

원산지별 김의 일반성분 및 무기질, 아미노산 함량 비교^{1a}

정상목² · 강슬기² · 이한주² · 손지수² · 전재혁² · 신현웅^{2*}

Proximate Composition and Mineral content, Amino acid of Laver based on Culture Areas^{1a}

Sang-Mok Jung², Seul-Gi Kang², Han-Joo Lee², Ji-Su Son², Jae-Hyuk Jeon², Hyun-Woung Shin^{2*}

요약

본 연구는 지역별로 생산되는 김의 일반성분, 무기질, 아미노산 성분함량 측정하여 비교분석하고자 하였다. 지역 구분은 한국의 전남, 중국의 강소성, 일본 아리아케 지역에서 생산되는 방사무늬김(*Pyropia yezoensis*)을 대상으로 일반성분은 AOAC 방법으로 분석하였으며, 무기물은 ICP-분광분석기, 아미노산은 아미노산 분석기로 정량정성 분석하였다. 분석 결과 한국, 중국, 일본의 일반성분 함량의 범위에서 수분은 8.13±0.38 % 조단백은 37.25±1.15 % 조지방은 2.12±0.27 % 회분은 7.41±0.36 % 탄수화물 45.06±1.30 %을 확인하였고, 총 무기질 함량은 한국 28300.19±76.39 ppm, 중국 13945.63±7.73 ppm, 일본 12262.485±4.38 ppm으로 한국이 가장 높았으며, 총 아미노산의 경우 한국 265.28±0.38 mg g⁻¹, 중국 209.19±0.19 mg g⁻¹, 일본 157.61±0.43 mg g⁻¹으로 나타났다. 원산지별 연안생태환경에 따라 일반성분 및 무기질, 아미노산 함량의 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 향후 다양한 국가에서 생산되는 김에 대한 연구 기초자료로 활용될 수 있다고 사료된다.

주요어 : 홍조류, 탄수화물, 방사무늬 김

ABSTRACT

Pyropia yezoensis were sampled from Jeonnam in Korea, Jiansu in China and Saga in Japan. Sampled *P. yezoensis* were analyzed proximate composition by Association official Analytical Chemists(AOAC) method, minerals by ICP-OES and amino acid by amino acid analyzer. Three areas resulted that contents of moisture and crude protein were 8.13±0.38% and 37.25±1.15%, and crude lipid, ash and carbohydrate were 2.12±0.27%, 7.41±0.36% and 45.06±1.30% respectively. In total minerals, Korea and China were 28300.19±76.39ppm and 13945.63±7.73ppm, and Japan was 12262.485±4.38ppm. Amino acids, Korea and China were 265.28±0.38mg g⁻¹ and 209.19±0.19mg g⁻¹, and Japan was 157.61±0.43mg g⁻¹. Therefore, those substance contents of *P. yezoensis* are significantly different between cultivation sites. The basic data may used to the environmental and nutritional study of *P. yezoensis* based on country sites.

KEY WORDS: RHODOPHYTA, CARBOHYDRATE, PYROPIA YEZOENSIS

1 접수 2016년 1월 14일, 수정 (1차: 2016년 2월 17일), 게재확정 2016년 2월 18일

Received 14 January 2016; Revised (1st: 17 February 2016); Accepted 18 February 2016

2 순천향대학교 생명시스템학과 Dept. of Life Science and Biotechnology, Soonchunhyang Univ., Asan 31538, Korea (thinkdi@gmail.com)

a 본 연구는 GSP 수산종자사업단(수입대체 및 수출용 우량 김 종자 개발, 213004-04-3-SBA50)과 순천향대학교의 지원에 의해 수행되었습니다.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-41-530-1284, Fax: +82-41-530-1256, E-mail: hwshin@sch.ac.kr

