

김치가 청장년 및 노인의 유리기 생성 및 산화억제에 미치는 영향

김종현[†] · 류재두¹⁾ · 송영옥²⁾

마산대학 식품과학계열, 마산대학 임상병리과,¹⁾ 부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소²⁾

The Effect of *Kimchi* Intake on Free Radical Production and the Inhibition of Oxidation in Young Adults and the Elderly People

Jong-Hyun Kim,[†] Jae-Du Ryu,¹⁾ Yeong-Ok Song²⁾

Department of Food and Nutrition, Masan College, Masan, Korea

Department of Clinical Pathology,¹⁾ Masan College, Masan, Korea

Department of Food Science and Nutrition, Kimchi Reserch Institute,²⁾ Busan National University, Busan, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of *kimchi* intake on free radical and oxidative substance production in young adults and the elderly. Daily *kimchi* intake by people in their twenties ($n = 93$, 20 to 29 years old) and over sixty-five ($n = 143$, over 65 years old) in M city were surveyed and blood was drawn to analyze the free radicals in their plasma. The average amount of *kimchi* intake by the subjects was 115.8 ± 91.7 g. The amount of *kimchi* intake of those in their twenties (106.1 ± 80.6 g) was significantly lower than that of those over sixty-five (125.5 ± 102.9 g, $p < 0.05$). Concentrations of total free radicals and OH radicals were 27 and 33% greater respectively, in those over sixty-five than in those in their twenties, indicating that more free radicals were produced by the older group. The concentration of GSH was not significantly different in the two groups, but that of GSSG in the over sixty-five age group was 53% greater than in the twenties group, which resulted in a 35% reduction in GSH/GSSG in the elderly group. TBARS concentration in the over sixty-five group was 26% greater than that of the twenties group. In order to see the effect of *kimchi* intake on free radical production, subjects in same age group were divided into two sub groups-the mean over and the mean under groups-according to the average amount of *kimchi* intake, which was 115.8 g. The total free radicals, the OH radicals, the GSH, the GSSG, and the GSH/GSSG in the twenties group were not significantly different in the two *kimchi* intake groups. However, those in the over sixty-five group were significantly different. The concentration of total free radicals and OH radicals of the mean over group were 21 and 26% lower respectively, than those of the mean over group ($p < 0.05$). The GSH and GSH/GSSG of the mean over groups were higher by 8 and 12%, respectively. The correlation coefficient between the *kimchi* intake and the total free radicals was -0.1862 ($p < 0.05$) and that for GSH/GSSG was 0.1861 ($p < 0.05$). In conclusion, the production of free radicals and oxidative substances increased with age, and *kimchi* seemed to retard this phenomena. (Korean J Community Nutrition 7(2): 257~265, 2002)

KEY WORDS: *kimchi* · young adults · the elderly people · free radical · glutathione

서론

우리 나라는 경제발전으로 인한 국민소득 향상, 의학발달, 의료보험제도 실시, 영양상태 및 생활환경 등의 개선으

채택일: 2002년 3월 8일

[†]Corresponding author: Jong-Hyun Kim, Department of Food and Nutrition, Masan College, #100 Yongdamri Nese-up Hoewon-gu, Masan 630-729, Korea

Tel: 055) 230-1310, Fax: 055) 232-3654

E-mail: cbano@masan-c.ac.kr

로 인하여 평균수명이 연장되어 2000년에는 인구의 7% 이상이 노인인구인 고령화 사회에 접어들었으며, 2022년경에는 인구의 14%를 노인이 차지할 것이라는 가정이 나오고 있다(Korea National Statistical Office 2000). 이와 같이 평균수명이 연장되면서 만성 퇴행성질환의 유병률이 증가하는 추세로서 1999년 우리 나라에서 동맥경화, 심장질환, 뇌혈관질환을 포함한 순환기 질환으로 사망한 사람이 약 6만명으로 사망원인 1위를 기록하였다(Kim 1997).

노화는 유리기에 의한 생체손상으로부터 오는 것으로, 포유류에서 일어나는 유리기 반응은 대부분 산소대사 과정에

서 발생하는 활성산소(1O_2 , $\cdot O_2^-$, $\cdot OH$ radical, H_2O_2) 등에 의한 것으로 알려져 있다. 이들은 반응성이 매우 강해 단백질의 -SH기와 쉽게 반응해서 효소의 활성을 잃게 하거나 가교결합의 촉진, DNA, RNA, 효소 및 세포막 등에 손상을 일으켜 세포사를 유발시킨다(Yang 1989; Harman 1981; Harman 1984)고 알려져 있다. 일반적으로 노화에 의해 생체 내 각 조직에 유리기 반응산물이 증가하는데, 그 대표적인 것이 지질과산화물이며 이것은 노화의 지표로 이용되고 있다(Yoshikawa & Hirai 1967). 생체 내 지질이 산화되면 지질의 peroxy radical과 이의 분해 중간물인 여러 종류의 aldehyde들이 인접한 단백질을 산화시킬 것이며 간접적으로는 지질막의 유동성을 떨어뜨려 2차적으로 막 결합 단백질의 구조와 기능에 영향을 주게 된다(Choi & Yu 1994; Yu 등 1992). 지질과산화는 생체 내에서 퇴행성 과정을 유발하여 lipofucinin의 생성, 생체막의 변화 및 파괴, 세포독성, 돌연변이, 당뇨 등 다양한 질병을 유발하고 이러한 현상이 축적됨으로써 노화를 촉진시킨다고 보고되고 있다(Lee & Lee 1997; Bidlack & Tappel 1973; Cotran 등 1999). 동맥경화와 같은 심혈관계 질환도 산화된 콜레스테롤 혹은 지질과산화물 축적 시 발생된다고 보고되었으며, linoleic acid의 과산화물을 *in vitro*에서 조제하여 동물에 투여한 결과, 내피손상과 더불어 심유성 경화증이 유발되었다고 보고되었다(Vergoeson 1997). 신장투석 환자들에게 보이는 심한 동맥경화는 백혈구가 $\cdot O_2^-$, $\cdot OH$ radical, H_2O_2 를 방출시켜 그 결과 내피세포가 손상되어 유발되는 것으로 보고되고 있다(Jacob 등 1980). 암 발생률도 최고수명이 50%에 도달했을 때 크게 증가하는데 이는 노화에 따라 체내 유리기 반응이 증가하여 그 결과 proto-oncogenes와 암 억제 유전자의 돌연변이 비율도 증가하고 또한 점진적으로 면역능력은 감퇴하여 돌연변이를 일으킨 세포를 제거하지 못했기 때문으로 생각된다(Friend 등 1988; Kay & Makinodan 1976; Sagai & Ichinose 1980). 생체에는 이런 유리기 반응의 유해작용을 억제하는 항산화계가 존재하지만, 끊임없이 생성되는 유리기에 의해 결국 세포기능이 저하되어 노화과정이 유발되는 것으로 여겨진다.

