

열처리 조건에 따른 성게 알의 이화학적 성분 변화

이승욱 · 이해영 · 김성호 · 김덕진[†]

대구대학교 식품공학과

Changes in Physicochemical Composition of Sea Urchin Roe by Steaming Treatment

Sung-Uk Lee, Hye-Young Lee, Seong-Ho Kim, and Duk Jin Kim[†]

Dept. of Food Science and Technology, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the physicochemical properties of sea urchin (*Anthocidaris crassispina*, *Pseudocentrotus depressus*, *Hernicentrotus pulcherrimus*) roe as a processed or canned food by steaming treatment. Proximate compositions of *A. crassispina* roe and *P. depressus* roe were similar, but water, crude ash, and carbohydrate contents of *H. pulcherrimus* roe showed little differences. Proximate compositions of sea urchin roe showed slight differences with steaming time, raw samples showed no differences. Glycine content of the three raw sea urchin roe samples showed the highest concentration among free amino acids, followed by arginine, alanine, and lysine, in order. Total free amino acid contents of raw sea urchin roe were 754.70 mg% (*A. crassispina*), 567.75 mg% (*P. depressus*), and 449.44 mg% (*H. pulcherrimus*). Total free amino acid content of 5 min steaming sample was highest among steaming and canning conditions. ATP, ADP, and AMP contents of raw *P. depressus* roe sample was higher than those of *A. crassispina* and *H. pulcherrimus* roe. Major fatty acids of the three raw sea urchin roe samples were myristic acid, palmitic acid, and EPA. S.F.A. content of raw samples of *A. crassispina* and *H. pulcherrimus* roe was higher than U.F.A. content, whereas U.F.A. content of *P. depressus* roe was highest among the three raw samples. For minerals K, P, Fe, and Zn contents were highest in *A. crassispina* roe while Ca, Mg, Na, and Cu contents were highest in *H. pulcherrimus* roe. For heavy metals, Cd, Pb and As were detected in all samples in trace amounts under the criteria of the Korea food codex.

Key words: sea urchin roe, steaming treatment, physicochemical composition

서 론

우리나라는 세계 10위권의 수산물 소비와 교역량을 가진 나라이다(1,2). 굴, 조개, 성게 등과 같은 해산 무척추동물은 ω -3 계열의 지방산이나 미네랄 등을 상당량 함유하여 최근 건강과 관련하여 그 소비량이 점차 증가하는 것으로 나타나고 있다(2,3). 그러나 어류의 영양성분에 대한 보고(4-7)에 비하여, 해산 무척추동물에 대한 연구는 일부 미미한 연구 결과가 보고되어 있을 뿐이다(8,9). 해산 무척추동물은 다양하고 특유의 기능 성분을 함유하는 주요한 식품자원으로서, 이들을 대상으로 한 광범위하고 기초적인 연구가 필요하다.

성게(sea urchin)는 극피동물 성게아문 성게강에 속하는 무척추동물이며, 크게 정형아강(*Regularia*)과 부정형아강(*Irregularia*)으로 나뉘는데 이 중 식용으로 이용하는 10여 종이 모두 정형아강에 속한다. 우리나라에는 극피동물 만두 성게과 보라성게(*Anthocidaris crassispina*), 공치목 말뚝성게과 분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*), 공치목 둥근

성게과 말뚝성게(*Hernicentrotus pulcherrimus*) 등이 주로 서식하고 있으며, 이 중 보라성게가 가장 많다(10). 성게는 난소나 정소와 같은 생식소(알)가 주로 이용되어지고 있는데, 이 생식소는 독특한 향과 달고 담백한 맛을 가지고 있어 고급 식재료로 취급되고 있다. 주성분은 단백질과 지질이며, 비타민 A와 아연이 풍부해 시력 향상, 피부나 점막 유지, 노화방지, 암 예방 등에 효과적이며, 비타민 B₁, B₂ 그리고 칼슘을 다량 함유하고 있어 피부미용, 노화방지 및 골다공증 예방 등에 효과적인 식품으로 알려져 있다(11,12).

성게에 대한 국내의 연구는 대부분 성게의 일부 성분과 산란 및 성장 및 인체 생리활성에 대한 것으로 보라성게 추출물의 간해독과 항산화 활성효과(12), 성게 알의 아미노산과 지방산 조성(13), 성게로부터 분리한 β -galactosidase의 정제 및 특성(14), 말뚝성게 분획물에 의한 항 발암 및 항산화 효과(15) 등에 관한 연구가 있으나 전반적인 연구보고는 미흡한 편이다. 특히 성게 알의 유효성분, 생리활성 및 식품 재료로 사용하기 위한 가공적성에 관한 연구는 희박한 실정

[†]Corresponding author. E-mail: djkim@daegu.ac.kr
Phone: 82-53-850-6534, Fax: 82-53-850-6539

이다. 이상과 같이 성게 산업의 전반적인 발전을 위해서는 폭넓은 가공기술을 개발하고 성게의 우수성을 과학적으로 뒷받침해 줄 수 있는 연구들이 절실히 필요하다.

따라서 본 연구에서는 성게 알의 열처리 조건에 따른 제품의 이화학적 성분의 변화를 조사하여 가공적성에 대한 기초 자료를 제공함으로써, 성게 알을 이용한 새로운 가공식품 개발에 도움이 되고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 보라성게(*A. crassispina*)와 분홍성게(*P. depressus*)는 6~8월경, 말뚝성게(*H. pulcherrimus*)는 11~1월경 우리나라 경상북도 영덕군 연근해 해역에서 채취한 것으로, 각각의 알을 따로 분리하여 영하 65°C deep freezer(model MDF-U3086S, Sanyo Electric Biomedical Co., Ltd., Osaka, Japan)에서 보관하며 실험에 사용하였다.

성게 알의 열처리 및 통조림의 시료 제조

시료 조제를 위하여 동결상태의 성게 알을 4°C cold lab chamber(model DR-601, Instruments Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 4시간 동안 해동시켰다. 그 후 보라성게, 분홍성게, 말뚝성게의 알을 각각 50 g씩 스테인리스 식기에 담아 증자용기에 넣고 5분 및 10분 동안 100°C에서 증자 열처리한 후 영하 65°C deep freezer에 보관하면서 열처리시료로 실험에 사용하였다. 한편 통조림 시료는 각각의 성게 알을 세척 후 조미액(정제수 26.5%, 전분 0.5%, 식염 1.5%, 이성화당 1.5%) 주입, 살 재임, 자숙, 탈기, 밀봉, 살균 및 냉각 과정을 거쳐 완성된 통조림 제품을 4°C cold lab chamber에서 냉장보관하며 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

성게 알의 일반성분 분석은 AOAC법(16)에 준하였다. 즉, 수분 함량은 상압 가열건조법, 조회분은 직접 회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 그리고 조단백은 자동질소분해증류장치(model PN-1430, J.P. SELECTA S.A., Co., Barcelona, Espana)로 분석하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조회분, 조지방 및 조단백질의 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

유리아미노산 분석

유리아미노산 분석을 위한 시료 용액의 제조는 Konosu 등(17)의 방법을 변형하여 실시하였다. 시료 성게 알 5 g을 취하고 증류수 5 mL를 가하여 균질화한 후 5% trichloroacetic acid(TCA) 40 mL를 가하여 24시간 동안 4°C cold lab chamber에 냉장보관하며 추출하였다. 이 추출액을 8,300×g에서 15분간 원심분리한 후, 상등액을 여과하여 0.2 N lithium citrate buffer(pH 2.2)로 10배 희석한 뒤 0.2 µm membrane filter로 여과하여 amino acid analyzer(model L-8800, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)로

분석하였다. 유리아미노산의 분석조건으로 검출기는 photometer(visible mode) channel 1: 570 nm, channel 2: 440 nm였고 칼럼은 PE cation exchange resin column(4.6×60 mm), column 온도 30~70°C, 시료 주입량 10 µL, 이동상으로 pump I 이 lithium citrate buffer, pump II 는 ninhydrin reagents를 사용하였고 유속은 pump I 이 0.35 mL/min, pump II 는 0.3 mL/min이었다.

핵산물질 분석

핵산물질의 분석은 Lee 등(18)과 Zaidy 등(19)의 방법을 참고하여 분석용 시료용액을 준비하였다. 즉, 시료 성게 알 5 g을 취해 1.2 M cold perchloric acid(0°C) 25 mL를 가한 후 11,000 rpm에서 1분 동안 균질화한 뒤 0°C에서 10분 동안 8,300×g로 원심 분리하여 상등액을 여과하였다. 이 상등액을 1 M KOH로 중화(pH 6.5~6.8)하여 2~4°C cold lab chamber에서 30분간 안정화시킨 뒤 침전된 potassium perchlorate를 여과하여 제거하고 최종 시료용액이 50 mL가 되도록 3차 증류수로 희석하였다. 준비된 시료용액을 0.2 µm membrane filter로 여과하여 HPLC(model Ultimate 3000, Dionex, Idstein, Germany)로 분석하였다. 이때 HPLC 분석조건으로 Pinnacle® II C₁₈(5 µm, 250×4.6 mm, Restek Co., Bellefonte, PA USA) 칼럼, 검출기는 UV detector(252 nm) 이었고, 시료 주입량은 20 µL, 이동상은 0.04 M KH₂PO₄: 0.06 M K₂HPO₄(1:1)으로 유속은 1.5 mL/min이었다.

