부유 및 서촌조생 감나무 가지의 항산화 활성

유동현¹ · 장인철¹ · 서고운¹ · 김수정¹ · 양은경¹ · 안광환² · 마츠시타 야스유키³ · 후쿠시마 카즈히코³ · 이승철^{1*}

¹경남대학교 식품생명학과, ²경남농업기술원 단감연구소, ³나고야대학 생명농학연구과

Antioxidant Activity of Branches of Fuyu and Nishimurawase Persimmon Trees

Dong-Hyun You¹, In-Cheol Jang¹, Go-Un Seo¹, Su-Jung Kim¹, Eun-Kyung Yang¹, Gwang-Hwan Ahn², Yasuyuki Matsushita³, Kazuhiko Fukushima³, and Seung-Cheol Lee^{1*}

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

²Sweet Persimmon Research Institute, Gyungsangnamdo Agricultural Research & Extension Services, Gimhae 621-802, Korea

³Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

Received December 21, 2009; Accepted May 12, 2010

The antioxidant activities of two persimmon (*Diospyros kaki* T.) branches were evaluated. After preparing acetone, 70% acetone, and methanol extracts from Fuyu and Nishimurawase persimmon branches, DPPH radical scavenging activity (RSA), ABTS RSA, reducing power (RP), and total phenol contents (TPC) were determined. The acetone extracts of Fuyu and Nishimurawase showed higher antioxidant properties than the other extracts. The highest TPC (22.48 mg/g), DPPH RSA (IC₅₀=701.48 µg/mL), ABTS RSA (IC₅₀=493.76 µg/mL), and RP (IC₅₀=1218.57 µg/mL) were found in acetone extract of Fuyu, while the lowest antioxidant activities were in 70% acetone extract of Nishimurawase. The results suggest that sweet persimmon branches exhibit considerable antioxidant activity.

Key words: antioxidant activity, branch, persimmon

감(*Diospyros kaki*)은 우리나라 5대 과실로서, 2009년도의 우리나라 단감 재배면적은 12,982 ha로 연간 211,490톤을 생산하며, 남부지역에 분포하고, 특히 경남지역이 전국의 50% 정도를 차지하고 있다. 감은 크게 붉은 감(*Diospyros kaki* L.)과 단감(*Diospyros kaki* T.)으로 대별되는데, 만생종인 '부유(Fuyu)'와 조생종인 '서촌조생(Nishimurawase)'은 국내에서 재배되고 있는 단감의 주요품종이다[Kim 등, 2005]. 부유는 완전 단감으로 종자 및 갈반의 유무에 관계없이 단감이 되는 것이 특징이며, 서촌조생의 경우는 불완전 단감으로 과실 내에 종자가 형성되고 갈반이 되어야 단감이 되는 것이 특징이다.

감은 포도당, 과당 등의 당류가 풍부하여 감미가 강한 알칼리성 식품으로, 예로부터 민간요법으로써 이뇨, 딸꾹질, 토혈, 폐열, 숙혈, 심장, 주독 및 갈증해소 등에 탁월하고, 장의 수축과 장분비액의 분비를 촉진하고 기침을 멎게 하는 효능도 가진

다고 알려져 있다. 또한 고혈압, 동맥경화, 심장 및 신장 등의 순환기 질환에 효능이 있을 뿐만 아니라 위궤양, 십이지장 및 당뇨병 등 만성질환에도 효과가 있다[George와 Redpath, 2008]. 감은 비타민 A, C, D 및 엽록소의 함유량도 많아 암에 방효과가 있다[George와 Redpath, 2008]. 특히, 비타민 C의 함량은 20~28 mg/100 g으로 사과에 비해 4~5배 정도 높다[Achiwa 등, 1997].