한편, 김치에는 chlorophyll, carotenoid, phenolic compounds, vitamin C, β -carotene, 다양한 함유 화합물 등 항산화효과를 갖는 성분들이 다량 존재하고 있다. 김치에 존재하는 다양한 항산화 물질들은 체내에서 항산화제로 직접 작용할 뿐만 아니라 생체 내 항산화 효소를 보호하는 역할을 하며(Suh 등 1997; An 등 1996), 지방질의 자동산화

초기에 연쇄반응을 일으키는 활성 radical과 직접 반응하여 자동산화를 억제하는 것으로 보고되고 있다(Kim & Choi 1991; Frankel 1993; Halliwell 1993). 또한, 김치 추출물에서 분리·동정한 활성물질은 LDL의 산화를 억제하는 능력이 BHT보다도 4배 이상 높고, 유리기 소거능은 Vitamin C보다 3.4배 높으며, 갓김치 추출물은 유리기에 의한 피부세포 독성을 완화시키는 효과가 있다고 보고되었다(Ryu 등 1997; Lee & Choi 1995; Lee 2000). 이와 같이, 우리나라 전통 발효식품인 김치는 그 항산화 작용으로 인해 체내 항산화계는 활성화시키는 반면 노화의 원인으로 알려져 있는 유리기에 대항함으로써 노화를 억제할 것으로 기대된다. 그러나 지금까지 김치 및 김치 부재료가 지닌 항산화능, 유리기 생성 억제 능력 등에 관한 연구들은 있었지만, 아직까지 김치섭취가 노화에 어떤 영향을 미치는지에 대해 연구되어진 바는 없다.

본 연구에서는 김치섭취가 노화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 20대의 젊은 성인층과 65세 이상의 노인층을 대상으로 김치 섭취량을 조사하였으며 또한, 이들의 혈액을 채취하여 혈중 총유리기, OH radical, glutathione 함량, TBARS 등을 측정하여 가령 및 김치 섭취량에 따른 노화 특성 중의 하나인 유리기 생성 정도 및 산화관련 물질의 변화를 살펴보았다.

조사대상 및 방법

1. 조사대상 및 기간

김치섭취가 노화에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 노인 연령으로 정의된 65세 이상의 성인과 대조군으로 20대의 성인을 대상으로 1999년 7월에서 9월에 걸쳐 설문조사를 실시하였으며 혈액성분 분석을 실시하였다. 본 실험에 참가한 20대 성인층은 마산지역 M대학 학생들이었으며 65세 이상의 노인층은 마산 H지역에 거주하는 노인들과 마산의 S종합병원 건강검진센터를 찾은 사람들을 대상으로 이루어졌다. 조사대상자들은 20대가 146명(남성 55명, 여성 91명)이었으며, 65세 이상 노인층이 189명(남성 89명, 여성 100명)으로 총 335명이었다. 이 중 질병이 있거나, 본 실험에 영향을 미친다고 판단되는 약물이나 건강보조식품을 섭취하고 있는 사람을 제외한 사람들을 대상으로 모든 분석을 실시하였으며, 그 결과 실제로 분석에 이용된 조사대상자들은 20대가 93명(남성 32명, 여성 61명)이었으며, 65세 이상 노인층은 143명(남성 55명, 여성 88명)으로 총 236명이었다.

2. 조사내용

설문조사를 실시하여 조사대상자들의 일반적 특성과 김치 섭취량을 파악하였다.

일반적 특성으로는 연령, 성별, 한달 용돈, 가족수를 조사하였고, 혈액분석 시 영향을 미치는 질병유무, 영양제 및 약물복용 유무에 관하여 조사하였다.

김치 섭취량은 Kwon 등(1999)이 사용한 정량적 식품섭취빈도 조사방법을 사용하여 다음과 같이 실시하였다. 즉, 한번 먹을 때 섭취하는 김치 양을 사람들이 쉽게 알 수 있도록 1/4컵, 1/2컵, 1컵으로 나누어 제시하였으며, 각 컵에 해당하는 김치의 중량은 직접 김치를 컵에 담아 무게를 측정하여 얻었다. 또한 섭취빈도수는 ① 매일 2회 이상 ② 매일 1회 ③ 주 4~6회 ④ 주 2~3회 ⑤ 주 1회 ⑥ 월 2~3회 ⑦ 월 1회 ⑧ 거의 안 먹음으로 총 8개 범주로 구분하여, 하루 1회 섭취를 기준 1로 하여 만약 하루에 2회 이상 섭취 시는 2, 일주일에 4~6회 섭취 시는 0.71 등으로 factor를 주었다. 그리고 김치 섭취량은 한번 먹을 때 섭취하는 김치 양에 섭취빈도 factor를 곱하여 산출하였다.

3. 생화학적 분석

1) 혈액채취

조사대상자들의 혈액채취는 12시간 이상 공복을 유지한 상태에서 실시하였으며, 채취된 혈액은 즉시 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 분리한 후 분석 시까지 -70℃ deep freezer에 보관하였다. 혈장을 이용해 분석한 성분은 총유리기, OH radical, 환원된 glutathione(GSH), 산화된 glutathione(GSSG) 및 GSH/GSSG 그리고 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)이었다.

2) 유리기 측정

혈장의 총 유리기 농도는 dichloro-fluorescein diacetate (DCFDA)와 시료 중의 free radical이 반응하여 형광을 발생하는 것을 이용하여 Thomas의 방법(1992)을 사용하여 형광광도계로 측정하였다. 혈장 5 µl에 50 mM phosphate (pH 7.4) buffer 200 µl를 가하고 여기에 25 µM DCFDA를 50 µl 가했을 때 생성되는 형광의 변화를 excitation 485 nm, emission 530 nm에서 30분간 측정하였다. 생성된 총 유리기 농도는 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Total free radical (Fluorescence/min/mg protein)} = \frac{\text{Fluorescence 분 당 변화량}}{\text{시료 중 단백질 함량}}$$

혈장의 hydroxyl radical 함량은 Barry & John의 방법(1981)으로 측정하였다. Hydroxyl radical 함량 측정을

위해 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.4) 33.3 µl에 10 mM NaNO₂ 33.3 µl, 7 mM deoxyribose 33.3 µl, 5 mM ferrous ammonium sulfate 33.3 µl, 0.54 M NaCl 33.3 µl, 증류수 132 µl에 혈장 34.8 µl 첨가하여 37℃에서 15분간 배양하였다. 여기에 8.1% SDS 75 µl, 20% acetic acid 500 µl, 증류수 25 µl, 1.2% TBA 333 µl를 넣어 교반한 뒤, 30분간 끓이다가 실온의 온도까지 식힌 후, 3000 rpm에서 5분간 원심분리하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 tetra ethoxy propane (TEP)을 사용하였다.

