

채취시기별 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)의 식이섬유, 아미노산 및 지방산 함량 변화

신동민 · 안세라 · 인서경 · 구재근*

군산대학교 식품생명공학과

Seasonal Variation in the Dietary Fiber, Amino Acid and Fatty Acid Contents of *Porphyra yezoensis*

Dong-Min Shin, Se-Ra An, Seo-kyoung In and Jae-Geun Koo*

Department of Food Science and Biotechnology, Kunsan National University, Kunsan 573-440, Korea

Porphyra yezoensis is potentially an excellent source of dietary fiber, amino acids, and eicosapentaenoic acid (EPA) because this red seaweed is available in large quantities and is rich in polysaccharides, proteins, and n-3 fatty acids. This study determined the insoluble dietary fiber (IDF), soluble dietary fiber (SDF), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), amino acid, and fatty acid contents of *P. yezoensis* harvested monthly from November 2011 to March 2012. The total dietary fiber (TDF) and IDF contents ranged from 27.2-34.9% and 18.5-26.9%, respectively, and were greater in March than November. The SDF content ranged from 4.9-8.4% and did not differ significantly during growth. Galactose and 3,6-anhydro galactose were the major sugars in IDF and SDF. The higher levels of galactose and 3,6-anhydro galactose in IDF might be due to associated porphyran-type polysaccharides. Mannose and xylose were also major sugars in IDF. The total amino acid contents decreased gradually from November to March. The total amino acid composition of *Porphyra* was dominated by alanine, glutamic acid, arginine, and aspartic acid. No significant changes in the fatty acid profile were observed throughout the study period. The dominant fatty acid during all seasons was EPA, which comprised as much as 50% of the total fatty acid content.

Key words: Porphyra, Insoluble dietary fiber, Soluble dietary fiber, Amino acid, Fatty acid

서 론

국내 김(*Porphyra sp.*) 생산량은 349,827M/T으로 해조류 총 생산량의 약 34%를 차지한다(Korea Statistical Information service, 2013). 생산된 무늬김은 마른 김과 조미 김으로 가공되어 식품으로 소비된다. 김에는 탄수화물과 단백질이 각각 34.3-50.2%와 33.9-49.0%로 다량 함유되어 있고(Cho et al., 1995), 식이섬유가 풍부하며, lysine 등의 필수 아미노산의 함량이 높아 영양적으로 우수하다(Dawczynski et al., 2007). 또한 김에서 추출한 수용성 식이섬유인 포피란은 혈중콜레스테롤 저하 작용(Lee et al., 2010), 항종양 활성(Noda et al., 1989), 항산화 활성(Zhang et al., 2004)을 나타내며, 김 단백질 가수분해물은 우수한 ACE 저해 활성을 나타낸다(Kim et al., 2005). 게다가 지질에는 동맥경화증 예방 활성이 우수한 C20:5n-3(EPA) 등의

n-3지방산의 비율이 매우 높다(Noda, 1993). 따라서 김은 영양적으로 우수할 뿐 아니라, 우수한 기능성을 가진 성분을 함유하고 있어 일반 가공 식품뿐 아니라 기능성 식품 소재로 활용이 기대된다.

한편 김의 구성 성분에 관한 연구는 마른 김의 함질소 엑스 성분 분에 관하여 보고(Park et al., 2001a), 마른 김 등급에 따른 구성 성분 변화(Lee et al., 1987) 등의 보고가 있고, 특히 김에 함유된 단백질과 탄수화물의 함량은 계절에 따라 함량 차이가 매우 크며 역상관 관계를 나타낸다고 보고되어 있다(Park et al., 2001b). 그러나 채취시기에 따른 김의 기능성 성분 함량 및 특성 변화에 대한 연구는 매우 부족하다. 따라서 본 연구에서는 김을 이용한 기능성 소재 활용 가능성을 검토하기 위해 수확시기에 따른 방사무늬김의 식이섬유 종류별 함량 및 특성, 총아미노산 조성 및 지방산 조성 변화를 조사하였다.

