

국내산 복숭아 유과의 품종별 항산화 활성 및 미백활성 평가

김경희¹ · 김다미¹ · 유성률² · 육홍선^{1*}

¹충남대학교 식품영양학과

²세명대학교 임상병리학과

Antioxidant and Whitening Activities of Various Cultivars of Korean Unripe Peaches (*Prunus persica* L. Batsch)

Kyoung-Hee Kim¹, Da-Mi Kim¹, Sungryul Yu², and Hong-Sun Yook^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Dept. of Clinical Laboratory Science, Semyung University, Chungbuk 390-711, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the biological activities, including the total polyphenolic contents, antioxidant activities, and tyrosinase inhibition activities, of various cultivars of unripe peaches (*Prunus persica* L. Batsch). The results indicate that the total polyphenolic content (gallic acid equivalent mg/g) was the highest in Yumefuji among six-cultivars (Takinosawa Gold, Kawanakawase Hakuto, Madoka, Yumefuji, Nagasawa Hakuho, and Hong Bak) of unripe peaches, whereas it was the lowest in Madoka. Antioxidant effects of unripe peaches were determined in three different *in vitro* bioassays measuring DPPH radical scavenging, ABTS radical scavenging, and reducing power activity. In the results, antioxidant activity was also higher in Yumefuji than other cultivars. Tyrosinase inhibition activity ranged from 4.65% to 8.58%, and Hong Bak displayed the highest tyrosinase inhibition activity, although the difference was not significant. This study will provide information on antioxidant and tyrosinase inhibition activities for the development of natural compounds as functional cosmetics.

Key words: Korean unripe peaches, polyphenolic compounds, antioxidant activities, whitening activity, biological activity

서 론

유해 산소라 불리는 활성산소(free radical oxygen)란 미토콘드리아, 식세포 또는 세포질에서 정상적인 대사과정 중 여러 가지 생화학적 반응에 의해 생성되는 짝짓지 않은 상태의 전자를 갖는 유리라디칼들을 말하며, 세포 생체막의 구성 물질인 불포화지방산을 공격하여 과산화반응을 일으킨다(1). 이러한 유리라디칼들은 반응성과 파괴성이 매우 높아 생체 내의 세포막, 단백질, DNA 및 효소 등을 손상시키는 등 세포와 조직에 해로운 반응을 일으켜 암 및 동맥경화 등의 질병을 유발하며 노화와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(2-8). 이에 피부노화와 관련한 다양한 기능성 소재 탐색이 진행되고 있는데, 특히 천연 식물자원을 이용한 안전성과 효과가 뛰어난 항산화제를 개발하고자 하는 연구가 시도되고 있다(9).

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과에 속하는 복숭아나무의 열매로 중국이 원산지이고, 실크로드를 통하여 서양으로 전해져 전 세계 약 3,000종의 품종이 있다. 우리나라

의 재배 주산지는 경북, 충남, 충북, 경남 순으로 성숙기 강우량이 적은 지역을 중심으로 재배되어 왔으며(10), 우리나라 복숭아 재배면적은 14,000 ha로 10 a당 수량은 1,000 kg 내외로 알려져 있고, 1975년부터 면적이 꾸준히 늘어나 생산량이 증가되었으나 앞으로는 가공용 품종의 국제경쟁력이 약화되면서 도태과원이 증가될 전망이다. 국내 육성 품종으로는 백미조생, 원봉조생, 월미복숭아, 신백도 등 14 여종이 있으며, 최근 도입된 품종으로는 이즈미백도, 일천백봉, 몽부사, 장택백봉 등이 있다(11).

복숭아는 국내 과실 생산량 중 감귤, 사과, 포도, 배, 단감에 이어 6위이며 국내 전체 과실 생산량의 8%를 점유하고 있다(12). 그러나 복숭아는 재배과정에서 매년 4월 초순부터 5월 초순까지 3~4회 적과하며, 전체의 90% 이상을 차지하는 적과된 복숭아 유과는 소비되지 못하고 전량 폐기되고 있는 실정이다. 현재 미국과 브라질을 중심으로 이러한 폐기되는 식량자원을 통한 바이오에탄올로의 대체 에너지 개발이 연구되고 있으나(13-17), 바이오에탄올 생산 공장의 경우 연간 1천 톤 이상의 생산량이 확보되어야만 경제성이 있

*Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

으므로 국내의 경우 바이오에탄올 생산에 사용될 수 있는 폐기 대상 과일의 양이 이에 미치지 못해 다른 용도로 사용하는 것이 더 경제적이라 사료된다.