서론

우리나라 및 아시아 지역에서는 예로부터 해조류를 즐겨 왔으며 해조류를 많이 소비하는 국가 중 하나이다. 우리나라 외에도 중국, 일본, 대만 등 아시아 국가에서 지속적으로 양식되고 있는 실정이다. 최근 양식기술 및 생산시설의 발달로 인해 생산량이 증가하여 쉽게 접할 수 있게 되었으며, 다소비 식품으로 자리잡게 되었다(Kim *et al.*, 2003). 그 중 홍조류의 일종인 김은 다시마 및 미역 등과 같은 해조류와 함께 각종 미네랄, 식이섬유 및 영양소의 공급원으로 애용되어 온 기호식품으로 최근 세계적으로 관심이 고조되고 있는 추세이다(Kim and Kim, 1982).

김은 영양성분 및 무기질이 풍부하고 필수아미노산이 많이 함유되어 있는 건강식품으로(Dawczynski *et al.*, 2007) 비타민 A, B, D가 풍부하며 김에서 추출 가능한 수용성 식이섬유인 포피란은 콜레스테롤 저하 및 항산화 활성을 나타낸다(Zhang *et al.*, 2004). 이처럼 김은 영양학적으로 우수할 뿐만 아니라, 기능성 성분을 함유하고 있어 식품뿐만 아니라 기능성 식품 소재로서의 활용을 기대해 볼 수 있다.

한편 김의 일반성분 함량 및 아미노산 함량에 관한 연구는 이미 보고되었으며(Jung *et al.*, 2015), 나아가 채취시기 및 국내 지역별 성분함량 및 분석(Shin *et al.*, 2013)에 관한 연구도 점차 증가하는 추세이다. 특히, 김의 성분중 단백질 및 탄수화물의 함량은 계절적 변화의 차이가 큰 폭으로 나타나 역 상관관계를 나타낸다는 연구결과가 있다(Park *et al.*, 2001). 그러나 원산지별 김의 일반성분 함량 및 무기질, 아미노산 분석에 따른 연구가 제한적인 지역에 한정되어 있으며, 광범위한 지역 간 생산되는 김에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한국, 중국, 일본 지역에서 생산되

는 물김을 채집 건조 후 일반성분, 아미노산, 단백질을 비교하고, 그 결과를 통해 환경에 따른 김의 성분을 평가하고자 하였다. 또한 앞으로의 김 성분함량 연구 및 수산자원 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 채취 및 전처리

실험에 사용된 방사무늬김(*Pyropia yezoensis*)은 2015년 12월 중 한국 전남의 장흥(34°24'06.34"N 126°27'46.1"E), 중국 강소성의 연운항(35°02'21.1"N, 119°17'02.0"E), 일본 사가현의 아리아케 해(33°02'06.3"N, 130°10'44.3"E)에서 각각 채집 동정하여 실험실로 운반한 후 증류수로 수세한 후 -50 ℃ 냉동고에 보관하여 분석하였다(Table 1).

2. 성분별 분석

회분, 조지방, 조단백은 AOAC법(1995)에 따라 측정하였으며, 수분은 105 ℃ 상압 건조법, 회분은 550 ℃ 회화법, 조지방은 Soxhlet법, 조단백은 Kjeldhal법으로 측정하였다. 탄수화물 측정은 100-(수분+회분+조지방+조단백)으로 계산하여 측정하였다.

또한 무기질 분석은 칼슘 및 칼륨과 같은 다량무기질, 철분, 망간과 같은 미량무기질은 습식분해법에 준하여 냉동보관시료 0.5 g에 질산용액 7 mL 및 과산화수소 1 mL을 주입 후 히팅블럭 200℃에서 30분간 가열시켰다. 그 후 30분 동안 실온에 냉각시켜 산을 제거 후, 분해된 시료를 50 mL로 정용하여, ICP-OES(Vista-PRO, Agilent Technologies, Germany)를 사용하여 측정하였다.

