

김(*Porphyra tenera*)의 조리방법에 따른 아미노산, 무기질, 중금속 함량 분석

황 은 선

한경대학교 영양조리학과 및 한국 전통식품 글로벌센터

Composition of Amino Acids, Minerals, and Heavy Metals in Differently Cooked Laver (*Porphyra tenera*)

Eun-Sun Hwang

Dept. of Nutrition and Culinary Science and Korean Foods Global Center,
Hankyong National University, Gyeonggi 456-749, Korea

ABSTRACT Laver, a red algae belonging to the genus *Porphyra tenera*, is one of the most widely consumed edible seaweeds in Korea, China, and Japan. Lavers are usually consumed in dried, roasted, and seasoned forms to improve their palatability. We evaluated the composition of amino acids, minerals, and trace heavy metals in these three differently cooked forms of laver. The moisture and ash contents of three differently cooked lavers ranged from 1.49~9.69% and 6.07~10.31%, respectively. The crude protein and lipid content ranged from 17.24~36.88% and 0.52~42.42%, respectively. Dried laver was found to be a good source of amino acids such as taurine, alanine, and glutamic acid (871.10 mg, 833.53 mg, and 719.77 mg per 100 g dry weight, respectively). Laver was a good source of macro and micro minerals such as K, Ca, Mg, Na, P, I, and Fe, although laver more extensively cooked (roasted and seasoned) contained less minerals compared to the dried form. Mercury levels in the three differently cooked forms of laver were all less than 100 ng/g dry weight (the limit of detection with our methodology). The levels of arsenic were the most abundant elements in the differently cooked laver. There was a clear variation, depending on the cooking process, in terms of amino acid, mineral, and trace metal contents of laver.

Key words: dried laver, cooking, proximate composition, amino acid, mineral, heavy metal

서 론

김(laver)은 보라털목 보라털과 김속에 속하는 홍조류로 해우, 해의(海衣), 해태(海苔)라고도 부르며 우리나라, 중국, 일본 등지에서 널리 소비되고 있는 해조류이다(1). 김은 생산되는 기간이 겨울철로 한정되어 있기 때문에 생김은 무침이나 조림의 형태로 생산지에서 일부 조리예 이용되고 있으나 소비되는 양은 그리 많지 않다. 1990년대 이전까지는 생김을 일정한 크기의 얇은 낱장 형태로 말린 마른김이 널리 유통 소비되어 왔다(2). 그러나 마른 김은 수분함량이 10% 정도로서 변질이 쉬워 2차 가공으로 수분함량을 5% 이하의 수준으로 낮춘 건조김과 건조김을 다시 식염, 식용유 등을 첨가하여 구운 조미김의 생산량이 늘어가고 있는 추세이다(2).

김에는 다양한 단백질, 탄수화물, 아미노산, 섬유질, 타우린, porphyran, β -carotene 등이 풍부한 것으로 알려져 있다(3,4). 김의 섭취는 당뇨, 비만, 고혈압, 심장질환 및 암과 같은 다양한 만성질환의 위험을 감소시킬 수 있다는 보고가 있다(5-7). 김을 비롯한 해조류의 세포벽 성분인 다당류와

단백질은 anionic carboxyl, sulphate, phosphate group을 함유하고 있으며, 이들은 금속이온과 무기질을 잘 흡착하는 성질을 가지고 있다. 따라서 김에는 육식식물에 비해 칼슘, 마그네슘, 요오드, 철 및 아연 등 필수 미량원소들을 다량 함유되어 있다(8,9). 그러나 김이 서식하는 해안 및 연안 지역의 온도, 염도, 탁도, 영양성분 함량 및 중금속 오염도 등과 같은 환경요인에 따라 김이 서식하면서 흡수하는 중금속의 종류 및 함량이 달라진다(10-12). 최근에는 환경오염, 산업 폐수, 자연재해 등으로 중금속에 오염된 해양환경이 증가함에 따라 인체에 유해한 비소, 납, 카드뮴 등의 중금속도 축적될 수 있다고 보고되고 있다(13-15).

