

염장처리가 성게 알의 이화학 품질 특성과 산화방지 활성에 미치는 영향

최보경 · 서정희*
강원대학교 식품영양학과

Effect of Salt Fermentation on the Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Sea Urchin Roe from *Anthocardaris crassispina* and *Pseudocentrotus depressus*

Bogyoung Choi and Jeonghee Surh*

Department of Food and Nutrition, Kangwon National University

Abstract Sea urchin roe obtained from *Anthocardaris crassispina* and *Pseudocentrotus depressus* was briefly salt-fermented (5%), followed by ethanol treatment (1%) and the physicochemical properties as well as antioxidant activity were investigated. Compared to raw sea urchin roes, the salted one showed a significantly low amount of water ($p<0.001$) high salinity ($p<0.05$), ash content ($p<0.001$) and Na content ($p<0.001$). With salt-fermentation, the redness ($p<0.05$) and yellowness ($p<0.001$) of roe decreased noticeably, indicating the decomposition of endogenous carotenoids. Accordingly, the salted roe showed a lower DPPH radical scavenging activity than its unsalted counterpart. Additionally, it showed a significantly lower metal-chelating activity ($p<0.05$) and metal chelator content (e.g. ortho-phenolics) displayed by a negligible difference in titratable acidity. The salted roe showed significantly increased hardness ($p<0.05$) and total reducing capacity ($p<0.001$), which were attributed to the protein coagulation and the release of antioxidants bound to macromolecules after the ethanol treatment, respectively.

Keywords: sea urchin, salt fermentation, antioxidant activity, color, hardness

서 론

성게(sea urchin)는 극피동물문(Phylum Echinodermata)에 속하는 무척추동물로, 한국, 중국, 일본 연안에 주로 서식하며, 우리나라 연근해에서는 식용 성게로 보라성게(*Anthocardaris crassispina*), 말뚝성게(*Hemicentrotus pulcherrimus*), 분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*)가 채집되어, 내수용뿐 아니라 일본 등지로 수출되고 있다(1). 특히 성게 알(sea urchin roe)은 독특한 풍미와 질감으로 일본, 이탈리아, 뉴질랜드 등 세계 여러 곳에서 고급 음식재료 혹은 진귀한 음식(culinary delicacy)으로 간주되고 있다(2). 성게 전체 부위 중 20%를 차지하는 가식부인 알(roe)은 오메가-3 고도불포화지방산(ω -3 polyunsaturated fatty acids)과 포스파티딜콜린(phosphatidylcholine) 등 기능성 지방질과, 필수 아미노산들이 균형 있게 들어있는 단백질이 풍부하여 영양적 가치가 큰 식품소재로 인지되고 있다(1,2). 또한, 성게 알에는 해양 생물의 정상 발달을 위한 발달 초기 필수인자인 베타카로텐(β -carotene), 베타아이소크립토잔틴(β -isocryptoxanthin), 베타에키네논(β -echinenone), 루테인(lutein) 등의 카로테노이드(carotenoids)가 카로테노이드·단백질

(carotenoproteins) 복합체 형태로 상당량 존재하며, 이 중 루테인을 제외한 나머지 카로테노이드들은 바이타민 A의 전구체이기도 하다(2,3). 성게는 살(flesh)보다 생식기인 알(roe)에 더 많은 양의 알파토코페롤(α -tocopherol)이 함유되어 있으며, 이는 생식기 막(membrane)에 상당량 존재하는 고도불포화지방산을 자동산화로부터 보호하기 위한 산화방지 시스템의 역할을 하고 있다(2,3). 이로써, 성게 알은 카로테노이드와 알파토코페롤 등 산화방지 생리활성 물질의 풍부한 급원 식품으로도 여겨지고 있으며(2), 실제로 Lee 등(1)은 보라성게 알의 에탄올 추출물에서 간 해독과 산화방지 활성을 보고한 바 있다.

강원도 동해안에서 어획되는 대표적인 성게인 보라성게(*Anthocardaris crassispina*, purple sea urchin)와 분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*, pink sea urchin)는 알이 분리된 후 별도의 가공처리가 생겼(raw) 또는 염장처리(salted)된 상태로 소비자들에게 제공되고 있다. 본 연구에서는 보라성게와 분홍성게에서 분리된 알 생것과 이를 염장처리 한 것을 이화학 품질 특성 및 산화방지 활성 측면에서 비교 평가하고자 한다. 이는, 식품 성분과 식품이 지닌 이화학 특성 및 생리활성은 조리 및 가공 중 처리되는 염(salt), 산(acid), 열(heat) 등의 환경적 요인들에 의해 영향을 받을 수 있으며, 식품은 조리 및 가공 후 섭취되는 경우가 대부분이므로 식품의 성분과 활성은 그 식품에 주로 가해지는 가공조건하에서 탐색되어야 하기 때문이다. 실제로, 성게 알에 존재하는 카로테노이드·단백질 복합체는 가열이나 용매 처리 시 카로테노이드가 복합체로부터 유리되거나 다른 형태의 카로테노이드로 전환될 수 있으므로(3), 성게의 가공 처리는 제품의 색상과 산화방지 활성에 영향을 줄 수 있다. 또한, 성게 알의 풍부한 알파토코페롤은

*Corresponding author: Jeonghee Surh, Department of Food and Nutrition, College of Health Science, Kangwon National University, Samcheok, Gangwon 25948, Korea
Tel: 82-33-540-3314
Fax: 82-33-540-3319
E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr
Received April 11, 2015; revised June 3, 2015;
accepted June 3, 2015

통조림 제조 후 감소된 현상이 관찰되었다(2,3). 이는, 알파토코페롤이 통조림 제조 중 가해지는 열 처리로 제품 내부에 가속화된 산화반응을 지연시키는데 사용되었기 때문으로 해석되고 있다. 이처럼 현재까지, 가공처리에 의한 성게 알의 품질 특성 변화에 대한 연구들은 대부분 통조림 제조 조건을 반영한 열 처리에 국한되어 있는 실정이다(1-3).

따라서, 본 연구에서는 국내에서 생산되는 성게 알의 가공 형태를 반영하고자 하였으며, 이를 위해 본 실험에서 사용된 염장 처리된 성게 알은 비교적 단시간의 열 처리와 탈수, 뒤이은 에탄올 처리로 제조되었다. 생것과 염장처리된 성게 알을 이화학 특성과 산화방지 활성을 중심으로 평가·비교함으로써, 가공 중 가해진 환경적 요인인 염과 에탄올이 성게 알의 품질 특성에 미치는 영향을 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 성게 알은 2013년 5월 강원도 동해에서 어획된 보라성게(*Anthocidaris crassispina*)와 분홍성게(*Pseudocentrotus depressus*)에서 채취된 것으로, 동회수산(Donghoe Fisheries, Donghae, Korea)으로부터 생것(raw)과 염장처리(salted)된 형태로 2013년 5월 21일에 제공받았다. 공급처에 따르면, 동해안 보라성게와 분홍성게의 산란기는 통상 6-10월의 시기이므로 5월에 어획하였으며 염장처리 시료는 다음과 같은 방법으로 제조되었다. 성게 알에 kg당 5%에 해당하는 정제염을 첨가하여 섞어준 후 30분 동안 방치하여 탈수된 물을 제거하였다. 여기에 살균 및 옹고의 목적으로 성게 알 kg 당 1%에 상응하는 에틸알코올(ethyl alcohol)을 처리하여 30분 간격으로 2회 반복하여 섞어준 후 여액을 제거하였다. 이후 10 kg 기준으로 소량의 올리고당을 첨가하여 최종 제품에서 차지하는 성게 알의 함량을 88% 수준으로 하였다. 생것과 염장처리 성게 알은 190 g 용량으로 각각 개별 포장(포장재질: 유리(본체), 철(뚜껑))되어 제공되었으며, 공급처에 따라 분석 전까지 4°C에서 냉장보관 되었다. 분석 당일 개봉된 성게 알은 가정용 블렌더(HM-331N, Hanil, Incheon, Korea)로 균질화하여 사용되었다.