지방산 분석

지방산은 Morrison과 Smith(20)의 방법과 식품공전(21)의 지방산 분석 방법에 준하여 분석하였다. 시료 성게 알 10 g에 혼합 유기용매(chloroform: methanol=2:1) 50 mL를 가하여 2,500 rpm에서 3분간 균질화하고 여과지(No. 02, Whatman, Maidstone, England)로 여과하여 지질을 추출하는 과정을 3회 반복하였다. 추출된 여액을 분액여두에 넣고 0.5% KCl 30 mL를 가해 12시간 동안 상온에서 정치시킨 후 유기용매인 하층을 수집하여 무수 Na₂SO₄를 이용해 용액 내의 수분을 흡착 여과하여 제거한 뒤 45°C로 감압농축 하여 지질을 얻었다. 이 지질 23 mg을 cap tube에 취해 내부표준용액 1 mL를 가한 뒤 0.5 N methanol-NaOH 1.5 mL를 가해 뚜껑을 덮고 혼합한 후 100°C에서 5분간 가열하였다. 그 후 30~40°C로 냉각하여 14% BF₃-methanol 2 mL를 가해 뚜껑을 덮은 뒤 혼합하고, 100°C에서 30분간 가열한 후 다시 30~40°C로 냉각하여 2 mL의 isooctane을 가해 뚜껑을 덮고 30초간 진탕하였다. 그리고 포화 NaCl 용액을 5 mL 가하여 1분간 혼합 후 30분간 정치시킨 뒤 수층으로 분리된 isooctane 층을 취하여 무수 Na₂SO₄를 가해 탈수시키고 여과한 뒤 질소가스를 불어넣어 측정 전까지 밀봉하여 보관하면서 GC(Model Clarus 500, PerkinElmer, Shelton, CT, USA)로 분석하였다. 이때 GC의 분석조건으로 칼럼은 Capillary GC column SP 2560™(100×0.25 mm, Supelco Inc., Bellefonte,

PA, USA)으로 oven 온도 200°C, 주입기 온도 220°C, 검출기 온도 250°C, 운반가스는 N₂ gas 유속은 2.0 mL/min으로 FID 검출기를 사용하였다.

무기질 및 중금속 분석

무기질 및 중금속 분석을 위해 식품공전(21)의 건식분해법에 따라 시료 성게 알 5 g을 취하고 건조하여 수분을 제거한 뒤 550°C에서 회화시켰다. 회화 후 회백색의 회화 잔류물에 증류수를 1 mL 적셔주고 염산을 3 mL 가해 증발 건조시킨 후 0.5 N 질산을 가해 가온하여 용해하고 이를 여과하여 부피를 25 mL로 맞춘 뒤 시험용액으로 사용하였고 ICP-OES(Optima 7300DV, PerkinElmer)로 분석하였다. 이때 ICP-OES 조건은 Ar gas를 사용하여, RF power 1,300 W, nebulizer gas 유속 0.8 L/min, coolant gas 유속 15 L/min, axially gas 유속 0.2 L/min, sample uptake 유속 1.5 mL/min으로 실행하였고, 무기질과 중금속의 표준액은 Cd, Pb, As, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Na, Ca(CertiPUR[®], Merck Co., Darmstadt, Germany)과 P(Cica-reagent standard solution, Kanto Chemical Co., Tokyo, Japan)을 사용하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 결과를 평균과 표준편차로 나타내었고 SAS v 9.2(SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA)로서 Duncan's multiple range test를 이용하여 평균값에 대한 유의성을 검증(최소 유의차이 p<0.05)하였다.

결과 및 고찰

일반성분의 변화

보라성게, 분홍성게 및 말뚝성게 알의 일반성분 분석 결과

는 Table 1과 같다. 보라성게 알의 일반성분 분석 결과 생시료에서 수분이 70.57%이었고, 조단백 14.00%, 탄수화물 9.39%, 조지방 4.10%, 조회분 1.94% 순으로 확인되었다. 이는 우리나라 식품성분표(2)에 의한 보라성게 알의 수분 65.6%, 조단백 16.1%, 조지방 8.7%, 조회분 2.0%, 탄수화물 7.6% 함량과 다소 차이를 나타내었으나 이는 원료의 산지 차이 및 시료의 전처리 시 세척의 정도와 수분제거 정도에 의한 것으로 추정된다. 수분함량의 경우, 가열시간에 따른 큰 변화는 보이지 않았으나 유의적인 차이를 나타내었고, 통조림 제품은 수분함량이 유의적으로 가장 높게 측정되었다(p<0.05). 조단백, 조지방 및 탄수화물 함량에서 가열시료는 생시료와 유사하였으나 통조림 제품은 생시료보다 다소 낮게 확인되었고, 조회분 함량의 경우 통조림 제품이 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다(p<0.05).

분홍성게 알의 경우 가열에 따라 수분함량이 다소 감소하여 유의적인 차이를 나타내었고, 통조림 제품의 수분함량이 가장 높게 측정되었다(p<0.05). 조단백 함량은 10분 가열 시료가 가장 높게 확인되었고, 조지방 함량은 가열시료가 생시료와 유사하였으나 통조림 제품은 생시료보다 다소 낮게 확인되었으며, 탄수화물 함량도 가열시료가 생시료보다 높게 나타났다.

말뚝성게 알의 경우 다른 종의 성게 알에 비해 수분 및 회분 함량이 높고, 조단백 및 탄수화물 함량이 낮은 것으로 확인되었다. 수분함량은 가열시간 및 통조림 제조에 따른 큰 변화는 보이지 않았으나 유의적인 차이는 나타내었고, 10분 가열시료의 수분함량이 가장 높게 측정되었다(p<0.05). 조단백 함량의 경우 통조림 제품이 가장 높게 확인되었고, 조지방 및 탄수화물 함량의 경우 통조림 제품에서 가장 낮은 함량을 나타내었다(p<0.05). 조회분 함량은 가열시

Table 1. Changes of proximate composition in sea urchin roe prepared by pre-treatment method

(unit: %)

Samples ¹⁾	Proximate composition				
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate
A-raw	70.57±0.20 ^{2)bc3)}	14.00±0.10 ^b	4.10±0.04 ^b	1.94±0.02 ^b	9.39±0.05 ^a
A-5	69.09±0.30 ^c	15.07±0.14 ^a	4.54±0.05 ^a	1.73±0.02 ^d	9.57±0.09 ^a
A-10	70.18±0.22 ^b	14.26±0.11 ^b	4.49±0.04 ^a	1.82±0.01 ^c	9.25±0.07 ^a
A-can	76.88±0.92 ^a	10.25±0.41 ^c	2.04±0.08 ^c	2.10±0.08 ^a	8.73±0.35 ^b
P-raw	72.10±0.50 ^b	13.74±0.25 ^b	3.46±0.06 ^c	1.89±0.04 ^c	8.81±0.15 ^c
P-5	68.69±0.36 ^d	14.86±0.17 ^a	3.81±0.04 ^a	2.05±0.02 ^a	10.59±0.12 ^a
P-10	69.86±0.49 ^c	15.02±0.24 ^a	3.60±0.06 ^b	1.93±0.03 ^{bc}	9.59±0.16 ^b
P-can	73.45±0.41 ^a	13.08±0.20 ^c	1.78±0.03 ^d	1.97±0.03 ^b	9.72±0.15 ^b
H-raw	74.52±0.90 ^a	13.22±0.47 ^c	3.51±0.13 ^c	2.24±0.08 ^a	6.51±0.23 ^b
H-5	73.02±0.38 ^b	14.25±0.21 ^b	4.11±0.06 ^a	1.81±0.03 ^b	6.81±0.09 ^a
H-10	74.94±0.24 ^a	13.29±0.13 ^c	3.71±0.03 ^b	1.58±0.02 ^c	6.48±0.06 ^b
H-can	73.33±0.21 ^b	15.80±0.12 ^a	2.81±0.02 ^d	2.22±0.02 ^a	5.84±0.05 ^c

¹⁾A-raw: raw sample of *Anthocidaris crassispina* roe, A-5: steamed sample for 5 minutes of *Anthocidaris crassispina* roe, A-10: steamed sample for 10 minutes of *Anthocidaris crassispina* roe, A-can: canned sample of *Anthocidaris crassispina* roe, P-raw: raw sample of *Pseudocentrotus depressus* roe, P-5: steamed sample for 5 minutes of *Pseudocentrotus depressus* roe, P-10: steamed sample for 10 minutes of *Pseudocentrotus depressus* roe, P-can: canned sample of *Pseudocentrotus depressus* roe, H-raw: raw sample of *Hernicentrotus pulcherrimus* roe, H-5: steamed sample for 5 minutes of *Hernicentrotus pulcherrimus* roe, H-10: steamed sample for 10 minutes of *Hernicentrotus pulcherrimus* roe, H-can: canned sample of *Hernicentrotus pulcherrimus* roe.

²⁾All values are the mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters in the column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였고, 통조림 제품은 2.22%로 생시료와 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$).

