

변색김으로부터 porphyran의 추출

김선재* · 문지숙 · 강성국 · 정순택
목포대학교 생물산업학부 및 식품산업기술연구센터

Extraction of Porphyran from Decolored Laver

Seon-Jae Kim*, Ji-Sook Moon, Seong-Gook Kang and Soon-Teck Jung

Faculty of Biotechnology and Food Industrial Technology Research Center, Mokpo National University

The chemical properties of porphyran from dried laver (*Porphyra yezoensis*) and decolored laver were measured. Dried laver contained 12.5% porphyran while decolored laver contained 12.3%. The chemical components of porphyran extracted from dried and decolored laver were examined. The content of total sugar was 64.5% and 63.7% on dry base, respectively, while that of sulfate was 17.6% and 16.9%, respectively. The content of 3,6-anhydrogalactose was 18.8% and 18.1%, respectively.

Key words: *Porphyra yezoensis*, dried laver decolored, crude porphyran

서 론

우리나라에서 생산되는 해조류의 총 생산량은 2000년도에 487천톤⁽¹⁾이고, 그 중 김은 206천톤(42.3%)이 생산되어 미역, 다시마 및 톳 등과 함께 우리나라 주요 해조류 중의 하나로 대별되고 있다. 마른 김은 총 해조제품 생산량 101천톤 중에서 50천톤(49.5%)이 생산되어 해조가공품 중 점유비율이 가장 높으며, 주로 서남해안에서 생산 및 가공되고 있다. 이들 해조류는 70년대 이후 양식기술의 발달로 생산량은 꾸준히 증가하고 있다⁽²⁾. 그러나 김 제품의 소비둔화, 가격하락 등이 해조산업의 장애요인으로 대두되고 있으며 재고처리 마른김의 장기 보존에 따른 변색 김의 재활용 기술과 김의 활용도를 높이기 위한 유용성분의 이용 연구가 필요한 실정이다.

홍조류인 김에는 다량의 당이 함유되어 있는데 주요 당은 isofloridoside, floridoside 등의 유리당과 세포벽 구성성분으로 불용성 다당인 hemicellulose, 그리고 세포간 충전물질로서 수용성 산성 다당인 porphyran으로 이루어져 있다⁽³⁾. 특히 porphyran 등의 해조다당류는 식이섬유로서 섭취시 장의 활동을 원활히 하고 유독 성분의 독성을 희석시켜 대장암의 발병률을 낮춘다고 보고⁽⁴⁾되었으며, 혈당의 급상승을 억제하는 작용과 유용장내세균이 증식 촉진효과 등의 사실이 밝혀지고 있다⁽⁵⁾.

지금까지 김에 대한 연구는 주로 김의 이화학적 특성에 관한 연구⁽⁶⁻¹⁰⁾가 주종을 이루어 왔지만 최근에는 생리활성 물질을 이용한 기능성 식품으로의 이용에 대한 관심이 높아지고 있는 추세⁽¹¹⁻¹⁷⁾이다. 그러나 국내 해조류 가공산업의 낙후성 및 취약성을 극복하기 위해서는 고부가가치 제품화가 요구되고 있지만, 해조류 가공은 주로 단순가공에 의존하고 있어 가격 파동의 원인이 되고 있으며, 가공업체의 대부분이 영세하여 연구개발 능력이 부족하다. 또한 가공제품의 품질이 열악한 경우가 많아 소비자들이 기피하는 등 해조류에 대한 새로운 이미지 제품의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 변색김으로부터 porphyran을 추출하여 그 이용성을 증대시킬 목적으로 변색김과 일반 건조김을 대상으로 각각의 성분을 비교하고, 추출된 porphyran의 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 김(*Porphyra yezoensis*)은 목포시 산정농공단지에 위치하고 있는 (주)선일식품에서 약 6개월간 상온에서 진공포장된 건조김과 골판지에 포장되어 보관된 변색김을 얻어 miller로 분쇄한 후 20 mesh체에 걸러 통과한 분말을 실험재료로 하여 냉장실에 밀봉 보관하면서 실험에 사용하였다.

