

## 해조성분 강화염이 본태성 고혈압쥐와 정상혈압쥐의 혈압, 혈청 중 미네랄 함량 및 생화학적 특성에 미치는 영향

김영명\* · 변지영 · 한찬규 · 성기승 · 남궁배

한국식품연구원

### Effects of Organic Salts Fortified with Seaweed Components on Blood Pressure, Serum Minerals, and Hematochemicals in Spontaneously Hypertensive and Normotensive Rats

Young-Myoung Kim\*, Jee-Young Byun, Chan-Kyu Han, Ki-Seung Sung, and Bae NamGung

Korea Food Research Institute

**Abstract** The effects of the salts fortified with seaweed functional components on blood pressure, serum minerals, and hematochemicals in spontaneously hypertensive rats (SHR/NCrj) and normotensive rats (WKY/NCrj) were investigated. SHR and WKY rats were assigned to four groups, with 8 and 6 rats in each group: laver salt (A), fucoidan+laver high salt (B), fucoidan + laver low salt (C) and refined salt as a control (D). The final blood pressure (BP) of SHR and WKY species in contrast with reference BP were low in groups A and C as compared with control group. In terms of serum mineral content, Na<sup>+</sup> levels were similar in SHR and WKY, but K<sup>+</sup> levels were higher in the group B in SHR. Serum triglyceride levels were lower in groups A and C, but the levels of HDL- and LDL- cholesterol were significantly higher and lower in group A than those of controls, respectively ( $p<0.05$ ). These results demonstrated that the salts fortified with laver might suppress blood pressure in rats, and also may improve mineral and lipid metabolism.

**Key words :** seaweed salt, blood pressure, minerals, serum lipids, SHR, WKY

## 서 론

소금은 음식의 맛 조절과 식품의 저장을 위하여 널리 사용되어 왔고(1), 체내에서 세포막의 전압조절과 혈압조절 등 다양한 생리적 기능과 관련이 있는 필수적인 물질이다. 한국인은 일반적으로 음식을 짜게 먹는 경향이 있어서(2,3) 생리적인 소금 요구량보다 더 많은 양의 소금을 섭취하게 되므로 이에 따른 비만을 비롯한 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압 등 성인질환의 발병률이 높아지고 있기 때문에(4) 나트륨과 고혈압과의 관계 등을 고려하여 식사 중 소금섭취의 제한이 필요하다(5). 한국인의 주요 사망원인인 순환기계 질환은 고혈압에 의해 유발되는 경우가 많으며 이 중 본태성고혈압은 유전적 요인 외에 스트레스, 식이섭취량, 비만 등이 원인으로 지적되고 있다(6-8). 나트륨의 과잉 섭취는 고혈압의 주요 원인이 되는 것으로 알려져 있지만(9-12), 체내의 최소 요구량보다는 더 많은 양을 섭취해야 체내의 식염 균형을 유지시킬 수 있다(13). 고혈압, 심장질환 및 신장질환자들의 경우 대부분 저나트륨 식이가 권장되고 있는데, 이는 고혈압 환자의 경우 식이 중 나트륨 함량이 높을 경우 인슐린 저항성(insulin

resistance)이 증가되며 그에 따라 고혈압, 고지혈증, 당불내성 등의 복합적인 증세가 나타나기 때문으로 보고되었다(14). 따라서 항고혈압식이를 섭취했을 때 혈압변화를 포함한 여러가지 생체 내 변화와 그 기전을 규명해 보는 연구가 필요하다.

해조류는 고염의 해양생태계에서 생육하는 특성 때문에 해수 종의 다양한 미네랄 성분을 함유하고 있으며 특히 칼륨, 칼슘 및 요오드 등 생리적으로 유익한 미네랄 성분을 조체내(藻體內)에 축적하고 있다(15). 이와 같은 해조류 중 인체에 유익한 기능성 분을 활용한 기능성 소금의 생리적 활성과 관련한 국내외의 연구는 아직 초보적인 실정으로서 지금까지 보고된 사례를 보면 시판 소금의 일반적 품질특성(16), 소금 종류별 무기물 조성(17,18), 소금 결정의 외형구조에 관한 연구(19) 등 단편적인 연구가 보고되었다. 한편, 해조 다당류의 혈청 지질과 혈압에 미치는 연구로는 이미 1960년대 fucoidan에 의한 콜레스테롤 저하작용(20)과 평균 혈압의 감소효과(21)가 보고된 바 있고, fucose함유 다당의 고혈압자연발증환쥐에 대한 영향에서 fucoidan식이군의 혈압 저하 경향은 분변 중 나트륨 배설량의 증가와 혈장 중 칼륨량 증가에 기인하는 것으로 보고되었다(22). 비만남성을 대상으로 fucoidan의 혈압에 미치는 영향을 조사한 결과 20% 정도 혈압저하효과를 확인하였는데 이는 fucoidan의 항혈액응고 작용에 기인한 것이라고 보고하였다(23). 본 연구는 해조성분 강화염이 혈압에 미치는 영향을 검토하고자 본태성 고혈압쥐(Spontaneously hypertensive rats: SHR)와 정상혈압쥐(Normotensive rats: WKY)에게 해조유래의 기능성 분을 함유한 식염 2종을 음용수 형태로 6주간 급여하면서 혈압, 무기질 및 혈청 생화학치 등에 미치는 영향을 조사하였다.