한편, 단감은 생과로 많이 이용되고 있으나 근래 다량 생산과 집중 출하에 대비하여 가공[Bae 등, 2001; Bae 등, 2002; Kim 등, 2005] 및 저장[Heo와 Cho 2002; Park와 Kim, 2002; Lee, 2004] 등에 관한 연구, 이화학적 특성[Shin 등, 2000; Son 등, 2002; Choi 등, 2006] 및 생리활성[Choi 등, 2006]에 관한 연구 등이 보고되고 있다. 최근 감의 가공 부산물인 껍질, 씨 등의 생리 활성 및 기능성에 관한 연구가 보고되었다[Jang 등, 2010]. 그러나 감을 생산하는 과정에서 발생하거나 노후 감나무의 활용과 관련하여 발생하는 가지에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 단감 품종인 부유와 서촌조생의 나무로부터 얻은 가지의 총 페놀함량, 라디칼 소거능(DPPH, ABTS), 환원력 분석을 통하여

*Corresponding author

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

E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr

감나무 가지의 항산화력을 조사하였으며, 이들 결과를 바탕으로 감나무 가지의 이용 가능성을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

시약. 2,2'-Azino-(bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid(TCA), ferric chloride, dimethyl sulfoxide(DMSO) 등은 Sigma Chemical Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 추출 과정에 이용된 methanol과 acetone은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

감나무 가지 추출물 제조. 본 연구에 사용한 감나무 가지는 경남농업기술원 단감연구소(경남 진영)에서 2009년도 6월에 채취한 부유 품종과 서촌조생 품종의 것이었으며, 각각 3그루의 다른 나무로부터 절단하여 사용하였다. 지름 4 cm, 길이 25 cm 크기의 감나무 가지를 동결건조한 후 분쇄기(RT-08, MHK Co., 서울)를 이용하여 분말화한 단감시료 1 g을 각각 10 mL의 아세톤, 70% 아세톤, 메탄올로 상온에서 24시간동안 추출하였다 [Matsushita 등, 2010]. 각각의 추출물은 여과지(Whatman No. 1)로 여과한 후 회전진공농축기(EYELA N-1000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 40°C에서 농축하였다. 각 농축물은 50 mg/mL의 농도로 DMSO에 녹여 4°C에서 보관하면서 적당한 농도로 희석해서 실험에 사용하였다.

총 페놀 함량. 총 페놀 함량은 Gutfinger의 방법[Gutfinger, 1981]을 변형하여 측정하였다. 즉, 1 mg/mL의 농도로 제조된 감나무 가지 추출물 1 mL를 취하여 2%(w/v) Na₂CO₃용액 1 mL를 가하고 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 첨가하여 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10 분간 13,400×g에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 mg/g 단위로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능. DPPH 라디칼 소거능은 Jeong 등 [2004]의 방법에 준하여 시료 0.1 mL에 4.1×10⁻⁵ M의 DPPH 용액 0.9 mL를 가한 후 상온에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 라디칼 소거능으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능. ABTS 라디칼 소거능은 Muller[1985]의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.1 mL에 0.1 M의 인산 완충 용액(pH 5.0) 0.1 mL과 10 mM의 hydrogen peroxide 20 mL을 가하고 이 혼합물을 37°C에서 5분간 예비반응을 시켰다. 이 반응물에 1.25 mM의 ABTS와 peroxidase(1 U/mL)를 각각 0.03 mL씩 넣고 다시 37°C에서 10분간 반응을 시킨 후, Multiplate Reader(Sunrise RC/TS/TS Color-TC/TW/BC/6Filter, Tecan Austria GmbH, Grödig, Austria)를 이용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

환원력. 환원력은 Oyaizu의 방법[1986]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 시료와 1%(w/v) potassium ferricyanide 용액 1 mL을 가하고 이 혼합물을 50°C에서 20분간 반응을 시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid 용액 1 mL을 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 12,000 rpm에서 원심분리하여 얻은 상정액 1 mL과 증류수 1 mL을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리. 데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System)[1995]를 이용하여 평균과 표준오차, Newman-Keuls multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

추출 수율. 건조된 감나무 가지로부터 목재의 유용성분의 추출에 널리 이용되고 있는 용매를 사용하여 추출한 수율을 Table 1에 나타내었다. 건조된 감나무 가지의 추출은 아세톤과 메탄올을 이용하였을 때에는 부유(Fuyu)와 서촌조생(Nishimurawase) 품종이 서로 비슷한 수율을 나타내었지만, 70% 아세톤 추출물에서는 두 품종이 각각 5.81%와 14.43%로 서촌조생 품종이 상당히 높은 수율을 나타내었다. 아세톤으로 추출한 경우에는 0.72%와 0.68%로 두 품종 모두 가장 매우 낮은 추출 수율을 나타내었다.

