

## 방사무늬김(*Pyropia yezoensis*)의 가열조건 및 저장기간에 따른 영양소와 색소함량의 변화

Nguyen Thanh Tri<sup>1,2</sup> · 최용준<sup>1</sup> · Thi Hong Phuong Nguyen<sup>1</sup> · Therese Ariane Neri<sup>1</sup> · 최병대<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, <sup>2</sup>칸토대학교

### Changes in Nutrient and Pigment Contents of Laver *Pyropia yezoensis* Based on Heating Process and Storage

Thanh Tri Nguyen<sup>1,2</sup>, Yong-Jun Choi<sup>1</sup>, Thi Hong Phuong Nguyen<sup>1</sup>, Therese Ariane Neri<sup>1</sup> and Byeong-Dae Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

<sup>2</sup>Department of Aquatic Nutrition and Products Processing, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

Various types of dried laver *Pyropia yezoensis* have been produced in response to increasing demand and other laver goods manufactured using different processing methods are continuously being developed. The dried laver used in this experiment was initially heated at 165°C for 3 seconds, followed by second heating at a high temperature (340-350°C) to increase the storage period and enhance taste and flavor. Nutrient analysis of each sample heated under three conditions revealed that the protein and lipid contents were highest in samples from D company, while the carbohydrate contents remained relatively stable. After storage for 10 weeks at room temperature, changes in the composition were evaluated. The results showed decrease in protein (30%-49%) and essential amino acid contents. During storage, the major unsaturated fatty acids contained in dried laver slightly changed to 53.4%-56.0% in the form of EPA, while saturated fatty acids slightly increased to 18.4%-22.6% in the form of palmitic acid. The variables derived from fatty acid composition, such as atherogenic and thrombogenic, and hypocholesterolemic/hypercholesterolemic dietary indices, and polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids ratio, also indicated reasonable levels of stability. However, the laver should be consumed within 2 months.

Key words: Dried-laver, Nutrient, Pigment, Heating process, Storage

## 서론

우리나라 및 아시아 지역을 중심으로 한 해조류의 소비경향은 현대인들의 식품소비 성향과 맞물려 매년 소비량이 증가하고 있는 추세이다. 김의 생산량은 미역, 다시마 다음으로 많은데 미역과 다시마의 경우 양식 전복의 먹이로 활용되므로 실질적으로는 해조류 중 김의 산업규모 및 부가가치가 가장 크다고 볼 수 있다(Cho et al., 2009). 김은 국내 수산물 중 참치, 오징어 다음으로 많이 수출되고 있으며 2017년 수출량은 5,740만숙이었으나, 중국과 일본의 김 착각 호조로 수출 대상국으로의 수출이 전년에 비하여 크게 줄어 한국산 김 수요는 중국과 일본의 생

산량에 크게 영향을 받았다(KMI, 2018).

김은 30% 이상의 단백질과 1% 이하의 지방 함량을 가지는 무기질이 풍부한 알칼리성 식품으로써 methionine, threonine, leucine, isoleucine, lysine, valine 등과 같은 필수아미노산이 많이 함유되어 있는 건강식품이다(Kang et al., 1987). 특히, 비타민 A, B, D, E가 풍부하며, 두뇌 발달과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려진 비타민 B2는 다른 식물성 식품에 비해 월등히 높다(Dawaczynski et al., 2007). 김의 영양소 중 가장 주목해야 할 영양소는 식이섬유와 타우린이고, 이는 현대인들이 부족하기 쉬운 영양소의 하나로 장내환경을 좋게 해주고 동맥경화의 원인이 되는 콜레스테롤, 혈당의 상승을 억제하는 효과가 알려

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0221>



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(3) 221-229, June 2018

Received 20 March 2018; Revised 9 April 2018; Accepted 18 April 2018

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9147 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: bdchoi@gnu.ac.kr

져 있다. 동시에 소량을 섭취하더라도 포만감을 느끼게 하므로 다이어트를 계획하는 사람들에게 좋은 식품으로 인식되어 있다 (Zhang et al., 2004).

김의 가치가 높아지면서 지역별로 생산되는 김의 일반성분, 무기질, 아미노산 성분함량을 측정하기 위하여 한국의 전남, 중국의 강소성, 일본 아리아케 지역에서 생산되는 방사무늬김 (*Pyropia yezoensis*)을 대상으로 분석한 결과 한국, 중국, 일본 김의 일반성분은 연안생태환경에 따라 그 함량이 차이가 난다고 하였다 (Jung et al., 2016). 뿐만 아니라, 완도에서 생산된 물김 (*Pyropia 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. 그 결과 조리 과정을 통하여 수분, 회분, 조단백질 함량이 감소하였으며, 조지방은 첨가된 참기름의 영향으로 42.4%까지 급격히 증가하였고, 마른 김에 함유되었던 일부의 아미노산들은 함량이 감소하거나 파괴되었다 (Hwang, 2013). 따라서 본 연구에서는 김의 가공온도 및 저장 중 영양성분과 색소함량의 변화를 측정하여 김의 품질 안정성을 모색하는 데 기여하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

실험에 사용한 조미김은 경남 사천시에 있는 꼬방시 푸드로부터 공급받았고, 대조구로 사용한 조미김은 시중에서 판매되고 있는 D사의 참기름 김을 구입하였다. 꼬방시 푸드에서는 건조 및 조미 온도에 따른 성분의 변화를 파악하여 이후 포장방법의 개선방안으로 활용하려는 계획으로 1차 가열은 165°C에서 3초간 가열한 다음 조미 후 340°C에서 3초간 가열한 시료 (SH 340), 345°C에서 3초간 가열한 시료 (SH 345) 및 350°C에서 3초간 가열한 시료 (SH 350)로 제조하였다. 시료의 저장은 제조회사 및 구매한 원상태 포장을 그대로 투명 아크릴 케이스 (39×27×18 cm)에 넣어 상온에 보관하면서 실험을 진행하였다. 실험기간은 2016년 9월 5일부터 10주 동안 저장하며 실험을 진행하였다. 이 기간 동안 평균 온도는 15±3°C이었다.

