

다시마를 첨가한 배추김치의 항산화 효과

구화숙 · 노정숙 · 김현주 · 최홍식 · 송영옥[†]
부산대학교 생활환경대학 식품영양학과 및 김치연구소

Antioxidant Effects of Sea Tangle Added Korean Cabbage Kimchi *in Vitro* and *in Vivo*

Hwa-Suk Ku, Jeong-Sook Noh, Hyun-Ju Kim, Hong-Sik Cheigh, and Yeong-Ok Song[†]

Dept. of Food Science & Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Abstract

The antioxidant effect of Korean cabbage kimchi containing 20% of sea tangle (SK) was studied in the rats fed with high fat diet (HFD) for 8 weeks. The rats (n=40) were divided into four experimental groups as a high fat diet group (HFD), HFD supplemented either with Korean cabbage kimchi used as experimental control (HCK), with SK (HSK), or with J-kimchi (HJK) that was purchased at the local market. The amount of kimchi supplemented was 10%. DPPH radical scavenging activities of SK were significantly higher than those of CK. Kimchi suppressed the hepatic lipid peroxidation significantly, especially by HSK (p<0.05). Inhibition of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) formation in HSK was the greatest among the kimchi groups (p<0.05). The activities of Cu·Zn-superoxide dismutase (SOD), Mn-SOD and catalase decreased significantly (p<0.05) by kimchi supplementation. SOD and catalase activities of HSK were found to be the lowest among the kimchi groups. The decreased enzyme activity in kimchi group might be due to the less amount of lipid peroxides produced in the rats fed kimchi diet. The lowest antioxidative enzyme activities observed in HSK were in line with those of hepatic POV and TBARS of HSK. Our findings confirmed that kimchi acted as an antioxidant in the high fat fed rats and its antioxidant effect was significantly increased by the addition of sea tangle.

Key words: sea tangle, Korean cabbage kimchi, antioxidant effect, antioxidant enzyme

서 론

체내에서 일어나는 산화스트레스는 현대 사회에서 빈번히 발생하는 암이나 동맥경화증, 관상동맥질환과 류마티스성 관절염 등의 주요 질환들의 병인과 진행에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(1). 현대인의 빠른 생활 패턴과 식생활의 변화는 체내 산화 스트레스(oxidative stress)를 증가시키고 이는 각종 질환 및 사망의 중요한 원인이 되고 있다. 체내에서 유리기와 반응성 산소 화합물의 농도가 과잉으로 존재할 때 산화 촉진제와 항산화제 간의 균형이 깨어짐으로써 산화스트레스는 증가하며, 결국 세포손상과 생리적이상을 초래하게 된다. 생체 내에는 산화스트레스의 증가를 막는 효소적, 비효소적 항산화 시스템이 존재한다. 효소적 항산화 시스템에는 catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase 등이 있으며 비효소적 항산화 시스템에는 비타민 C, tocopherol, selenium, uric acid, sulfhydryl compounds, phenol, 환원성 glutathione, carotenoids 및 man-

nitol 등이 있다(2). 식품에 존재하는 항산화 물질은 체내에서 반응력이 큰 산소 혹은 질소 화합물과 결합하거나 산화된 분자를 공격함으로써 세포를 보호하는 역할을 할 것으로 생각된다.

김치는 열량이 낮고 식이섬유와 비타민, 무기질의 함량이 높아 한국인의 식단에서 식이섬유를 비롯한 비타민과 무기질의 주요 공급원의 하나이다(3). 김치의 주재료인 배추에는 hydroxy benzoic acid, hydroxy cinamic acid, keampferol, quercetin과 같은 항산화성 flavonol이 함유되어 있으며, 김치에 함유되어 있는 chlorophylls, carotenoids 등은 항산화성이 있는 것으로 알려져 있다(4).