Article history:

Received 30 April 2013; Revised 15 July 2013; Accepted 29 July 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 63. 469. 1828 Fax: +82. 63. 469. 1821

E-mail address: kseaweed@kunsan.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(4) 337-342, August 2013

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0337>

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

재료 및 방법

재 료

실험에 사용한 방사무늬김, *Porphyra yezoensis*은 충남 서천 군에 있는 김 양식장에서 2011년 11월 28일, 12월 26일, 2012년 02월 07일, 03월 01일에 각각 채취하여 민물로 수세한 후 40℃에서 건조하고 분쇄한 다음 -20℃ 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

실험방법

일반성분 분석

회분, 조단백질, 조지방은 AOAC법(1995)에 따라 측정하였다. 수분은 105℃ 상압 건조법, 회분은 550℃ 회화법, 조단백질은 Kjeldhal법으로 측정하였다. 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였고 탄수화물은 100-(수분+회분+조단백질+조지방)으로 나타내었다.

수용성 및 불용성 식이섬유 분석

식이섬유 함량은 Prosky et al. (1985)의 방법에 따라 수용성 식이섬유(Soluble dietary fiber, SDF)와 불용성 식이섬유(Insoluble dietary fiber, IDF) 함량을 측정하였다. 총 식이섬유(Total dietary fiber, TDF) 함량은 수용성과 불용성 식이섬유를 합하여 구하였다.

중성 및 산성세제섬유 분석

중성세제섬유(Neutral detergent Fiber, NDF)는 Van Soest and Wine (1967)의 방법에 따라 분석하였고, 산성세제섬유(Acid detergent fiber, ADF)는 A.O.A.C (1990)방법에 따라 분석하였다. NDF와 ADF 함량의 차이로 hemicellulose 함량을 구하였다.

총아미노산 분석

시료 50 mg에 6.0 N HCl 용액을 5 mL를 가한 후 질소가스를 주입한 후 밀봉하여 110℃에서 24시간 가수분해 하였다. 가수분해한 시료에 2.5 mM 내부표준물질(a-aminobutyric acid) 5 mL를 첨가 후 50 mL 정용하고 이 중 1 mL 취하여 0.2 µm로 여과하였다. 여과액을 AccQ-Tag 방법(Cohen and Michaud, 1993)에 따라 HPLC로 정량하였다. 아미노산 표준물질은 0.1 N HCl을 용매로 하여 0.125 µmol/mL 가 되도록 조제하여 사용하였다.

구성당 분석

구성당 분석은 Furneaux et al. (1990)의 방법에 따라 표준시약(rhamnose, fucose, arabinose, ribose, galactose, 6-O-meth-

yl-D-galactose, 3,6-anhydro galactose, xylose, mannose, glucose)과 SDF, IDF 시료에 내부 표준물질(myo-inositol)을 넣어 각각 acetylation 유도체화 한 후 GC로 분석하였다. 구성당 GC 분석은 Hewlett Packard GC Model 6890과 FID (Flame ionization detector) 검출기, 칼럼은 SP-2330 (0.25 mm I.D × 30 m, film thickness; 0.2 µm)을 사용하였다. 칼럼온도는 230℃이며 주입구와 검출기 온도는 모두 240℃로 하였다. 이동상은 He를 0.1 mL/min의 유속으로 하여 분석하였다. 시료의 구성당 함량은 표준시약의 검량선을 이용하여 구하였다.

지방산 분석

시기별 김의 지방산 분석은 Lepage and Roy의 방법(1986)에 따라 시료를 methyl ester 처리한 후 GC로 분리 정량 하였다. GC 분석조건은 Hewlett Packard GC Model 6890과 FID 검출기, 칼럼은 Supelco Omegawax 250 (30.0 m × 250 µm, 0.25 µm)을 사용하였다. 시료 주입구와 검출기 온도는 모두 240℃, 이동상 기체 He의 유속은 1.1 mL/min이었다. 컬럼 온도는 140℃에서 2분간 유지시키고 200℃까지 4℃/min의 속도로 상승시켜 3분간 유지하고, 200℃에서 220℃까지 4℃/min으로 상승시킨 후 50분간 유지하여 분석하였다.