최근 정부에서는 김을 10대 수출 전략품목으로 선정하여 세계 시장 선점을 위한 육성계획을 세우고, 김에 대한 국제 표준규격을 2010년 아시아식품규격위원회에 제안했다. 또한 2011년 제34회 국제식품규격위원회(CODEX) 총회에서 전 세계 184개 회원국의 동의를 얻어 김의 표준규격을 제정하기로 결정되었다(16). 이에 따라 우리나라는 향후 김의 국제규격 제정 과정에서 제안국으로서 주도적으로 참여할 수 있으며, 김의 국제규격이 국내 기준과 최대한 동일하게 마련되도록 유도함으로써 김의 세계 수출시장 유지 및 개척에 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

김은 생김보다는 주로 마른김, 구운김 및 조미김의 형태로 소비되는데 현재까지 발표된 논문들은 주로 생김의 일반 성분, 특수성분 분석, 이화학적 특성 등에 대한 연구가 대부분으로 조리방법에 따른 변화를 탐색한 연구는 거의 되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 주로 소비되는 김의 형태인 마른김, 구운김 및 조미김의 일반성분, 아미노산, 무기질 및 중금속 함량의 변화를 측정하여 조리과정 중의 화학적인 성분 변화를 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 김은 2012년 12월 완도의 양식장에서 채취된 물김(*Porphyra tenera*)을 가공공장에서 건조 및 화입 하여 마른김으로 가공한 후 속 단위(100장)로 포장한 것을 직접 구입하였다. 아미노산 분석을 위한 표준시료 및 ninhydrin은 Pickering Laboratories Inc.(Mountain View, CA, USA)에서 구입하였다. 각 중금속 표준원액은 Accu Standard 사(New Haven, CT, USA)로부터 2~3% HNO₃에 1,000 ppm 농도로 용해되어 있는 제품을 구입하여 사용하였다. 그 외 시약들은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)과 Junsei Chemical Co., Ltd.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 조미김 제조에 사용한 참기름(CJ CheilJedang, Incheon, Korea)과 소금(Sajo, Incheon, Korea)은 시판품을 구입하여 사용하였다.

김 시료 조리

김 시료의 조리방법은 가정에서 일상적으로 조리하는 방법을 그대로 재현하고자 하였다. 불에 가열한 프라이팬에 기름을 두르지 않고 마른김(dried laver)을 1장씩 약 5초간 타지 않게 앞뒤로 구운 것을 '구운김(roasted laver)' 시료로 하였고, 마른 김에 1 tea spoon의 참기름을 바르고 식용소금을 0.1 g을 뿌려서 잘 스며들도록 한 후에, 기름을 두르지 않고 가열한 프라이팬에서 약 5초간 타지 않게 앞뒤로 구운 것을 '조미김(seasoned laver)' 시료로 하였다.

일반성분 분석

일반성분은 AOAC official method(17)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법에 따라 105°C에서 건조하여 수분 함량을 구하였다. 회분은 550°C에서 회화하여 회분 함량을 구하였으며, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로, 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다.

아미노산 분석

아미노산 함량 분석은 Grunau와 Swiader(18)의 방법을 본 실험에 맞게 변형하여 사용하였다. 시료 10 g을 70% ethanol 150 mL로 80°C에서 2시간 동안 3회 추출하였다. 지용성 성분을 제거하기 위하여 hexane을 첨가하여 다시

추출한 후 hexane 분획을 제거하고, 수층을 45°C에서 감압 농축 하였다. Uriprep(Waterbury, CT, USA)에 시료를 농축하고 50 mL 메스플라스크에 정용하여 원심분리 한 후 0.2 µm syringe filter로 여과하였다. Lithium diluent(pH 2.36)로 약 40배 희석 후 10 µL의 시료를 Agilent 1100 Series(Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)에 injection 하였다. 아미노산 분석을 위해 cation exchange column(3×250 mm, 8 µm, Pickering Laboratories Inc.)과 PINNACLE PCX reactor(Pickering Laboratories Inc.)를 사용하였으며 0.3 mL/min의 유속으로 분석하였다. Column과 reactor 온도는 각각 40°C와 130°C로 유지하면서 분석하였다.

무기질 및 중금속 함량 분석

무기질 및 중금속 함량 분석은 Kim 등(19)의 방법을 본 실험에 맞게 변형하여 사용하였다. 약 0.5 g의 시료를 취하여 비커에 넣고 질산(HNO₃)을 일정량 첨가하여 watch glass에 넣은 후, 50°C hot plate 위에서 5시간 이상 반응시키면서 노란색을 띠는 맑은 용액이 될 때까지 분해시켰다. Watch glass를 열어 산에 의해 분해된 시료를 깨끗이 헹구 비커에 넣고 증발시켰다. 증발시킨 산의 농도가 1~5%가 되도록 증류수로 희석해가며 약 50 g의 시료액을 조제하였다. 각 시료 중에 함유되어 있는 Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Ti는 inductively coupled plasma atomic emission spectrometer(ICP-AES, JY Ultima2C, Jobin Yvon, France)로 분석하였고, 그 외 무기질은 inductively coupled plasma mass spectrometer(ICP-MS, ELAN DRC II, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 무기질 분석을 위한 각 원소별 흡수파장은 다음과 같다. Ca 393.366 nm; Fe 259.940 nm; K 766.490 nm; Mg 279.553 nm; Na 589.592 nm; P 214.914 nm; Ti 336.121 nm.

