

## 김(*Porphyra yezoensis*)에서 분리한 porphyran이 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증을 유발한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

정규진 · 정복미<sup>1\*</sup> · 김선봉<sup>2</sup>

남도대학 해양식품산업과, <sup>1</sup>여수대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>부경대학교 식품공학과

### Effect of Porphyran Isolated from Laver, *Porphyra yezoensis*, on Lipid Metabolism in Hyperlipidemic and Hypercholesterolemic Rats

Kyoo-Jin Jung, Bok-Mi Jung<sup>1\*</sup> and Sun-Bong Kim<sup>2</sup>

Department of Marine Food Industry, Provincial College of Namdo

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Yosu National University

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Pukyong National University

This study investigated the effects of lipid metabolism on male Sprague Dawley rats given porphyran diet extracted from *Porphyra yezoensis* for 4 weeks. We divided into 5 diet groups which were normal diet, control diet fed high fat, cholesterol and sodium cholate, control and 1% porphyran diet (1% PD), control and 5% porphyran diet (5% PD), control and 10% of porphyran diet (10% PD). Feed intake and weight gain were not significantly different between control and porphyran diet. Serum triglyceride, total cholesterol and LDL-cholesterol contents were significantly ( $p<0.05$ ) lower in porphyran diet groups than control group. However, serum HDL-cholesterol contents increased by the addition of porphyran in experimental diet. Hepatic triglyceride and total cholesterol concentrations were proportionally decreased by the addition of porphyran in control diet compared to control diet. A number of lipid particles were shown in liver tissue of control group and the same appearance was shown in the group fed with 1% porphyran diet, whereas lipid particles was reduced in the group fed with 5% and 10% porphyran diet compared to control group. Especially, liver tissue of 10% porphyran diet group was shown similar appearance to normal diet group. These results indicated that supplementation of porphyran in hyperlipidemic rats has an effect on the improvement of serum lipids.

**Key words:** porphyran, hypolipidemic and hypocholesterolemic effect, rat

### 서 론

김은 홍조류의 김 과 김 속으로 25종<sup>(1)</sup>이 알려지고 있으나, 우리나라 전 연안에는 11종 2 종류의 서식 분포가 보고 되고 있다<sup>(2)</sup>.

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<sup>(3)</sup>. Porphyran 등의 해조다당류는 식이 섬유(dietary fiber)로서 역할을 하므로 이를 섭취함으로써 장의 활동을 원활하게 하고 배변을 잘

되게 하여, 유독 성분이 장내에 머무는 시간을 줄이고, 배변량을 늘림으로써 유독 성분의 독성을 희석시켜 대장암의 발병률을 낮출 수 가 있다<sup>(4)</sup>. 또한 혈당의 급상승을 억제하며, 유용장내세균이 잘 번식할 수 있도록 하고 vitamin이 활발하게 합성되도록 한다는 사실이 밝혀지고 있다<sup>(5,7)</sup>. 그러므로 Porphyran은 소화되지 않는 식이 섬유로서의 가치도 매우 크다 할 수 있으며, 점성이 높아 식품의 물성부형제로서의 이용가치도 높다<sup>(8,9)</sup>. 일반적으로 수용성 식이 섬유는 혈청과 간의 콜레스테롤 함량을 낮추는데 효과가 있다<sup>(10,11)</sup>. 수용성 식이 섬유가 콜레스테롤 농도를 낮추는 기작으로는, 식이 섬유가 장 내용물의 점성을 증가시켜 지질흡수를 저해하고<sup>(12)</sup>, 소장에서의 담즙산의 재 흡수를 방해하여 분변으로 steroid 배설을 증가시킴으로써 체내 콜레스테롤을 감소시키며<sup>(13)</sup>, 대장에서의 식이 섬유 발효대사 산물인 단쇄 지방산이 콜레스테롤 합성을 방해하기 때문이라고 한다<sup>(14)</sup>.

지금까지 김에 대한 연구는 많이 있으나, 주로 이화학적 특성에 관한 연구가 주종을 이루었다. 또한 최근에는 생리학

\*Corresponding author : Bok-Mi Jung, Department of Food Science and Nutrition, Yosu National University, San 96-1 Dunduckdong, Yosu, ChonNam 550-749, Korea  
Tel: 82-61-659-3414  
Fax: 82-61-659-3410  
E-mail: jbm@yosu.ac.kr