통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS version 10. 1K (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 ANOVA-test를 실시한 후, Duncan's multiple range test로 평균간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

채취 시기별 방사무늬김의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 탄수화물이 39.4-47.2%, 단백질이 29.8-40.8%로 높았고 지질은 0.7-1.1%로 가장 낮았다. 채취시기에 따른 일반성분의 변

Table 1. Seasonal variation in carbohydrate, crude protein, crude lipid and ash content of *Porphyra yezoensis*

Harvest date	%, dry weight ¹			
	Carbohydrate ²	Crude protein	Crude lipid	Ash
11/28/2011	41.1±2.1 ^{ab}	40.8±1.9 ^c	0.7±0.2	17.4±0.2 ^a
12/26/2011	39.4±1.7 ^a	39.4±1.5 ^c	0.7±0.2	20.5±0.1 ^b
2/7/2012	47.2±1.7 ^b	34.6±1.4 ^b	0.7±0.3	17.5±0.2 ^a
3/1/2012	45.2±1.3 ^b	29.8±0.9 ^a	1.1±0.2	23.9±0.5 ^c

¹Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

²Carbohydrate is expressed as 100-(ash+protein+lipid)

³Different letters within a row denote significant differences ($P<0.05$)

화는 탄수화물의 경우 11-12월에 39.4-41.4%, 2-3월에 45.2-47.2%로 채취시기가 늦을수록 증가하였다. 반면에 단백질은 11-12월에 39.4-40.8%, 2-3월에 29.8-34.6%로 채취시기가 늦을수록 감소하였고 지질 함량은 채취시기에 따라 변화가 없었다. Noda et al. (1971)은 김의 일반성분은 채취장소와 시기에 따라 달라지며 생산 초기인 12월에 단백질 함량이 높고, 채취시기가 늦을수록 단백질 함량이 줄어드는 대신에 탄수화물의 함량이 증가한다고 보고하였다. Park et al. (2001a)도 전남 장흥에서 양식한 방사무늬 김 건제품의 채취시기에 따른 일반성분을 분석한 결과 채취시기가 늦어짐에 따라 단백질 함량은 감소하고 탄수화물은 증가하는 경향을 보였다는 보고하였다. 본 실험에서도 단백질과 탄수화물은 역상관성을 나타내어 생산 후반기로 갈수록 단백질은 감소하고 탄수화물이 증가하는 경향을 나타내어 유사한 결과를 보였다.

SDF와 IDF 함량

채취시기에 따른 방사무늬김의 식이섬유 함량은 Fig. 1과 같다. IDF는 20.6-26.5%, SDF 5.9-8.4%, TDF 27.2-34.5% 이었으며 TDF에 대한 SDF비율이 21.7-29.0%였다. Kim et al. (1995)은 *P. tenera*의 IDF 함량이 12.1-24.0%, SDF 10.2-20.3%, TDF 31.0-40.5%이며 지역에 따라 TDF에 대한 SDF의 비율이 29.8-61.3%로 큰 차이가 난다고 보고하였다. 본 실험 결과에 비하여 IDF 함량은 낮은 반면에 SDF 함량은 높았는데 이는 김의 종류 및 서식 환경에 따른 차이로 여겨진다. 채취시기에 따른 TDF와 IDF함량의 변화는 11월과 12월에는 유의적인 차이가 없었으나 3월에 급격히 증가하였다. Yosie et al. (1993)은 채취시기가 늦을수록 TDF의 함량은 증가한다고 보고하였는데 본 실험 결과도 채취시기가 늦을수록 TDF와 IDF가 증가하는 경향을 나타내었다. 반면에 SDF 함량은 전 채취 기간 모두 유의적 차이가 없었다. 따라서 채취시기가 늦을수록 TDF 함량 증가 추세는 IDF 함량 증가와 매우 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

