

진달래 꽃 추출물의 항산화 및 항유전독성 활성

- 연구노트 -

이보배¹ · 천지혜¹ · 이석희¹ · 박해룡¹ · 김정미² · 박은주² · 이승철^{1*}

¹경남대학교 식품생명학과

²경남대학교 식품영양학과

Antioxidative and Antigenotoxic Activity of Extracts from *Rhododendron mucromulatum* Turcz. Flowers

Bo-Bae Lee¹, Ji-Hae Chun¹, Suck-Hee Lee¹, Hae-Ryong Park¹,
Jung-Mi Kim², Eunju Park², and Seung-Cheol Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, and ²Dept. of Food and Nutrition,
Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

The present study describes the preliminary evaluation of antioxidant activities and antigenotoxic effect of *Rhododendron mucromulatum* Turcz. flowers (RMF). The samples were prepared by extracting RMF with four different solvents (methanol, ethanol, acetone, and water), and antioxidant properties were evaluated by determining total phenolic contents (TPC), DPPH radical scavenging activity (RSA), and reducing power (RP). Water extract showed the highest total phenol content (328.1 mg/g gallic acid equivalents). Acetone extract showed the most potent RSA and RP. The IC₅₀ for RSA and RP in the acetone extract were 78 mg/mL and 454 mg/mL, respectively. The 200 mM H₂O₂ induced DNA damage, measured by Comet assay, was inhibited with water, methanol and acetone extract in dose dependent manner in human leukocytes. The inhibition rates were 42, 62, and 52% at the concentrations of 50 mg/mL of water, methanol and acetone extracts, respectively. These results suggest that *R. mucromulatum* Turcz. has significant antioxidative activity and protective effect against oxidative DNA damage.

Key words: *Rhododendron mucromulatum* Turcz. flower, antioxidant, DNA damage, comet assay

서 론

인간을 비롯한 모든 생물체들은 산소를 이용하여 생명유지에 필요한 에너지를 생성하는 과정에서 유해한 활성 산소를 생성한다. 이러한 활성 산소종(ROS)과 유리 라디칼은 체내에서 세포막 손상, DNA 변성, 지질 산화, 단백질 분해 등을 초래한다(1-3). 산소 라디칼에 의해 유도되는 산화적인 스트레스는 노화뿐만 아니라 암, 심혈관계 질환, 당뇨, 신경계 질환, 골다공증과 같은 다양한 질병을 유발하는 원인으로 알려져 있다(4). 그러므로 활성산소를 방어하는 항산화 물질이 이러한 질병의 치료 가능성 때문에 주목받고 있으며, 그 중 천연물에서 추출한 천연 항산화제에 관한 연구가 활발하다(5).

천연 항산화제는 대부분 식물 기원의 항산화성 화합물로서 나무, 수피, 줄기, 잎, 과일, 뿌리, 꽃, 열매, 씨앗 등의 모든 부분에 존재하고 있으며, 이들은 주로 페놀화합물로서 유리 라디칼의 생성을 지연시키거나 활성을 저해하여 항산화 물

질로서의 역할을 한다(6). 천연물 중에서도 꽃잎은 플라보노이드 화합물을 다량 포함하고 있고, 이는 높은 항산화 활성을 가지고 있다고 알려진 물질로서 이러한 꽃잎들은 천연항산화제로의 많은 잠재성을 지니고 있다(7).

꽃 중에서 진달래는 쌍떡잎 식물, 진달래목 진달래과의 낙엽관목으로 한국, 일본, 중국 등지의 산야에서 무리지어 분포하고 있으며, 높이는 2~3 m이고 4월에 잎보다 꽃이 먼저 피는 식물로, 참꽃 또는 두견화라고도 불린다. 한국에서는 예로부터 색이 곱고 모양이 아름다워 이른 봄에 화전을 만들어 먹거나, 진달래 술(두견주)을 담그기도 하고, 차로도 이용되어져 왔다. 한방에서 꽃은 영산홍(迎山紅)이라는 약재로 쓰였는데, 해수, 기관지염, 감기로 인한 두통에 효과가 있고, 이뇨 작용이 있다고 알려져 있다(8). 진달래꽃에 관한 연구로는 항산화 및 항암, tyrosinase 저해활성에 관한 연구(9), 화장품 소재 개발 및 물성에 관한 연구(10), KB cell에 대한 세포독성에 관한 연구 등이 있으며(11), 진달래꽃으로부터 분리한 phenolic acid와 flavonoid의 항산화 활성에 관

*Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

한 연구 등이 있다(12,13). 본 연구에서는 진달래꽃의 4가지 용매별 추출물로부터 항산화 활성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 진달래는 2007년 3월 경남 마산시 진동면 일대의 야산에서 채취하였다. 항산화력 측정에 사용된 Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하였고, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)와 gallic acid는 Sigma Chemical Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Potassium ferricyanide, trichloroacetic acid(TCA), ferric chloride, dimethyl sulfoxide(DMSO) 등을 비롯한 기타 시약 및 용매는 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

시료의 추출

깨끗한 진달래 꽃 50 g에 1 L의 용매(메탄올, 에탄올, 아세톤, 물)를 각각 가하여 상온에서 48시간 동안 추출하였다. 각각의 추출물은 여과지(whatman No. 1)로 여과한 후, 4°C, 5000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 분리하고 이것을 회전진공농축기(Eyela N-1000, Tokyo 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(14)을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 1 mL를 취하여 2%(w/v) Na₂CO₃용액 1 mL를 가하고 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 첨가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 12,000 rpm에서 원심분리한 후, 상징액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 mg/g gallic acid equivalents(GAE) 단위로 나타내었다.

라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Jeong 등의 방법(15)에 준하여 시료 0.1 mL에 4.1×10⁻⁵ M의 DPPH 용액 0.9 mL를 가한 후 상온에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

환원력의 측정

환원력은 Oyaizu의 방법(16)에 따라 측정하였다. 즉, 1 mL의 인산염 완충 용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 mL의 진달래 추출물과 1%(w/v) potassium ferricyanide 용액 1 mL를 가하고 이 혼합물을 50°C에서 20분간 반응을 시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid 용액 1 mL를 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 12,000 rpm에서 원심분리하여 얻은 상징액 1 mL

과 증류수 1 mL를 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL를 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

혈액 내 백혈구 세포 분리

건강한 성인남성 2명으로부터 채혈한 신선한 전혈 5 mL을 Histopaque 1077를 이용해 백혈구만을 분리해 낸 후 본 실험에 사용하였다.

시료의 처리 및 산화적 스트레스 유발

준비된 백혈구 세포에 각 추출물 시료를 1, 5, 10, 50 µg/mL의 농도로 처리하여 37°C에서 30분간 반응시켰다(17). 반응이 끝난 후 백혈구를 PBS(phosphate buffered saline)로 세척한 후 인위적으로 산화적 스트레스를 유발하기 위하여 200 µM의 H₂O₂를 백혈구에 처리하여 4°C에 5분간 반응시킨 다음 다시 PBS로 세척하였다. Positive control을 위해 시료 대신 용매인 DMSO를 처리한 후 200 µM H₂O₂를 처리하였고, negative control의 경우에는 H₂O₂를 처리하지 않았다.

DNA 손상 측정 (Comet assay)

