

시판 건조김의 음이온, 원소, 색도 및 항산화 활성

- 연구노트 -

박옥민[†] · 김기웅 · 강동수 · 배태진

전남대학교 해양바이오식품학과

Studies on Anion, Element, Chromaticity and Antioxidant Activities of Commercial Dried Lavers (*Porphyra yezoensis*) Cultivated in Korea

Wook-Min Park[†], Kee-Woong Kim, Dong-Soo Kang, and Tae-Jin Bae

Dept. of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Jeonnam 550-749, Korea

ABSTRACT This study was carried out to provide basic data on the anion, element, chromatic and antioxidant activities of commercial dried lavers cultivated from Seocheon, Wando, Goheung and Busan in Korea. The highest concentrations of several anions (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , and PO_4^{3-} per 100 g of dried laver) were 412.00 mg in Wando, 545.90 mg in Goheung, 297.35 mg in Seocheon, and 79.70 mg in Wando, respectively. The highest concentrations of N, C, and S were 6.40%, 41.36%, and 0.98%, respectively, in dried laver cultivated from Wando. Hunter's color values were significantly high in the order of Seocheon < Goheung < Busan < Wando for lightness, Wando < Busan < Goheung < Seocheon for redness, and Goheung < Seocheon < Busan < Wando for yellowness in the dried lavers. Total phenolic content and DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical scavenging activities showed highest values of 166.10 mg/100 g and 28.48%, respectively, in dried laver cultivated from Wando.

Key words: laver, anion, element, chromaticity, antioxidant activity

서 론

우리나라에서 주로 양식하는 김(purple laver)은 참김(*Porphyra tenera*), 방사무늬김(*P. yezoensis*), 모무늬돌김(*P. seriata*) 그리고 잇바디돌김(*P. dentata*)의 4종이 있다(1). 인공채묘가 도입되기 전까지 우리나라에서 양식되어 온 김은 주로 참김으로 알려져 왔으나 1968년부터 1970년까지 각 양식장의 표본을 채취하여 조사한 결과 참김은 일부 지역 또는 한 시기에 국한되는 반면 대부분의 양식장에서 방사무늬김으로 확인되었고(2,3), 생장에 필요한 환경요인으로 수온, 염분, 광도, 일조시간, 영양염류인 질산염, 아질산염, 암모늄염, 인산염 및 이산화탄소 등이 있다(4-7). 그리고 남서해역은 풍부한 영양염과 유속이 빠른 지정학적 요인 때문에 김 양식이 많이 이루어지는 지역이며 2010년도 기준으로 51,501속을 생산하여 물김의 무게로는 124,169톤(1속=2.411 kg)으로 김 생산의 52.7%를 차지하고 있다(8,9). 김은 미역 및 다시마 등의 해조류와 함께 각종 미네랄, 식이섬유, 조미소스, 영양의 공급원으로 이용되어 온 기호식품으로서 최근에는 이들 해조성분이 가지는 생체유지기능에 관해서도 관심이 고조되고 있다(10). 김의 세포 간 충전 물질인 수용성 산성 다당의 porphyran은 항종양 활성, 간기

능의 효소 활성 및 angiotensin converting enzyme 저해 활성 등을 보고하였고(11-13), 최근에는 클로로필, 카로티노이드 및 피코빌린의 색소, 라디칼 소거효과 및 노화 지연과 발암 억제효과를 나타내는 것으로 보고된 폴리페놀 화합물과 같은 천연 산화방지 성분을 함유하고 있다(14-18). 지금까지 김의 영양성분(19-23) 및 품질변화(24,25) 등에 대한 연구도 진행되어 왔지만 같은 품종이라도 양식 지역, 수확 시기, 해황 등에 따라 영양, 품질 및 생리활성 성분의 차이가 있는 것으로 알려져 있는데, 이는 특정 지역의 성분 및 농축물에 관련된 연구에만 국한되어 있어 산지별 시판 건조김에 대한 색도, 항산화 활성에 관련된 연구가 필요하다고 여겨지며 더욱이 음이온, 원소와 관련된 연구는 거의 없는 실정이다.