NDF와 SDF 함량

NDF와 ADF는 동물 사료의 식이섬유 측정에 널리 사용되는

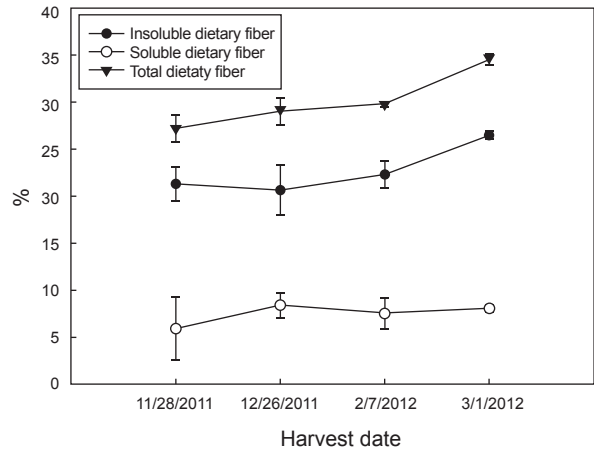


Fig. 1. Seasonal variation in IDF, SDF and TDF of *Porphyra yezoensis*.

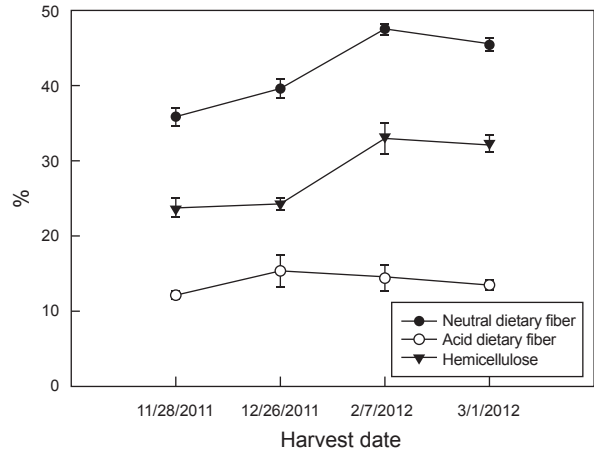


Fig. 2. Seasonal variation in NDF, ADF and hemicelluloses of *Porphyra yezoensis*.

방법이다. NDF는 중성세제에 녹지 않는 세포벽 물질(cell wall constituents)을 측정하고, ADF는 산성 세제에 녹지 않는 불용성 물질을 한다. 채취 시기별 NDF, ADF, hemicellulose 함량은 Fig. 2와 같다. NDF와 hemicellulose는 11월에서 2월까지 채취

Table 2. Seasonal variation of monosaccharide composition of soluble dietary fiber (SDF)

Harvest date	Composition (%) ¹							
	Gal	An-Gal ²	Man	Xyl	6-Me-Gal ³	Rhm	Rib	Glu
11/28/2011	77.7±4.5	11.2±2.7	4.7±3.5	0.5±0.4	2.8±2.0	1.4±0.0	0.5±0.4	1.4±0.6
12/26/2011	79.5±2.1	13.5±2.6	2.3±1.5	0.3±0.1	2.6±0.1	1.3±0.0	- ⁴	1.3±0.0
2/7/2012	73.1±1.3	13.7±1.6	3.4±1.5	0.7±0.2	4.4±0.3	1.3±0.1	-	3.5±0.8
3/1/2012	70.1±1.9	18.5±0.6	2.3±0.8	1.0±0.2	3.3±0.1	2.4±1.6	0.1±0.0	2.4±1.1

¹ Values are mean ± standard deviation.

² 3,6-anhydro galactose.

³ 6-methyl galactose.

⁴ not detected.

Table 3. Seasonal variation of monosaccharide composition of insoluble dietary fiber (IDF)

Harvest date	Composition (%) ¹							
	Gal	An-Gal ²	Man	Xyl	6-Me-Gal ³	Rhm	Rib	Glu
11/28/2011	61.9±2.2	12.3±0.6	12.2±1.1	8.9±1.1	1.3±0.2	1.1±0.1	1.2±0.7	1.1±0.1
12/26/2011	59.8±1.3	13.8±0.6	11.7±0.1	8.5±1.0	2.2±0.1	1.0±0.0	1.4±0.8	1.8±0.1
2/7/2012	53.1±4.5	19.0±1.1	11.2±3.0	6.8±0.4	3.6±0.1	1.0±0.3	0.7±0.4	1.5±1.3
3/1/2012	53.8±1.7	18.0±2.4	13.7±1.9	7.3±1.4	2.5±0.3	1.0±0.1	1.5±0.7	1.9±0.8

¹ Values are mean ± standard deviation.

