J Korean Soc Food Sci Nutr
41(3), 327~332(2012)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.3.327

광양 재래종 복분자의 항산화 활성

이소미[1,2] · 유양희[1,3] · 김경미[4] · 박정진[1] · 정창식[1] · 전덕영[1,3] · 전우진[1,3†]

[1]전남대학교 식품영양학과, [2]전남농업기술원 과수연구소
[3]전남대학교 생활과학연구소, [4]한국폴리텍바이오대학 바이오식품분석과

Antioxidant Activities of Native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq.

So-mi Lee[1,2], Yanghee You[1,3], Kyungmi Kim[4], Jeongjin Park[1], Changsic Jeong[1], Deok-Young Jhon[1,3], and Woojin Jun[1,3†]

[1]Dept. Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 550-757, Korea
[2]Fruit Research Institute (JARES-Jeollanamdo Agricultural Research & Extension Service), Jeonnam 536-824, Korea
[3]Human Ecology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
[4]Dept. Biofood Analysis, Korea Bio Polytechnic, Chungnam 320-905, Korea

Abstract

In other to promote the utilization of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. as an antioxidant material in functional food, its general composition, free sugars, vitamin C, vitamin E, and anthocyanin content were examined. Free sugars were mainly 2.83±0.01% glucose and 3.49±0.17% fructose. Native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. included higher vitamin C (0.04 g/100 g) and E (0.04 g/100 g) contents than other *Rubus coreanus* Miq. Anthocyanin was detected to be 2.41 g/100 g. Two extracts from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq., hot water extract (RCW) and 80% ethanol extract (RCE), were prepared by reflux, filter, and freeze-dry. The phenolic compound levels of RCW and RCE were 5.99% and 6.20%, respectively. In DPPH- and ABTS-radical scavenging activities, and lipid peroxidation formation inhibitory activity, RCE exhibited relatively high activities when compared to RCW (89.29% *vs.* 65.04%, 47.65% *vs.* 30.22%, 23.27% *vs.* 3.6%, respectively). Based upon these results, it is suggested that RCE from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. possesses the antioxidant potentials for radical scavenging and anti-lipid peroxidation activities.

Key words: *Rubus coreanus*, antioxidant activity, DPPH, ABTS, anthocyanin

서 론

활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 생체 내 대사과정의 부산물로 지속적으로 생성되며 불안정하고 반응성이 매우 강하다. 생체 내에서 활성산소가 과도하게 발생되고 균형이 깨어지는 경우 세포나 조직이 손상을 받게 되고 이들은 지질 과산화, 단백질 변성, 세포막 파괴, DNA 손상 등에 영향을 미치며 암, 심장병, 동맥경화증, 백내장, 피부염, 치매와 같은 여러 퇴행성질환 발병의 원인이 되는 것으로 보고되고 있다(1,2). 최근 건강에 대한 관심의 증가와 노령인구의 증가로 인하여 퇴행성 질환을 예방하기 위한 보조적 식품의 섭취가 증가하고 있고 그중 항산화제는 생체 내의 활성산소의 불균형을 막고 질환의 유병율을 낮춰보고자 그 섭취가 증가추세를 나타내고 있다. 이러한 추세에 맞추어 많은 연구자들도 안전성과 퇴행성 질병의 예방에 초점을 맞춘 항산화제의 개발에 초점을 두고 있다(3).

식물체의 2차 대사산물인 폴리페놀 화합물은 식물체의 관능적 특성(향, 색, 맛)에 영향을 주는 것으로 여겨졌다. 지난 10여 년간 분석기술의 발달로 폴리페놀 화합물들의 구조 분리 및 동정되었고 역학연구를 통해 폴리페놀 화합물들의 인간 건강에 유익한 점들이 소개되었다. 항산화, 항암, 항알레르기, 항돌연변이, 항균 활성을 갖는 다양한 폴리페놀들이 소개되었고 퇴행성질환을 예방하는 천연 항산화제로써 보고된 바 있다(4).