이에 본 연구에서는 품종별 복숭아 유과의 총 페놀함량 및 항산화 활성의 검증을 통해 유효 생리활성 성분을 비교·탐색하여 전량 폐기되는 복숭아 유과의 활용증진을 위한 연구의 일환으로 산업 소재로서의 가능성을 평가하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 복숭아 유과는 충남 연기군 조치원읍 일원에서 2011년 5월 하순에 적과한 것을 이용하였으며, 용택골드(Takinosawa Gold), 천중도백도(Kawanakawase Hakuto), 마도카(Madoka), 몽부사(Yumefuji), 장택백봉(Nagasawa Hakuho), 홍백(Hong Bak) 총 6 품종을 사용하였다. 시료는 1% Na₂HCO₃로 수세하여 털을 제거한 후, 분쇄하여 동결건조(SFDSM12-60Hz, Samwon Freezing Engineering Co., Seoul, Korea)한 다음 분말화하여 밀봉 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다. 시료의 산업적 이용 가능성을 확인하기 위한 실험으로 총 폴리페놀 함량 측정 실험에서는 증류수를 용매로 사용하였으며, 나머지 실험들에서는 methanol을 용매로 사용하여 2시간 shaking 후 원심분리한 다음 상등액을 이용하여 실험하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu의 방법에 따라 측정하였다(18). 각 시료를 증류수에 50 mg/mL로 희석한 후 0.2 mL 취하고 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 0.2 mL을 첨가한 후 25°C에서 3분간 반응시키고, 10% Na₂CO₃ 3 mL을 가하여 25°C에서 1시간 방치 후 UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1825, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 표준곡선을 gallic acid(Sigma)로 구하였으며 표준 검량식에 적용하여 시료 중 gallic acid equivalent(GAE mg/g)로 나타내어 총 폴리페놀 화합물 함량을 구하였다.

DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능 분석은 DPPH(Sigma)를 이용하여 시료의 라디칼 소거효과(radical scavenging effect)를 측정하는 방법으로, Blois(19)의 방법으로 측정하였다. Methanol에 희석시킨 시료 1 mL에 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가한 뒤 vortex mixer로 10초간 진탕하고 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아래의 식을 이용하여 각 시료의 농도 별 free radical scavenging activity 곡선을 그린 뒤, 50%의 DPPH free radical scavenging activity(DPPH IC₅₀)를 나타내는 값을 구하였다.

DPPH radical scavenging activity (%)

$$= \left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능

ABTS 라디칼 소거활성은 측정은 Re 등(20)의 방법에 의해 측정하였다. 7 mM ABTS와 140 mM K₂S₂O₈을 5 mL:88 μL로 섞어 어두운 곳에 12~16시간 방치시킨 후, 이를 absolute ethanol과 1:88의 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 조절한 ABTS solution을 사용하였다. Methanol에 20 mg/mL의 농도로 맞춘 시료용액 50 μL와 ABTS solution 1 mL를 30초 동안 섞은 후 2.5분간 incubation하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 식에 의해 저해율을 계산하였다.

ABTS radical scavenging activity (%)

$$= \left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{control absorbance}}\right) \times 100$$

Reducing power

Reducing power는 Oyaizu(21)의 방법에 따라 측정하였다. Methanol을 용매로 농도를 각각 달리하여(0, 5, 10, 50 mg/mL) 첨가한 화합물 1 mL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 1 mL와 1% potassium ferricyanide(Sigma) 1 mL를 혼합시켰다. 그리고 혼합물을 50°C에서 20분 동안 incubation 시킨 후 10% trichloroacetic acid(w/v) 1 mL를 첨가시킨 후 10분 동안 3000 rpm으로 원심분리 시켜 상등액 1 mL에 증류수 1 mL와 0.1% ferric chloride(Sigma) 0.1 mL를 첨가시켰고, 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Tyrosinase 저해활성

0.1 M potassium phosphate buffer(pH 6.8) 200 μL에 10 mM L-DOPA를 녹인 기질액 400 μL와 methanol에 0.1 mg/mL의 농도로 희석한 시료용액 200 μL를 혼합한 용액에 mushroom tyrosinase 200 μL를 첨가하여 25°C에서 15분 반응시킨 후, 생성된 DOPA chrome을 spectrophotometer의 475 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tyrosinase 저해 활성은 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율을 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{Tyrosinase inhibition ability (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C}\right) \times 100$$