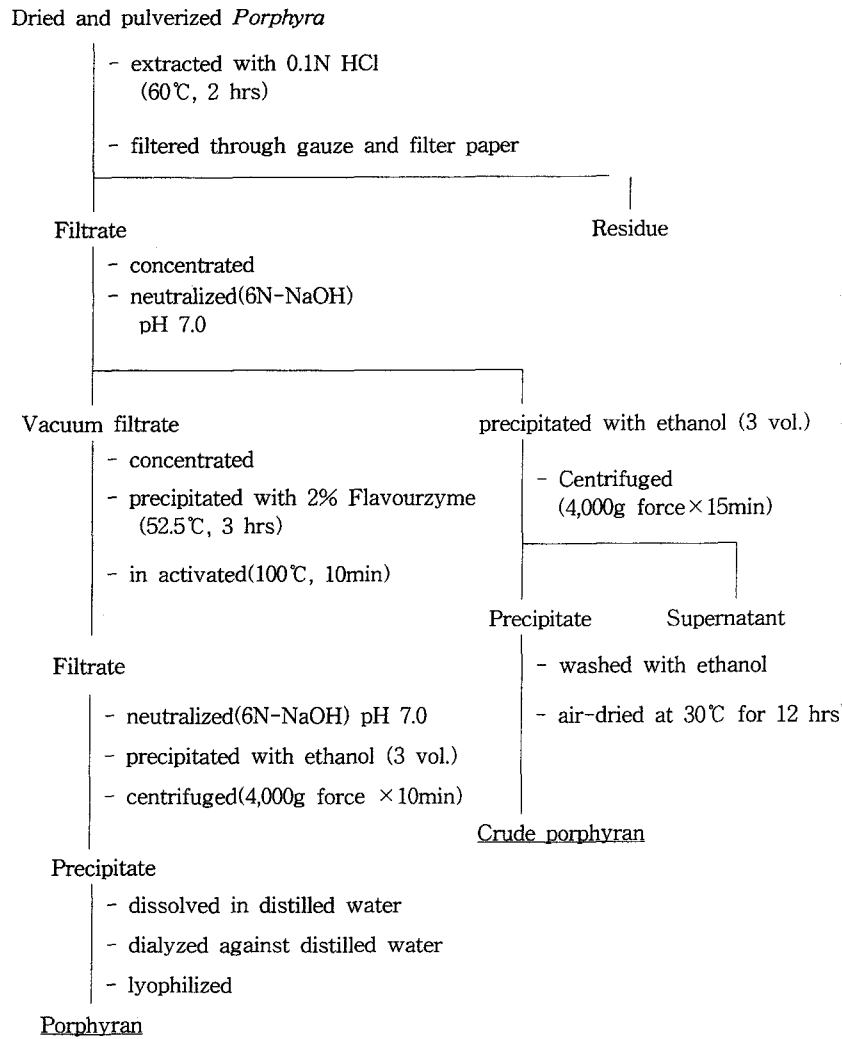


Fig. 1. Flow sheet for the preparation of crude porphyran and isolation porphyran from *Porphyra yezoensis*.

성물질을 이용한 기능성 식품에 대하여 관심이 높아지고 있는 추세이나, 김 추출물의 산성다당인 porphyran을 실험동물에 이용하여 체계적이고 실용적인 연구로, 김의 활용도를 높일 수 있는 생리기능성에 관하여 시도된 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 서남해안에서 다량 생산되고 있는 김으로부터 생리활성물질인 porphyran을 추출하여, 흰쥐에 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증을 유발시켜 porphyran을 급여한 후 흰쥐의 혈청 및 간의 지질성분과 간의 지방입자 분포에 대한 조직학적인 관찰 등 지질의 대사에 미치는 영향을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

실험에 사용한 김(*Porphyra yezoensis*)은 계절별에 따른 성분조성의 변화를 측정하여 porphyran의 최적 수율을 알아내기 위해서 전남 장흥 연안에 위치한 김 양식장에서 1999년 12월부터 2000년 3월까지 매월 5일에 채취한 양식 김을 김 가공공장에서 마른 김으로 가공하여 실험실로 운반한 다음

냉장실에 보관하여 두고 실험에 사용하였다.

### Porphyran의 추출

Porphyran의 제조는 Fig. 1의 방법에 따라 기존의 방법<sup>(15,16)</sup>을 개량하여 제조하였다.

즉 마른 김을 분쇄한 후 40배(v/w)의 0.1 N 염산을 가하여 60°C에서 2시간 교반 추출, 농축한 후 감압여과 하여 여액을 6 N NaOH로 pH 7로 맞춘 다음 중화된 여액에 3배(v/v)량의 에탄올을 첨가하여 원심분리(4,000 g, 15 min) 하였다. 침전물중의 에탄올은 물로 씻은 후 30°C에서 12시간 동안 건조하여 crude porphyran을 제조하였다.

한편, porphyran 제조는 추출과정을 산업화 측면으로 맞추어서 crude porphyran 제조 후, 재차 알코올을 사용하지 않고 분해된 여액을 감압 농축하여 농축액을 1/2정도 감소시킨 뒤, 2% Flavourzyme을 넣고 혼합하여 52.5°C에서 3시간 동안 가수 분해 시킨 다음, 가수분해된 여액을 100°C에서 10분간 실활시키고, 실활된 여액을 6 N NaOH를 사용하여 pH 7로 중화시킨 후에 에탄올 80%로 분별 침전시키고 원심분리(4,000 g, 10 min) 하였다. 침전물은 다시 증류수에 녹여 48시간 투석 후 동결 건조한 다음 분쇄하여 porphyran을 얻었다.