그러므로 본 연구는 서천, 완도, 고흥 및 부산에서 채취하여 시판되는 건조김의 음이온, 원소, 색도 및 항산화 활성을 분석하여 기초 자료로서 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 시료는 2011년 5~6월경에 충남 서천의 수산물특화시장, 전남 완도의 수산시장, 고흥의 녹동수산시장 및 경남 부산의 자갈치시장 내 건어물 판매장에서 상업용 시판 건조김을 구입하여 분쇄기(Cyclotec 1093 Sample

Received 15 October 2013; Accepted 4 December 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: wook1845@jnu.ac.kr, Phone: +82-61-659-6684

Table 1. Operating conditions for anion analysis in ion chromatography

Anion	
Analytical column	IonPac AS18 Analytical (4×250 mm)
Guard column	IonPac AG18 Guard (4×50 mm)
Suppressor	ASRS 300 4-mm
Mobile phase	28 mM KOH
Flow rate	1.0 mL/min
Oven temp.	30°C
Detector	Suppressed conductivity detector

Mill, Foss Tecator AB, Hoganas, Sweden)로 분쇄한 후 50 mesh 체에 걸러 통과한 분말을 밀봉하여 냉장실에 보관하면서 실험용 재료에 사용하였다.

음이온 분석

음이온 함량은 시료 1 g을 취하여 cap이 달린 삼각플라스크에 넣고 증류수 15 mL를 가하여 80°C 항온수조에서 4시간 동안 가열한 다음 4,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후에 상등액을 0.20 µm membrane filter로 여과한 후 Table 1의 조건에 따라 Ion Chromatography(DX-600, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다.

원소 분석

원소는 원소분석기(EA 1110, Thermo Quest, Rodano, Milan, Italy)를 사용하였고, 분석조건은 He와 O₂의 유속을 각각 130 mL/min과 100 mL/min을 사용하였으며 오븐온도는 70°C, 연소온도는 1,000°C로 사용하여 건조검이 함유하고 있는 원소들의 함량을 분석하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Chromameter CR-300, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 건조검의 표면색을 측정하였으며, Hunter scale의 명도(lightness, L), 적색도(red-ness, a), 황색도(yellowness, b) 값으로 나타내었다.

페놀 화합물 측정

페놀 화합물 측정은 Dewanto 등(26)의 방법을 약간 변형하여 건조검 1 g에 95% 에탄올 10 mL를 가하여 40°C에서 6시간 동안 교반시킨 후 상등액을 0.20 µm membrane filter에 여과하였다. 여액 0.1 mL에 2% sodium carbonate 3 mL를 가한 후 3분간 방치시킨 뒤 Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.2 mL를 첨가하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 분광광도계(Optizen POP, Mecasys Co, Daejeon, Korea)를 이용하여 750 nm에서 측정하였고, 표준곡선은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용하여 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical 소거능

항산화 활성은 Blois(27)의 방법을 변형하여 건조검 1 g에 95% 에탄올 10 mL를 가하여 40°C에서 6시간 동안 교반시킨 후 상등액을 0.20 µm membrane filter에 여과하였다. 여액 0.1 mL를 0.2 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 용액 3 mL에 넣고 교반하여 실온에서 30분 동안 반응시킨 후 분광광도계(Optizen POP, Mecasys Co.)를 이용하여 517 nm에서 측정하였다. DPPH radical scavenging activity (%)=[(공시료 흡광도 - 시료구 흡광도) / 공시료 흡광도] × 100의 계산식에 의해 산출하였으며, 비교구 항산화제로는 α-토코페롤(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 결과를 평균치와 표준편차로 표시하였으며, 유의성 검정은 SPSS 통계프로그램(Satistical Package for the Social Science, Ver. 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