이상 성계 중에 따른 알의 일반성분 확인 결과 보라성계 알과 분홍성계 알은 그 조성이 유사하였고, 말뚝성계 알은 수분, 조회분, 탄수화물 함량에서 약간의 차이를 나타내었다. 모든 성계 알의 일반성분이 가열시간에 따라 약간의 변화는 있었으나 생시료와의 차이가 크지 않았고, 통조림 제품에서 보이는 약간의 차이는 제조 시 첨가되는 조미액의 영향으로 사료되었다.

어류 알의 일반성분 분석에서 날치 알의 경우 수분 75.6%, 조단백 10.2%, 조지방 2.2%, 조회분 3.7% 및 탄수화물 8.3% 함량을, 대구 알의 경우 수분 69.6%, 조단백 23.4%, 조지방 1.6%, 조회분 5.2% 및 탄수화물 0.2% 함량을, 명태 알의 경우 수분 73.5%, 조단백 22.4%, 조지방 1.5%, 조회분 1.5% 및 탄수화물 1.1% 함량을, 연어 알의 경우 수분 53.0%, 조단백 25.0%, 조지방 15.0%, 조회분 0.2% 및 탄수화물 0.8% 함량을, 청어 알의 경우 수분 76.0%, 조단백 19.6%, 조지방 2.4%, 조회분 1.5% 및 탄수화물 0.5% 함량을 나타내었다(2). 이들과 비교 시 성계 알의 경우 다른 어류의 알에 비해 조단백 함량이 다소 낮고 탄수화물 함량이 비교적 높게 측정되었으며, 이는 날치 알의 일반성분 함량과 비교적 유사하게 확인되었다.

유리아미노산의 변화

각 성계알의 생시료, 열처리 및 통조림 제품의 유리아미노산 분석 결과는 Table 2와 같다. 보라성계 알의 생시료에는 유리아미노산 총 함량이 754.70 mg%였고, 그중 glycine 함량이 214.27 mg%로 가장 높았으며, arginine, alanine, lysine, glutamic acid, tyrosine 순으로 함량이 많았다. 필수아미노산인 threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine 및 phenylalanine을 함유하고 있었고, 이 중 valine과 leucine이 각각 29.91 mg%, 29.02 mg%로 함유량이 높았다. 이는 보라성계 난소의 유리아미노산 함량 측정에서 threonine이 다량 함유되어 있다는 Osako 등(22)의 보고와 차이가 있었으나, 그 외에 유리아미노산의 조성은 본 연구 결과와 유사하였다. 한편 taurine과 tyrosine은 가열시간이 증가할수록 감소되는 경향이었으나 유의적이지 않았다. 보라성계알 대부분의 유리아미노산이 열처리 공정에 의하여 유의적인 변화는 거의 없었으나 통조림 제품은 유리아미노산의 함량이 유의적으로 감소되어($p < 0.05$) 총 함량은 650.16 mg%로 낮아졌으나, glutamic acid와 glycine은 증가되는 결과가 나타나 통조림의 조미와 열처리 공정에 영향을 받은 것으로 추정된다.

분홍성계 알의 생시료에는 유리아미노산 총 함량이 567.75 mg%였고, glycine이 209.48 mg%로 가장 많았으며, arginine, alanine, lysine, glutamic acid, tyrosine 순으로 함량이 많았다. 가열에 따른 유리아미노산 조성에서 glutamic acid, glycine, alanine, valine, leucine, lysine 및 arginine 함량은

생시료보다 5분 가열시료에서 증가하다 10분 가열시료에서 다시 감소하는 패턴을 보였고 통조림 제품은 glutamic acid와 glycine을 제외하고는 생시료보다 함량이 낮은 것으로 나타났다. 한편 유리아미노산의 총 함량은 5분 가열시료에서 637.88 mg%로 가장 많았고, 10분 가열시료, 생시료, 통조림 제품 순이었다.

말뚝성계 알 생시료의 유리아미노산 총 함량은 449.44 mg%였고, glycine이 182.76 mg%로 가장 많이 함유되어 있었으며, arginine, lysine, alanine, glutamic acid로 함량이 많았다. 한편 유리아미노산 함량은 생시료보다 가열시료에서 유의적으로 크게 증가하여($p < 0.05$) 총 함량은 5분 가열시료에서 567.80 mg% 및 10분 가열시료에서 541.12 mg%였으며, 특히 이들 중 glycine의 함량이 유의적으로 크게 증가하였다($p < 0.05$). 통조림 제품의 유리아미노산 총 함량은 685.61 mg%로 보라성계, 분홍성계 알과는 달리 말뚝성계 알의 통조림 제품은 생시료 및 가열시료에 비해 함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 통조림 제품의 glycine, arginine, glutamic acid 및 lysine 함량은 생시료나 가열시료보다 유의적으로 증가하였고, alanine은 20.99 mg%로 함량이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$).

성계알 생시료의 유리아미노산 총 함량은 보라성계 알 754.70 mg%, 분홍성계 알 567.75 mg%, 말뚝성계 알 449.44 mg%로 보라성계 알의 유리아미노산 함유량이 가장 높았다. 한편 모든 시료에서 생시료보다 5분 가열시료에서 총 유리아미노산 함량이 높은 것으로 나타났는데 이는 가열에 의하여 단백질의 분해로 인한 유리아미노산의 함량이 증가된 것으로 생각된다. 통조림 제품의 유리아미노산 함량에서 보라성계와 분홍성계 알의 경우 glutamic acid와 glycine을 제외한 다른 유리아미노산의 함유량이 매우 낮았으나 말뚝성계 알의 통조림 제품의 경우 대부분의 유리아미노산이 생시료보다 높았다. 또한 본 실험의 모든 성계 알에서 유리아미노산 중 glutamic acid, glycine, alanine 및 arginine의 그 함유량이 높은 것으로 나타나 풍미가 우수한 식품이라는 것을 알 수 있었다. 곡류 제한 아미노산인 lysine은 보라성계 알의 생시료에서 68.55 mg%로 가장 많이 함유되어 있었고, 분홍성계와 말뚝성계 알의 생시료는 각각 35.87 mg%, 37.42 mg%로 비슷한 함량을 보였다. Taurine도 분홍성계와 말뚝성계 알보다 보라성계 알에 많이 함유되어 있었다. 그리고 valine, leucine 및 tyrosine 함량은 보라성계와 분홍성계 알보다 말뚝성계 알의 함량이 훨씬 낮았다. 한편 보라성계, 분홍성계 및 말뚝성계 알 모두 유리아미노산 중 glycine 함유량이 가장 높았고, arginine, alanine, lysine 등의 함량 순으로 나타나 비슷한 경향을 보였으나, Nam(13)의 연구에서 등근성계의 유리아미노산 조성은 glutamic acid의 함량이 가장 높았고, aspartic acid, arginine, glycine 순으로 나타나 본 연구와는 다른 경향의 결과였다.

Table 2. Changes of free amino contents in sea urchin roe prepared by pre-treatment method (unit: mg/100 g)