김의 일반성분 분석

건조김과 변색김의 일반성분은 AOAC법⁽¹⁸⁾에 의해 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은

*Corresponding author : Seon-Jae Kim, Food Industrial Technology Research Center, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam 534-729, Korea
Tel: 82-61-450-6453
Fax: 82-61-454-1521
E-mail: foodkim@mokpo.ac.kr

Kjeldahl법, 조회분은 550°C 건식회화법으로 정량하였다. 탄수화물은 100 - (수분 + 조지방 + 조단백질 + 조회분)의 식으로 계산하여 그 값을 표시하였다.

색소성분의 분석

총 chlorophyll은 Lee 등⁽¹⁰⁾의 경우와 같이 건조시료 1g에 대하여 5 mL 증류수를 가하여 10분간 팽윤시켜 해사 1g과 함께 마쇄하고 acetone : methanol(1 : 1, v/v)용액 80 mL를 가하여 4°C에서 추출한 다음 100 mL로 정용하였다. 정용액 50 mL에 10% NaCl, 증류수, ethyl ether를 50 mL씩 순차적으로 가한 후, 충분히 혼합하여 색소물질을 ethyl ether층에 이행시켰다. 여기에 다시 증류수 50 mL로 4회 반복하여 수세하고 Na₂SO₄로 탈수시킨 다음 663 nm에서 비색정량하였다. 이때의 클로로필의 E(1%, 663 nm)는 84.0(ether)으로 하였다. 또한 총 carotenoids 분석은 chlorophyll의 경우와 같이 처리하여 시료를 10 mL로 정용하고 정용액 50 mL에 7.5 g의 KOH를 가하여 충분히 비누화시킨 후 10% NaCl, 증류수, ether를 50 mL씩 순차적으로 가하고 충분히 혼합하여 색소물질을 ethyl ether층으로 이행시켰다. 색소 층은 chlorophyll 정량과 동일하게 탈수시킨 후 447 nm에서 비색정량하였다. 이때 카로티노이드의 E(1%, 447 nm)는 2,080(ether)으로 하였다. 총 chlorophyll 및 총 carotenoids의 함량은 다음과 같은 계산식에 근거하였다.

Total chlorophyll (mg%)=

$O.D. \times vol. \times 10^3 / 84 \times \text{weight of tissue (g)}$

Total carotenoids (mg%)=

$O.D. \times vol. \times 10^3 / 2,080 \times \text{weight of tissue (g)}$

김의 총당 및 비타민 C 함량의 분석

총당 함량은 glucose를 표준물질로 사용하여 페놀-황산법⁽¹⁹⁾로 구하였고, 총비타민 C 함량은 Lee⁽²⁰⁾의 방법에 따라 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNP)법에 의해 측정하였다. 각 시료는 3회 반복하여 측정하였으며, 통계처리는 SAS package를 이용하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 통계처리하였다.

Crude porphyran의 추출

Porphyran의 제조는 Fig. 1에 나타낸 것처럼 Koo 등⁽²¹⁾의 방법을 개량하여 제조하였다. 즉 건조김을 분쇄한 후 50배(w/v)의 0.1 N HCl를 가하여 60°C의 수욕조상에서 3시간 동안 교반하여 추출하였다. 추출액을 농축한 후 감압여과하여 얻어진 여액을 6 N NaOH를 이용하여 pH 7.0으로 조정된 다음 중화된 여액에 3배량(v/v)의 에탄올을 가해 하룻밤 정지한 후 원심분리(4000 rpm, 15 min)하였다. 침전물층의 에탄올을 증류수로 세척한 후 진공동결 건조한 다음, 분쇄하여 crude porphyran 분말을 얻었다.