음이온 분석

시판 건조검의 음이온 함량은 Table 2와 같이 음이온 중의 Cl⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, Br⁻, SO₄²⁻ 및 PO₄³⁻을 분석하였으나 Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻만 검출되었다. Cl⁻ 함량은 100 g 당 완도가 412.00 mg으로 가장 높았으며 부산이 407.12 mg, 고흥이 297.89 mg, 서천이 260.34 mg 순으로, NO₃⁻ 함량은 100 g당 고흥이 545.90 mg으로 가장 높았으며 완도가 312.97 mg, 부산이 297.12 mg, 서천이 232.49 mg 순으로, SO₄²⁻ 함량은 100 g당 서천이 297.35 mg으로 가장 높았으며 완도가 294.98 mg, 고흥이 246.66 mg, 부산이 199.97 mg 순으로, PO₄³⁻ 함량은 100 g당 완도가 79.70 mg으로 가장 높았으며 부산이 71.19 mg, 서천이 51.41 mg, 고흥이 35.11 mg의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈다 ($P < 0.05$). Park(28)은 남해안의 순천만 해수에는 아질산염과 질산염이 각각 평균 0.086 ppm과 2.29 ppm이 존재하여 육지에 가까울수록 이들의 오염도가 증가한다고 하였다. 시판 건조검 제조 중에 가공용수, 가공시간, 세척 횟수에 따라 음이온 함량의 차이를 보이긴 하겠지만, 고흥검이 Cl⁻ 함량

Table 2. Anion contents in commercial dried lavers (unit: mg/100 g)

Anion	Seocheon	Wando	Goheung	Busan
Cl ⁻ (chloride)	260±4 ⁽¹⁾	412±4 ^a	298±10 ^c	407±6 ^b
NO ₃ ⁻ (nitrate)	232±7 ^d	313±6 ^b	546±7 ^a	297±6 ^c
SO ₄ ²⁻ (sulfate)	297±5 ^a	295±5 ^a	247±4 ^b	200±5 ^c
PO ₄ ³⁻ (phosphate)	51±2 ^c	80±3 ^a	35±2 ^d	71±4 ^b

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{a-d}Means with different letters in the same row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Element compositions in commercial dried lavers

(unit: %)

Element	Seocheon	Wando	Goheung	Busan
N (nitrogen)	6.04±0.02 ^{d1)}	6.40±0.01 ^a	6.31±0.02 ^b	6.07±0.01 ^c
C (carbon)	37.86±0.14 ^d	41.36±0.11 ^a	39.36±0.13 ^c	39.83±0.11 ^b
H (hydrogen)	6.78±0.05 ^a	6.52±0.03 ^d	6.68±0.04 ^b	6.62±0.04 ^c
S (sulphur)	0.35±0.00 ^d	0.98±0.00 ^a	0.41±0.00 ^c	0.49±0.00 ^b

¹⁾Values are mean±SD (n=3).^{a-d}Means with different letters in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

이 낮은 반면 NO_3^- 함량이 상당히 높은 것으로 보아 다른 산지의 김 양식장보다 육지에 더 가까울 것으로 생각된다. 또한 Park(29)은 해수에서 주요 음이온인 Cl^- 과 SO_4^{2-} 이 1,931.46 mg/100 g, 311.51 mg/100 g을 함유한다고 하였는데 이는 김의 성장과 해수에서 중요한 거름이 되고 있는 인산염과 질산염뿐만 아니라 황산염도 성장 이용도에 밀접한 관련성이 있는 것으로 사료된다.