실험에 사용된 폴린시오칼토 페놀 시약(Folin-Ciocalteu's phenol reagent), 2,2'-다이페닐-1-피크릴하이드라질(2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH), 잔틴(xanthine), 잔틴산화효소(xanthine oxidase, from bovine milk), 나이트로블루 테트라졸륨(nitroblue tetrazolium, NBT), 갈산(gallic acid), 퀘세틴(querctetin)은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, 이디티에이(ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)는 Showa Chemical Industry Co. (Tokyo, Japan)로 부터 구입하여 사용하였다. 무기질 정량을 위한 표준시약은 AccuStandard (New Haven, CT, USA)로 부터 구입하였다. 아미노산 분석을 위한 표준물질인 혼합 아미노산 표준용액(amino acid mixture standard solutions, 유리아미노산: Type AN-2 & Type B, 구성아미노산: Type H)은 Wako Pure Chemical Industries (Chuo-ku, Osaka, Japan)로 부터 구입하여 사용하였다. 시약 조제에는 탈염·탈이온수가 사용되었다.

일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC 방법에 준하여(4), 수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech, Kimpo, Korea)를 이용한 상압가열건조법으로, 조회분은 600°C 회화로(MF31G, Jeio Tech, Seoul, Korea)에서 시료를 완전 회화시킨 직접회화법으로 분석하였다. 조단백질은

켈달 분해 장치(Digestion unit K-424, Buchi, Flawil, Switzerland), 증류 장치(Kjelflex K-360, Buchi), 적정 장치(702 SMTitrino Metrohm, Buchi)를 연속적으로 사용하여 마이크로 켈달법(micro-Kjeldahl)으로 분석한 후, 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다. 조지방은 에틸에테르(diethyl ether)를 용매로 하여 속셀렛장치(E-816, Buchi)로 추출하였다. 탄수화물은 100-(수분+조회분+조단백질+조지방)의 식으로 계산하여 그 값을 표시하였다.

수용성 고형물, pH, 산도, 염도 분석

pH와 수용성 고형물 함량(Soluble Solid Content)을 측정하기 위해, 균질화된 시료 1 g을 증류수 25 mL에 분산시킨 후 균질기(Wise Mix HG-15, Daihan Scientific, Seoul, Korea)를 사용하여 회전속도 12,500 rpm (교반봉: 내경 21 mm, 외경 25 mm)으로 30 초 동안 추가 균질화시켰다. 이후, 원심분리기(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)로 2,465×g에서 10분 동안 원심분리시켰고 상층액을 취해 pH (pH meter 725P, Istek, Seoul, Korea)와 굴절률(Hand-held refractometer N-1, Atago, Tokyo, Japan)을 측정하였다. 증류수에 의한 희석배수는 측정된 값에 별도로 반영하지 않았으며, 수용성 고형물 함량은 굴절률을 당의 농도(Degrees Brix, °Bx)로 나타내었다. 산도(Titratable Acidity, TA)는, 균질화된 성게 알 시료 1.5 g으로부터 위와 동일한 과정을 거쳐 상층액을 얻고 여기에 증류수를 첨가하여 2배 희석한 후 0.01 N (F=0.9970) 수산화소듐(NaOH)으로 중화적정하여 측정하였다. 적정 시 소모된 수산화소듐 부피로부터 유기산의 함량을 아세트산(acetic acid, 60.06 g/mol) 함량으로 산출하였다. 염도(salinity)는, 균질화된 성게 알 2.5 g으로부터 위와 동일한 원심분리 과정으로 상층액을 얻고 이후 증류수를 가하여 2배 희석한 후 침전적정하여 측정하였다. 10% 크로뮴산포타슘(K₂CrO₄)을 지시약으로 가하고 0.05 N (F=1.000) 질산은(AgNO₃)을 표준용액으로 하여 적갈색의 난용성 침전이 형성될 때까지 적정함으로써 할로겐화 이온을 정량하는 모르법(Mohr 법)으로 결정하였다.

무기질 및 중금속 분석

균질화된 성게 알 시료 0.2 g에 과산화수소(H₂O₂) 7 mL, 질산(HNO₃) 2 mL를 가한 후 마이크로파 시료용해장치(Microwave Digestion System, Ethos Touch Control, Milestone Inc, Sorisole, Italy)를 사용하여 맑은 용액이 얻어질 때까지 시료를 분해 추출하였다. 이렇게 분해된 시료를 증류수로 20배 희석한 후 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer, Vista-Pro, Varian, Belrose, Australia)에 주입하여 reflected power는 1.2 kW, flow gas는 아르곤(argon), plasma flow는 15 L/min, auxiliary gas flow rate은 1.5 L/min, nebulizer gas flow rate은 0.7 L/min의 조건으로, multi-channel detector (Simultaneous polychromators, Echelle polychromator)를 거쳐 8종의 무기질(칼슘, 인, 마그네슘, 소듐, 포타슘, 철, 아연, 구리)과 3종의 중금속(납, 수은, 카드뮴)을 분석하였다. 각 원소 별 측정 파장은, 칼슘(396.847, 393.366 nm), 인(213.618, 177.434 nm), 마그네슘(279.553, 280.270 nm), 소듐(589.592, 588.995 nm), 포타슘(766.491, 769.897 nm), 철(238.204, 259.940 nm), 아연(213.857, 202.548 nm), 구리(327.395, 324.754 nm), 납(220.353, 182.143 nm), 수은(184.887, 194.164 nm), 카드뮴(214.439, 226.502 nm)이었다. 각 원소의 농도는, 표준물질의 농도 범위를 8종 무기질과 납, 카드뮴은 0-10 ppm으로, 수은은 0-0.1 ppm으로 하여, 각 원소 별 표준용액 3점을 이용하여 표준곡선을 작성한 후 회귀직선 방정식을 이용하여 계산하였다.