\*Corresponding author: Young-Myoung Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9009  
Fax: 82-31-780-9099  
E-mail: ymkim@kfrri.re.kr

Received November 20, 2008; revised February 2, 2009;  
accepted February 3, 2009

## 재료 및 방법

### 실험동물과 식염공급량

실험동물은 생후 4.5주령 된 웅성 본태성 고혈압쥐(SHR) 32마리와 정상혈압쥐(Normotensive rats: WKY) 24마리를 구입하여 동물실험실(온도  $22\pm2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $65\pm5\%$ )에서 사육케이지에 2마리씩 수용하고 10일 동안 사육실 환경에 적응시켰다. 실험처리는 laver salt, fucoidan+laver salt(high/ low dose), refined salt (대조군)의 4처리군으로 하였으며, fucoidan과 laver salt의 혼합비율은 1:1로 하였다. 실험동물은 완전임의배치법으로 SHR과 WKY는 각각 8마리와 6마리씩 배치하였다(Table 1). 식염공급량은 성인의 1일 나트륨섭취량인 6,817.9 mg(소금 상당량 17.3 g)을 참고하여(24) 16 g을 기준으로 하였고, 고·저염식순군의 경우 기준량보다 각각 +20% 및 -20%로 설정하였으며 음용수 형태로 6주 동안 급여하였다. 식염의 급여방법은 흰쥐의 1일 평균 음수량과 염농도를 계산하여 물과 해조성분강화염을 일정비율로 희석한 음용수를 급여하였다. 대조군으로서 정제염(D)은 해조성분강화염과 염도를 맞추기 위하여 상업용 정제염(NaCl 99.9%)을 사용하였다. 실험식이는 흰쥐용 고형사료(AIN-76 diet)를 자유급이(ad libitum)하였다.

### 실험용 식염

Laver salt는 전보(21)에 나타낸 바와 같이 제조하였다. 즉, 열수추출하여 얻은 여과잔사에 alcalase 0.6 L(Novo Nordisk Co., Bagsvaerd, Denmark)를 가하여 가수분해시킨 후 여과하여 얻은 여액을 농축한 다음 정제염에 laver hydrolysate의 고형물 기준 5% 수준이 되도록 혼합 용해하여 가열 농축한 다음  $100\pm2^{\circ}\text{C}$ 에서 8시간 건조 후 분쇄하여 시료염을 제조하였다. Fucoidan salt는 전보(25)에서와 같이 처리한 다시마의 열탕추출 여과액에 식품 첨가물급 염화칼슘을 가하여 알간산을 불용성 calcium alginate 형태로 침전시킨 다음 여과하여 얻은 수용성분을 농축한 후 식용 에탄올을 가하여 형성된 침전물을 여과 회수하고 농축 건조하여 laver salt와 동일한 방법으로 시료염을 제조하였다. 대조군으로 사용한 소금은 해조 유래 유기성분 강화염과 염도를 맞추기 위하여 99% 이상의 염도를 가진 상업용 정제염을 사용하였다.

### 증체량과 식염섭취량

증체량은 흰쥐체중을 매주 1회 같은 시간에 측정하여 1주일동안 증가한 체중을 일당증체량(daily gain)으로 산출하였고, 식이섭취량은 매주 1회 같은 시간에 측정하였다. 식이효율(FER)은 체중증가량을 식이섭취량으로 나누어 산출하였다. 해조성분 강화염의 섭취량은 강화염을 일정비율로 희석한 음용수의 투여량과 실제 섭취량을 미리 계산하여 희석비율에 따른 강화염의 섭취량을 산출하였다.

**Table 1. Experimental design**

Group <sup>1)</sup>	Treatment (Drinking water)	Salt conc. (%)
A	Laver salt (single dose)	0.08 <sup>2)</sup>
B	Fucoidan + Laver salt (high dose)	0.09 <sup>2)</sup>
C	Fucoidan + Laver salt (low dose)	0.06 <sup>2)</sup>
D	Control(positive, NaCl 99.9%)	0.08 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Number of animals: 8 heads of SHR and 6 heads of WKY

<sup>2)</sup>Concentration of functional seaweed salt in drinking water(w/w, %)

<sup>3)</sup>Concentration of NaCl in drinking water(w/w, %)

### 혈압측정

실험기간동안 혈압은 실험동물의 안정화가 종료된 후부터 매주 1회 측정하였다. 혈압측정시 실험동물은  $37\pm1^{\circ}\text{C}$ 로 조절된 항온상자에서 10분간 체온을 따뜻하게 한 후 비관혈 혈압측정기(IITC Inc., Woodland Hills, CA, USA)를 이용하여 미동맥측정법(tail-pulse pick up)으로 수축기혈압을 3회 반복 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

### 혈액채취

혈액은 실험동물을 24시간 동안 절식시킨 후 ether로 가볍게 마취시켜 복부대동맥에서 채혈하여 2,500 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하였고, 분석 전까지  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동보관 하였다.

### 미네랄 분석

미네랄 분석은 녹십자의료재단(Green Cross Co., Yongin, Korea)에 의뢰하여 분석하였다. 즉, 혈청 중  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ 농도는 HITACHI 7180 전용 Internal solution(Hitachi Ltd., Tokyo, Japan) 시약을 사용하여 ISE Undiluted direct 법으로 측정하였고,  $\text{Ca}^{++}$ 함량은 Clinimate CA(Daichi, Tokyo, Japan) 시약을 사용하여 적정 후 발색된 흡광도를 측정하여 calcium 농도를 정량하였다.  $\text{Mg}^{++}$  함량은 MG(Roche, Basel Schweiz, Germany) 시약을 사용하여 적정 후 생성된 Mg-CPZIII Complex의 흡광도 측정값과 Mg-CPZIII Complex에 EDTA 첨가 후의 흡광도의 차이로 magnesium 농도를 정량하였다.

