

물김(*Pyropia* sp.)의 생산 시기별 및 지역별 주요 식품 성분 변화 분석

강민균 · 정민철 · 박슬기 · 이장원 · 조정형¹ · 엄성환² · 허만규² · 김영목*

부경대학교 식품공학과, ¹부경대학교 공업디자인학과, ²동의대학교 식품공학과

Analysis of Seasonal and Regional Changes in Major Food Components of Raw Laver *Pyropia* sp.

Min-Gyun Kang, Min-Chul Jeong, Seul-Ki Park, Jang-Won Lee, Jeung-Hyung Cho¹, Sung-Hwan Eom², Man-Kyu Huh² and Young-Mog Kim*

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹Department of Industrial Design, Pukyong University, Busan 48513, Korea

²Department of Food Science and Technology, Donggeui University, Busan 47340, Korea

The study investigated the seasonal and regional changes in the food components of raw laver *Pyropia* sp.. Samples were obtained monthly from December 2017 to March 2018 at auction markets located in Gangseo-gu, Busan (Nakdong-raw laver), Seocheon-gun, Chungnam, Wando-gun, Jeonnam and Goheung-gun, Jeonnam. The general components, heavy metals and minerals, free amino acids, total phenolic compounds (TPC), and antioxidant activities of the samples were analyzed. No significant physicochemical changes in the moisture, crude lipid, and ash contents were observed in the raw lavers tested. However, the crude protein content of Nakdong-raw laver was the highest in December 2017 at 7.20±0.28% and the content was higher seasonally and regionally than those of the other raw lavers. In addition, the taurine, zinc, manganese and TPC contents of Nakdong-raw laver was higher seasonally and regionally than those of the other raw lavers. The ethanolic extract of Nakdong-raw laver also had higher antioxidant activity, including as DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid]) radical scavenging activity, although there was no significant correlation between TPC and the antioxidant activity. This study is the first analysis of seasonal and regional changes in the major food components of raw laver cultivated in Korea.

Key words: Bioactive compound, Food components, Raw laver, Regional changes, Seasonal changes

서론

해조류는 크게 미세조류와 거대조류로 구분한다. 미세조류(phytoplankton)는 단세포성 식물로 현미경으로만 관찰이 가능하고 뿌리, 줄기, 잎 등의 구조가 없고, 거대조류(seaweed)는 육안으로 관찰할 수 있는 다세포성 식물로 광합성 색소에 따라 홍조류(red seaweed), 녹조류(green seaweed), 갈조류(brown seaweed)로 나뉘지며 서식환경 및 구성 성분에서도 육안으로 차이를 보인다(Lee, 2013). 해조류 중에서 대표적으로 홍조류인 김은 우리나라 외에도 일본, 중국, 대만, 등 일부 아시아 국가에서 양식되고 있다. 국내에서 김은 12월-익년 3월에 주로 서남해안에서 양식 형태로 생산되어 미국, 중국, 일본 등에 주

로 수출되고 있으며, 주요 종은 방사무늬김(*Pyropia yezoensis* Ueda), 참김(*P. tenera* Kjellman), 모무늬돌김(*P. seriata* Kjellman), 잇바디돌김(*P. dentate* Kjellman) 등이 있다(Kwon et al., 2018).

국내 김 산업 중 김 양식업의 경우 점차 대규모화 되고 있으며, 양식 생산성은 높아지고 있다. 또한 국내 김 가공 산업의 현황은 과거 마른김 중심의 가공에서 소비시장이 조미김 중심으로 변화되면서 조미김 가공이 증가하고 있다. 특히, 해외 수출로 인하여 저칼로리 건강스nek으로 인기를 끌면서 2017년 김 수출액은 5억달러를 돌파했다(MOF, 2017).

한편, 마른김 및 조미김에 대한 연구로는 물김 원초의 일반 성분 및 기타 미량 성분 에 대한 연구로는 국내 가공 해조류와 물

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0510>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 51(5), 510-517, October 2018

Received 16 August 2018; Revised 14 September 2018; Accepted 19 September 2018

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5832 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: ymkim@pknu.ac.kr

김의 중금속 함량 및 식품 안전성평가(Yang et al., 2016), 국내산 김(*Pyropia tenera*), 다시마(*Saccharina japonicas*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 툇(*Sargassum fusiforme*)의 생산 지역별 따른 미네랄 함량 분석 및 영양평가(Jung et al., 2017), 원산지별 김의 일반성분 및 무기질, 아미노산 함량비교(Jung et al., 2016), 김 추출물의 이화학적 특성(Hong et al., 1997), 한국 연안산 방사무늬김(*Pyropia yezoensis*)의 일반성분 및 미네랄 함량(Mok et al., 2011) 등의 많은 연구가 진행되어왔다. 그러나 물김 원초에 대한 일반 성분, 기타 미량 성분에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생산 시기별 및 지역별 물김 원초를 대상으로 일반 성분, 중금속 및 미량원소, 유리아미노산, 총페놀성 화합물 분석 및 항산화 활성을 측정하여 각 생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 성분을 평가하고자 하였다. 또한 앞으로의 물김 원초의 성분 함량 연구 및 수산자원 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 물김 원초는 대표적인 물김 산지인 부산 강서구(이하 낙동김), 충남 서천군(이하 서천김), 전남 완도군(이하 완도김), 전남 고흥군(이하 고흥김)에 위치한 위·공판장에서

12월부터 3월까지 월별 1회 샘플을 채취하여 분석하였다. 분석에 사용된 물김 원초는 필요시 동결건조하여 -70℃에 보관하였다.