Free amino acid	<i>A. crassispina</i>			
	A-raw ¹⁾	A-5	A-10	A-can
Phosphoserine	1.03±0.05 ^{c2a3)}	0.91±0.03 ^b	0.92±0.05 ^b	1.05±0.02 ^a
Taurine	25.36±0.89 ^a	24.81±0.92 ^a	24.46±0.56 ^a	10.04±0.31 ^b
Aspartic acid	4.01±0.55 ^a	2.61±0.31 ^b	2.59±0.11 ^b	1.18±0.13 ^c
Threonine	12.78±0.17 ^a	13.66±0.81 ^a	13.14±0.54 ^a	6.85±0.33 ^b
Serine	16.49±0.28 ^b	17.86±0.62 ^a	17.12±0.28 ^{ab}	8.06±0.40 ^c
Glutamic acid	39.84±0.24 ^c	42.93±0.94 ^b	41.87±0.51 ^b	77.74±0.81 ^a
Glycine	214.27±3.22 ^b	219.67±1.58 ^b	210.94±0.94 ^{bc}	316.05±4.58 ^a
Alanine	69.93±0.56 ^b	74.47±0.95 ^a	70.65±0.23 ^b	38.44±1.11 ^c
Citric acid	0.84±0.02 ^a	0.84±0.08 ^a	ND ⁴⁾	ND
α-Aminobutyric acid	0.49±0.01 ^b	0.51±0.04 ^b	0.57±0.04 ^a	ND
Valine	29.91±0.16 ^c	31.81±0.24 ^a	30.65±0.65 ^b	17.26±0.23 ^d
Cystein	1.38±0.08 ^a	ND	ND	ND
Methionine	12.14±0.48 ^a	12.67±0.65 ^a	12.54±0.12 ^a	6.74±0.08 ^b
Cystathionine	4.21±0.24 ^b	4.82±0.18 ^a	4.78±0.36 ^a	3.21±0.17 ^c
Isoleucine	17.97±0.11 ^c	19.22±0.24 ^a	18.64±0.07 ^b	10.34±0.18 ^d
Leucine	29.02±1.17 ^b	31.72±0.81 ^a	30.58±0.64 ^a	16.11±0.16 ^c
Tyrosine	34.68±1.56 ^a	34.61±3.72 ^a	33.15±2.52 ^a	17.80±1.94 ^b
Phenylalanine	14.25±0.34 ^a	14.51±0.41 ^a	14.33±0.81 ^a	7.35±0.45 ^b
β-Alanine	1.23±0.09 ^b	1.25±0.02 ^b	1.60±0.04 ^a	1.61±0.09 ^a
γ-Amino-n-butyric acid	ND	ND	ND	ND
NH ₃	4.80±0.23 ^c	5.22±0.17 ^{bc}	5.93±0.64 ^b	6.93±0.48 ^a
Hydroxylysine	3.66±0.18 ^b	3.97±0.32 ^{ab}	4.80±0.51 ^a	4.72±0.91 ^{ab}
Ornithine	4.74±0.08 ^a	4.86±0.51 ^a	4.72±0.15 ^a	2.09±0.06 ^b
Lysine	69.55±1.08 ^b	72.60±0.95 ^a	66.90±1.55 ^b	29.91±2.28 ^c
Histidine	11.15±0.05 ^b	11.83±0.13 ^a	11.23±0.41 ^b	5.29±0.08 ^c
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND
Anserine	ND	ND	ND	ND
Carnosine	11.77±0.09 ^b	9.77±0.12 ^c	8.03±0.06 ^d	13.94±0.14 ^a
Arginine	113.23±2.25 ^b	120.47±4.23 ^a	113.06±1.89 ^b	47.44±1.02 ^c
Proline	5.99±0.05 ^a	5.29±0.18 ^b	5.87±0.09 ^a	ND
Total	754.70±9.23 ^b	782.90±7.51 ^a	749.07±8.56 ^b	650.16±8.66 ^c
Free amino acid	<i>P. depressus</i>			
	P-raw	P-5	P-10	P-can
Phosphoserine	ND	ND	ND	0.92±0.02
Taurine	9.75±0.25 ^a	10.29±3.05 ^a	9.83±2.17 ^a	7.70±1.85 ^a
Aspartic acid	0.90±0.02 ^b	1.10±0.06 ^a	1.06±0.14 ^{ab}	1.00±0.08 ^{ab}
Threonine	5.67±0.24 ^b	6.81±0.31 ^a	6.63±0.17 ^a	5.15±0.11 ^c
Serine	6.47±0.08 ^b	7.46±0.31 ^a	7.21±0.27 ^a	5.20±0.19 ^c
Glutamic acid	33.35±1.56 ^c	36.88±0.98 ^b	35.51±2.14 ^{bc}	49.40±1.76 ^a
Glycine	209.48±4.05 ^d	240.91±1.89 ^b	233.34±2.58 ^c	258.89±3.68 ^a
Alanine	50.38±2.15 ^b	58.49±1.67 ^a	56.23±3.06 ^a	46.38±2.83 ^b
Citric acid	ND	ND	ND	0.87±0.05 ^a
α-Aminobutyric acid	0.88±0.01 ^a	0.97±0.05 ^a	0.93±0.04 ^a	0.89±0.07 ^a
Valine	22.16±1.08 ^a	24.58±0.64 ^a	24.52±2.85 ^a	16.63±1.06 ^b
Cystein	1.64±0.05 ^a	1.30±0.09 ^b	0.98±0.13 ^c	ND
Methionine	6.56±0.31 ^b	7.59±0.18 ^a	7.53±0.22 ^a	4.00±0.10 ^c
Cystathionine	3.67±0.15 ^b	4.07±0.05 ^a	3.96±0.14 ^a	1.75±0.06 ^c
Isoleucine	11.37±0.34 ^b	12.64±0.51 ^a	12.42±0.38 ^a	8.19±0.12 ^c
Leucine	21.74±0.95 ^a	23.31±0.64 ^a	23.06±1.61 ^a	15.88±0.85 ^b
Tyrosine	30.77±2.06 ^a	28.69±0.94 ^a	29.63±1.25 ^a	19.50±2.45 ^b
Phenylalanine	8.41±0.15 ^a	7.81±0.26 ^b	7.97±0.19 ^b	6.01±0.09 ^c
β-Alanine	ND	ND	ND	0.94±0.02 ^a
γ-Amino-n-butyric acid	ND	ND	ND	0.57±0.05 ^a
NH ₃	3.32±0.18 ^c	3.70±0.06 ^b	3.72±0.11 ^b	6.04±0.15 ^a
Hydroxylysine	5.20±0.22 ^a	5.06±0.12 ^{ab}	4.78±0.05 ^c	4.81±0.09 ^{bc}
Ornithine	2.48±0.06 ^b	2.86±0.08 ^a	2.81±0.01 ^a	2.19±0.05 ^c
Lysine	35.87±2.25 ^a	38.87±1.64 ^a	37.58±0.96 ^a	26.83±1.88 ^b
Histidine	12.07±0.49 ^a	13.24±0.37 ^a	13.18±0.29 ^a	9.12±0.11 ^b
3-Methylhistidine	ND	ND	ND	ND
Anserine	ND	ND	ND	ND
Carnosine	4.06±0.03 ^c	12.93±0.29 ^a	12.95±0.17 ^a	8.32±0.11 ^b
Arginine	81.53±2.08 ^b	84.57±3.56 ^a	81.15±2.28 ^a	58.20±1.88 ^c
Proline	ND	3.76±0.18 ^a	3.17±0.14 ^a	ND
Total	567.75±5.54 ^b	637.88±4.21 ^a	620.14±6.01 ^a	565.41±3.18 ^b

Table 2. Continued

Free amino acid	<i>H. pulcherrimus</i>			
	H-raw	H-5	H-10	H-can
Phosphoserine	ND	0.92±0.05	1.02±0.01 ^b	1.23±0.12 ^a
Taurine	7.30±0.05 ^b	7.56±0.12 ^b	8.81±0.18 ^a	8.57±0.24 ^a
Aspartic acid	1.60±0.05 ^b	1.99±0.08 ^a	1.87±0.10 ^a	0.70±0.02 ^c
Threonine	5.17±0.03 ^d	6.30±0.05 ^b	5.75±0.01 ^c	7.30±0.11 ^a
Serine	10.90±0.65 ^c	14.09±0.47 ^a	12.71±0.53 ^b	7.82±0.16 ^d
Glutamic acid	20.90±0.13 ^d	28.37±0.55 ^b	26.18±0.18 ^c	54.49±0.50 ^a
Glycine	182.76±3.68 ^d	235.84±8.66 ^b	224.02±5.34 ^c	372.05±3.19 ^a
Alanine	35.23±0.33 ^c	47.47±0.17 ^a	44.14±0.59 ^b	20.99±0.21 ^d
Citric acid	1.22±0.02 ^b	1.19±0.06 ^{bc}	1.10±0.01 ^c	1.36±0.09 ^a
α-Aminobutyric acid	ND	ND	ND	0.45±0.01 ^a
Valine	9.97±0.20 ^c	12.49±0.11 ^a	11.41±0.28 ^b	8.28±0.09 ^d
Cystein	1.28±0.09 ^b	ND	ND	4.42±0.11 ^a
Methionine	4.20±0.25 ^a	4.91±0.13 ^a	4.56±0.60 ^a	4.23±0.32 ^a
Cystathionine	3.79±0.17 ^b	4.99±0.89 ^a	3.81±0.36 ^b	4.90±0.28 ^a
Isoleucine	6.10±0.08 ^c	7.47±0.23 ^a	6.70±0.50 ^{bc}	6.81±0.43 ^{ab}
Leucine	9.39±0.53 ^c	11.43±0.11 ^a	10.82±0.29 ^b	5.89±0.09 ^d
Tyrosine	11.85±0.51 ^c	13.52±0.17 ^b	11.86±0.16 ^c	14.74±0.46 ^a
Phenylalanine	5.56±0.22 ^b	6.76±0.19 ^a	5.77±0.28 ^b	3.73±0.06 ^c
β-Alanine	ND	ND	1.01±0.03 ^a	ND
γ-Amino-n-butyric acid	ND	ND	ND	ND
NH ₃	3.75±0.03 ^c	4.44±0.18 ^b	4.53±0.01 ^b	5.94±0.16 ^a
Hydroxylysine	4.83±0.18 ^a	4.34±0.29 ^b	4.94±0.05 ^a	1.33±0.09
Ornithine	1.71±0.03 ^c	2.03±0.16 ^b	1.90±0.06 ^b	2.69±0.03 ^a
Lysine	37.42±0.29 ^d	44.34±0.46 ^b	42.44±0.38 ^c	48.20±0.23 ^a
Histidine	8.57±0.15 ^b	10.70±0.25 ^a	10.02±0.09 ^b	9.61±0.12 ^c
3-Methylhistidine	0.84±0.05 ^b	0.99±0.03 ^a	1.00±0.01 ^a	ND
Anserine	5.24±0.31 ^a	ND	ND	ND
Carnosine	3.77±0.17 ^c	12.90±0.29 ^b	15.95±0.15 ^a	16.30±0.36 ^a
Arginine	59.34±0.67 ^d	74.01±0.41 ^a	70.13±0.19 ^c	72.56±0.53 ^b
Proline	6.77±0.06 ^b	8.75±0.19 ^a	8.66±0.30 ^a	ND
Total	449.44±3.08 ^d	567.80±5.16 ^b	541.12±1.16 ^c	685.61±2.89 ^a

¹⁾Sample: Refer to Table 1.