Crude porphyran의 화학조성 분석

건조김 및 변색김으로부터 추출된 crude porphyran의 총당 함량은 galactose를 표준물질로 사용하여 페놀-황산법⁽¹⁹⁾으로

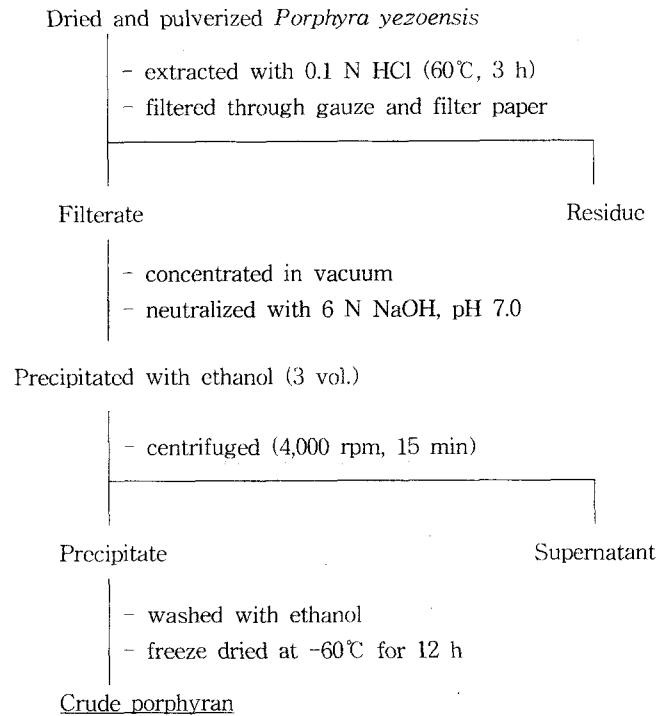


Fig. 1. Flow sheet for the preparation of crude porphyran from *Porphyra yezoensis*.

구하였고, 황산기의 함량은 Dodgson의 방법⁽²²⁾에 따라 K₂SO₄로 표준검량선을 작성하여 측정하였으며, 3,6-anhydrogalactose의 함량은 Yaphé의 방법⁽²³⁾에 따라 측정하였다.

결과 및 고찰

건조김과 변색김의 일반성분

본 실험에 사용한 김의 일반성분 조성은 Table 1과 같이 건조김과 변색김의 수분함량은 11.6%, 12.4%, 탄수화물 함량이 각각 36.8%, 36.7%, 단백질 함량은 34.3%, 33.4%, 지방 함량은 3.7%, 3.4%, 회분 함량은 13.6%, 14.1%를 나타냈다. 건조김과 변색김의 탄수화물, 지방, 회분함량은 거의 동일한 함량을 나타냈으나, 단백질 함량은 건조김이 변색김에 비해 높게 나타났다. 변색김의 경우 건조김에 비해 수분함량이 높은 것은 저장창고에 약 6개월간 보관된 김이 저장 중에 수분을 흡수하여 건조김에 비해 높게 나타난 것으로 판단된다.

Table 1. Proximate composition of *Porphyra yezoensis*

(dry basis)

Component	Content (%)	
	Dried laver	Decolored laver
Moisture	11.6	12.4
Carbohydrate	36.8	36.7
Protein	34.3	33.4
Fat	3.7	3.4
Ash	13.6	14.1

Table 2. The content of total chlorophyll and carotenoid of *Porphyra yezoensis* extracted by various concentration of ethyl alcohol at room temperature (unit: mg%)

Component	Concentration (%)						Methanol/ Acetone (1/1)
	0	20	40	60	80	95	
Total chlorophyll							
Laver A ¹⁾	-	45.3	110.3	220.4	350.3	410.7	967.8
Laver B ²⁾	-	23.5	56.7	167.8	256.8	310.7	450.4
Total carotenoids							
Laver A	-	-	38.5	53.2	73.6	88.7	106.5
Laver B	-	-	2.4	4.5	6.9	8.7	15.4

¹⁾Laver A: Dried laver, ²⁾Laver B: Decolored laver.