### 일반성분의 분석

김의 일반성분은 AOAC (2005) 방법에 의해 분석하였다. 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Bligh and Dyer (1959)법, 회분은 건식회화법, 탄수화물 함량은 phenol-sulfuric acid (Dubois et al., 1956)으로 측정하였다. Phenol-sulfuric acid 법은 증류수에 녹인 시료 150 µL를 13 mL 시험관에 취하고 5% (w/v) phenol 용액 150 µL와 혼합한 후 신속히 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 750 µL 첨가해 10분간 실온에서 반응시켰다. 그 후 다시 한 번 vortex를 이용해 혼합해 준 뒤 발색 될 때까지

실온에서 30분간 반응 시킨 후 490 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준으로는 glucose (Sigma-Aldrich Ltd., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

### 총 아미노산 및 무기질의 분석

총 아미노산 분석을 위한 전 처리는 시료 약 1.0 g에 6.0 N HCl 2 mL를 가하고 밀봉한 다음, heating block (HF21, Yamato Scientific Co., Tokyo, Japan)에서 가수분해 (110°C, 24 h)한 후 glass filter로 여과 및 감압건조한 다음 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 정용하여 분석시료로 하였다. 전처리 시료 일정량을 아미노산 자동분석기 (Biochrom 30, LKB Biochem Ltd., Cambridge, UK)로 분석하였다.

무기질은 Kim (2014)이 제시한 방법에 따라 김 일정량을 conc. HNO<sub>3</sub>로 습식 분해한 후 inductively coupled plasma spectrophotometer (ICP, Atomscan 25, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다.

### 지방산 조성 및 영양가 분석

총 지질은 Bligh and Dyer (1959)법에 따라 chloroform:methanol (2:1, v/v)로 추출하였다. 지방산 유도체화는 AOCS (1990)법에 따라 0.5 N NaOH-methanol 용액으로 검화하고, 12% BF<sub>3</sub>-methanol로 methylester화 하였다. 이를 capillary column (Omegawax-320, 30 m×0.25 mm i.d., Supelco Ltd., Bellefonte, PA, USA)이 장착된 GC (gas chromatography; Shimadzu GC-17A, Kyoto, Japan)로써 분석하였다. 이때 GC의 분석 조건은 column 온도 180°C에서 5 min 유지한 후 230°C까지 3°C/min 승온시켜 15 min 유지하였고, Inj (Injector) 250°C, FID (Flame Ionization Detector) 260°C 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>)을 사용하였으며, split ratio는 1:100으로 하였다. 지방산의 동정은 GC-MS (gas chromatography-mass spectrometry)로 동정된 menhaden oil을 동일 조건으로 분석한 결과와 ECL (equivalent chain length) 값을 비교하여 동정하였다.

관상동맥질환을 일으키는 지표가 되는 atherogenic index (AI), index of thrombogenicity (IT) 및 hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (h/H) 등은 Ulbricht and Southgate (1991)의 계산식을 활용하여 지방산조성을 평가하였다.

$$AI=[12:0+(4\times 14:0)+16:0]/[\sum MUFA+\sum PUFA(n-6)+(n-3)]$$

$$IT=(14:0+16:0+18:0)/[(0.5\times \sum MUFA)+(0.5\times \sum PUFA(n-6))+(3\times \sum PUFA(n-3))+(n-3)/(n-6)]$$

$$h/H=(18:1n-9+18:2n-6+20:4n-6+18:3n-3+20:5n-3+22:5n-3+22:6n-3)/(14:0+16:0)$$

동시에 PUFA/SFA (polyunsaturated FA/saturated FA) 등을

활용하였다.

색소성분 분석

김의 chlorophyll a, b 및 carotenes 함량은 Kumar et al. (2010)의 방법으로 김 0.5 g 에 ethyl acetate 20 mL를 첨가한 뒤 Ultra Turrax (15,000 rpm, 3 min)로 마쇄한 후 원심분리(2,737 g, 20 min, Hanil SME Co., Anyang, Korea)하였다. 원심분리 한 상층액은 UV spectrophotometer로 chlorophyll a는 662 nm, chlorophyll b는 644 nm, carotene은 470 nm에서 측정하여 아래의 식에 의하여 계산하였다(Lichtentaler and Wellburn, 1985).

$$C_a = 10.05A_{662} - 0.776A_{644}$$

$$C_b = 16.37A_{644} - 3.140A_{662}$$

$$C_{x+c} = 1000A_{470} - 1.280C_a - 56.7C_{b/230}$$

김의 phycobilins 함량은 Beer and Eshel (1985)의 방법을 이용하여 구하였다. 즉, 분쇄한 김 0.1 g 에 0.1 M phosphate buffer (pH 6.8) 5 mL를 넣고 4℃ 에서 하룻밤 정치한 후 12,096 g에서 원심분리하여 침전물을 가라 앉혔다. 상층액은 UV spectrophotometer (Shimadzu 1600, Tokyo, Japan)를 이용하여 455, 564, 592, 618, 645 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 다음 계산식에 의해 phycoerythrin 및 phycocyanin 함량을 계산하였다.

$$\text{Phycoerythrin (mg/mL)} = [(A_{564} - A_{592}) - (A_{455} - A_{592}) \times 0.20] \times 0.12$$

$$\text{Phycocyanin (mg/mL)} = [(A_{618} - A_{645}) - (A_{592} - A_{645}) \times 0.51] \times 0.15$$

통계처리

통계처리는 SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan multiple range test로 평균 간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

결과 및 고찰

가열온도에 따른 저장 중 김의 일반성분의 변화

김은 대부분이 마른김, 구운김 및 조미김의 형태로 소비되는데 현재까지 발표된 논문은 주로 김의 일반성분, 특수성분, 이화학적 특성에 관련된 연구가 대부분이다. 소비되는 조미김은 각 업체마다 자신의 특징을 나타내기 위하여 각각 다른 조건에서 가공하여 판매에 나서고 있다. 본 실험에서는 1차 가열은 160℃로 설정하였고, 2차 가열온도는 340℃ (SH340), 345℃ (SH345), 350℃ (SH350)로 설정한 다음 약 3초간 가열한 다음 포장하여 시료를 제조하였다. 제조된 시료 3가지는 실험실

Table 1. Proximate composition of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process and room temperature storage