² 3,6-anhydro galactose.

³ 6-methyl galactose.

시기가 늦어질수록 증가하는 경향을 나타내었으나 ADF는 채취시기에 따른 유의적인 차이가 없었다. 특히 hemicellulose의 경우 11월과 12월에 23.7-24.2%에서 2월과 3월에 32.1-33.0%로 급격히 증가하여 채취시기에 따른 NDF의 증가는 hemicellulose와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있는 데 이는 Fig. 1의 TDF와 IDF와 유사한 경향을 나타내었다.

SDF와 IDF의 구성당 조성

SDF의 구성당 조성은 Table 2와 같다. Galactose 70.1-79.5%, 3,6-anhydro galactose 11.2-18.5%로 두 구성당의 조성이 약 86.8-93.0%로 대부분을 차지하였다. 이는 김의 세포간 충전 물질로 주요 구성성분이 galactose, 3,6-anhydro galactose, ester sulfate인 porphyrin이 다량 함유되었기 때문에 여겨진다 (Park and Koo, 2008). 미량 구성당으로는 mannose, 6-methyl galactose, glucose, rhamnase, xylose, ribose 순으로 검출되었다. 채취시기에 따른 구성당 조성 변화는 채취시기가 늦어질수록 galactose 조성은 감소하고, 3,6-anhydro galactose는 증가하는 경향을 나타내었다. 그 외 구성당은 일정한 경향을 나타내지 않았다.

IDF의 구성당 조성은 Table 3과 같다. Galactose 53.1-61.9%, 3,6-anhydro galactose 12.3-19.0%로 두 구성당의 조성이 약 71.8-74.1%를 차지하였다. 다음으로 mannose가 18.0-21.0%, xylose 6.8-8.9% 순이었다. Porphyrin의 주요 구성 성분인 galactose와 3,6-anhydro galactose 두 구성당의 비율은 SDF에 비하여서는 약 10% 적었으나, mannose와 xylose의 구성당의 비율은 SDF의 약 2.6-5.2%에 비하여 17.0-21.0%로 4.0-6.9배 많았다. 따라서 효소적 분해법을 이용하여 측정된 IDF에는 상당량의 porphyrin이 혼입되어 있으며 또한 식물의 불용성 식이 섬유는 대부분은 glucose가 β(1-4) 결합한 cellulose가 주성분임에 반하여 김의 불용성 식이섬유는 xylose와 mannose로 이루어진 세포벽 구성 성분 때문으로 여겨진다. 채취시기에 따른 IDF 구성당 조성 변화는 SDF와 유사하게 채취시기가 늦어질수록 galactose는 감소하고, 3,6-anhydro galactose는 증가하는 추세를 나타내었으며, 또한 xylose는 감소하고, mannose는 채취시기에 따른 일정한 변화는 없었다.

총아미노산 함량

채취시기에 따른 방사무늬김의 총아미노산 함량을 측정한

Table 4. Seasonal variation in total amino acid profile of *Porphyra yezoensis*¹ (mg/g, dry basis)