아미노산은 시료 1 g에 6 N HCl 20 mL를 50 mL teflon 용기에 넣고 히팅블럭을 사용하여 110℃에서 20시간 가수

Table 1. Physical characteristics of *Pyropia yezoensis*



Physical characteristics	
Shape	Oval Type
Color	Bright Red
Length	10~20 cm
Width	3~10 cm
Thickness	35~50 μm

분해 하였다. 가수분해한 시료는 회전감압농축기로 농축하여 산을 제거 후 0.2 M sodium citrate buffer(pH 2.2) 10 mL로 정용하여 교반하였다. 교반된 시료는 qualitative filter($\text{O} : 2.5 \mu\text{m}$)로 여과 후 syringe filter($\text{O} : 0.2 \mu\text{m}$)로 다시 여과하였으며 여과시료는 40배 희석하여 분석시료로 사용하였으며, 아미노산 분석기(L-8900, Hitachi, Japan)로 측정하였다.

3. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS version 17.0(Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였으며, ANOVA분석법으로 각 처리군 간의 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple test로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 김의 원산지별 일반성분 분석 비교

분석한 김의 일반성분은 %로 표시하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Table 2). 한·중·일 3의 물김을 비교한 결과 한국 장흥 김의 수분 함량은 8.78 ± 0.51 %, 조단백질은 37.20 ± 2.19 %, 조지방은 0.97 ± 0.31 %, 조회분은 8.43 ± 0.41 %로 측정되어 탄수화물 함량은 44.63 ± 2.40 %로 나타났다. 중국 연운항 김의 경우 수분 함량이 7.49 ± 0.56 %, 조단백질은 37.54 ± 1.17 %, 조지방은 2.91 ± 0.22 %, 조회분은 6.60 ± 0.44 %로 나타나 탄수화물 함량이 45.46 ± 0.88 %로 측정되었다. 일본 사가현 김의 경우 수분 8.13 ± 0.09 %, 조단백질 37.03 ± 0.11 %, 조지방 2.5 ± 0.31 %, 조회분 7.23 ± 0.24 %로 나타나 탄수화물 함량이 45.106 ± 0.63 %로 측정되었다. 조단백질의 경우 중국 마른 김이 37.54 %로 가장 높았으며, 한국, 일본 순으로 각각 37.20 , 37.03 %로 나타났다. 또한 조지방의 경우 중국 김이 3.03 %로 가장 풍부하였으며, 일본 2.5 %, 한국 0.97 %순으로 나타났다. 조회분은 조지방과 유사하게 중국 6.60 %, 일본 7.23 %, 한국 8.43 %로 나타났다. 한편 김의 생산지별 일반성분에 관한 연구로 Jung *et al.*(2015)의 연구에서는 장흥의 마른 김의 수분 함량 8.6 ± 0.7 %, 조회분 8.2 ± 0.4 %, 조단백질 36.3 ± 2.0 %, 조지방 1.0 ± 0.3 %로 측정되어 탄수화물의 함량은 45.8 ± 3.0 %로 보고되어 유사한 것으로 확인되었다. 중국 김의 경우 Hwang *et al.*(2013)의 결과에서 수분 6.74 ± 0.51 %, 조회분 8.78 ± 0.12 %, 조단백질 32.16 ± 1.21 %, 조지방 1.96 ± 0.4 %로 측정되어 탄수화물 함량은 50.36 %로 보고되어 조지방 및 조단백질의 차이가 탄수화물 함량의 차이를 보인 것으로 사료된다. 일본 김의 경우 Hirouki and Yoshishige(1975)의 연구에서 조단백

질 51.56 %, 조지방 0.1 %, 조회분 9.30 %로 나타나 탄수화물의 함량이 20.90 %로 나타났다. 이를 종합해 보면, 한·중·일 3개 국가 마른 김의 탄수화물 함유량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 이는 비슷한 시기에 나타나는 김의 특성으로 사료된다.