Sample	Storage weeks	Crude protein (%)	Carbohydrate (%)	Lipid (%)	Moisture (%)	Ash (%)
SH340	0	36.9±0.04 <sup>b</sup>	41.6±0.16 <sup>f</sup>	10.0±0.24 <sup>b</sup>	11.3±0.22 <sup>f</sup>	2.6±0.05 <sup>b</sup>
	4	37.3±0.07 <sup>bc</sup>	40.0±0.17 <sup>e</sup>	9.8±0.18 <sup>ab</sup>	10.5±0.12 <sup>e</sup>	2.7±0.04 <sup>b</sup>
	7	38.2±0.10 <sup>c</sup>	39.7±0.21 <sup>d</sup>	9.6±0.16 <sup>ab</sup>	9.1±0.10 <sup>d</sup>	2.7±0.06 <sup>b</sup>
	10	35.4±0.07 <sup>a</sup>	39.5±0.10 <sup>d</sup>	14.1±0.11 <sup>d</sup>	6.4±0.13 <sup>b</sup>	2.4±0.19 <sup>ab</sup>
SH345	0	36.0±0.12 <sup>ab</sup>	41.6±0.20 <sup>f</sup>	9.8±0.18 <sup>ab</sup>	13.9±0.31 <sup>g</sup>	1.5±0.03 <sup>a</sup>
	4	38.3±0.11 <sup>c</sup>	41.0±0.23 <sup>f</sup>	9.8±0.09 <sup>ab</sup>	9.3±0.18 <sup>d</sup>	1.5±0.02 <sup>a</sup>
	7	38.9±0.30 <sup>c</sup>	39.2±0.36 <sup>d</sup>	9.4±0.10 <sup>a</sup>	8.1±0.09 <sup>cd</sup>	1.6±0.03 <sup>a</sup>
	10	36.8±0.14 <sup>b</sup>	31.6±0.19 <sup>a</sup>	10.5±0.31 <sup>b</sup>	9.5±0.16 <sup>d</sup>	1.6±0.01 <sup>a</sup>
SH350	0	41.1±0.24 <sup>d</sup>	39.8±0.18 <sup>d</sup>	10.2±0.20 <sup>b</sup>	14.5±0.26 <sup>g</sup>	1.7±0.12 <sup>a</sup>
	4	41.3±0.15 <sup>d</sup>	36.7±0.22 <sup>c</sup>	10.4±0.32 <sup>b</sup>	10.2±0.31 <sup>e</sup>	1.7±0.10 <sup>a</sup>
	7	38.9±0.09 <sup>c</sup>	36.4±0.31 <sup>c</sup>	9.5±0.11 <sup>a</sup>	10.2±0.33 <sup>e</sup>	1.6±0.08 <sup>a</sup>
	10	36.0±0.15 <sup>ab</sup>	35.5±0.32 <sup>b</sup>	9.0±0.16 <sup>a</sup>	5.5±0.13 <sup>a</sup>	1.7±0.02 <sup>a</sup>
D	0	45.1±0.23 <sup>f</sup>	39.8±0.18 <sup>d</sup>	15.2±0.35 <sup>f</sup>	10.5±0.20 <sup>e</sup>	1.7±0.21 <sup>a</sup>
	4	43.3±0.18 <sup>e</sup>	36.7±0.30 <sup>c</sup>	14.4±0.26 <sup>e</sup>	9.2±0.12 <sup>d</sup>	1.7±0.09 <sup>a</sup>
	7	38.9±0.09 <sup>c</sup>	36.4±0.30 <sup>c</sup>	12.5±0.09 <sup>c</sup>	7.2±0.06 <sup>c</sup>	2.6±0.08 <sup>b</sup>
	10	39.0±0.13 <sup>c</sup>	35.5±0.21 <sup>b</sup>	13.1±0.15 <sup>cd</sup>	5.5±0.07 <sup>a</sup>	1.7±0.01 <sup>a</sup>

SH340, 340℃ in secondary heating; SH345, 345℃ in secondary heating; SH350, 350℃ in secondary heating; D, commercial dried laver. Values expressed as mean±SD of triplicates. Data in the same column with different letters significantly vary from each other (P<0.05).

상온에 보관하면서 0, 4, 7, 10주 차에 각 항목별로 실험하였다. 대조구로는 시중에서 판매하는 D사 제품의 참기름김을 사용하였다(Table 1).

시료의 일반성분을 보면, 저장 중 수분함량은 가공 직후 10.5-14.5%로 같은 시료임에도 불구하고 제품별로 차이가 있었다. 10주간 저장하는 동안 SH350과 D사 시료가 가장 높은 감소를 보여 각각 5.5%로 나타났으며, SH340 및 SH345는 각각 6.4%, 9.5%로 나타났다( $P<0.05$ ). Hwang (2013)에 의하면 마른김의 수분함량은 9.69%였으나 구운김은 약 5초간 프라이팬에서 구웠을 때 3.66%로 감소한다고 하였고, 조미김의 경우 수분함량은 1.49%로 조미할 때 사용된 다량의 기름 성분 때문에 감소한 것으로 주장하여 본 시료와는 큰 차이를 나타내었다. 따라서 김을 구울 때나 포장된 김을 상온에 오랫동안 저장할 때에도 수분함량이 감소하여 품질을 열화시키는 것으로 나타났다. 한국산업규격(KS, 2004)에 의하면 식품성분표에서 제시한 특급 품질의 김은 단백질 37% 이상, 고급 품질은 32% 이상으로 규정하고 있으며, 본 제품의 경우 단백질의 함량이 저장 7주까지는 38% 이상을 유지하고 있어 특급의 제품으로 분류할 수 있다. 조지방의 함량은 마른김의 경우 0.73%로 매우 낮은 값이나 참기름으로 조미한 후 조지방의 함량이 10%로 높아졌고 시중에서 구매한 D사의 제품은 15.2%로 상당히 높은 조지방 함량을 유지하

고 있어 지질산패에 노출될 경우 이상취 등에 의한 품질변화가 신속히 진행될 것으로 예상된다. 김의 성분 중 특징적인 것은 탄수화물의 농도가 높은 것인데 시료로 사용한 제품의 탄수화물 농도는 39.8-41.6%로 매우 높은 수준이었고 시판되는 D사 제품도 39.8%로 높았다. 10주간 저장하는 동안 탄수화물은 안정적인 함량을 유지하였고 10주 후에는 SH345 시료에서 31.6%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 회분의 함량은 저장 10주 후 급격히 증가하였는데 이는 조단백질의 함량이 급격히 감소하면서 상대적으로 증가된 것으로 여겨진다( $P<0.05$ ).

