

감귤박 추출물의 항산화능에 대한 원적외선과 열처리 효과

김종완¹ · 전유진² · 이종화³ · 이승철^{1,*}

¹경남대학교 식품생명공학부, ²제주대학교 해양생물공학과, ³안동대학교 생명자원과학부

Effect of Far-Infrared Irradiation and Heat Treatment on the Antioxidant Activity of Extracts from Citrus Pomaces

Jong-Wan Kim¹, You-Jin Jeon², Jonh-Hwa Lee³ and Seung-Cheol Lee^{1,*}

¹Division of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

²Department of Marine Biotechnology, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

³School of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea

Received December 12, 2005; Accepted January 11, 2006

The effect of far-infrared (FIR) irradiation and heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus pomaces (CP) was evaluated. CP were placed in pyrex petri dishes (8.0 cm diameter) and irradiated at 100°C and 150°C for 5, 10, 15, 20, 40 or 60 min with a FIR heater or simple heater, respectively. After FIR irradiation or simple heat treatment, 70% ethanol extracts (EE) and water extracts (WE) of CP were prepared and radical scavenging activity (RSA) and reducing power of the extracts were determined. The antioxidant activities of the extracts increased as the time of heating or FIR-irradiation increased. When CP were FIR-irradiated at 100°C for 30min, the values of RSA and reducing power of EE increased from 14.9% to 44.2%, and 0.290 to 0.886, respectively, compared to the untreated control. Simple heat treatment of CP at 100°C for 60 min also increased RSA and reducing power of EE to 44.7%, and 1.045, respectively. FIR irradiation and heat treatment increased RSA and reducing power of WE from CP, too. These results indicated the antioxidant activity of CP extracts was significantly affected by FIR irradiation and heating temperature and duration on CP, and that the FIR irradiation and heat treatment process can be used as a tool for increasing the antioxidant activity of CP.

Key words: citrus pomaces, far-infrared, heat treatment, antioxidant activity

서 론

인간을 비롯한 모든 호기성 생물체들은 공기 중의 산소를 이용하여 생명 유지에 필요한 에너지를 생성하는 과정에서 활성 산소종(O^2 , H_2O_2 , $\cdot OH$ 등)이 발생하며, 이들에 대한 자기 방어 기구를 가지고 있다. 그러나 생체 방어 기구에 이상이 초래되거나 각종 물리, 화학적 요인들에 의해 활성 산소종의 생성이 증가되면 산화적 손상을 입게 되어 직접 또는 간접적으로 생체에 장애를 유발하는 것으로 알려져 있다.¹⁾

활성 산소종은 산화 효소, 식세포 및 금속 이온(철, 구리 등)에 의한 자동 산화 반응과 catecholamine의 산화 반응 등에 의한 내인적 생성 요인과 햇빛, 담배, 매연, 약물, 방사선 등의 외인적 요인에 의해 생성되어 단백질, 핵산, 효소 및 면역계를 손

상하여 각종 질환을 야기한다. 특히 생체막의 구성 성분인 불포화지방산을 공격하여 생성되는 과산화 지질의 축적은 생체 기능의 저하나 노화 및 성인병을 유발하는 것으로 알려져 있다.^{2,3)} 따라서 활성 산소를 방어하는 항산화 물질은 이러한 질병 치료의 가능성 때문에 주목 받고 있으며, 그 중 천연물에서 추출한 자연 항산화제에 관한 연구가 활발하다.