김에 함유되어 있는 중금속(수은, 납, 카드뮴, 비소) 함량은 ICP-AES를 이용하여 분석하였다. 각 중금속 표준원액을 2% HNO₃ 용액으로 희석하여 검량선 작성에 사용하였다.

통계분석

모든 결과는 3회 반복실험에 대한 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타내었다. 실험결과에 대한 통계 처리는 SPSS software package(version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

김의 일반성분 분석

마른김, 구운김 및 조미김의 일반성분 분석결과는 Table

Table 1. Proximate composition of different cooked laver

	Moisture	Ash	Crude protein	Crude lipid
Dried laver	9.69±1.99 ^{a1)}	10.31±0.19 ^a	36.83±0.72 ^a	0.73±0.04 ^a
Roasted laver	3.66±0.25 ^b	9.07±0.29 ^a	36.88±0.89 ^a	0.52±0.02 ^a
Seasoned laver	1.49±0.48 ^c	6.07±0.17 ^b	17.24±0.56 ^b	42.42±1.21 ^b

¹⁾Data are the mean±SD from three separate experiments.

^{a-c}Values with the same superscripts in each column are not significantly different at $P<0.05$.

1과 같다. 김의 수분함량은 조리방법 별로 각기 다르게 나타났으며, 구운김과 조미김에서는 수분, 회분, 단백질 함량이 전반적으로 감소하였다. 마른김의 수분함량은 9.69%였으며, 구운김의 수분함량은 3.66%로 나타났다. 구운김은 마른김에 비해 굽는 과정을 한 번 더 거치면서 수분함량이 감소한 것으로 사료된다. 마른김의 수분함량은 한국산업규격(20)의 평균 수분함량인 9.96%와 비슷하였고, 가이드라인으로 제시한 12.0% 이하에도 부합하였다. 조미김의 수분함량은 1.49%로 마른김과 구운김에 비해 낮았는데 이는 조미김에는 다량의 기름 성분이 함유되어 있기 때문으로 사료된다. 본 결과에서 얻은 조미김의 수분함량도 식품공전에서 제시한 7.0% 이하 및 한국산업규격(20)에서 제시한 2.5% 이하 조건에 모두 부합하였다.

마른김과 구운김의 회분함량은 각각 10.3%와 9.07%로 나타났다. 한국산업규격(20)에서 제시하는 건조김의 회분함량은 특급이 9.0% 이하, 고급이 9.5% 이하로 본 연구에서 분석한 시료들은 모두 이 조건에 부합하였다. 조미김의 회분함량은 6.07%로 마른김과 조미김에 비해 낮게 나타났다.

조단백질 함량은 17.24~36.88%로 가공방법별로 차이를 나타냈다. 마른김과 구운김의 조단백질 함량은 각각 36.83%와 36.88%로 비슷한 함량을 보였고, 이는 한국산업규격(20)(특급 37% 이상, 고급 32% 이상)과 식품성분표(35.6%)에서 제시한 조단백 함량보다 다소 높은 수치를 보였다. 조미김의 조단백질 함량은 17.24%로 마른김과 구운김에 비해 낮은 수치를 보였다. 마른김의 조지방 함량은 0.73%였고 구운김은 이보다 낮은 0.52%로 나타났다. 조미

김의 조지방 함량은 42.42%로 마른김이나 구운김에 비해 매우 높았다. 이는 조미김 제조를 위해 첨가한 다량의 기름에 의한 것으로 사료된다.