3) GSH, GSSG 측정

혈장 100 µl에 25% HPO₃를 25 µl 첨가하여 4℃, 12000 rpm에서 10분간 원심분리한 상등액을 시료로 하여 Gaitonide (1967)의 방법으로 측정하였다.

(1) GSH 측정

원심분리된 상등액 10 µl에 1 mM EDTA를 포함하는 pH 7.4 50 mM phosphate buffer 200 µl, o-phthalaldehyde 10 µl를 가하고 15분간 격렬히 교반한 후 fluorescence microplate reader FL500을 사용하여 형광도를 excitation 345 nm, emission 425 nm에서 측정하였다.

(2) GSSG 측정

원심분리된 상등액 25 µl에 0.04 M N-ethylmaleimide 10 µl를 첨가하여 20분간 방치하였다. 여기에 phosphate buffer 대신 0.5 N NaOH 175 µl를 넣는다. 이렇게 혼합한 용액을 200 µl 취하여 96 well plate에 넣고 o-phthalaldehyde 10 µl를 가하여 15분간 격렬히 교반한 뒤 fluorescence microplate reader FL500을 사용하여 형광도를 excitation 345 nm, emission 425 nm에서 측정하였다.

4) TBARS 측정

Punchard & Kelly(2000)의 방법으로 측정하였다. 즉, 혈액 중 TBA와 반응하는 물질을 형광분광계로 excitation 515 nm, emission 553 nm에서 측정하였다. Standard는 반응 상황에서 MDA와 equimolar 양을 내는 0.125 µM tetraethoxy propane (TEP)으로부터 준비하였다.

4. 통계처리

조사대상자들의 일반적인 특성은 빈도와 백분율로 나타내었으며, 김치 섭취량 및 혈액성분 분석치는 평균과 표준편차로 나타내었으며, 김치 섭취량에 따른 변인과의 관계는 Pearson's correlation 및 Student's t-test로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자들의 일반적인 특성

조사대상자들의 평균나이는 20대 남성은 23.52 ± 0.82세, 여성은 20.85 ± 1.44세이었으며, 노인층 남성의 평균나이는 70.63 ± 4.80세, 여성은 70.20 ± 4.82세이었다. 조사대상자들의 용돈은 50만원 이하가 20대 96.8%, 노인층 93%로 나타나 대다수를 차지하였으며, 가족 수는 20대는 4명(35.5%), 5명(39.8%)이라고 응답한 비율이 93.6%로 가족 수가 5명 이하인 경우가 대부분이었으며, 노인층의 경우 3명 이하라고 응답한 비율이 88.8%로 나타나 대다수의 노인들은 자손들과 같이 살지 않고 부부중심의 독립적인 생활을 하는 것으로 나타났다(Table 1).

2. 김치 섭취량

정량적 식품섭취 빈도조사로 조사대상자들의 김치 섭취량을 조사한 결과는 Table 2에 나타내었다. 조사대상자들 전체 평균 김치 섭취량은 115.8 ± 91.7 g이었으며, 20대와 노인층의 평균 김치 섭취량은 각각 106.1 ± 80.6 g 및 125.5 ± 102.9 g로 나타나 20대와 65세 이상 노인층 모두 한국인 1일 평균 김치 섭취량인 100~150 g 정도(Jun 1994)를 섭취하는 것으로 조사되었다. 그러나 본 연구에 참여한 20대의 평균 김치 섭취량은 노인층에 비해 유의적으로 낮아(p < 0.05) 젊은층의 김치 섭취량이 줄어들고 있다는 보고와 일치하였다(Kim 등 2000).

김치 섭취량을 성별에 따라 살펴본 결과 남자 노인은 133.4 ± 106.9 g, 여자 노인은 117.6 ± 98.8 g을 섭취하여 남

성의 김치 섭취량이 다소 많은 것으로 나타났으나 유의차는 없었으며, 20대 남성의 경우 김치 섭취량이 123.1 ± 90.4 g으로 여성의 섭취량(89.1 ± 70.3 g)에 비해 유의적으로 많이 섭취하는 것으로 나타났다(p < 0.05). 남성의 김치 섭취량이 여성의 섭취량에 비해 많은 것은 김치가 술안주로도 이용되기 때문이라고 보고된 바 있다(Kwon 1999).

3. 가령에 따른 노화특성의 변화

1) 총유리기 및 OH radical 농도의 변화

20대와 노인층의 혈중 총유리기와 OH radical의 농도를 측정된 결과 총유리기 농도는 20대가 0.52 ± 0.17 fluorescence/mg protein/min, 노인층이 0.66 ± 0.24 fluorescence/mg protein/min으로 20대에서 유의적으로 낮았다(p < 0.05). 유리기 중 생체 내 유해성이 가장 큰 것으로 알려진 hydroxyl radical 농도는 20대가 0.12 ± 0.07 nm/mg

Table 2. Kimchi intake of subjects

Age group	Gender	Kimchi intake (g/day)
Twenties ¹⁾	Male (n = 32)	123.1 ± 90.4 ^a
	Female (n = 61)	89.1 ± 70.3 ^b
	Subtotal (n = 93)	106.1 ± 80.6 ^A
Over sixty-five ²⁾	Male (n = 55)	133.4 ± 106.9
	Female (n = 88)	117.6 ± 98.8
	Subtotal (n = 143)	125.5 ± 102.9 ^B
Total (n = 236)		115.8 ± 91.7

Data are mean ± SD.

a, b: Data in column at the same age were significantly different by Student's t-test at p < 0.05.

A, B: Data in column were significantly different by Student's t-test at p < 0.05.

1), 2): See the legend of Table 1.