아미노산 조성 분석

아미노산 분석 전처리는 Hitachi사에서 공급한 매뉴얼에 수록된 방법을 일부 변형하여 수행하였다(Instruction manual, Hitachi, 2001, Tokyo, Japan). 구성아미노산 분석을 위한 전처리는 시료 약 400-500 mg에 6N 염산을 약 10 mL 첨가한 후 110°C에서 22시간 동안 가수분해 하였다. 이후 진공 농축과 건조 과정을 통해 염산을 제거하였고, 증류수를 첨가하여 100 mL로 정용한 후 0.45 µm 시린지 거르개(syringe filter, AD. 13CP045AS, Advantec, Houston, TX, USA)로 여과시켜 아미노산 분석기에 주입하였다. 유리아미노산 분석을 위해서는, 50 mL 원심분리관에 시료 약 5g과 70% 에탄올 30 mL를 넣어 1시간 동안 교반한 후 10분 동안 방치시켰다. 이 추출물을 10,500×g에서 15분 동안 원심분리(CP 100MX, Hitachi, Tokyo, Japan)한 후 상층액을 농축플라스크로 옮기고, 남은 침전물에는 70% 에탄올 25 mL를 넣어 교반과 원심분리 과정을 2회 추가 반복하여 얻어진 상층액을 모두 합하였다. 농축플라스크에 모은 추출액을 진공농축한 후 증류수를 첨가하여 150 mL로 정용하고 0.45 µm 시린지 거르개(AD. 13CP045AS, Advantec)로 여과한 후 아미노산 분석기에 주입하였다.

구성아미노산 분석을 위한 산 가수분해 시료와 유리아미노산 분석을 위한 에탄올 추출시료를 유리아미노산법으로 분석하였다. 즉 각 시료를 이온교환수지 컬럼(Ion Exchange column, lithium form, 4.6×60 mm)에 통과시킨 후, 다양한 pH와 이온강도를 가진 완충용액을 칼럼에 흘려 아미노산들을 분리하고, 이들 아미노산을 고온의 반응코일에서 닌하이드린(ninhydrin)과 반응시켜 발색 화합물을 형성시켰다. 형성된 화합물들을 570 nm와 440 nm의 파장에서 흡광도를 측정함으로써 각각의 아미노산들을 정량하였다. 실험에 사용된 아미노산 분석기는 Hitach L-8800 Amino acid (Hitachi), 컬럼 온도는 30-70°C, 반응코일 온도는 135°C, 유속은 0.35 mL/min, 시료 주입액은 20 µL이었다. 정량을 위한 표준물질의 농도는 유리아미노산 중 포스포세린(phosphoserine), 타우린(taurine), 포스포에탄올아민(phosphoethanolamine), 알파아미노아디프산(α -amino adipic acid), 알파아미노노말부티르산(α -aminobutyric acid), 시스타티오닌(cystathionine)은 1.25 µmol/mL, 요소(urea) 50 mmol/mL, 사코신(sarcosine) 6.25 µmol/mL이었으며, 그 외의 모든 유리아미노산 및 구성아미노산의 농도는 2.5 µmol/mL이었다. 시료 속 아미노산의 함량은 표준용액 1점을 주입하여 얻어진 크로마토그램을 이용하여 농도와 면적의 비례식을 이용하여 계산되었다.

색도 측정

성게 알 시료의 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)는 색차계(CR400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. 표준 백색판을 이용하여 보정한 후, L값은 0(검정색)에서 100(흰색)까지, a값(적색도)은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b값(황색도)은 -70(청색)에서 70(황색)까지의 범위에서 색도를 측정하였다.

텍스처 측정

생것과 염장처리 된 성게 알의 물성은 Texture Analyzer (Instron 5542, Instron, Norwood, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 시료 150 g을 250 mL 용량의 비커(internal diameter 72 mm, height 96 mm)에 30 mm 높이까지 정확히 채운 후, 직경 50 mm의 원형 프로브(probe)를 장착하여 측정 전 속력(pre-test speed) 50.0 mm/min, 측정 속력(test speed) 3.3 mm/s, 측정 후 속력(post-test speed)

50.0 mm/min의 실험조건으로 시료를 2회 반복 압착(two-bite compression test)하였다. 결과는 측정 후 얻어진 힘-시간 커브(force-time curve)로 나타내었다.

에탄올 추출액 준비와 금속 소거능(Metal-chelating activity) 측정

성게는 카로테노이드와 폴리페놀 등의 산화방지 물질들이 풍부하며, 이들 성분들은 단백질 혹은 당 등의 고분자와 결합상태로 성게 알 내부에 존재하고 있다(2,3). 한편, 에탄올은 이들 복합체들로부터 카로테노이드와 폴리페놀을 유리시킬 수 있으므로(3), 본 연구에서는 성게 알의 산화방지 활성 측정을 위해 에탄올을 추출용매로 선정하였다. 추출액은 구체적으로 다음과 같이 준비되었다. 균질화된 성게 알 시료 6g에 95% 에탄올 24 mL를 첨가한 후 30°C로 유지된 진탕수조(BS-21, Jeio Tech)에서 150 rpm의 교반 속도로 24시간 동안 추출하였다. 이 후, 원심분리기(5810R, Eppendorf)를 사용하여 2,465×g에서 10분 동안 원심분리한 후 상층액을 취하여 산화방지 활성 분석에 사용하였으며, 결과는 원재료 중량 당으로 환산하여 제시하였다.

금속 소거능은, Fe²⁺가 페로진(ferrozine)과 복합체(complex)를 형성하여 생성한 발색물질의 양을 에탄올 추출액이 감소시키는 정도로 측정되었다(5). 에탄올 추출액 500 µL에 2 mM FeCl₂ 20 µL를 넣어 섞은 후 2.4 mM 페로진 1 mL를 넣어 vortexing함으로써 반응을 개시시켰다. 실온에서 10분 동안 반응 후 562 nm에서 흡광도(spectrophotometer UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 측정하였다. 추출액 대신 에탄올 500 µL에 시약을 동일하게 넣어 반응시킨 후 측정된 흡광도(A₀)와 시료 추출액에서 얻어진 흡광도(A₁) 값으로부터 금속 소거능을 Inhibition (%)=100×(A₀-A₁)/A₀로 산출하였다. 금속 소거능 크기를 비교할 목적으로, 0.2% 케세틴을 제조하여 동일한 방법으로 금속 소거능을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

전자공여능은 DPPH 라디칼 소거능으로 측정하였다(6). 에탄올 추출액 200 µL에 0.2 mM DPPH (in ethanol) 1 mL를 첨가하여 5초 동안 격렬하게 교반하였다. 반응액을 실온의 어두운 곳에 보관하면서 5분 간격으로 525 nm에서 흡광도(spectrophotometer UV-1650, Shimadzu)를 측정하였으며, 이 과정을 흡광도 변화가 관찰되지 않는 시간까지 지속하였다. DPPH 라디칼 소거능은 금속 소거능과 동일한 방법으로 산출하였으며, 결과는 시간에 따른 라디칼 소거능의 변화로 나타내었다.