김의 아미노산 함량 분석

김의 조리방법에 따른 아미노산 함량은 Table 2와 같다. 마른김에서는 13종의 아미노산이 검출되었으나 구운김과 조미김에서는 검출된 아미노산의 종류가 적었다. 마른김에서는 taurine, alanine, glutamic acid의 함량이 높았으며 그 외에도 aspartic acid, asparagine, citrulline, isoleucine, alanine 등이 검출되었다. 마른김에는 감칠맛을 나타내는 아미노산(glutamic acid, aspartic acid)과 단맛을 나타내는 아미노산(alanine, glycine, serine, threonine)이 다량 함유되어 김 특유의 맛에 기여하는 것으로 사료된다. 그러나 김을 불에 굽거나 기름과 소금을 가미하여 굽는 과정을 거치면서 마른김에 함유되어 있던 아미노산들의 함량이 감소하거나 파괴되는 것으로 나타났다. 마른김에서는 중량 100 g당 asparagine, citrulline, valine, glycine이 각각 86.41 mg, 41.98 mg, 29.44 mg, 18.77 mg이 검출되었으나, 구운김에서는 이들 아미노산이 검출되지 않았다. 조미김에서는 taurine, aspartic acid, serine, asparagine, glutamic acid, alanine, valine의 함량이 마른김에 비해 감소하였고, glycine, citrulline, isoleucine 등은 검출되지 않았다.

마른김, 구운김, 조미김 모두에서 taurine 함량이 높았으며, 조미김에 비해 마른김과 구운김에 taurine이 다량 함유된 것으로 나타났다. Lee 등(21)에 따르면 김의 아미노산

Table 2. Amino acid content of laver (*Porphyra tenera*) by different cooking method

	Dried laver	Roasted laver	Seasoned laver
Taurine	871.10±25.41 ^{a1)}	955.91±19.52 ^a	563.70±13.57 ^b
Aspartic acid	89.80±5.98 ^a	98.78±6.58 ^a	59.38±7.26 ^b
Threonine	18.92±1.25 ^a	26.42±3.41 ^{ab}	24.39±3.51 ^{ab}
Serine	20.26±1.58 ^a	28.05±2.57 ^{ab}	19.71±1.02 ^a
Asparagine	86.41±4.51 ^a	— ²⁾	66.69±3.47 ^a
Glutamic acid	719.77±16.24 ^a	889.51±14.85 ^a	445.97±10.32 ^b
Glycine	18.77±1.30 ^a	—	—
Alanine	833.53±16.95 ^a	948.96±20.14 ^a	548.94±11.23 ^b
Citrulline	41.98±8.54 ^a	—	—
Valine	29.44±3.60 ^a	—	6.01±0.27 ^b
Isoleucine	37.92±3.58 ^a	—	—
Leucine	29.75±4.20 ^a	—	—
γ-Aminobutyric acid	29.87±3.16 ^a	—	—

¹⁾Data are the mean±SD from three separate experiments. ²⁾—: Not detected.

^{a,b}Values with the same superscripts in each row are not significantly different at $P<0.05$.

함량은 가공방법, 재배지역, 생육장소, 해황 등에 따라 차이가 있다고 보고하고 있으나, 본 연구와 비교할 수 있는 조리방법에 따른 김의 아미노산 함량 분석에 관한 선행 연구는 없었다. Taurine은 aminosulfonic acid의 일종으로 면역증강, 해독작용 및 콜레스테롤 대사에 관여하여 LDL 콜레스테롤 함량을 감소시키고 HDL 콜레스테롤 함량을 증가시키는 것 등 우리 몸에 좋은 작용이 있는 것으로 알려져 있다(22,23).

Park 등(24)은 전남 장흥에서 양식된 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)을 1~4월에 채취하여 건제품을 제조한 후 아미노산 함량을 분석하였다. 시료의 채취시기에 따라 아미노산의 종류 및 함량이 다르게 나타났으며, 1월에 채취한 김에서는 단맛을 나타내는 아미노산이 가장 많이 검출되었다. 또한 2월에 채취한 김에서는 감칠맛을 나타내는 아미노산 함량이 가장 높았으며, 3월에 채취한 김에서는 쓴맛을 나타내는 아미노산 함량이 가장 높았다. 건제품은 생김에 비해 가공과정 중에 glutamic acid, tyrosine, arginine, valine 등을 포함하여 약 49.8%의 결합아미노산이 감소하였고, alanine, aspartic acid, phosphoserine 등은 소실되었다고 보고하였다.

아미노산 함량은 해조류의 종류 및 재배지역, 계절 등에 따라 차이가 있으며, 특히 김을 비롯한 홍조류는 합합 아미노산 함량이 녹조류에 비해 높은 것으로 알려져 있다(25, 26). 해조류의 총 아미노산 함량은 건물 중량 100 g당으로 볼 때, 녹조류(6.30 g)에 비해 홍조류(16.2~17.3 g)에서 약 2배 이상 더 높은 것으로 보고되고 있다(27).