한방에서 약용으로 사용하는 복분자는 건조 미성숙 과일로써 명안, 태생, 지신, 음위, 강장 등에 사용되어 왔다(5,6). 식용으로는 재래종 복분자 딸기인 *Rubus coreanus*와 외래종 복분자딸기인 *Rubus occidentalis*가 국내의 문헌에 소개되고 있다. 전자는 청복분자딸기 후자는 블랙복분자 딸기로 일반적으로는 두 종 모두 복분자로 부르고 있다. 복분자딸기는 종, 성숙도, 수확지, 추출방법에 따라 다른 생리활성을 나타내며 유효성분들의 함량에서도 차이를 나타내는 것으로 보고된 바 있다(7-9).

국립산림과학원에서 우리나라 산야에서 자생하고 있는

†Corresponding author. E-mail: wjjin@chonnam.ac.kr
Phone: 82-31-725-8371, Fax: 82-31-725-8350

227종의 자생 복분자를 연구하여 2006년 정금 1호~5호의 5개의 품종을 개발하였고 전남 광양지역에 최우량 품종인 정금 1호가 2007년 보급되었다. 타지역에 널리 보급되어 있는 블랙복분자의 생리활성과 다양한 식품으로의 활용도가 보고됨에 따라 생산량이 우수하며 외래종에 비하여 높은 라이프사이클을 갖은 재래종 복분자인 정금 1호의 이용범위는 지속적으로 확대될 것으로 판단된다. 이에 본 연구는 재래종 복분자의 재배면적 증대 및 다양한 이용가치를 넓히기 위해 2008년에 광양 지역에 재배면적 확대에 따라 생산된 재래종 복분자의 이화학적 특성과 항산화 생리활성을 평가함으로써 광양 재래종 복분자의 특성과 천연 항산화제로써의 개발 가능성에 대한 기초 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

2008년 6월에 전남 광양시 봉강면에서 재배된 복분자를 사용하였다. 일반성분 분석은 복분자 생과를 이용하였으며 나머지 분석 시료는 동결건조한 후 분쇄기(Hanil, Inchon, Korea)로 분쇄하여 복분자 분말을 -20°C의 냉동고에 보관하여 사용하였고, 실험에 사용한 시약은 reagent-grade 이상(Sigma, St. Louis, MO, USA), HPLC에 이용한 용매는 HPLC-grade(Merck, Darmstadt, Germany)를 구매하여 사용하였다.

추출물의 제조

복분자 분말을 추출용기에 넣고 중량 20배(w/v)의 증류수 및 80% 에탄올을 각각 1 L씩 첨가한 다음 250°C에서 3시간 동안 환류 추출한 후 추출한 용액은 Whatman No. 6 여과지(Whatman, Maidstone, UK)를 사용하여 흡입 여과하고, 감압농축기로 농축한 후 동결건조 하여 열수(RCW) 및 80% 에탄올 추출물(RCE)을 얻었다.

일반성분 분석

복분자 생과의 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분은 한국식품공전(10)에 명기된 방법에 준하여 분석하였다. 수분은 105°C의 dry oven(Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 상압가열건조법, 조회분은 550°C 회화로를 이용한 직접회화법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 석유에테르를 용매로 하여 Soxhlet 추출법, 조섬유는 H_2SO_4-NaOH 분해법에 의하여 분석하였다.

유리당 함량 측정

동결건조 된 복분자 분말 시료에 50% acetonitrile을 넣고 초음파 분쇄기(Daehan, Wonju, Korea)를 이용하여 30분간 추출하고 HPLC(Shimazu, Kyoto, Japan)는 SUPELCO GEL(300×7.8 mm), 1 mL/min의 75% acetonitrile 전개용매를 이용하여 RI-detector(30°C)로 분석하였다.