감귤(*Citrus unshiu*)은 한방약이나 생약의 원료로 사용되고 있듯이 기능성이나 약효 성분이 많이 함유되어 있는 과일로서 우리나라는 지리적, 기후적으로 감귤 재배지 중 최북단에 위치하고 있어 내한성이 강한 만다린계의 온주 밀감인 감귤 생산의 주를 이루고 있다. 감귤류에는 flavonoid류, carotenoid류, coumarin류, phenylpropanoid류, limonoid류 등 지금까지 60여종의 생리 활성 물질이 밝혀졌으며, 감귤류 특유의 flavanone을 함유하여 이들의 기능성에 대한 평가도 여러 방향에서 검토되고 있다.^{4,5)} 감귤류 유래 주요 flavonoid 화합물로는 naringin과 hesperidin 그리고 이들의 aglycone 형태인 naringein과 hesperetin이며, 그밖에도 rutin, deosmine, nobiletin, tangeretin

*Corresponding author

Phone: +82-55-249-2684; Fax: +82-55-249-2995

E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr

등이 있다.^{6,7)} 이들 기능성에 대한 평가로서 항산화 작용, 순환기계 질병의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역 증강 작용, 모세혈관 강화 작용등이 보고된 바 있다.^{8,9)} 그리고 최근에는 naringin의 항산화, 지질 과산화 예방 및 항 돌연변이 활성 등의 약리 효과 등이 보고되었다.¹⁰⁻¹²⁾ 감귤의 이용 다변화를 위해 근래 주스의 제조가 증가하면서 이 과정에서 다량의 감귤박이 부산물로 발생하고 있다. 감귤박은 섬유소,^{13,14)} 비타민, 유기산 및 유리당 등의 영양성분이 다량 함유되어 있어 사료로 이용되고 있으나 기능성 성분의 향상을 위한 효율적인 가공방법은 아직 보고된 바 없다.

한편, 원적외선은 약 3.0~1,000 μm의 파장을 가지고 있으며, 가열과 비가열의 방법으로 이용된다. 가열의 용도로는 식품의 가열 건조, 지숙, 열탕, 배소, 유탕, 살균 처리, 냉동 식품의 해동, 난방 등이 있으며, 비가열 응용은 식품의 선도 유지, 식품의 숙성, 식품의 풍미 향상 등에 적용 되고 있다. 원적외선은 생물적으로 활성이 있으며, 물질의 중심까지 고르게 열을 전달하는 특성을 가지고 있다.¹⁵⁾ 열을 동반하는 원적외선 조사는 복사 방식으로 열을 전달한다. 이는 열전달을 위한 매체가 필요 없이 전열 속도가 빠른 속도가 빠른 특징을 가지고 있어 식품의 내외에 균일하게 열전달할 수 있다. 물분자의 ¹⁷O NMR spectrum을 조사한 결과 원적외선은 물분자의 클러스터를 감소시키며,¹⁶⁾ 이로 인해 물분자의 운동을 촉진됨이 확인되었다. Niwa와 Miyachi는 천연 항산화 물질들은 중합체인 polyphenol, tocopherol, flavonoid 등의 고분자를 가지고 있는데 원적외선 처리가 이들을 저분자로 유리시킨다고 보고한 바 있다.¹⁷⁾ Lee 등도 원적외선 처리로 인하여 왕겨의 고분자 polyphenol들이 유리되어 항산화능이 증가하며,¹⁸⁾ 감귤 과피의 항산화능이 증가한다는 결과를 보고한 바 있다.¹⁹⁾ 또한, Lee 등은 원적외선이 아닌 일반적인 열처리에 의해서도 감귤 과피의 항산화능이 증가한다고 보고하였다.²⁰⁾ 이에 본 연구에서는 감귤박에 원적외선과 열처리를 하여 그 항산화력의 변화를 조사하여 감귤박의 가치를 향상에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

감귤박 및 시약. 본 실험에 사용한 감귤박은 2003년 10월에 제주도 서귀포에서 수확한 조생종 감귤(*Citrus unshiu*)을 착즙하고 난 후에 발생한 것으로서 동결건조한 후 4°C에 저장하면서 사용하였다. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)과 tannic acid는 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, 염화철 등은 모두 일등급 이상의 등급을 사용하였다.