김의 무기질 함량 분석

조리방법에 따른 다량 무기질 함량 분석 결과는 Table 3과 같다. 마른김에 다량 함유된 무기질은 칼륨, 인, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 순으로 나타났다. 마른김은 구운김과 조미김에 비해 칼슘과 칼륨 함량이 높았고 굽는 조리과정을 거치면서 이들 무기질 함량이 감소하였다. 조미김에서의 나

트륨 함량은 시료 1 g당 13,320 mg으로 마른김과 구운김에 비해 월등히 높게 나타났는데 이는 조미김에 첨가한 소금에 의한 것으로 사료된다. 마른김에 함유된 미량 무기질은 시료 1 g당 아연(45.12 mg), 망간(28.03 mg), 구리(6.49 mg), 요오드(1.78 mg), 철(0.12 mg), 코발트(0.12 mg) 순으로 나타났다. 특히 마른김에서는 아연, 니켈, 코발트 함량이 구운김과 조미김에 비해 높았다. 아연은 구운김과 조미김에서 각각 24.33 mg과 18.37 mg이 검출되었으며, 이는 마른김에 비해 구운김과 조미김에서 니켈 함량이 0.5배 및 0.4배 감소한 수치였다. 니켈은 구운김과 조미김에서 각각 0.35 mg과 0.26 mg이 검출되었으며, 이는 마른김에 비해 구운김과 조미김에서 니켈 함량이 0.7배 및 0.5배 감소한 수치였다. 구운김과 조미김에서는 코발트 함량이 0.1 mg 이하로 검출되었다.

Mok 등(25)은 생김과 마른김의 무기질 함량을 분석 비교한 연구에서 마른김은 생김에 비해 무기질 함량이 낮는데, 이는 마른김 제조 중에 수용성 무기질의 일부가 가공용수에 용해되어 손실되었기 때문이라고 보고하고 있다. 선행연구(13,26)에 의하면 건조된 김은 마그네슘, 아연, 망간, 구리, 니켈 등 다양한 무기질을 함유하고 있으며 특히 마그네슘과 아연의 함량은 김의 품질과 상관관계가 있다고 밝히고 있다(26).

조리 및 가공과정은 해조류의 주요 영양성분 조성 및 체내 이용률에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. Moreda-Piñeiro 등(27)은 김, 다시마, 미역 등 가공하지 않은 해조류와 이들을 통조림으로 가공한 제품의 무기질 및 미량 중금속(Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, V, Zn) 함량을 분석 비교하였다. 이들의 결과에 따르면 통조림으로 가공된 해조류에서 생것인 해조류에 비해 무기질 함량이 감소한다고 보고하였다. 김은 조리예 의해 무기질 함량이 전반적으로 감소하는 경향이 있으나, 건조김, 구운김 및 조미김 모두 다른 식품에 비해 무기질 함량이 풍부하고 체내 대사를 위해 필요한 구

Table 3. Mineral content of laver (*Porphyra tenera*) by different cooking method (mg/g dry weight)

	Dried laver	Roasted laver	Seasoned laver
Macro mineral			
Ca	4,976±4.27 ^{a1)}	2,202±10.17 ^b	2,037±5.11 ^b
K	31,210±14.67 ^a	29,540±15.14 ^a	28,800±21.49 ^b
Mg	3,855±5.22 ^a	4,886±7.30 ^a	3,934±10.22 ^b
Na	3,836±5.58 ^a	11,040±18.20 ^b	13,320±12.09 ^c
P	7,608±6.89 ^a	8,814±7.90 ^{ab}	6,701±9.48 ^b
Micro mineral			
Mn	28.03±0.03 ^a	38.92±0.26 ^a	12.11±0.17 ^b
Co	0.12±0.02 ^a	<0.10 ^b	<0.1 ^b
Fe	0.12±0.02 ^a	0.18±0.01 ^{ab}	0.14±0.05 ^a
Ni	0.50±0.03 ^a	0.35±0.06 ^{ab}	0.26±0.03 ^b
Cu	6.49±0.07 ^a	6.11±0.08 ^a	4.71±0.06 ^b
Zn	45.12±0.19 ^a	24.33±0.22 ^b	18.37±0.09 ^c
I	1.78±0.09 ^a	1.95±0.12 ^a	1.32±0.03 ^b

¹⁾Data are the mean±SD from three separate experiments.