초과산화물 제거효소(Superoxide dismutase) 유사활성(SOD-like activity) 측정

SOD 유사활성은, 잔틴/잔틴 산화효소로 생성된 초과산화 음이온 라디칼(superoxide anion radical, O₂⁻)을 에탄올 추출액이 소거하는 능력으로 측정하였다(7). 즉, 생성된 O₂⁻는 NBT를 환원시킬 수 있으므로 환원된 NBT의 최대 흡수파장인 550 nm에서 흡광도의 변화를 측정함으로써, 추출액이 'O₂⁻에 대한 NBT 환원'에 저해한 정도를 SOD 유사활성으로 간주하였다. 에탄올 추출액 100 µL에 2.8 mL의 환원용액(250 µM xanthine 20 mL+0.05 M phosphate buffer (pH 7.4) 30 mL+NBT 20 mg)을 첨가하고 vortexing한 후, 200 µL 잔틴산화효소(0.1 unit/mL)를 첨가하여 반응을 개시하였다. 37°C 수조(BS-21, Jeio Tech)에서 40분 동안 보온(incubation)한 후 550 nm에서 흡광도(spectrophotometer UV-1650, Shimadzu)를 측정하였다. SOD 유사활성은 금속 소거능과 동일한 방법으로 산출하였다.

총 환원력(Total reducing capacity) 측정

성게 알의 총 환원력은 폴린-시오칼도 시약법으로 측정하였다(8). 에탄올 추출액 1 mL에 폴린-시오칼도 시약과 10% Na₂CO₃를 각각 1 mL씩 넣어 vortexing한 후 실온에서 1시간 동안 정치시켜 반응을 유도하였다. 이 후 분광광도계(UV-1650, Shimadzu)로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 성게 알의 총 환원력은 대표적 환원물질인 갈산을 표준물질로 하여 나타내었다

통계처리

통계처리 프로그램 SAS (version 9.1 for windows, Cary, NC, USA)를 이용하여 3회 반복 실험의 결과를 평균과 표준편차로 나타내었으며 분산분석(ANOVA), 던컨시험(Duncan's multiple range test)으로 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

염장처리가 성게 알의 화학적 조성에 미치는 영향

성게 알의 일반성분은 염장처리 전후 유의적 차이를 나타내었다(Table 1). 보라성게 알과 분홍성게 알의 생것(raw) 수분함량은 71.14%와 67.43%이었으나, 염장처리 된 것(salted)은 64.07%와 60.34%로 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 관찰된 수분 감소는 성게 알에서 염에 의한 삼투압으로 수분이 탈수된 결과로 해석할 수 있다. 식품성분표에 제시된 보라성게 알의 경우에도 생것(raw)과 젓(salt-fermented)의 수분함량이 각각 65.6%와 61.2%로 염장 처리된 것이 상대적으로 낮은 수분 함량을 나타내었다(9). 조회분 함량은 보라성게 알과 분홍성게 알 모두에서 염장처리 된 것(5.47, 5.53%)이 생것(1.74, 1.52%)보다 유의적으로 높았다($p<0.001$). 특히 이러한 차이는 생것과 염장처리된 성게 알의 수분함량 차이를 보정한 후에도 유의적으로 관찰되어($p<0.001$), 탈수로 인한 무기질 성분들의 상대적 농축현상 이외에 염화소듐(NaCl) 처리에 의한 무기질 강화도 조회분 증가에 기여한 것으로 해석되었다. 성게 알 생것의 조단백질과 조지방 함량은 각각 보라성게 알이 15.49%와 6.51%, 분홍성게 알이 16.00%와 9.77%로, Lee 등(10)

이 영덕군 연근해에서 6-8월 경에 채취한 동종 성게 알(조단백질 약 14%, 조지방 약 4%)에 비해 상대적으로 높았다. 이는 채취 장소와 시기의 차이로, 어패류의 조성이 산란기 및 채집 지역의 수온, 먹이 등의 환경적 요인들과 연관될 수 있기 때문이다. 한편, 조단백질의 경우, 염장처리 된 것이 생것에 비해 유의적으로 높았으나($p<0.01$), 이는 탈수로 인한 차이로 해석되었다. 즉, 건조 중량 기준으로 조단백질 함량을 산출하였을 때, 보라성게 알과 분홍성게 알은 염장처리 전후 유의적 차이가 관찰되지 않았다($p>0.05$). 조지방은 다른 일반성분과 달리 염장처리 된 것(1.87, 1.33%)이 생것(6.51, 9.77%)보다 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 식품 성분표 상에서도 보라성게 알과 그 젓은 조지방 함량이 각각 8.7%와 4.5%로 염장처리 된 것이 더 낮은 함량을 나타내었다(9). 본 실험에서 정량된 조지방은 에테르에 용해될 수 있는 소수성 성분이었으므로, 염처리 시료에서 낮아진 조지방 함량은 일부 소수성 성분들이 염장처리 중 내재하는 효소 및 미생물에 의한 발효로 저분자화 되었을 가능성을 시사한다. 이에 따라 차감법으로 계산된 탄수화물 함량은 염장처리 된 것이 생것보다 유의적으로 높게 산출되었다($p<0.001$). 위 결과들은 성게 알의 염장처리가 수분 감소뿐 아니라 무기질 조성에 영향을 줄 수 있으며, 소수성 성분을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

염장처리 된 보라성게와 분홍성게 알은 염도가 각각 5.65%와 4.86%로 나타나 생것 1.86%와 1.90%에 비해 약 3배 가량 유의적으로 높았다($p<0.05$, Table 2). 염장처리 시료는 (i) 염화소듐 첨가로 시료의 수분이 감소되었고(Table 1), (ii) 염의 침투로 내부에 존재하는 염 이온 또한 증가되었으며(Table 2), (iii) 조지방 함량이 감소된 결과로부터(Table 1) 염장 중 발효에 의해 일부 물질이 저분자화 되었을 가능성을 시사하였다. 이에 따라 물에 용해될 수 있는 수용성 고형물의 함량 역시 생것에 비해 염장처리 된 것이 증가된 경향을 보여주었다(Table 2). 한편, 성게 알의 물 추출액에서 총산 함량이 높은 경우 pH는 상대적으로 낮은 경향이 관찰되었으나(Table 2), 염장처리에 따른 주목할만한 일관된 차이는 관찰되지 않았다. 이는, 본 실험에서 제조된 염장처리 성게 알은 다른 염장처리 식품과 달리 짧은 시간 동안 염 처리되

Table 1. Proximate composition of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Composition (%)	Purple sea urchin			Pink sea urchin		
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾
Moisture	71.14±0.66	64.07±0.58	$p<0.001$	67.43±0.95	60.34±0.67	$p<0.001$
Ash	1.74±0.04	5.47±0.05	$p<0.001$	1.52±0.07	5.53±0.04	$p<0.001$
Crude protein	15.49±0.34	18.67±0.32	$p<0.001$	16.00±0.42	18.22±0.55	$p<0.01$
Crude fat	6.51±0.79	1.87±0.62	$p<0.05$	9.77±0.58	1.33±0.16	$p<0.01$
Carbohydrate	5.11±0.30	9.92±0.22	$p<0.001$	5.28±1.37	14.59±0.73	$p<0.001$

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe.