총 페놀 함량. 감나무 가지 추출물의 총 페놀 함량을 조사하여 Table 2에 나타내었다. 그 결과, 부유 품종의 경우 아세톤 추출물이 22.48 mg/g로 가장 페놀 함량이 높았고, 다음으로 메탄올(15.54 mg/g), 70% 아세톤(13.24 mg/g) 순으로 함량이 나타

Table 1. Extracting yields of Fuyu and Nishimurawase sweet persimmon branches according to solvents (unit: %)

Solvents	Cultivars of sweet persimmon	
	Fuyu	Nishimurawase
Acetone	0.72	0.68
70% Acetone	5.81	14.43
Methanol	3.43	2.94

Table 2. Total phenol contents of extracts from Fuyu and Nishimurawase sweet persimmon branches according to solvents (unit: mg GAE/g)

Solvents	Cultivars of sweet persimmon	
	Fuyu	Nishimurawase
Acetone	22.48±0.50 ^{ax}	19.05±0.41 ^{bx}
70% Acetone	13.24±0.25 ^{az}	4.03±0.28 ^{bz}
Methanol	15.54±0.40 ^{ay}	14.07±0.33 ^{by}

All measurements were done in triplicate, and all values are means±standard deviation

Different letters within a row (a-b) and a column (x-z) are significantly different ($p < 0.05$), $n = 3$.

났다. 서촌조생 품종에서도 아세톤 추출물이 19.05 mg/g로 가장 함량이 많았지만, 모든 추출물에서 부유 품종에 비해 낮은 페놀 함량을 보였다.

감 과육의 총 페놀 함량을 비교한 결과에 따르면 단감은 뽕은감보다 페놀 함량이 4-6배 낮으며 건조 무게 100 g당 14.8-18.4 mg이 함유되어 있다고 한다[Suzuki 등, 2005]. 그리고 감 잎의 물 추출물은 112±4.5 mg/g, 메탄올 추출물은 59.3±2.1 mg/g의 페놀 함량 가진다고 한다[Sakanaka 등, 2005]. 이를 통해 감나무 가지가 잎에 비해서는 약 5배 정도 낮은 페놀 함량을 나타내지만, 과육과 비교해서 실험결과를 건조 무게 100 g 당으로 환산하면, 부유 품종 감나무 가지의 아세톤 추출물은 16.19 mg/100 g, 메탄올 53.30 mg/100 g, 70% 아세톤은 76.92 mg/100 g으로 나타났고, 서촌조생의 경우 아세톤 추출물이 12.95 mg/100 g, 메탄올 41.34 mg/100 g, 70% 아세톤 58.12 mg/100 g으로 두 품종 모두 과육과 비슷하거나 높은 페놀 함량을 나타내었다. 페놀 화합물은 식물의 2차 대사산물의 주요 물질로서, 수산기를 가지는 방향족 화합물을 총칭하며, 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하여 항산화 및 항암 등의 다양한 생리활성을 나타낸다[Lee 등, 2005]. 페놀성 화합물이 인체 내에서 항산화 활성 등의 생리활성을 나타내는 것이 알려지면서 천연물로부터 항산화 물질을 추출하려는 연구가 여러 분야에서 이루어지고 있다[Kang 등, 2002]. 본 연구에서는 감나무 가지로부터 높은 함량의 페놀 화합물을 추출할 수 있음을 확인하였고, 이를 바탕으로 감나무 가지도 천연 항산화물의 소재로 이용될 수 있음을 뒷받침한다.

DPPH 라디칼 소거능. 감나무 가지 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 Table 3에 나타내었다. 그 결과, 부유 감나무 가지의 아세톤 추출물의 IC₅₀값이 701.48 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였으며, 메탄올 추출물과 70% 아세톤 추출물은 각각 851.33 µg/mL과 1066.44 µg/mL의 IC₅₀값을 보였다. 서촌조생 감나무

가지의 경우 가장 활성이 좋았던 아세톤 추출물이 1138.31 µg/mL로 부유에 비해 전체적으로 낮은 활성을 보였다.