^{a-c}Values with the same superscripts in each row are not significantly different at $P<0.05$.

Table 4. Heavy metal content of laver (*Porphyra tenera*) by different cooking method (ng/g dry weight)

	Dried laver	Roasted laver	Seasoned laver
Hg	<100 ^{a1)}	<100 ^a	<100 ^a
Pb	365±1.11 ^a	290±1.12 ^a	<100
Cd	1,892±1.45 ^a	1,221±3.30 ^b	690±2.19 ^c
As	24,348±6.72 ^a	24,407±7.44 ^a	43,159±4.40 ^b

¹⁾Data are the mean±SD from three separate experiments.

^{a-c}Values with the same superscripts in each row are not significantly different at $P<0.05$.

리, 아연, 망간 등의 미량 무기질을 골고루 갖춘 우수한 식품으로 사료된다.

김의 중금속 함량 분석

ICP-AES를 이용하여 김에 함유되어 있는 중금속(수은, 납, 카드뮴, 비소) 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 마른김, 구운김 및 조미김에서의 개별 중금속 함량은 비소>카드뮴>납>수은 순으로 높게 나타났다. 중금속 함량은 구운김에서의 비소 함량을 제외하고는 조리과정을 거치면서 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 수은 함량은 마른김, 구운김, 조미김 모두에서 100 ng 이하로 나타났다. 우리나라의 경우 수산물에 대한 중금속 허용기준은 어류, 연체류 및 패류에 대해서만 설정되어 있을 뿐 해조류에 대한 기준은 아직 설정되어있지 않다(28). 국내 식품오염물질 기준규격 현황(29)에서 제시된 모든 품종에 대한 수은 함량은 1 g당 0.5 mg으로 본 결과에서 나타난 수은함량은 국내 식품오염물질 기준 규격과 비교하면 안전한 수준임을 알 수 있다. 마른김, 구운김 및 조미김에서의 납 함량은 시료 1 g당 256~505 ng으로 역시 국내 식품오염기준규격의 어패류 기준인 0.5~2.0 mg과 비교할 때 안전한 수준으로 사료된다. 마른김과 구운김 중의 카드뮴 함량은 시료 1 g당 각각 1.89 mg과 1.22 mg으로 조미김(0.69 mg)에 비해 다소 높게 나타났다. 이는 국내 식품오염물질 기준규격 현황(29)에서 제시한 카드뮴의 허용기준인 시료 1 g당 2.0 mg보다 낮은 수준인 것으로 나타났다. 비소의 경우 마른김, 구운김, 조미김 모두에서 다른 중금속에 비해 그 함량이 높게 나타났다. 마른김에서는 시료 1 g당 24.35 mg이었고 구운김에서는 다소 증가한 24.41 mg이었다가 조미김에서는 43.16 mg으로 나타났다. 국내 식품오염물질 기준 규격에서는 비소에 대한 수산물 기준이 설정되어 있지 않다.

비소, 수은, 납, 카드뮴 등은 생물체에 대한 잠재적인 독성을 지니고 있어 많은 관심이 집중되고 있는 중금속들이다(30). 해조류에 대한 중금속 기준의 설정 여부는 각 국가마다 다양하다. 유럽연합 국가들에서는 식품산업에서 첨가제로 이용하는 해조류에 대해서는 비소, 수은, 카드뮴, 납의 허용 상한선이 설정되어 있으나 가공하지 않은 해조류에 대한 기준을 설정되어 있지 않다(31). 반면에 프랑스의 경우는 식용하는 해조류에 대한 중금속 기준은 시료 1 g당 납, 요오

드, 주석 <5 mg, 카드뮴 <0.5 mg, 수은 <0.1 mg, 무기비소 <3 mg이 설정되어 있다(32-34).

Mok 등(13)은 국내 연안에서 수집한 생김의 중금속 함량은 채취한 지역에 따라 차이를 나타냈으며 개별 중금속의 경우, 수은, 카드뮴, 납 함량은 각각 건물 중량당 0~0.01 µg, 0~0.518 µg 및 0~1.96 µg으로 보고하였다. 국립수산과학원의 조사에 따르면 김은 다른 해조류에 비해 카드뮴과 아연을 많이 농축하는 것으로 나타났다(35). 해조류는 종에 따라 미량 무기질 및 중금속 함량이 다른데 이는 종에 따른 외형적인 형태구조뿐 아니라 세포의 구성물질, 동화생산물 등에 차이가 있기 때문에 나타나는 현상으로 김은 다른 해조류에 비해 카드뮴 함량이 높은 것으로 보고되어 있다(13,36). Garcia-Sartal 등(31)은 김(Nori) 5 g에 증류된 초순수 물 300 mL를 첨가하여 15분간 가열한 결과 생김에 비해 비소 함량이 생김의 건물 중량당 41.9 µg에서 8.97 µg으로 감소하는 것을 확인하였다. 일반적으로 중금속은 조리과정을 거치면서 해조류 조직으로부터 이탈하여 조리수로 용출되는 것으로 사료된다.