다시마는 한국인이 즐겨 먹는 해조류이며 수용성 식이섬유인 알긴산이 풍부하여 혈중 콜레스테롤수치를 저하시키는 효과가 있고, 카드뮴과 같은 유해 중금속을 방출하는 작용을 한다(5,6). 또한 산성 다당류인 fucoidan이 풍부하게 함유되어 있어 항혈액응고 작용과 항암효과 등 다양한 생리작용을 한다(7,8). 동의보감에서는 끈포라 하여 신체의 저항성

[†]Corresponding author. E-mail: yosong@pusan.ac.kr
Phone: 82-51-510-2847, Fax: 82-51-583-3648

을 높여주고 노폐물의 배설을 촉진하며, 고혈압, 동맥경화, 갑상선종, 신장염에 효과가 있을 뿐 아니라 암세포의 증식을 억제하고 노화를 예방하는 건강장수식품이라고 기록하고 있다.

본 연구에서는 다양한 생리활성을 지닌 다시마를 첨가하여 개발한 기능성 배추김치(9)의 항산화성을 살펴보고자 고지방식이를 섭취하는 쥐에게 공급하여 항산화 효소 활성화 지표와 산화 억제 효과를 관찰하여 다시마를 첨가한 배추김치의 기능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

다시마를 첨가한 배추김치의 재료 배합비 및 제조

배추는 김해(경남)에서 생산된 포기당 중량이 2.0~2.5 kg 인 것을 사용하였고, 고춧가루는 충북 제천 농협 고춧가루, 젓갈은 멸치액젓(H사), 소금은 천일염을 사용하였고, 그밖에 부재료인 다시마, 무, 당근, 마늘, 생강은 김치 제조 당일 재래시장에서 구입하였다.

대조군 김치와 다시마 첨가 배추김치는 본 연구실에서 개발하여 특허 받은 방법으로 김치담금을 하였고(9), 본 실험의 효과를 확인하기 위하여 실험대조군 이외에 가장 많이 시판되고 있는 공장김치[J-배추맛김치(J-김치)]를 긍정대조군(positive control)으로 선정하여 본 실험용 김치와 제조일이 같은 날 출하된 김치를 구입하여(L 마트) 사용하였다. 배추절임은 10% 염수를 사용하였으며 염도가 $1.9 \pm 0.1\%$ 에 도달할 때까지 절였다. 다시마는 끓는 물에 1분 정도 데쳐서 배추와 같은 크기로 썰어서 사용하였다. 다시마 첨가 배추김치(Sea tangle added kimchi; SK) 레시피는 절인 배추 60 g, 다시마 20 g, 무 15 g, 당근 5 g, 고춧가루 3.2 g, 마늘 1.4 g, 생강 0.5 g, 멸치액젓 2 g, 설탕 0.9 g, 대조김치(Control kimchi; CK) 레시피는 절인 배추 100 g, 무 13 g, 파 2 g, 고춧가루 3.5 g, 마늘 1.5 g, 생강 0.6 g, 멸치액젓 2.2 g, 설탕 1 g이다. 다시마 첨가 김치, 대조김치와 시판되고 있는 J-김치(J-kimchi; JK)는 5°C 로 설정된 김치냉장고(HNR2217S, S Electronics, Korea)에서 보관하였다. 김치의 최종 염 농도는 $2.1 \pm 0.1\%$ 이었다. 김치의 산도가 $0.75 \pm 0.05\%$ 에 도달하였을 때 동결 건조하여 동물실험 시료로 사용하였다.

실험동물 및 실험식이

4주령의 Sprague-Dawley(SD)계 흰 쥐 40마리를 구입하여((주)오리엔트, 서울) 7일간 일반식으로 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험군은 고지방식이군(High fat diet group, HFD), 대조김치군(HFD containing freeze dried control kimchi, HCK), 다시마 첨가 김치군(HFD containing freeze dried control kimchi supplemented with 20% of sea tangle, HSK), 그리고 J-김치군(HFD containing freeze dried J-kimchi, HJK)으로 모두 4군이다. 실험시작 시 각 군(n=10)

의 쥐의 평균체중(142 ± 0.63 g)은 동일하도록 임의로 배치하였으며, 동물은 한 케이지에 2마리씩 넣어 사육하였다. 사육실의 온도와 습도는 20°C , 50%를 유지하였고, 명암은 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다.