#### 가열온도에 따른 저장 중 김의 아미노산 및 무기질의 변화

가열온도를 달리하여 건조한 김을 상온에 저장하면서 건조김에 함유된 아미노산 조성을 분석하여 Table 2에 나타내었다. 시료 채취 직후 SH340, SH345, SH350 및 D 제품의 총 아미노산 함량은 각각 35.4, 35.1, 40.4 및 44.6 g/100 g으로 시중에서 판매되는 D사 제품의 아미노산 함량이 가장 높았다. 실온에서 10주간 저장한 후 SH340, SH345, SH350 및 D 제품의 총 아미노산 함량은 각각 33.7, 23.4, 22.9 및 23.1 g/100 g으로 가열온도가 높았던 제품일수록 감소량이 많았고, D사 제품은 약 48.2%가 감소한 것으로 나타났다. 주된 아미노산은 제품에 따라 Ala는 5.8, 5.9, 5.9 및 5.2 g/100 g, Pro는 3.6, 2.9, 3.2, 3.0 g/100 g,

Table 2. Amino acids composition of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process and room temperature storage

	0 week (g/100 g)				10 weeks (g/100g)			
	SH340	SH345	SH350	D	SH340	SH345	SH350	D
Aspartic acid	2.9±0.3	2.8±0.2	2.5±0.1	3.8±0.6	3.2±0.2	2.5±0.1	2.7±0.1	3.2±0.1
Threonine*	1.8±0.1	1.8±0.1	2.1±0.1	2.8±0.1	2.2±0.1	1.6±0.1	1.6±0.1	1.6±0.1
Serine	2.3±0.1	2.4±0.2	2.8±0.1	1.9±0.0	2.7±0.1	2.2±0.1	2.3±0.1	1.5±0.0
Glutamic acid	3.5±0.2	3.6±0.5	3.3±0.4	3.3±0.2	4.2±0.3	3.4±0.2	2.7±0.0	2.9±0.1
Proline	3.6±0.1	2.9±0.1	3.2±0.2	3.0±0.1	1.9±0.1	0.6±0.0	1.0±0.0	0.7±0.0
Glycine	3.0±0.4	3.1±0.2	2.6±0.2	2.0±0.0	4.3±0.2	2.2±0.1	2.2±0.0	2.0±0.2
Alanine	5.8±0.6	5.9±0.4	5.9±0.5	5.2±0.8	6.9±0.4	4.5±0.4	4.4±0.1	4.3±0.3
Cystine	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.6±0.0	0.3±0.0	0.1±0.0	Tr	Tr
Valine*	2.4±0.6	2.5±0.1	2.8±0.1	3.5±0.2	1.8±0.2	1.3±0.0	1.4±0.0	1.3±0.2
Methionine*	0.4±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.1±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0
Isoleucine*	1.3±0.0	1.3±0.1	1.4±0.2	1.6±0.2	1.2±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	0.7±0.0
Leucine*	2.4±0.2	2.5±0.1	2.9±0.2	3.1±0.2	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
Tyrosine	0.8±0.0	0.6±0.0	1.9±0.2	2.7±0.0	0.2±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0
Phenylalanine*	1.0±0.0	1.0±0.1	2.0±0.1	1.5±0.1	0.6±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0
Histidine	0.4±0.0	0.4±0.0	2.1±0.0	2.6±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.4±0.0
Lysine*	1.9±0.1	1.9±0.1	2.1±0.4	3.9±0.2	1.9±0.1	1.6±0.1	1.4±0.1	2.0±0.1
Arginine	1.8±0.1	1.8±0.0	2.0±0.3	3.0±0.2	1.5±0.1	1.0±0.1	1.0±0.2	1.6±0.1
Total	35.4	35.1	40.4	44.6	33.7	23.4	22.9	23.1

\*Essential amino acids. Tr; trace amount; SH340, 340°C in secondary heating; SH345, 345°C in secondary heating; SH350, 350°C in secondary heating; D, commercial dried laver. Values expressed as mean±SD of triplicates.



Glu는 3.5, 3.6, 3.3, 3.3 g/100 g, Gly은 3.0, 3.1, 2.6, 2.0 g/100 g, Asp는 2.9, 2.8, 2.5, 3.8 g/100 g이었다. 이들 아미노산 함량은 저장 10주 후에도 그 함량이 상대적으로 높았으며 Trp은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 특히, 함황아미노산인 Cys과 Met 함량은 그 구조가 안정화되어 있지 않아 저장 중 급격히 감소하는 경향을 보였다. 동시에 필수아미노산인 Leu과 비필수아미노산인 Pro의 함량이 가장 큰 변화를 나타내었다.

Jung et al. (2016)이 원산지별 김의 아미노산 성분을 분석한 결과 한국>중국>일본 순으로 총 아미노산의 함량이 높은 것으로 나타났다. 주요 아미노산으로서 Ala, Val, Glu, Asp, Leu 등이었으며, 한국 149.58 mg/g, 중국 106.08 mg/g, 일본 75.38 mg/g으로 조사되었다. 아미노산의 함량 차이는 해역별 총 질소함량에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있으며(Shpigel et al., 1999), MOF (2014)의 조사에 따르면 한국 고흥 연안에서 총 질소함량이 323.58 mg/L, 중국 연운항은 70.7 mg/L (Ren et al., 2013), 일본 사가현 이사하야만 0.9495 mg/L (Hodoki and Tetsuo, 2006)로 나타나 아미노산 함량이 가장 높은 한국 김에서 총 질소 함량도 높은 것으로 사료된다고 밝혔다.

가열온도를 달리하여 건조한 김을 상온에 저장하면서 건조김에 함유된 무기질 및 중금속 함량을 분석하여 Table 3에 나타내었다. K의 함량이 높은 알카리성 식품으로 가공온도에 따른 약간의 차이는 있었지만 시중에서 판매되는 D사 제품의 K 함량이 가장 낮았고 저장 중 감소량도 가장 컸다. Fe 함량은 가공온도에 영향을 받았으며, Cu, Mn은 흔적량으로 검출되었