식품학적 일반 성분 분석

물김의 일반 성분은 AOAC (2005) 또는 식품공전(MFDS, 2018)에 따라 측정하였다. 수분 함량은 105℃ 상압가열 건조법에 따라 측정하였고(AOAC, 2005), 회분 함량은 550℃ 고온 회화법에 따라 측정하였고(AOAC, 2005), 조단백질 함량은 시료의 전처리 및 추출과정을 거쳐서 조단백질추출 자동장치(KjelFlex K-360; Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 Semimicro Kjeldahl법에 따라 측정하였고(MFDS, 2018), 조지방은 *n*-hexane (Duksan Chemical Co., Yongin, Korea)을 용매로 Soxhlet 추출 장치(Buchi extraction unit E-812; Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 Soxhlet추출법에 따라 측정하였다(MFDS, 2018).

중금속 및 미량 성분 함량

중금속으로는 수은(Hg), 납(Pb) 및 카드뮴(Cd)을 미량 성분으로는 셀레늄(Se), 망간(Mn), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 철(Fe)을 분석하였다. 납(Pb), 카드뮴(Cd), 셀레늄(Se), 망간(Mn), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 철(Fe)은 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용하여 분석하였으며, 수은(Hg)의 경우 gold-amalgam법을

Table 1. Physicochemical contents of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

Region	Month	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
Gangseo-gu, Busan	December	86.09±1.91 ^{ab}	7.20±0.28 ^a	0.15±0.02 ^a	4.10±0.04 ^a
	January	86.65±0.01 ^c	6.08±0.13 ^a	0.13±0.01 ^c	3.77±0.01 ^c
	February	86.48±0.17 ^d	4.26±0.12 ^a	0.06±0.01 ^{ab}	3.68±0.01 ^a
	March	88.43±0.02 ^a	5.45±0.18 ^a	0.05±0.02 ^b	2.92±0.04 ^b
Seocheon-gun, Chungnam	December	86.83±0.61 ^{ab}	5.11±0.09 ^b	0.16±0.02 ^a	3.36±0.15 ^b
	January	89.05±0.12 ^a	3.92±0.03 ^c	0.12±0.00 ^c	3.85±0.00 ^b
	February	91.55±0.13 ^a	3.51±0.06 ^{ab}	0.04±0.01 ^b	3.24±0.09 ^c
	March	87.47±0.08 ^b	3.82±0.07 ^c	0.06±0.00 ^{ab}	4.06±0.63 ^a
Wando-gun, Jeonnam	December	85.18±0.10 ^b	4.66±0.25 ^c	0.17±0.01 ^a	3.14±0.06 ^c
	January	89.32±0.41 ^a	4.66±0.13 ^b	0.25±0.00 ^a	3.93±0.03 ^a
	February	90.76±0.23 ^b	3.34±0.27 ^b	0.06±0.02 ^{ab}	3.46±0.01 ^b
	March	86.83±0.60 ^b	4.98±0.09 ^b	0.06±0.01 ^{ab}	3.59±0.00 ^{ab}
Goheung-gun, Jeonnam	December	88.11±0.14 ^a	4.27±0.01 ^c	0.10±0.01 ^b	3.35±0.02 ^b
	January	88.21±0.51 ^b	3.92±0.03 ^c	0.16±0.01 ^b	3.70±0.02 ^d
	February	89.16±0.32 ^c	4.25±0.64 ^a	0.08±0.01 ^a	3.50±0.01 ^b
	March	89.01±0.13 ^a	4.23±0.33 ^c	0.08±0.00 ^a	3.71±0.04 ^a

^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

로 direct mercury analyzer (DMA-80 TRICELL; Milestone Inc., Sorisole, Italy)를 사용하여 분석하였다. 분석은 부경식품 분석센터(부산시 남구)에 의뢰하여 분석을 진행하였다.

유리아미노산 분석

물김 원초의 유리아미노산 분석을 위하여 동결건조시료 0.5 g을 칭량하여 3% TCA (trichloroacetic acid) 10 mL를 주입하고 vortexing 후 상온에서 1시간 진탕하였다. 15,000 rpm, 15분간 원심 분리한 후 상등액을 취하여 0.45 µm millipore 여과막으로 여과한 후에 아미노산 자동 분석기(L-8900; Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 분석은 강릉원주대학교 공동실험실습관(강원도 강릉)에 의뢰하여 분석을 진행하였다.