²⁾All values are the mean±SD (n=3)

³⁾Means with different letters in a row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ND: not detected.

핵산관련물질의 변화

핵산관련물질은 유리아미노산과 함께 단백질 식품의 맛에 관여하는 정미성분으로 알려져 있고(23), 어패육의 핵산관련물질은 생화학적인 면뿐만 아니라 정미성분, 선도판정 지표물질 및 갈변현상의 관련물질로서 중요하다. 어류 및 해산 무척추동물의 조직은 20 종류 이상의 핵산관련물질은 함유하고 있으며 주로 근육조직에 많다. 휴면상태의 어류 근육 중 ATP(adenosine triphosphate)가 nucleotide의 80% 이상을 차지하고, 신선한 생선인 경우는 그 양이 많으나 시간이 경과하면 ADP(adenosine diphosphate), AMP(adenosine monophosphate)를 거쳐 IMP로 분해되고 시간이 더욱 경과하면 inosine(HxR)과 hypoxanthin(Hx)으로 분해된다고 하였다(24).

성게 알의 핵산관련물질의 조성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 보라성게 알의 경우 생시료에서 IMP(2.91 mg%)가 가장 많이 함유되어 있었고, hypoxanthine(1.16 mg%), AMP(0.73 mg%), ADP(0.42 mg%), ATP(0.16 mg%) 순이었으며, inosine은 검출되지 않았다. 5분 가열시료에서도 이와 같은 경향을 보였고, 생시료에 비해 핵산물질들이 대부분

유의적으로 감소되는 것으로 나타났다(p<0.05). 10분 가열 시료에서는 5분 가열시료보다 ATP와 hypoxanthine은 유의적으로 감소되었고, ADP, AMP는 유의적인 차이가 없었으며, IMP는 유의적으로 증가되었다(p<0.05). 한편 통조림 제품은 hypoxanthine을 제외한 다른 핵산물질들이 생시료보다 유의적으로 함유량이 높았다(p<0.05).

분홍성게 알의 경우 생시료는 IMP 함유량이 2.94 mg%로 가장 많이 함유되어 있었고, AMP(2.02 mg%), hypoxanthine(2.00 mg%), ADP(1.29 mg%), ATP(0.28 mg%) 순이었으며, inosine은 검출되지 않았다. ATP 함유량은 5분 및 10분 가열 후에도 생시료와 유의적인 차이가 없었고(p<0.05), 통조림 제품에서 0.82 mg%로 가장 높았다. 이 외에 ADP, AMP, IMP 및 hypoxanthine 함유량은 모두 가열 후 감소되었고, 이 중 ADP, IMP, hypoxanthine 함유량은 5분과 10분 가열 시료 사이에 유의적인 차이가 없었다(p<0.05). 통조림 제품의 경우 대부분의 핵산물질 함유량이 높게 나타났으나 IMP는 생시료와 가열한 시료보다 함유량이 낮았다.

말뚝성게 알의 경우 보라성게, 분홍성게와 마찬가지로 생시료에서 IMP가 2.09 mg%로 가장 높았고, hypoxanthine

Table 3. Changes of nucleoside contents in sea urchin roe prepared by pre-treatment method (unit: mg/100 g)

Sample ¹⁾	Nucleoside					
	ATP	ADP	AMP	IMP	HxP (inosine)	Hx (hypoxanthine)
A-raw	0.16±0.05 ^{2)bc3)}	0.42±0.02 ^b	0.73±0.01 ^b	2.91±0.01 ^b	ND ⁴⁾	1.16±0.01 ^a
A-5	0.09±0.00 ^{bc}	0.29±0.09 ^c	0.56±0.04 ^c	2.40±0.01 ^c	ND	0.57±0.01 ^c
A-10	0.09±0.01 ^c	0.29±0.08 ^c	0.60±0.01 ^c	2.77±0.15 ^b	ND	0.34±0.00 ^d
A-can	0.38±0.01 ^a	0.91±0.05 ^a	1.62±0.02 ^a	5.86±0.08 ^a	ND	0.93±0.03 ^b
P-raw	0.28±0.08 ^b	1.29±0.05 ^a	2.02±0.02 ^b	2.94±0.10 ^a	ND	2.00±0.05 ^a
P-5	0.26±0.03 ^b	1.09±0.04 ^b	1.78±0.09 ^c	2.56±0.13 ^b	ND	1.17±0.11 ^b
P-10	0.25±0.03 ^b	1.01±0.10 ^b	1.69±0.00 ^d	2.58±0.14 ^b	ND	1.20±0.12 ^b
P-can	0.82±0.04 ^a	1.28±0.06 ^a	2.15±0.04 ^a	2.08±0.05 ^c	ND	2.05±0.05 ^a
H-raw	0.10±0.01 ^b	0.55±0.03 ^b	0.63±0.02 ^c	2.09±0.04 ^c	ND	1.39±0.07 ^a
H-5	0.09±0.02 ^b	0.83±0.05 ^a	1.10±0.02 ^b	2.42±0.04 ^b	ND	1.17±0.04 ^b
H-10	0.09±0.01 ^b	0.85±0.18 ^a	1.07±0.03 ^b	2.14±0.04 ^c	ND	0.99±0.01 ^c
H-can	1.27±0.02 ^a	0.74±0.02 ^{ab}	1.92±0.03 ^a	5.16±0.01 ^a	ND	0.72±0.01 ^d

¹⁾Sample: Refer to Table 1.

²⁾All values are the mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ND: not detected.

(1.39 mg%), AMP(0.63 mg%), ADP(0.55 mg%), ATP(0.10 mg%) 순이었으며, inosine은 검출되지 않았다. ATP 함량은 가열 후에도 생시료와 유의적인 차이가 나타나지 않았고, ADP와 AMP는 가열 후 생시료보다 함량이 증가되었다(p<0.05). IMP는 5분 가열 시 생시료보다 유의적으로 증가했으나(p<0.05) 10분 가열 시 다시 감소되었고, hypoxanthine은 가열시간이 길수록 유의적으로 감소되는 경향을 보였다(p<0.05). 통조림 제품은 ATP, ADP, AMP 및 IMP 함량이 생시료와 가열조건의 시료보다 높았고, hypoxanthine은 다른 시료보다 유의적으로 낮은 것으로 나타났다(p<0.05). 이상의 결과 분홍성게의 알은 보라성게 및 말뚝성게의 알보다 ATP, ADP 및 AMP의 함량이 높았고, 성게 알은 가열 시 핵산물질이 다소 감소되는 경향은 보였으나 감소량이 크지 않았다.

한편 모든 시료에서 ATP 함량은 핵산물질 중 가장 낮게 나타나 ATP는 어획 직후 대부분 분해되어 소실된다는 보고(25)와 일치하였다. IMP는 맛에 큰 영향을 미치는 물질로 핵산물질 중 함량이 가장 높아 성게 알은 풍미가 우수하다는 것을 알 수 있었고, Konosu 등(17)의 어류 근육 추출물의 핵산물질 측정 결과에서 가자미와 아귀를 제외한 5종의 어류가 IMP 함량이 가장 높은 것으로 나타나 성게 알의 핵산 측정 결과도 유사한 결과를 보였다. 성게 알의 IMP 함량이 가장 높은 것은 AMP의 분해는 잘 일어나지만 IMP 분해력은 떨어져 축적이 많이 되기 때문인 것으로 판단된다.

지방산의 변화

보라성게 알의 전처리에 따른 지방산 분석 결과는 Table 4와 같다. 생시료의 경우 포화지방산이 50.32%, 불포화지방산이 48.90%였고, 불포화지방산 중 단일불포화지방산이 9.77%, 다가불포화지방산이 39.13%였다. 보라성게 알의 주요 지방산으로는 palmitic acid(C16:0)가 26.9%로 가장 많았고, myristic acid(C14:0), EPA(C20:5n3) 및 arachidonic acid

(C20:4)가 각각 18.82%, 15.08%, 7.98% 함유되어 있었다. 또한 식육의 맛을 결정하는 간접적인 지표로 알려진 포화지방산에 대한 단일불포화지방산의 비율(MUFA/SFA)은 0.19였고, 포화지방산에 대한 고도불포화지방산의 비율(PUFA/SFA)은 0.78이었다. 한편 포화지방산의 경우 생시료 50.32%, 5분 가열시료 44.47%, 10분 가열시료 40.31% 및 통조림 시료 40.70%로 가열 및 가공에 따라 그 함량이 유의적으로 감소하는 것으로 확인되었다(p<0.05). 반면 불포화지방산의 경우 생시료 48.90%, 5분 가열시료 55.53%, 10분 가열시료 59.69% 및 통조림 시료 59.30%로 가열 및 가공에 따라 함량이 유의적으로 증가하였고(p<0.05), 특히 단일불포화지방산 중 oleic acid(C18:1)의 함량 증가가 뚜렷하였다.