**동물 실험**

평균체중이 40~50 g인 Sprague Dawley계 3주령된 수컷 흰 쥐를 구입하여, 동물실험실에서 1주일간 적응시킨 후, 동물의 체중에 따라 각 군의 평균 체중이 비슷해지도록 1군에 9 마리씩 5군으로 나누어 4주간 사육하였다. 동물실험실의 사육조건은 온도 24±2°C 습도 55~60%를 항상 유지시켰다. 명암은 12시간을 주기로 자동조절되었으며, 물은 2차 증류수로 매일 급여하였고, 모든 사료와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다. 식이 섭취량은 매일 같은 시각(오후 4시)에 측정하였으며, 식이 섭취량에 대한 오차를 최소화하기 위해 허실량도 측정하여 보정하였다. 체중은 일주일에 한번씩 일정한 시간(오후 6시)에 측정하였고, 불규칙한 식이 섭취로 인한 일시적인 체중의 오차를 방지하기 위하여 측정하기 2시간 전에 식이통을 제거한 후 체중을 측정하였다. 체중증가량은 실험 종료 체중에서 실험개시 체중을 감하여 총 체중 증가량을 구하고 실험일수로 나누어 1일 평균체중 증가량으로 하였다. 그리고 식이효율(Feed Efficiency Ratio, FER)은 체중증가량을 식이 섭취량으로 나누어 계산하였다.

**실험군과 식이의 구성**

실험군과 식이의 구성은 각각 Table 1과 2에 나타내었다. 실험군의 구성은 9마리씩 5군으로 나누어 제1군은 정상군으로서 corn oil 15%를 사료에 첨가하였고, 제2군은 대조군으로 고지혈증 및 고 콜레스테롤혈증을 유발시키기 위해서 lard 15%, cholesterol 1%, sodium cholate 0.25%를 사료에 첨가하였다. 제3군, 제4군 및 제5군은 porphyrin 급여군으로서 대

조군에 porphyrin을 각각 1%, 5% 및 10%의 비율로 사료에 첨가하였다. 실험 식이는 AIN standard<sup>(17)</sup>를 참고로 하여 배합하였으며, 사료는 1주일마다 배합비율에 따라 새로 제조하여 냉장 보관하면서 공급하였다.

**실험동물의 처리**

실험동물은 실험기간 종료 후 12시간 동안 절식시킨 뒤 diethyl ether로 마취시켜 10 mL 주사기를 이용하여 심장정맥에서 채혈하였다. 채혈된 혈액은 원심분리관에 넣어 실온에서 30분간 방치시킨 후 원심분리(600 g, 15 min) 하여 혈청을 분리한 즉시 분석에 사용하였고, 혈액채취 후 가능한 한 빨리 간을 적출 하여 탈혈한 다음, 여과지로 물기를 제거한 후 일정 부위를 0.5 g씩 취하여 homogenize한 후 분석하였다.

**혈청과 간장의 콜레스테롤 및 중성지질의 분석**

혈청 및 간장의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지질 농도는 표준효소법에 의해 kit시약 (Eiken Chemical Co. LTD)으로 분석하였다.

**간 조직의 현미경 관찰**

간 조직의 일정부위를 1 g씩 절취하여 10% 중성 포르말린에 고정시킨 다음, 수세와 탈수과정을 거쳐 파라핀에 포매한 후 6 µm 두께로 박절하고, Hematoxylin and Eosin 염색을 실시하여<sup>(18)</sup> 광학현미경(×200, ×400)으로 간의 조직학적 이상 유무를 관찰하였다.

**Table 1. Experimental design for animal experiment**

Dietary Group	Dietary food	Number of animal
Normal	Corn oil 15%	9
Control	Lard 15%+Cholesterol 1%+Sodium cholate 0.25%	9
1% PD	Control + Porphyrin 1%	9
5% PD	Control + Porphyrin 5%	9
10% PD	Control + Porphyrin 10%	9

**Table 2. Composition of experimental diet**

Ingredients	Normal	Control	1% PD	5% PD	10% PD
Corn starch	25	23.75	22.75	18.75	13.75
Sucrose	30	30	30	30	30
Casein	20	20	20	20	20
Corn oil	15	-	-	-	-
Lard	-	15	15	15	15
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cholesterol	-	1.0	1.0	1.0	1.0
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25
Porphyrin	-	-	1.0	5.0	10.0

<sup>1)</sup>Same as Table 1

<sup>2)</sup>Cellulose: Sigma Co., LTD. USA

<sup>3)</sup>AIN Mineral mixture

<sup>4)</sup>AIN Vitamin mixture

### 혈청 및 간장의 지방산 분석

혈청과 간 조직의 지방산 분석을 위한 총 지질은 Bligh and Dryer법<sup>(19)</sup>에 따라 추출하였다. 각 시료를 chloroform : methanol(2 : 1, v/v)의 혼합용액을 가하여 혼합지방산을 추출하였다. 이 혼합 지방산에 14% BF<sub>3</sub>-methanol 3 mL를 가하고 95°C에서 10분간 환류 가열하여 n-hexane과 증류수로 수세시켜 혼합 지방산 methylester로 하여 GC-17A(Shimadzu, Japan)를 사용하여 분석하였다.

### 통계처리

동물실험 결과는 실험군 당 평균치와 표준편차로 표시하였으며, 각 실험군의 평균치간 유의성을 통계 package SAS program을 이용하여, Duncan's Multiple Range Test로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

각 실험군에 있어서 식이 섭취량과 체중 증가량을 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 식이 섭취량은 정상군(17.14±1.28 g/day)보다 대조군(18.07±1.64 g/day)이 약간 높았으나 두 군간의 유의적인 차이는 없었고, porphyran 1%, 5% 및 10% 급이군은 각각 18.74±1.24 g/day, 19.00±1.40 g/day 및 19.04±1.14 g/day로 나타나 정상군에 비하여 유의한 증가를 나타내었으나 대조군과는 차이가 없었다.