Amino acid	Harvest date			
	11/28/2011	12/26/2011	2/7/2012	3/1/2012
Asp(Asx)	31.7±2.1 ^a	33.2±0.3 ^a	24.7±2.2 ^b	18.8±0.6 ^c
Ser	16.2±0.5 ^a	15.8±1.4 ^a	12.7±1.1 ^b	10.1±1.0 ^c
Glu(Glx)	40.8±2.4 ^a	47.6±1.4 ^b	42.2±2.3 ^a	26.0±0.6 ^c
Gly	20.9±0.6 ^a	19.6±1.2 ^a	16.5±1.0 ^b	14.8±1.3 ^b
His	2.2±0.2 ^a	2.0±0.6 ^{ab}	1.4±0.4 ^{ab}	1.0±0.2 ^b
Arg	38.7±1.1 ^a	36.8±2.3 ^a	35.3±4.5 ^{ab}	29.8±2.8 ^b
Thr	15.2±0.8 ^a	14.7±1.8 ^a	11.8±1.3 ^{ab}	9.0±1.8 ^b
Ala	50.9±1.4 ^a	53.4±1.0 ^a	52.2±1.1 ^a	27.8±0.6 ^c
Pro	12.6±0.3 ^a	13.0±1.0 ^a	9.7±0.6 ^b	7.6±0.9 ^c
Tyr	10.3±0.4 ^a	8.7±1.2 ^{ab}	7.9±1.0 ^b	6.7±3.5 ^b
Val	9.3±1.8 ^{ab}	11.0±1.3 ^a	5.9±1.7 ^{bc}	4.0±0.9 ^c
Met	3.4±0.7	2.4±2.1	2.3±1.7	0.1±1.4
Lys	22.0±2.4 ^a	20.6±1.7 ^a	19.0±3.9 ^{ab}	14.2±0.1 ^b
Ile	4.7±0.3 ^{ab}	5.5±0.9 ^a	3.6±0.6 ^{bc}	2.6±1.7 ^c
Leu	17.1±0.7 ^a	17.9±1.7 ^a	12.5±1.1 ^b	9.0±0.3 ^b
Phe	10.0±0.3 ^a	9.6±1.4 ^a	8.3±1.4 ^{ab}	5.9±1.7 ^b
Total	306.0±14.8 ^a	311.8±19.4 ^a	266.0±15.6 ^b	187.3±12.7 ^c

¹ Values are mean ± standard deviation.

² Different letters within a row denote significant differences ($P < 0.05$).

결과는 Table 4와 같다. 채취시기에 11-12월에는 336.9-339.8 mg/g이었으나 2월과 3월에는 각각 298.0 mg/g, 214.9 mg/g이었다. 함량이 높은 아미노산은 alanine, glutamic acid, arginine, aspartic acid이었으며 이 4종의 아미노산이 총 아미노산의 약 47.7-51.8%를 차지하였다. Lee et al. (2012)은 장흥, 해남, 서천산 마른김의 아미노산의 함량이 각각 156.0 mg/g, 196.1 mg/g, 310 mg/g으로 지역에 따라 차이가 있으며 alanine, glutamic acid, aspartic acid의 함량이 높다고 보고하였다. Lee et al. (1987)은 마른 김 등급별 아미노산 함량을 측정한 결과 등급이 높을수록 총아미노산의 함량이 높으며 함량이 높은 아미노산은 glutamic acid, alanine, aspartic acid라고 보고하였다.

지방산 조성

채취 시기별 방사무늬김의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 총 15종의 지방산이 검출되었으며 주요 지방산은

Table 5. Seasonal variation in fatty acid composition of *Porphyra yezoensis* (area%)

Fatty acid	Date			
	11/28/2011	12/26/2011	2/7/2012	3/1/2012
C14:0	0.8	0.7	0.8	1.5
C16:0	27.6	25.8	23.8	22.6
C16:1	0.4	0.0	0.8	1.5
C18:0	0.8	0.7	0.4	0.4
C18:1 n-9c	1.9	1.5	1.2	1.1
C18:1 n-9t	1.2	0.7	0.4	0.4
C18:2 n-6c	2.7	2.2	2.3	2.2
C18:3 n-6	0.8	0.4	0.4	0.4
C18:3 n-3	0.0	0.0	0.0	0.0
C20:1 n-9	3.9	4.1	4.2	3.7
C20:2 n-6	0.8	1.1	1.5	1.5
C20:3 n-6	3.9	4.1	2.7	4.8
C20:3 n-3	5.4	3.4	2.3	2.6
C20:5 n-3	49.4	54.7	58.8	57.0
C22:1 n-9	0.4	0.4	0.4	0.4
ΣFAs ¹	100.0	100.0	100.0	100.0
Σn-3 FAs	54.9	57.4	61.5	59.4
Σn-6 FAs	4.7	4.4	3.1	5.2
UFAs ² /SFAS ³	2.4	2.7	3.0	3.1
PUFAs ⁴ /ST-FAs ⁵	2.2	2.4	2.7	2.8
Ratio n-3/n-6	11.8	12.9	20.0	11.5

¹Fatty acids.

²Unsaturated fatty acids.

³Saturated fatty acids.

⁴Polyunsaturated fatty acids.

⁵Total saturated fatty acids.