고지방 식이는 AIN-93 가이드라인(10)에 준하여 조제하였다(Table 1). 지방급원으로 라드 15%(w/w)와 옥수수유 5%(w/w)를 혼합하여 사용하였고 이때 지방이 차지하는 에너지 비율은 총 에너지의 40% 수준이었다. 동결건조한 김치의 첨가량은 10%(w/w)이었다. 각 실험군 별 사료의 에너지 수준은 동일하게(460 kcal/100 g) 조제하여 8주간 사육하였다(Table 1). 전보(9)에서 8주간의 고지방식이에 의해 비만이 유도되었으며, 비만에 의해 생성되는 지방산화를 김치식이에 의한 억제효과가 나타날 수 있는 기간을 8주로 설정하였다. 조제한 식이는 고형으로 만들어 건조시킨 후 -18°C 냉동보관하면서 사용하였다. 각 실험군에 공급된 식이량은 고지방식이군의 평균 섭취량에 준하여 제한 식이를 실시하였는데 이는 식이섭취량의 차이에서 오는 문제점을 배제하기 위해서이다. 식이는 1일 1회 동일한 시간에 제공하였고 물은 자유로 섭취하도록 하였다.

실험동물 처리 및 시료 준비

8주 사육 후, 12시간 절식시킨 다음 에테르로 마취시킨 후 개복하여 phosphate buffered saline(PBS) 용액으로 관류

Table 1. Composition of the experimental diet¹⁾

Ingredients	Experimental groups ²⁾			
	HFD	HCK	HSK	HJK
Casein	20	20	20	20
Sucrose	40	39.4	39.5	39.4
Corn starch	10	10	10	10
Corn oil	5	4.7	4.8	4.7
Lard	15	15	15	15
Cellulose	5	5	5	5
DL-methionine	0.2	0.2	0.2	0.2
AIN-mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN-vitamin mixture	1	1	1	1
Choline bitartrate	0.3	0.3	0.3	0.3
Freeze dried kimchi	-	10	10	10
Total	100	109.1	109.3	109.1

¹⁾The diet was prepared according to AIN-93 guide line. The calorie of diets are the same among the experimental groups (460 kcal/100 g).

²⁾HFD: high fat diet, HCK: high fat diet containing control kimchi (CK), HSK: high fat diet containing sea tangle kimchi, HJK: high fat diet containing J kimchi.

CK: Korean cabbage kimchi used for the control. Brined Korean cabbage 100 g, radish 13 g, green onion 2 g, red pepper powder 3.5 g, ginger 0.6 g, garlic 1.4 g, fermented anchovy juice 2.2 g. SK: CK supplemented with 20% sea tangle. Brined Korean cabbage 60 g, sea tangle 20 g, radish 15 g, carrot 5 g, red pepper powder 3.2 g, garlic 1.4 g, ginger 0.5 g, fermented anchovy juice 2.0 g, sugar 0.9 g. JK: Commercially available Korean cabbage J-kimchi of D company.

하여 간의 혈액을 제거한 후 적출하였다. 간은 생리식염수로 잘 씻은 후 수분을 완전히 제거하였고 실험 사용 전까지 -70°C deep freezer에 보관하였다.

DPPH를 이용한 유리라디칼 소거활성 측정

농도별(1, 5, 25 µg/mL)로 준비한 각 시료에 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)액을 첨가하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(11). 이때 DPPH 소거능은 대조군인 Vit. C(ascorbic acid)와 비교하여 %로 나타내었다.