Table 2. Soluble solid content, titratable acidity (TA), pH and salinity of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Composition	Purple sea urchin			Pink sea urchin		
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾
Soluble solid (°Bx)	0.96±0.04	1.16±0.35	NS	0.94±0.03	1.16±0.02	$p<0.001$
TA (% acetic acid)	1.32±0.06	1.44±0.32	NS	1.29±0.03	1.02±0.02	$p<0.01$
pH	6.33±0.15	6.29±0.10	NS	6.34±0.12	6.45±0.03	NS
Salinity (%)	1.86±0.11	5.65±0.13	$p<0.01$	1.90±0.11	4.86±0.89	$p<0.05$

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe. NS means not significant.

Table 3. Mineral compositions of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Mineral ($\mu\text{g/g}$)	Purple sea urchin			Pink sea urchin			
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾	
Quantity elements	Ca	270.9 \pm 44.5	242.1 \pm 20.8	NS	212.4 \pm 37.1	230.1 \pm 3.8	NS
	Mg	649.1 \pm 34.7	570.5 \pm 60.8	NS	702.0 \pm 45.8	583.6 \pm 37.0	NS
	P	2923.8 \pm 347.3	3507.2 \pm 18.3	NS	3145.1 \pm 111.5	3405.5 \pm 53.9	NS
	Na	2050.8 \pm 199.4	16958.8 \pm 203.6	$p<0.001$	1772.8 \pm 81.5	17084.8 \pm 63.6	$p<0.001$
	K	2961.1 \pm 6.7	3484.4 \pm 39.0	$p<0.01$	3431.8 \pm 136.0	3319.3 \pm 4.4	NS
Minor elements	Fe	38.7 \pm 1.8	41.6 \pm 0.5	NS	38.5 \pm 2.8	42.0 \pm 6.4	NS
	Zn	23.2 \pm 4.1	27.0 \pm 0.5	NS	20.0 \pm 0.6	22.8 \pm 0.1	$p<0.05$
	Cu	0.7 \pm 0.1	1.1 \pm 0.0	NS	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.2	NS
Heavy metals	Pb	1.4 \pm 0.4	0.8 \pm 0.0	$p<0.05$	1.3 \pm 0.5	1.0 \pm 0.9	NS
	Hg	0.4 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	NS	0.2 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0	NS
	Cd	0.1 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0	$p<0.01$	0.1 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	$p<0.05$

¹⁾The value was expressed as the mean \pm standard deviation of triplicate.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe. NS means not significant.

Table 4. Amino acids (AA) composition of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Amino acids (mg/100g)	Purple sea urchin			Pink sea urchin		
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾
Free AA	3086 \pm 85	3081 \pm 8	NS	2067 \pm 66	2978 \pm 9	$p<0.05$
(Gly/Free AA, %)	(24.0 \pm 0.5)	(35.5 \pm 0.4)	$p<0.01$	(38.3 \pm 0.7)	(36.3 \pm 0.3)	NS
(EAA/Free AA, %)	(35.3 \pm 0.8)	(19.6 \pm 0.1)	$p<0.01$	(21.4 \pm 0.0)	(18.0 \pm 0.2)	$p<0.01$
Bound AA	12310 \pm 56	14015 \pm 95	$p<0.01$	13739 \pm 59	14799 \pm 393	NS
(Gly/Bound AA, %)	(8.6 \pm 0.1)	(11.0 \pm 0.3)	$p<0.05$	(9.7 \pm 0.1)	(11.0 \pm 0.2)	$p<0.05$
(EAA/Bound AA, %)	(34.7 \pm 0.2)	(32.0 \pm 0.8)	NS	(35.5 \pm 0.0)	(33.2 \pm 0.4)	$p<0.05$
Total AA	15397 \pm 29	17096 \pm 88	$p<0.01$	16406 \pm 125	17778 \pm 402	$p<0.05$
(Total AA/protein, %)	(99.4 \pm 0.2)	(91.6 \pm 0.5)	$p<0.01$	(102.5 \pm 0.8)	(97.6 \pm 2.2)	NS
Essential AA (%)	41.7 \pm 0.6	35.5 \pm 0.9	$p<0.05$	39.0 \pm 0.0	36.2 \pm 0.3	$p<0.01$
Nonessential AA (%)	58.3 \pm 0.6	64.5 \pm 0.9	$p<0.05$	61.0 \pm 0.0	62.1 \pm 2.3	NS
Acidic AA (%)	16.1 \pm 0.2	17.8 \pm 1.1	NS	17.4 \pm 0.9	18.6 \pm 0.1	NS

¹⁾The value was expressed as the mean \pm standard deviation of triplicate. Gly and EAA represent glycine and essential AA, respectively. Total AA is the sum of free AA and bound AA.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe. NS means not significant.

었고, 뒤이어 처리한 에탄올에 의한 살균 작용으로 발효에 의한 유기산 생성 반응이 활발하지 않았던 것으로 생각된다.

염장처리가 성게 알의 무기질 및 아미노산 조성에 미치는 영향

염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 조회분 함량과 염도가 유의적으로 높았다(Table 1, 2). 이는 염화소듐에 의한 무기질 조성의 변화를 시사하였으며, 실제로 염장처리 된 성게 알에서 가장 주목할만한 무기질 변화는 소듐(Na) 함량의 증가이었다. 염장처리 된 것은 생것에 비해 소듐 함량이 8배 이상 유의적으로 높았으며($p<0.001$, Table 3), 이는 측정된 조회분의 30%에 상응하는 높은 양이었다. 이에 따라 소듐:포타슘(Na:K)의 비율이 생것 0.5-0.7에서 염장처리 된 것 4.9-5.2로 7-10배 가량 증가하였다. 한편, 성게 알 생것은 포타슘(K)과 더불어 인(P)의 함량이 가장 높았으며, 특히 생것과 염장처리 된 것 모두에서 인 함량은 칼슘(Ca) 함량의 10배 이상이였다(Table 3). 현재, 한국인의 식이섭취 패턴을 고려하여 식이 중 칼슘:인(Ca:P)과 소듐:포타슘 비율이 1에 가까워질 수 있도록 충분한 양의 칼슘과 포타슘을 섭취하고 인과 소듐 섭취를 제한할 것이 권장되고 있으므로(11), 성게 알의 경우 염장처리에 의한 무기질 조성 변화는 영양학적 측면에서는 다

소 부정적이라 할 수 있다. 염장처리에 의해 소듐 이외의 다른 다량 혹은 미량 무기질의 주목할만한 큰 변화는 관찰되지 않았으며, 생것과 염장처리 된 것 모두에서 중금속인 납(Pb), 수은(Hg), 카드뮴(Cd)은 수산물 한계 기준치인 2.0, 0.5, 2.0 $\mu\text{g/g}$ 이하로(12) 검출되어 안전한 것으로 확인되었다(Table 3).

