

포도씨의 항산화능에 대한 원적외선 처리의 효과

정석문 · 김소영 · 하정옥 · 이승철[†]

경남대학교 식품생명공학부

Effect of Far-Infrared Irradiation on the Antioxidant Activity of Extracts from Grape Seed

Seok-Moon Jeong, So-Young Kim, Jung-Uk Ha and Seung-Cheol Lee[†]

Division of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

The effect of far-infrared (FIR) irradiation on the antioxidant activity of extracts from grape seed (GS) was evaluated. GS (5 g) were placed in Pyrex petri dishes (8.0 cm diameter) and FIR irradiated at 150°C for 10, 20, 30, 40 or 60 min with a FIR heater. After FIR irradiation, water extract (WE) (1.0 g/10 mL), methanol extract (ME) (1.0 g/10 mL) and 70% ethanol extract (EE) (1.0 g/10 mL) of GS were prepared, and total phenol contents (TPC) and radical scavenging activity (RSA) of the extracts were determined. The antioxidant activities of GS extracts increased as FIR irradiation. For example, FIR irradiation of GS at 150°C for 10 min increased the TPC and RSA of WE from 0.95 mM to 1.84 mM and 33.87% to 58.55%, respectively, compared to non-irradiated control. In the case of ME at the same conditions of FIR irradiation (150°C for 10 min), the TPC and RSA also increased from 3.4 mM to 4.52 mM and 76.55% to 89.41%, respectively. The TPC and RSA of EE increased from 2.65 mM to 4.82 mM and 66.89% to 84.62%, too. According to the GC/MS analysis, several low-molecular-weight phenolic compounds such as vanillic acid and 3,4-hydroxy benzoic acid were newly formed in the EE after FIR irradiated at 150°C for 10 min. There were slight differences in the kinds of phenolic compounds between EE of non irradiated control and FIR irradiated samples. These results indicated that FIR irradiation onto GS could enhance antioxidant activities of its extracts with increasing the amount of phenolic compounds.

Key words: grape seed, far-infrared, total phenol content, radical scavenging activity

서론

포도는 갈대나무목(*Rhamnales*) 포도과(*Vitaceae*)에 속하며(1), 포도과에는 11속, 700여종이 있다. 포도는 주로 식용으로 이용되며 음료, 주류가공 등에도 이용되고 있는데, 이 과정에서 배출되는 포도씨의 중량은 포도 중량의 3~5%를 차지하고 있으며(2), 이를 다른 씨와 같이 약용자원에 대한 이용방안이 연구되고 있다. 식품가공공정에서 포도 과육 제조공정의 부산물로 얻어지는 포도씨에는 (+)-catechins, (-)-epicatechin, (-)-epicatechin-3-o-gallate 등의 monomer 페놀 화합물(3), polyhydroxy flavan-3-ol 단위의 oligomer, 그리고 polymer인 proanthocyanidin이라고 하는 폴리페놀 화합물이 함유되어 있는데(4), 이들 폴리페놀 화합물의 항산화 활성과 라디칼 소거능이 보고되었다(5,6). 포도씨에 함유한 유용물질들은 동맥경화 억제, 노인성 치매, 당뇨병, 대장암예방 등에 효과가 있는 것으로 보고되었다(7,8).

한편, 항산화제는 식용 유지나 지방질 식품의 가공 저장

중에 산화로 인한 냄새, 풍미, 변화, 유지의 산패, 변색 등의 방지뿐만 아니라 생체 내에서 DNA, RNA, 단백질 지방질 등과 반응하여 각종 염증, 암, 생체내의 노화 등을 유발하는 superoxide anion radical, hydroxy radical, singlet oxygen 및 H₂O₂ 등의 활성 산소 생성을 방지할 목적으로 널리 이용되고 있다(9,10). 근래 다양한 제품에서 폭넓게 이용되고 있는 항산화제는 butylated hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene(BHT), tertiary butylhydroquinone(TBHQ) 등의 페놀계 인공 합성물질이다. 그러나 이들 합성 항산화물질은 독성(11,12) 및 발암성(13,14)이 지적되었으며, 이를 해결하기 위해 안전성과 관능상으로 문제가 되지 않는 식물 기원의 천연 항산화제의 개발이 광범위하게 시도되고 있다(15).