간 조직의 지질 산화 생성물 측정

김치를 섭취한 쥐의 산화정도를 간에서 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 농도(12)와 peroxide value(POV)(13)로 측정하였다. 간 조직에 10배의 phosphate buffer(pH 7.4)를 첨가하여 glass teflon homogenizer로 갈아 간 균질액을 조제하였다. TBARS 농도 측정은 간 균질액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 상층액 1 mL에 TBARS 용액(0.4% TBA, 15% TCA, 2.5% HCl) 2 mL을 가하여 95~100°C 수욕조에서 20분간 반응을 시켰다. 얼음물에서 식힌 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 단백질을 제거한 상층액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료 중의 TBARS의 농도는 malondialdehyde(MDA)의 표준곡선으로부터 구하여 MDA의 nmole로서 나타내었다. POV 농도는 균질액에 chloroform : methanol(2:1) 혼합액을 첨가하여 지질을 추출한 용매를 휘발시키고 지질을 얻었다. 여기에 acetic acid : chloroform(3:2, v/v) 혼합액을 첨가하고 용시조제(30분 이내)한 냉장상태 KI를 첨가하여 암실에서 방치한 후 0.5% cadmium acetate 용액을 첨가하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음, 상층액을 353 nm에서 흡광도를 측정하였다(13). 표준 검량곡선은 cumene hydroperoxide로 작성하였다.

항산화 효소 활성 측정

간 조직에 대해 10배의 냉 50 mM phosphate buffer(pH 7.4)를 첨가하여 glass teflon homogenizer로 균질화하였다. 간 균질액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상등액(post-nucleus fraction)을 catalase 측정용 시료로 사용하였다. 상등액을 다시 13,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 그 상층액(post-mitochondria fraction)은 Cu · Zn-SOD를, 침전물(mitochondria fraction)은 Mn-SOD 측정용 시료로 사용하였다. 분석 시까지 -70°C의 deeper freezer에 보관하였다. 각 시료액의 단백질 농도는 Lowry법으로 측정하였다(14).

Catalase 활성은 시료액 100 µL에 50 mM phosphate buffer(pH 7.0) 2.0 mL을 가하고 여기에 30 mM H₂O₂용액을 1.0 mL을 가하여 240 nm에서 1분간 흡광도 변화를 측정하여 catalase 활성을 측정하였다(15).

Cu · Zn-SOD 및 Mn-SOD 활성 측정은 Oyanagui의 방

법(16)으로 사용하였으며 시료액 0.1 mL에 증류수 0.5 mL, A시약 0.2 mL(52.125 mg hydroxylamine+102.1 mg hypoxanthine/250 mL DW), B시약 0.2 mL(20 µL 3.75 mM xanthine oxidase+0.9939 mg EDTA/26.7 mL phosphate buffer pH 8.2)를 첨가 혼합하여 37°C 항온수조에서 40분간 반응시킨 후 C시약 2.0 mL(300 mg sulfanilic acid+5.0 mg N-1-naphthylethylene diamine acid/500 mL 16.7% acetic acid)를 첨가 혼합하여 실온에서 20분간 방치한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준검량선에 의해 superoxide dismutase(U/mg protein)를 정량하였다.

결과 및 고찰

다시마 첨가 배추김치의 DPPH 소거 효과

김치의 DPPH 소거 효과를 살펴보았을 때, 대조 김치, 다시마 첨가 김치 및 J-김치는 농도 의존적으로 DPPH를 소거하였으나 25 µg의 농도에서 Vit. C가 97%의 소거 효과를 보인 것과 비교해서 대조 김치 25%, 다시마 첨가 김치 35% 및 J-김치 34%의 유리기 소거능은 낮았다(Fig. 1). 이러한 현상은 본 실험에 사용한 김치 시료는 김치자체를 동결 건조한 것으로 순수 정제품인 Vit. C보다는 낮을 수밖에 없다. 그러나 김치 시료 5 µg 이상의 농도에서는 김치의 DPPH 소거능이 1 µg의 Vit. C 효과와 유사한 수준이었다. 김치군의 DPPH 소거능을 비교해 보았을 때 5 µg 이상 첨가 농도에서는 다시마 첨가 김치의 DPPH 소거능이 대조군보다 유의적으로 높았으며(p<0.05), 이 효과는 5 µg 농도에서는 J-김치보다 유의적으로 높았으나(p<0.05) 25 µg 농도에서는 유의적인 차이가 없었다. 이러한 다시마 첨가 김치의 효과는 항산화능을 가지는 것으로 보고되는 다시마(17)를 첨가함으로써 DPPH 소거능이 증가된 것으로 생각된다. 다시마 및 발효