아미노산 분석 결과(Table 4), 성게 알의 아미노산 총량(Total AA)은 15397-17778 mg/100 g으로 질소 정량으로 산출된 조단백질 함량의 91.6-102.5%를 차지하였다. 이 결과는 성게 알에서 측정된 질소의 대부분이 단백질 질소(proteinous nitrogen)임을 보여준다. 염장처리 된 것이 생것보다 아미노산 총량이 유의적으로 높았으나($p<0.05$), 이는 조단백질 결과와 동일하게 수분 감소로 인한 차이로 해석되었다. 보라성게 알과 달리 분홍성게 알은 염장처리 후 유리 아미노산의 함량이 유의적으로 증가한 현상을 보였다($p<0.05$). 이러한 차이는 단백질 분해(proteolysis)에 관여하는 효소(endogenous hydrolyzing enzyme)나 미생물이 성게 종(species)에 따라 혹은 동종 안에서도 부위에 따라 차이가 있기 때문으로 해석할 수 있다(13). 한편, 두 종 모두 염장처리 유무에 관계없이, 단맛과 맛난 맛을 제공하는 글리신(glycine)이 유리 아미노산 중 24.0-38.3%를 차지하여 가장 함량이 높았으며, 구성 아미노산

Table 5. Color characteristics of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Composition	Purple sea urchin			Pink sea urchin		
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾
L (Lightness)	49.15±2.95	49.82±2.70	NS	26.84±0.01	44.50±0.38	<i>p</i> <0.001
a (Redness)	9.06±0.33	5.79±1.47	<i>p</i> <0.05	20.03±0.02	16.02±0.43	<i>p</i> <0.001
b (Yellowness)	41.23±1.29	33.34±0.59	<i>p</i> <0.001	51.25±0.02	46.22±0.93	<i>p</i> <0.001
ΔE ³⁾	8.57			18.80		

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe. NS means not significant.

³⁾DE, the total color difference between raw and salted sea urchin roe, was calculated as $[(L_{\text{Salted}}-L_{\text{Raw}})^2+(a_{\text{Salted}}-a_{\text{Raw}})^2+(b_{\text{Salted}}-b_{\text{Raw}})^2]^{1/2}$.

Table 6. Antioxidant activities of raw or salted sea urchin roe¹⁾

Antioxidant activity	Purple sea urchin			Pink sea urchin		
	Raw	Salted	Significance ²⁾	Raw	Salted	Significance ²⁾
Metal-chelating activity (%) ³⁾	96.1±2.3	26.7±11.0	<i>p</i> <0.05	96.9±2.7	32.2±6.0	<i>p</i> <0.01
SOD-like activity (%)	50.5±2.2	63.1±0.3	<i>p</i> <0.05	75.4±0.8	80.7±13.7	NS
Total reducing capacity (mg gallic acid/g)	3.7±0.3	28.2±0.7	<i>p</i> <0.001	1.3±0.0	17.1±0.5	<i>p</i> <0.001

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾It means significant difference in values between raw and salted sea urchin roe. NS means not significant.

³⁾The metal-chelating activity and SOD-like activity of 0.2% quercetin used for comparison were 61.5±1.3% and 17.8±3.0%, respectively.

의 경우에는 글리신 이외에 아스파르트산(aspartic acid)과 글루탐산(glutamic acid) 등 산성 아미노산의 함량(Acidic AA)이 가장 높아 아미노산 총량의 16.1-18.6%를 차지하였다. 염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 필수 아미노산(Essential AA)이 차지하는 비율이 유의적으로 낮았으며(*p*<0.05), 특히 이 현상은 구성 아미노산보다 유리 아미노산에서 더욱 뚜렷이 관찰되었다(*p*<0.01). 성게 알은 염장처리로 인한 탈수로 생것에 비해 전반적으로 아미노산 및 단백질이 농축되어 그 함량이 증가하였으나(Table 1, 4), 보라 성게 알은 유리 아미노산 함량의 변화 없이 필수 아미노산의 비율이 큰 감소폭을 보여주었다(Table 4). 이는 탈수 시 유리 형태로 존재하는 필수 아미노산의 손실이 일부 있었음을 시사해준다.

염장처리가 성게 알의 색도 및 물성에 미치는 영향

염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 명도(L)는 다소 선명해지는 경향을 보였고, 적색도(a)와 황색도(b)는 유의적으로 뚜렷이 감소하였다(Table 5). 명도, 황색도, 적색도를 모두 반영하여 산출된 전체적 색 특성 차이는 보라성게 알이 8.57, 분홍성게 알이 18.80으로 염장처리가 성게 알의 색 특성에 영향을 주었음을 확인할 수 있었다. 또한, 염장처리로 감소한 적색도와 황색도는 성게 알의 주요 색소인 카로테노이드의 변화와 그에 따른 산화방지능의 변화를 시사한다. Kim 등(13)은, 카로테노이드 색소가 풍부한 새우 부산물을 염장 처리하였을 때 발효기간이 경과함에 따라 색소가 유의적으로 감소하여 불과 1개월 경과에도 초기 카로테노이드 함량의 30%가 감소되었고, 산화방지제를 첨가하였을 때 이러한 변화가 지연되었음을 보고한 바 있다. 한편, 염장처리 성게 알 제조 중 에탄올 처리 공정은 카로테노이드·단백질 복합체로부터 카로테노이드를 유리시킬 수 있으므로(3), 본 실험에서 관찰된 색 특성의 변화는 염과 에탄올이 카로테노이드 색소의 안정성에 미친 영향들의 종합적 결과라 할 수 있다.

염장처리 후 성게 알 물성의 가장 큰 변화는 경도의 유의적 증가이었다(Fig. 1). 염장처리 시료는 생것에 비해 그 경도가 보라성게 알이 5.2배(*p*<0.01), 분홍성게 알이 2.4배(*p*<0.05) 유의적으로 높았으며, 이는 염화소듐보다는 염장 중 함께 처리된 에탄올에 의한 단백질의 응고작용으로 해석될 수 있다.

염장처리가 성게 알의 산화방지 활성에 미치는 영향

성게는 베타에키네논을 포함한 카로테노이드와 알파토코페롤이 풍부하며, 특히 이들 성분들은 알(roe)에 고농도로 분포하는 것으로 알려져 있다(2,3). 그러나, (i) 선행보고에 따르면 수산물 액젓 발효 중 카로테노이드와 알파토코페롤은 유의적으로 감소되었고(13), (ii) 본 연구에서도 염장처리 성게 알의 황색도와 적색도가 생것에 비해 낮아(Table 5), 염장 중 카로테노이드 감소가 시사되었으므로 본 section에서는 염장처리가 성게 알의 산화방지 활성에 미치는 영향을 검토하였다.

시간 경과에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과(Fig. 2), 2종 성게 알 모두에서 염장처리 성게 알은 생것에 비해 낮은 활성을 보여주었다. 이는, 라디칼 소거능이 탁월한 것으로 알려진 카로테노이드 색소가(3) 염장 중 감소된 것과 관련된 것으로 해석된다. 그래프의 초기 기울기로 측정된 시간당 라디칼 소거 속도는(Fig. 2) 보라성게 알과 분홍성게 알 각각 생것은 4.79%/min, 14.53%/min, 염장처리한 것은 0.59, 5.10%/min으로 보라성게 알에서 8.1배, 분홍성게 알에서 2.8배, 생것이 염장처리 한 것보다 더 빠른 것으로 계산되었다. 또한, 반응액에 첨가된 DPPH 라디칼의 50%를 소거하는데 생것은 약 15분, 19분, 염장처리 된 것은 약 77분, 35분이 소요되어(Fig. 2) 생것이 보다 짧은 시간 안에 라디칼을 소거한 것으로 확인되었다.