C_{20:5} 49.4-58.8%, C_{16:0} 22.6-27.6%로 두 지방산의 조성비가 총 지방산의 77.0-82.6%를 차지하였다. 또한 포화지방산에 비하여 불포화지방산이 2.4-3.1배 많았고, n-3/n-6 비율이 11.5-20.0 배로 n-3지방산이 월등히 높았다. 그러나 채취시기별로 보았을 때 지방산 함량은 큰 변화를 보이지 않았으며, 지방산 조성 또한 두드러진 변화를 나타내지 않았다. Lee et al. (1987)은 등급별 마른김의 지방산 분석을 통하여 C_{20:5}가 43.2-55.1%, C_{16:0}이 25.2-33.6%로 대부분을 차지하며, polyene산의 함량이 55.7-64.7%로 높다고 하였다. Noda (1993)도 *P. yezoensis*의 지방산 조성 중 C_{20:5}가 약 50%를 차지한다고 하였다.

사 사

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2011-0015008).

참고문헌

AOAC. 1995. Official method of analysis of AOAC international. 16th. Association of Official Analytical Chemistry,

Washington DC. U.S.A. 69-74.

Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HR and Pyeon JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-1, Change in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. Bull Korean Fish Soc 28, 49-59.

Cohen SA and Michaud DP. 1993. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-nhydroxysuccinimidyl carbamate, and its application for the analysis of hydrolysate amino-acids via high-performance liquid-chromatography. Anal Biochem 211, 279-287.

Dawczynski C, Schubert R and Jahresis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. Food Chemistry 103, 891-899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>.

Furneaux RH, Miller IJ and Stevenson TT. 1990. Agaroids from New Zealand members of the *Gracilariaceae* (*Gracilariiales*, *Rhodophyta*) - a novel dimethylated agar. Hydrobiologia 204/205, 645-654.

Kim YM, Do JR, In JP and Park JH. 2005. Angiotension I converting enzyme (ACE) inhibition activities of laver (*Porphyra tenera*) protein hydrolysates. Korean J Food & Nutr 18, 11-18.

Korea Statistical Information service. 2013. Retrieved from <http://kosis.kr> on March 12.

Lee HJ, Choi JI and Choi SJ. 2012. Physiological activities and amino acid compositions of korean dried laver *Porphyra* products. Kor J Fish Aquat Sci 45, 409-413. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0409>.

Lee JS, Lee MH and Koo JG. 2010. Effects of porphyran and insoluble dietary fiber isolated from laver, *Porphyra yezoensis* on lipid metabolism in rats fed high fat diet. Korean J Food & Nutr 23, 562-569.

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. Bull Korean fish soc 20, 408-418.

Noda H. 1971. Biochemical studies on marine algae-II. Relation between quality and chemical composition of "Asakusanori". Nippon Suisan Gakkaishi 37, 30-34.

Noda H. 1993. Health benefits and nutritional properties of nori. Journal of Applied Phycology 5, 255-258.

Noda H, Amano H and Arashima K. 1989. Antitumour activity of polysaccharides and lipids from marine algae. Nippon Suisan Gakkaishi 55, 1265-1271.

Park CK, Park CH and Park JN. 2001a. Extractive nitrogenous constituents of dried laver, *Porphyra yezoensis*. J Korean Fish Soc 34, 394-402.

Park CK, Park CH and Park JN. 2001b. Extractive nitrogenous constituents and their monthly variation of fresh laver *Porphyra yezoensis*. Food Sci Biotechnol 10, 364-374.

Park JH and Koo JG. 2008. A simple purification method and chemical properties of porphyran from *Porphyra yezoensis*. J Kor Fish Soc 41, 409-413. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2008.41.6.409>.

- Prosky L, ASPNg, Furda I, DeVries JW, Schweizer TF and Harland BF. 1985. Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets : collaborative study. J Assoc Off Anal Chem 68, 677-679.
- Van Soest PJ and Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. Assoc Off Agr Chem J 50, 50-55.
- Yosie Y, Suzuki T, Shirai T and Hirano T. 1993. Dietary fiber and minerals in dried nori of various culture locations and prices. Nippon Suisan Gakkaishi 59, 1763-1767.
- 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>