A: Absorbance at 475 nm determined with sample

B: Absorbance at 475 nm determined with buffer instead of enzyme

C: Absorbance at 475 nm determined with buffer instead of sample

통계처리

통계처리는 SPSS Statistics 18.0 Network Version(on release 18.0.1 of PASW Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL,

Table 1. Total polyphenol content of unripe peaches according to cultivars

Cultivars	Total polyphenol content (GAE mg/g)
Takinosawa Gold	8.24±0.30 ^{1)bc2)}
Kawanakawase Hakuto	7.51±0.17 ^{cd}
Madoka	7.24±0.13 ^d
Yumefuji	9.95±0.27 ^a
Nagasawa Hakuho	7.74±0.19 ^{bcd}
Hong Bak	8.45±0.56 ^b

¹⁾Mean±SD (n=3).

²⁾Different letters (a-d) differ significantly (p<0.05).

USA) software를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 유의적 차이가 있을 경우 다중비교분석법인 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

복숭아 유과 추출물의 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 1에 나타내었다. 복숭아 유과의 품종별 폴리페놀 함량을 살펴보면, 몽부사 과육에서 9.95 GAE mg/g으로 비교적 높은 함량이 존재하는 것으로 나타났으며, 뒤를 이어 홍백 (8.45 GAE mg/g), 용택골드(8.24 GAE mg/g), 장택백봉 (7.74 GAE mg/g), 천중도백도(7.51 GAE mg/g), 마도카 (7.24 GAE mg/g) 순으로 나타났다. 복숭아 성숙과와 비교했을 경우 같은 실험 방법에서 9.87 GAE mg/100 g을 보이며 매우 적은 폴리페놀 함량을 나타냈다(22). Kubota 등(23)의 연구에서 또한 6월 중순의 수확 이후 복숭아의 폴리페놀 함량은 성숙에 비례하여 적어짐을 확인할 수 있었다. 딸보리수, 대추 및 밀감의 연구에서도 성숙에 비례하여 폴리페놀 함량이 적어짐을 나타내었다(24-26). Marinova 등(27)의 연구에 의하면 동결건조한 과실을 80% methanol을 용매로 ultrasonic bath에서 20분 처리한 blueberry와 sour cherry의 총 폴리페놀 함량은 각각 6.71 및 4.30 GAE mg/g으로 본 실험 결과와 비교하여 비슷하거나 더 낮은 함량을 보였다. 또한 껍질을 벗긴 배, 사과가 껍질을 벗기지 않은 것에 비하여 각각 1.37배 및 1.20배 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내는 것을 보아(27) 본 연구의 높은 폴리페놀 함량은 시료에 포함된 껍질 내에 다량 함유된 폴리페놀 화합물의 영향으로 사료된다.

항산화 활성 평가

DPPH는 free radical이며 ABTS는 cation radical이라는 점에서 차이가 있으며(28), DPPH 및 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 품종별 복숭아 유과 과육의 DPPH radical 소거능의 IC₅₀값을 dry basis로 산출한 결과 몽부사, 용택골드, 마도카, 장택, 천중도백도, 홍백 순으로 활성이 높게 나타났으며 각각 3.14, 5.26, 5.46, 7.19, 7.24, 7.43

Table 2. DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity of unripe peaches according to cultivars

Cultivars	DPPH radical scavenging activity (mg/mL) ¹⁾²⁾	ABTS radical scavenging activity (%)
Takinosawa Gold	5.26±0.38 ³⁾⁴⁾	80.09±0.53 ^c
Kawanakawase Hakuto	7.24±0.93 ^a	78.97±1.86 ^c
Madoka	5.46±0.43 ^b	79.81±1.46 ^c
Yumefuji	3.14±0.25 ^c	99.72±0.13 ^a
Nagasawa Hakuho	7.19±0.79 ^a	87.79±1.33 ^b
Hong Bak	7.43±0.09 ^a	97.37±2.92 ^a

¹⁾Amount required for 50% reduction of hydrogen donating activity.

²⁾Vitamin C used as positive control showed IC₅₀ value on DPPH and ABTS radical scavenging activity at 10.43 µg/mL and 50.79 µg/mL.