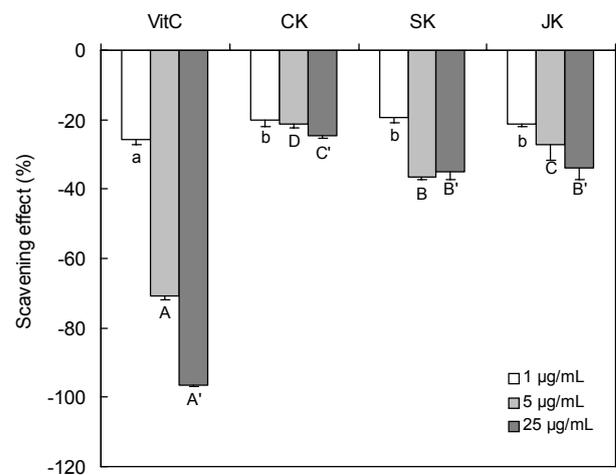


Fig. 1. DPPH scavenging effect of kimchi¹⁾.
_{a,b,A-D,A'-C'}Data are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at the 0.05 level of significance. For the kimchi recipe, see the legend of Table 1.

Table 2. Hepatic lipid oxidation inhibition by kimchi supplementation in the rats fed high fat diets for 8 weeks

Group ¹⁾	TBARS (nmole MDA/g liver)	POV (μ mol H ₂ O ₂ /g liver)
HFD	24.68±2.74 ^a	17.55±0.77 ^a
HCK	17.05±0.29 ^b	11.10±0.50 ^c
HSK	14.13±0.10 ^c	11.19±0.43 ^c
HJK	15.51±1.06 ^{bc}	12.41±0.44 ^b

¹⁾See the legend of Table 1. Values are mean±SD (n=10). ^{a-c}Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.05 level of significance.

다시마는 여러 종류의 유리기를 소거하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(17).

간에서 다시마 첨가 배추김치의 지질 산화 억제 효과 총에너지의 40%에 해당하는 지방이 함유된 고지방식에 다시마 첨가 김치를 첨가하여 8주간 사육한 흰쥐의 지질 산화정도를 간에서 살펴보았다(Table 2). 고지방식이군의 TBARS 농도에 비해 다시마 첨가 김치군(-43%), J-김치군(-38%) 그리고 대조김치군(-31%) 순으로 낮았으며, 김치군의 지질 산화억제 효과는 고지방식이군 비교하여 유의적이었다(p<0.05). 다시마 첨가 김치군의 TBARS 생성 억제 효과는 김치군 중 가장 높았으며 유의적이었다(p<0.05). 간조직의 POV 농도 역시 고지방식이에 의해 POV의 생성이 높아졌던 것이 김치 첨가에 의해 유의적으로 낮아졌으며 다시마 첨가 김치군(-36%)의 효과가 J-김치군(-30%)보다 유의적으로 높았으나(p<0.05) 대조김치군(-37%)과는 차이가 없어 TBARS와 효과가 달랐다. 김치의 지질산화 억제 효과는 고콜레스테롤 식이를 섭취시킨 토끼에 배추김치의 여러 용매 획분을 첨가하여 16주간 섭취시켰을 때 고콜레스테롤 식이만을 섭취시킨 대조군에 비해 모든 용매 획분에서 지질 산화를 약 60% 감소시켰다고 보고하였다(18). 본 연구에서 다시마 첨가 배추김치의 지질 산화 억제 효과가 다른 김치에

비해 높은 것은 다시마 속의 수용성 식이섬유 성분인 알긴산이 콜레스테롤을 감소시키고 과산화지질을 억제(19)하는 효과 때문으로 생각된다.