한편 체중 증가량은 정상군에 비해 대조군과 porphyran 급이군이 약간 높게 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 체중증가량을 식이 섭취량으로 나눈 식이 효율은

0.34~0.36으로 군간의 유의적인 차이는 없었다.

### 혈청 및 간장중의 지질 함량

Porphyran의 수준을 달리하여 급여한 흰쥐의 혈청 중 중성지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량은 Table 4와 같다.

중성지질, 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤함량은 정상군보다 라드 기름을 급여한 대조군에서 유의적으로 높게 나타났고(p<0.05), 대조군과 porphyran 급이군을 비교하였을 때, 대조군에 비해 porphyran 1%, 5% 및 10%로 첨가량 수준이 증가함에 따라 유의적으로 낮아졌다. 또한 LDL-콜레스테롤 함량은 정상군 보다 대조군 및 porphyran 급이군에서 높게 나타났으나, porphyran 급이량이 증가할수록 LDL-콜레스테롤은 점차 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. HDL-콜레스테롤은 대조군에 비해 porphyran 1%, 5% 및 10% 급이군에서 각각 19.49±1.34 mg/dL, 21.96±1.29 mg/dL 및 25.40±2.35 mg/dL로 점차 증가하였고, 특히 10% porphyran 급이군이 대조군과 다른 porphyran 급이군에 비해 유의한 증가를 나타내었다. LDL-콜레스테롤은 대조군에 비하여 porphyran 1%, 5% 및 10% 급이군에서 각각 10.1%, 20.0%, 33.6%의 유의적인 감소를 나타냈다. 동맥경화지수(Atherosclerogenic Index)는 정상군 1.15, 대조군 4.94, porphyran 1%군 4.38, porphyran 5%군 3.33 및 porphyran 10%군 2.51로 정상군이 가장 낮게 나타났으며, 고지혈증 유발군인 대조군에서 가장 높게 나타났다. 그러나 대조군에 비해 porphyran 첨가수준이 증가할수록 동맥경화지수가 유의하게 감소되는 경향을 나타내었다.

흰쥐의 간장 중 중성지질 및 총 콜레스테롤 함량은 Table

Table 3. Feed intake, weight gain and feed efficiency ratio of rats fed the experimental diets

Group <sup>1)</sup>	Feed intake (g/day)	Weight gain (g/day)	Feed efficiency ratio
Normal	17.14 ± 1.28 <sup>2)bc3)</sup>	6.19 ± 0.82NS <sup>4)</sup>	0.36
Control	18.07 ± 1.64 <sup>ab</sup>	6.51 ± 0.82	0.36
1% PD	18.74 ± 1.24 <sup>a</sup>	6.88 ± 0.72	0.36
5% PD	19.00 ± 1.40 <sup>a</sup>	6.55 ± 0.92	0.34
10% PD	19.04 ± 1.14 <sup>a</sup>	6.76 ± 0.69	0.35

<sup>1)</sup>Same as Table 1

<sup>2)</sup>Mean ± S.D. (n=9)

<sup>3)</sup>Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05)

<sup>4)</sup>N.S.: Not significant at p<0.05

Table 4. Contents of triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and atherosclerogenic index in serum of rats fed the experimental diets

Group <sup>1)</sup>	Triglyceride (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	LDL-cholesterol (mg/dL)	AI <sup>4)</sup>
Normal	50.50 ± 5.01 <sup>2)bc3)</sup>	62.41 ± 5.26 <sup>d</sup>	29.35 ± 4.46 <sup>a</sup>	33.06 ± 1.23 <sup>c</sup>	1.15 ± 0.16 <sup>e</sup>
Control	131.61 ± 15.16 <sup>a</sup>	113.68 ± 9.43 <sup>a</sup>	19.18 ± 0.63 <sup>c</sup>	94.70 ± 9.33 <sup>a</sup>	4.94 ± 0.45 <sup>b</sup>
1% PD	119.91 ± 6.90 <sup>b</sup>	104.64 ± 7.98 <sup>b</sup>	19.49 ± 1.34 <sup>c</sup>	85.15 ± 7.71 <sup>b</sup>	4.38 ± 0.46 <sup>b</sup>
5% PD	98.91 ± 7.90 <sup>c</sup>	94.79 ± 3.36 <sup>c</sup>	21.96 ± 1.29 <sup>c</sup>	72.83 ± 2.31 <sup>c</sup>	3.33 ± 0.14 <sup>c</sup>
10% PD	84.75 ± 5.66 <sup>d</sup>	88.28 ± 2.42 <sup>c</sup>	25.40 ± 2.35 <sup>b</sup>	62.88 ± 3.07 <sup>d</sup>	2.51 ± 0.37 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Same as Table 1.

<sup>2)</sup>Mean ± S.D. (n=9)

<sup>3)</sup>Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

<sup>4)</sup>AI(Atherosclerogenic Index) : (Total cholesterol-HDL-cholesterol /HDL-cholesterol.