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Group	Twenties ¹⁾			Over sixty-five ²⁾			N (%)
		Male (n = 32)	Female (n = 61)	Total (n = 93)	Male (n = 55)	Female (n = 88)	Total (n = 143)	
Age (yr)	20 - 25	31 (96.9)	60 (98.4)	91 (97.8)	-	-	-	
	26 -	1 (3.1)	1 (1.6)	2 (2.2)	-	-	-	
	65 - 70	-	-	-	19 (34.5)	35 (39.8)	54 (37.8)	
	71 - 75	-	-	-	19 (34.5)	32 (36.3)	51 (35.7)	
	76 - 80	-	-	-	12 (21.8)	14 (15.9)	26 (18.2)	
	81 -	-	-	-	5 (9.2)	7 (8.0)	12 (8.3)	
Income (10,000 won/month)	< 50	29 (90.6)	61 (100.0)	90 (96.8)	55 (100.0)	78 (88.6)	133 (93.0)	
	50 - 100	3 (9.4)	0 (0.0)	3 (3.2)	0 (0.0)	10 (11.4)	10 (7.0)	
Family size (N)	< 3	6 (18.8)	11 (18.0)	17 (18.3)	45 (81.8)	82 (93.2)	127 (88.8)	
	4	10 (31.2)	23 (37.7)	33 (35.5)	0 (0.0)	6 (6.8)	6 (4.2)	
	5	14 (43.7)	23 (37.7)	37 (39.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
	6 ≥	2 (6.3)	4 (6.6)	6 (6.4)	10 (18.2)	0 (0.0)	10 (7.0)	

1) Twenties are age group from 20 to 29 years old (n = 93)

2) Age for elderly group is over 65 years old (n = 143)

protein으로 노인층의 0.16 ± 0.12 nm/mg protein에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$, Table 3). 총유리기 농도를 성별에 따라 비교한 결과, 20대 남성(0.52 ± 0.15 fluorescence/mg protein/min)과 여성(0.53 ± 0.18 fluorescence/mg protein/min), 그리고 노인 남성(0.70 ± 0.25 fluorescence/mg protein/min)과 노인 여성(0.64 ± 0.23 fluorescence/mg protein/min) 간 유의적인 차이는 없었다. OH radical 농도를 성별에 따라 비교해 보았을 때 20대 남성(0.10 ± 0.06 nM/mg protein)과 여성(0.13 ± 0.07 nM/mg protein) 간에는 차이가 없었으나 남자노인의 OH radical 농도(0.12 ± 0.09 nM/mg protein)는 보다 여자 노인(0.19 ± 0.12 nM/mg protein)이 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 본 연구 결과 사람은 나이가 들어감에 따라 자연적인 현상으로 유리기 생성이 증가하는 것을 알 수 있었다. Nohl 등(1979)은 3개월령 흰쥐에 비해 23개월령의 흰쥐에서 mitochondria 획분 중 superoxide radical 발생량이 증가되었음을 보고하여, 가령에 따라 유리기

발생량이 증가하였다고 보고함으로써 동물에서 가령에 따른 유리기 생성 증가현상을 확인하였다.

체내 총유리기 농도 및 OH radical과 김치 섭취량과의 상관성을 살펴보았을 때(Table 4) 노인층의 총유리기 농도는 김치 섭취량과 음의 상관관계를 보였고, 본 연구에 참가한 모든 피험자의 총유리기 농도는 김치 섭취량과 유의적인 음의 상관관계를 보여($r = -0.1862$, $p < 0.05$), 김치 섭취는 유리의 생성을 유의적으로 억제시킬 수 있는 것으로 나타났다. OH radical 농도는 20대에 있어서는 김치 섭취량과 무관하였으나 노인층은 김치 섭취량과 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났고, 피험자 전체와 김치 섭취량과는 음의 상관관계를 나타내었으나 통계적으로 유의하지 않았다.

2) GSH, GSSG 농도 및 GSH/GSSG의 변화

혈액에서 유리를 제거하는 주요한 항산화 물질인 GSH 농도는 20대가 112.68 ± 16.17 fluorescence intensity로 노인층의 109.28 ± 21.62 fluorescence intensity보다 다소 높았으나 유의차는 없었다(Table 5). 그러나 GSSG 농도는 20대는 93.67 ± 10.65 fluorescence intensity인데 비해 노인층은 142.95 ± 25.16 fluorescence intensity

Table 3. Concentrations of total free radicals and OH radicals in plasma of subjects

Age group	Gender	Total free radical (fluorescence/mg protein/min)	OH radical (nM/mg protein)
Twenties ¹⁾	Male (n = 32)	0.52 ± 0.15	0.10 ± 0.06
	Female (n = 61)	0.53 ± 0.18	0.13 ± 0.07
	Subtotal (n = 93)	0.52 ± 0.17^A	0.12 ± 0.07^A
Over sixty-five ²⁾	Male (n = 55)	0.70 ± 0.25	0.12 ± 0.09^a
	Female (n = 88)	0.64 ± 0.23	0.19 ± 0.12^b
	Subtotal (n = 143)	0.66 ± 0.24^B	0.16 ± 0.12^B

Data are mean \pm SD.
 a, b: Data in column at the same age were significantly different analyzed by t-test at $p < 0.05$.
 A, B: Data in column were significantly different analyzed by t-test at $p < 0.05$.
 1), 2): See the legend of Table 1.

Table 4. Correlation coefficient between blood variables and kimchi intake of subjects

Variables	Kimchi intake		
	Twenties ¹⁾	Over sixty-five ²⁾	Total
Total free radical	0.1620	-0.2414	-0.1862*
OH radical	0.0035	-0.1576	-0.1319
GSH	0.0409	0.1872	0.1407
GSSG	-0.0284	0.0362	-0.1255
GSH/GSSG	0.0174	0.1943*	0.1861*
TBARS	0.0277	-0.0019	-0.0311

GSH: reduced glutathione.
 GSSG: oxidized glutathione.
 1), 2): See the legend of Table 1.
 *: $p < 0.05$

Table 5. Concentrations of GSH and GSSG, and its ratio in plasma of subjects

Variables	Twenties ¹⁾			Over sixty-five ²⁾		
	Male (n = 32)	Female (n = 61)	Total (n = 93)	Male (n = 55)	Female (n = 88)	Total (n = 143)
GSH (Fluorescence intensity)	112.06 ± 18.05	113.02 ± 15.34	112.68 ± 16.17	107.02 ± 19.74	110.81 ± 22.83	109.28 ± 21.62
GSSG (Fluorescence intensity)	97.83 ± 7.60^a	91.39 ± 11.46^b	93.67 ± 10.65^A	141.94 ± 24.96	143.63 ± 25.48	142.95 ± 25.16^B
GSH/GSSG	1.15 ± 0.19	1.26 ± 0.28	1.22 ± 0.26^A	0.78 ± 0.24	0.79 ± 0.20	0.79 ± 0.22^B