³⁾Mean±SD (n=3).

⁴⁾Different letters (a-c) within a same column differ significantly (p<0.05).

mg/mL로 유의적 차이를 나타내었다. 본 실험에서 양성대조군으로 사용한 vitamin C는 10.43 µg/mL에서 IC₅₀값을 보여 주었다. 매실 과육 및 성숙 복숭아 과육을 본 연구와 같은 실험 방법으로 측정한 결과 100 mg/mL에서 각각 80%, 76.98%의 라디칼 소거능을 나타냈다(22,29). 이로서 복숭아 유과는 비슷한 성상을 가지는 과실과 비교하여 우수한 항산화 활성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 또한 성숙에 따라 활성이 줄어들음을 확인하였는데 이는 딸보리수, 블랙 라즈베리에서도 같은 결과를 보였다(24,30). 복분자 딸기를 연구한 Cha 등(31)의 연구에서는 완숙과가 미숙과에 비하여 더 높은 활성을 보이므로 본 연구와 다른 결과를 보였는데, 이는 성숙에 따른 총 페놀 함량 증가에 기인한다고 사료된다.

복숭아 유과 과육의 ABTS radical 소거능을 측정한 결과, 품종에 따라 78.97~99.72%의 활성을 확인할 수 있었으며, 본 실험에서 양성대조군으로 사용한 vitamin C의 IC₅₀값은 50.79 µg/mL이었다. ABTS radical 소거능이 가장 높은 시료는 몽부사였고 가장 낮은 시료는 천중도백도로 나타났다. 복숭아 유과 과육의 ABTS radical 소거활성은 DPPH radical 소거활성에서보다 저농도에서도 높은 활성을 보여주는 것으로 나타났다. Jo 등(32)의 연구에서 포도가공부산물을 이용하여 ABTS radical 소거활성을 측정한 결과, 5 mg/mL에서 98.66%의 높은 활성을 보이는 것으로 나타나 복숭아 유과에 비해 높은 활성을 보였다. 또한 50 mg/mL의 농도로 측정된 DPPH radical 소거활성에서 88.86%를 보이므로 저농도의 ABTS 소거활성에서 높은 활성을 보여줌을 확인하였다.

Reducing power 실험은 ferric-ferricyanide(Fe³⁺) 혼합물이 수소를 공여하여 free radical을 안정화시켜 ferrous(Fe²⁺)로 전환하는 환원력을 흡광도 값으로 나타낸 것이며 이는 Fig. 1과 같다. 농도별로 복숭아 유과 과육 추출물의 환원력을 측정된 결과 농도가 높아짐에 따라 활성이 증가하는 경향

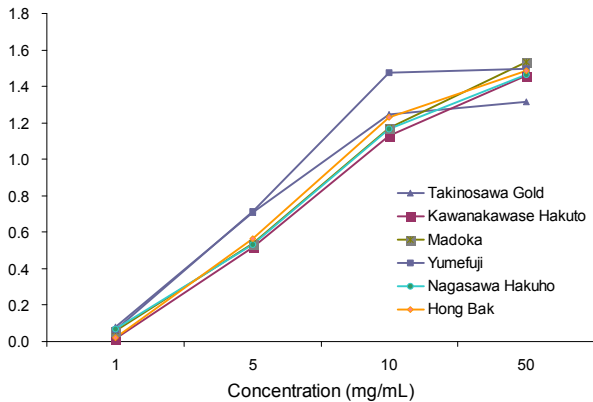


Fig. 1. Reducing power of unripe peaches according to cultivars.

을 보였으며, 농도 의존적인 경향을 나타내었다. 6종의 품종을 검정한 결과 10 mg/mL에서 몽부사(OD₇₀₀=1.48)가 가장 높은 활성을 나타냈으며, 다음으로 용택골드, 홍백, 마도카, 장택백봉, 천중도백도가 각각 1.25, 1.23, 1.17, 1.17, 1.13의 OD값으로 높은 활성을 나타내었다.