성게 알의 금속 소거능 역시 염장처리 한 것이 생것보다 유의적으로 낮게 나타났다(*p*<0.05, Table 6). 이는, 양이온인 철(II)이온(ferrous ion)을 킬레이트할 수 있는 물질들이 생것보다 염장처리 한 것에서 더 낮았음을 의미한다. 철(II)이온 등 전이금속의 양이온들은 (i) 카복실기(carboxyl group, COO⁻)나 인산염(phosphate, PO₄³⁻) 등 음전하를 포함하는 유리 지방산, 유기산, 아미노산, 인산 등에 의해 정전기적 인력(electrostatic attraction)으로 킬레이트 되거나, (ii) 2개의 하이드록실기(hydroxyl group)가 오소(ortho) 형태인 페놀(phenol) 물질에 의해 킬레이트 되면 산화 촉진 반응이 억제되는 것으로 알려져 있다(14). 적정(titration)으로 측정된 총산(titratable acidity) 함량이 생것과 염장처리 된 것 사이에 뚜렷한 차이가 없었으므로(Table 2), 염장처리 성게 알에서 관찰된 금속 소거능 감소는 오소 페놀성 물질의 감소에 의한 것

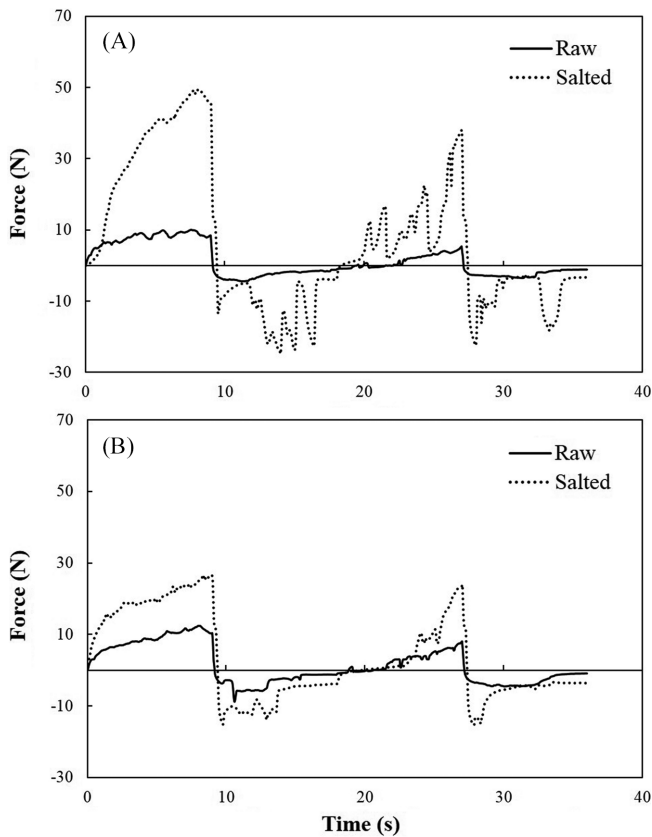


Fig. 1. Texture profile curves for the raw or salted sea urchin roe prepared from purple sea urchin (A) and pink sea urchin (B). Hardness corresponds to the maximum force of first peak obtained during two-bite compression test. Measurement was made three times, and most representative graph was presented for each sample.

으로 일부 해석될 수 있다. 특히, 오쏘 페놀성 물질들 역시 다른 페놀성 물질들처럼 H를 다른 라디칼에게 공여한 후에도 공명(resonance) 구조를 통해 안정화될 수 있어 높은 라디칼 소거능을 발휘할 수 있다는 점을 고려하면, 이 결과는 DPPH 라디칼 소거

능이 생것보다 염장처리 한 것에서 더 낮았던 결과(Fig. 2)와도 일치한다.

한편, 성게 알이 초과산화 음이온 라디칼을 소거한 정도로 평가된 SOD 유사활성은 염장처리 된 것이 생것보다 높은 경향을 나타내었다(Table 6). SOD는 $O_2^{\cdot-}$ 로부터 1개의 전자를 제거하거나 첨가함으로써 각각 산소(O_2)나 과산화수소(H_2O_2)를 형성하여 $O_2^{\cdot-}$ 을 처리하는 효소(7), 전자의 제거와 첨가에 Cu^{2+} (Cu^+) 등의 전이금속이 관여하게 된다. 따라서, 전이금속을 킬레이트 할 수 있는 물질들이 존재할 경우 SOD는 전이이동에 관여할 수 없으므로 $O_2^{\cdot-}$ 을 활성이 덜한 산소종으로 전환시킬 수 없게 된다. 본 연구에서 염장처리 된 것은 생것보다 더 낮은 금속 소거능을 보였고(Table 6), 이는 염장처리 된 성게 알에 금속 킬레이트 물질들이 더 적게 분포하였음을 의미하므로, $O_2^{\cdot-}$ 로부터 전자를 제거 혹은 첨가하는 반응에 관여할 수 있는 전이금속은 상대적으로 많아지게 되므로 SOD 유사활성이 염장처리 된 것에서 높게 관찰된 것으로 일부 해석할 수 있다.

페놀성(phenolics) 및 비페놀성(non-phenolics) 환원 물질들이 폴린-시오칼토 시약(phosphomolybdic phosphotungstic acid complexes)에 전자를 전달하여 발색물질을 형성하는 원리를 바탕으로 측정된 성게 알의 총 환원력은 염장처리 된 것이 생것보다 보라 성게 알에서 7.6배, 분홍성게 알에서 13.2배 유의적으로 더 높았다($p < 0.001$, Table 6). 색도(Table 5), 금속 소거능과 SOD 유사활성(Table 6) 결과들은 생것보다 염장처리 된 성게 알에서 카로테노이드와 금속 킬레이터(metal chelators) 함량이 상대적으로 낮았음을 시사해주었다. 그럼에도 불구하고 염장처리 된 성게 알에서 총 환원력이 더 높게 나타난 것은, 염과 에탄올 처리에 의해 성게 알 내부에서 산화방지 활성을 지닌 새로운 물질이 생성되었거나 혹은 산화방지 활성을 지닌 전구물질들이 활성이 더 강한 형태로 전환되었을 가능성을 시사한다. 실제로 본 연구에서 염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 지용성 물질은 감소하고(Table 1) 수용성 고형물은 증가하여(Table 2) 저분자 물질이 생성되었음을 시사해주었다. 또한, 에탄올은 고분자 물질에 결합된 복합체 형태의 색소와 폴리페놀 등을 고분자로부터 유리시킬 수 있으므로(3), 염 처리 후 뒤이은 에탄올 처리는 성게 알 내부에 존재하는 결합형의 생리활성 물질들을 유리형으로 전환시켜 산화방지 활성 증가에 기여한 것으로 해석되었다(15).