원적외선은 약 3.0~1,000 μm의 파장을 가지고 있으며, 가열과 비가열의 방법으로 이용된다. 가열의 용도로는 식품의 가열 건조, 식품의 자숙, 식품의 열탕, 식품의 배소, 식품의 유통, 식품 살균처리, 냉동식품의 해동, 난방 등이 있으며, 비가열 응용은 식품의 선도유지, 식품의 숙성, 식품의 풍미

[†]Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684. Fax: 82-55-249-2995

항상 등에 적용되고 있다. 원적외선은 생물적으로 활성이 있으며, 물질의 중심까지 고르게 열을 전달하는 특성이 있다 (16). Lee 등(17,18)은 원적외선 처리로 인하여 왕겨와 땅콩 껍질의 고분자 polyphenol들이 유리되어 항산화능이 증가되었다는 결과를 보고한 바 있다. 이에 본 연구에서는 원적외선 조사가 포도씨 추출물의 총 페놀함량, DPPH 라디칼 소거능 등의 항산화력 변화에 미치는 영향을 확인하고, 항산화성분의 존재를 확인함으로써 포도씨 추출물의 기능성 식품 소재로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

포도씨 및 시약

본 연구에서 사용한 포도씨는 (주)태평양 식품회사(경북, 대구)에서 포도(*Vitaceae vinifera*, Campbell early)를 가공한 후에 발생한 것을 구입하여 -70°C 에서 냉동 보관하면서 사용하였다. Tannic acid와 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 시약은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 그리고 potassium ferricyanide, ethanol, FeCl_3 은 모두 분석등급을 사용하였다.

원적외선 조사 및 추출물의 제조

포도씨 추출물은 Kim 등(19)의 방법을 따라 다음과 같이 제조하였다. 포도씨는 수세하여 표면에 부착되어 있는 당분과 다른 성분들을 제거한 후, 서늘한 곳에서 건조하였다. 포도씨 5.0 g을 유리 페트리 접시(ϕ 8.0 cm)에 놓고 원적외선 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 이용하여 150°C 에서 10, 20, 30, 40 그리고 50분 동안 각각 조사하였다. 원적외선 조사 후, 포도씨는 분쇄기(Mixer MC-811C, (주)노비타)로 분쇄하여 분말 상태로 제조하였다. 무처리구와 각각 원적외선 조사된 포도씨 분말 1.0 g을 10 mL의 증류수, 메탄올 그리고 70% 에탄올 용액으로 shaking incubator(상온, 100 rpm)에서 12시간 추출하였다. 각각의 추출물은 $1,000\times\text{g}$ 에서 15분 동안 원심분리한 후, Whatman No. 1 여과지에 여과하여 각각의 포도씨 추출물을 제조하였고, 본 실험에 있어서는 각각의 추출물을 50배 희석하여 사용하였다.

총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Gutfinger(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 각각의 포도씨 추출물 1.0 mL를 취하여 2%(W/V) Na_2CO_3 용액 1.0 mL를 가하여 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 30분간 상온에서 반응시켰다. 이 혼합물을 10분간 $13,400\times\text{g}$ 에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 mM tannic acid로 환산하였다.

라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(21)의 방법에 준하여 시료 0.1 mL에 4.1×10^{-5} M의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 0.9 mL를 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{전자 공여능} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 O.D}}{\text{무처리구의 O.D}}\right) \times 100$$

백분율로 나타내었다.