Data are mean \pm SD.
 GSH: reduced glutathione
 GSSG: oxidized glutathione
 a, b: Data in row at the same age were significantly different by Student's t-test at $p < 0.05$.
 A, B: Data expressed as total in sub groups were significantly by Student's t-test at $p < 0.05$.
 1), 2): See the legend of Table 1

로 노인층의 GSSG 수준이 젊은층에 비해 약 53% 높아 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 생체 내에서 GSH는 GSH-px의 기질로 사용되어 체내 다른 물질의 산화를 막기 위해 자신이 산화되어 GSSG로 전환되며, 이 GSSG는 GSH-reductase에 의해 다시 GSH로 환원된다. 본 연구에서 GSH-reductase의 활성을 직접 측정하지는 않았으나 GSSG 농도가 노인층에서 유의적으로 높은 것은 GSH-reductase의 활성이 가령에 따라 저하되었기 때문인 것으로 여겨진다.

성별에 따른 GSH 농도를 비교해 보았을 때 20대와 노인층 모두 남녀간에 유의적인 차이가 없었으나 GSSG 농도는 20대 남성(97.83 ± 7.60 fluorescence intensity)이 여성(91.39 ± 11.46 fluorescence intensity)에 비해 유의적으로 높았고($p < 0.05$) 노인층에서는 성별에 의한 차이가 없었다. 이들 결과로부터 GSH/GSSG를 계산하였을 때 GSH는 20대와 노인층에 차이가 없었으나 GSSG 농도가 노인층에서 유의적으로 증가됨으로써 GSH/GSSG의 비율은 20대(1.22 ± 0.26)보다 노인층(0.79 ± 0.22)에서 유의적으로 감소하는 결과를 낳았다($p < 0.05$). 이러한 사실은 지질과산화에 의해 조직이 손상되는 것을 억제하는 항산화 능력이 노인층에서 감소되었기 때문으로 생각된다. 노화에 의해 조직 손상이 증가하는 이유는 우선 가령에 따라 유리기 생성량이 증가하고 이로 인한 산화적 손상은 증가하는데 이에 대해 방어하는 항산화 능력이 감소하기 때문으로 본 연구에서도 동일한 결과가 관찰되었다.

GSH 및 GSSG 농도와 김치 섭취량과의 상관관계를 살펴본 결과(Table 4) GSH 농도는 양의 상관관계를 보여 김치 섭취가 GSH 농도를 상승시키는 것으로 나타났으며, GSSG 농도는 20대에서 음의 상관관계를, 노인층에서는 양의 상관관계를 보였으나, 피험자 전체를 대상으로 하였을 때는 음의 상관관계를 보여 김치를 많이 섭취하면 GSH의 산화를 억제할 수 있는 것으로 나타났으나 유의성은 없었다. 피험자 전체를 대상으로 GSH/GSSG와 김치 섭취량과의 관계를 살펴본 결과 유의적인 양의 상관관계($r = 0.1861$, $p < 0.05$)가 있는 것으로 나타났으며, 특히 노인층에 이러한 현상이 관찰되어($r = 0.1943$, $p < 0.05$) 노인은 체내 항산화 물질을 보호하기 위하여 김치의 섭취를 증가시키는 것이 좋을 것으로 생각된다.

3) TBARS 농도의 변화

TBARS 농도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 20대(2.70 ± 1.05 nM/mg protein)에 비해 노인층(3.40 ± 1.93 nM/mg

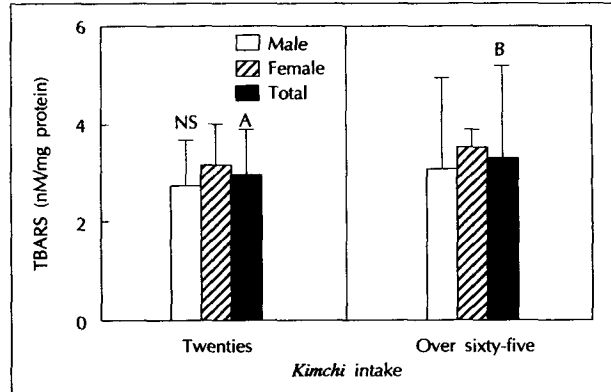


Fig. 1. Concentrations of TBARS in plasma of subjects¹⁾. NS: Not significant, A, B: Data expressed as total in sub groups were significantly different by Student's t-test at $p < 0.05$, 1) See the legend of Table 1.

protein)에서 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 이와 같이 노인층의 TBARS 농도가 높은 이유는 20대보다 노인층의 혈중 유리기 농도가 높아 항산화계에 의한 생체방어를 더 필요로 했음에도 불구하고, 20대에 비해 GSH/GSSG 비가 저하되어 결국 유리기에 의한 생체손상이 더 컸기 때문인 것으로 여겨진다. Hagihara 등(1984)은 40세 미만과 40세 이상의 사람을 대상으로 혈장 과산화지질 농도를 비교한 연구에서 혈장 과산화지질은 40세 미만에서 유의적으로 낮았다고 보고하였으며, Knight 등(1987)도 46~65세 군에 비해 그 이하 연령군이 혈장 과산화지질 농도가 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 그러나 Choi 등(1995)의 연구에서는 연령에 따른 과산화지질의 농도 차이가 보이지 않았다고 보고하였다. Floyd 등(1992)도 게르빌루스 쥐와 사람의 뇌에서 노화에 따라 유리기에 의한 산화적 손상이 증가되었다고 하였으며 본 실험결과와 같은 결과이다. 김치 섭취량과 TBARS 농도와의 상관관계를 살펴본 결과(Table 4) 음의 상관성이 있는 것으로 나타났으나 유의적이지 않았다. 본 연구결과 김치의 섭취는 체내 지질과산화물의 생성을 억제하는 효과가 있는 것으로 생각되나 이에 관한 연구가 더 지속되어야 할 것으로 생각된다.