총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물(total phenolic compound)은 Folin-Ciocalteu 법으로 측정하였다(Mahinda et al., 2010). 동결건조된 물김 원초 0.5 g을 취하여 80% 아세톤 용액 50 mL으로 혼합한 다음 6시간 진탕한 후 3,350 rpm, 20분간 원심분리 후, 상등액을 사용하여 분석하였다(Han et al., 2015). 상등액 0.5 mL를 10% Folin-ciocalteu 용액 2.5 mL와 7.5% 중탄산나트륨 2.5 mL를 혼합 후 45°C, 45분 동안 활성화 시켜 분광광도계(Biochrom

Libra S22; Cambridge, UK)를 사용하여 765 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였다.

항산화 활성 측정

동결 건조된 물김 원초 5 g에 95% ethanol 50 mL를 가한 뒤 상온에서 3시간 동안 교반시킨 후 여과시킨 과정을 3반복한 뒤 감압농축하여 에탄올을 날려버린 후 동결 건조를 통해 남은 여액을 제거하여 항산화 활성 측정을 위한 시료로 사용하였다. DPPH radical 소거 활성은 감압 농축 후 동결 건조된 물김 원초의 2 mg을 에탄올 용액 1 mL에 녹인 것을 0.2 mM 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH; Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.05-1.00 mg/mL 농도로 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 결과는 아래의 식으로 DPPH radical 소거 활성을 계산하였다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$\frac{\text{Absorbance of control} - \text{absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

Table 2. Heavy metal and mineral content of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

		(Unit: mg/100 g)							
Region	Month	Mercury (Hg)	Cadmium (Cd)	Plumbum (Pb)	Selenium (Se)	Manganese (Mn)	Zinc (Zn)	Nickel (Ni)	Iron (Fe)
Gangseo-gu, Busan	December	0.002±0.21 ^a	- ¹	-	-	2.546±0.87 ^a	5.607±0.21 ^a	-	9.136±0.11 ^b
	January	0.002±0.11 ^a	-	-	-	2.959±0.94 ^a	6.275±0.19 ^a	-	10.75±0.24 ^b
	February	-	0.074±0.04 ^b	-	-	3.376±0.41 ^a	2.439±0.14 ^b	-	14.3±0.33 ^c
	March	0.001±0.09 ^a	0.194±0.09 ^b	-	-	3.753±0.62 ^c	3.961±0.31 ^c	-	9.03±0.51 ^c
Seocheon-gun, Chungnam	December	0.002±0.57 ^a	-	-	-	2.228±0.37 ^b	3.119±0.24 ^c	-	13.51±0.67 ^a
	January	0.001±0.05 ^a	-	-	-	2.424±0.52 ^b	3.255±0.12 ^c	-	22.9±0.22 ^a
	February	0.001±0.34 ^a	0.114±0.63 ^a	-	-	3.061±0.20 ^b	2.559±0.11 ^b	-	20.16±0.17 ^a
	March	0.001±0.33 ^a	0.118 ^c	-	-	5.495±0.17 ^a	4.595±0.37 ^b	-	46.08±0.19 ^a
Wando-gun, Jeonnam	December	0.001±0.27 ^a	0.033±0.21 ^a	-	-	1.476±0.14 ^d	3.330±0.20 ^b	-	7.956±0.16 ^c
	January	0.001±0.37 ^a	0.066±0.11 ^a	-	-	1.828±0.11 ^c	4.503±0.11 ^b	-	7.743±0.11 ^c
	February	0.001±0.24 ^a	-	-	-	2.171±0.21 ^c	3.087±0.31 ^a	-	17.17±0.12 ^b
	March	0.001±0.31 ^a	0.129±0.30 ^c	-	0.06±0.11 ^a	2.659±0.31 ^d	3.855±0.36 ^c	-	9.801±0.25 ^c
Goheung-gun, Jeonnam	December	0.001±0.67 ^a	0.032±0.17 ^a	-	0.113±0.09 ^a	1.693±0.67 ^b	2.774±0.24 ^d	-	7.192±0.29 ^d
	January	0.001±0.10 ^a	-	-	-	2.325±0.22 ^b	2.432±0.14 ^d	-	11.73±0.37 ^b
	February	0.001±0.71 ^a	-	-	-	1.772±0.17 ^a	2.215±0.11 ^c	-	13.50±0.22 ^c
	March	0.001±0.86 ^a	0.294±0.31 ^a	-	-	4.864±0.11 ^c	6.090±0.09 ^a	-	22.36±0.55 ^b

¹Not detected. ^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

ABTS radical 소거 활성은 2.4 mM potassium persulfate 를 포함하는 7 mM의 2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid] (ABTS; Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액 150 µL와 감압농축 후 동결 건조된 물김 원초의 2 mg 을 에탄올 용액 1 mL에 녹인 것 50 µL와 혼합하여 6 분간 상온에서 방치한 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 결과는 아래의 식으로 ABTS radical 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

통계처리

모든 분석은 3반복으로 진행하였고 유의성 검정은 분산분석(ANOVA)을 행한 후, P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 통계 분석은 IBM SPSS v 23.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)프로그램을 이용하여 처리하였다.