고, Zn은 가공조건 및 저장기간에 따른 변화가 적었다. 무기질 함량은 지역별 국가별로 차이가 큰 물질로 채취장소에 유입되는 무기질의 함량에 의하여 크게 영향을 받는 것으로, 한국의 경우 무기질 함량이 K>P>Na>Mg>Ca 순으로 나타났으며, 중국은 K>P>Ca>Mg>Na 순으로 나타났다. 또한 일본은 P>K>Ca>Na>Mg 순으로 나타났다 (Jung et al., 2016; Kim et al., 2014). Hwang (2013)의 조리방법에 따른 무기질 함량의 변화에 다른 연구에 의하면 마른김에 다량 함유된 무기질은 K, P, Ca, Mg 및 Na 순으로 나타났다. 마른김은 구운김과 조미김에 비해 Ca과 K 함량이 높았고 굵은 조리과정을 거치면서 이들 무기질 함량이 감소하였다. 중금속인 Pb, Cd, Co, Cr, As 등은 흔적량으로 검출되어 소비하는데 문제가 없는 것으로 나타났다. 한편 Son et al. (2012)에 의하면 마른 김에 함유되어 있는 수은, 납, 카드뮴의 1일 노출량을 JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)의 1일 인체노출 허용량과 비교하여 연령별로 위해지수(HQ, Hazard quotient)를 평가해 본 결과, 국내에서 유통되는 마른김에 함유되어 있는 중금속(수은, 납, 카드뮴)의 인체 위해도는 JECFA의 권고기준인 PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake)에 대비한 위해도 및 각 중금속의 1일 노출량에 대한 JECFA의 1일 인체 노출량으로 산출한 위해 지수 등이 매우 안전한 수준인 것으로 확인되었다.

#### 가열온도에 따른 저장 중 김의 지방산조성의 변화

가열온도를 달리하여 건조한 김을 상온에 저장하면서 김에

Table 3. Mineral composition and heavy metal content of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process and room temperature storage

Minerals	0 week (mg/g)				10 weeks (mg/g)			
	SH340	SH345	SH350	D	SH340	SH345	SH350	D
K	9.03±0.16	7.83±0.17	8.52±0.06	5.53±0.01	6.12±0.00	5.88±0.00	7.03±0.00	2.53±0.00
Ca	1.06±0.03	2.45±0.01	0.99±0.02	2.12±0.0	2.11±0.00	1.21±0.08	1.48±0.02	1.41±0.05
Mg	1.63±0.04	1.85±0.01	1.51±0.02	3.27±0.00	2.92±0.00	2.09±0.00	2.19±0.00	1.58±0.00
Na	6.93±0.14	5.98±0.03	6.34±0.07	7.02±0.00	6.86±0.00	6.01±0.00	6.26±0.00	3.18±0.00
P	3.07±0.06	2.30±0.02	2.62±0.02	1.50±0.00	1.84±0.00	1.68±0.01	1.76±0.00	1.35±0.00
Fe	0.80±0.00	0.17±0.00	0.10±0.00	0.59±0.00	0.67±0.00	0.03±0.00	0.04±0.00	0.26±0.00
Cu	Tr	0.02±0.00	0.07±0.00	0.03±0.00	Tr	Tr	Tr	Tr
Zn	0.23±0.00	0.21±0.00	0.37±0.00	0.21±0.00	0.11±0.00	0.13±0.00	0.15±0.00	0.14±0.00
Mn	Tr	Tr	Tr	0.18±0.00	Tr	Tr	Tr	Tr
Heavy metals								
Pb	Tr	Tr	Tr	0.03±0.00	Tr	Tr	Tr	0.02±0.00
Cd	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Co	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Cr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
As	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr

Tr, trace; SH340, 340°C in secondary heating; SH345, 345°C in secondary heating; SH350, 350°C in secondary heating; D, commercial dried laver. Values expressed as mean±SD of triplicates.

함유된 지방 산조성을 분석하여 Table 4에 나타내었다. 시료의 중요한 지방산은 cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3)가 53.4-56.0%, hexadecanoic acid (16:0)가 16.7-19.1%, cis-9-octadecenoic acid (18:1n-9)가 3.0-4.4%, cis-9,12-octadecadienoic acid (18:2n-6)가 2.6-3.3%로서 전체 지방산의 77.2-79.5%를 차지하였으며, 포화지방산보다 불

포화지방산의 상대적 함량비가 약 3배 이상 높은 건강식품으로서의 가치가 있으며, 또한 고도불포화지방산 함량이 60% 이상을 차지하였다. 실온에서 약 10주간 저장하였을 때 가열온도가 높았던 SH350구의 불포화지방산 함량이 가장 많이 감소하여 57.7%이었지만, 시중에서 판매되는 D사 제품의 경우도 저장 중 고도불포화지방산 함량의 감소가 두드러졌다. 동시에

Table 4. Fatty acids composition of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process and room temperature storage

	0 week (%)				10 weeks (%)			
	SH340	SH345	SH350	D	SH340	SH345	SH350	D
14:0	0.5±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.6±0.0	0.6±0.0	0.6±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0
15:0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
16:0	17.2±0.4	16.7±0.5	17.6±0.6	19.1±0.3	18.4±1.0	19.6±1.2	21.4±2.1	22.6±2.1
18:0	1.9±0.1	2.6±0.1	2.5±0.1	2.4±0.1	2.4±0.1	3.0±0.1	3.1±0.2	3.9±0.1
20:0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	0.7±0.0	0.5±0.0	0.5±0.0	0.6±0.0
22:0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0
∑SFA	20.4±0.2	20.5±0.1	21.2±0.3	22.9±0.0	22.5±0.2	24.2±0.5	26.0±0.4	28.2±0.3
16:1n-7	1.5±0.0	1.4±0.0	1.4±0.0	1.5±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0
18:1n-9	3.0±0.1	3.8±0.2	3.6±0.2	4.4±0.3	2.4±0.2	1.6±0.1	1.8±0.1	2.0±0.2
18:1n-7	0.7±0.0	0.6±0.0	0.6±0.0	0.5±0.0	0.6±0.0	0.6±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0
20:1n-9	2.4±0.1	2.1±0.1	2.3±0.2	2.0±0.0	1.8±0.1	1.4±0.1	1.3±0.0	1.5±0.1
20:1n-7	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0
∑MUFA	7.8±0.1	8.1±0.1	8.1±0.1	8.5±0.2	5.5±0.1	4.2±0.1	4.1±0.2	4.5±0.2
18:2n-6	3.3±0.2	3.3±0.2	2.6±0.3	3.2±0.5	2.4±0.2	2.1±0.1	2.0±0.2	2.0±0.2
18:3n-3	1.3±0.0	1.3±0.0	1.2±0.0	1.2±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0	1.3±0.0
18:4n-3	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
20:4n-6	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.6±0.0
20:2n-6	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0
20:3n-6	1.1±0.1	1.2±0.1	1.3±0.1	1.5±0.1	0.7±0.0	0.5±0.1	0.4±0.1	0.6±0.1
20:3n-3	0.2±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.4±0.0
20:4n-3	0.6±0.1	0.6±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0	0.4±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0
20:5n-3	56.0±1.3	55.1±0.9	53.4±0.7	54.6±1.0	56.0±1.3	56.0±1.3	51.0±1.3	52.0±1.3
22:4n-6	2.0±0.1	1.9±0.1	2.0±0.1	1.5±0.1	1.8±0.2	1.7±0.1	1.8±0.2	1.3±0.1
∑PUFA	65.2±0.2	64.1±0.2	61.7±0.1	63.2±0.2	63.7±0.2	63.0±0.2	57.7±0.2	59.0±0.1
∑PUFAn-3	58.4±0.1	57.4±0.1	55.4±0.1	56.6±0.1	58.3±0.1	58.3±0.1	53.1±0.1	54.4±0.1
∑PUFAn-6	6.5±0.1	6.5±0.1	6.0±0.1	6.3±0.1	5.0±0.1	4.4±0.1	4.3±0.1	4.0±0.1
∑n-3/∑n-6	9.0±0.1	8.8±0.1	9.2±0.1	9.0±0.0	11.7±0.1	13.3±0.2	12.3±0.1	13.6±0.2
∑n-6/∑n-3	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0
PUFA/SFA	3.2±0.1	3.1±0.2	2.9±0.1	2.8±0.0	2.8±0.1	2.6±0.2	2.2±0.1	2.1±0.1
AI	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0	0.4±0.1	0.4±0.0
IT	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0
h/H	3.6±0.1	3.7±0.1	3.4±0.1	3.2±0.2	3.3±0.1	3.0±0.1	2.6±0.1	2.5±0.1