4. 김치 섭취량에 따른 노화특성의 변화

1) 총유리기 및 OH radical 농도의 변화

김치 섭취량이 혈중 유리기 생성에 미치는 영향을 살펴본 결과(Fig. 2), 20대에서는 김치 섭취량에 따른 유리기 농도는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 노인층에서는 총유리기 농도가 김치를 평균이상 섭취한 군에서 0.61 ± 0.21 fluorescence/mg protein/min으로 평균미만 섭취군의

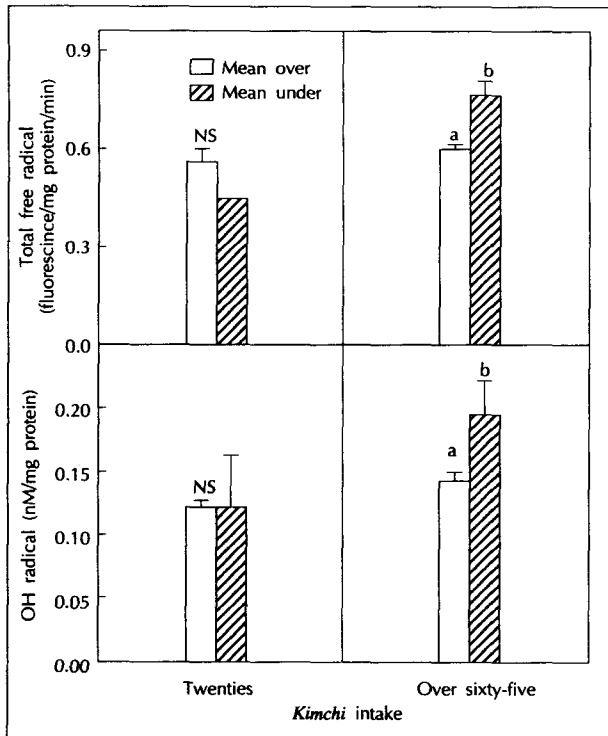


Fig. 2. Comparison of total free radicals and OH radicals in plasma of subjects¹⁾ according to mean intake of kimchi²⁾.
 a, b: Data at the same age were significantly different by Student's t-test at $p < 0.05$, 1) See the legend of Table 1, 2) Kimchi intake group was divided into two sub groups according to the average amount of kimchi intake that is 115.8 ± 91.7 g.

0.77 ± 0.24 fluorescence/mg protein/min에 비해 유의적으로 낮아 김치를 많이 섭취할수록 총유리기 생성이 억제됨을 알 수 있었다($p < 0.05$). 이러한 사실은 OH radical의 경우도 김치 평균이상 섭취군(0.14 ± 0.01 nM/mg protein)이 평균미만 섭취군(0.19 ± 0.11 nM/mg protein)에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내어 확인되었다($p < 0.05$). 즉, 노인층의 경우 평균이상 김치 섭취군에서 총유리기와 OH radical 수준이 모두 유의적으로 감소하여 김치의 유리기 생성 억제 효과가 뚜렷이 나타났다. Ryu 등(1997)은 갓김치 추출물은 유리기에 의해 발생된 피부세포의 독성을 완화하는 효과가 있다고 하였으며, Lee (2000)는 사람의 혈액으로부터 분리한 LDL에 김치의 methanol 추출물에서 분리·동정한 활성물질과 BHT, 김치의 dichloromethane (CH_2Cl_2) 분획을 각각 농도별로 첨가하여 유리기 소거능을 살펴본 결과 Vitamin C에 비해 3.4배나 높은 소거능을 보였다고 보고하였다. 본 실험결과 김치섭취는 유리기 생성을 억제하는 것으로 나타났으며, 이것은 김치중의 활성물질이 체내에서 생성되는 유리기를 소거하는 능력이 있기 때문으로 생각된다.

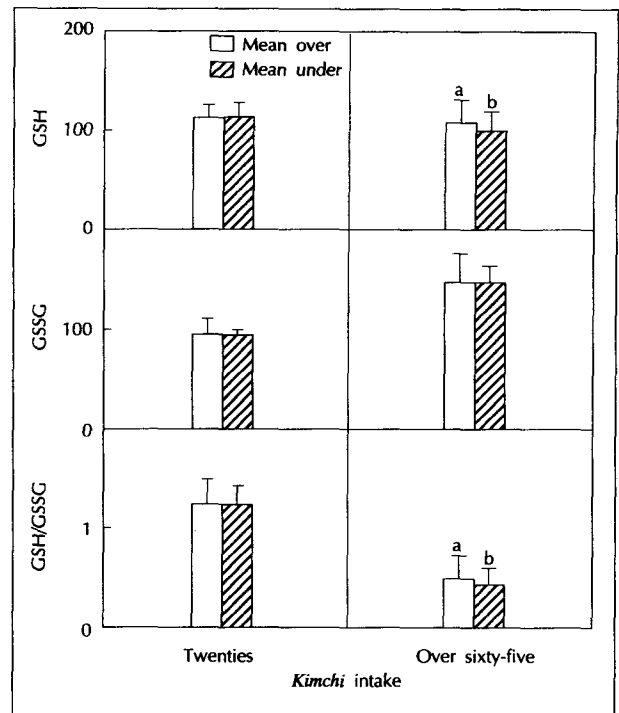


Fig. 3. Comparison of GSH and GSSG concentrations, and its ratio in plasma of subjects¹⁾ according to mean intake of kimchi²⁾.
 a, b: Data at the same age were significantly different by Student's t-test at $p < 0.05$, 1) See the legend of Table 1, 2) See the legend of Fig. 2.

2) GSH, GSSG 농도 및 GSH/GSSG의 변화

20대에서 김치 섭취량에 따른 혈중 GSH와 GSSG 농도 및 GSH/GSSG의 비율은 유의적인 차이가 나지 않았으나 (Fig. 3), 노인층의 경우 평균이상 김치 섭취군에서 항산화물질인 GSH 농도가 112.57 ± 21.87 fluorescence intensity로 평균미만 섭취군의 104.03 ± 20.37 fluorescence intensity에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 반면, GSSG 농도는 평균이상 김치 섭취군에서 142.69 ± 29.17 fluorescence intensity, 평균미만 섭취군에서는 143.36 ± 17.25 fluorescence intensity로 나타나 평균이상 김치 섭취군의 농도가 다소 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. 이상의 결과 혈 중 GSSG의 농도는 김치 섭취량에 따른 차이가 없었으나 GSH의 농도가 김치 평균이상 섭취군에서 유의적으로 높았기 때문에 GSH/GSSG의 비율은 평균이상 섭취군(0.82 ± 0.24)이 평균미만 섭취군(0.73 ± 0.16)보다 유의적으로 높아 김치섭취 시 체내 항산화계 활성을 증가시키는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Farooqui 등(1987)은 흰쥐의 간, 신장, 심장, 폐, 뇌 및 비장의 균질액의 지질 과산화물의 농도가 나이에 따라 증가하며, 이는 GSH의 양이 감소하기 때문이라고 보고하였고, Yang 등(1992)은