포도씨 추출물의 Gas chromatography/Mass spectrometry(GC/MS) 분석

GC/MS 분석에서는 포도씨 무처리구와 원적외선 처리구의 70% 에탄올 추출물을 이용하였다. 각각의 70% 에탄올 추출물을 에탄올(200 mg/mL)에 용해하였고, $13,400\times\text{g}$ 에서 5분간 원심분리하였다. 각각의 상정액에 4배량의 BSA [N,O-bis(trimethylsilyl)acetamide]를 첨가하여 항온수조(70°C)에서 15분 동안 유도체화 하였다(22). 포도씨 추출물 속의 성분들은 GC/MS(GC6890/MS5973, Hewlett-Packard Co., Wilmington, DE, USA)을 사용하여 분석하였다. 시료는 5 μL 를 주입하였고, column은 Hewlett-Packard사의 HP-5 column(30 m, 0.32 mm i.d., 0.25 μm film)를 사용하였다. Oven의 온도는 100°C 에서 2분, 분당 10°C 씩 증가하여 270°C 까지 증가시키고 6분간 유지하였다. 주입구 온도는 250°C 이고, carrier gas는 He gas(1.5 mL/min)를 사용하였다. 질량 선택성 검출기의 ionization potential은 70 eV이고, scan range는 19.1~400 m/z이다. 성분의 분석은 Wiley library(Hewlett-Packard Co.)를 이용한 시료의 질량 스펙트럼의 비교를 통해 측정하였다.

통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준편차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(23).

결과 및 고찰

총 페놀 함량

페놀성 물질들은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차대사산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 식물체에 존재하는 다양한 페놀 화합물들은 수산기를 통한 수소 공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 항산화 능력을 나타낸다. 포도씨에서는 polyhydroxy flavan-3-ol 단위의 oligomer와 polymer인 proanthocyanidin으로 정의되는 폴리페놀 화합물이 각종 기능성을 나타내는 유용물질로 보고되었다(4).

항산화 효과에 대한 측면에서 총 페놀함량과 항산화 효과

Table 1. Effect of far-irradiation time on total phenolic contents of extracts from grape seeds (unit: mM)

	Time (min)						SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	60	
Water extracts	0.95 ^{e2)}	1.84 ^a	1.55 ^c	1.61 ^b	1.12 ^d	0.77 ^f	0.47
Methanol extracts	3.40 ^d	4.52 ^{ab}	4.34 ^b	4.66 ^a	3.81 ^c	3.47 ^d	0.07
70% ethanol extracts	3.28 ^b	4.82 ^a	4.53 ^a	4.17 ^a	4.22 ^a	3.99 ^a	0.21

¹⁾Standard error of the means.

²⁾Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n = 3$.

는 밀접한 관계(24)가 있기 때문에, 원격외선 조사와 추출용매에 따른 포도씨의 항산화능에 미치는 영향을 조사하여 총 페놀함량의 변화를 Table 1에 나타내었다. 먼저, 포도씨 무처리구 경우, 메탄올 추출물과 70% 에탄올 추출물이 각각 3.40, 3.82 mM로 물 추출물 0.95 mM보다 상대적으로 큰 함량을 나타내었다. 이에 반해 원격외선 조사한 포도씨 추출물의 경우, 10분간 조사한 추출물의 총 페놀 함량은 물, 메탄올 그리고 70% 에탄올 추출용매에 따라 각각 1.84, 4.52 그리고 4.82 mM로서 무처리구에 비해 약 2배에 가까이 증가하여 최고치를 나타내었고, 그 중에서도 70% 에탄올 추출물이 최고치를 나타내었다. 이는 70% 에탄올을 용매로 하여 추출물을 제조하였을 때가 가장 효율적이라는 Jang과 Han(25)의 연구에서도 일치한다. 또 원격외선 조사 30분까지는 상당한 증가치를 유지하였고, 원격외선 조사 40분부터 약간 감소하여 조사 60분에서는 물, 메탄올 추출물의 경우 각각 0.77, 3.47 mM로서 무처리구의 함량까지 도달하는 상당한 감소량을 보였다. Kim 등(19)의 이전 연구에서는 일반 열처리 150°C, 40분까지 70% 에탄올 추출물이 꾸준한 증가를 보여 주고 있었다. 이는 본 연구에서의 원격외선 조사 조건과 상당히 유사함을 나타내고 있다.