Comet assay(18)를 위해 반응을 끝낸 백혈구를 75 mL의 0.7% low melting agarose gel(LMA)과 섞은 후, 1.0% normal melting agarose(NMA)가 미리 덮여진 슬라이드 위에 백혈구와 LMA의 현탁액이 골고루 분산되게 한 후 유리 덮개로 덮어 4°C 냉장고에 보관하였다. 젤이 굳으면 유리 덮개를 벗기고 그 위에 다시 0.7% LMA 용액 75 µL로 한 겹 더 덮었다. 미리 준비해 둔 차가운 알칼리 분해 완충용액(2.5 M NaCl, 100 mM Na₂EDTA, 10 mM tris)에 사용 직전에 1% Triton X-100을 섞은 후 슬라이드를 담가 저온, 암실에서 1시간 동안 침지시켜 백혈구를 용해시켰다. 분해가 끝난 후, 슬라이드를 전기영동수조에 배열하고 4°C의 차가운 전기영동 완충용액(300 mM NaOH, 10 mM Na₂EDTA, pH>13)을 채워 40분 동안 방치하여 DNA의 알칼리 민감 부위가 노출되도록 한 후 25 V/300±3 mA의 전압을 걸어 20분간 전기영동을 실시하였다. 빛에 의해 DNA가 부가적으로 손상되는 것을 방지하기 위해 위의 과정은 전기영동수조를 어두운 천으로 덮은 채 실시하였다. 전기영동이 끝난 후 0.4 M Tris 완충용액(pH 7.4)에 10분씩 담가 세척하는 과정을 3회 반복하여 슬라이드를 건조시켰다. 20 µL/mL 농도의 EtBr로 핵을 염색하여 유리 덮개로 덮은 뒤 형광현미경(Leica, Germany) 상에서 관찰하였다. CCD 카메라(Nikon, Japan)를 통해 보내진 각각의 세포핵 이미지는 Komet 5.0 comet image analyzing system(Kinetic Imaging, UK)이 설치된 컴퓨터 상에서 분석하였다. 백혈구의 H₂O₂에 의한 DNA 손상 및 진달래 추출물에 의한 손상 보호 효과는 핵으로부터 이동해서 꼬리 부분으로 떨어져 나간 꼬리 부분 내 DNA 함량(Tail Intensity)을 측정하여 나타내었다. 각각의 처리구에서 2개의 슬라이드를 만들어 각각 100개 세포의 DNA 손상 정도를 측정하고 각 처리구는 최소 3회 반복 실험

하였다.

통계처리

TPC(total phenolic contents), DPPH 라디칼 소거능 그리고 RP에 대한 데이터의 통계처리는 각 시료 당 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준오차, Student-Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(19). Comet assay 결과는 SPSS-PC+ 통계 package를 사용하여 처리하였다. 각 항목에 따라 백분율과 평균치±표준오차(SE)를 구하고 각 물질의 DNA 손상 억제 정도를 비교하기 위해 one-way 분산분석(ANOVA)을 시행하여 F 값을 구하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 각 구간의 유의성 차이를 검증하였다. 통계적 유의성은 5% 수준에서 평가하였다.

결과 및 고찰

총 페놀함량

페놀성 화합물은 식물의 2차 대사산물의 주요 물질로서, 수산기를 가지는 방향족 화합물을 총칭한다(20). 페놀성 화합물이 반응을 억제시킬 수 있는 것은 페놀이 수소원자를 라디칼에 제공하여 라디칼을 안정하게 만들고, 공명 혼성체를 형성할 수 있기 때문에 비교적 안정하여 산소와 반응이 어려워 유리 라디칼을 안정화시키기 때문이다(21). 따라서 일반적으로 식물성분의 항산화 활성은 페놀성 화합물이 원인물질로 관련되어 있는 것으로 알려져 있어 gallic acid를 표준용액으로 하여 작성한 검정곡선으로부터 진달래 꽃 추출물의 총 페놀함량을 조사하였다.

그 결과 물 추출물이 328.1 mg/g GAE(gallic acid equivalent)로 가장 함량이 많았고, 다음으로 아세톤(306.0 mg/g GAE), 메탄올(236.3 mg/g GAE), 에탄올(209.1 mg/g GAE) 추출물 순으로 페놀함량이 많았다. 이는 Kim 등(22)의 홍화의 부위별 페놀함량을 조사한 결과에서 홍화의 꽃잎에 5.8% 폴리페놀을 포함하고 있다는 결과와 비교해 볼 때 높은 수치를 알 수 있다.