결과 및 고찰

물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 일반 식품학적 성분 함량

생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 일반 식품학적 성분인 수분, 조단백질, 조지방 및 회분은 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서 분석된 생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 수분 함량은

Table 3. Free amino acid content of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg/100 g)

Free-amino-acid	Gangseo-gu, Busan				Seocheon-gun, Chungnam				Wando-gun, Jeonnam				Goheung-gun, Jeonnam			
	Dec	Jan	Feb	Mar	Dec	Jan	Feb	Mar	Dec	Jan	Feb	Mar	Dec	Jan	Feb	Mar
Taurine	65.85 ± 0.05 ^c	108.1 ± 0.08 ^b	91.24 ± 0.24 ^a	112.7 ± 0.67 ^a	98.94 ± 0.88 ^a	131.6 ± 0.74 ^a	55.84 ± 0.77 ^d	39.58 ± 0.81 ^d	71.31 ± 0.66 ^b	53.67 ± 0.45 ^d	79.8 ± 0.51 ^b	109.8 ± 0.33 ^b	65.41 ± 0.21 ^c	56.52 ± 0.17 ^c	70.89 ± 0.91 ^c	98.59 ± 0.74 ^c
Threonine	1.819 ± 0.21 ^b	1.732 ± 0.31 ^b	1.662 ± 0.27 ^c	2.976 ± 0.24 ^a	1.929 ± 0.34 ^b	2.848 ± 0.26 ^a	1.276 ± 0.75 ^d	2.373 ± 0.88 ^b	2.296 ± 0.95 ^a	1.559 ± 0.41 ^b	2.296 ± 0.56 ^a	1.559 ± 0.37 ^c	1.396 ± 0.24 ^c	1.141 ± 0.32 ^c	1.88 ± 0.44 ^b	1.728 ± 0.47 ^c
Valine	2.421 ± 0.33 ^c	2.147 ± 0.21 ^b	2.501 ± 0.54 ^c	2.422 ± 0.66 ^a	2.744 ± 0.29 ^b	2.691 ± 0.31 ^a	1.724 ± 0.25 ^d	1.926 ± 0.57 ^b	3.302 ± 0.44 ^a	1.83 ± 0.31 ^c	2.973 ± 0.19 ^b	1.454 ± 0.67 ^c	1.769 ± 0.36 ^d	1.938 ± 0.94 ^c	3.233 ± 0.74 ^a	1.992 ± 0.45 ^b
Methionine	0.365 ± 0.33 ^b	0.19 ± 0.18 ^b	1.216 ± 0.39 ^b	0.33 ± 0.36 ^a	1.76 ± 0.24 ^a	0.5 ± 0.57 ^a	0.474 ± 0.24 ^c	- ¹	1.939 ± 0.29 ^a	0.102 ± 0.14 ^b	1.639 ± 0.25 ^a	-	0.234 ± 0.11 ^b	0.223 ± 0.24 ^b	1.473 ± 0.44 ^a	0.136 ± 0.56 ^b
Iso-leucine	1.303 ± 0.22 ^c	1.336 ± 0.25 ^b	2.285 ± 0.57 ^c	1.032 ± 0.24 ^d	3.75 ± 0.51 ^a	3.203 ± 0.36 ^a	0.632 ± 0.21 ^d	5.897 ± 0.48 ^a	3.226 ± 0.61 ^b	0.778 ± 0.57 ^c	3.405 ± 0.49 ^b	3.035 ± 0.11 ^b	0.84 ± 0.18 ^d	0.853 ± 0.27 ^c	3.005 ± 0.33 ^a	1.332 ± 0.01 ^c
Leucine	2.499 ± 0.27 ^b	1.576 ± 0.64 ^b	2.094 ± 0.74 ^c	2.088 ± 0.67 ^a	2.107 ± 0.47 ^c	2.018 ± 0.61 ^a	0.879 ± 0.78 ^d	0.737 ± 0.35 ^c	3.031 ± 0.16 ^a	1.374 ± 0.77 ^c	2.748 ± 0.64 ^a	0.772 ± 0.21 ^{bc}	1.382 ± 0.64 ^d	1.373 ± 0.17 ^c	2.349 ± 0.22 ^b	0.947 ± 0.24 ^b
Phenyl-alanine	1.071 ± 0.11 ^c	0.844 ± 0.34 ^a	0.641 ± 0.44 ^b	- ¹	2.475 ± 0.27 ^a	0.997 ± 0.37 ^a	-	-	1.471 ± 0.45 ^b	0.342 ± 0.33 ^b	1.115 ± 0.97 ^a	1.782 ± 0.77 ^a	0.607 ± 0.74 ^d	0.473 ± 0.46 ^b	1.05 ± 0.27 ^a	-
Lysine	1.072 ± 0.14 ^b	0.835 ± 0.28 ^b	0.855 ± 0.14 ^b	1.155 ± 0.34 ^a	0.811 ± 0.18 ^c	1.466 ± 0.34 ^a	0.454 ± 0.44 ^c	0.708 ± 0.67 ^b	2.591 ± 0.45 ^a	0.747 ± 0.74 ^b	1.131 ± 0.15 ^a	0.516 ± 0.33 ^b	0.522 ± 0.58 ^d	0.373 ± 0.65 ^c	1.109 ± 0.41 ^a	0.566 ± 0.54 ^b
Arginine	2.997 ± 0.31 ^b	2.794 ± 0.25 ^a	2.117 ± 0.21 ^c	-	1.915 ± 0.34 ^d	2.017 ± 0.51 ^b	0.959 ± 0.41 ^d	2.086 ± 0.63 ^a	4.041 ± 0.17 ^a	1.773 ± 0.11 ^c	3.734 ± 0.34 ^a	-	2.675 ± 0.27 ^c	2.631 ± 0.31 ^a	2.648 ± 0.19 ^b	-

¹Not detected. ^{a-d} Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P <0.05).