Tyrosinase 저해 활성

본 연구에서는 tyrosinase 효소의 작용 저해 효과를 나타내는 대표적인 물질인 kojic acid를 양성대조군으로 사용하여 비교하였으며, 복숭아 유과 과육의 tyrosinase 활성 저해 효과는 Table 3과 같다. 같은 조건에서 kojic acid는 69.85%의 높은 저해율을 확인할 수 있었다. 품종별 복숭아 유과의 0.1 mg/mL 농도에서는 홍백, 천중도백도, 장택백봉, 몽부사, 용택골드, 마도카 순으로 8.58, 8.26, 7.81, 6.88, 5.75, 4.65%의 tyrosinase 저해 활성을 나타내며, 홍백 과육 추출물이 가장 tyrosinase 활성 저해능이 높았으며, 마도카 과육 추출물이 가장 낮았다. 완숙된 탕자의 tyrosinase의 저해효과를 각 부위별 추출물의 농도에 따라 측정된 결과(33) 2.0 mg/mL의 농도에서 1.97~11.54%의 저해능을 나타내었으며 과육에서는 21.79%로 높은 항산화능을 보였다. 또한 비과 과육 추출물(34)은 4 mg/mL에서 16%를, 참다래 과육 추출물(35)은 2 mg/mL에서 6.8~14.4%의 tyrosinase 활성 저해 효과를 나타냈다. 복숭아 유과는 낮은 농도에서도 탕자나 비과, 참다래와 비교하여 유사한 저해율을 보임으로 melanine 생성

Table 3. Tyrsinase inhibition activity of unripe peaches according to cultiovars

Cultivars	Tyrosinase inhibition activity (%)
Takinosawa Gold	5.75 ± 1.75 ^{1)NS2)}
Kawanakawase Hakuto	8.26 ± 0.24
Madoka	4.65 ± 0.73
Yumefuji	6.88 ± 1.22
Nagasawa Hakuho	7.81 ± 1.42
Hong Bak	8.58 ± 2.85

¹⁾Mean ± SD (n=5).

²⁾Not significant.

억제 및 생물체의 갈변화를 저해하는 화장품 소재로서의 개발에 활용될 수 있을 것이며, 높은 항산화능을 바탕으로 복숭아 유과를 이용한 항산화 건강 기능성 식품의 소재로도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구에서는 복숭아 유과 과육의 품종에 따른 총 폴리페놀 함량과 항산화능 및 tyrosinase 저해 활성을 알아보고자 하였다. 품종별 복숭아 유과 과육의 총 폴리페놀 함량은 7.24~9.95 mg/g의 함량을 나타내며 마도카에서 가장 낮고 몽부사에서 가장 높았으며, DPPH 및 ABTS radical 소거능에서 몽부사의 radical 소거능이 가장 높게 나타났다. Reducing power에서의 항산화 실험 결과 역시 몽부사에서 가장 높게 나타났으며, tyrosinase 저해 활성에서는 홍백에서 가장 높은 tyrosinase 저해능을 보였으나 6품종간의 유의적 차이는 확인할 수 없었다. 따라서 본 연구 결과에 따라 복숭아 유과 과육은 항노화 및 미백활성으로 화장품 산업에서 천연 물질로 잠재적인 기능성을 가지고 있을 것으로 사료된다.

문 헌

- Papa S, Skulachev VP. 1997. Reactive oxygen species, mitochondria, apoptosis and aging. *Mol Cell Biochem* 174: 305-319.
- Block G. 1993. Vitamin C, cancer, and aging. *Age* 16: 55-58.
- Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC, Colditz GA. 2000. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J Natl Cancer Inst* 92: 1812-1823.
- Halliwell B, Gutteridge JM. 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Method Enzymol* 186: 1-85.
- Regnstrm J, Nilsson J, Tornvall P, Landou C, Hamsten A. 1992. Susceptibility to low-density lipoprotein oxidation and coronary atherosclerosis in man. *Lancet* 339: 1183-1186.
- Gey KF, Puska P, Jordan P, Moser UK. 1991. Inverse correlation between plasma vitamin E and mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Am J Clin Nutr* 53: 326-334.
- Abuja PM, Albertini R. 2001. Methods for monitoring oxidative stress, lipid peroxidation and oxidation resistance of lipoproteins. *Clin Chim Acta* 306: 1-17.
- Ames BN. 1989. Endogenous DNA damage as related to cancer and aging. *Mutat Res* 214: 41-46.
- Lim AK, Jung YJ, Kim KS, Kim YH, Kwak JH, Hong JH, Kim HY, Kim DI. 2010. Skin UVB photo aging effect from extract of fermented *Reynoutria elliptica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 369-375.
- Park JD, Hong SI, Park HW, Kim DM. 1999. Modified atmosphere packaging of peaches (*Prunus persica* L. Batsch) for distribution at ambient temperature. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1227-1234.
- Click! Select the cultivar of peaches in the 21st century. 2002. National Institute of Horticultural and Berbal Science. Rural Development Administration. Gyeonggi-do, Korea.