라디칼 소거능

항산화 활성 측정방법 중 DPPH 법은 실제 항산화 활성과

연관성이 높은 방법으로서, 활성 라디칼에 전자를 공여하여 지방질의 산화를 억제시키는 척도로 사용되고 있을 뿐 아니라, 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 작용의 척도로 이용되고 있다(23). 진달래 꽃 추출물의 항산화력을 측정하기 위해 DPPH 라디칼 소거능을 측정하여 대조군의 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 시료의 농도(IC₅₀)로 계산하여 Table 1에 나타내었으며 양성대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였다. 그 결과, 양성대조군으로 사용된 ascorbic acid(48 µg/mL)보다 낮은 농도의 IC₅₀ 값을 가지는 추출물은 없었으나, 아세톤 추출물의 경우 IC₅₀ 값이 78 µg/mL로 다른 추출물에 비해 높은 활성을 나타내었다. 다음으로 메탄올과 에탄올 추출물의 IC₅₀ 값이 각각 256 µg/mL과 257 µg/mL로 비슷한 경향을 나타냈으며, 물 추출물은 IC₅₀ 값이 495 µg/mL로 가장 활성이 낮게 나타났다. 그러나, ascorbic acid의 경우는 순수 정제품이고, 진달래꽃 추출물은 추출물 형태임을 감안하면 상당히 높은 라디칼 소거능을 보였다. 한편, An 등(9)이 보고한 연구의 진달래꽃의 70% 에탄올 및 열수 추출물의 항산화 활성과 비교했을 때 본 실험의 결과가 낮은 경향을 나타내는데, 이는 실험방법과 추출물 제조과정의 차이와 시료의 특성 차이에 의한 결과라고 생각되어진다.

환원력

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 클수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(24). 따라서 진달래꽃 추출물의 환원력을 반응 용액의 흡광도 수치가 0.500이 되는 농도(IC₅₀)로 Table 1에 나타내었다. 진달래 꽃 추출물은 양성 대조군인 ascorbic acid보다 낮은 IC₅₀값을 가지는 것은 없었으나, 메탄올, 에탄올, 아세톤 추출물의 IC₅₀ 값이 각각 469, 449, 454 µg/mL로 ascorbic acid(428 µg/mL)와 비교했을 때 비슷한 높은 활성을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 물 추출물의 경우에는 605 µg/mL로 가장 낮은 활성을 보였다. 따라서 이들 추출물이 천연 항산화제로서의 가능성이 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Total phenol contents (TPC), DPPH radical scavenging activity (RSA), and reducing power (RP) of extract from *Rhododendron mucromulatum* Turcz.

		Solvent				
		Methanol	Ethanol	Acetone	Water	Ascorbic acid
TPC	mg/g GAE ¹⁾	236.3	209.1	306.0	328.1	-
DPPH RSA	IC ₅₀ (mg/mL) ²⁾	256	257	78	495	48
RP	IC ₅₀ (mg/mL) ³⁾	469	449	454	605	428

All measurements were done triplicate, and values are average of three replication.

¹⁾GAE: gallic acid equivalents.

²⁾IC₅₀ (mg/mL): The values indicate 50% decrease of DPPH radical.

³⁾IC₅₀ (mg/mL): The values indicate 0.500 increase of optical density.