### 혈청 생화학적 특성

혈청 생화학자는 녹십자의료재단(Green Cross Co., Yongin, Korea)에 의뢰하여 분석하였다. 즉, 인슐린농도는 Insulin RIA kit (DPC, Los Angeles, CA, USA)를 이용하여  $\gamma$ -Counter(Coba, Packard Bioscience Downers Grove, IL, USA)로 측정하였고, 혈당은 Preauto S GLU (Daichi, Tokyo, Japan), creatinine은 CRE-HR (Wako Ltd., Osaka, Japan), 총 빌리루빈은 T-Bil E-HR(Wako Ltd., Osaka, Japan), BUN은 UN-L(Wako, Ltd., Osaka, Japan), 총 단백질은 Clinimate TP(DAICHI, Tokyo, Japan) kits를 각각 사용하여 흡광도 (Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 측정하여 정량하였다. 혈청 albumin은 Clinimate(Daichi, Tokyo, Japan) 시약을, 간기능치(GOT, GPT,  $\gamma$ -GTP, ALP)는 Pureauto S(Daichi, Tokyo, Japan) 시약을 사용하여 흡광도(Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 측정하여 정량하였다. 혈청 지질성분(FFA, TC, TG, HDL, LDL)은 효소법에 의한 정량용 kit(DPC, Los Angeles, CA, USA)를 사용하여 측정하였다.

### 통계처리

측정된 자료는 통계분석용 프로그램인 SAS Package(Statistical Analysis System, version 8.1, SAS Institute Inc.)를 이용하여 Duncan's multiple range test 방법으로 각각 5%와 1% 유의수준에서 처리 군간 유의성을 검증하였다(26).

## 결과 및 고찰

### 증체량, 식이효율 및 식염섭취량

실험기간동안 해조성분 강화염이 체중변화에 미치는 영향은 Fig. 1과 같이 SHR이 WKY에 비해 체중이 상대적으로 낮았고, SHR은 실험 후 2주부터, WKY는 1주 이후부터 실험군 간에 체중차이가 나타났다. 하지만 SHR의 경우 실험 전기간동안 유의적

인 체중변화는 나타나지 않았고, WKY는 시험 개시후 4주까지는 유의적인 체중변화가 있었고( $p<0.05$ ) 이후 6주까지는 차이를 보이지 않았다. 실험기간 중 SHR과 WKY의 중체량(Table 2)은 SHR 1.95-2.06 g, WKY 2.24-2.76 g로 차이가 없었고, SHR과 WKY 모두 식염섭취량이 가장 많은 B군이 가장 낮았다. 식이효율은 SHR와 WKY에서 모두 차이가 없었지만 SHR은 식이섭취량이 많아도 혈관벽이 긴장(수축) 등과 같은 생리적인 요인에 의해 성장효율이 낮다는 기준의 연구결과(27)와 비슷하게 WKY에 비해 상대적으로 낮았다. 실험기간 중 일당 식염섭취량은 SHR과 WKY에서 모두 통계적인 차이가 있었는데( $p<0.05$ ), fucoidan+laver 고염식군(B)이 평균 0.078 g으로 가장 많았고, laver salt군(A)과 정제염군(D)은 각각 평균 0.066 g, fucoidan+laver 저염식군(C)이 평균 0.045 g으로 가장 적었다( $p<0.05$ ).

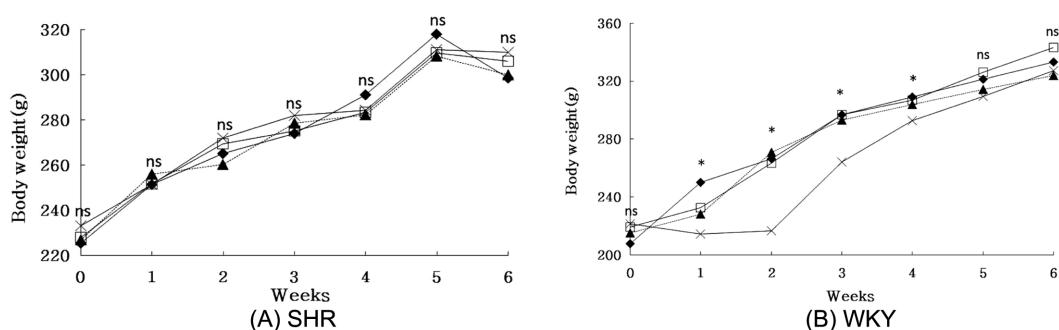
## 혈압

실험기간동안 해조성분 강화염이 혈압변화에 미치는 영향은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SHR에서는 실험 전기간 동안 유의적인 혈압변화가 나타났고, WKY에서는 실험개시 후 4주까지 유의적인 혈압변화가 있었고( $p<0.05$ ), 이후 6주까지는 차이가 없었다. 실험개시시 기준혈압은 188-195 mmHg로 차이가 없었고, 시험 후 1주는 laver salt군(A)이 194 mmHg로 대조염군(D)의 212 mmHg보다 약 10% 낮았고, 실험종료시 A군과 D군의 혈압차는 약 24 mmHg로 나타났다. 실험기간동안 해조성분 강화염 섭여 후 3주까지 혈압이 상승하다가 이후 종료시까지 비슷한 수준을 유지(B, C) 또는 감소하였고(A, 대조군(D)은 지속적으로 증가하다가 마지막 주에 다소 감소하였다. 전체적으로 D군과 B군, C군과 A군의 혈압변동과 측정치가 유의적으로 유사하였다. 기준혈압대비 종료시 혈압상승율은 D군(17.6%)에 비해 A군과 C군은 각각 8.2,

7.4%로 낮았다. 한편, WKY의 기준혈압은 123-140 mmHg로, 시험 2주째는 해조성분 강화염군이 급격하게 상승하였다. 2주 이후 종료시까지 A군과 C군은 지속적으로 혈압이 상승하였고, B군과 D군은 비슷한 수준을 유지하였다. 실험 6주에는 D군과 C군의 혈압차는 8.5 mmHg로 나타났다. 기준혈압 대비 종료시 혈압감소율은 D군보다 C군에서 더 크게 나타나서 SHR과 비슷한 경향이었다. 본 연구에서 laver salt 단독치료군과 fucoidan+laver 저염식치료군의 혈압저하효과가 대조군(정제염)과 fucoidan+laver 고염식치료군에 비해 유의한 것으로 나타난 결과는 해조류다당류의 평균 혈압의 감소효과(21)와 fucose함유 다당의 SHR에 대한 혈압저하(22) 및 fucoidan의 항혈액응고 작용에 의한 혈압저하효과(23)와 비교해 볼 때 해조성분 강화염에 의한 혈압저하활성을 강력하게 시사하는 것으로 사료되었다.