원적외선 처리 및 에탄올 추출물 제조. 감귤박 6g을 유리 페트리 접시(직경 8.0 cm)에 놓고 원적외선 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 이용하여 100, 150°C에서 10, 20, 30, 40, 50, 60분 동안 각각 원적외선을 조사하였다. 또한 일반 열처리를 위하여 가열 건조기(A-Sung Test Machine, Korea)를 사용하여 100, 150°C에서 각각 동일한 시간동안 열처리하였다. 각각

의 처리된 감귤박은 0.1 g당 10 ml의 70% 에탄올 또는 증류수로 shaking incubator(상온, 100 rpm)에서 12시간 추출하였다. 각각의 추출물은 1,000 × g에서 15분 동안 원심분리한 후, 여과지(Whatman No. 1)에 여과하여 감귤박 추출물을 준비하였다.

라디칼 소거능 측정. DPPH 라디칼 소거능은 Lee 등의 방법에 준하여 시료 0.1 ml에 4.1 × 10⁻⁵ M의 DPPH 용액 0.9 ml를 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.²⁰⁾ 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{전자 공여능 (\%)} = \left[1 - \frac{\text{시료첨가구의 O.D}}{\text{무처리구의 O.D}} \right] \times 100$$

환원력의 측정. 환원력은 Ozaizu의 방법²¹⁾에 따라 측정하였으며, 항산화 물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정한 것이다. 즉, 1 ml의 인산염 완충 용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 ml의 감귤박 추출물과 1%(w/v) potassium ferricyanide 용액 1 ml를 가하고 이 혼합물을 50°C, 20분간 반응을 시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid 용액 1 ml를 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 13,000 × g에서 원심분리하여 얻은 상정액 1 ml과 증류수 1 ml을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 ml을 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리. 모든 측정은 3회 반복하여 행해졌으며, 결과의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준 편차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정 하였다.²²⁾

결과 및 고찰

라디칼 소거능. 어떤 물질의 항산화력을 측정하는 방법은 대상 활성 산소종에 따라 다양하다. 본 실험에서는 대표적인 활성 산소종인 라디칼에 대한 소거능으로 항산화력을 측정하였다. DPPH는 분자 내에 안정한 라디칼을 함유하지만, 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며, 이때의 DPPH의 거동은 ·OH와 유사하다.²³⁾ 이런 DPPH 라디칼을 이용하여 일정한 시료 용액과의 반응에 의하여 DPPH 라디칼이 감소하는 정도를 흡광도로 측정하여 시료의 항산화 활성을 측정하는 방법으로 이용할 수 있다. 원적외선 조사와 열처리된 감귤박의 70% 에탄올 추출물(EE)과 물 추출물(WE)의 라디칼 소거능을 Table 1과 Table 2에 나타내었다.

무처리 감귤박 EE의 경우 14.9%의 라디칼 소거능을 나타내었으나 원적외선 조사가 행해지면 증가하였다(Table 1). 즉, 100°C의 온도에서 원적외선을 조사한 감귤박 EE는 조사 시간이 경과함에 따라 라디칼 소거능이 증가하여 30분간 조사하였을 때 44.2%, 60분간 조사하였을 때 44.7%의 값을 나타내었다. 또한, 150°C의 온도에서 원적외선을 조사한 EE는 10분간 조사하였을 때 35.0%의 값을 나타내었다. 원적외선 조사는 감귤박 WE의 라디칼 소거능도 향상시켰다(Table 1). 무처리 WE의 경우 13.3%의 라디칼 소거능을 나타내었으나 100°C의 온도에서 10분간 원적외선을 조사한 EE는 55.5%로 4.17배 증가하였으며, 150°C에서 10분간 조사하면 35.5%의 값을 나타내었다.

Table 1. Effect of FIR irradiation on radical scavenging activity of 70% ethanol extracts (EE) and water extracts (WE) from citrus pomaces (unit: %)