AI, Atherogenic Index; IT, Index of Thrombogenicity; h/H, hypocholesterolemic/Hypercholesterolemic ratio; PUFA/SFA, polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid ratio; SH340, 340°C in secondary heating; SH345, 345°C in secondary heating; SH350, 350°C in secondary heating; D, commercial dried laver. Values expressed as mean±SD of triplicates.

monoenes산의 함량도 함께 감소하면서 포화지방산의 함량이 증가하는 경향이였다. 시판 건조 김의 지방산조성을 분석한 결과 18:2n-6, 18:1n-9 및 16:0의 함량이 매우 낮았으나 조미 김인 본 시료에서는 이들의 함량이 높아 조미 시 첨가된 식용유에 함유된 이들 지방산의 함량 때문에 높게 측정되었다(Kim et al., 2014). Kim et al. (2014)이 시판되는 건조 김의 주요 영양성분의 분석결과 EPA (eicosapentaenoic acid) 함량이 가장 높았고 서천지역 김의 고도불포화지방산 함량이 가장 높았으며 완도지역 김이 가장 낮았다고하여 지역별로 김의 지방산조성에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

토스팅에 따른 김의 지방산조성과 지방질 산화를 실험한 Son and Choe (2014) 등에 의하면 EPA는 김 지방질을 구성하고 있는 전체 지방산의 54-55%를 차지하였고, 다음으로 palmitic acid 함량이 약 18%, arachidonic acid는 약 7%, oleic acid 함량은 약 5%이었다. 김의 지방산 조성은 토스팅에 의해 유의한 변화를 보이지는 않았으며, 따라서 불포화지방산과 포화지방산의 함량 비율인 U/S 값도 건조 김에서 3.90, 120℃에서 40초 또는 300초, 250℃에서 2초 또는 5초 동안 토스팅한 김에서는 각각 3.87, 3.86, 3.84, 3.81로 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 감소한 경향을 보였다. 본 실험결과에서도 PUFA (polyunsaturated fatty acids)/SFA (saturated fatty acids) 비는 가열 건조 김에서 3.13-3.58, 저장 김에서 2.05-3.08로 저장 중 PUFA의 분해에 의해 SFA가 증가되어 이 비도 낮아지는 것으로 나타났다. AI 및 TI 값은 포화지방산의 비를 통하여 아테롬성 동맥경화

를 촉진하는 식품인지 또는 예방하는 식품인지를 평가하는 지표로 본 실험에서는 각각 0.3 및 0.1로 나타나 예방하는 식품인 것으로 나타났다(Simichi et al., 2017). h/H 값은 콜레스테롤 축적치를 예상하는 비로 이 값이 낮을수록 혈압을 낮추는 식품으로 추천된다(Santos-Silva et al., 2002). 김은 이 비가 0.1로 나타나 혈압을 낮추는 식품으로 추천될 수 있음을 보여주고 있다.

#### 가열온도에 따른 저장 중 김의 색소성분의 변화

가열온도를 달리하여 건조한 김을 상온에 저장하면서 김에 함유된 색소성분 함량의 변화를 Table 5에 나타내었다. 김에 함유된 색소성분은 chlorophyll a, b 및 carotene을 동시에 검정할 수 있는 방법을 활용하였고, 시료에 따라 총 색소함량에서 차이가 나 2.59-2.87 mg/g 범위였으며, 시중에서 판매되는 D사 제품이 가장 높아 2.90 mg/g이었다( $P<0.05$ ). 2차 가열 온도가 높은 시료일수록 저장 4주 후 분해속도가 높아 약 10-40%가 분해되는 것으로 나타났다. 그러나 10주 저장하는 동안 거의 모든 구에서 색소성분의 파괴가 일어나 90% 이상 분해되는 것으로 나타났다. 이는 포장방법을 견고히 하지 않으면 구매 후나 제조 후 1개월이 지나면 품질열화로 소비자들로부터 외면당할 수 있음을 나타내어주는 결과이다.