뽕은 감의 과육과 잎의 80% 메탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 IC₅₀값은 78.02 µg/mL과 64.47 µg/mL로 보고된 바 있다[Hong 등, 2008]. 일반적으로 뽕은 감은 단감보다 페놀 함량이 높고 항산화력이 높으므로 본 연구의 결과와 직접 비교하기는 어렵지만 본 연구에 이용된 단감나무 가지의 DPPH 라디칼 소거능은 뽕은 감의 과육과 잎에 비해서는 낮은 활성을 보였다. 한편 산딸나무 가지의 80% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 IC₅₀값은 204 µg/mL로 보고되었는데[Kim 등, 2008], 이와 비교하면 단감나무 가지의 DPPH 라디칼 소거능은 산딸나무 가지에 비해 약 3-4배 낮은 것으로 생각된다.

ABTS 라디칼 소거능. 감나무 가지 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 Table 4에 나타내었다. 부유 감나무 가지의 아세톤 추출물에서 IC₅₀값이 493.76 µg/mL로 가장 높은 활성을 보였다. 이는 양성 대조구인 순수 합성 항산화제인 BHT (310.16 µg/mL)에 비해 1.59배 낮은 값으로 매우 높은 활성이라 할 수 있다. 추출 용매의 영향은 전체적으로 DPPH 라디칼 소거능의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 DPPH 라디칼 소거능과 비교했을 때, ABTS 라디칼 소거능은 상대적으로 낮은 IC₅₀값을 보였다. ABTS는 유리기(hydroxyl, peroxy, alkoxy)들과 반응하여 상대적으로 안정한 ABTS·⁺를 형성한다[Lee 등, 2005]. 수소 혹은 전자를 받음으로 활성을 나타내는 DPPH 라디칼 소거능에 비해 ABTS 라디칼 소거능의 경우 hydrogen-donating antioxidants와 chain breaking antioxidants 모두를 측정할 수 있고, 친수성 물질과 소수성 물질의 항산화력 측정에 가능하므로 일반적으로 DPPH 라디칼 소거능보다는 높은 활성을 나타낸다[Re 등, 1999].

신선한 감 과육의 95% 에탄올 추출물의 경우, 200 µg/mL 농도에서 68%의 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었다[Park 등,

Table 3. DPPH radical scavenging activity of extracts from Fuyu and Nishimurawase sweet persimmon branches according to solvents
(unit: IC₅₀ (µg/mL)¹⁾)

Solvents	Cultivars of sweet persimmon		Positive control	
	Fuyu	Nishimurawase	Vit-C	BHT
Acetone	701.48±19.72 ^{bz}	1,138.31±57.88 ^{az}		
70% Acetone	1,066.04±42.06 ^{bx}	4,180.10±92.86 ^{ay}	28.84±0.24	298.47±4.82
Methanol	851.33±13.49 ^{by}	1,181.09±28.33 ^{az}		

All measurements were done in triplicate, and all values are means± standard deviation
Different letters within a column (a-c) and a row (x-z) are significantly different ($p<0.05$)

¹⁾IC₅₀ (µg/mL): Concentration for scavenging 50% of DPPH radicals

Table 4. ABTS radical scavenging activity of extracts from Fuyu and Nishimurawase sweet persimmon branches according to solvents
(unit: IC₅₀ (µg/mL)¹⁾)

Solvents	Cultivars of sweet persimmon		Positive control	
	Fuyu	Nishimurawase	Vit-C	BHT
Acetone	493.76±12.59 ^{bz}	861.21±12.28 ^{az}		
70% Acetone	759.84±39.22 ^{bx}	1284.11±23.63 ^{ax}	28.05±0.17	310.16±3.98
Methanol	643.55±28.09 ^{by}	948.58±40.26 ^{ay}		

All measurements were done in triplicate, and all values are means±standard deviation
Different letters within a row (a-b) and a column (x-z) are significantly different ($p<0.05$), n=3.

¹⁾IC₅₀ (µg/mL): Concentration for scavenging 50% of ABTS radicals

Table 5. Reducing power of extracts from Fuyu and Nishimurawase sweet persimmon branches according to solvents (unit: IC₅₀ (μg/mL)¹⁾)

Solvents	Cultivars of sweet persimmon		Positive control	
	Fuyu	Nishimurawase	Vit-C	BHT
Acetone	1218.57±10.91 ^{bx}	1746.44±67.90 ^{az}		
70% Acetone	1712.32±4.68 ^{by}	10947.25±25.00 ^{ay}	24.01±0.15	52.32±0.22
Methanol	2527.18±17.42 ^{ax}	1730.42±72.50 ^{bz}		

All measurements were done in triplicate, and all values are means±standard deviation

Different letters within a row (a-b) and a column (x-z) are significantly different ($p<0.05$), $n=3$.

