우리나라 식품공전에서는 칼슘보충제의 중금속 기준치를 3.0 mg/kg 이하로 규정하고 있으며 본 연구에서 제조한

불가사리 골판 분말은 수은 및 카드뮴이 미량 검출되었으나 식품공전의 기준에 적합한 것으로 나타났다.

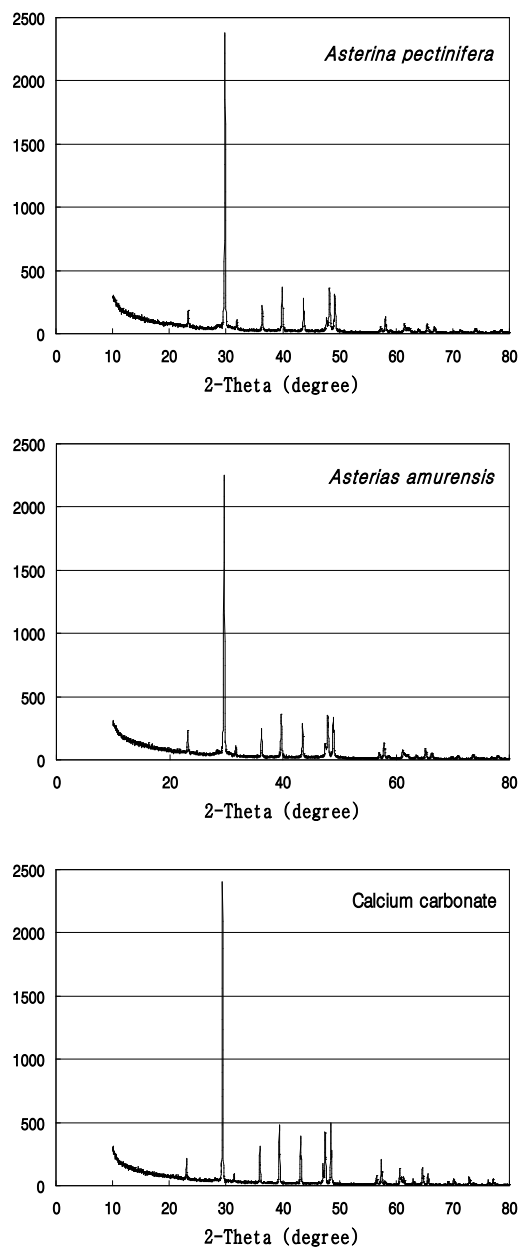


Fig. 8. X-ray diffraction patterns of powdered starfish skeletal plate.

Table 4. Heavy metal contents of powdered starfish skeletal plate

Starfish	Heavy metal contents (mg/kg)			
	Hg	Pb	Cd	As
<i>Asterias amurensis</i>	0.0012	ND	0.037	ND
<i>Asterina pectinifera</i>	0.0020	ND	0.055	ND

ND, not detected.