## 혈청 중 미네랄함량

해조성분 강화염이 혈청 중 미네랄 함량에 미치는 영향은 Table 3에 나타낸 바와 같이 SHR의  $\text{Na}^+$  함량은 145.17-145.67 mg/g,  $\text{Mg}^{++}$  함량은 2.13-2.30 mg/g의 범위로 차이가 없었고,  $\text{K}^+$  함량은 fucoidan+laver 고염식군(B)이 4.87 mg/g,  $\text{Ca}^{++}$  함량은 저염식군(C)이 9.70 mg/g으로 실험군 중 유의하게 높게 나타났다( $p<0.05$ ). WKY에서  $\text{Na}^+$  함량은 대조염군(D)이 가장 높았고,  $\text{Mg}^{++}$  함량은 D군을 제외한 해조성분 강화염군(A, B, C)이 유의하게 높았다( $p<0.05$ ).  $\text{K}^+$  함량은 4.35-4.55 mg/g,  $\text{Ca}^{++}$  함량은 10.00-10.20 mg/g의 범위로 차이가 없었다. 이는 남성 13명에게 4주 동안 고·저 칼슘 식이를 섭취시켰을 때 혈청  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$  함량은 차이가 없었다는 선행연구(28-30)와 비슷한 결과로 전해질 급원으로서 해조성분 강화염의 생체내 항상성 유지를 시사하는 것으로 사료되었다.



**Fig. 1. Effect of the organic salt fortified with seaweed component on systolic body weight of SHR and WKY during the 6 weeks of experimental period(--▲--, A, -×-, B, -◆-, C, -□-, D). Number of test animals were 8 and 6 heads in (A) SHR and (B) WKY, respectively.**  
ns Not significant. \*Significant at  $p<0.05$ .

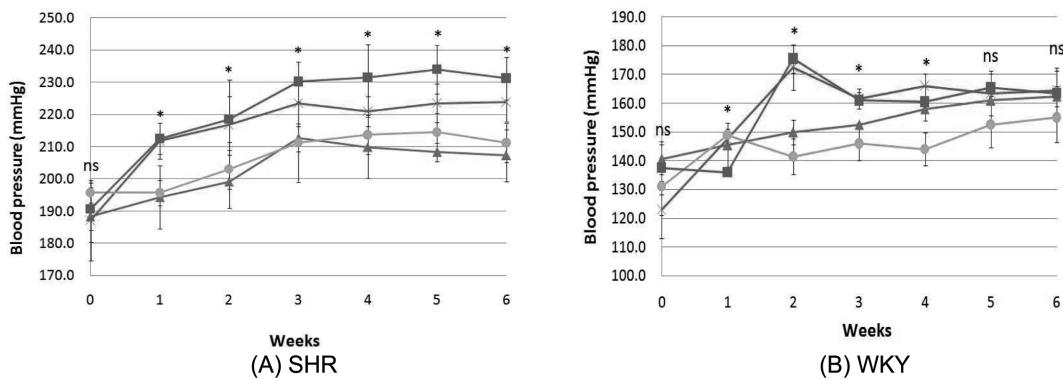
**Table 2. Daily gain, FER and salt intake of SHR and WKY fed with salts fortified with seaweed component during the 6 weeks of experimental period**

Group <sup>1)</sup>	SHR			WKY		
	Gain (g/day)	FER	Salt intake (g/day)	Gain (g/day)	FER	Salt intake (g/day)
A	1.95±1.98 <sup>a</sup>	0.11±0.15 <sup>a</sup>	0.068±0.02 <sup>b</sup>	2.52±1.68 <sup>a</sup>	0.14±0.12 <sup>a</sup>	0.064±0.01 <sup>b</sup>
B	1.88±1.42 <sup>a</sup>	0.10±0.08 <sup>a</sup>	0.079±0.01 <sup>a</sup>	2.24±2.62 <sup>a</sup>	0.10±0.10 <sup>a</sup>	0.077±0.01 <sup>a</sup>
C	2.06±2.37 <sup>a</sup>	0.10±0.15 <sup>a</sup>	0.048±0.01 <sup>c</sup>	2.76±1.74 <sup>a</sup>	0.14±0.10 <sup>a</sup>	0.043±0.00 <sup>c</sup>
D	2.06±1.60 <sup>a</sup>	0.12±0.12 <sup>a</sup>	0.066±0.01 <sup>b</sup>	2.72±1.39 <sup>a</sup>	0.13±0.06 <sup>a</sup>	0.065±0.00 <sup>b</sup>

Values are mean±S.D.

Number of test animals were 8 and 6 heads in SHR and WKY, respectively.

Means within the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p<0.05$ ).



**Fig. 2. Effect of the seaweed salt fortified with seaweed component on systolic blood pressure of SHR and WKY during the 6 weeks of experimental period (—▲—, A; -×-, B; -◆-, C; -■-, D). Number of test animals were 8 and 6 heads in SHR and WKY, respectively. ns Not significant. \*Significant at  $p<0.05$**

**Table 3. Contents of minerals in serum of SHR and WKY fed with salts fortified with seaweed components during the 6 weeks of experimental period**

Group	Minerals (mg/g) <sup>2)</sup>			
	Na	K	Ca	Mg
SHR	A 145.67±1.51 <sup>a</sup>	4.42±0.44 <sup>b</sup>	9.53±0.18 <sup>ab</sup>	2.27±0.26 <sup>ns</sup>
	B 145.17±1.47 <sup>a</sup>	4.87±0.21 <sup>a</sup>	9.47±0.14 <sup>b</sup>	2.25±0.22
	C 145.67±1.97 <sup>a</sup>	4.43±0.35 <sup>b</sup>	9.70±0.06 <sup>a</sup>	2.13±0.14
	D 145.50±0.55 <sup>a</sup>	4.55±0.16 <sup>ab</sup>	9.63±0.22 <sup>ab</sup>	2.30±0.17
WKY	A 144.00±0.00 <sup>b</sup>	4.35±0.21 <sup>a</sup>	10.20±0.00 <sup>ns</sup>	2.38±0.00 <sup>a</sup>
	B 144.50±0.71 <sup>ab</sup>	4.50±0.14 <sup>a</sup>	10.00±0.28	2.36±0.36 <sup>a</sup>
	C 144.50±0.71 <sup>ab</sup>	4.55±0.35 <sup>a</sup>	10.10±0.14	2.19±0.01 <sup>a</sup>
	D 145.00±0.00 <sup>a</sup>	4.55±0.35 <sup>a</sup>	10.00±0.14	1.94±0.07 <sup>b</sup>

Values are mean±S.D.