Temp. (°C)	Time (min)							SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	50	60	
EE								
100	14.9 ^d	45.8 ^{az}	43.3 ^{bz}	44.2 ^{baz}	38.2 ^{cz}	36.7 ^{cz}	44.7 ^{baz}	0.5
150	14.9 ^d	35.0 ^{by}	22.9 ^{by}	19.7 ^{cy}	23.6 ^{by}	16.0 ^{dy}	22.1 ^{by}	0.8
SEM ¹⁾	0.5	1.2	1.0	1.5	0.6	1.6	0.5	
WE								
100	13.3 ^f	55.5 ^{az}	54.0 ^{baz}	48.5 ^{cz}	40.7 ^{dz}	36.5 ^{cz}	51.2 ^{bcz}	1.0
150	13.3 ^d	35.5 ^{ay}	22.9 ^{by}	20.0 ^{by}	23.6 ^{by}	16.0 ^{cy}	22.1 ^{by}	0.4
SEM ¹⁾	0.3	1.6	1.2	0.2	0.7	0.7	0.3	

^{a-f}Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

^{y-z}Different letters within each extract are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

¹⁾Standard error of the means.

Table 2. Effect of simple heating on radical scavenging activity of 70% ethanol extracts (EE) and water extracts (WE) from citrus pomaces (unit: %)

Temp. (°C)	Time (min)							SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	50	60	
EE								
100	14.9 ^e	30.7 ^{dz}	37.4 ^{cz}	41.0 ^{bz}	43.2 ^{az}	44.0 ^{az}	44.7 ^{az}	0.4
150	14.9 ^d	30.4 ^{by}	38.7 ^{ay}	27.0 ^{cby}	24.1 ^{cby}	22.7 ^{cy}	28.0 ^{cby}	0.3
SEM ¹⁾	0.5	1.0	0.4	0.4	0.6	0.5	0.3	
WE								
100	13.3 ^e	22.4 ^{dz}	37.7 ^{cz}	39.2 ^{cz}	47.5 ^{az}	48.6 ^{az}	44.4 ^{bz}	0.9
150	13.3 ^e	22.7 ^{cby}	28.1 ^{ay}	20.8 ^{cy}	15.9 ^{dy}	15.8 ^{dy}	24.4 ^{by}	0.9
SEM ¹⁾	0.3	1.3	1.0	0.3	0.4	0.8	0.7	

^{a-e}Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

^{y-z}Different letters within each extract are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

¹⁾Standard error of the means.

일반 열처리 공정도 감귤박 추출물의 라디칼 소거능을 향상시켰다(Table 2). EE의 경우 무처리구의 14.9%에 비하여 100°C에서 60분간 열처리하였을 때 44.7%로 증가하였고, 150°C에서 20분간 처리하면 38.7%로 증가하였다. 또한 물추출물인 WE의 경우 무처리구의 13.3%에 비하여 100°C에서 50분간 열처리하면 48.6%, 150°C에서 20분간 처리하면 28.1%로 증가하였다.

이상의 결과는 감귤박의 항산화 관련 물질이 원적외선 조사나 열처리에 의해 증가하거나 기능성이 향상되었음을 의미한다. 식물체의 항산화력은 주로 페놀 화합물에 의존한다.²⁴⁾ Manthey와 Grohmann²⁵⁾은 감귤 껍질의 주된 페놀 화합물은 flavanone glyceride(hesperidin과 naringin)이며, methoxyl기가 많이 붙은 flavone과 수많은 hydroxycinnamate가 존재한다고 보고하였다. 식물체에 존재하는 많은 종류의 페놀 화합물들은 인체내에서 다양한 생리활성을 나타내지만, hydroxycinnamic acid를 비롯한 대부분의 페놀 화합물은 세포벽 다당류, 리그닌 등과 ester 결합되어 있거나²⁶⁾ 중합체로 존재한다.¹⁷⁾ 감귤 과피에 존재하는 페놀 화합물은 원적외선 조사²⁰⁾와 열처리¹⁹⁾에 의해 유리화됨이 보고된 바 있다. 감귤 과피에 원적외선을 150°C에서 30분간 조사했을 때 대조구에 비해 EE의 라디칼 소거능이 약 1.7배 증가하였으며,²⁰⁾ 열처리를 같은 조건에서 처리한 경우에는 약 1.9배 증가하였다.¹⁹⁾ 감귤박의 경우 대부분이 감귤 과피