색소성분의 비교

김은 바다의 황색야채로 불릴 만큼 carotenoids 함량이 높는데 건조김 100 g당 160~200 mg%를 함유하는 것으로 보고되었다⁽²⁴⁾. 본 연구에서는 건조김과 변색김의 품질특성 중 기능성 성분인 carotenoids와 chrolophyll의 함량을 비교하였다. 그리고 건조김에 함유되어 있는 색소성분의 에탄올에 의한 추출성을 검토하고자 시도하였는데 Table 2와 같이 에탄올의 함량에 따라 색소성분의 추출 수율이 다르게 나타났다. 김에 함유되어 있는 chrolophyll과 carotenoids는 95% 에탄올농도에서 그 추출성이 크게 증가하는 경향을 나타냈으며 변색김보다 건조김에서 그 함량이 chrolophyll의 경우는 1.3배, carotenoids의 경우는 10.2배 정도 높게 나타났다.

일반적으로 식품분석시 chrolophyll과 carotenoids의 정량을 위해서는 아세톤과 메탄올을 1:1(v/v) 비율로 혼합하여 24시간 추출하는데, 본 실험에서 건조김과 변색김의 색소함량을 비교한 결과, 상기의 용매로 추출시 건조김과 변색김의 chrolophyll 함량은 967.8 mg%, 450.4 mg%를 나타내 건조김이 약 2배정도 그 함량이 높았고, carotenoids 함량은 건조김이 106.5 mg%, 변색김이 15.4 mg%로 나타나 건조김이 변색김에 비해 7배 더 높은 함량을 나타냈다. 이는 건조김이 저장과정 중에 변색되면서 chrolophyll과 carotenoids 등의 색소 성분이 파괴된 것으로 생각되었다. 현재 시판 중에 있는 건조김은 품질요소 중에 김 색깔의 비중이 크게 작용하며, 맛의 경우 변색김이 관능적인 가치가 낮고 색과 맛의 면에서도 낮게 일반 건조김보다 뒤떨어지기 때문에 변색김은 폐기되거나 동물사료의 원료로 이용되고 있는 실정이다.

따라서 색소함량의 면에서는 변색김의 식품학적 가치가 떨어지는 결과를 나타내, 변색김의 이용성을 위해서는 porphyran 등의 안정한 다당류에 대해 검토하게 되었다.

비타민 C 및 총당의 함량

건조김과 변색김의 비타민 C와 총당 함량은 Table 3에 나타났다. 비타민 C의 경우 건조김은 35.9 mg%, 변색김은 21.4 mg%를 나타내, 비타민 C 함량은 건조김이 변색김보다 높게 나타났다. 총당의 경우는 건조김이 15.6%, 변색김이 15.2%를 나타내 거의 동일한 함량이 존재함을 알 수 있었다. 건조김과 변색김의 탄수화물 함량이 Table 1에 나타난 것 처럼 각각 33.4%와 33.1%의 동일한 값을 나타낸 것을 고려한다면, 총당의 경우에서도 건조김과 변색김의 함량의 차이가 거의 같은 수준을 나타내었다.

Table 3. The content of vitamin C and total sugar of *Porphyra yezoensis*

Component	Content	
	Dried laver	Decolored laver
Vitamin C ¹⁾	35.9	21.4
Total sugar ²⁾	15.6	15.2

¹⁾unit: mg%

²⁾unit: g%

변색김의 경우는 건조김에 비해 천연 색소함량, 비타민 C 등 기능성분 측면에서 그 가치가 낮게 나타나는 경향을 본 연구에서 알 수 있었지만, 총당의 분석치가 건조김과 변색김이 거의 동일하게 함유되어 있어, 건조김으로부터 다당류를 추출하는 제조업체에서도 변색김으로부터 다당류를 추출하여 이용할 수 있을 것으로 생각되었다. 김에는 다당류 중 산성 다당인 porphyran이 함유되어 있고, 따라서 변색김으로부터도 porphyran의 추출이 가능할 것이라고 생각되었다.