분홍성게 알 생시료의 경우 불포화지방산의 함량이 높게 나타났으며 주요 지방산으로는 EPA가 23.99%로 가장 높았고, palmitic acid(23.07%), myristic acid(9.69%), arachidonic acid(9.57%) 순이었다. 생시료내 포화지방산에 대한 단일불포화지방산의 비율(MUFA/SFA)은 0.29였고, 포화지방산에 대한 고도불포화지방산의 비율(PUFA/SFA)은 1.38이었다. 한편 포화지방산의 경우 10분 가열 시료가 생시료와 5분 가열 시료보다 유의적으로 함량이 증가하였으나(p<0.05), 상대적으로 불포화지방산의 경우 10분 가열 시료가 생시료와 5분가열 시료보다 유의적으로 함량이 감소하여(p<0.05) 보라성게의 결과와 상반되었다.

말뚝성게 알 생시료의 경우 분홍성게 알의 지방산 조성 유사하였다. 말뚝성게 알의 주요 지방산으로는 palmitic acid가 28.66%로 가장 높은 함량을 보였고, myristic acid(17.01%), EPA(15.79%), arachidonic acid(9.28%) 순이었다. 생시료내 포화지방산에 대한 단일불포화지방산의 비율(MUFA/SFA)은 0.19였고, 포화지방산에 대한 고도불포화지방산의 비율(PUFA/SFA)은 0.78이었다. 한편 포화지방산의 경우 생시료에 비하여 가열 및 가공에 따라 그 함량이 유의적으로

Table 4. Changes of fatty acid compositions in sea urchin roe prepared by pre-treatment method (unit: %)

Fatty acids	<i>A. crassispina</i>			
	A-raw ¹⁾	A-5	A-10	A-can
C14:0	18.82±1.03 ^{2)a3)}	14.26±3.25 ^b	12.80±0.95 ^{bc}	9.46±1.67 ^c
C14:1	0.91±0.08 ^a	0.78±0.12 ^{ab}	0.70±0.05 ^{bc}	0.55±0.03 ^c
C15:0	0.90±0.03 ^a	0.71±0.06 ^b	0.61±0.11 ^{bc}	0.49±0.03 ^c
C15:1	0.14±0.05 ^a	0.11±0.08 ^a	ND ^{d)}	0.12±0.02 ^a
C16:0	26.90±3.38 ^a	25.52±2.67 ^a	23.27±1.86 ^a	25.53±4.06 ^a
C16:1	4.57±0.25 ^a	3.44±0.17 ^b	3.01±0.16 ^c	4.19±0.22 ^a
C18:0	2.98±0.12 ^c	3.39±0.06 ^b	3.14±0.23 ^{bc}	4.73±0.03 ^a
C18:1t11	1.02±0.06 ^a	0.91±0.03 ^{ab}	0.79±0.03 ^b	0.82±0.11 ^b
C18:1	2.14±0.06 ^c	1.75±0.08 ^c	11.13±1.17 ^b	16.25±3.05 ^a
C18:2	2.06±0.10 ^d	2.68±0.05 ^b	2.37±0.22	5.63±0.18 ^a
C18:3 (n6)	4.50±0.18 ^b	5.48±0.08 ^a	4.29±0.31 ^b	3.41±0.07 ^c
C18:3 (n3)	2.15±0.06 ^a	2.29±0.14 ^a	2.20±0.05 ^a	1.77±0.11 ^b
C18:2 (10,12)	3.95±0.16 ^b	2.67±0.20 ^c	4.99±0.16 ^a	2.94±0.19 ^c
C20:0	0.72±0.06 ^a	0.59±0.03 ^{ab}	0.49±0.05 ^b	0.49±0.12 ^b
C20:1	0.20±0.16 ^c	0.96±0.07 ^a	0.84±0.063 ^{ab}	0.67±0.11 ^b
C20:1 (n9)	1.00±0.02 ^a	1.09±0.04 ^a	0.84±0.08 ^b	0.76±0.03 ^b
C20:4	7.98±0.31 ^b	9.98±0.08 ^a	8.46±0.17 ^b	6.91±0.67 ^b
C20:5 (n3)	15.08±0.86 ^c	18.57±0.16 ^a	16.37±0.62 ^b	12.48±0.33 ^d
C22:4 (n6)	ND	0.40±0.06 ^a	ND	0.15±0.02 ^b
C22:6 (n3)	3.41±0.09 ^c	4.42±0.17 ^a	3.71±0.21 ^b	2.64±0.06 ^d
SFA ⁵⁾	50.32±5.31 ^a	44.47±3.86 ^{ab}	40.31±5.59 ^b	40.70±2.67 ^b
UFA	48.90±2.69 ^a	55.53±8.87 ^a	59.69±6.92 ^a	59.30±8.43 ^a
MUFA	9.77±1.01 ^c	9.04±0.82 ^c	17.30±0.91 ^b	23.37±0.67 ^a
PUFA	39.13±6.58 ^a	46.49±3.89 ^a	42.39±8.26 ^a	35.94±5.65 ^a
UFA/SFA	0.97±0.16 ^c	1.25±0.06 ^b	1.48±0.09 ^a	1.46±0.11 ^a
MUFA/SFA	0.19±0.02 ^c	0.20±0.08 ^c	0.43±0.06 ^b	0.57±0.05 ^a
PUFA/SFA	0.78±0.06 ^b	1.05±0.05 ^a	1.05±0.09 ^a	0.88±0.06 ^b
Fatty acids	<i>P. depressus</i>			
	P-raw	P-5	P-10	P-can
C14:0	9.69±0.23 ^c	10.72±0.52 ^b	13.63±0.23 ^a	9.12±0.43 ^c
C14:1	0.60±0.06 ^a	0.57±0.03 ^a	0.39±0.06 ^b	0.43±0.09 ^b
C15:0	0.75±0.02 ^a	0.67±0.06 ^a	ND	0.68±0.08 ^a
C15:1	ND	ND	ND	ND
C16:0	23.07±2.87 ^a	24.20±1.74 ^a	26.46±2.25 ^a	22.91±3.66 ^a
C16:1	5.55±0.21 ^a	5.71±0.15 ^a	6.64±0.09 ^a	5.26±2.24 ^a
C18:0	3.39±0.18 ^b	3.54±0.06 ^{ab}	3.83±0.11 ^a	3.81±0.20 ^a
C18:1t11	1.04±0.15 ^b	0.99±0.08 ^b	1.48±0.11 ^a	0.95±0.06 ^b
C18:1	2.12±0.23 ^c	2.12±0.19 ^c	3.04±0.13 ^b	5.08±0.31 ^a
C18:2	2.59±0.08 ^{bc}	2.77±0.15 ^b	2.29±0.11 ^c	4.08±0.27 ^a
C18:3 (n6)	4.37±0.18 ^a	3.24±0.05 ^c	3.37±0.15 ^b	3.51±0.08 ^b
C18:3 (n3)	3.89±0.26 ^b	4.32±0.56 ^b	5.58±0.18 ^a	3.98±0.31 ^b
C18:2 (10,12)	7.24±0.35 ^a	3.22±0.18 ^d	3.76±0.16 ^c	6.70±0.28 ^b
C20:0	0.60±0.08 ^b	0.79±0.05 ^a	ND	ND
C20:1	0.80±0.06 ^a	0.46±0.04 ^b	ND	ND
C20:1 (n9)	0.76±0.09 ^b	0.98±0.05 ^a	ND	1.04±0.02 ^a
C20:4	9.57±0.33 ^{bc}	10.03±0.64 ^b	9.12±0.21 ^c	10.87±0.28 ^a
C20:5 (n3)	23.99±3.09 ^a	24.95±1.75 ^a	20.40±2.65 ^a	21.58±1.62 ^a
C22:4 (n6)	ND	ND	ND	ND
C22:6 (n3)	ND	0.70±0.04 ^a	ND	ND
SFA	37.49±3.31 ^b	39.93±2.05 ^{ab}	43.93±2.28 ^a	36.53±1.27 ^b
UFA	62.51±2.28 ^a	60.07±1.64 ^a	56.07±1.87 ^b	63.47±2.34 ^a
MUFA	10.86±0.56 ^c	10.83±0.13 ^c	11.55±0.25 ^b	12.77±0.22 ^a
PUFA	51.65±2.46 ^a	49.25±1.89 ^{ab}	44.52±2.69 ^b	50.71±3.23 ^a
UFA/SFA	1.67±0.06 ^a	1.50±0.04 ^b	1.28±0.08 ^c	1.74±0.04 ^a
MUFA/SFA	0.29±0.03 ^{ab}	0.27±0.05 ^b	0.26±0.03 ^b	0.35±0.02 ^a
PUFA/SFA	1.38±0.07 ^a	1.23±0.05 ^b	1.01±0.04 ^c	1.39±0.03 ^c