**Table 5. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed the experimental diets**

Group <sup>1)</sup>	Triglyceride (mg/g)	Total cholesterol (mg/g)
Normal	4.77 ± 0.66 <sup>2)3)</sup>	1.83 ± 0.53 <sup>d</sup>
Control	12.78 ± 1.86 <sup>a</sup>	3.55 ± 0.67 <sup>a</sup>
1% PD	10.55 ± 0.79 <sup>b</sup>	3.15 ± 0.55 <sup>ab</sup>
5% PD	9.36 ± 0.87 <sup>b</sup>	2.72 ± 0.40 <sup>bc</sup>
10% PD	7.46 ± 1.21 <sup>c</sup>	2.30 ± 0.27 <sup>cd</sup>

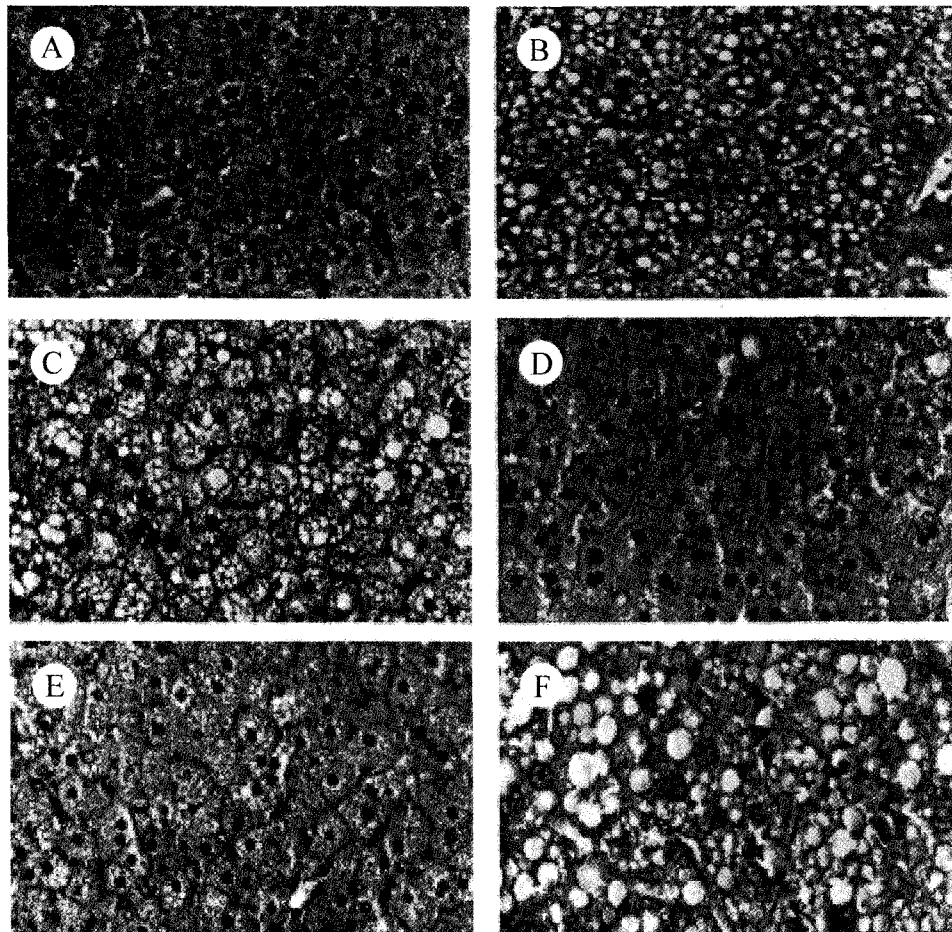
<sup>1)</sup>Same as Table 1.

<sup>2)</sup>Mean ± S.D. (n=9)

<sup>3)</sup>Means in the same column not sharing the same superscript letters are significantly different (p<0.05).

5에 나타내었다. 정상군의 중성지질 함량은 4.77±0.66 mg/g, 총 콜레스테롤 함량은 1.83±0.53 mg/g이었으며, 대조군의 중성지질은 12.78±1.86 mg/g, 총 콜레스테롤은 3.55±0.67 mg/g으로 정상군에 비해 고지혈증을 유발시킨 대조군에서 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 그러나 porphyran 급이 군에서는 porphyran 첨가수준이 증가할수록 간 중 중성지질 및 총 콜레스테롤 함량이 점차로 감소하였으며, 특히 porphyran 10% 급이군의 간장 중 중성지질 함량은 7.46±1.21 mg/g으로 대조군에 비해 41.6%정도 감소하였고, 총 콜레스테롤 함량

은 2.30±0.27 mg/g으로 35.2%가 감소하였다. 이는 고지혈증을 유발한 쥐에게 porphyran 급이가 정상군 수준에는 못 미쳤으나, 대조군에 비해서는 유의하게 낮은 수치를 나타내었다. 해조류를 이용한 지질대사의 연구에서 Kim 등<sup>(20)</sup>은 식이성 고지혈증 흰쥐에게 톳 녹즙액 50% 용액을 체중 100 g 당 1일 10 mL씩 4주간 급여시킨 후, 혈청 중 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤함량은 톳 녹즙액 투여군에서 낮게 나타난 반면 HDL-콜레스테롤은 높게 나타났음을 보고하였는데 이는 본 연구 결과와 일치하였다.