유래의 고형분과 섬유소로 구성되어 있으므로 감귤 과피의 경우와 비슷한 경향을 나타낸 것으로 보인다. 본 연구진은 단순한 열처리 공정도 감귤박의 메탄올 추출물의 총페놀 함량을 증가시키지만,²⁷⁾ 왕겨의 경우에는 단순한 열처리 공정은 총페놀 함량을 증가시키지 못하고 원적외선 조사는 크게 향상시킨 것을 보고한 바 있다.¹⁸⁾ 이는 식물에 따라 다양한 형태의 결합으로 페놀 화합물이 존재하며, 이들은 적절한 가공 공정에 따라 유리될 수 있음을 의미한다.

환원력. 환원력은 항산화력과 밀접한 관계에 있으며, 일반적으로 reduction의 존재와 연관이 있다.²⁸⁾ 원적외선 조사와 열처리된 감귤박 추출물의 환원력을 각각 Table 3, 4에 나타내었다.

무처리 감귤박 EE의 경우 0.290의 환원력을 나타내었으나 원적외선 조사가 행해지면 증가하였다(Table 3). 즉, 100°C의 온도에서 원적외선을 조사한 감귤박 EE는 조사 시간이 경과함에 따라 라디칼 소거능이 증가하여 30분간 조사하였을 때 0.886로서 대조구에 비해 3.06배 증가하였다. 그러나 시간이 경과할수록 감소하여 100°C에서 50분간 조사하였을 때에는 0.559로 최고치에 비하여 감소하였으나 60분간 조사하였을 때에는 다시 0.823으로 증가하였다. 이러한 경향은 Table 1에 나타난 라디칼 소거능과 유사한 경향을 보이는데 향후 추출물에 대한 정확한 성분 분석 결과가 있어야 그 해석이 가능할 것으로 보인다.

Table 3. Effect of FIR irradiation on reducing power of 70% ethanol extracts (EE) and water extracts (WE) from citrus pomaces (unit: Abs)

Temp. (°C)	Time (min)							SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	50	60	
EE								
100	0.290 ^f	0.350 ^{ez}	0.849 ^{baz}	0.886 ^{az}	0.635 ^{cz}	0.559 ^{dy}	0.823 ^{bz}	0.010
150	0.290 ^f	0.310 ^{dey}	0.305 ^{ey}	0.324 ^{dey}	0.563 ^{by}	0.810 ^{az}	0.333 ^{cy}	0.003
SEM ¹⁾	0.001	0.009	0.004	0.004	0.014	0.015	0.008	
WE								
100	0.322 ^e	0.899 ^{bz}	0.938 ^{az}	0.959 ^{az}	0.647 ^{cz}	0.553 ^{dy}	0.899 ^{bz}	0.012
150	0.322 ^e	0.363 ^{dy}	0.378 ^{dy}	0.368 ^{dy}	0.649 ^{by}	0.859 ^{az}	0.399 ^{cy}	0.004
SEM ¹⁾	0.002	0.012	0.004	0.008	0.004	0.003	0.010	

^{a-f}Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

^{y-z}Different letters within each extract are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

¹⁾Standard error of the means.

Table 4. Effect of simple heating on reducing power of 70% ethanol extracts (EE) and water extracts (WE) from citrus pomaces (unit: Abs)

Temp. (°C)	Time (min)							SEM ¹⁾
	0	10	20	30	40	50	60	
EE								
100	0.290 ^c	0.316 ^{cy}	0.987 ^{bz}	0.980 ^{bz}	1.008 ^{baz}	1.021 ^{baz}	1.045 ^{az}	0.012
150	0.290 ^f	0.542 ^{bz}	0.811 ^{ay}	0.452 ^{cy}	0.454 ^{cy}	0.351 ^{ey}	0.439 ^{dy}	0.004
SEM ¹⁾	0.001	0.003	0.005	0.002	0.007	0.004	0.010	
WE								
100	0.322 ^e	0.557 ^{dy}	1.026 ^{cz}	1.068 ^{bz}	1.121 ^{az}	1.146 ^{az}	1.121 ^{az}	0.008
150	0.322 ^f	0.556 ^{bz}	0.709 ^{ay}	0.448 ^{dy}	0.377 ^{ey}	0.371 ^{ey}	0.490 ^{cy}	0.005
SEM ¹⁾	0.002	0.011	0.005	0.009	0.008	0.015	0.009	

^{a-f}Different letters within a row are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

^{y-z}Different letters within each extract are significantly different ($p < 0.05$), $n=3$.