원소 분석

시판 건조김의 N, C, H, S 원소 조성은 Table 3과 같다. N의 조성은 완도가 6.40%로 가장 높았고 고흥이 6.31%, 부산이 6.07%, 서천이 6.04%의 순으로, C의 조성은 완도가 41.36%로 가장 높았고 부산이 39.83%, 고흥이 39.36%, 서천이 37.86%의 순으로, H의 조성은 서천이 6.78%로 가장 높았고 고흥이 6.68%, 부산이 6.62%, 완도가 6.52%의 순으로, S의 조성은 완도가 0.98%로 가장 높았고 부산이 0.49%, 고흥이 0.41%, 서천이 0.35%의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈다($P<0.05$). Park(4)은 해남의 김 양식장에서 채취한 김 엽체의 N과 C 조성은 7.12%와 26.67%를 조성한다고 보고한 연구 결과와는 일치하지 않았다. 이는 생산 지역, 시기에 따른 차이도 있지만 시판 건조김 제조 중에 가공용수, 가공시간, 세척 횟수에 따라 원소 조성의 차이를 나타내는 것으로 생각된다. 그리고 Kim 등(30)은 미역에서 N이 3.6%, C가 34.1%, H가 5.2% 및 S가 0.4%였으며, 다시마에서 N이 1.9%, C가 34.1%, H가 5.4% 및 S가 0.4%였으며, 툫에서는 N이 1.7%, C가 36.1%, H가 4.9% 및 S가 0.7%로 보고하였는데 이는 본 연구의 건조김보다 미역, 다시마 및 툫의 원소 조성이 낮았음을 알 수 있었다.

색도 측정

시판 건조김의 색도는 Table 4와 같이 명도(L값)에서는

Table 4. Chromaticity of commercial dried lavers

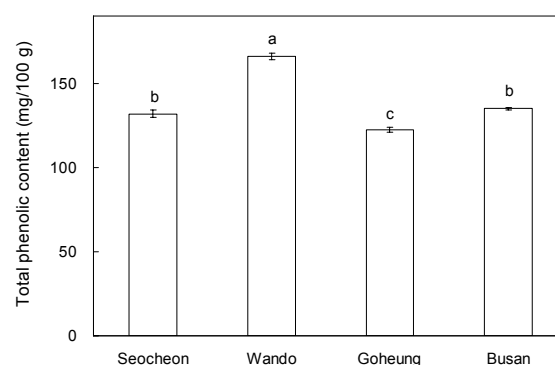
Color ¹⁾	Seocheon	Wando	Goheung	Busan
L	23.97±0.08 ^{d2)}	28.16±0.08 ^a	26.98±0.07 ^c	27.48±0.08 ^b
a	1.28±0.04 ^a	-0.09±0.04 ^d	0.40±0.03 ^b	0.06±0.03 ^c
b	1.88±0.05 ^c	2.34±0.05 ^a	1.69±0.04 ^d	2.10±0.03 ^b

¹⁾L, a, and b mean the degrees of lightness, redness, and yellowness, respectively.²⁾Values are mean±SD (n=3).^{a-d}Means with different letters in the same row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

완도> 부산> 고흥> 서천의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈고($P<0.05$), 완도가 28.16으로 가장 높은 반면에 서천이 23.97로 가장 낮았다. 적색도(a값)에서는 서천> 고흥> 부산> 완도의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈고($P<0.05$) 서천이 1.28로 가장 높은 반면에 완도가 -0.09로 가장 낮았다. 황색도(b값)에서는 완도> 부산> 서천> 고흥의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈고($P<0.05$), 완도가 2.34로 가장 높은 반면에 고흥이 1.69로 가장 낮았다. Kim(31)은 서천 김에서 상품, 중품 및 하품에 따라 명도가 20.76, 21.20 및 22.31로 상품의 김에서 가장 많은 검은색을 나타냈고 적색도와 황색도는 0.68~1.59와 1.03~4.52의 범위로 차이가 많았는데 그중의 하품 김이 본 연구 결과와는 유사하였다. 또한 Han 등(23)은 완도 김에서 명도, 적색도 및 황색도가 29.15, -0.09 및 2.10의 연구보고와도 유사하였다. 건조김의 색도는 수세물량, 수분, 온도 및 포장방법에 따라 chlorophyll, carotenoids, phycobilin 등의 색소가 쉽게 변화되어 차이를 나타낸다고 하였다(32).