요 약

완도에서 생산된 물김(*Porphyra tenera*)을 가공공장에서 마른김으로 가공한 것을 직접 구입하여 구운김 및 조미김으로 조리한 후, 마른김, 구운김 및 조미김의 일반성분, 아미노산, 무기질 및 중금속 함량의 변화를 측정하여 조리과정 중의 화학적인 성분 변화를 탐색하였다. 김의 수분함량은 조리 방법 별로 각기 다르게 나타났으며, 그냥 굽거나 조미하여 굽는 과정을 거치면서 수분, 회분, 조단백질 함량이 전반적으로 감소하였다. 조지방은 마른김보다는 구운김에서 함량이 낮았으나 조미김에서는 첨가한 참기름의 영향으로 그 함량이 42.42%까지 급격히 증가하였다. 마른김에서는 taurine, alanine, glutamic acid 등 13종의 아미노산이 검출되었고 감칠맛과 단맛을 나타내는 아미노산을 함유하고 있어 김 특유의 맛과 향미에 기여하는 것으로 사료된다. 김을 불에 굽거나 기름과 소금을 가미하여 굽는 과정을 거치면서 마른김에 함유되어 있던 아미노산들의 함량이 감소하거나 파괴되는 것으로 나타났다. 마른김에는 칼륨, 인, 칼슘, 마그네슘 등의 다량 무기질과 망간, 아연, 구리, 요오드, 철, 코발트 등의 미량 무기질이 함유되어 있었다. 구운김과 조미김은 마른김에 비해 칼슘과 칼륨 함량이 낮았고 굽는 조리과정을 거치면서 무기질 함량이 감소하는 경향이 있으나, 건조김, 구운김 및 조미김 모두 다른 식품에 비해 무기질이 풍부한 것으로 나타났다. 마른김, 구운김 및 조미김에서의 개별 중금속 함량은 비소>카드뮴>납>수은 순으로 높게 나타났다. 중금속 함량은 구운김에서의 비소 함량을 제외하고는 조리과정을 거치면서 전반적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 어패류에 대해 설정된 국내 식품오염물질 기준규격에 비추어 볼 때, 본 시료에 함유된 납, 수은, 카드뮴 함량은 기준규격

이하로 인체에 해가 없을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 한식세계화용역연구사업(한식 우수성·기능성 연구, 911051-1)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다. 시료분석에 도움을 주신 한국기초과학지원연구원 서울센터 및 경북바이오산업 연구원 분석팀에 감사드립니다.