비타민 C, E 함량 측정

비타민 C는 동결건조 된 복분자 분말 시료 2 g에 5% 메타인산용액을 100 mL을 가하고, 3,000 rpm에서 10~15분간 원심분리를 수행하여 상등액을 취하고, 이를 5% 메타인산용액으로 희석하여 시험용액을 준비하였다. HPLC(Shimazu)는 C_{18} column(4.0×250 mm), 1 mL/min의 0.05 M KH_2PO_4/acetonitrile(60:40) 전개용매를 이용하여 254 nm의 UV detector(25°C)로써 분석하였다. 비타민 E는 동결건조 된 복분자 분말 시료 2 g에 100% 에탄올 30 mL와 10% 피로갈롤 · 에탄올 용액 1 mL를 가한 후, 이에 수산화칼륨용액 3 mL를 가해 비등수욕중에서 30분간 비누화하였다. 비누화후 즉시 냉각하여 실온으로 한 후 물 30 mL를 가해 갈색분액여두에 옮겼다. 플라스크는 물 10 mL, 석유에테르 30 mL로 씻어 넣고 잘 흔들어 혼합하여 방치한 후 석유에테르층을 분취하였다. 물층은 석유에테르 30 mL씩으로 2회 추출하고 석유에테르액을 합하여 물 10 mL로 1회, 이어 물 50 mL로 페놀프탈레인시액이 분홍색이 되지 않을 때까지 씻어내었다. 분액여두 중에서 물을 충분히 분리한 후 무수황산나트륨을 가해 탈수한 후 석유에테르층을 갈색플라스크에 옮겼다. 분액여두 중 잔존하는 황산나트륨은 다시 석유에테르 10 mL씩으로 2회 씻은 액을 플라스크에 모두 합한 다음 전체 석유에테르추출액을 40~45°C에서 감압건조한 후 잔류물을 핵산 1 mL에 녹여 이를 시험용액으로 준비하였다. HPLC(Waters, Milford, MA, USA)는 C_{18} column(4.0×250 mm), 0.5 mL/min의 hexane : isopropanol(98:2) 전개용매를 이용하여 FL-detector(25°C, Ex: 298 nm, Em: 325 nm)로써 분석하였다.

안토시아닌 함량 측정

동결건조 된 복분자 분말 시료 50 mg에 1% HCl-MeOH을 10 mL 가하고 4°C의 암조건에서 24시간 방치하여 추출하였다. 5,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상층액 0.2 mL을 취하여 감압건조 시킨 후 0.2 mL의 3 M HCl을 넣고 90°C에서 2시간 동안 가수분해 시키고, 0.2 mL 3 M NaOH로 중화시켰다. 메탄올 0.6 mL을 첨가한 후 5,000 rpm에서 30분간 원심분리 한 다음 0.45 μm membrane filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과한 후 시험용액으로 이용하였다. HPLC(Hitachi, Tokyo, Japan)는 C_{18} column(4.0×250 mm), 0.8 mL/min의 formic acid : acetonitrile 전개용매를 0~8 min, 8~23 min, 23~24 min, 24~27 min, 27~28 min, 6 min로 하여 이용하여 530 nm의 UV detector(30°C)로 분석하였다. Cyanidin-3-glucoside을 표준품으로 하여 정량하였다.

총 페놀성 화합물 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법으로 비색 정량하였다(11). RCW와 RCE로 준비한 시료액 1 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 용액을 1 mL 가하고 5분간 정치한 후 7% Na_2CO_3 10 mL을 첨가한 후 23°C에서 90분간 방치하고 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀의 함량

은 gallic acid를 표준물질로 이용한 검량식에 적용하여 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등의 비색법으로 측정하였다(12). 시료액 1 mL에 증류수를 4 mL 첨가하고 5% $NaNO_2$ 0.3 mL을 넣어 잘 혼합하였다. 상온에 5분간 방치하고 10% $AlCl_3$ 0.3 mL을 첨가하였다. 상온에 6분간 방치한 후 1 M NaOH 2 mL을 넣고, 증류수 2.4 mL을 넣고 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 catechin을 표준물질로 하여 작성한 검량선으로부터 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Brand-Williams의 방법을 변형하여 측정하였다(13). 시료액 0.05 mL를 취하여 0.1 mM DPPH 0.95 mL를 혼합하여 상온에 30분간 반응시키고 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Radical scavenging activity} = \frac{\text{Control}_{Abs} - \text{Sample}_{Abs}}{\text{Control}_{Abs}} \times 100$$