Table 2. Comparison of moisture, ash, crude lipid, crude protein, carbohydrate in *Pyropia yezoensis* at three different places

	Korea	China	Japan
Moisture	8.78 ± 0.50 ^{1) b3)}	7.49 ± 0.56 ^{ab}	8.13 ± 0.09 ^{ab}
Protein	37.20 ± 2.19 ^{ns2)}	37.54 ± 1.17	37.03 ± 0.11
Lipid	0.97 ± 0.31 ^a	2.91 ± 0.22 ^b	2.5 ± 0.31 ^b
Ash	8.43 ± 0.41 ^b	6.60 ± 0.44 ^a	7.23 ± 0.24 ^a
Carbohydrate	44.63 ± 2.40 ^a	45.46 ± 0.88 ^a	45.11 ± 0.63 ^b

1) Mean \pm SD(n=3)

2) Not Significant

3) Values with different superscripts within same row are significantly different at $p < 0.05$

2. 김의 원산지별 무기질 분석 비교

분석한 김의 무기질은 ppm으로 표시하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Table 3). 총 11가지의 무기질이 나타났으며 총 무기질 함량은 한국이 28300.19 ± 76.39 ppm, 중국이 13945.63 ± 7.73 ppm, 일본이 12262.49 ± 4.38 ppm으로, 한국>중국>일본 순으로 나타났다. 3국 모두 다량 원소로 Ca, K, Mg, Na, P이 나왔으며 이는 Kim *et al.*(2014)의 연구에서 주요 무기질로 K, Na, Mg, Ca이 나타났다고 보고되었으며, Hwang(2013)의 연구에서도 주요 무기질로 K, P, Ca, Mg, Na이 나타났다고 보고된 바 있다. 칼륨은 한국 5448.673 ± 79.54 ppm, 중국 3704.10 ± 24.04 ppm, 일본 3155.04 ± 13.97 ppm으로 한국의 김이 가장 높게 분석되었다. 한국의 경우 무기질 함량이 칼륨>인>나트륨>마그네슘>칼슘 순으로 나타났으며, 중국은 칼륨>인>칼슘>마그네슘>나트륨 순으로 나타났으며, 또한 일본은 인>칼륨>칼슘>나트륨>마그네슘 순으로 나타났으며 이는 각 국가별 양식 지역의 환경에 따른 차이로 사료된다.

미량 원소는 한국과 중국의 경우 Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn이 있으며 일본은 Co가 검출되지 않았다. 3국 모두 미량 원소 중 철의 함량이 평균 162.388 ± 2.13 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 아연 32.631 ± 0.293 ppm, 망간 21.519 ± 0.164 ppm, 구리 11.717 ± 0.082 ppm 순으로 나타났고 Mok *et al.*(2011)의 연구에서도 철>아연>망간>구리 순으로 나타나

Table 3. Comparison of minerals composition of *Pyropia yezoensis* at three different place

(unit : ppm)

	Korea	China	Japan
Macro mineral			
Ca	2590.63 ± 19.57 ^{1) b3)}	2335.00 ± 16.44 ^a	2354.22 ± 4.81 ^a
K	12822.83 ± 79.54 ^c	3704.10 ± 24.04 ^b	2783.57 ± 16.21 ^a
Mg	2071.18 ± 35.04 ^b	2235.15 ± 4.49 ^c	1762.01 ± 4.36 ^a
Na	4099.30 ± 32.11 ^c	1744.59 ± 12.74 ^a	2021.25 ± 7.55 ^b
P	6578.24 ± 40.56 ^c	3648.15 ± 24.64 ^b	3155.04 ± 13.97 ^a
Micro mineral			
Co	0.58 ± 0.04 ^{ns2)}	0.32 ± 0.01	Not Detected
Cr	0.56 ± 0.02 ^c	0.19 ± 0.03 ^a	0.26 ± 0.03 ^b
Cu	5.20 ± 0.13 ^a	11.77 ± 0.19 ^c	9.46 ± 0.05 ^b
Fe	90.30 ± 2.45 ^a	209.40 ± 1.82 ^c	136.84 ± 1.06 ^b
Mn	20.32 ± 0.17 ^b	25.05 ± 0.26 ^c	8.71 ± 0.03 ^a
Zn	21.03 ± 1.20 ^a	31.91 ± 0.36 ^b	31.12 ± 0.07 ^b

1) Mean±SD(n=3)

2) Not Significant

3) Values with different superscripts within same row are significantly different at p<0.05

본 연구 결과와 유사하게 나타났다.