항산화 효소 활성에 미치는 영향

간의 catalase 활성은 고지방군의 활성에 비해 대조김치군, 다시마 김치군 및 J-김치군은 각각 48%, 64% 및 52% 정도 그 활성이 유의적으로 낮았으며 김치군 중 다시마 첨가 김치군의 활성이 유의적으로 낮았다(Fig. 2, p<0.05). Cu·Zn-SOD 활성은 다시마 김치군이 고지방군에 비해 25% 낮았으며 이는 김치군 중에서도 유의적으로 가장 낮았다(Fig. 3, p<0.05). Mn-SOD 활성은 대조김치군 37%, 다시마 김치군 43%, J-김치군 28% 정도 모든 김치군에서 고지방군에 비해 유의적으로 낮았고 김치군 중에서는 다시마 첨가 김치

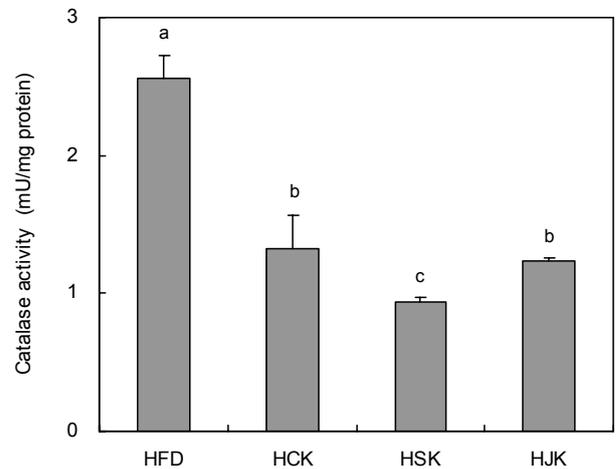


Fig. 2. Catalase activity of rat fed high fat diets supplemented with kimchi for 8 weeks¹⁾.

¹⁾See the legend of Table 1. Values are mean±SD (n=10). ^{a-c}Data are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at the 0.05 level of significance.

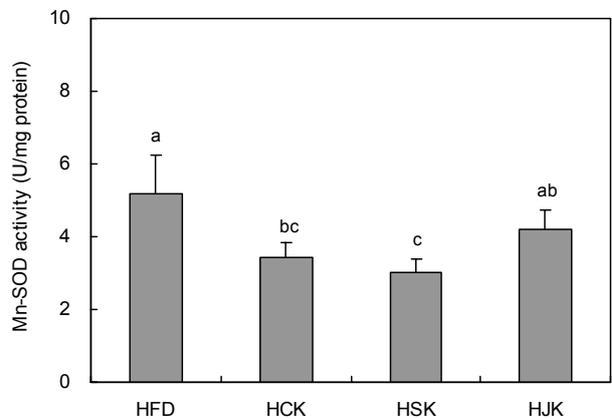
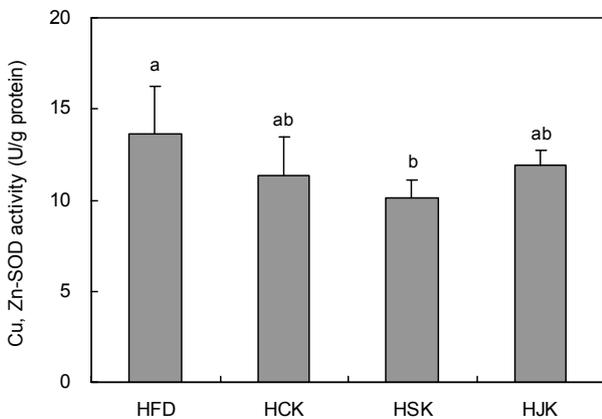


Fig. 3. Cu·Zn-SOD and Mn-SOD activities of the rat fed high fat diets supplemented with kimchi for 8 weeks¹⁾.