2월 서천김 원초의 수분 함량이 $91.55 \pm 0.36\%$ 로 가장 높게 나타났고, 12월 완도김 원초의 수분 함량이 $85.18 \pm 0.10\%$ 로 가장 낮게 나타났다. 조단백질 함량은 12월 낙동김 원초의 조단백질 함량이 $7.20 \pm 0.28\%$ 로 가장 높게 나타났고, 낙동김 원초의 조단백질 함량은 다른 지역에 비해 유의적으로 높게 나왔다.

조지방의 경우, 1월에 채취한 완도김 원초의 조지방 함량이 $0.25 \pm 0.00\%$ 로 가장 높게 나타났고, 2월 서천김의 조지방 함량이 $0.04 \pm 0.01\%$ 로 가장 낮게 나타났다. 회분 함량은 12월에 채취한 낙동김 원초의 회분 함량이 $4.10 \pm 0.04\%$ 로 가장 높게 나타났고, 3월 낙동김의 회분 함량이 $2.92 \pm 0.04\%$ 로 가장 낮게 나타났다. NIFS (2018)의 한국 수산물성분표에서 김의 일반성분 함량을 비교했을 때, 수분 함량은 $90.5 \text{ g}/100 \text{ g}$, 단백질 $3.3 \text{ g}/100 \text{ g}$, 지방 $0.4 \text{ g}/100 \text{ g}$, 회분 $3.8 \text{ g}/100 \text{ g}$ 으로 보고하고 있다. 본 연구에서 얻어진 결과도 생산 지역별 및 산지별 물김 원초의 수분, 조단백, 조지방 및 회분의 경우 NIFS (2018)의 보고와 유사하였다. 하지만, 낙동김 원초의 경우 조단백질 함량은 NIFS (2018)의 보고보다 높게 나타났다. Lee et al. (1987)은 김의 품질 등급이 높을수록 조단백질 함량은 높은 것에 비하여 탄수화물이 적게 함유되어 있는 것으로 보고하고 있다.

물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 중금속 및 미량 원소 함량

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 중금속 및 미량 원소 함량은 Table 2에 나타내었다. 식품의약품안전처에서 제정한 수산물 중금속 기준에 따르면 김의 경우 카드뮴(Cd) $0.3 \text{ mg}/\text{kg}$ 이하(생물 기준)로 정해져 있으며, 모든 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 카드뮴(Cd) 정량에서 기준치 이하로 나타났다(MFDS, 2018). 납(Pb)과 니켈(Ni)은 검출이 되지 않았다. 망간(Mn)의 경우 3월에 채취한 서천김 원초가 $5.495 \pm 0.00 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 가장 높게 나타났고, 낙동김 원초의 경우에는 망간(Mn) 함량이 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 측정되었다. 아연(Zn)의 경우 1월에 채취한 낙동김 원초가 $6.275 \pm 0.00 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 가장 높게 측정되었으며, 낙동김 원초의 아연(Zn) 함량이 다른 지역의 물김 원초보다 평균적으로 높게 측정되었다. 철(Fe)의 경우 3월의 서천김 원초에서 $46.08 \pm 0.00 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 현저히 높게 측정되었다. 서천김 원초에서의 철(Fe) 함량이 다른 지역의 물김 원초보다 평균적으로 높게 나타났으며, 12월에 채취한 고흥김 원초의 경우 $7.192 \pm 0.00 \text{ mg}/\text{kg}$ 으로 가장 낮게 나타났다. 이상의 생산 지역별 물김의 미네랄 함량 결과는 Jung et al. (2017) 결과와 비교했을 때, 12월에 채취한 낙동김 원초 및 2월에 채취한 완도김 원초의 경우 철(Fe)과 망간(Mn) 성분이 Jung et al. (2017)의 보고보다 높게 분석되었다. 하지만, 다른 시기에 채취한 물김 원초의 경우에는 큰 변화가 없었다.