위 실험의 결과로 한국 장흥 해안이 반폐쇄형 내만으로서 중국 연운항, 일본 사가현 해안에 비해 유·무기물의 유입이 많아 김의 무기질 함유량이 높은 것으로 사료된다. 또한 MOF(2014)의 조사에 따르면, 한국 장흥과 근접한 고흥 연안의 용존 무기질소(DIN)와 용존 무기인(DIP)의 합이 54.848 ppm으로 나타나 중국 연운항 1.524 ppm(Biao *et al.*, 2004)와 일본 사가현 아리아케만 1.1632 ppm(Katano *et al.*, 2012)에 비해 훨씬 높은 것으로 조사되어 용존 무기질소와 용존 무기인에 의해 영향을 받은 것으로 사료된다.

3. 김의 원산지별 아미노산 성분분석 비교

분석한 김의 아미노산은 mg g⁻¹으로 표시하였으며 그 결과는 다음과 같다(Table 4). 분석한 김에서는 17가지의 아미노산이 검출되었으며 총 아미노산의 경우 한국 265.28±0.38mg g⁻¹, 중국 209.19±0.19mg g⁻¹, 일본 157.61±0.43mg g⁻¹으로, 한국>중국>일본 순으로 나타났다. 주요 아미노산으로서 Alanine, Valine, Glutamic acid, Aspartic acid, Leucine 등이 나타났으며, 한국 149.58mg g⁻¹, 중국 106.08mg g⁻¹, 일본 75.38mg g⁻¹으로 조사되었다. 아미노산의 함량 차이는 지역별 총 질소에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있으며(Shpigel *et al.*, 1999), MOF(2014)의 조사에 따르면 한국 장흥과 근접한 고흥 연안에서 총 질소가 323.58mg L⁻¹, 중국 연운항은 70.7mg L⁻¹(Ren *et al.*, 2013), 일본 사가현 이사하야만 0.9495mg L⁻¹(Hodoki and Tetsuo, 2006)로 나타나 아미노산 함량이 가장 높은 한국 김이 총 질소 함량도 높은 것으로

사료된다. 세 지역 모두 Tryptophan은 검출되지 않았으며, 검출된 아미노산 중 Aspartic acid, Glutamic acid, Alanine, Glycine 등은 김의 향과 맛에 영향을 미친다고 알려져 있다 (Ruiz and Moral, 2001). 또한 Lee *et al.*(1987)의 연구에 따르면 김의 등급이 높을수록 아미노산 함량이 높다고 보고된 바 있으며, 특히 Aspartic acid, Glutamic acid, alanine 등의 함량이 많을수록 등급이 높다고 보고되었다.

4. 생산지별 김 성분함량 비교

생산지별 김의 성분 함량을 비교하였을 때, 탄수화물은 한국, 중국, 일본이 각각 44.63±2.40, 45.46±0.88, 45.11±0.63으로 큰 차이는 없었다. 무기질의 경우 한국, 중국, 일본 모두 다량 원소로 Ca, K, Mg, Na, P이 나왔으며 이는 Kim *et al.*(2014)의 연구와 비슷한 양상으로 나타났다. 또한 무기질은 한국이 중국, 일본에 비해 2배이상 높은 것으로 나타났는데, 이는 무기질의 양을 결정하는 용존 무기질소와 용존 무기인의 양이 중국 연운항, 일본 사가현 해안에 비해 많아 김의 무기질 함량이 높은 것으로 사료된다. 아미노산도 한국 김이 중국, 일본 김에 비해 높게 나타난 것은 아미노산의 함량을 결정하는 총 질소의 양(Shpigel *et al.*, 1999)이 중국, 일본에 비해 3배~10배 이상 차이가 있어 높게 나타난 것으로 확인되었다.