Crude pophyran의 함량 및 화학조성 비교

건조김과 변색김으로부터 동결건조 분말상의 crude porphyran의 함량은 건조김이 12.5%, 변색김이 12.3%를 나타내었고, 이러한 결과는 건조김과 변색김으로부터 crude porphyran의 추출율은 거의 같은 수준임을 알 수 있었다. 그리고 분말상 crude porphyran의 총당, 황산기, 3,6-anhydrogalactose의 함량은 Table 4에 나타났다. 건조김과 변색김으로부터 얻어진 porphyran의 화학적 조성을 비교해 보면 총당 함량은 건조김 porphyran이 64.5%, 변색김 porphyran은 63.7%를 나타내어 각각의 crude porphyran의 총당은 거의 비슷한 함량임을 나타냈다. 황산기 함량은 총당 중에 황산기의 함량이 건조김 porphyran은 17.6%, 변색김은 16.9%를 나타내었고, 3,6-anhydrogalactose은 건조김 porphyran이 18.8%, 변색김 porphyran이 18.1%를 나타내어 거의 같은 수준의 화학조성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

한편 Park 등⁽²⁵⁾이 온도(60~100°C)와 pH(2.0~13.5)를 달리 하면서 김으로부터 crude porphyran을 제조하고 추출된 crude porphyran의 총당, 황산기, 3,6-anhydrogalactose의 함량을 측정하였는데, crude porphyran의 화학조성은 추출온도와 pH에 따라 크게 달라져서 산성영역에서 추출한 crude porphyran은 중성영역에서 추출한 것에 비해 수율 및 황산기 함량은 더 많으면서 단백질을 더 적게 함유하거나 분자량도 작아진다

Table 4. The content of total sugar, sulfate/total sugar and 3,6-anhydrogalactose/total sugar in porphyran extracted from *Porphyra yezoensis* (dry basis)

Component	Content (%)	
	Dried laver	Decolored laver
Total sugar	64.5	63.7
Sulfate/total sugar	17.6	16.9
3,6-anhydrogalactose/total sugar	18.8	18.1

고 하였고, 알갈리 영역에서 추출하는 경우는 황산기가 떨어져 나가고 단백질의 혼입량이 많아진다고 하였다. 본 연구에서는 김에 함유되어 있는 porphyran을 분자량 변화 없이 추출하기 위해서 중성영역에서 추출하는 것이 더 효율적이라고 밝혔다. 본 연구에서는 상기 연구팀의 조건을 참고하여 김으로부터 porphyran의 추출온도 및 pH는 60°C, pH 7.0 조건으로 porphyran을 추출하였으며, 본 실험실에서의 예비실험 결과에서도 김으로부터 porphyran의 대량생산 시스템에 상기의 조건이 적합한 것으로 판단되었다.

김에 함유되어 있는 산성다당인 porphyran은 김의 열수 추출물로부터 얻을 수 있는 황을 함유한 산성다당으로, 김의 세포간을 채우고 있는 것으로 추정되는 수용성의 고분자물질이다⁽²⁶⁾. Porphyran은 3,6-anhydrogalactose, 6-methyl-galactose, D,L-galactose 및 ester sulfate가 주성분이며 황산기와 OCH₃기 함량이 많은 점을 제외하고 agarose와 동일한 1차 구조를 가지고 있어 환원계 galactan으로 분류된다^(27,28). Porphyran은 수용성 식이섬유로서의 효능 이외에 동물실험에서 항암 작용이 있는 것으로 밝혀져 근래 주목을 받고 있는데, Yamamoto 등^(29,30)은 *Porphyra tenera*의 분말을 유방암과 장암을 인공유발시킨 쥐에 투여한 결과 종양발생율이 현저히 줄었음을 보고했고, Noda 등^(31,32)도 쥐에게 *Porphyra yezoensis* 분말을 투여한 결과 종양발생율이 낮았다고 보고하여 porphyran이 중요한 역할을 하고 있다.