ABTS 라디칼 소거활성 측정

ABTS 라디칼 소거활성은 Pellegrini 등의 방법(14)을 변형하여 7 mM ABTS 용액과 100 mM 황산칼륨(potassium persulphate)을 혼합하여 암소에서 24시간 반응시킨 후 82:1로 희석하여 ABTS solution으로 사용하였다. ABTS solution 390 μL에 농도별로 조제한 시료 10 μL를 첨가 후 10초간 잘 혼합한 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 DPPH의 계산식과 동일하게 사용하였다.

지질과산화 억제활성 측정

지질과산화 억제활성은 Lin 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. Linoleic acid 0.1 mL과 Tween 80 0.2 mL, 증류수 19.7 mL을 혼합하여 linoleic acid emulsion을 제조하였다. Linoleic acid emulsion 1 mL에 0.01% $FeSO_4$ 0.2 mL, 0.56 mM H_2O_2 0.2 mL, 시료액 0.4 mL을 섞어주고 37℃에서 14시간 배양하였다. 0.4% BHT 0.2 mL, 4% TCA 0.2 mL, 0.8% TBA 2 mL을 첨가하고 잘 혼합한 후 100℃에서 15분간 끓인 후 방냉하였다. 3,000 rpm으로 20분간 원심분리한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하고 그 값을 DPPH 계산식과 동일하게 사용하여 계산하였다.

통계처리

본 실험 결과는 3회 실험의 결과값을 평균±표준편차로 나타내었다. 추출물간의 차이 유무를 one-way ANOVA로 분석한 뒤 Duncan의 다중검정법(Duncan's multiple range test)을 이용하여 유의성을 검정하였다($p<0.05$).

결과 및 고찰

일반성분

광양 재래종 복분자의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1에 제시하였다. 광양 재래종 복분자 생과의 수분함량은 82.48%였으며 탄수화물 양은 11.90%, 조지방 0.77%, 조단백질 1.51%, 조섬유 2.82%, 회분 0.55%로 분석되었다. Cha 등(16)은 수분 81.40%, 조단백질 1.70%, 조지방 0.62%, 조섬유 0.60%로 보고하였다. Cho 등(17)은 수분 함량 85.36%, 탄수화물 함량은 8.39%, 조지방 1.02%, 조단백질 1.95%, 조섬유 2.36% 및 회분 함량은 0.92%로 보고하였다. 이러한 보고된 논문과 본 연구에서의 일반성분 차이는 재배지역, 수확년도, 물리화학적 생육환경 등에 의한 차이로 나타나는 것으로 판단되며 본 연구에서 분석된 광양 재래종 복분자의 경우 국내에서 재래종으로 개발되어 전남지역에 보급되어 수확된 최초의 일반성분 분석 자료로 향후 광양 재래종 복분자를 이용한 가공식품개발의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

유리당과 비타민 C, E

국내 복분자에서는 주로 글루코오스와 과당이 주요 유리당으로 분석되는 것으로 보고된 바 있듯이(16,17), 광양 재래종 복분자에서도 글루코오스와 과당이 각각 2.83±0.01%, 3.49±0.17%로 분석되었다(Table 2). 이 결과는 Cha 등(16)이 발표한 복분자의 주요 유리당인 글루코오스와 과당이 주류를 이루는 것과 유사하나 그 함량에 있어서는 광양 재래종 복분자가 다소 높은 결과를 나타내었다. 또한 Cho 등(17)은 복분자에 만노오스, 락토오스 등이 함유되어 있다고 하였으나 광양 재래종 복분자는 서당, 맥아당, 락토오스는 검출되지 않았다. 광양 재래종 복분자의 글루코오스 함량은 Yang 등(18)이 보고한 완숙기 감귤착즙박과 유사하게 나타났다. 비타민 C는 대표적인 수용성 비타민으로 항산화제 또는 영양의 지표로 이용되며, 비타민 E는 대표적인 지용성 비타민으로 세포막의 구조성분인 불포화지방산의 파괴를 막고 세포의 손상을 억제하는 항산화제로 작용을 한다(19). Cha 등(16)이 보고한 완숙복분자의 비타민 C 32.99 mg/100 g, 비타