¹⁾See the legend of Table 1. Values are mean±SD (n=10).

^{a-c}Data are significantly different by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test at the 0.05 level of significance.

의 활성이 유의적으로 낮았다(Fig. 3, $p < 0.05$). 본 실험의 결과 간의 항산화효소의 활성이 김치 섭취군에서 낮은 것은 김치가 항산화 효소계의 활성을 직접 조절하기보다는 항산화물질로 작용하여 고지방식을 한 토끼에서 지질산화를 억제함으로써 체내 축적되는 과산화물질의 농도 낮아지고(18) 따라서 이를 제거하는 효소의 활성이 높을 필요가 없었기 때문으로 보고되었다(20). 이러한 보고는 본 연구 결과와 일치하는 것으로 Table 2에서 김치군의 TBARS 농도와 POV 농도가 유의적으로 김치군에서 낮은 것을 볼 수 있다. 김치의 주재료인 배추에는 hydroxy benzoic acid, hydroxy cinamic acid, keampferol, quercetin과 같은 항산화성 flavonoid이 함유되어 있으며, 김치에 함유되어 있는 chlorophylls, carotenoids 등도 항산화성이 있는 것으로 알려져 있다(4). 뿐만 아니라 김치 담금 시 사용되는 마늘, 고추, 생강 및 파 등에도 항산화 물질이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있고(21) 배추김치의 활성 성분으로 알려진 3-(4'-hydroxyl-3',5'-dimethoxybenzyl)propionic acid의 항산화효과는 토끼(22,23)에서 그 효과가 보고되었다. 이러한 배추김치의 항산화 효과가 다시마 첨가 김치에서 더욱 높은 것은 수용성 식이섬유인 알긴산 및 산성 다당류인 fucoidan이 고지방 식이를 통해 섭취되는 지질의 흡수를 억제하여 체내 지질 농도를 낮춤으로써 지질 산화를 억제하는 효과가 있기 때문으로 생각된다. 알긴산 및 fucoidan의 항산화 효과 및 항산화 효과 활성 억제 효과에 대한 보고는 없으나 고지방식이 또는 고콜레스테롤 식이에서 지질을 저하하는 효과는 여러 보고(5-8)를 통해 알려져 있다.

요 약

다시마 첨가 배추김치의 항산화 효과를 고지방식을 섭취시킨 흰 쥐에서 살펴보았다. 동물실험군은 고지방식이군, 고지방식이에 대조김치, 다시마를 20% 첨가한 김치, 그리고 시판하는 J-김치를 첨가한 4군으로 실험군 당 동물은 10마리였으며 사육기간은 8주였다. 지방은 총에너지의 40%를 지방을 첨가하였으며 김치는 동결 건조하여 10% 첨가하였다. 김치의 DPPH 소거 효과는 김치군에서 유의적으로 높았으며 김치군 중 다시마 첨가 김치의 효과가 각 실험 농도에서 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 간의 지질과산화는 김치식에 의해 유의적으로 감소되었고, 김치군 중 다시마 첨가 김치의 TBARS 농도는 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 간의 항산화 효소 활성을 살펴보았을 때 김치 섭취군의 Cu·Zn-SOD, Mn-SOD, 그리고 catalase의 활성은 고지방식이군에 비해 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$) 다시마 첨가 김치군의 효소 활성은 다른 김치군에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이는 고지방식이에 의해 생성된 지질과산화물질이 김치에 존재하는 항산화물질에 의해 제거되어 이를 방어