건조김의 품질 안전성을 지방질 산화 및 chlorophyll 함량의 변화로 비교하였을 때, 건조김의 품질은 형광등 하에서 가장 악화되었고, 다음이 백열등, 암소저장 순이었으며 aw가 증가할수록, 저장온도가 높을수록 급격히 나빠지는 경향을 보였고 기체

Table 5. Pigment content (mg/g) of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process and room temperature storage

Sample	Storage weeks	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total carotene	Total pigments
SH340	0	0.11±0.01	1.27±0.15	1.49±0.13	2.87 <sup>i</sup>
SH345		0.10±0.00	1.14±0.12	1.37±0.09	2.61 <sup>h</sup>
SH350		0.10±0.00	1.25±0.10	1.24±0.16	2.59 <sup>h</sup>
D		0.14±0.01	1.28±0.08	1.48±0.12	2.90 <sup>j</sup>
SH340	4	0.11±0.01	0.66±0.08	1.36±0.09	2.13 <sup>g</sup>
SH345		0.09±0.01	0.71±0.03	0.94±0.12	1.74 <sup>de</sup>
SH350		0.10±0.01	0.81±0.07	0.76±0.08	1.67 <sup>d</sup>
D		0.12±0.03	0.75±0.05	1.28±0.11	2.15 <sup>g</sup>
SH340	7	0.10±0.00	0.68±0.06	1.24±0.07	2.02 <sup>f</sup>
SH345		0.11±0.00	0.75±0.03	0.75±0.02	1.61 <sup>cd</sup>
SH350		0.10±0.01	0.52±0.05	0.91±0.04	1.53 <sup>c</sup>
D		0.11±0.01	0.54±0.04	1.19±0.06	1.84 <sup>e</sup>
SH340	10	Tr	0.08±0.01	0.11±0.02	0.19 <sup>b</sup>
SH345		Tr	0.05±0.01	0.06±0.00	0.11 <sup>ab</sup>
SH350		Tr	Tr	Tr	0.05 <sup>a</sup>
D		Tr	0.09±0.01	0.11±0.02	0.20 <sup>b</sup>

Tr, trace amount; SH340, 340℃ in secondary heating; SH345, 345℃ in secondary heating; SH350, 350℃ in secondary heating; D, commercial dried laver. Values expressed as mean±SD of triplicates. Data in the same column with different letters are significantly different from each other ( $P<0.05$ ).

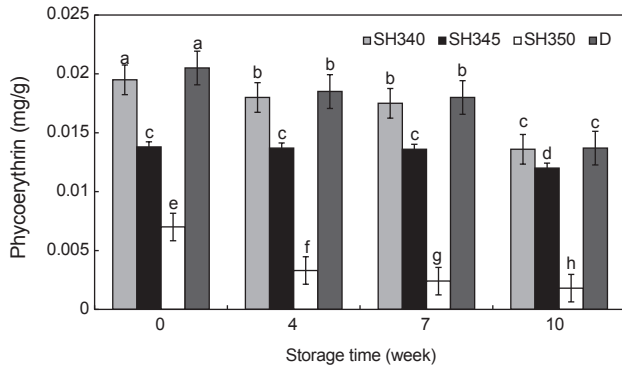


Fig. 1. Phycoerythrin content (mg/g) of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process at room temperature storage. SH340, 340°C in secondary heating; SH345, 345°C in secondary heating; SH350, 350°C C in secondary heating; D, commercial dried laver.

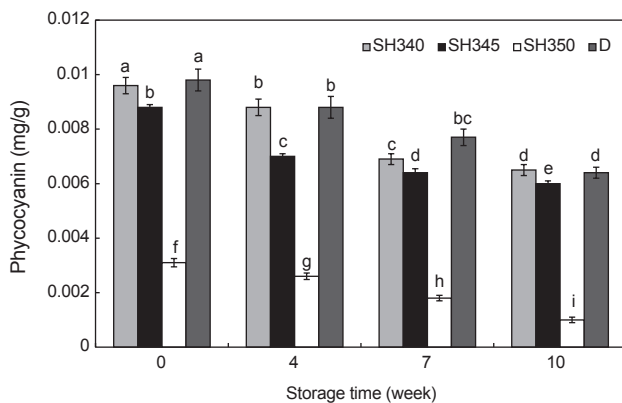


Fig. 2. Phycocyanin content (mg/g) of dried laver *Pyropia yezoensis* under different heating process at room temperature storage. SH340, 340°C in secondary heating; SH345, 345°C in secondary heating; SH350, 350°C C in secondary heating; D, commercial dried laver.

및 광 차단효과가 적은 포장지에 포장한 시료일수록 품질 안정성은 악화되었다고 하였다(Jo, 2003). 건조김의 Chlorophyll a 함량은 546.89 mg/kg이었으나 120°C에서 40초 중선택하여 통일해주세요 또는 300초, 250°C에서 2초 또는 5초 동안 토스팅 하였을 때 각각 519.92, 499.22, 510.80, 500.53 mg/kg으로 유의하게 감소하였으나( $P < 0.05$ ), 잔존율은 90% 이상으로 구이 김을 위한 토스팅 과정 중 chlorophyll a의 분해 정도는 크지 않았다(Son and Choe, 2014). Hong et al. (1997)은 200°C에서 10초 동안의 토스팅에 의해 건조 김의 chlorophyll 함량이 감소함을 보고하였으며, Lee et al. (1990)은 120°C에서 1h 동안 구이 김에서 chlorophyll 잔존량을 85%로 보고하였다.

김에는 chlorophyll, carotene 및 phycobilins와 같은 색소도 함께 함유되어 있으며 그 함량은 김의 종류에 따라 차이를 보인

다(Oh et al., 2013). 온돌김, 반돌김, 파래김의 chlorophyll 함량은 파래김이 가장 높았으며 이는 녹조류가 함유된 파래김에서의 함량이 높은 이유이다(Jayasankar, 2004). Phycoerythrin 함량은 시중에서 판매되는 D사 제품이 가장 높아 2.03 mg/g이었고, SH340 1.95 mg/g, SH345 1.43 mg/g, SH350 0.73 mg/g으로 가열온도가 높아질수록, 저장기간이 늘어날수록 감소하는 것으로 나타났다. Phycocyanin도 D사 제품이 가장 높아 0.98 mg/g, SH340 0.94 mg/g, SH345 0.86 mg/g, SH350 0.31 mg/g으로 높은 가열온도에 의하여 약 60%, 저장기간에 의하여 약 40%가 파괴되는 것으로 나타났다(Fig. 1). 온돌김, 반돌김, 파래김의 총 phycobilins 함량은 각각 2.51, 3.30, 3.27 mg/g으로 온돌김의 총 phycobilins 함량이 유의하게 낮았다. Phycobilins 중 홍조소인 phycoerythrin의 함량은 돌김의 종류에 따른 유의한 차이 없이 1.96-2.10 mg/g 농도로 함유되었고, 남조소인 phycocyanin의 함량은 온돌김, 반돌김, 파래김에서 각각 0.53, 1.34, 1.17 mg/g으로, 반돌김과 파래김에 비해 온돌김에서 특히 유의하게 낮았다. 클로로필, 카로티노이드, 피코빌린 등 색소 함량은 김의 품종, 성숙 정도 및 수확 시기, 양식 지역에 따라 다르게 나타나는 것으로 보고되었다(Ishihara et al., 2008; Lin and Stekoll, 2011).