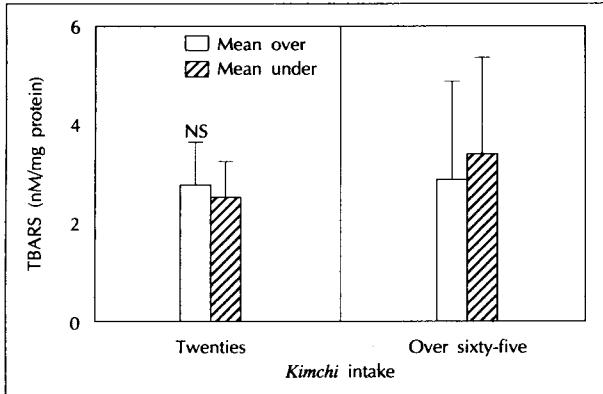


Fig. 4. Comparison of TBARS in plasma of subjects¹⁾ according to mean intake of *kimchi*²⁾.

NS: Not significant, 1) See the legend of Table 1, 2) See the legend of Fig. 2.

GSH-px의 활성 및 GSH/GSSG가 과산화적 손상억제에 중요한 역할을 한다고 보고했다.

본 연구 결과, 20대에서는 김치 섭취에 따라 유리기 생성량의 변화나 GSH/GSSG의 비율에 차이가 없었으나, 노인층에서 김치를 하루 112 g 이상 섭취할 때 유리기 생성량은 감소하고, 항산화제인 GSH/GSSG의 비율은 유의적으로 증가한다는 사실을 살펴보았을 때 20대는 인체의 항산화 체계가 활발히 작동하기 때문에 유리기를 충분히 제거할 수 있어 김치 섭취에 따른 효과가 보이지 않았으나, 노인층에서는 체내에서 발생된 유리기에 대항하기 위한 인체 자체의 항산화제 기능이 쇠퇴하므로 항산화 식품인 김치를 섭취 시 유리기를 제거하는데 도움이 되었을 뿐만 아니라 체내 항산화제 기능도 향상시킨 것으로 생각된다. 따라서 체내 항산화제가 약화되는 노인기에 충분한 양의 김치를 섭취하는 것은 노화에 따른 유리기 생성량을 줄이고 항산화제의 활성을 증가시켜 노화를 억제할 것으로 생각된다.

3) TBARS 농도의 변화

20대와 노인층 모두 김치 섭취량에 따른 TBARS 농도 차이는 유의적이지 않았다(Fig. 4). 그러나 Yu 등(1992)의 보고에 의하면 유리기에 의해 미토콘드리아의 전자과정은 극단적으로 저해되며, 이런 저해는 지질산화를 측정하는 방법인 산소소비(oxygen consumption), Δ -hydroxynonenal의 축적, TBARS 농도 등으로 지질과산화 정도가 관찰되기 전에 발생된다고 하였다. 본 분석결과 비록 TBARS 농도와 김치 섭취량 간에 유의적인 차이는 없었으나 김치 섭취량이 증가함에 따라 총유리기 및 OH radical의 농도가 유의적으로 억제된 결과를 고려해 보면 평균이상 김치 섭취군에서 TBARS 생성에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

요약 및 결론

김치섭취가 노화 억제에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 경남지역에 거주하는 20대(n = 93)와 65세 이상 노인층(n = 143)을 대상으로 김치 섭취량을 조사하고, 이들의 혈액을 채취하여 노화지표로 사용되는 총유리기, OH radical, GSH, GSSG, GSH/GSSG 그리고 TBARS를 측정하였다. 이들 노화관련 지표를 가령 및 김치 섭취량에 따라 살펴보았으며 그 결과는 다음과 같다. 전체 조사대상자의 평균 김치 섭취량은 115.8 ± 91.7 g이었으며, 20대의 김치 섭취량은 106.1 ± 80.6 g으로 125.5 ± 102.9 g을 섭취하는 노인층에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 노화에 따른 특성을 20대와 노인층간 비교한 결과, 노인층의 총유리기 및 OH radical은 20대보다 27%, 33% 높아, 가령에 따라 유리기 생성량이 증가하였으며($p < 0.05$), GSH는 20대와 노인층 간 유의차는 없었으나, GSSG는 노인층에서 53% 증가하였고($p < 0.05$), GSH/GSSG는 노인층에서 35% 저하되었다($p < 0.05$). TBARS 수준은 노인층이 20대보다 26% 높았다($p < 0.05$). 한편, 총유리기, OH radical, GSH, GSSG 농도와 GSH/GSSG를 전체 조사대상자의 평균 김치 섭취량인 112 g을 기준으로 평균이상 김치 섭취군과 평균미만 섭취군으로 나누어 비교한 결과 20대에서는 유의차가 없었으나, 노인층에서는 평균이상 김치 섭취군에서 총유리기 및 OH radical이 각각 21%와 26% 낮았으며($p < 0.05$), 항산화 물질인 GSH와 GSH/GSSG는 8%와 12% 증가되고($p < 0.05$) GSSG 농도에는 차이가 없어 김치섭취가 인체의 노화를 억제할 수 있을 것으로 생각된다. 김치 섭취량은 총유리기 발생량과는 음의 상관관계($r = -0.1862$)가, GSH/GSSG와는 양의 상관관계($r = 0.1861$)가 있었다($p < 0.05$). 이상의 결과 인체가 노화함에 따라 혈중 지질농도와 TBARS, 유리기 농도는 증가하였고 이에 방어작용을 하는 항산화제인 GSH/GSSG는 감소하여 산화에 의한 조직 손상을 억제하지 못하므로 노화 현상이 나타나는 것으로 여겨지며, 20대는 김치섭취에 따른 영향이 적었으나 노인층에서는 평균이상 김치 섭취군에서 유리기 생성은 억제되었고, 이에 대항하는 항산화제는 향상되므로 산화에 의한 조직의 손상이 억제되어 결국 김치섭취는 인체의 노화를 억제할 것으로 기대된다.