Number of test animals were 8 and 6 heads in SHR and WKY, respectively.

Means within the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p<0.05$ ).

### 혈당과 인슐린

해조성분 강화염이 인슐린과 혈당성분에 미치는 영향에서 SHR은 creatinine과 BUN 농도를 제외하고, WKY는 측정된 모든 성분에서 실험군간 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 4). 혈청 인슐린농도는 SHR과 WKY에서 laver salt군(A)이 각각 10.61, 16.25  $\mu$ U/mL로 통계적으로 가장 높았고, SHR이 WKY보다 농도가 상대적으로 더 낮았는데 이는 본 실험에서 염 섭취량에 나타

나는 혈압의 상승과 혈당농도는 무관한 것으로 생각되었다. Glucose는 SHR과 WKY 모두 대조염군(D)이 통계적으로 높았고, WKY 보다 SHR의 혈당치가 평균 43% 더 높았다. Jung 등(31) 역시 부추를 급여한 당뇨쥐의 혈당농도가 정상쥐보다 더 높았다고 보고하였다. Creatinine농도는 SHR에서 0.35-0.40 mg/dL로 차이가 없었던 반면, WKY는 0.30-0.40 mg/dL로 fucoidan+laver 저염식군(C)이 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). Go 등(32)은 소금종류를 달리한 김치식이를 급여했을 때 대조군에 비해 실험군의 혈압은 감소한 반면 혈중 creatinine 농도는 높았다고 보고하여 본 연구과 유사하였다. 총 빌리루빈 농도는 SHR과 WKY 모두 D군이 각각 0.58, 0.55 mg/dL로 다른 실험군보다 유의하게 높았다. BUN 농도는 SHR에서는 33.17-36.17 mg/dL로 차이가 없었고, WKY에서는 염 섭취량이 가장 많았던 고염식군(B)을 제외하고 대조염군(D)보다 높거나(C) 유의한 차이(A)가 나타났으며, SHR이 WKY에 비해 평균 2.3배 농도가 더 높았다.

### 혈청 단백과 간 기능치

해조성분 강화염이 혈청 단백과 간 기능치에 미치는 영향은 Table 5에 나타난 바와 같다. 총 단백질농도는 SHR과 WKY에서 각각 7.13-7.27 g/dL, 6.10-6.30 g/dL로 실험군간의 유의적인 차이는 없었고( $p<0.05$ ), SHR이 WKY보다 농도가 평균 16% 더 높았다. 알부민 농도는 SHR에서는 대조염군(D)보다 해조성분강화염군(A, B, C)이 통계적으로 높았고, WKY는 laver salt군(A)이 다른 실험군보다 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). Lee 등(33)은 고·저 나트륨식이를 급여했을 때 혈액성상 중 알부민 수치는 차이가 없

**Table 4. Glucose-related components in serum of SHR and WKY fed with salts fortified with seaweed components during the 6 weeks of experimental period**

Group	Insulin ( $\mu$ U/mL)	Glucose (mg/dL)	Creatinine (mg/dL)	Bilirubin (mg/dL)	BUN (mg/dL)
SHR	A 10.61±1.90 <sup>a</sup>	115.17±12.91 <sup>b</sup>	0.38±0.04 <sup>a</sup>	0.43±0.10 <sup>b</sup>	34.33±3.1 <sup>a</sup>
	B 7.18±1.10 <sup>c</sup>	112.76±8.21 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>a</sup>	0.37±0.10 <sup>b</sup>	36.17±2.1 <sup>a</sup>
	C 9.08±1.63 <sup>ab</sup>	113.50±11.22 <sup>b</sup>	0.40±0.09 <sup>a</sup>	0.42±0.10 <sup>b</sup>	34.67±2.6 <sup>a</sup>
	D 7.49±1.5 <sup>bc</sup>	135.17±11.00 <sup>a</sup>	0.35±0.05 <sup>a</sup>	0.58±0.15 <sup>a</sup>	33.17±2.1 <sup>a</sup>
WKY	A 16.25±0.23 <sup>a</sup>	77.00±4.24 <sup>b</sup>	0.30±0.00 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>ab</sup>	11.50±0.71 <sup>a</sup>
	B 8.00±1.13 <sup>c</sup>	79.50±7.78 <sup>b</sup>	0.35±0.07 <sup>ab</sup>	0.35±0.07 <sup>b</sup>	9.50±0.71 <sup>c</sup>
	C 12.50±0.42 <sup>b</sup>	79.50±0.71 <sup>b</sup>	0.40±0.00 <sup>a</sup>	0.45±0.07 <sup>ab</sup>	11.00±0.00 <sup>ab</sup>
	D 5.50±0.14 <sup>d</sup>	96.50±4.89 <sup>a</sup>	0.35±0.07 <sup>ab</sup>	0.55±0.21 <sup>a</sup>	10.50±0.71 <sup>b</sup>

Values are mean±S.D.

Number of test animals were 8 and 6 heads in SHR and WKY, respectively.