Table 4. Continued

Fatty acids	<i>H. pulcherrimus</i>			
	H-raw	H-5	H-10	H-can
C14:0	17.01±2.56 ^a	13.97±3.32 ^a	13.85±1.69 ^a	13.37±0.95 ^a
C14:1	0.58±0.06 ^b	0.79±0.02 ^a	0.80±0.06 ^a	0.81±0.09 ^a
C15:0	0.82±0.13 ^{ab}	0.77±0.06 ^{ab}	0.69±0.04 ^b	0.86±0.01 ^a
C15:1	ND	ND	0.15±0.08 ^a	ND
C16:0	28.66±3.65 ^a	25.39±4.61 ^a	25.27±1.68 ^a	26.67±2.63 ^a
C16:1	4.49±0.23 ^a	3.78±0.16 ^b	4.60±0.25 ^a	4.41±0.10 ^a
C18:0	3.52±0.23 ^b	3.49±0.09 ^b	3.41±0.16 ^b	3.93±0.11 ^a
C18:1t11	0.84±0.09 ^c	1.03±0.02 ^b	1.07±0.08 ^b	1.23±0.06 ^a
C18:1	1.86±0.03 ^b	1.78±0.16 ^b	1.72±0.08 ^b	3.47±0.12 ^a
C18:2	2.18±0.18 ^b	2.20±0.05 ^b	2.56±0.11 ^a	2.76±0.02 ^a
C18:3 (n6)	5.08±0.20 ^b	5.07±0.15 ^b	5.56±0.09 ^a	5.61±0.28 ^a
C18:3 (n3)	2.00±0.08 ^b	2.06±0.29 ^b	2.04±0.16 ^b	3.78±0.10 ^a
C18:2 (10,12)	2.47±0.05 ^c	5.61±0.26 ^b	5.54±0.19 ^b	7.27±0.32 ^a
C20:0	0.77±0.05 ^b	0.58±0.06 ^c	0.68±0.03 ^{bc}	0.88±0.07 ^a
C20:1	1.00±0.02 ^b	0.97±0.09 ^b	1.23±0.11 ^a	0.98±0.06 ^b
C20:1 (n9)	1.09±0.05 ^a	1.00±0.09 ^a	1.08±0.02 ^a	1.14±0.12 ^a
C20:4	9.28±0.61 ^a	9.01±0.27 ^a	9.30±0.38 ^a	8.52±0.33 ^a
C20:5 (n3)	15.79±1.65 ^{ab}	18.95±2.28 ^a	16.61±1.98 ^{ab}	14.33±0.68 ^b
C22:4 (n6)	ND	ND	ND	ND
C22:6 (n3)	2.57±0.30 ^b	3.54±0.16 ^a	3.85±0.24 ^a	ND
SFA	50.78±3.64 ^a	44.19±2.69 ^b	43.89±1.85 ^b	45.71±3.54 ^{ab}
UFA	49.22±4.01 ^a	55.81±3.78 ^a	56.11±3.32 ^a	54.29±6.23 ^a
MUFA	9.85±0.16 ^c	9.35±0.25 ^d	10.65±0.18 ^b	12.02±0.24 ^a
PUFA	39.36±4.32 ^b	46.46±3.36 ^a	45.46±3.52 ^{ab}	42.27±2.69 ^{ab}
UFA/SFA	0.97±0.08 ^b	1.26±0.05 ^a	1.28±0.06 ^a	1.19±0.18 ^a
MUFA/SFA	0.19±0.06 ^a	0.21±0.05 ^a	0.24±0.03 ^a	0.26±0.08 ^a
PUFA/SFA	0.78±0.13 ^b	1.05±0.15 ^a	1.04±0.08 ^a	0.92±0.06 ^{ab}

¹Sample: Refer to Table 1.

²All values are the mean±SD (n=3).

³Means with different letters in a row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴ND: not detected.

⁵SFA: saturated fatty acid, UFA: unsaturated fatty acid, MUFA: monounsaturated fatty acid, PUFA: polyunsaturated fatty acid.

감소하였으나(p<0.05) 상대적으로 불포화지방산의 경우 가열 및 가공에 따라 함량이 증가하였으나 유의적이지는 않았다(p<0.05).

이상의 결과 성계 알의 주요 지방산은 myristic acid, palmitic acid 및 EPA로 나타나 Jeong 등(9)의 보고와 유사하였으나, 분홍성계와 말뚝성계 알의 통조림 제품을 제외한 시료에서 소량이지만 DHA가 검출된 것으로 나타나 Jeong 등(9)의 보고와 상이하였다. 한편 Nam(13)은 둥근성계의 지방산 분석에서 palmitic acid와 arachidonic acid의 함량이 높다고 보고하였으나 이는 보라성계, 분홍성계 및 말뚝성계 알의 지방산 조성과의 차이가 있었다.

무기질 및 중금속의 변화

무기질중 다량원소로서 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨, 인, 그리고 미량원소인 철, 아연, 구리 등과 식품의 위생학적 안전성에 영향을 미치는 중금속류인 카드뮴, 납, 비소 등 총 11종에 대하여 분석한 결과는 Table 5와 같다. 보라성계 알의 경우 생시료의 주요 무기질로는 인이 303.87 mg%로 가장 높았고, 나트륨(285.27 mg%), 칼륨(271.73 mg%), 마그네슘(87.96 mg%), 칼슘(22.65 mg%) 순이었고, 미량원소인 철(1.52 mg%)과 아연(2.16 mg%)은 다른 2종의 생시료에 비해

비교적 높게 나타났다. 중금속 함량은 카드뮴 0.002 mg%, 납 0.011 mg%, 비소 0.012 mg%로 나타났고 통조림 제품의 나트륨 함량은 420.83 mg%로 생시료와 가열 조건 시료에 비해 유의적으로 함량이 높게 나타났는데(p<0.05) 이는 조미액에 의한 영향으로 생각되어진다.

분홍성계 알의 경우 생시료의 주요 무기질로는 나트륨이 349.47 mg%로 가장 높았고, 칼륨(254.40 mg%), 인(244.97 mg%), 마그네슘(66.95 mg%), 칼슘(10.29 mg%) 순이었다. 중금속 함량은 카드뮴 0.003 mg%, 납 0.012 mg%, 비소 0.017 mg%이었고, 미량원소 함량은 철 0.73 mg%, 아연 1.54 mg%였다. 한편 통조림 제품의 나트륨 함량은 510.47 mg%로 다른 가열시료에 비해 함량이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05).

말뚝성계 알의 경우 생시료의 주요 무기질로는 나트륨이 423.40 mg%로 가장 높았고, 인(296.17 mg%), 칼륨(253.93 mg%), 마그네슘(107.07 mg%), 칼슘(39.91 mg%) 순으로 함량이 높았다. 중금속 함량은 카드뮴 0.004 mg%, 납 0.008 mg%, 비소 0.003 mg%이었고, 미량원소 함량은 철 0.93 mg%, 아연 1.62 mg%, 구리 0.128 mg%였다. 한편 통조림 제품의 나트륨 함량은 419.17 mg%로 가열 시료와의 차이가

Table 5. Changes of mineral and heavy metal contents in sea urchin roe prepared by pre-treatment method

(unit: mg/100 g)

Sample ¹⁾	Components										
	Cd	Pb	As	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Zn	Cu
A-raw	0.002 ±0.000 ^{2)c3)}	0.011 ±0.004 ^b	0.012 ±0.012 ^a	22.65 ±0.14 ^b	87.96 ±0.62 ^b	271.73 ±2.61 ^c	285.27 ±5.27 ^d	303.87 ±0.45 ^b	1.52 ±0.15 ^a	2.16 ±0.02 ^b	0.090 ±0.001 ^a
A-5	0.003 ±0.000 ^b	0.009 ±0.003 ^{bc}	0.018 ±0.008 ^a	20.32 ±0.08 ^c	91.77 ±0.24 ^a	288.03 ±1.85 ^a	322.87 ±5.35 ^b	311.13 ±0.81 ^a	1.37 ±0.01 ^b	2.30 ±0.01 ^a	0.082 ±0.001 ^b
A-10	0.005 ±0.000 ^a	0.017 ±0.000 ^a	0.027 ±0.007 ^a	16.90 ±0.07 ^d	90.48 ±0.59 ^a	279.93 ±6.90 ^b	310.13 ±3.85 ^c	298.40 ±1.13 ^c	1.11 ±0.01 ^c	2.01 ±0.02 ^c	0.078 ±0.000 ^c
A-can	0.002 ±0.000 ^c	0.004 ±0.002 ^c	0.016 ±0.004 ^a	23.46 ±0.05 ^a	66.37 ±1.18 ^c	169.07 ±1.12 ^d	420.83 ±3.31 ^a	159.20 ±1.25 ^d	0.84 ±0.00 ^d	1.26 ±0.00 ^d	0.072 ±0.001 ^d
P-raw	0.003 ±0.000 ^a	0.012 ±0.003 ^a	0.017 ±0.007 ^a	10.29 ±0.08 ^d	66.95 ±0.77 ^b	254.40 ±3.30 ^c	349.47 ±7.46 ^c	244.97 ±2.11 ^c	0.73 ±0.05 ^{ab}	1.54 ±0.02 ^b	0.073 ±0.000 ^d
P-5	0.003 ±0.000 ^a	0.008 ±0.003 ^{ab}	0.014 ±0.007 ^{ab}	11.45 ±0.15 ^c	74.90 ±0.29 ^a	299.30 ±0.40 ^a	360.43 ±1.30 ^b	309.43 ±1.63 ^a	0.76 ±0.01 ^a	1.76 ±0.02 ^a	0.081 ±0.001 ^a
P-10	0.002 ±0.000 ^b	0.005 ±0.001 ^b	0.007 ±0.001 ^b	11.77 ±0.02 ^b	63.73 ±1.18 ^b	283.40 ±0.95 ^b	340.07 ±3.11 ^d	276.77 ±0.76 ^b	0.69 ±0.00 ^b	1.46 ±0.01 ^d	0.077 ±0.001 ^c
P-can	0.001 ±0.000 ^b	0.004 ±0.003 ^b	0.011 ±0.002 ^{ab}	13.67 ±0.11 ^a	64.24 ±0.60 ^c	249.10 ±2.33 ^d	510.47 ±4.07 ^a	245.67 ±1.04 ^c	0.69 ±0.01 ^b	1.49 ±0.01 ^c	0.079 ±0.000 ^b
H-raw	0.004 ±0.000 ^b	0.008 ±0.002 ^a	0.003 ±0.002 ^a	39.91 ±0.28 ^a	107.07 ±1.01 ^a	253.93 ±1.85 ^c	423.40 ±9.18 ^a	296.17 ±2.73 ^a	0.93 ±0.01 ^a	1.62 ±0.02 ^a	0.128 ±0.002 ^a
H-5	0.004 ±0.000 ^b	0.005 ±0.002 ^a	0.013 ±0.005 ^a	23.89 ±0.10 ^c	94.25 ±0.41 ^b	350.43 ±4.31 ^a	433.97 ±9.77 ^a	274.60 ±0.95 ^b	0.71 ±0.01 ^c	1.49 ±0.00 ^c	0.114 ±0.000 ^c
H-10	0.004 ±0.000 ^b	0.007 ±0.001 ^a	0.008 ±0.007 ^a	30.85 ±0.11 ^b	91.47 ±0.76 ^c	334.70 ±3.21 ^b	405.07 ±4.88 ^b	260.47 ±1.89 ^c	0.78 ±0.01 ^b	1.53 ±0.02 ^b	0.117 ±0.000 ^b
H-can	0.005 ±0.000 ^a	0.007 ±0.001 ^a	0.005 ±0.004 ^a	20.96 ±0.20 ^d	84.75 ±1.05 ^d	338.63 ±1.70 ^b	419.17 ±5.36 ^{ab}	253.07 ±0.47 ^d	0.77 ±0.00 ^b	1.51 ±0.01 ^{bc}	0.105 ±0.001 ^d