페놀 화합물

페놀성 물질은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고 식물성 식품에 짙은맛과 쓴맛 등 고유한 맛을 내게 하며, 항암 작용, 혈압강화 작용, 간보호 작용, 진정 작용, 항산화 작용 등을 가진 대표적인 물질로 알려져 있다(33,34). 시판 건조김의 페놀 화합물 함량은 Fig. 1과 같다. 페놀 화합물 함량은 건조김 100 g당 완도가 166.10 mg으로 가장 높았으며 그 다음으로 부산이 134.91 mg, 서천이 131.85 mg, 고흥이 122.41

**Fig. 1.** Total phenolic contents in commercial dried lavers. ^{a-c}Means with different letters on the bars are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

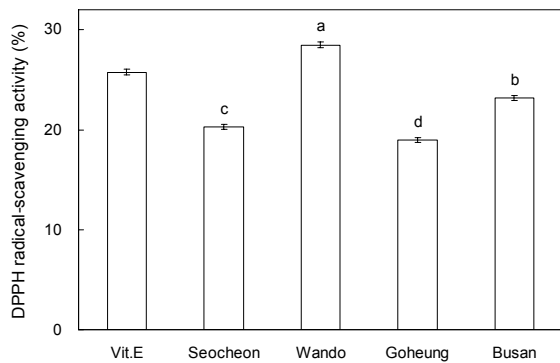


Fig. 2. DPPH radical-scavenging activity in commercial dried lavers. ^{a-d}Means with different letters on the bars are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

mg의 순으로 높았고 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈다 ($P < 0.05$). Lee 등(19)은 지역별 건조김을 추출 및 농축하여 10 mg/mL로 녹인 후 폴리페놀 함량이 100 g당 해남김이 0.351 mg, 서천김이 0.293 mg, 장흥김이 0.245 mg으로 해남김에서 그 함량이 높았으며 본 연구 결과보다는 그 함량이 상당히 낮았다. 반면에 Oh 등(35)의 전남 신안의 온돌김, 반돌김 및 과래김에서 100 g당 906 mg, 858 mg 및 535 mg을 함유한다고 보고한 연구 결과보다는 낮았는데 이들 페놀 화합물 함량의 차이는 추출용매나 추출시간 등의 영향을 받거나 고온고압처리 등의 열처리에 의해 식물체의 세포벽이 파괴되어 불용성 성분으로부터 폴리페놀 성분이 유리됨에 따른 결과라 사료되며, 열처리 및 가공과정 중에 항산화 활성을 가지고 있는 maillard 반응생성물과 단백질 가수분해 등에 의하여 새로운 항산화 물질들이 형성되기 때문으로 판단된다(36,37).

DPPH radical 소거능

시판 건조김의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 2와 같이 완도가 28.48%로 가장 높았으며 그 다음으로 부산이 23.17%, 서천이 20.31%, 고흥이 18.96%의 순으로 높았고 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈으며($P < 0.05$), 항산화제인 α -tocopherol(100 ppm)은 25.77%였으며 완도 김을 제외한 부산, 서천 및 고흥 김은 항산화제보다 항산화능이 낮았다. Lee 등(19)은 지역별 건조김을 추출 및 농축하여 10 mg/mL로 녹인 후 DPPH 라디칼 소거능은 해남김이 65.1%, 서천김이 56.1%, 장흥김이 53.5%로 본 연구 결과보다는 항산화능이 상당히 높았다. 이는 본 연구에서 시판 건조김의 항산화능의 차이가 나타나는 것이 페놀 화합물 함량과 상관성이 있는 것으로 보였다. 또한 항산화능이 있는 ascorbic acid, tocopherol, flavonoid, chlorophyll 등의 성분과도 밀접한 관련성이 있으며, DPPH는 cysteine, glutathione과 같은 황아미노산과 ascorbic acid, tocopherol, hydroquinone, pyrogallol과 같은 polyhydroxy aromatic compounds, aminophenol과 같은 aromatic amine 등의 항산화

활성이 있는 물질과 만나면 환원되어 짙은 보라빛이 탈색되어 안정한 화합물로 변화하여 노란빛을 띄게 된다고 하였다(38). 그래서 김의 주성분인 단백질로부터 유리된 아미노산의 종류와 함량 차이에 의해 발생하는 것으로 사료되고 앞으로 건조김의 polyphenol, ascorbic acid, tocopherol, flavonoid, chlorophyll, amino acid 등의 항산화능에 관련된 세밀한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