Means within the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Albumin and hepatic function values in serum of SHR and WKY fed with salts fortified with seaweed component during the 6 weeks of experimental period**

Group	Protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	GOT (IU/L)	GPT (IU/L)	$\gamma$ -GTP (IU/L)
SHR	A 7.27±0.24 <sup>a</sup>	2.52±0.08 <sup>a</sup>	152.33±16.52 <sup>b</sup>	53.00±6.36 <sup>b</sup>	0.83±0.41 <sup>a</sup>
	B 7.13±0.15 <sup>a</sup>	2.48±0.04 <sup>a</sup>	142.67±34.93 <sup>b</sup>	53.67±5.61 <sup>ab</sup>	1.33±0.52 <sup>a</sup>
	C 7.17±0.27 <sup>a</sup>	2.50±0.04 <sup>a</sup>	129.00±29.89 <sup>b</sup>	43.50±3.56 <sup>c</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>
	D 7.22±0.33 <sup>a</sup>	2.33±0.08 <sup>b</sup>	191.00±23.82 <sup>a</sup>	61.17±8.77 <sup>a</sup>	1.33±0.52 <sup>a</sup>
WKY	A 6.30±0.28 <sup>a</sup>	2.50±0.14 <sup>a</sup>	187.50±7.78 <sup>ab</sup>	33.00±2.83 <sup>ab</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>
	B 6.25±0.35 <sup>a</sup>	2.35±0.07 <sup>b</sup>	177.50±9.19 <sup>ab</sup>	33.00±4.24 <sup>ab</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>
	C 6.20±0.14 <sup>a</sup>	2.35±0.07 <sup>b</sup>	174.00±16.97 <sup>b</sup>	32.50±0.71 <sup>b</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>
	D 6.10±0.14 <sup>a</sup>	2.35±0.07 <sup>b</sup>	188.50±2.12 <sup>a</sup>	36.50±2.12 <sup>a</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>

Values are mean±S.D.

Number of test animals were 8 and 6 heads in SHR and WKY, respectively.

Means within the same column not sharing a common letter are significantly different ( $p<0.05$ )

다고 보고하였다. 간이 손상되었을 때 그 활성이 증가하는(34) 간 기능치 중 혈중 GOT와 GPT활성은 SHR과 WKY 모두 D군이 해조성분강화염군에 비해 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 본 실험에서 SGOT 활성은 WKY에서 높은 반면 SGPT는 SHR에서 높았다. Cho 등(35)은 scoparone<sup>e</sup>이 쥐의 간기능에 미치는 영향을 조사한 실험에서 큰 차이가 없다고 보고한 바 있다.  $\gamma$ -GTP 활성은 SHR 이 0.83-1.33 IU/L의 범위였고, WKY은 모두 1.00 IU/L로 차이가 없었다. 이와 같은 결과로 볼 때 전반적으로 해조성분 강화염은 간기능에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

### 혈청 지질

해조성분 강화염이 혈청 지질에 미치는 영향은 유리지방산(FFA) 농도는 SHR이 639.57-685.33  $\mu$ Eq/L의 범위로 유의적인 차이가 없었고, WKY는 A군을 제외한 실험군에서 724.50-745.50  $\mu$ Eq/L로 유의하게 높았다( $p<0.05$ )(Table 6). 총 콜레스테롤(TC)농도는 SHR과 WKY 모두 대조염군(D)보다 해조성분 강화염군(A, B, C)에서 유의하게 낮았고, SHR에 비해 WKY의 TC농도가 평균 37% 더 높았다. 선행논문(34-36)에서 혈압강하물질을 섭취시켰을 때 혈압이 유의하게 감소하면 TC농도 또한 대조군보다 낮았고, SHR에서 그 효과가 더 뚜렷하다고 보고하여 본 연구와 비슷한 것으로 사료되었다. 중성지질(TG)은 간에서의 합성과 분비, 지방조직에서의 합성과 분해, 내장의 지방대사 및 인슐린 저항성 등과 연관

이 있고, 한국인과 같이 주로 고당질 식사를 해 온 민족은 고콜레스테롤혈증 못지않게 고중성지방혈증(hypertriglyceridemia)도 중요하게 다루어야 할 문제로 지적되고 있다(27). 본 실험에서 TG농도는 SHR에서 laver salt 염군(A)과 저염식군(C)은 D군보다 유의하게 낮았고, WKY는 D군보다 해조성분 강화염군이 모두 통계적으로 낮았으며( $p<0.05$ ), SHR이 WKY보다 TG농도가 평균 13.4% 더 높았는데 이는 선행논문(27,35)과 일치하였다. 동맥경화증과 관상동맥성 심장질환 발생빈도와 밀접한 관계가 있는(37) 고밀도지단백(HDL) 및 저밀도지단백(LDL)-콜레스테롤농도를 보면 항동맥경화인자인 HDL은 SHR과 WKY에서 A군이 각각 23.00, 26.00 mg/dL으로 가장 높았던 반면 동맥경화인자인 LDL은 SHR과 WKY에서 D군이 각각 8.00, 12.00 mg/dL로 통계적으로 높았다( $p<0.05$ ). 일반적으로 생체내에서 LDL-콜레스테롤은 간에서 생합성된 콜레스테롤을 간 이외의 세포에 공급하는 역할을 하고, 혈청내 LDL의 증가는 고지혈증과 깊은 관계가 있기 때문에(35) 해조성분으로 laver염 첨가군(A)이 대조염군(D)보다 두 동물종에서 LDL 농도가 각각 31.2, 16.7% 낮았던 것은 laver물질의 ACE 억제효과가 있음을 시사하는 것으로 사료되었다.