할 항산화 효소활성이 고지방식이군에 비해 낮게 나타난 것으로 생각된다. 본 연구에서는 다시마 첨가 김치의 항산화 효과가 김치군 중 가장 높은 것으로 나타나 김치의 항산화 효과가 다시마의 활성 성분에 의해 더욱 증진된 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업(302001-03-2-HD110)의 협동연구과제로 수행된 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. 2004. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 44: 275-295.
- Moskaug JO, Carlsen H, Myhrstad MC, Blomhoff R. 2005. Polyphenols and glutathione synthesis regulation. *Am J Clin Nutr* 81: 277S-283S.
- Song YO. 2004. The functional properties of kimchi for the health benefits. *Food Industry Nutr* 9: 27-33.
- Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 175-203.
- Penman A, Sanderson GR. 1972. A method for the determination of uronic acid sequence in alginates. *Carbohydrate Res* 25: 273-282.
- Kim YY, Lee KW, Kim GB, Cho YJ. 2000. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle, laminaria japonica by thermal decomposition. *J Kor Fish Soc* 33: 393-398.
- Haroun-Bouhedja F, Ellouali M, Sinquin C, Boisson-vidal C. 2000. Relationship between sulfate groups and biological activities of fucans. *Thromb Res* 100: 453-459.
- Collic S, Fisher AM, Tapon-Brethaudiere H, Biosson C, Durand P, Jozefonvicz J. 1991. Anticoagulant of a fucoidan fraction. *Thromb Res* 64: 143-154.
- Ku HS, Noh JS, Yun YR, Kim HJ, Kwon MJ, Cheigh HS, Song OK. 2007. Weight reduction and lipid lowering effect of sea tangle added Korean cabbage kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1140-1147.
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1999-2000.
- Lenz ML, Hughes H, Mitchell JR, Via DP, Guyton JR, Taylor AA, Gotto AM Jr, Smith CV. 1990. Lipid hydroperoxy and hydroxy derivatives in copper-catalyzed oxidation of low density lipoprotein. *J Lipid Res* 31: 1043-1050.
- Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52: 302-310.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 1951. Protein determination with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
- Aebi H. 1984. Catalase in vitro. *Methods Enzymol* 105:

- 121-126.
16. Oyanagui Y. 1984. Reevaluation of assay methods and establishment of kit for superoxide dismutase activity. *Anal Biochem* 142: 290-296
 17. Han J, Kang S, Choue R, Kim H, Leem K, Chung S, Kim C, Chung J. 2002. Free radical scavenging effect of *Diospyros kaki*, *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida*. *Fitoterapia* 73: 710-712.
 18. Kim HJ, Kwon MJ, Song YO. 2000. Effects of solvent fractions of Korean cabbage kimchi on antioxidative enzyme activities and fatty acid composition of phospholipid of rabbit fed 1% cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 900-907.
 19. Choi JH, Kim DI, Park SH, Kim DW, Kim CM, Koo JG. 2000. Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) extract and fucoidan components on lipid metabolism of stressed mouse. *J Korean Fish Soc* 33: 124-128.
 20. Kim HJ. 2000. Antiatherogenic effect of solvent fraction of cabbage kimchi in rabbit. *MS Thesis*. Pusan National University.
 21. Kwon MJ, Song YS, Song YO. 1998. Antioxidative effect of kimchi ingredients on rabbits fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1189-1196.
 22. Kim HJ, Kwon MJ, Seo JM, Kim JG, Song SH, Seo HS, Song YO. 2004. The effect of 3-(4-hydroxyl-3',5'-dimethoxyphenyl)propionic acid in Chinese cabbage kimchi on lowering hypercholesterolemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 52-58.
 23. Kim HJ, Lee JS, Chung HY, Song SH, Suh H, Noh JS, Song YO. 2007. 3-(4'-hydroxyl-3',5'-dimethoxyphenyl)propionic acid, an active principle of kimchi, inhibits development of atherosclerosis in rabbits. *J Agric Food Chem* 55: 10486-10492.

(2007년 10월 9일 접수; 2007년 12월 5일 채택)