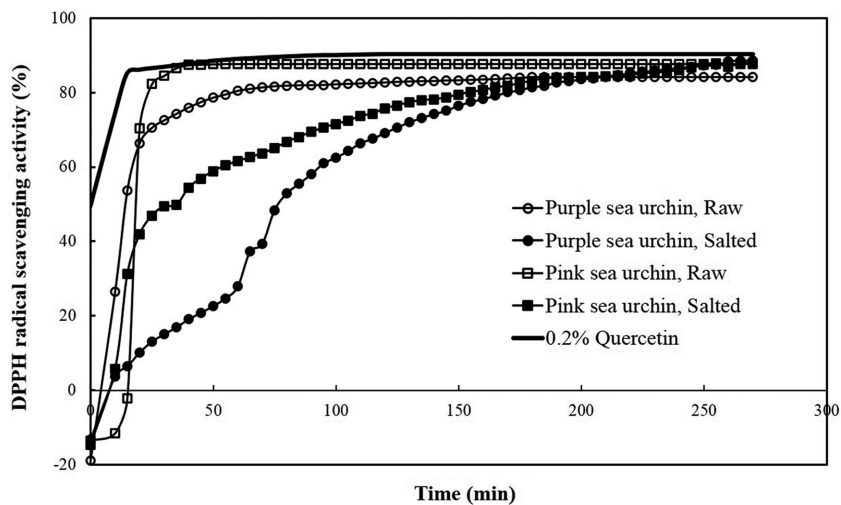


Fig. 2. Effect of salt-fermentation on the kinetics of DPPH radical scavenging activity in sea urchin roe. The relative standard deviation of triplicated measurements was <5%. Each spot on the graph corresponds to the average value of the triplicated measurements.

요 약

본 연구에서는 단백질과 지방질 및 카로테노이드가 풍부한 것으로 알려진 성게 알을 생것과 그 시판 형태인 염장처리 된 것으로 구분하여 이화학 특성 및 산화방지 활성을 비교 평가함으로써, 가공에 의한 성게 알의 변화를 탐색하고자 하였다. 본 실험에 사용된 염장처리 성게 알은 보라성게 알과 분홍성게 알 2종으로 생것을 정제염으로 처리한 후 탈수시키고, 뒤이어 살균과 응고 목적으로 에탄올을 처리하는 공정으로 제조되었다. 염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 수분($p<0.001$)은 유의적으로 낮고, 조회분($p<0.001$), 염도($p<0.05$) 및 소듐($p<0.001$) 함량은 유의적으로 높았다. 특히 소듐 함량이 생것에 비해 8배 가량 증가되어 소듐:포타슘 비율이 0.5-0.7에서 4.9-5.2로 7-10배 가량 증가되어 염장처리가 무기질 조성 측면에서는 부정적 영향을 미쳤다. 한편, 염장처리 된 성게 알은 에테르에 용해될 수 있는 소수성 물질들로 측정된 조지방 함량($p<0.05$)이 생것보다 유의적으로 낮았으며 상대적으로 수용성 고형물 함량은 높은 경향을 나타내어, 염장 중 발효에 의해 일부 저분자 물질이 생성되었을 가능성이 시사되었다. 또한, 생것에 비해 황색도와 적색도가 뚜렷이 감소하여 카로테노이드 색소의 감소를 시사해주었으며, 이에 따라 시간 경과에 따른 DPPH 라디칼 소거능 역시 염장처리 된 것이 더 낮았다. 생것과 비교할 때, 염장처리 된 것은 적정으로 측정된 총산 함량의 뚜렷한 차이 없이 급속 소거능이 유의적으로 낮았으며 ($p<0.05$), 이는 오쏘 페놀성 물질의 감소에 의한 것으로 일부 해석되었다. 또한, 전이금속의 전자이동 능력에 의해 $O_2^{\cdot-}$ 을 활성이 덜한 산소중으로 전환시키는 SOD 효소의 특성을 고려하면, 이 현상은 염장처리 된 성게 알에서 관찰된 상대적으로 높은 SOD 유사활성과도 연관될 수 있다. 염장처리 된 성게 알은 생것에 비해 유의적으로 높은 경도를 나타내었으며($p<0.05$), 페놀성 및 비페놀성 환원물질에 의한 총 환원력 역시 유의적으로 높았다 ($p<0.01$). 이는 염장처리 성게 알을 제조하는 공정 중 처리된 에탄올의 영향으로 보인다. 즉 에탄올에 의한 단백질 응고 작용으로 성게 알의 경도가 증가하였으며, 고분자에 결합되어 복합체 형태로 존재하는 색소와 폴리페놀 등이 에탄올 처리에 의해 고분자 물질로부터 유리됨으로써 성게 알의 총 환원력 증가에 기여한 것으로 해석되었다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음 (관리번호-220140132).

References

1. Lee SJ, Ha WH, Choi HJ, Cho SY, Choi JW. Hepatic detoxification and antioxidant activity in sea-urchin roe and ethanol extract of roe. Korean J. Fish Aquat. Sci. 43: 428-436 (2010)
2. Kalogeropoulos N, Mikellidi A, Nomikos T, Chiou A. Screening of macro- and bioactive microconstituents of commercial finfish and sea urchin eggs. LWT-Food Sci. Technol. 46: 525-531 (2012)
3. de Quirós ARB, López-Hernández J, Simal-Lozano J. Determination of carotenoids and liposoluble vitamins in sea urchin (*Paracentrotus lividus*) by high performance liquid chromatography. Eur. Food Res. Technol. 212: 687-690 (2001)
4. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 984.13. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1990)
5. Dinis TCP, Madeira VMC, Almeida MLM. Action of phenolic derivatives (acetoaminophen, salicylate and 5-amino salicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxyl radical scavengers. Arch. Biochem. Biophys. 315: 161-169 (1994)
6. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28: 25-30 (1995)
7. Kirby AJ, Schmidt RJ. The antioxidant activity of Chinese herbs for eczema and placebo herbs-I. J. Ethnopharmacol. 56: 103-108 (1997)
8. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Method Enzymol. 299: 152-178 (1999)
9. RDA. Food Composition Table. Rural Development Administration. Jeonju, Jeonbuk, Korea. pp. 320-322 (2007)
10. Lee SU, Lee HY, Kim SH, Kim DJ. Changes in physicochemical composition of sea urchin roe by steaming treatment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 550-560 (2012)
11. Lee HS, Duffey KJ, Popkin BM. Sodium and potassium intake patterns and trends in South Korea. J. Hum. Hypertens. 27: 298-303 (2013)
12. MFDS. Food Code. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea pp. 63-64 (2011)
13. Kim JS, Shahidi F, Heu MS. Characteristics of salt-fermented sauces from shrimp processing byproducts. J. Agr. Food Chem. 51: 784-792 (2003)
14. McClements DJ, Decker EA. Lipids. pp. 155-216. In: Food Chemistry. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (eds). CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2008)
15. Xu G, Ye X, Chen J, Liu D. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. J. Agr. Food Chem. 55: 330-335 (2007)