### 요약

본 연구는 해조성분 강화염을 본래 성 고혈압쥐(SHR)와 정상혈

**Table 6. Contents of FFA and lipid in serum of SHR and WKY fed with salts fortified with seaweed components during the 6 weeks of experimental period**

Group	FFA <sup>1)</sup> ( $\mu$ Eq/L)	TC <sup>2)</sup> (mg/dL)	TG <sup>3)</sup> (mg/dL)	HDL <sup>4)</sup> (mg/dL)	LDL <sup>5)</sup> (mg/dL)
SHR	A 639.57±73.48 <sup>a</sup>	62.00±7.46 <sup>b</sup>	29.00±3.35 <sup>b</sup>	23.00±1.34 <sup>a</sup>	5.50±0.55 <sup>c</sup>
	B 685.33±58.59 <sup>a</sup>	66.17±9.41 <sup>b</sup>	39.67±4.08 <sup>a</sup>	22.83±2.48 <sup>ab</sup>	8.33±0.52 <sup>a</sup>
	C 646.17±96.38 <sup>a</sup>	69.83±4.45 <sup>b</sup>	30.50±5.75 <sup>b</sup>	21.67±1.51 <sup>b</sup>	6.33±0.52 <sup>b</sup>
	D 677.83±60.05 <sup>a</sup>	80.17±6.05 <sup>a</sup>	40.17±5.56 <sup>a</sup>	22.17±1.47 <sup>ab</sup>	8.00±0.89 <sup>a</sup>
WKY	A 683.00±29.70 <sup>b</sup>	88.00±4.24 <sup>c</sup>	11.00±1.41 <sup>c</sup>	26.00±2.81 <sup>a</sup>	10.00±1.41 <sup>b</sup>
	B 724.50±20.12 <sup>a</sup>	97.00±1.41 <sup>b</sup>	15.00±0.00 <sup>b</sup>	24.50±0.71 <sup>b</sup>	12.00±0.00 <sup>a</sup>
	C 730.00±33.94 <sup>a</sup>	90.00±4.24 <sup>c</sup>	14.50±0.71 <sup>b</sup>	23.50±0.71 <sup>b</sup>	11.00±1.41 <sup>ab</sup>
	D 745.50±17.68 <sup>a</sup>	102.50±4.91 <sup>a</sup>	20.00±4.24 <sup>a</sup>	24.00±0.00 <sup>b</sup>	12.00±1.41 <sup>a</sup>

Values are mean±S.D.

Means within the same column not sharing a common letter are not significantly different ( $p<0.05$ )<sup>1)</sup> Free fatty acid<sup>2)</sup> Total-cholesterol<sup>3)</sup> Triglyceride<sup>4)</sup> High-density lipoprotein cholesterol<sup>5)</sup> Low-density lipoprotein cholesterol

압쥐(WKY)에게 6주간 급여하면서 혈압, 무기질 및 혈청 생화학 등에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 실험처리는 laver salt, fucoidan+laver salt(high/low dose), refined salt(대조염)의 4처리로 하였고, 실험동물(SHR/WKY)은 완전임의배치법으로 각각 8마리, 6마리씩 배치하였다. 식염량은 1일 16g을 기준으로 하여, +20% (고염식), -20%(저염식)으로 설정하였으며, 식염은 음용수 형태로 6주 동안 급여하였다. 실험기간동안 수축기 혈압은 해조성분강화염 급여 후 3주까지는 상승하다가 이후 종료시까지 비슷한 수준을 유지(fucoidan+laver salt) 또는 감소하였으며(laver salt), 대조염군(정제염)은 지속적으로 증가하다가 마지막 주에 다소 감소하였다. 실험종료시 A군과 D군의 혈압차는 약 24mmHg로 나타났고, 기준혈압대비 종료시 혈압상승율은 D군의 17.6%에 비해 A군과 C군이 각각 8.2, 7.4%로 낮았다. WKY의 실험 6주의 D군과 C군의 혈압차는 8.5mmHg로 나타났고, 기준혈압 대비 종료시 혈압감소율은 D군보다 C군에서 더 크게 나타나서 SHR과 비슷한 경향이었다. 혈청 미네랄 중 Na<sup>+</sup> 함량은 SHR과 WKY 모두 실험군간 차이가 없었고, K<sup>+</sup>은 SHR에서 fucoidan+laver salt 고염식군(B)이 높았으며, Mg<sup>++</sup>은 WKY에서 해조성분강화염군(A, B, C)이 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 혈당과 총 벌리루빈함량은 SHR에서 대조염군보다 해조성분강화염군에서 유의하게 낮았고, WKY 역시 혈당치는 해조성분강화염군이 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ). 혈청 알부민은 SHR과 WKY 모두 laver salt군(A)이 유의하게 높았고( $p<0.05$ ), SGOT와 SGPT활동은 두 동물종 모두 해조성분강화염에서 낮았다. 혈청지질 중 TC농도는 대조염군보다 해조성분강화염군에서 통계적으로 낮았고, TG농도는 해조성분강화염 중 A군과 C군이 유의하게 낮았으며, HDL 및 LDL농도는 A군이 유의하게 높거나 낮았다( $p<0.05$ ). 이상의 결과에서 해조성분강화염 중 laver salt는 대조염군과 같은 양의 식염을 섭취했음에도 미네랄 대사와 혈청 지질성분의 궁정적인 변화 등으로 인해 혈압상승을 적절하게 억제한 것으로 사료되었다.