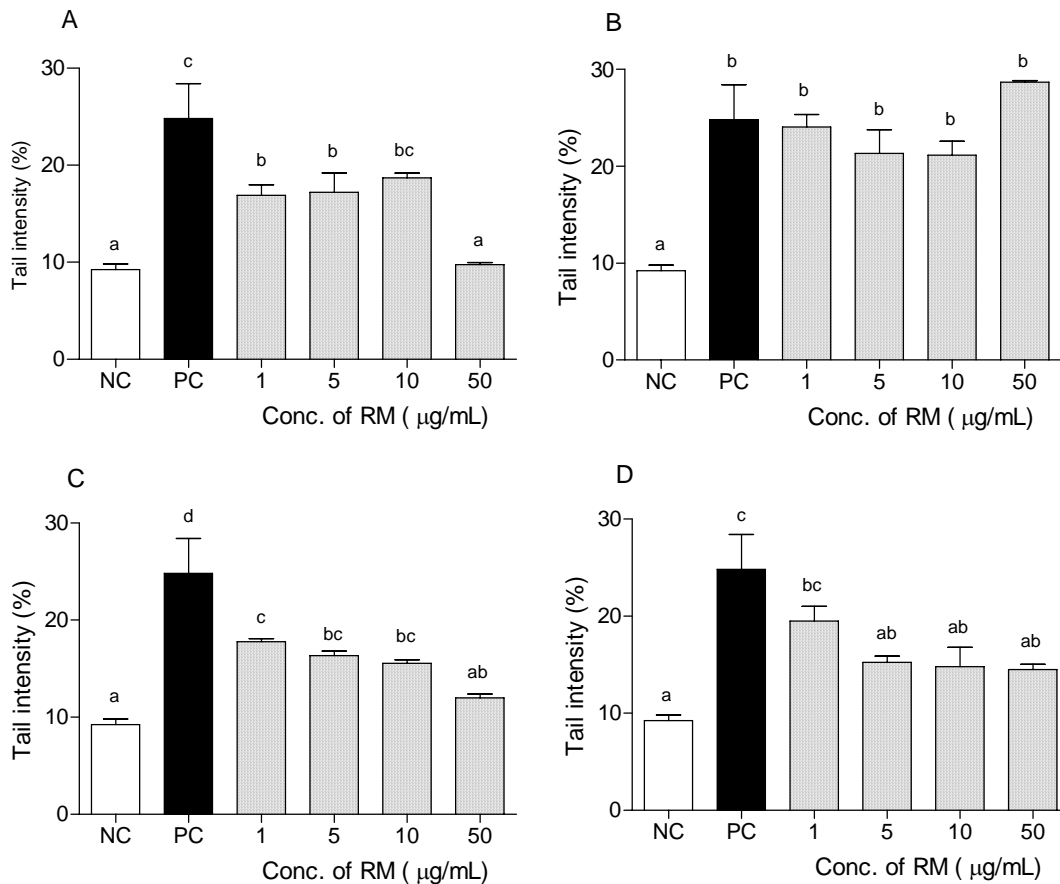


Fig. 1. Effect of supplementation *in vitro* with different concentrations of *Rhododendron mucromulatum* Turcz. flower extracts (A: methanol, B: ethanol, C: acetone, and D: water) on H₂O₂-induced DNA damage in human leukocyte.

Values are mean with standard error of duplicate experiments with leukocytes from each of three different donors. NC, DMSO-treated normal control; PC, 200 µM H₂O₂-treated positive control. Values not sharing the same letter are significantly different from one another ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

산화적 DNA 손상 보호효과

Comet assay를 이용한 진달래 추출물의 H₂O₂로 유발된 산화적 DNA 손상 보호 효과 실험의 결과는 Fig. 1 (A-D)에 제시하였다. 진달래 추출물을 1, 5, 10, 50 µg/mL의 농도로 백혈구에 처리한 후 H₂O₂ 200 µM의 농도로 DNA 손상을 유도한 결과 손상된 DNA 꼬리 부분의 DNA 함량은 각 추출물 별로 다양한 양상을 보여주었다. 메탄올과 아세톤 추출물은 1 µg/mL의 저농도에서부터 200 µM H₂O₂ 처리 양성대조구에 비해 유의적으로 DNA 손상정도가 감소하였으며, 50 µg/mL의 고농도에서는 DMSO 처리 음성대조구와 거의 비슷한 수치를 보일 정도로 백혈구의 DNA 손상을 보호하는 것으로 나타났다. 물 추출물의 경우는 5 µg/mL 처리구에서부터 음성대조구의 DNA 손상정도와 비슷한 DNA 손상 보호효과를 보여주었다. 반면 에탄올 추출물은 1~50 µg/mL 농도에서는 DNA 손상 보호효과가 없는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 진달래의 메탄올, 아세톤 물 추출물은 산화적 스트레스 유발물질인 H₂O₂에 의해 유도되는 DNA 손상에 대한 보호 효과가 있음을 알 수 있었다.

요약

진달래 꽃 50 g에 1 L의 네 가지 용매(메탄올, 에탄올, 아세톤, 물)를 각각 가하여 추출한 다음, 농축하여 각각의 용매별 추출물을 얻었다. 이 용매별 추출물을 이용하여 진달래꽃의 항산화 활성을 조사하였다. 그 결과, 총 페놀 함량(TPC)은 물 추출물이 328.1 mg/g GAE로 가장 높았고, DPPH 라디칼 소거능(RSA)은 아세톤 추출물의 IC₅₀값이 78 µg/mL으로 가장 낮은 값을 가지는 것으로 나타났으며, 환원력(RP)의 경우에는 메탄올, 에탄올, 아세톤 추출물의 IC₅₀값이 각각 469, 449, 454 µg/mL으로 ascorbic acid(IC₅₀: 428 µg/mL)와 비슷하게 높은 활성을 보임을 알 수 있었다. 그리고 산화적 DNA 손상 보호효과를 측정된 결과 메탄올과 아세톤 추출물은 1 µg/mL에서 50 µg/mL의 농도로 처리한 결과 유의적으로 DNA 손상정도가 감소하였고, 물 추출물의 경우에는 5 µg/mL 처리구부터 음성대조구의 DNA 손상정도와 비슷한 DNA 손상 보호효과를 보여주었다. 따라서 진달래 꽃 추출물이 천연 항산화제로서의 잠재적 가능성을 가