**Fig. 1. Microscopic photographs of liver tissue of the rat fed with experimental diets (hematoxylin & eosin stain ×200 or ×400).** A(normal); Normal diets for 4 weeks (×200), B(control); Fed high fat diets for 4 weeks (×200), C(1% PD); Fed B 1% of porphyran diets for 4 weeks (×200), D(5% PD); Fed B 5% of porphyran diets for 4 weeks (×200), E(10% PD); Fed B 10% of porphyran diets for 4 weeks (×200), F(control); Fed high fat diets for 4 weeks (×400)

### 간 지방의 변화에 대한 조직학적 관찰

김에서 추출한 porphyran을 쥐에게 투여한 후 간의 조직학적 구조에 미치는 영향을 광학현미경을 통하여 관찰한 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

간장에 대한 육안 적인 소견은 정상군의 간은 적갈색을 띠었고, 표면은 평활 하고 수분에 의한 윤기를 나타냈으며 탄력이 있었다. 반면 고지혈증 유발군인 대조군의 간은 황갈색을 띠었으며, 기름기가 끼어 있었고 간장의 크기가 증대하였으며 탄력성도 적었다. 간장조직의 현미경 검경 결과 옥수수유만을 사료에 첨가한 정상군(A)은 간 소엽 구조와 간 실질 세포, 간 세포판의 배열 등 정상적인 조직소견을 보였으나, 동물성 지방인 라드를 경구 급이한 대조군(B)은 수많은 지방입자가 세포내에 침착되어 있었음을 관찰할 수가 있었으며, 라드와 함께 porphyran 1% 투여 군(C) 역시 세포내에 많은 지방적이 확인되었다. 한편 porphyran 5%급이군(D)에서는 세포내 지방적의수가 훨씬 감소되었고, porphyran 10%급이군(E)에서도 정상군(A)과 같이 세포내 지방적은 거의 보이지 않았음을 알 수 있었다.

Rhee and Park<sup>(21)</sup>은 흰쥐에 45% 옥수수기름과 버터기름을 각각 급이한 뒤 4주 후의 간장 조직변화를 관찰한 결과, 옥수수기름 급이군은 아무런 변화가 없었으나, 버터기름 급이군은 경한 정도의 지방 변성이 일부 간세포에 일어나 있었으며, 8주 후에는 심한 정도의 지방 변성이 있었다고 하였다. Triton WR-1339에 의한 고 콜레스테롤증 유발 시, 김 추출물은 신장내 과도한 콜레스테롤을 비롯한 지방축적을 감소시키는 항 고콜레스테롤증 효과를 나타낸다고 보고하였다<sup>(22)</sup>. 이러한 연구결과로 볼 때 동물성 지방섭취나 인위적으로 고 콜레스테롤 혈증 유발시 해조류 중 김에서 추출한

porphyran은 항 고콜레스테롤혈증 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

### 혈청 및 간장의 지방산 조성

포화지방산이 많이 함유된 동물성 지방과 Porphyran을 흰쥐에 급여한 후 혈청 및 간장에 대한 지방산 조성을 측정된 결과는 Table 6, 7과 같다.

혈청에 대한 포화지방산의 함유비는 정상군과 대조군에서 각각 33.7% 및 41.3% 범위로서 고지혈증 유발군인 대조군에서 높은 수치를 보였으며, porphyran 1%, 5% 및 10% 급이군에서 급이 수준이 높아짐에 따라 각각 39.9%, 37.8% 및 34.1%로 점차 감소되었다. monoenes는 27.0~29.6% 범위 수준으로 각 군간의 차이는 별로 크지 않았다. Polyenes의 함유 비는 31.7~36.9% 범위로서 정상군과 대조군에서는 검출되지 않았던 고도 불포화 지방산인 C<sub>20:5</sub>, C<sub>21:5</sub>, C<sub>22:4</sub>, C<sub>22:5</sub> 가 porphyran 급이군에서 함유되었다. 특히 혈청 중 0.4~0.5% 정도 함유되어 있는 Eicosapentaenoic acid(EPA; C<sub>20:5</sub>)는 ω-3계 지방산으로 김에도 많이 함유되어 있는 불포화 지방산으로서, 혈액순환질환 예방에 효과적인 것으로 알려져 있다. 간장에 대한 지방산 조성 중 포화지방산의 함유비는 33.1%~40.5% 범위로 각 실험군 별 차이는 크지 않았으나, porphyran 급이 수준이 높아지는 5% 및 10% 급이군은 혈청과 마찬가지로 점차 낮은 수치를 나타내었다. Monoenes은 26.3~28.7% 수준으로 각 군간의 차이는 크지 않았다. polyenes의 함유비는 31.6~38.3%로서 고지혈증 유발군인 대조군에서 가장 낮았고, porphyran 1%, 5% 및 10%군에서는 각각 34.1%, 34.8% 및 38.3%로 점차 증가하는 경향을 보였다. 지방산 조성의 탄소수 C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub>, C<sub>20</sub>, C<sub>21</sub>, C<sub>22</sub> 분포에서 혈청 및 간장

Table 6. Fatty acid composition in serum of rats fed the experimental diets

(area %)