¹⁾IC₅₀ (μg/mL): Concentration for increasing 0.500 value of optical density

2006]. 이것을 부유 감나무 가지 아세톤 추출물의 IC₅₀값이 493.76 μg/mL인 것과 비교하면 과육에 비해 3배 정도 낮은 ABTS 라디칼 소거능임을 알 수 있다. 산딸나무 가지의 80% 에탄올 추출물의 경우, ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀값이 1,041 μg/mL로 보고되었는데[Kim 등, 2008], 부유 감나무 가지의 아세톤 추출물이 약 2.11배 높은 ABTS 라디칼 소거능을 가지는 것을 알 수 있다.

환원력의 측정. 항산화 성분들은 세포막 지질이나 DNA의 손상을 유발하여 노화, 발암 등의 유해 작용을 하는 활성산소종 및 유리기의 발생이나 작용을 차단하여 산화적 손상을 예방한다. 환원력은 이런 작용의 여러 가지 기전 중에서 활성산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이므로 항산화 활성을 검정할 수 있다[Nam 등, 2003]. 감나무 가지 추출물의 부위별 환원력을 Table 5에 나타내었다. 2가지 품종의 추출물 중 아세톤에서 가장 높은 환원력이 나타났고, 이것은 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능과 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 서촌조생의 70% 아세톤 추출물에서 IC₅₀값이 10947.25 μg/mL로 다른 추출물에 비해 상당히 낮은 결과가 나타났다.

이상의 결과로 단감나무 가지에는 상당한 수준의 항산화 활성이 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 근래 웰빙의 영향으로 다양한 식물류가 다양한 용도로 이용되고 있는데 녹차, 쑥, 편백나무 등을 이용한 탕도 그 예가 된다. 감의 경우도 잎에 비타민 C가 다량 함유되어 있어 건강식품으로 좋은 평가를 받고 있다. 감을 활용한 체험마을에서는 여러 프로그램을 개발하고 있는데 그중의 하나가 감의 잎과 가지를 활용한 옥타이다. 본 결과는 감의 가지를 건강에 유익한 소재로 활용할 수 있는 근거를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

초 록

경남 진영에서 재배되고 있는 부유와 서촌조생 품종의 감나무 가지를 각각 메탄올, 아세톤, 70% 아세톤으로 추출한 후 항산화 활성을 조사하였다. 총 페놀 함량의 경우, 부유 감나무 가지의 아세톤 추출물이 620.74 mM GAE로써 가장 높았고, 서촌조생 감나무 가지의 아세톤 추출물은 525.91 mM GAE이었다. 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력 모두 부유 감나무 가지의 아세톤 추출물에서 가장 높은 활성을 보였으며, 메탄올과 70% 아세톤 추출물 순으로 높은 활성을 나타내었다. 이상의 결과로 부유 감나무 가지

가 서촌조생 감나무 가지에 비해 높은 항산화 활성을 가지며, 용매별로는 아세톤 추출물이 높은 항산화 활성을 가지는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 단감 나뭇가지가 천연 항산화제로서 가능성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