본 실험에서 김의 일반성분과 무기질, 아미노산의 함량을 비교분석한 결과 탄수화물의 비율은 한·중·일 모두 비슷한 결과로 나타났고, 무기질과 아미노산은 한국 김이 가장 많은 것으로 나타났다. 하지만 한·중·일 3국의 한 지역에서만

Table 4. Comparison of amounts of amino acids in *Pyropia yezoensis*(unit : mg g⁻¹)

	Korea	China	Japan
Isoleucine	9.28 ± 0.24 ^{1)c2)}	2.931 ± 0.06 ^b	1.98 ± 0.11 ^a
Leucine	21.93 ± 0.59 ^c	14.75 ± 0.25 ^b	11.72 ± 0.60 ^a
Threonine	14.44 ± 0.41 ^c	8.25 ± 0.15 ^b	6.46 ± 0.35 ^a
Methionine	5.21 ± 0.13 ^b	3.33 ± 0.04 ^a	3.20 ± 0.15 ^a
Phenylalanine	9.53 ± 0.23 ^b	10.33 ± 0.17 ^c	8.46 ± 0.43 ^a
Lysine	12.91 ± 0.34 ^c	9.63 ± 0.17 ^b	7.25 ± 0.38 ^a
Histidine	3.56 ± 0.09 ^c	2.62 ± 0.04 ^b	1.99 ± 0.10 ^a
Valine	31.02 ± 0.83 ^c	7.81 ± 0.14 ^b	5.28 ± 0.27 ^a
Aspartic acid	24.80 ± 0.67 ^a	33.81 ± 0.57 ^b	25.33 ± 1.34 ^a
Glycine	16.20 ± 0.45 ^a	22.77 ± 0.42 ^c	20.55 ± 1.08 ^b
Tyrosine	4.63 ± 0.11 ^b	4.36 ± 0.08 ^b	3.06 ± 0.17 ^a
Serine	12.11 ± 0.35 ^c	10.75 ± 0.19 ^b	8.39 ± 0.45 ^a
Glutamic acid	29.74 ± 0.85 ^b	31.91 ± 0.55 ^c	20.51 ± 1.09 ^a
NH ₃	3.50 ± 0.10 ^c	2.58 ± 0.06 ^b	1.79 ± 0.10 ^a
Alanine	42.09 ± 1.22 ^c	17.80 ± 0.31 ^b	12.54 ± 0.66 ^a
Arginine	15.00 ± 0.39 ^c	12.67 ± 0.22 ^b	10.21 ± 0.51 ^a
Proline	9.34 ± 0.20 ^b	12.00 ± 0.19 ^c	8.13 ± 0.38 ^a
total	265.28 ± 0.38	209.19 ± 0.19	157.61 ± 0.43

1)Mean±SD(n=3)

2)Values with different superscripts within same row are significantly different at p<0.05