■ 감사의 글

본 연구는 교육부의 향토산업기반 거점 전문대학 육성 연구비의 일부로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- 김태현(1997) : 노년학, 교문사, 서울
- 이수자 · 이혜성(1997) : 당뇨병의 유행기간에 따른 지질대사와 지질 과산화 및 항산화계의 경시적 변화, pp.63-64, 한국영양학회 추계학술대회 초록
- 전희정(1994) : 김치의 영양과 효능, 한국 김치의 세계화를 위한 과제의 방향
- An BJ, Bae MJ, Choi C (1996) : Originals inhibitory effect of flavan-3-ols Isolated from Oolong tea on xanthine oxidase. *Korean J Food Sci Technol* 28(6): 1084-1088
- Barry H, John MC (1981) : Formation of a thiobarbituric acid-reactive substance from deoxyribose in the presence of iron salts. *FEBS LETTERS* 128(2): 347-352
- Bidlack WR, Tappel AL (1973) : Damage to microsomal membrane by lipid peroxidation. *Lipids* 8(4): 177-178
- Choi M, Yu BP (1994) : Studies on responsible factor for microsomal membrane rigidification by liposomal manipulations. *Kor J Gerontol* 4(1): 1-7
- Choi YS, Lee OJ, Cho SH, Park WH, Im JG, Kwon SJ (1995) : Serum lipid and lipoprotein levels and their related factors in middle-aged men in Taegu. *Korean J Nutrition* 28(8): 771-781
- Cotran RS, Kurma V, Collin T (1999) : Cellular pathology 1. In Robbins Pathologic Basis of Disease, 6th ed, pp.1-29, W. B. Saunders Company, Philadelphia
- Farooqui MYH, Day WW, Zamorano DM (1987) : Glutathione and lipid peroxidation in the aging rat. *Comp Biochem Physiol* 88(1): 177-180
- Floyd RA, Carney JM (1992) : Free radical damage to protein and DNA - Mechanisms involved and relevant observations on brain undergoing oxidative stress. *Ann Neurol* 32: S22-S27
- Frankel EN, Kanner J, German JB, Parks E, Kinsella JE (1993) : Inhibition of oxidation human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet* 341(20): 454-457
- Friend SH, Dryja TP, Weinberg RH (1988) : Oncogenes and tumor-suppressing genes. *N Engl J Med* 318(10): 618-622
- Gaitonide MK (1967) : A spectrophotometric method for the direct determination of cystein in the presence of other naturally occurring amino acids. *Biochem J* 104: 627
- Hagihara M, Nishigaki I, Maseki M, Yagi K (1984) : Age-dependent changes in lipid peroxide levels in the lipoprotein fractions of human plasma. *J Gerontol* 39(3): 269-272
- Halliwell B, Chirico S (1993) : Lipid peroxidation - its mechanism, measurement and significance. *Am J Clin Nutr* 57(5): 715S-724S
- Harman D (1981) : The aging process. *Proc Natl Acad Sci* 78(11): 7124-7128
- Harman D (1984) : Free radical theory of aging -The free radical disease -. *Aging* 27(2): 378-390
- Jacob HS, Ctaddock PR, Hammerschmidt DE, Moldow CF (1980) : Complement-induced granulocyte aggregation: an unsuspected mechanism of disease. *N Engl J Med* 302(14): 789-794
- Kay MMB, Makinodan T (1976) : Immunobiology of aging: evaluation of current status. *Clin Immunol Immunopathol* 6(3): 394-413
- Kim HG, Cheigh HS (1992) : Effect of lipoxygenase on oxidative stability of β -carotene and α -tocopherol. *Korean J Food Sci Technol* 24(1): 37-41
- Kim JH, Park WP, Kim JS, Park JH, Ryu JD, Lee HG, Song YO (2000) : A survey on the actual state in kimchi in Kyung-nam (I) - The study of preference and intake amount for kimchi. *Korean J Dietary Culture* 15(2): 139-145
- Knight JA, Smith ES, Kinder VE, Anstall HB (1987) : Reference intervals for plasma lipoperoxides- age, sex- and specimen-related variations. *Clin Chem* 33(12): 2289-2291
- Korea National Statistical Office (2000) : Census population
- Kwon MJ, Chun JH, Song YS, Song YO (1999) : Daily kimchi consumption and its hypolipidemic effect in middle-aged men. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(5): 1144-1150
- Lee YM (2000) : Identification of active principle responsible for antiatherogenesis in methanol extract of Baechu kimchi, M. S. Thesis, Pusan National Univ., Pusan, Korea
- Lee YO, Cheigh HS (1995) : Antioxidative effect of kimchi on the lipid oxidation of cooked meat. *J Korean Soc Food Nutr* 24(6): 1005-1009
- Nohl H, Hegner D, Summer K (1979) : Responses of mitochondrial superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities to aging. *Mech Aging Dev* 11(3): 145-151
- Punchard NA, Kelly FJ (2000) : Free radicals, pp.520-528, IRL press. New York, Tokyo
- Ryu SH, Jeon YS, Kwon MJ, Moon JW, Lee YS, Moon GS (1997) : Effect of kimchi extracts to reactive oxygen species in skin cell cytotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(5): 814-821
- Sagai M, Ichinose T (1980) : Age-related changes in lipid peroxidation as measured by ethane, ethylene, butane and pentane in respired gases by rats. *Life Sci* 27(9): 731-738
- Shin BC, Huggins JW, Carraway KL (1972) : Affects of pH, concentration and aging on the malondialdehyde reaction with proteins. *Lipids* 7(4): 229-233
- Suh HJ, Chung SH, Kim YS, Lee SD (1997) : Free radical scavenging activities and inhibitory on xanthin oxidase of Buchweat (Suwon No. 5). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(3): 411-416
- Thomas P, Herberl DG, James PK (1992) : Production of reactive oxygen by mitochondria from normoxic and hypoxic rat heart tissue. *Free Radical Biol Med* 13: 289
- Vergoeson AT (1997) : Physiological effects of dietary linoleic acid. *Nutr Rev* 35: 1
- Yang JS (1989) : A study on the oxygen free radical related substances in senescence accelerated mouse, MD Thesis, Seoul National Univ., Seoul, Korea
- Yoshikawa M, Hirai S (1967) : Lipid peroxide formation in the brain of aging rats. *J Gerontol* 22(2): 162-165
- Yu BP, Suescun E, Yang SY (1992) : Effect of age-related lipid peroxidation on membrane fluidity and phospholipase A₂: Modulation by dietary restriction. *Mech Aging Dev* 65(1): 17-33