식물체에는 많은 종류의 페놀화합물이 존재하고 이들이 인체 내에서 다양한 생리활성을 나타내지만, hydroxycinnamic acid를 비롯한 대부분의 페놀 화합물들은 세포벽 다당류, 리그난 등과 ester 결합을 이루고 있거나(26) 중합체로 존재한다(16). Lee 등(17)의 연구에서도 원격외선 처리로 인하여 왕겨의 고분자 polyphenol 화합물들이 유리된 결과로 azelaic acid, *p*-coumaric acid, *p*-dihydroxy benzoic acid 그리고 4,7-dihydroxy vanillic acid 등과 같은 저분자페놀 화합물이 새로이 생성되었음을 보고하였다. 또 Kim 등(19)의 연구에서도 단순한 열처리로 azelaic acid, 3,4-dihydroxy benzoic acid 그리고 *o*-cinnamic acid 와 같은 저분자 페놀성 화합물들이 새로이 생성됨을 보고하였다. 이는 식물에 따라

다양한 형태의 페놀화합물이 존재하며, 이들은 적절한 가공 공정에 따라 유리되어 활성화 될 수 있음을 의미한다.

라디칼 소거능

DPPH는 분자 내에 위치한 안정한 라디칼을 함유하지만 항산화활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며, 이때의 DPPH의 거동은 $\cdot OH$ 와 유사하다. 이런 DPPH 라디칼이 감소하는 정도를 분광광도계로 측정하여 시료의 항산화활성을 측정하는 방법으로 널리 쓰이고 있다(20). 원격외선 처리에 따른 포도씨 추출물의 라디칼 소거능은 Table 2에 나타내었다. 포도씨 무처리구의 라디칼 소거능은 물, 메탄올 그리고 70% 에탄올 추출물에 따라 33.87%, 76.55% 그리고 66.89%를 나타내었다. 물 추출물에 비해 메탄올과 70% 에탄올 추출물에서 상대적으로 2배에 가까운 라디칼 소거능을 나타내었다. 또 무처리구의 경우, 총 페놀 함량의 결과와 같이 메탄올 추출물이 최고치를 나타내었다. 물 추출물의 경우, 원격외선을 10분 조사한 처리구의 경우 58.55%의 유의적인 증가를 보였고, 원격외선 조사한 포도씨 메탄올 추출물과 70% 에탄올 추출물은 약 10% 이상의 꾸준한 활성 증가를 보였다. 이 결과는 Table 1의 총 페놀 함량의 결과와 상당히 유사한 경향을 보이며, 원격외선의 조사에 의한 총 페놀 함량의 증가가 DPPH 라디칼 소거능의 증가를 유발함을 뒷받침한다.

Gas chromatography/Mass spectrometry 분석

페놀 화합물과 이들의 유도체들은 자연계에 널리 존재하고, 이들 페놀 화합물들은 carbohydrates와 단백질 같은 다양한 세포벽 성분에 결합되어 있다(27). 식물체에 자연적으로 공유 결합되어 있는 저분자 페놀 화합물은 약한 항산화 활성을 가진다. 그렇지만, 원격외선 처리 또는 발효에 의해 유리되어진 페놀 화합물들은 강한 항산화 활성을 나타낸다(28,29). 본 연구에서는 페놀 화합물들의 성분의 확인하기 위해, 총 페놀함량이 가장 뛰어난 포도씨 무처리구와 원격외

Table 2. Effect of far-irradiation time on DPPH radical scavenging activity of extracts from grape seeds (unit: %)

	Time (min)						SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	60	
Water extracts	33.87 ^{d2)}	58.55 ^a	47.58 ^b	48.87 ^b	37.58 ^c	31.29 ^c	0.47
Methanol extracts	76.55 ^c	89.41 ^a	87.78 ^b	88.27 ^b	87.13 ^b	87.29 ^b	0.03
70% ethanol extracts	66.89 ^c	84.62 ^b	85.56 ^a	84.62 ^b	83.94 ^c	83.00 ^d	0.17

¹⁾Standard error of the means.