비교분석하였기 때문에 김의 품질을 명확히 분석하기 어려워 추후 연구가 더 필요할 것으로 판단되며, 본 연구를 통해 한·중·일 3국의 김에 대한 비교분석 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료되며 향후 연구를 통하여 물리화학적, 시기별 조건을 고려하여 김의 종류에 따른 분석이 이루어져야 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 GSP 수산종자사업단(수입대체 및 수출용 우량 김 종자 개발, 213004-04-3-SBA50)과 순천향대학교의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- AOAC(1995) Fish and other marine products. In: William H(de.), Official methods of analysis 18th, USA, pp. 1-35.
- Biao, X., D. Zhuhong and W. Xiarong(2004) Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. Mar. Poll. Bull. 48:543-553.
- Dawczynski C, Schubert R and Jahresis G(2007) Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. Food Chem. 103: 891-899.
- Hodoki, Y. and T. Murakami(2006) Effects of tidal flat reclamation on sediment quality and hypoxia in Isahaya Bay. Mar. Freshw. Ecosyst. 16:555-597.
- Hwang, E. S., K. N. Ki and H. Y. Chung(2013) Proximate Composition, Amino Acid, Mineral, and Heavy Metal Content of Dried Laver. Prev Nutr. Food Sci. 18(2):139-144.
- Jung, S. M., S. G. Kang, K. T. Kim, H. J. Lee, A. R. Kim and H. W. Shin(2015) Analysis of proximate composition, minerals and amino acid content of a red alga *Pyropia dentata* based on cultivation sites. Korean J. Environ. Ecol. 28(5):1-6.
- Katano, T., K. Yoshino and T. Matsubara (2012) Wax and wane of *Chattonella* (Raphidophyceae) bloom with special reference to competition between *Skeletonema* (Bacillariophyceae) in the Ariake Sea, Japan. J. Oceanogr. 68:497-507.
- Kim, K. H. and C.S. Kim(1982) Studies on the manufacture of *Undaria pinnatifida* laver and its physicochemical properties I. Histochemical properties. Korean J. Food Sci. Technol, 14:336-341. (in Korean with English abstract)
- Kim, K. W., J. H. Hwang, M. J. Oh, M. Y. Kim, M. R. Choi and W. M. Park(2014) Studies on the major nutritional components of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. Korean. J. Food. Preserv. 21(5):702-709. (in Korean with English abstract)
- Kim S.J., J.S.Mon, S.G. Kang and S.T. Jung(2003) Extraction of Prpphyran from decolored Laver. Korean J. Food Sci. Technol. 35(6): 1017-1021.(in Korean with English abstract)

- Lee, K. H., S. H. Song and I. H. Jeong(1987) Quality changes of dried lavers during processing and storage.
- Noda, H. and Y. Horiguchi(1975) Studies on the Flavor Substances of 'Nori', the Dried Laver *Porphyra tenera*-I Dimethyl Sulfide and Dimethyl- β -propiothetin. B. Jpn. Soc. Sci. Fish. 41(4): 481-486.
- MOF(2014) Seawater quality. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 20(5):408-418. (in Korean with English abstract)
- Mok, J. S., T. S. Lee, K. T. Son, K. C. Song, J. Y. Kwon, K. J. Lee and J. H. Kim(2011) Proximate Composition and Mineral Content of Laver *Porphyra yezoensis* from the Korean Coast. Kor. J. Fish Aquat. Sci. 44(5):554-559. (in Korean with English abstract)
- Park C.K, C.H Park and J.N Park.(2001) Extractive nitrogenous constituents and their monthly variation of fresh laver *Porphyra yezoensis*. Food Sci. Biotechnol. 10:364-374.
- Ren, Y., S. Dong, X. Wang, F. Wang, X. Tian and Q. Gao(2013) Preliminary study on ecological characteristics of one plastic artificial substrate in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) culture pond. Marine Sciences 1:005
- Ruiz-Capillas C and Moral A.(2001) Changes in free amino acids during chilled storage of hake (*Merluccius merluccius* L.) in controlled atmospheres and their use as a quality control index. Eur. Food. Res. Technol. 212:302-307.
- Shin, D.M, S.R An, S.K In and J.G Koo(2013) Seasonal Variation in the Dietary Fiber, Amino Acid and Fatty Acid Contents of *Porphyra yezoensis*, Kor. J. Fish Aquat. Sci. 46(4):337-342.(in Korean with English abstract)
- Shpigel M., Ragg N.L.,Lupatsch I. and A. Neori (1999) Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva Lactuca* L for the Abalone *haliotis tuberculata* L. and H. Discus Hannai Ino. J. Shellfish Res. 18(1): 227-233.
- Zhang Q, Li N, Liu X, Zhao Z, Li Z and Xu Z. (2004) The structure of a sulfated galactan from porphyra haitanensis and its in vivo antioxidant activity. Carbohydr. Res. 339:105-111.