Table 1. Approximate composition of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. (%)

Moisture	Carbohydrate	Crude fat	Crude protein	Crude fiber	Crude ash
82.48	11.90	0.77	1.51	2.82	0.55

Table 2. Free sugars of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. (%)

Free sugar				
Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Lactose
2.83±0.01[1)]	3.49±0.17	ND[2)]	ND	ND

[1)]Each value was expressed as the mean±SD.
[2)]ND: Not detected.

Table 3. Vitamin C, Vitamin E, and anthocyanin of native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq.

Vitamin C (g/100 g)	Vitamin E (g α-TE/100 g)	Anthocyanin (g/100 g)
0.04±0.00[1)]	0.01±0.00	2.41±0.01

[1)]Each value was expressed as the mean±SD.

민 E 0.9 mg/100 g와 비교하면 비타민 C는 0.04 g/100 g와 비타민 E 0.01 g/100 g로 그 함량이 높게 나타났다(Table 3). 또한 광양 재래종 복분자의 비타민 E는 식품성분분석표(20)에 제시된 딸기와 석류 비타민 E 함량의 10배로 나타나 다른 과실류에 비하여 높은 비타민 E 함량을 보이는 것으로 분석되었다.

안토시아닌

안토시아닌은 과일과 채소 등의 식물체에 존재하는 수용성 색소로써 자색, 적색, 청색 등을 나타내며 C6-C3-C6의 기본 골격을 갖고 수산기의 수, 위치, 메틸화에 따라 다양한 종류가 자연계에 존재한다. 식품의 색 등의 관능적 품질 특성을 결정하는 천연 수용성 색소로써 항산화 활성 등이 보고된바 있다(21,22). 광양 재래종 복분자 동결건조분말에서 2.41±0.01 g/100 g이 분석되었다(Table 3). Cha 등(16)이 보고한 완숙복분자의 안토시아닌 함량 0.39 g/100 g에 비하여 높은 함량을 나타내었고 이러한 광양 재래종 복분자 중에 안토시아닌은 광양 재래종 복분자의 품질특성 및 항산화 활성에 기여할 것으로 판단된다.

추출물의 총 페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 페놀성 화합물의 phenol hydroxyl 기는 자유라디칼과 함께 resonance stabilized phenoxy radical을 형성하여 직접적으로 자유라디칼들을 소거하거나 항산화 효소와 함께 연속적인 couple reaction들을 통해 간접적으로 자유라디칼을 제거하여 항산화 효과, 간 보호작용, 항균, 항암 등의 생리활성기능에 기여하는 것으로 알려졌다(23,24). 광양 재래종 복분자의 총 페놀성 화합물 함량은 열수추출물(RCW)이 5.99±0.15%, 80% 에탄올추출물(RCE)이 6.20±0.41%로 나타났다(Table 4). 두 추출물간의 총 페놀성 화합물 함량에서 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 80% 에탄올추출물의 경우 Cha 등(16)이 보고한 70% 에탄올추출물 4.50%와 비교하여 높은 함량을 나타내었고, Cha 등(25)이 보고한 75% 아세톤추출물의 총 페놀성 화합물 함량과 비슷한 결과를 나타내었다. 또한 페놀성 화합물 중 플라보노이드 함량은 RCW 3.51±0.50%, RCE 3.08±0.24%로 나타났으며 광양 재래종 복분자 두 추출물 사이의 플라보노이드 함량은 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다(Table 4).