시판 건조김의 음이온, 원소, 색도 및 항산화 활성을 분석한 결과는 다음과 같다. 음이온 중에 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 및 PO_4^{3-} 함량은 건조김 100 g당 완도 412.00 mg, 고흥 545.90 mg, 서천 297.35 mg 및 완도 79.70 mg으로 가장 높은 반면에 서천 260.34 mg, 서천 232.49 mg, 부산 199.97 mg 및 고흥 35.11 mg으로 가장 낮았다. 원소 N, C 및 S의 조성은 완도가 6.40%, 41.36% 및 0.98%로 가장 높은 반면에 서천이 6.04%, 37.86% 및 0.35%로 가장 낮았다. H의 조성은 서천 6.78%로 가장 높은 반면에 완도 6.52%로 가장 낮았다. 색도의 명도(L값)에서는 완도 > 부산 > 고흥 > 서천의 순으로, 적색도(a값)에서는 서천 > 고흥 > 부산 > 완도의 순으로, 황색도(b값)에서는 완도 > 부산 > 서천 > 고흥의 순으로 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈다($P < 0.05$). 페놀 화합물 함량은 건조김 100 g당 완도가 166.10 mg, 부산이 134.91 mg, 서천이 131.85 mg, 고흥이 122.41 mg의 순으로 높았고, DPPH 라디칼 소거능은 완도가 28.48%, 부산이 23.17%, 서천이 20.31%, 고흥이 18.96%의 순으로 높았고 산지에 따라 유의적 차이를 나타냈다($P < 0.05$).

감사의 글

이 논문에 도움을 주신 전남대학교 여수캠퍼스 공동실험실 습관 직원분들께 감사드립니다.

REFERENCES

- Hwang MS, Kim SM, Ha DS, Baek JM, Kim HS, Choi HG. 2005. DNA sequences and identification of *Porphyra* cultivated by natural seeding on the southwest coast of Korea. *Algae* 20: 183-196.
- Ueda S. 1932. Systematic study of the genus *Porphyra* in Japan. *J Imp Fish Inst* 28: 1-45.
- Kang JW. 1970. Species of cultivated *Porphyra* in Korea. *Bull Korean Fish Soc* 3: 77-92.
- Park JH. 2012. Estimation of mass balance and carrying capacity in *Porphyra* fam. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Chang SD, Chin P, Park KY. 1983. Effects of temperature, salinity, and silt and clay on the rate of photosynthesis of laver, *Porphyra yezoensis*. *Bull Korean Fish Soc* 16: 335-340.
- Iwasaki H. 1965. Studies on the physiology and ecology