본 결과에서는 건조김과 변색김의 총당의 값이 거의 동일한 값을 나타내는 것과 crude porphyran의 수율 및 화학적 조성의 경향이 거의 일치하고 있어, 변색김을 이용하여 porphyran추출이 가능하며 경제적인 이점이 있을 것으로 판단된다. 즉 기존의 저장김이 폐기처분되거나 이로 인해 환경오염의 문제가 발생하는데, 이러한 문제점을 해결하고 변색김으로부터 기능성이 입증된 porphyran을 대량생산 할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

건조김과 변색김의 탄수화물과 지방 및 회분함량은 거의 동일한 함량을 나타냈으나 단백질함량은 건조김이 더 높게 나타났다. 김의 chlorophyll과 carotenoids 색소는 95% 에탄올 농도에서 그 추출성이 크게 증가하는 경향을 나타냈으며, 변색김 보다 건조김에서 그 함량이 총 chlorophyll은 1.5배, 총 carotenoids는 10배정도 더 높게 나타났다. 건조김과 변색김의 비타민 C 함량은 건조김은 35.9 mg%, 변색김은 21.4 mg%를 나타내, 건조김이 변색김보다 높게 나타났다. 총당은

건조김이 15.6%, 변색김이 15.2%를 나타내 거의 동일한 함량이 존재하였다. Crude porphyran의 함량은 건조김이 12.5%, 변색김이 12.3%를 나타내 건조김과 변색김으로부터 crude porphyran의 추출율은 거의 같은 수준으로 나타났다. 건조김과 변색김으로부터 얻어진 porphyran의 화학적 조성을 비교해 보면 crude porphyran의 총당 함량은 건조김 porphyran이 64.5%, 변색김 porphyran은 63.7%를 나타내어 각각의 crude porphyran의 총당은 거의 비슷한 함량임을 나타냈다. 황산기 함량은 총당 중에 황산기의 함량이 건조김 porphyran은 17.6%, 변색김은 16.9%를 나타내었고, 3,6-anhydrogalactose은 건조김 porphyran이 18.8%, 변색김 porphyran이 18.1%를 나타내어 거의 같은 수준의 화학조성을 갖고 있어 변색김으로부터도 포피란의 추출이 가능한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 목포대학교 식품산업기술연구센터(RRC-FRC)의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries. Statistical Year Book of Maritime Affairs and Fisheries, pp. 1169-1171. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Seoul, Korea (2000)
2. Jo, K.S., Do, J.R. and Koo, J.G. Pretreatment conditions of *Porphyra yezoensis*, *Undaria pinnatifida* for functional algae-tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 275-280 (1998)
3. Nunn, J.R. and von Holdt, M.M. Red-seaweed poly saccharides-2. *Porphyra capensis* and the separation of D- and L-galactose by crystallization. J. Chem. Soc. 1094-1099 (1957)
4. Levine, G.M., Deren, J.J., Steiger, E. and Zinno, R. Role of oral intake in maintenance of gut mass and disaccharide activity. Gastroenterology 67: 975-982 (1974)
5. Takahashi, H., Yang, S.I., Hayashi, C., Kim, M., Ymanaka, J. and Yamamoto, T. Effect of partially hydrolyzed guar gum of fecal output in human volunteers. Nutr. Res. 13: 649-657 (1993)
6. Noda, H., Horiguchi, Y. and Araki, S. Studies on the flavor substance of Nori, the dried laver *Porphyra* spp.-II. Free amino acid and 5'-nucleotide. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 41: 1299-1306 (1975)
7. Noda, H., Amano, H. and Abo, K. Sugars, organic acids, and minerals of Nori, the dried laver, *Porphyra* spp. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 47: 57-63 (1981)
8. Osumi, Y., Harada, K., Fukuda, N., Amano, H. and Noda, H. Changes of volatile sulfur compounds of Nori products, *Porphyra* spp. during storage. Nippon Suisan Gakkaishi 56: 599-606(1990)
9. Harada, K., Osumi, Y., Fukuda, N., Amano, H. and Noda, H. Changes of amino acid composition of Nori products, *Porphyra* spp. during storage. Nippon Suisan Gakkaishi 56: 607-612 (1990)
10. Lee, K.H., Song, S.H. and Jeong, I.H. Quality changes of dried lavers during processing and storage. Bull. Korean Fish Soc. 20: 408-413 (1987)
11. Kaneda, T. and Ando, H. Component lipids of purple laver and their antioxidygenic activity. Proc. Int. Seaweed Symp. 7: 553-559 (1971)
12. Park, J.H., Kang, K.C., Baek, S.B., Lee, Y.H. and Rhee, K.S. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 256-261 (1991)
13. Park, Y.B., Kim, I.S., Yoo, S.J., Ahn, J.K., Lee, T.G., Park, D.C. and Kim, S.B. Elucidation of anti-tumour initiator and promoter