지고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2007학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

문헌

- Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M, Telser J. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int Biochem Cell Biol* 39: 44-84.
- Yim MH, Hong TG, Lee JH. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of fermentation and ethanol extracts of pine needles (*Pinus densiflora*). *Food Sci Biotechnol* 15: 582-588.
- 김영곤 2004. Antioxidants 항산화제. 도서출판 여문각, 서울, 한국.
- Takamatsu S, Hodges TW, Rajbhandari I, Gerwick WH, Hamann MT, Nagle DG. 2003. Marine natural products as novel antioxidant prototypes. *J Nat Prod* 66: 605-608.
- Gua J, Han W, Shim TH, Sa JH, Wang MH. 2006. Studies for component analysis, antioxidative activity and α -glucosidase inhibitory activity from *Equisetum arvense*. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 77-81.
- Lee SY, Hwang EJ, Kim GH, Choi YB, Lim CY, Kim SM. 2005. Antifungal and antioxidant activities of extracts from leaves and flowers of *Camella japonica* L.. *Korean J Medicinal Crop Sci* 13: 93-100.
- Lee SM, Son ES, Oh SS, Han DS. 2001. Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. *Korean J Dietary Culture* 16: 504-514.
- 최태경. 2002. 두산세계대백과사전 제 24권. 두산동아, 서울, 한국. p 132.
- An BJ, Lee CE, Son JH, Lee JY, Choi GH, Park TS. 2005. Antioxidant, anticancer and tyrosinase inhibition activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* T. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 280-284.
- An BJ, Lee JT, Lee CE, Son JH, Lee JY, Park TS. 2005. A study on the development of cosmeceutical ingredient, *Rhododendron mucronulatum*, and th application of rheology properties. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 273-279.
- Park SW, Kim SG, Kim MJ. 2006. Antioxidative activity and cytotoxicity on human KB cell of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flower. *Korean J Food Preserv* 13: 501-505.
- Chung TY, Kim MA, Jones AD. 1996. Antioxidative activity of phenolic acid isolated from findalrae flower (*Rhododendron mucronulatum* Turczaninow). *Agric Chem Biotechnol* 39: 506-511.
- Chung TY, Kim MA, Jones AD. 1996. Antioxidative activity of flavonoids isolated from findalrae flower (*Rhododendron mucronulatum* Turcz.). *Agric Chem Biotechnol* 39: 320-326.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- Jeong SM, Kim SY, Park HR, Lee SC. 2004. Effect of far-infrared radiation on the activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1580-1583.
- Oyaizu M. 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
- Tice RR, Agurell E, Anderson D, Burlinson B, Hartmann A, Kobayashi H, Miyamae Y, Rojas E, Ryu JC, Sasaki YF. 2000. Single cell gel/comet assay: guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing. *Environ Mol Mutagen* 35: 206-221.
- Singh PN, McCoy MT, Tice RR, Schneider EL. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp Cell Res* 175: 184-191.
- SAS 1995. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, NC, USA.
- Crespy V, Williamson G. 2004. A review of the health effects of green tea catechins in *in vivo* animal models. *J Nutr* 134: 3431-3440.
- Ahn SI, Heung BJ, Son JY. 2007. Antioxidative activity and nitrite-scavenging abilities of some phenolic compounds. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 19-24.
- Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD. 2003. Chemical composition and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 733-738.
- Hyun SH, Jung SK, Jwa MK, Song CK, Kim JH, Lim S. 2007. Screening of antioxidants and cosmeceuticals from natural plant resources in Jeju island. *Korean J Food Sci Technol* 39: 200-208.
- Nam SH, Chang SM, Kang MY. 2003. Varietal difference in antioxidative activity of ethanolic extracts from colored rice bran. *J Korean Agric Chem Biotechnol* 46: 16-22.

(2007년 10월 4일 접수; 2007년 11월 7일 채택)