- of *Porphyra tenera*. *J Fac of Fish and Animal Husbandry* (Hiroshima Univ.) 6: 171-193.
7. Tada K, Fujiwara M, Honjo T. 2010. Water quality nori (*Porphyra*) culture in the Seto Inland Sea. *Bunseki Kagaku* 59: 945-955.
 8. Lee NS. 2010. A study on the consumption pattern of laver. *Korean J Food Mar Econ* 27: 1-23.
 9. National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI). 2012. The carrying capacity for laver mariculture farm according to marine ecosystem in the southwest coast, Korea. Report of national fisheries research & development institute 2011.
 10. Kim KH, Kim CS. 1982. Studies on the manufacture of *Undaria pinnatifida* laver and it's physicochemical properties. I. Histochemical properties. *Korean J Food Sci Technol* 14: 336-341.
 11. Noda HA, Arashima K. 1989. Antitumour activity of polysaccharides and lipids from marine algae. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 1265-1271.
 12. Jung KJ, Jung BM, Kim SB. 2002. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on liver lipid peroxidation in hyperlipidemic rats and on immunological functions in mice. *Korean J Food Sci Technol* 34: 325-329.
 13. Kim YM, Do JR, In JP, Park JH. 2005. Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activities of laver (*Porphyra tenera*) protein hydrolysates. *Korean J Food & Nutr* 18: 11-18.
 14. Lee KH. 1969. Pigment stability of lavers *Porphyra tenera* Kjellman during processing and storage. *Bull Korean Fish Soc* 2: 105-133.
 15. Lee KH, Song SH, Jeong IH. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage. 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes storage. *Bull Korean Fish Soc* 20: 408-418.
 16. Cornish ML, Garbary DJ. 2010. Antioxidants from macroalgae: potential application in human health and nutrition. *Algae* 25: 155-171.
 17. Kwak CS, Kim SA, Lee MS. 2005. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1143-1150.
 18. Son HJ, Kang JH. 2007. Antioxidative activity and metal-chelating ability of several seaweeds according to cultivating location. *Kosin J Health Sci* 17: 61-66.
 19. 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.
 20. Kim KH, Kim CS. 1983. Studies on the manufacture of *Undaria pinnatifida* laver and it's physicochemical properties. II. Chemical composition. *Korean J Food Sci Technol* 15: 227-281.
 21. Ha BS. 1977. Studies on the lipid of aquatic products (part 2). A comparative study on fatty acid composition of marine benthic algae. *Bull Korean Fish Soc* 10: 199-204.
 22. Park YH. 1973. Changes in Sugars composition of dried lavers during storage. *Korean J Food Sci Technol* 5: 235-239.
 23. Han JS, Lee YJ, Yoon MR. 2003. Changes of chromaticity and mineral contents of laver dishes using various cooking methods. *J East Asian Soc Dietary Life* 13: 326-333.
 24. Jo KS, Do JR, Koo JG. 1998. Pretreatment conditions of *Porphyra yezoensis*, *Undaria pinnatifida* and *Laminaria religiosa* for functional alage-tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 275-280.
 25. Jo KS, Kim JH, Sin HS. 1995. Effect of storage conditions on the oxidative stability of lipid in roasted and roasted-seasoned laver (*Porphyra tenera*). *Korean J Food Soc Technol* 27: 902-908.
 26. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
 27. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 28. Park TM. 2001. Study on the seawater pollution of the Suncheon bay. *J Korean Soc Environ Admin* 7: 403-409.
 29. Park YW. 2008. A study on the effects of acids on pH and analysis of seawater. *MS Thesis*. Mokpo National University, Jeonnam, Korea.
 30. Kim J, Lee Y, Jung S, Lee J, Cho MH. 2010. Production of methane from anaerobic fermentation of marine macro-algae. *Clean Technol* 16: 51-58.
 31. Kim GS. 2010. Physicochemical characteristics and sensory evaluation of dried laver consumed in Korea. *MS Thesis*. Chungbuk National University, Cheongju, Korea.
 32. Kim YD, Kim DS, Kim YM, Shin DH. 1987. Changes in the quality characteristics of dried laver (*Porphyra yezoensis* Ueda) during storage. *Korean J Food Sci Technol* 19: 206-211.
 33. Kim IW, Shin DH, Choi U. 1999. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* S. screened from Chinese medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 31: 885-863.
 34. Giocosa A, Filiberti R. 1996. Free radicals, oxidative damage and degenerative disease. *Eur J Cancer Prev* 5: 307-312.
 35. Oh S, Kim J, Kim H, Son S, Choe E. 2013. Composition and antioxidant activity of dried laver, *Dolgim*. *Korean J Food Sci Technol* 45: 403-408.
 36. Noh J, Choi YK, Kim HK, Kwon JH. 2005. Pre-establishment of microwave-assisted extraction conditions for antioxidative extracts from cabbage. *Korean J Food Preserv* 12: 62-67.
 37. Ueda Y, Sakaguchi M, Hiratama K, Miyajima R, Kimizuk A. 1999. Characteristic flavor constituents and water extracts of garlic. *Agric Biol Chem* 54: 163-169.
 38. Choi GN, Jeong CH, Kim JH, Kwak JH, Shin YH, Lee SC, Cho SH, Choi SG, Heo HJ. 2009. Effect of storage temperature and water activity on antioxidant activities of powdered green tea extracts. *Korean J Food Preserv* 16: 333-341.