¹⁾Standard error of the means.

150°C에서 원적외선을 조사한 경우의 WE는 50분간의 조사구에서 0.810의 최대값을 나타내었다.

일반 열처리한 감귤박 추출물의 경우도 라디칼 소거능이 증가하였다(Table 4). 즉, 100°C에서 40~60분간 열처리한 감귤박의 EE는 1.0 이상의 수치를 보이며 이는 대조구 0.290에 비하여 3.45배 이상 증가한 수치이다. 150°C에서 열처리하였을 경우에는 20분간 처리하였을 때 0.811로 가장 높은 값을 보였다. 열처리한 감귤박의 WE 경우에도 비슷한 경향을 나타내었는데, 100°C에서 처리한 경우는 40~60분 열처리하였을 때 환원력이 가장 높았고, 150°C로 열처리한 경우는 20분간 처리하였을 때 가장 높았다.

일반 열처리의 경우 라디칼 소거능(Table 2)과 환원력(Table 4)의 결과가 유사한 경향을 나타내고 있지만, 원적외선의 경우에는 100°C의 처리구에서는 비교적 유사하였으나 150°C의 결과에서는 차이를 보였다(Table 1, Table 3). 이는 항산화 물질의 작용이 여러 기작 (연쇄 반응 개시의 방해, 전이 금속물의 결합, 과산화물의 분해, 연속적 수소 제거의 방해, 라디칼 소거 등)들과 연관이 있으므로 측정 대상과 방법에 따라 차이가 나기 때문이다.²⁹⁾

이상의 결과로 적절한 온도와 시간에서의 원적외선 조사 또는 열처리가 감귤박의 항산화력 향상에 크게 기여함을 알 수 있었다. 이러한 공정은 매우 효율적이면서도 쉽게 설치가 가능하여 감귤박의 이용성 향상에 응용이 될 수 있을 것이다.

초 록

원적외선 조사 및 일반 열처리가 감귤박의 항산화능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 100, 150°C에서 각각 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60분간 처리한 후, 70% 에탄올 추출물(EE)과 물 추출물(WE)을 제조하여 DPPH 라디칼 소거능과 환원력을 측정하였다. 이들 측정 결과, 무처리구 EE의 라디칼 소거능과 환원력은 각각 14.9%, 0.290이었으나 100°C에서 30분간 원적외선 조사한 EE는 44.2%, 0.886이었고, 100°C에서 60분간 열처리한 EE는 44.7%, 1.045로 크게 증가하였다. 또한, 무처리구 WE의 라디칼 소거능과 환원력은 각각 13.3%, 0.322였으나 100°C에서 20분간 원적외선 조사한 WE는 54.0%, 0.938이었고, 100°C에서 50분간 열처리한 WE는 48.6%, 1.146로 각각 증가하였다. 이상의 결과는 적당한 조건에서의 원적외선 조사 및 열처리 공정이 감귤박의 항산화능을 향상시킴을 의미하였다.