물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 유리 아미노산 함량

아미노산은 주로 단백질을 구성하는 성분과 유리된 형태로 존

재한다. 또한 아미노산의 결합 형태에 따라 2개 이상의 아미노산이 여러 형태로 연결된 펩타이드, 당 또는 아미노산 외에 다른 성분을 포함하는 복합 단백질 등의 형태로도 미량 존재한다. 아미노산은 영양적 및 기호적으로 중요한 성분이며, 특히 유리 아미노산이 핵산관련성분과 함께 맛에 중요한 역할을 한다. 유리 아미노산은 생리활성 물질의 구성 성분일 뿐만 아니라 정미 성분으로 중요하며, 수산물에 있어 아미노산의 증가는 맛을 상승시키는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Koo et al., 2016). 본 연구에서 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 유리 아미노산 함량은 Table 3에 나타내었다. 타우린(Taurine)의 경우 1월에 채취한 서천김 원초에서 $131.6 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 으로 가장 높게 나타났으나 낙동김 원초의 경우 생산 시기별로 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 나타났다. 트레오닌(Threonine)의 경우 3월에 채취한 낙동김 원초($2.976 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 발린(Valine)은 12월 완도김 원초($3.302 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 메티오닌(Methionine)은 12월 완도김 원초($1.939 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 이소류신(Isoleucine)의 경우 3월 서천김 원초($5.897 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 류신(Leucine)의 경우 12월 완도김 원초($3.031 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 페닐알라닌(Phenylalanine)의 경우 12월 서천김 원초($2.475 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 리신(Ricin)의 경우 12월 완도김 원초($2.591 \text{ mg}/100 \text{ g}$), 아르기닌(Arginine)의 경우 12월 전남 완도군 물김 원초($4.041 \text{ mg}/100 \text{ g}$)에서 가장 높게 나타났다.

Table 4. Total phenolic compound of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg GAE/100 g)		
Region	Month	Total Phenolic compounds
Gangseo-gu, Busan	December	237.25 ± 0.04^a
	January	119.36 ± 0.02^a
	February	72.30 ± 0.02^d
	March	61.40 ± 0.04^a
Seocheon-gun, Chungnam	December	68.09 ± 0.03^d
	January	59.42 ± 0.03^d
	February	80.72 ± 0.02^c
Wando-gun, Jeonnam	March	59.92 ± 0.01^b
	December	236.26 ± 0.03^b
	January	61.15 ± 0.03^c
Goheung-gun, Jeonnam	February	89.39 ± 0.01^a
	March	59.92 ± 0.02^b
	December	173.35 ± 0.02^c
Goheung-gun, Jeonnam	January	84.43 ± 0.02^b
	February	84.68 ± 0.03^b
	March	41.84 ± 0.02^c

GAE, Gallic acid equivalents. ^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Table 5. Antioxidant activities of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

Region	Month	DPPH ¹ (%)				
		0.05 mg/mL	0.10 mg/mL	0.25 mg/mL	0.50 mg/mL	1.00 mg/mL
Gangseo-gu, Busan	December	3.38±0.02 ^c	10.15±0.02 ^a	12.62±0.02 ^b	24.31±0.02 ^b	36.62±0.02 ^c
	January	6.01±0.01 ^c	6.11±0.04 ^c	12.91±0.03 ^b	23.42±0.03 ^a	48.35±0.02 ^a
	February	2.17±0.03 ^d	4.04±0.03 ^d	13.35±0.03 ^d	22.36±0.02 ^d	45.03±0.02 ^d
	March	5.78±0.02 ^d	7.90±0.02 ^c	16.72±0.02 ^c	29.79±0.02 ^a	49.85±0.03 ^a
Seocheon-gun, Chungnam	December	4.79±0.04 ^b	8.08±0.02 ^b	14.67±0.01 ^a	24.55±0.03 ^a	39.52±0.02 ^a
	January	1.50±0.02 ^d	6.61±0.02 ^b	11.41±0.01 ^d	18.32±0.02 ^c	33.33±0.02 ^b
	February	4.26±0.03 ^c	6.08±0.01 ^c	14.59±0.02 ^c	23.40±0.03 ^c	45.59±0.02 ^c
	March	6.60±0.02 ^c	7.81±0.03 ^d	15.62±0.02 ^d	24.02±0.02 ^c	45.95±0.03 ^b
Wando-gun, Jeonnam	December	5.11±0.03 ^a	5.71±0.03 ^c	11.41±0.03 ^c	22.52±0.02 ^c	39.34±0.02 ^b
	January	7.42±0.03 ^b	11.71±0.01 ^a	21.32±0.04 ^a	21.62±0.02 ^b	30.93±0.02 ^c
	February	4.86±0.02 ^b	7.29±0.02 ^b	15.50±0.01 ^b	28.88±0.03 ^b	49.54±0.03 ^a
	March	12.46±0.04 ^b	15.20±0.03 ^a	20.36±0.01 ^b	23.40±0.02 ^d	34.95±0.01 ^d
Goheung-gun, Jeonnam	December	0.90±0.02 ^d	1.80±0.04 ^d	4.20±0.04 ^d	7.52±0.00 ^d	23.03±0.02 ^d
	January	7.53±0.02 ^a	8.11±0.02 ^c	12.61±0.03 ^c	15.92±0.03 ^d	28.23±0.02 ^d
	February	8.60±0.04 ^a	11.15±0.01 ^a	19.11±0.02 ^a	29.94±0.03 ^a	46.50±0.02 ^b
	March	12.61±0.04 ^a	14.71±0.03 ^b	22.82±0.02 ^a	26.13±0.02 ^b	44.44±0.03 ^c
Region	Month	ABTS ² (%)				
		0.05 mg/mL	0.10 mg/mL	0.25 mg/mL	0.50 mg/mL	1.00 mg/mL
Gangseo-gu, Busan	December	5.40±0.03 ^b	6.67±0.03 ^c	13.97±0.02 ^b	21.27±0.02 ^c	43.49±0.01 ^b
	January	5.67±0.00 ^c	7.03±0.02 ^c	15.65±0.03 ^b	25.88±0.03 ^b	51.76±0.03 ^b
	February	7.01±0.03 ^a	9.55±0.03 ^a	20.70±0.04 ^a	21.34±0.01 ^d	56.05±0.04 ^a
	March	8.07±0.01 ^a	11.21±0.03 ^a	17.29±0.03 ^a	24.67±0.02 ^a	58.11±0.04 ^a
Seocheon-gun, Chungnam	December	6.11±0.02 ^a	8.41±0.03 ^a	14.42±0.03 ^a	24.57±0.02 ^a	46.57±0.02 ^a
	January	5.71±0.00 ^b	7.30±0.02 ^b	16.51±0.04 ^a	26.03±0.02 ^a	56.51±0.03 ^a
	February	6.33±0.02 ^b	7.59±0.01 ^c	15.19±0.03 ^d	25.32±0.02 ^c	52.85±0.04 ^d
	March	7.74±0.02 ^b	10.78±0.02 ^b	17.09±0.02 ^b	23.45±0.02 ^b	56.78±0.01 ^b
Wando-gun, Jeonnam	December	4.47±0.02 ^c	7.35±0.04 ^b	12.46±0.03 ^c	23.00±0.01 ^b	40.89±0.01 ^c
	January	8.23±0.02 ^a	12.34±0.03 ^a	15.19±0.04 ^c	19.62±0.04 ^c	42.41±0.02 ^c
	February	5.00±0.04 ^c	9.06±0.01 ^b	20.00±0.02 ^b	28.13±0.01 ^b	54.06±0.04 ^c
	March	2.79±0.02 ^c	3.82±0.03 ^c	6.69±0.02 ^d	19.11±0.04 ^c	50.96±0.03 ^d
Goheung-gun, Jeonnam	December	1.28±0.03 ^d	4.49±0.02 ^d	8.33±0.02 ^d	12.18±0.02 ^d	32.05±0.02 ^d
	January	4.10±0.02 ^d	4.73±0.04 ^d	10.73±0.02 ^d	14.20±0.04 ^f	30.91±0.01 ^d
	February	6.98±0.01 ^a	6.98±0.02 ^d	18.10±0.02 ^c	28.25±0.01 ^a	55.24±0.02 ^b
	March	2.56±0.03 ^d	3.18±0.02 ^d	7.64±0.01 ^c	18.15±0.02 ^d	55.41±0.03 ^c