Key words: antioxidant activity, persimmon, branch

감사의 글

본 논문은 2008년도 단감수출연구사업단 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- Achiwa Y, Hibasmi H, Katsuzaki H, Iami K, and Komiya T (1997) Inhibitory effects of persimmon (*Diospyros kaki*) extract and related polyphenol compounds on growth of human lymphoid leukemic cells. *Biosci Biotechnol Biochem* **61**, 1099-1101.
- Bae SM, Park KJ, Shin DJ, Hwang YI, and Lee SC (2001) Preparation and characterization of jochung with sweet persimmons. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* **44**, 88-91.
- Bae SM, Park KJ, Kim JM, Shin DJ, Hwang YI, and Lee SC (2002) Preparation and Characterization of sweet persimmon wine. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* **45**, 66-70.
- Choi JH, Lee EY, Kim GJ, Park IH, Kim JS, Choi GB, Jung SG, and Ham YS (2006) Physicochemical properties and physiological activities of Ulsan sweet persimmon peel·flesh according to cultivars. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **49**, 309-314.
- George AP and Redpath S (2008) Health and medicinal benefits of persimmon fruit: a review. *Adv Hort Sci* **22**, 244-249.
- Gutfinger T (1981) Polyphenols in olive oil. *J Am oil Chem Soc* **58**, 966-968.
- Heo CY and Cho SH (2002) Effect of storage conditions on the quality of 'Fuyu' persimmon fruit and cucumbers. *Korean J Food Preserv* **9**, 126-130.
- Hong JH, Kim HJ, Choi YH, and Lee YS (2008) Physiological activities of dried persimmon, fresh persimmon and persimmon leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **37**, 957-964.
- Jang IC, Jo EK, Bae MS, Lee HJ, Jeon GI, Park E, Yuk HG, Ahn GH, and Lee SC (2010) Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruit. *J Med Plants Res* **4**, 155-160.

- Jeong, SM, Kim SY, Park HR, and Lee SC (2004) Effect of far-infrared radiation on the activity of extracts from Citrus unshiu peels. *J Korean Sc Food Sci Nutr* **33**, 1580-1583.
- Kang MH, Choi CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG, and Park HW (2002) Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch, and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. *Korean J Food Sci Technol* **34**, 1098-1102.
- Kim IY, Chang TH, and Lee YS (2005) Effects of foliar spray of calcium chloride on calcium concentrations in leaf and fruit tissues of 'Nishimurawase' and 'Fuyu' persimmon trees and fruits storability. *Korean J Hort Sci Technol* **23**, 293-300.
- Kim YJ, Jeong JA, Kwon SH, and Lee CH. (2008) Comparison of biological activities of extracts from different parts and solvent fractions in Cornus kousa Buerg. *Korean J Plant Res* **21**, 28-35.
- Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, and Lee IS (2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J Food Sci Technol* **37**, 233-240.
- Lee YJ (2004) Optimal dimension of PE film bag according to fruit size in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *Korean J Food Sci Technol* **36**, 733-739.
- Matsushita Y, Yamauchi K, Takabe K, Awano T, Yoshinaga A, Kato M, Kobayashi T, Asada T, Furujo A, and Fukushima K (2010) Enzymatic saccharification of Eucalyptus bark using hydrothermal pre-treatment with carbon dioxide. *Bioresource Technol* **101**, 4936-4939.
- Muller HE (1985) Detection of hydrogen peroxide produced by microorganism on ABTS-peroxidase medium. *Zentralbl Bakteriol Mikrobio Hyg* **259**, 151-158.
- Nam SH, Chang SM, and Kang MY (2003) Varietal difference in antioxidative activity of ethanolic extracts from colored Rice Bran. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* **46**, 16-22.
- Oyaizu M (1986) Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap J Nutr* **44**, 307-315.
- Park YS and Kim SR (2002) Effects of prestorage conditioning and hot water dip on fruit quality of non-astringent 'Fuyu' persimmons during cold storage. *J Kor Soc Hort Sci* **43**, 58-63.
- Park YS, Jung ST, Kang SG, Delgado-Licon E, Ayala ALM, Tapia MS, Martin-Belloso O, Trakhtenberg S, and Gorinstein S (2006) Drying of persimmons (*Diospyros kaki* L.) and the following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT-Food Sci Technol* **39**, 748-755.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, and Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* **26**, 1231-1237.
- Sakanaka S, Tachibana Y, and Okada Y (2005) Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoba-cha). *Food Chem* **89**, 569-575.
- SAS (1995) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, NC, USA
- Shin DJ, Kim KH, Sung TS, Kim JH, Son GM, and Hwang YI (2000) Physicochemical properties of prepersimmon. *Korean J Food Nutr* **13**, 440-445.
- Son GM, Kim KH, Sung TS, Kim JH, Shin DJ, Jeong JY, and Bae YI (2002) Physicochemical characteristics of sweet persimmon by heating treatments. *Korean J Food Nutr* **15**, 144-150.
- Suzuki T, Someya S, Hu F, and Tanokura M (2005) Comparative study of catechin compositions in five Japanese persimmons (*Diospyros kaki*). *Food Chem* **93**, 149-152.