12. Korea Rural Economic Institute. http://aglook.krei.re.kr/download/oy2012/hwp/2012oy21_hwp.pdf.
13. Hirano A, Ueda R, Hirayama S, Ogushi Y. 1997. CO₂ fixation and ethanol production with microalgal photosynthesis and intracellular anaerobic fermentation. *Energy* 22: 137-142.
14. Saha BC, Cotta MA. 2007. Enzymatic saccharification and fermentation of alkaline peroxide pretreated rice hulls to ethanol. *Enzyme Microb Technol* 41: 528-532.
15. Hahn-Hagerdal B, Galbe M, Gorwa-Grauslund MF, Liden G, Zacchi G. 2006. Bio-ethanol—the fuel of tomorrow from the residues of today. *Trends Biotechnol* 24: 549-556.
16. Han HJ, Kim SJ. 2006. Isolation and characterization of a strain for economical ethanol production. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21: 267-272.
17. Do JR, Nam YJ, Park JH, Jo JH. 1997. Studies on chemical composition of red algae. *J Korean Fish Soc* 30: 428-431.
18. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
20. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
21. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan J Nutr* 44: 307-315.
22. Kim MS, Kim KH, Yook HS. 2009. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physicochemical and sensory quality of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv Dangeumdo). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 364-371.
23. Kubota N, Yakushiji H, Nishiyama N, Mimura H, Shimamura K. 2001. Phenolic contents and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit as affected by rootstocks. *J Japan Soc Hort Sci* 70: 151-156.
24. Hong JY, Nam HS, Kim NW, Shin SR. 2006. Change on the components of *Elaeagnus multiflora* fruits during maturation. *Korean J Food Preserv* 13: 228-233.
25. Hong JY, Nam HS, Shin SR. 2010. Changes on the antioxidant activities of extracts from the *Ziziphus jujube* miller fruits during maturation. *Korean J Food Preserv* 17: 712-719.
26. Kang YJ, Yang MH, Ko WJ, Park SR, Lee BG. 2005. Studies on the major components and antioxidative properties of whole fruit powder and juice prepared from premature mandarin orange. *Korean J Food Sci Technol* 37: 783-788.
27. Marinova D, Ribarova F, Atanassova M. 2005. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *J Univ Chem Technol Metall* 40: 255-260.
28. Wang MF, Li JG, Rangarajan M, Shao Y, LaVoie EJ, Huang TC, Ho CT. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J Agric Food Chem* 46: 4869-4873.
29. Lee SA, Kim KH, Kim MS, Park NK, Yook HS. 2008. Microbial and physico-chemical characteristics of a Maesil (*Prunus mume*) treated with low levels of gamma rays. *J East Asian Soc Dietary Lié* 18: 989-996.
30. Park Y, Choi S, Kim SH, Han J, Chung HG. 2007. Changes in antioxidant activity, total phenolics and vitamin C content during fruit ripening in *Rubus occidentalis*. *Korean J Plant Res* 20: 461-465.
31. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. 2007. Comparison of physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 683-688.
32. Jo JE, Yook HS, Kim KH, Baek JY, Moon YJ, Park SJ, Jang SA. 2010. Effect of drying methods and gamma irradiation on the color changes and antioxidant activity of grape by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1826-1831.
33. Lee YS, Yoon HG, Kim NW. 2010. The physiological activities of ripe fruit of *Poncirus trifoliata*. *Korean J Food Preserv* 17: 698-705.
34. Park YS, Park YJ, Kim HJ, Im MH, Lee MK, Kim YM, Cho JY, Heo BG. 2008. Physiological activity of ethanol extract from the different plant parts of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Korean J Hort Sci Technol* 26: 75-80.
35. Park YS, Kim BW, Kim TC, Jang HG, Chon SU, Cho JY, Jiang SH, Heo BG. 2008. Physiological activity of methanol extracts from Korean kiwifruits. *Korean J Hort Sci Technol* 26: 495-500.

(2011년 10월 11일 접수; 2012년 1월 5일 채택)