- derived from seaweed-2: Investigation of seaweed extracts suppressing mutagenic activity of PhIP and MeIQx. *J. Korean Fish. Soc.* 31: 581-586 (1998)
14. Noda, H. and Amano, K. Antitumour activity of polysaccharides and lipid from marine algae. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 1265-1271 (1989)
 15. Cho, K.J., Lee, Y.S. and Ryu, B.H. Antitumor effect and immunological activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull. Korean Fish. Soc.* 23: 345-352 (1990)
 16. Jung, K.J., Jung, B.M. and Kim, S.B. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 633-640 (2001)
 17. Jung, K.J., Jung, B.M. and Kim, S.B. 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 (2002)
 18. AOAC. Official Method of Analysis. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA (1990)
 19. Dubois, M., Gills, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Anal. Biochem.* 28: 350-356 (1956)
 20. Lee, Y.G. Methods of Food Analysis. 1st ed. Hyungsul Press Co., Seoul, Korea (1998)
 21. Koo, J.G. and Park, J.H. Chemical and gelling properties of alkali-modified porphyran. *J. Korean Fish. Soc.* 32: 271-275 (1999)
 22. Dodgson, K.S. and Price, R.G. A note on the determination of the ester sulfate content of sulphated polysaccharides. *Biochem. J.* 84: 106-110 (1962)
 23. Yaphe, W. and Arsenaault, G.P. Improved resorcinol reagent for the determination of fructose, and of 3,6-anhydrogalactose in polysaccharides. *Anal. Biochem.* 13: 143-148 (1965)
 24. Hong, S.P., Koo, J.K., Jo, K.S. and Kim, D.S. Physicochemical characteristics of water or alcohol soluble extracts from laver, *Porphyra yezoensis*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 10-16 (1997)
 25. Park, J.H., Koo, J.G., Do, J.R., Yang, C.B. and Woo, S.K. Effect of extraction temperature and pH on the chemical properties of crude porphyran extracted from *Porphyra yezoensis*. *J. Korean Fish. Soc.* 32: 127-131 (1998)
 26. Lahaye, M. Marine algae as sources of fibers. Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 54: 587-594 (1991)
 27. Anderson, N.S., Dolan, T.C.S. and Rees, D.A. Evidence for a common structural pattern in the polysaccharide sulphate of the *Rhodophyceae*. *Nature* 13: 1060-1069 (1965)
 28. Morrice, L.M., McLean, M.W., Long, W.F. and Williamson, F.B. Porphyran primary structure. *Eur. J. Biochem.* 133: 673-681 (1983)
 29. Yamamoto, I., and Maruyama, H. Effect of dietary seaweed preparation on 1,2-dimethylhydrazine-induced intestinal carcinogenesis in rats. *Cancer Lett.* 26: 241-249 (1985)
 30. Yamamoto, I., Maruyama, H. and Moriguchi, M. The effect of dietary seaweeds on 7,12-dimethylbenz[α] anthracene-induced mammary tumorigenesis in rats. *Cancer Lett.* 35: 109-115 (1987)
 31. Noda, H., Amano, H., Arashima, K. Studies on the antitumour activity of marine algae. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.* 55: 1259-1264 (1989)
 32. Noda, H., Amano, H., Arashima, K. Antitumour activity of polysaccharides and lipids from marine algae. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 55: 1265-1272 (1989)

(2003년 6월 16일 접수; 2003년 11월 17일 채택)