¹DPPH, 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl. ²ABTS, 2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid]. ^{a-f}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

이상의 결과를 종합해 보면 낙동김 원초의 경우 다른 지역의 원초보다 타우린이 평균적으로 높게 나타났으며, 다른 지역에 비해 9가지 유리 아미노산이 고르게 성분을 포함하고 있었다. 서천김 원초의 경우 이소류신이 평균적으로 높게 나타났고, 완도김 원초의 경우 류신과 페닐알라닌이 평균적으로 높게 나타났다. 고흥김 원초는 9가지 유리 아미노산이 생산 시기별로 큰 차이 없이 고르게 함유하고 있는 것으로 분석되었으나 다른 지역에 비해 높게 분석된 유리 아미노산이 없었다. 즉 생산 시기 및 지역에 따라 물김 원초에서 유리 아미노산 함량이 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다. 생산 시기 및 지역에 따른 물김의 유리 아미노산의 함량에 대한 분석은 본 연구에서 최초로 보고된 내용으로 향후 다른 연구에 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 총페놀성 화합물 함량과 항산화 활성

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 총페놀성 화합물 함량은 Table 4에 나타내었다. 12월에 채취한 낙동김 원초에서 237.25 mg gallic acid equivalents (GAE)/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 3월 고흥김 원초에서 41.84 mg GAE/100 g으로 가장 낮게 나타났다. 지역별 시료들 중에서 낙동김 원초의 총페놀성 화합물 함량이 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 나타났다. 또한, 생산 시기별로 모든 지역의 물김 원초에서 12월에 총페놀성 화합물이 가장 높게 나타났으며 이후 점점 감소하는 경향이 나타났다. 생산 지역 및 시기에 따른 물김의 총페놀성 화합물 함량에 대한 분석은 본 연구에서 최초로 보고된 내용으로 향후 다른 연구에 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

페놀성 화합물은 항산화 함염증 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고 되고 있고 이러한 활성은 페놀성 화합물의 함량과도 관계가 있다고 보고되고 있다(Eom et al., 2010; Han et al., 2015). 이에 본 연구에서도 물김 원초의 페놀성 화합물의 성분과 항산화활성과의 상관관계를 분석하기 위하여 물김 시료의 DPPH radical 소거 활성과 ABTS radical 소거 활성을 측정하였다.