²⁾Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n = 3$.

선 처리구의 70% 에탄올 추출물을 GC-mass를 사용하여 외선 처리구(150°C, 10분)의 결과에서 페놀 화합물의 근소한 비교하여 Table 3과 Fig. 1에 나타내었다. 무처리구와 원적 차이가 나타났지만, 무처리구에 비해 원적외선 처리구의 경

Table 3. Representative phenolic compounds and fatty acids of 70% ethanol extract from grape seeds of non-irradiated control and far-irradiated at 150°C for 10 min

RT (min)	Compound	Total ion counts ($\times 10^4$)
<i>Non-irradiation</i>		
14.83	6-methylthio benzothieno quinoline	1913
15.46	palmitic acid	13390
16.27	2,2-[(1-methyl-1,2-ethane)] phenol	107
17.12	4-amino-2-(2-quinoly)-5H-[1]-benzopyran [3,4-c] pyridin-5-one	14934
17.15	linoleic acid	8738
<i>Far-irradiation</i>		
6.90	trimethyl silanol benzoate	201
13.18	vanillic acid	403
13.49	3,4-hydroxy benzoic acid	458
14.52	benzothiopyrano benzene	122
14.83	6-methylthio benzothieno quinoline	1790
15.46	palmitic acid	18360
17.12	4-amino-2-(2-quinoly)-5H-[1]-benzopyran [3,4-c] pyridin-5-one	38095
17.15	linoleic acid	10749
24.32	2-methoxybenzoylformic acid	5573

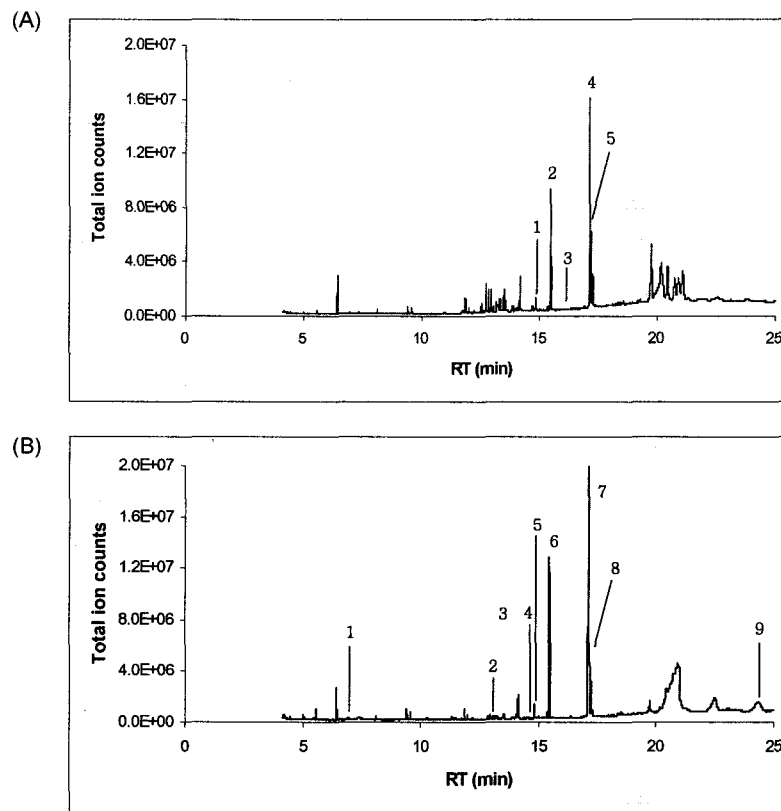


Fig. 1. Gas chromatograms of 70% ethanol extracts from grape seed, non-irradiated (A) and FIR irradiated (B) at 150°C for 10 min.