## 사 사

이 논문은 경상대학교 산학협력선도대학(LINC)육성사업에 의하여 지원되었으며 참여기업으로서 시료를 제공해주신 꼬방시 푸드에 감사드립니다.

## References

- AOAC. 2005. Official Method of Analysis of AOAC Intl., 18th ed. Method 934.01, 979.09A, 920.39, 942.05. Association of Official Analytical Communities, Gaithersburg, MD, U.S.A.
- AOCS. 1990. AOCS Official Method Ce 1b-89. In Fatty Acid Composition by GLC, Marine Oils. Champaign, IL: Author. Open Access Library. Retrieved from <https://www.oalib.com/references/8496404> on Mar 8, 2015
- Beer S and Eshel A. 1985. Determining phycoerythrin and phycocyanin concentrations in aqueous crude extracts of red algae. *Aust J Mar Fresh Res* 36, 785-792.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physio* 37, 911-917. <http://dx.doi.org/10.1139/059-099>.
- Cho SM, Kim BM, Han KJ, Seo HY, Han YN, Yang EH and Kim DS. 2009. Current status of the domestic processed laver market and manufactures. *Food Sci Indus* 42, 57-70.
- Dawczynski C, Schubert R and Jahresis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fiber in edible seaweed products. *Food Chem* 103, 891-899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.food->



- chem.2006.09.041.
- DuBois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28, 350-356. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- Hodoki Y and Murakami T. 2006. Effects of tidal flat reclamation on sediment quality and hypoxia in Isahaya Bay. *Aquatic Conservation: Mar Fresh Ecosys* 16, 555-597. <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.723>.
- Hong SP, Koo JK, Jo KS, Kim DS. 1997. Physicochemical characteristics of water of alcohol soluble extract from laver, *Porphyra yezoensis*. *Korean J Food Nutr* 26, 10-16.
- Hwang ES. 2013. Composition of amino acids, minerals, and heavy metals in differently cooked laver (*Porphyra tenera*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42, 1270-1276. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.8.1270>.
- Ishihara K, Oyamada C, Sato Y, Danno H, Kimiya T, Kaneniwa M, Kunitake H, Muraoka T. 2008. Relationships between quality parameters and content of glycerol galactoside and porphyra-334 in dried laver nori *Porphyra yezoensis*. *Fish Sci* 74, 167-173.
- Jayasankar R. 2004. Photosynthetic efficiency of marine algae from Mandapam coast. *Seaweed Res Utiln* 26, 185-190.
- Jo KS. 2003. Effect of storage conditions on quality stability of dried laver (*Porphyra tenera*). *Korean J Food Preserv* 10, 32-36.
- 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. <http://dx.doi.org/10.13047/KJEE.2016.30.1.098>.
- Kang HI, Seung Ho and In HJ. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage. *Bull Korean Fish Soc* 20, 408-528.
- Kim KW, Hwang JH, Oh MJ, Kim MY, Choi MR and Park WM. 2014. Studies on the major nutritional components of commercial dried lavers (*Porphyra yezoensis*) cultivated in Korea. *Korean J Food Preserv* 21, 702-709. <http://dx.doi.org/10.11002/kjfp.2014.21.5.702>.
- KMI (Korea Maritime Institute/Fisheries Outlook & Issue center). 2018. Seaweed. Retrieved from <http://www.foc.re.kr/rbs/data/files/obsbook/1/201801032206041.pdf> on Jan 30, 2018.
- KS (Korean Industrial Standards). 2004. Dried laver (H6025). Retrieved from [http://www.kssn.net/StdKS/KS\\_detail.asp?K1=H&K2=6025&K3=4](http://www.kssn.net/StdKS/KS_detail.asp?K1=H&K2=6025&K3=4) on Dec 12, 2017.
- Kumar P, Ramakritinan CM and Kumaraguru AK. 2010. Solvent extraction and spectrophotometric determination of pigments of some algal species from the shore of Puthumadam, Southeast Coast of India. *Inter J Ocean Oceanogra* 4, 29-34.
- Lee KH, Ryuk JH, Jeong IH and Jung WJ. 1990. Quality changes of dried lavers during processing and storage. 3. Changes in pigments, trypsin indigestible substrates (TIS) and dietary fiber content during during roasting and storage. *Korean J Fish Aquat Sci* 23, 280-288.
- Lichtenthaler, H.K. and A.R. Wellburn. 1985. Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B or leaf in dissolved solvents. *Biol SocTrans* 11, 591-592.
- Lin R, Stekoll MS. 2011. Phycobilin content of the conchocelis phase of Alaskan *Porphyra* (bangiales, rhodophyta) species: responses to environmental variables. *J Phycol* 47, 208-214. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00933.x>.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2014. Seawater quality. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. *Korean J Fish Aquat Sci* 20, 408-418.
- Oh SJ, Kim JI, Kim HS, Son SJ and Choe EO. 2013. Composition and antioxidant activity of dried laver, *Dolgim*. *Korean J Food Sci Technol* 45, 403-408. <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2013.45.4.403>.
- Santos-Silva J, Bessa RJB and Santos-Silva F. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. *Livestock Prod Sci* 77, 187-194. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3).
- Shpigel M, Ragg NL, Lupatsch I and Neori A. 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, 227-233.
- Smichi N, Abdelmalek BE, Kharrat N, Sila A, bougateg A, Gargouri Y and Fendri A. 2017. The effects of storage on quality and nutritional aspects of farmed and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle: In vitro oils digestibility evaluation. *Fish Resear* 188, 74-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2016.12.003>.
- Son KT, Kwon JY, Jo MR, Choi WS, Kang SR, Ha NY, Shin JW, Park KB and Kim JH. 2012. Heavy metals (Hg, Pb, Cd) content and risk assessment of commercial dried laver *Porphyra* sp. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 454-459.
- Son SJ and Choe EO. 2014. Toasting effects on the lipid oxidation, antioxidants, and pigments of dried laver (*Porphyra* spp.). *Korean J Food Sci Technol* 46, 677-681. <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.6.677>.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carres.2003.09.015>.