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 DPPH radical 소거 활성과 ABTS radical 소거 활성은 Table 5에 나타내었다. DPPH radical 소거 활성의 경우 0.05 mg/mL-1 mg/mL 농도별로 낙동김 원초는 2.17%-49.85%, 서천김 원초는 1.50%-45.95%, 완도김 원초는 4.86%-49.54% 및 고흥김 원초는 0.90%-46.50%로 나타났다. 양성 대조구로 사용된 ascorbic acid (0.05 mg/mL-1.00 mg/mL)의 DPPH radical 소거능은 79.98%-80.59% 이었다.

ABTS radical 소거 활성의 경우 0.05 mg/mL-1.00 mg/mL 농도별로 낙동김 원초는 5.40%-58.11%, 서천김 원초는 5.71%-56.78%, 완도김 원초는 2.79%-54.06% 및 고흥김 원초는

1.28%-55.41%로 나타났다(Table 5). 양성 대조구로 사용된 Trolox (0.05 mg/mL-1.00 mg/mL)의 ABTS radical 소거능은 86.75%-87.62% 이었다. 총페놀 화합물의 함량은 12월-1월의 시료가 2월-3월에 채취한 시료들보다 높게 나타났지만, DPPH radical 소거능 활성 및 ABTS radical 소거 활성은 2월, 3월에 채취한 물김 시료가 12월, 1월에 채취한 시료보다 높게 나타났다. 페놀성 화합물은 항산화 활성 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고된 Eom et al. (2010) 결과와 비교 했을 때, 물김 원초의 총페놀성 화합물 함량과 항산화 활성 사이의 유의적인 상관관계는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 물김 원초의 경우에는 페놀화합물 이외에 다른 물질이 항산화 활성에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2017년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(영남씨그랜트사업).

References

- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington D.C., U.S.A.
- Eom SH, Lee BJ and Kim YM. 2010. Effect of yeast fermentation on antioxidant and anti-inflammatory activity of sea tangle water extract. Korean J Fish Aquat Sci 43, 117-124. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2010.43.2.117>.
- Han HN, Eom SH, Kim JH, Kim DH, Kim SH, Kim YH, Yeom SM and Kim YM. 2015. Effects of lactic acid bacterial fermentation on the antioxidant and anti-inflammatory activity of brown algae *Eisenia bicyclis* extract. Korean J Fish Aquat Sci 48, 151-157.
- Hong SP, Koo JK, JO KS and Kim DS. 1997. Physicochemical characteristics of water or alcohol soluble extracts from laver, *Porphyra yezoensis*. Korean J Food Sci Nutr 26, 10-16.
- Jung HJ, Kim DH, Jeong MH, Lim CW, Shim KB and Cho YJ. 2017. Mineral analysis and nutritional evaluation according to production area of laver *Porphyra tenera*, Japanese kelp *Saccharina japonicus*, Sea mustard *Undaria pinnatifida* and Hijiki *Sargassum fusiforme* in Korea. J Korean Soc Fish Mar Sci Edu 29, 1624-1632. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.5.1624>.
- Jung SM, Kang SG, Lee HJ, Son JS, Jeon JH and Shin HW. 2016. Proximate composition and mineral content, amino acid of laver based on culture areas. Korean J Environ Ecol 30, 98-103.
- Koo OK, Lee SJ, Chung KR, Jang DJ, Yang HJ and Kwon DY. 2016. Korean traditional fermented fish products: jeotgal. Korean J Ethn Foods 3, 107-116.
- Kwon K, Ryu DG, Jeong MC, Kang EH, Jang Y, Kwon JY, Kim

- JM, Shin IS and Kim YM. 2018. Analysis of microbial contaminants and microbial changes during dried-laver *Pyropia* spp. Processing. Korean J Fish Aquat Sci 51, 8-14.
- Lee KH, Song SH and Jeong IH. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage; 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. Korean J Fish Aquat Sci 20, 408-418.
- Lee NY. 2013. Antioxidant effect and tyrosinase inhibition activity of seaweeds ethanol extracts. Korean J Soc Food Sci Nutr 42, 1893-1898.
- Mahinda S, Ahn CB and Je JY. 2010. Enzymatic extracts from edible red algae, *Phrphyra tenera*, and their antioxidant, anti-acetylcholinesterase, and anti-inflammatory activities. Korean J Food Sci Biotechnol 19, 1551-1557.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Korea food code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on May 4, 2018.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2017. Raver processed products export over US\$500 million. Retrieved from <https://news.joins.com/article/22233890> on Aug 9, 2018.
- Mok JS, Lee TS, Son KT, Song KC, Kwon JY, Lee KJ and Kim JH. 2011. Proximate composition and mineral content of laver *Porphyra yezoensis* from the Korean coast. Korean J Fish Aquat Sci 44, 554-559.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2018. Fisheries component analysis. Retrieved from https://www.nifs.go.kr/page?id=aq_seafood_2_7&type=tot&from=totList&fim_col_id=2009-MF0007970-6-D01 on Aug 9, 2018.
- Yang WH, Lee HJ, Lee SY, Kim SG and Kim GB. 2016. Heavy metal contents and food safety assessment of processed seaweeds and cultured lavers. Korean J Mar Environ Energy 19, 203-210.