요 약

수산업의 해적생물인 불가사리를 이용하여 칼슘보충제를 개발하기위해 불가사리 소화효소에 의한 가수분해 조건과 불가사리 골판 분말의 이화학적 특성에 대하여 분석하였다. 불가사리 소화효소에 의한 가수분해 조건은 온도 55℃에서 12시간동안 실시하는 것이 적절하였다. 불가사리 골판 분말의 겔보기밀도는 아무르불가사리 1.1±0.0 g/cm³, 별불가사리 1.2±0.0 g/cm³이었으며 median size는 아무르불가사리 10.738 μm, 별불가사리 11.799 μm이었다. 폴리아크릴산나트륨의 첨가농도에 따른 불가사리 골판 분말의 분산성은 0.0%에서 6시간, 0.1%에서 3일, 0.2%에서 20일, 0.4%에서 30일까지 양호하였으며 염산에 대한 화학반응속도는 별불가사리 0.053 mL/sec, 아무르불가사리 0.057 mL/sec, 탄산칼슘 0.063 mL/sec이었다. 불가사리 골판 분말의 원소 조성은 칼슘이 아무르불가사리 98.95%, 별불가사리 98.52%이었으며 XRD상 분석결과, 탄산칼슘의 형태로 존재하였다. 이상과 같은 연구결과로 미루어 볼 때 불가사리 골판은 칼슘보충제의 소재로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(고속고온 발효기술을 이용한 고부가가치 수산물 제조기술 개발, RP-2012-FS-022)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Anderson JJ, Gammer SC (1995) Calcium and phosphorus in health and disease. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, p 1-5
- Kazuhiro U (1998) Intestinal calcium absorption. Food and Development, 33, 9-11
- Tomio I (1987) On intake of calcium. New Food Industry, 29, 4-7
- Louie DS (1996) Calcium and phosphorus in health and disease: Intestinal bioavailability and absorption of calcium. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, p 45
- Lee YS, Moon JI, Jang SJ (2005) Bioavailability of starfish calcium as a novel calcium source. Korean J Community Living Science, 16, 135-148
- Lee YS, Moon Ji, Jang SJ, Park MN, Park HY (2007) Effects of supplemental agents enhancing calcium absorption on bioavailability of starfish calcium in rats. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 832-839
- Kim JS, Choi JD, Kim DS (1998) Preparation of calcium-based powder from fish bone and its characteristics. J Agri Chem Biotechnology, 41, 147-152
- Kim JS, Cho ML, Heu MS (2000) Preparation of calcium powder from cooking skipjack tuna bone and its characteristics. J Korean Fish Soc, 33, 158-163
- Cho ML, Weu MS, Kim JS (2001) Calcination condition for recovery of calcium from cuttle bone and characteristics of calcined cuttle bone powder. J Korean Fish Soc, 34, 600-604
- Chang SO (2003) A study on the calcium bioavailability of eggshell powder in the growing rats. Korean J Nutr, 36, 684-690
- Kim YS (1969) Selective feeding on the several bivalve mollusks by starfish, *Asterias amurensis* Lutken. Bull Fac Fish, 19, 244-249
- Park MS, Kim BY (1985) Feeding Behaviour of the Starfish, *Asterias amurensis* (LUTKEN). Bull Fish Res Dev Agency, 34, 171-174
- Park SW, Kim TH, Oh HK (1997) A study on the development of the extermination gear for starfish *Asterias amurensis* and its efficiency. Bull Korean Soc Fish Tech, 33, 166-172
- Park HY (2003) Development of industrialization technology with starfish. Food Industry and Nutrition, 8, 18-22
- Burkenroad MD (1945) General discussion of problems involved in starfish utilization. Bull Bingham Oceanogr Coll, B83-5689, 44-58
- Park HY, Kim JH, Yoon HD, Park JH (2003) Process for preparing calcium supplement from starfish. Korean Patent No 0408086
- Kishimura H, Hayashi K (1989) Proteolytic activity of starfishes. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 843-846
- Lewis MJ (1987) Physical properties of foods and food processing system. 1st Ed, VCH, New York, USA, p 53-58
- AOAC (1995) Official methods of analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA
- Kishimura H, Hayashi K (2002) Isolation and characteristics of trypsin from pyloric ceca of the starfish *Asterias pectinifera*. Comp Biochem Physiol Part B, 132, 485-490
- Kishimura H, Hayashi K (1989) Purification and properties of trypsin-like enzyme from the starfish

- Asterias amurensis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 1415-1420
22. Kishimura H, Hayashi K (1991) Purification and properties of carboxypeptidase A-like enzyme from the starfish *Asterias amurensis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1939-1944
 23. Paik SYR, Ryu JN, Ko SH (2012) Comparison of physicochemical properties of calcium carbonate nano-and micro-powders. Food Eng Prog, 16, 134-138
 24. Ji SK (2004) Calcium carbonate emulsion for enriching calcium mineral of milk. Korean Patent No 0421467
 25. You KJ (2003) Carbonate suspension composition for food additives and the method of preparation thereof. Korean Patent No 0372269
 26. Han HK, Kwon CS, Jeon JS, Choi IJ (2010) Phase change of calcium carbonate crystals by adding additives. Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 11, 4069-4074
 27. Kim MH, Chung SY, Sho YS, Kim MC, Kim CM (2001) Establishments of lead standards through monitoring heavy metals in calcium, chitosan and propolis health foods. Korean J Food Sci Technol, 33, 525-528

(접수 2012년 8월 20일 수정 2012년 10월 2일 채택 2012년 10월 5일)