Fatty acid	Normal	Control	1% PD	5% PD	10% PD
16:0	22.4	25.6	25.1	24.5	22.4
18:0	11.3	15.7	14.8	13.2	10.9
22:0	trace	trace	trace	0.1	0.1
Saturates	33.7	41.3	39.9	37.8	33.4
16:1n-7	6.2	5.9	6.4	6.5	7.1
16:1n-5	0.4	0.6	0.9	1.1	1.2
18:1n-9	21.9	20.3	18.9	19.0	19.4
18:1n-7	0.4	0.1	0.3	0.4	0.4
20:1n-9	0.7	0.1	0.6	0.7	0.7
22:1n-9	trace	trace	0.1	0.1	0.2
Monoenes	29.6	27.0	27.2	27.8	29.0
18:2n-6	18.0	17.2	16.1	16.9	17.6
20:2n-6	trace	0.2	0.5	0.6	0.6
20:3n-6	0.1	0.1	0.8	0.8	1.0
20:4n-6	18.6	14.2	13.9	14.2	14.8
20:5n-3	trace	trace	0.4	0.4	0.5
21:5n-3	trace	trace	0.1	0.1	0.2
22:4n-6	trace	trace	0.4	0.5	0.9
22:5n-6	trace	trace	0.7	0.9	1.3
Polyenes	36.7	31.7	32.9	34.4	36.9
P/S ratio <sup>1)</sup>	1.09	0.77	0.82	0.91	1.10

<sup>1)</sup>Polyunsaturated fatty acid/Saturated fatty acid

**Table 7. Fatty acid composition in liver of rats fed the experimental diets** (area %)

Fatty acid	Normal	Control	1% PD	5% PD	10% PD
16:0	21.8	25.9	25.4	23.9	21.4
18:0	12.5	14.6	14.1	13.8	11.6
22:0	trace	trace	0.1	0.1	0.1
Saturates	34.3	40.5	39.6	37.8	33.1
16:1n-7	3.1	3.9	3.6	3.8	4.1
16:1n-5	0.1	1.2	1.4	1.5	1.7
18:1n-9	20.5	18.6	16.4	16.9	17.2
18:1n-7	4.7	3.7	3.8	3.9	4.1
20:1n-9	0.3	0.5	0.9	1.2	1.3
22:1n-9	trace	trace	0.2	0.2	0.3
Monoenes	28.7	27.9	26.3	27.5	28.7
18:2n-6	16.1	15.5	14.6	14.7	15.3
20:2n-6	0.6	0.1	0.2	0.3	0.3
20:3n-6	0.9	0.9	1.1	0.8	2.1
20:4n-6	19.4	15.1	15.1	14.9	15.3
20:5n-3	trace	trace	1.4	1.0	1.3
21:5n-3	trace	trace	0.1	0.3	0.3
22:4n-6	trace	trace	0.6	1.5	1.6
22:5n-6	trace	trace	1.0	1.3	2.1
Polyenes	37.0	31.6	34.1	34.8	38.3
P/S ratio <sup>1)</sup>	1.08	0.78	0.86	0.92	1.16

<sup>1)</sup>Polyunsaturated fatty acid/Saturated fatty acid

모두 C<sub>18</sub> 지방산의 비율이 가장 높았으며, C<sub>16</sub>, C<sub>20</sub> 순으로 높게 검출되었다. C<sub>21</sub> 및 C<sub>22</sub> 지방산은 정상군과 대조군에서는 검출되지 않았으나, porphyran 급여군에서 미량으로 검출되었으며, 혈청보다 간에서 다소 많은 양이 검출되었다. ω-3 및 ω-6계열의 지방산을 섭취하면 혈액내 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량을 떨어뜨릴 수 있으며, HDL-콜레스테롤 함량을 높일 수 있으므로 동맥 경화증을 비롯한 성인병 예방에 기여할 수가 있다.

Nestel와 Barter<sup>(23)</sup>은 ω-3계 고도불포화 지방산은 간장에서 중성지질의 유출과 유입에 관여함으로써, ω-6계 고도불포화 지방산보다 중성지질의 대사에 보다 크게 영향을 미친다고 보고한 바 있으며, Miller 등<sup>(24)</sup>은 고도불포화 지방산이 결핍되면 뇌의 정상적인 발달에 손상을 가져오며, 뇌 중의 DNA, RNA 및 단백질의 함량에 변화를 주고 또한 myelination의 지연을 초래한다고 보고하였다. Iritani 등<sup>(25)</sup>은 ω-3계 고도불포화 지방산은 간장에서 acetyl-CoA carboxylase의 활성을 저하시켜 지방산 합성을 감소시킴으로써, 중성지질의 농도를 저하시킨다고 하였는데, 이는 본 실험결과와 일치하였다.