DPPH 라디칼 소거활성

자색을 띄는 DPPH는 라디칼은 비교적 안정한 free radical로써 항산화제, 방향족 아민류 등에 의해 환원되어 색이 탈색되는데 이것은 다양한 천연소재로부터 항산화 활성을 검색하는데 많이 이용되고 있다(26). 동일농도(250 μg/mL)의 광양 재래종 복분자 RCW와 RCE의 DPPH 라디칼 소거활성은 각각 65.04±3.95%, 89.29±0.68%로 나타났다(Fig. 1). 양성대조군인 BHA 300 μg/mL에서 71.20%, α-tocopherol 78.34%로 보고된 바(27), 250 μg/mL 농도의 RCE는 BHA이나 α-tocopherol과 비교하여 DPPH 활성이 높게 나타났다. 페놀성 화합물들의 hydroxyl group은 DPPH와 반응하기 쉬운 입체구조를 갖는 것으로 알려져 있는데(28), 본 연구결과에서 페놀성 화합물 함량의 차이가 없음에도 DPPH 라디칼 소거활성에 차이를 보이는 것은 각 추출물 사이의 다른 분자 내 반응성 때문으로(29) hydroxyl group이 다른 이온의 형태로 치환되었거나 그 수가 감소한 경우로 판단되어진다.

Table 4. Total phenolic compound and flavonoid contents of extracts from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. (%)

	Phenolic compound	Flavonoid
RCW[2)]	5.99±0.15[1)]	3.51±0.52
RCE[3)]	6.20±0.41	3.08±0.24

[1)]Each value was expressed as the mean±SD.
[2)]RCW: Hot water extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq.
[3)]RCE: 80% Ethanol extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq.

ABTS 라디칼 소거활성

ABTS[2,2′-azinbis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)]는 비교적 안정한 free radical로서 DPPH 방법과 함께 항산화활성을 스크리닝하는데 많이 이용되고 있다. 또한 lipophilic 또는 hydrophilic 항산화 물질의 측정에 적용 가능한 방법으로 알려져 있다. ABTS는 양이온 라디칼을

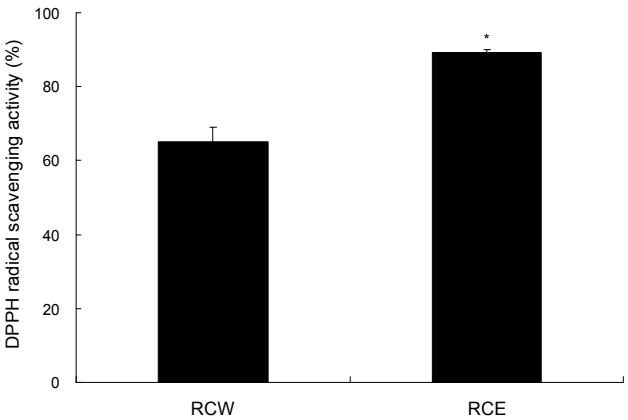

Fig. 1. DPPH radical scavenging activities of extracts from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. The final concentration was 250 μg/mL. RCW: Hot water extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. RCE: 80% ethanol extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. Each value was expressed as the mean±SD. Asterisk (*) above the bar is statistically different ($p<0.05$).

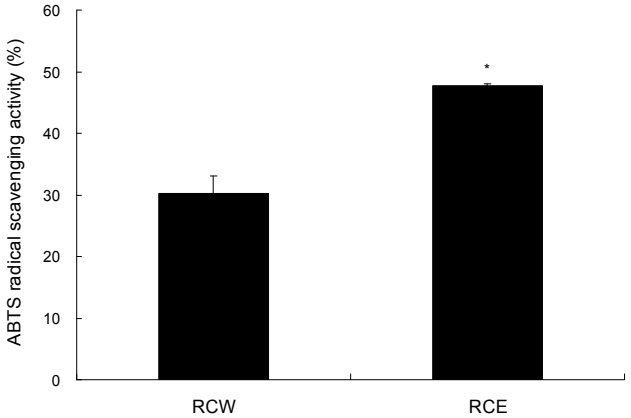

Fig. 2. ABTS radical scavenging activities of extracts from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. The final concentration was 50 μg/mL. RCW: Hot water extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. RCE: 80% ethanol extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. Each value was expressed as the mean±SD. Asterisk (*) above the bar is statistically different ($p<0.05$).