The peaks in panel A are as follows: 1, 6-methylthio benaeothieno quinoline; 2, palmitic acid; 3, 2,2-[(1-methyl-1,2-ethane)] phenol; 4, 4-amino-2-(2-quinoly)-5H-[1]-benzopyran [3,4-c] pyridin-5-one; and 5, linoleic acid. The peaks in panel B are as follows: 1, trimethyl silanol benzoate; 2, vanillic acid; 3, 3,4-hydroxy benzoic acid; 4, benzothiopyrano benzene; 5, 6-methylthio benzothieno quinoline; 6, palmitic acid; 7, 4-amino-2-(2-quinoly)-5H-[1]-benzopyran [3,4-c] pyridin-5-one; 8, linoleic acid; and 9, 2-methoxybenzoylformic acid.

우, vanillic acid와 3,4-hydroxy benzoic acid 같은 저분자 페놀 화합물이 새로이 검출되었다. 3,4-Dihydroxy benzoic acid와 *o*-cinnamic acid 같은 polyphenol 화합물의 benzoic acid와 cinnamic acid 유도체들은 ferrylmyoglobin을 감소시키고(30), azo-initiator와 metal catalysis에 의한 LDL의 산화적 변성을 저해한다고 보고하였다(31). 지방산의 변화에 있어서도 무처리구에 비해 원적외선 처리구의 경우, linoleic acid(18:2)와 palmitic acid(16:0)가 각각 2.9배와 1.4배 증가하였다.