Key words: 감귤박, 원적외선, 열처리, 항산화력

감사의 글

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

참고문헌

1. Gutteridge, J. M. C. and Halliwell, B. (1994) In *Antioxidants in nutrition, health, and disease*. Oxford University Press, pp. 1-62.
2. Jayat, C. and Ratinaud, M. H. (1993) Cell cycle analysis by flow cytometry: principles and applications. *Biol. Cell* **78**, 15-25.
3. Chance, B., Sies, H. and Boveris, A. (1979) Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol. Rev.* **59**, 527-605.
4. Miyake, Y., Yamamoto, K., Tsujihara, N. and Osawa, T. (1998) Protective effects of lemon flavonoids on oxidative stress in diabetic rats. *Lipids* **33**, 689-695.
5. Jeong, W. S., Park, S. W. and Chung, S. K. (1997) The antioxidative activity of Korean *Citrus unshiu* peels. *Foods Biotechnol.* **6**, 292-296.
6. Mouly, P. P. M., Arzouyan, C. G., Gaydou, E. M. and Estienne, J. M. (1994) Differentiation of citrus juices by factorial discriminant analysis using liquid chromatography of flavanone glycosides. *J. Agric. Food Chem.* **42**, 70-79.
7. Rousff, R. L., Martin, S. F. and Youtsey, C. O. (1987) Quantitative survey of narirutin, naringin, hesperidin and neohesperidin in citrus. *J. Agric. Food Chem.* **35**, 1027-1030.
8. Sohn, J. S. and Kim, M. K. (1998) Effect of heperidin and naringin on antioxidative capacity in the rat. *Korean Nutr. Soc.* **31**, 687-696.
9. Kawaguchi, K., Mizuno, T., Aida, K. and Uchino, K. (1997) Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and *Pseudomonas*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **61**, 102-104.
10. Chen, Y. T., Zheng, R. L., Jia, Z. L. and Ju, Y. (1990) Flavonoides as superoxide scavengers and antioxidants. *Free Radical Biol. Med.* **9**, 19-21.
11. Guengerich, E. P. and Kim, D. M. (1990) In vitro inhibition of dihydropyridine oxidation and aflatoxin B1 activation in human liver microsomes by naringenin and other flavonoids. *Carcinogenesis* **11**, 2275-2279.
12. Francis, A. R., Shetty, T. K. and Bhattacharya, R. K. (1989) Modulating effect of plant flavonoids on the mutagenicity of N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine. *Carcinogenesis* **10**, 1953-1955.
13. Braddock, R. J. and Crandall, P.G. (1981) Carbohydrate fiber from orange albedo. *J. Food Sci.* **46**, 650-655.
14. Braddock, R. J. (1983) Utilization of citrus juice vesicle and peel fiber. *Food Tech.* **12**, 85-89.
15. Inoue, S. and Kabaya, M. (1989) Biological activities caused by far-infrared radiation. *Int. J. Biometeorol.* **33**, 145-150.
16. Masushits, K. 1988. Evaluation of the state of water by NMR spectrometry. *FIR Joho* **5**, 6-10.
17. Niwa, Y. and Miyachi, Y. (1986) Antioxidant action of natural health products and chinese herbs. *Inflammation* **10**, 79-91.
18. Lee, S. C., Kim, J. H., Jeong, S. M. and Kim, D. R. (2003) Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 4400-4403.
19. Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Jo, S. C., Nam, K. C., Ahn, D. U. and Lee, S. C. (2004) Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 3389-3393.
20. Jeong, S. M., Kim, S. Y., Park, H. R. and Lee, S. C. (2004) Effect of far-infrared radiation on the activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 1580-1583.
21. Oyaizu, M. (1986) Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap. J. Nutr.* **44**, 307-315.
22. SAS Institute. (1995) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
23. Blois, M. S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **18**, 1199-1200.
24. Larson, R. A. (1988) The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* **27**, 969-978.
25. Manthey, J. A. and Grohmann, K. (2001) Phenolics in citrus peel byproducts. Concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses. *J. Agric. Food Chem.* **49**, 3268-3273.
26. Hermann, K. (1989) Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **28**, 315-347.
27. Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Nam, K. C., Ahn, D. U. and Lee, S. C. (2004) Effect of seed roasting conditions on the antioxidant activity of defatted sesame meal extracts. *J. Food Sci.* **69**, 377-381.
28. Meir, S., Kanner, J., Akiri, B. and Philosoph-Hadas, S. (1995) Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 1813-1819.
29. Diplock, A. T. (1997) Will the good fairies please prove to us that vitamin E lessens human degenerative disease? *Free Rad. Res.* **27**, 511-532.