REFERENCES

- Jimenez-Escrig A, Goni CI. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch Latinoam Nutr* 49: 114-120.
- Ock YS. 2010. Some schemes for the sustainable development of Korean laver industry. *J Fisheries Busin Admin* 41: 25-43.
- Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HR, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed. 1. Changes in proximate composition and trace element according to the harvest season and place. *J Kor Fish Soc* 28: 49-59.
- Galland-Irmouli AV, Fleurence J, Lamghari R, Luçon M, Rouxel C, Barbaroux O, Bronowicki JP, Villaume C, Guéant JL. 1999. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmariapalmata* (Dulse). *J Nutr Biochem* 10: 353-359.
- Dawczynski C, Schubert R, Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fiber in edible seaweed products. *Food Chem* 103: 891-899.
- Gupta S, Abu-Ghannam N. 2011. Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. *Innov Food Sci Emerg Technol* 12: 600-609.
- Larsen R, Eilertsen K-E, Elvevoll EO. 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnol Advan* 29: 508-518.
- Rupérez P. 2002. Mineral content of edible marine seaweed. *Food Chem* 79: 23-26.
- Davis TA, Volesky B, Mucci A. 2003. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Res* 37: 4311-4330.
- Lozano G, Hardisson A, Gutierrez AJ, Lafuente MA. 2003. Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Island. *Environ Int* 28: 627-631.
- Riekie GJ, Williams PN, Raab A, Meharg AA. 2006. The potential for kelp manufacture to lead to arsenic pollution of remote Scottish islands. *Chemosphere* 65: 332-342.
- Marinho-Soriano E, Fonseca PC, Carneiro MAA, Moreira WSC. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Biores Technol* 97: 2402-2406.
- Mok JS, Park HY, Kim JH. 2005. Trace metal contents of major edible seaweeds and their safety evaluation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1464-1470.
- MacArtain P, Gill CIR, Brooks M, Campbell R, Rowland IR. 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutr Res* 65: 535-543.
- de la Rocha SR, Sánchez-Muniz FJ, Gómez-Juaristi M, Marín MTL. 2009. Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method. *J Food Compos Anal* 22: 330-336.
- MiFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2011. Project document for new work on a standard for laver products.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 788.
- Grunau JA, Swiader JM. 1992. Chromatography of 99 amino acids and other ninhydrin-reactive compounds in the Pickering lithium gradient system. *J Chromatography A* 594: 165-171.
- Kim AK, Cho SJ, Kwak JE, Kum JY, Kim IY, Kim JH, Chae YZ. 2012. Heavy metal contents and safety evaluation of commercial salts in Seoul. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 129-135.
- Korean Industrial Standards (KS). 2004. Dried laver (H6025).
- Lee HJ, Choi JI, Choi SJ. 2012. Physiological activities and amino acid compositions of Korean dried laver *Porphyra* products. *Kor J Fish Aquat Sci* 45: 409-413.
- Sugiyama K, Kanamori H, Takeuchi H. 1992. Effect of cholesterol-loading on plasma and tissue levels in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 56: 676-677.
- Mochizuki H, Oda H, Yokogoshi H. 1998. Increasing effect of dietary taurine on the serum HDL-cholesterol concentration in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 578-579.
- Park CH, Park CH, Park JN. 2001. Extractive nitrogenous constituents of dried laver, *Porphyra yezoensis*. *J Korean Fish Soc* 34: 394-402.
- Mok JS, Lee TS, Son KT, Song KC, Kwon JY, Lee KJ, Kim JH. 2011. Proximate composition and mineral content of laver *Porphyra yezoensis* from the Korean coast. *Kor J Fish Aquat Sci* 44: 554-559.
- Lee JH, Han B, Lee KH. 1974. The relation between quality and content of zinc and magnesium in dried laver, *Porphyra tenera* Kjellman. *J Korean Fish Soc* 7: 63-68.
- Moreda-Piñeiro A, Peña-Vazquez E, Bermejo-Barrera P. 2012. Significance of the presence of trace and ultratrace elements in seaweed. In *Handbook of Marine Macroalgae*. Kim SK, ed. John Wiley & Sons, Ltd, Hoboken, UK. p 116-170.
- KFDA (Korea Food and Drug Administration). 2004. *Food Code*. p 623.
- Report of the Standard for Food Contaminant in Korea. 2008. Korea Food and Drug Administration.
- Subba Rao PV, Mantri VA, Ganesan K. 2007. Mineral composition of edible seaweed *Porphyra vietnamensis*. *Food Chem* 102: 215-218.
- Garcia-Sartal C, Barciela-Alonso MC, Moreda-Piñeiro A, Bermejo-Barrera. 2013. Study of cooking on the bioavailability of As, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Se and Zn from edible seaweed. *Microchem J* 108: 92-99.
- Besada V, Andrade JM, Schultze F, González JJ. 2009. Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *J Mar Syst* 75: 305-313.
- Almela C, Jesús Clemente, Vélez D, Montoro R. 2006. Total arsenic, inorganic arsenic, lead and cadmium contents in edible seaweed sold in Spain. *Food Chem Toxicol* 44: 1901-1908.
- Moreda-Piñeiro J, Moreda-Piñeiro A, Romarís-Hortas V, Domínguez-González R, Alonso-Rodríguez E, López-Mahís P, Muniategui-Lorenzo S, Prada-Rodríguez D, Bermejo-Barrera P. 2012. Trace metal in marine foodstuff: bioavailability estimation and effect of major food constituents. *Food Chem* 134: 339-345.

35. NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2001. NFRDI Research Project Report. p 365-377.
36. Ishii T, Suzuki H, Koyanagi T. 1978. Determination of trace elements in marine organisms—I. Factors for variation of concentration of trace elements. *Bull Japan Soc Sci Fish* 44: 155-162.