### 요 약

김(*Porphyra yezoensis*)의 생리활성 물질인 porphyran을 분리 추출한 후, Sprague-Dawley계 흰쥐에 4주간 급여한 후의 혈액과 간의 지질농도와 간의 조직학적 변화를 관찰한 결과는 다음과 같다. 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤은 정상군에 비해 대조군에서 중성지질, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤함량이 높게 나타났다. porphyran 1%, 5% 및 10% 급여에서 첨가량이 증가할수록 혈청중의 중

성지질, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤함량은 유의적으로 감소한 반면, HDL-콜레스테롤함량은 증가하였다. 간 조직의 현미경학적인 관찰 결과 정상군에 비해 대조군에서 수많은 지방 입자가 세포내에 침착되어 있었으며, porphyran 1% 급여군에서도 유사한 현상을 나타내었다. 그러나 porphyran 5% 및 10% 급여군에서는 점차 지방 입자가 감소되었음을 확인할 수 있었으며, 특히 10% porphyran 급여군에서는 정상군과 유사한 경향을 나타내 porphyran의 급여수준이 높을수록 간의 지방침착이 감소됨을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 고지혈증을 유발시킨 흰쥐의 식이에 김의 추출물인 porphyran의 첨가는 지방개선의 효과가 있음을 알 수 있었다.

### 문 헌

1. Tokida, J. Key to the species of *porphyra* in Japan and Vicinity. Bull. Jap. Soc. Phycol. 14: 42-45 (1996)
2. Hwang, M.S. A Taxonomic Study on the Genus *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) in Korea. Seoul National Unvi. pp. 245 (1994)
3. 西澤一俊. 海藻の生理活性物質[II]. 食品と開發, 24: 54-58 (1989)
4. 啓介・森文平. 食物纖維の科學, 3. 高分子水溶性食物纖維. 朝倉書店, pp. 60-73 (1997)
5. 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)
6. 西澤一俊. 海藻の生理活性物質[III]. 食品と開發, 24: 58-64 (1989)
7. Takahashi, H., S.I. Yang, C. Hayashi, M. Kim, J. Yamanaka and T. Yamamoto. Effect of patially hydrolyzed guar gum of fecal output in human volunteers. Nutr. Res. 13: 649-657 (1993)
8. Lees, D.A. and Conway. E. The structure and biosynthesis of por-

- phyran comparison of some sample. *Biochem. J.* 84: 411-416 (1962)
9. Morrice, L.M., Mclean, M.W., Long, W.F. and Williamson, F.B. Porphyrin primary structure. *Eur. J. Biochem.* 133: 673-684 (1983)
  10. Arjmandi, B.H., Ahn, J. Nathani S. and Reeves. R.D. Dietary soluble fiber and cholesterol effect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J. Nutr.* 122: 246-253 (1992)
  11. Kuda, T., H. Goto, Yokoyama M. and Fujii. T. Effects of edible marine algae on cecal microflora and levels of serum lipid in rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 63: 928-933 (1997)
  12. Yamaguchi, F., Uchida, S., Watabe, S., Kojima, H., Shimizu N. and Hatanaka. C. Relationship between molecular weights of pectin and hypocholesterolemic effects in rats. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59: 2130-2131 (1995)
  13. Ide, T., Horii, M., Yamamoto T. and Kawashima. K. Contrasting effects of water-soluble and water-insoluble dietary fibers on bile acid conjugation and taurine metabolism in the rat. *Lipids* 25: 335-339 (1990)
  14. Venter, C.S., Vorster H.H. and Van Der Nest. D.G. Comparison between physiological effects of konjac-glucomannan and propionate in baboons fed "Western" diets. *J. Nutr.* 120: 1046-1051 (1990)
  15. Nishide, E., M. Ohno, H. Anzai and N. Uchida. Extraction of porphyrin from *Porphyra yezoensis* ueda F. narawaensis miura. *Nippon suisan Gakkaishi* 54: 2189-2194(1988)
  16. Koo, J.G. and Park. J.H. Chemical and gelling properties of alkali-modified porphyrin. *J. Korean Fish. Soc.* 32: 271-275 (1999)
  17. AIN. Standards for nutrition studies report. *J. Nutr.* 107: 1340-1348(1997)
  18. Uchida, T., Kao, H. Quispe-Sjogen M. and Peters. R. L. Alcoholic foamy degeneration. A patten of acute alcoholic injury of the liver. *Gastroenterology* 84: 683-688(1983)
  19. Bligh, E.G. and Dryer. W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917(1959)
  20. Kim, H.S., Kim, G.J. Effects of the feeding *Hijikia fusiforme*(Harvey) okamura on lipid composition of serum in dietary hyperlipidemic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 718-723(1998)
  21. Rhee, S.J. and Park. H.K. Changes of lipid content and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Korean J. Nutr.* 17: 113-125(1984)
  22. Park, I.S., Ahn, S.H., Chang, J.M. Kim, J.T. and Kim, H.H. The cholesterol accumulation decreasing effect of *Porphyra yezoensis* extract in kidney of Murine with hypercholesterolemia induced by Triton WR-1339. *D.J.I.O.M* 7: 43-51(1998)
  23. Miller, S.L., Klurfeld, D.M., Loftus. B. and Kritchevsky. D. Effect of essential fatty acid deficiency on myelin proteins. *Lipid* 19: 478-480(1984)
  24. Nestel, P. and Barter. J. Triglyceride clearance during diets rich in carbohydrate or fats. *Am. J. Clin. Nutr.* 26: 241-245(1973)
  25. Iritani, N., Fukuda, E., Inoguchi, K., Tsubosaka M. and Tashiro. S. Reduction of lipogenic enzymes by shellfish triglycerides in rat liver. *J. Nutr.* 110: 1644-1670(1980)

---

(2001년 6월 26 접수)