¹⁾Sample: Refer to Table 1.²⁾All values are the mean±SD (n=3).³⁾Means with different letters in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

유의적으로 크게 차이하지 않았다.

이상의 결과 보라성게 알의 경우 칼륨, 인, 철, 아연의 함량이 비교적 높았고, 말뚝성게 알에는 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 구리의 함량이 높게 확인되었다. 모든 시료에서 중금속은 미량으로 검출되어 우리나라 식품공전상(21)의 수산물의 중금속 한계 기준치인 납 2.0 mg/kg, 카드뮴 2.0 mg/kg에 미치지 못하는 수준으로 중금속에 의한 위해 가능성은 없을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 성게 알의 열처리 조건에 따른 제품의 이화학적 특성 변화를 조사하여 가공적성에 대한 기초자료를 제공함으로써, 성게 알을 이용한 가공식품이나 통조림 개발에 도움이 되고자 하였다. 보라성게 알과 분홍성게 알은 일반성분 조성이 유사하였고, 말뚝성게 알의 수분, 조회분, 탄수화물 함량에서 약간의 차이를 보였다. 모든 성게 알의 일반성분이 가열시간에 따라 약간의 변화는 있었으나 생시료와의 차이가 크지 않았다. 보라성게, 분홍성게 및 말뚝성게 알 중의 유리아미노산은 glycine 함유량이 가장 높았고, arginine, alanine, lysine 순의 함량을 보였다. 생시료의 유리아미노산 총 함량은 보라성게 알 754.70 mg%, 분홍성게 알 567.75 mg%, 말뚝성게 알 449.44 mg%로 보라성게 알의 유리아

미노산 함유량이 가장 높았다. 모든 시료에서 생시료보다 5분 가열시료에서 총 유리아미노산 함량이 높은 것으로 나타났다. 통조림 제품의 유리아미노산 함량에서 보라성게와 분홍성게 알은 glutamic acid와 glycine을 제외한 다른 유리아미노산의 함유량이 매우 낮았으나 말뚝성게 알의 경우 대부분의 유리아미노산이 생시료보다 높았다. 핵산물질 측정 결과, 분홍성게의 알은 보라성게 및 말뚝성게의 알보다 ATP, ADP 및 AMP의 함량이 높았다. 성게 알의 주요 지방산은 myristic acid, palmitic acid 및 EPA로 확인되었다. 보라성게 및 말뚝성게 알은 생시료의 경우 포화지방산이 불포화지방산보다 다소 높은 것으로 나타났으나, 분홍성게 알의 경우는 불포화지방산 함량이 포화지방산보다 더 높았고 생시료 중 가장 높게 나타났다. 보라성게 알의 경우 칼륨, 인, 철, 아연의 함량이 비교적 높았고, 말뚝성게 알에는 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 구리의 함량이 높게 확인되었다. 카드뮴, 납과 비소 등의 중금속은 모든 시료에서 미량으로 검출되었지만 식품규격 기준치에 미치지 못하는 수준이었다.

감사의 글

이 논문은 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문으로서 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. The state of world fisheries and aquaculture 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy. p 64-69.
2. Korea Rural Economic Institute. 2006. *Food Balance Sheet*. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea.
3. Kinsella JE. 1987. Summary of needs. In *Sea foods and fish oils in human health an disease*. Pub. Marcel Dekker, Inc. New York, NY, USA. p 234.
4. Ackman RG. 1989. Nutritional composition of fats in seafoods. *Prog Food Nutr Sci* 13: 161-241.
5. Jeong BY, Choi BD, Lee JS. 1998. Proximate composition, cholesterol and α -tocopherol content in 72 species of Korean fish. *J Korean Fish Soc* 31: 160-167.
6. Jeong BY, Choi BD, Lee JS. 1998. Seasonal variation in proximate composition, cholesterol and α -tocopherol content in 12 species of Korean fish. *J Korean Fish Soc* 32: 30-36.
7. Jeong BY, Choi BD, Moon SK, Lee JS. 1998. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. *J Fish Sci Tech* 1: 129-146.
8. Yoon HD, Byun HS, Chun SJ, Kim SB, Park YH. 1986. Lipid composition of oyster, arkshell and sea mussel. *J Korean Fish Soc* 19: 321-326.
9. Jeong BY, Moon SK, Jeong WG. 1993. Fatty acid composition of three species of marine invertebrates. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 291-299.
10. Ryo YG, Park DW. 1986. Studies on artificial seeding production of sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agasiz). *Bull Fish Res Dev Agency* 39: 89-96.
11. Yu TJ. 1999. *Food Donguibogam*. Academy Books, Seoul, Korea. p 337-338.
12. Lee SJ, Ha WH, Choi HJ, Cho SY, Choi JW. 2010. Hepatic detoxification and antioxidant activity in sea-urchin roe and ethanol extract of roe. *J Korean Fish Aquat Sci* 43: 428-436.
13. Nam HK. 1986. The composition of fatty acid and amino acid for sea urchin. *J Korean Oil and Fat Chemistry* 3: 33-37.
14. Kim GH, Kim YT, Kim SK. 1998. Purification and characterization of β -galactosidase from sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus*. *J Korean Fish Soc* 31: 637-644.
15. Shin MO, Bae SJ. 2009. The anticarcinogenic and anti-oxidative activity of *Hemicentrotus pulcherrimus* fractions in various cancer cells. *J Life Sci* 19: 607-614.
16. AOAC. 1997. *Official methode of analysis*. 16th ed. The Association of Official Analysis Chemists (No. 934.06), Arlington, VA, USA.
17. Konosu S, Watanabe K, Shimizu T. 1974. Distribution of nitrogenous constituents in the muscle extracts of eight species of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 40: 909-915.
18. Lee EH, Koo JG, Ahn CB, Cha YJ, Oh KS. 1984. A rapid method for determination of ATP and its related compounds in dried fish and shellfish products using HPLC. *Journal of Bull Korean Fish Soc* 17: 368-372.
19. Zaidy G, Juan C, Ramon PA, Maria E, Gisela CR, Guillermina GS. 2010. Partial characterization of an effluent produced by cooking of Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) mantle muscle. *Bioresour Technol* 101: 600-605.
20. Morrison WR, Smith LM. 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride methanol. *J Lipid Res* 5: 600-608.
21. KFDA. 2010. *Food Codex*. Seoul, Korea. p 10-1-56.
22. Osako K, Fujii A, Ruttanapornvareesakul Y, Nagano N, Kuwahara K, Okamoto A. 2007. Differences in free amino acid composition between testis and ovary of sea urchin *Anthocidaris crassispina* during gonadal development. *Fish Sci* 73: 660-667.
23. Kawamura Y, Halpern BP. 1987. Recent developments in umami research. In *Umami: A basic taste*. Marcel Dekker, New York, NY, USA. p 325-354.
24. Terasaki M, Kajikawa M, Fujita E, Ishii K. 1965. Studies on the flavor of meats. Part 1. Formation and degradation of inosinic acids in meats. *Agric Biol Chem* 29: 208-215.
25. Park YH, Lee EH. 1972. Degradation of acid soluble nucleotides and their related compounds in sea foods during processing and storage. *Korean J Food Sci Technol* 4: 317-321.

(2012년 2월 21일 접수; 2012년 4월 9일 채택)