## 문 헌

- Kim DH, Lee SB, Rhim JW. Characteristics of seaweed salt prepared with seaweeds. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 937-942 (2004)
- Park RS, Kim SJ, Lee LH. Survey on sodium content of low salt diet at 27 hospitals. Korean J. Nutr. 10: 38-43 (1997)
- Chung KR. A survey on the sodium chloride content of common restaurant meals in Seoul area. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 475-479 (1987)
- Kim HS, Yu CH. The effect of Ca supplementation on the metabolism of sodium and potassium and blood pressure in college women. Korean J. Nutr. 30: 32-39 (1997)
- Lee JE. Salt and hypertension. Korean J. Nephrol. 11(Suppl. 6): 56-60 (1992)
- Moore MA. Hypertension in ambulatory patient. Am. Fam. Physician 16: 188-194 (1977)
- Thiele VF. Clinical Nutrition. Mosby Elsevier Ltd., NC, USA. p. 174 (1980)
- Hong MB, Suh JG. Physical and clinical study of essential hypertension in the Korean. Korea University Medical College J., Korea 9: 55-67 (1978)
- Joossens JV, Geboers J. Dietary salt and risks to health. Am J. Clin. Nutr. 45: 1277-1283 (1987)
- Houston MC. Sodium and hypertension. A review. Arch Intern. Med. 146: 179-185 (1986)
- Tobin L. The relationship of salt to hypertension. Am J. Clin. Nutr. 32: 2739-2748 (1979)
- Battarbee HD, Neneely GR. Nutrient toxicities in animal and man: sodium In: Effect of nutrient excesses and toxicities in animal and man. Rchcigil M Jr(ed). CRC Handbook Series in Nutrition and Food. CRC Inc., Boca Raton, FL, USA. p. 119 (1978)
- Cho KH, Park MA, Kim ES. Differences between estimated and analyzed contents of sodium and potassium in the salt-restricted diet. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 406-414 (1996)
- Lee YK, Sung CJ, Choi MK, Lee YS. Effect of sodium intake on blood pressure and blood parameters in Korea normal adult women. Korean J. Nutr. 35: 754-762 (2002)
- Kang YJ, Ryu KT, Kim HS. Preparation of cellular liquid from brown seaweeds for functional tonic products. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 94-103 (1996)
- Jeong KJ. The production system of tol salt at guom village in Cheju island -A Microscopic approach to one of the past geographical phenomena-. J. Korean Bull. Geography 32: 87-104 (1998)
- Jo EJ, Shin DH. Study on the chemical compositions of sundried, refined, and processed salt produced in Chonbuk area. J. Food Hyg. Saf. 13: 360-64 (1998)
- Park JW, Kim SJ, Kim SH, Kim BH, Kang SK, Nam SH, Jung ST. Determination of mineral and heavy metal contents of various salts. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1442-1445 (2000)
- Ha JO, Park KY. Composition of mineral contents and external structure of various salts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 413-148 (1998)
- Fahrenbach MJ, Riccardi BA, Grant WC. Hypocholesterolemic activity of mucilaginous polysaccharides in White Leghorn cockerels. P. Soc. Exp. Biol. Med. 123: 321-326 (1966)
- Ren D, Noda H, Amano H, Nishino T, Nishizana K. Study on and antihypertensive and antihyperlipidemic effects of marine algae. Fish. Sci. 60: 83-88 (1994)
- Yamata N. Science of Seaweed Fucoidan. Sungsandang Publishing Co., Tokyo, Japan. p. 112 (2006)
- Yamata N. Science of Seaweed Fucoidan. Sungsandang Publishing Co., Tokyo, Japan. p. 107 (2006)
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korean National Health and Nutrition Surveys (3rd report). Available from: <http://knhanes.cdc.go.kr>. Accessed Mar. 24, 2009.
- Kim YM, Byun JY, Namgung B, Jo JH, In JP. Studies on functional salt fortified with seaweed components. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 152-157 (2007)
- SAS Institute. Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA. (1998)
- Han CK, Lee BH, Song KS, Lee NH, Yoon CS. Effect of antihypertensive. Diets mainly consisting of buckwheat, potato and perilla seed on blood pressures and plasma lipids in normotensive and spontaneously hypertensive rats. Korean J. Nutr. 29: 1087-1095 (1996)
- Kynast-Gales S, Massey L. Effect of dietary calcium from dairy products on ambulatory blood pressure in hypertensive men. J. Am. Diet Assoc. 92: 1497-1501 (1992)
- Ayachi S. Increased dietary calcium lowers blood pressure in the spontaneously hypertensive rat. Metabolism 28: 1234-1238 (1979)
- Hatton D, Muntzel M, Absalon J, Lashley D, McCarron D. Dietary calcium and iron : Effects on blood pressure and hematocrit in young spontaneously hypertensive rats. Am. J. Clin. Nutr. 53: 542-546 (1991)
- Jung HS, Song YS. Effect of dietary leek (*Allium tuberosum*) on lipid metabolism and liver function in streptozotocin-induced diabetic rats (abstract no P11-06). In: Abstracts: 44th annual Meeting and International Symposium on Diabetes mellitus and nutrition. November 21, Mokpo Natl. Univ., Mokpo, Korea. The Korean Society of Food Sci. and Nutr., Pusan, Korea (1998)
- Go MK, Park GY, Song YO, Song YS. Effect of different salt in *kimchi* intake blood pressure and blood profile in spontaneously hypertensive rats (SHR)(abstract no P11-05). In: Abstracts: 44th annual Meeting and International Symposium on Diabetes mellitus and nutrition. November 21, Mokpo Natl. Univ., Mokpo, Korea. The Korean Society of Food Sci. and Nutr., Pusan, Korea (1998)
- Lee YK, Sung CJ, Choi MK, Lee YS. Effect of sodium intake on blood pressure and blood parameters in Korea normal adult

- women. Korean J. Nutr. 35: 754-762 (2002)
34. Yoon CG, Jeong SW, Cha SE. An effect of methanethiol treatment on the liver function of rats previously fed low or high protein diet. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 15-18 (1993)
35. Cho MK, Choe SY, Hong SM, Kim BS. Effect of scoparone on liver function. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 344-349 (1998)
36. Joossens JV. Dietary salt restriction. The case in favour. p. 243 In: The Therapeutics of Hypertension. Robertson JIS, Pickering GW, Caldwell ADS (eds). Congress and symposium series, NO. 26. Academic Press and the Royal Society of Medicine. London, UK (1980)
37. Jang AR, Cho YJ, Lee JI, Shin JH, Kim IS, Lee MH. The Effect of beef peptide on blood pressure and serum lipid concentration of spontaneously hypertensive rat (SHR). J. Anim. Sci. Technol. 46: 107-114 (2004)