요 약

원적외선 조사가 포도씨의 항산화능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 10, 20, 30, 40 그리고 60분 간격으로 원적외선 조사를 한 후, 각각의 물, 메탄올 그리고 70% 에탄올 추출물을 제조하여 총 페놀함량과 DPPH 라디칼 소거능을 측정하여 포도씨의 항산화능 변화를 측정하였다. 이들 측정 결과, 무처리구 각각의 추출물의 총 페놀 함량 결과 0.95 mM, 3.4 mM 그리고 3.28 mM에 비해 원적외선 10분 조사구는 각각 1.84 mM, 4.52 mM 그리고 4.82 mM의 상당히 증가한 값을 나타내었다. 또, 라디칼 소거능의 경우, 무처리구의 추출물 33.87%, 76.55% 그리고 66.89%에 비해, 원적외선 10분 조사구는 각각 58.55%, 89.41% 그리고 84.62%를 나타내었다. GC/MS를 이용한 페놀 화합물의 성분 분석에서는 vanillic acid와 3,4-hydroxy benzoic acid 같은 저분자 페놀 화합물이 원적외선 처리에서 새로이 형성됨이 확인되었다. 이상의 결과는 원적외선 조사에 의해 포도씨에 존재하는 불활성화된 페놀성 화합물이 유리 활성화됨으로서 포도씨 추출물의 항산화능이 증가하였음을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 2005학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 이광연, 고광출, 이재창, 유영산, 김선규. 1985. 앞으로의 포도 재배. 대한교과서 주식회사, 서울. p 1-7.
2. Yoo MA, Chung HK, Kang MH. 2004. Evaluation of physicochemical properties in different cultivar grape seed waste. *Food Sci Biotechnol* 13: 26-29.
3. Saito M, Hosoyama H, Ariga T, Kataoka S, Yamaji N. 1998. Antitumor activity of grape seed extract and procyanidins. *J Agric Food Chem* 46: 1460-1464.
4. Jorge M, Richardo DS, Jacques R, Veronique C, Annie C, Michel M. 1991. Procyanidin dimers and timers from grape seeds. *Phytochemistry* 30: 1259-1264.
5. Ricardo da Silva JM, Darmon N, Fenandez Y, Mitjavila S. 1991. Oxygen free radical scavenger capacity in aqueous models of deferent procyanidins from grape seeds. *J Agric Food Chem* 39: 1549-1552.
6. Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. 1988. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. *Agric Biol Chem* 52: 2717-2722.
7. Castillo J, Benavente-Garcfa O, Lorente J, Alcaraz M, Redondo A, Ortuno A, Del Rio J. 2000. Antioxidant activity and radioprotective effect against chromosomal damage induce *in vivo* by X-rays of flavan-3-ols(procyanidins) from grape seeds (*Vitis vinifera*): Comparative study versus other phenolic and organic compounds. *J Agric Food Chem* 48: 1738-1745.
8. Ariga T. 1999. Antioxidative functions. preventive action toward disease and utilization of proanthocyanidins. *J Jpn Oil Chem Soc* 48: 1087-1096.
9. Halliwell B, Gutteridge JMC. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *J Biochem* 219: 1-14.
10. Ames BN, Saul RL. 1987. Oxidative DNA damage, cancer and aging. Oxygen human disease. *Ann Inter Med* 107: 536-539.
11. Buxiang S, Fukuhara M. 1997. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoid on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. *Toxicology* 122: 61-72.
12. Hirose M, Takesada Y, Tanaka H, Tamano S, Kato T, Shirai T. 1998. Carcinogenicity of antioxidants BHA, caffeic acid, sesamol, 4-methoxyphenol and catechol at low doses, either alone or in combination and modulation of their effects in a rat medium-term multi-organ carcinogenesis model. *Carcinogenesis* 19: 207-212.
13. Namiki M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 273-300.
14. Pokorny J. 1991. Natural antioxidant for food use. *Trends Food Sci Technol* 9: 223-227.
15. Jayaprakasha GK, Negi PS, Sikder S, Rao LJ, Sakariah KK. 2000. Antibacterial activity of Citrus reticulata peel extracts. *Z Naturforsch* 55: 1030-1034.
16. Inous S, Kabaya M. 1989. Biological activities cause by far-infrared radiation. *Int J Biometeorol* 33: 145-150.
17. Lee SC, Kim JH, Jeong SM, Kim DR. 2003. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *J Agric Food Chem* 51: 4400-4403.
18. Lee SC, Jeong SM, Kim SY, Park HR, Nam KC, Ahn DU. 2006. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. *Food Chem* 94: 489-493.
19. Kim SY, Jeong SM, Park WP, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2006. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chem* (in press).
20. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
21. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
22. Du M, Ahn DU. 2002. Simultaneous analysis of tocopherols, cholesterol and phytosterols by gas chromatography. *J Food Sci* 67: 1696-1700.
23. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
24. Ra KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY. 1997. Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. *Korean J Food Sci Technol* 29: 595-600.
25. Jang JK, Han JY. 2002. The antioxidant ability of grape seed extracts. *Korean J Food Sci Technol* 34: 524-528.
26. Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxy-

- cinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28: 315-347.
27. Hartley RD, Morrison WH, Himmelsbach DS, Borneman NS. 1990. Cross-linking of cell wall phenolics to arabinoxylans in graminaceous plants. *Phytochemistry* 29: 3701-3709.
28. Jeong SM, Kim SY, Park HR, Lee SC. 2004. Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1580-1583.
29. Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, Negishi M. 1998. Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating, brewing and lipophilization. A new drug delivery system. *Drug Exp Clin Res* 14: 361-372.
30. Natella F, Nardini M, Di Felice M, Scaccini C. 1999. Benzoic and cinnamic acid derivatives as antioxidants: Structure-activity relation. *J Agric Food Chem* 47: 1453-1459.
31. Laranjinha J, Vieira O, Madeira VMC, Almeida LM. 1995. Two related phenolic antioxidants with opposite effects on vitamin E content in low density lipoproteins oxidized by ferrylmyoglobin: consumption vs regeneration. *Arch Biochem Biophys* 323: 373-381.

(2005년 9월 12일 접수; 2005년 11월 22일 채택)