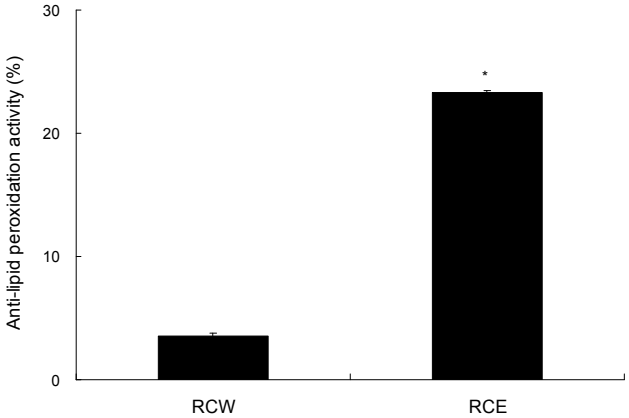

Fig. 3. Anti-lipid peroxidation activities of extracts from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. The final concentration was 200 μg/mL. RCW: Hot water extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. RCE: 80% ethanol extract from native Gwangyang *Rubus coreanus* Miq. Each value was expressed as the mean±SD. Asterisk (*) above the bar is statistically different ($p<0.05$).

DPPH는 음이온 라디칼을 소거하는 활성을 흡광도로 측정하는 방법으로 두 방법에 대한 기질과 반응물질과의 결합정도가 달라 추출물을 이용한 라디칼 소거활성 측정값에서 차이가 나타날 수 있다(30). Cho 등(31)의 보고에서 100 μg/mL 0.97%, 0.98%가 나타났으나 본 연구의 광양 재래종 복분자의 경우 추출물 50 μg/mL에서 RCW는 30.22±2.91%, RCE는 47.65±0.45%로 나타났다(Fig. 2). 두 추출물은 ABTS 라디칼 소거 활성은 양성대조군인 비타민 C의 동일 농도에서의 활성과 비교하여 낮게 나타났다(data not shown). 분석한 방법은 동일하나 결과 값에 많은 차이를 나타내는 것은 복분자의 추출방법과 채취시기의 다름에 기인하는 것으로 판단된다.

지질과산화 억제활성

지질과산화 억제활성은 추출물 처리에 따라 Fe^{2+}로 유도된 linoleic acid의 과산화물 생성율을 thiobarbituric acid로 발색시켜 분석하였다. 광양 재래종 복분자 추출물의 지질과산화 억제 활성은 RCW 3.58±0.21%, RCE는 23.27±0.17%로 나타났다(Fig. 3). 페놀성화합물이 지방산의 산화 초기 hydroperoxide 등의 지질과산화물과 반응하여 산화를 억제시키는 것으로 알려졌고(32), 라디칼 생성 촉진물질인 metal ion과 쉽게 결합하여 free cell 상태나 macrophage에서 자유라디칼의 형성을 감소시킨다고 보고된 바 있다(33). Kang 등(30)의 연구에서는 교반추출물의 페놀성화합물의 함량이 가장 낮음에도 가장 높은 지질과산화 억제 활성을 갖는 결과를 보고한 바 있다. 본 연구에서 추출 용매 차이에 따른 페놀성화합물의 함량의 차이는 나타나지 않았으나 광양 재래종 복분자 RCE가 높은 지질과산화 억제 활성을 갖는 것으로 나타났다. 페놀성화합물 함량과 RCE의 지질과산화 억제활성과의 상관관계는 없으나 RCE는 지질과산화물 생성 억제 활성성분을 함유하고 있을 것으로 판단된다. 이상의 결과들을 토대로 광양 재래종 복분자는 재래종 소재를 이용한 식품의 개발에 기본 자료로써 활용할 수 있으며 80% 에탄올추출물은 항산화제로써 건강기능성식품 소재로 사용가능성이 높을 것으로 판단되며 이를 보완하는 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 광양 재래종 복분자의 항산화 활성을 평가하였다. 주요 유리당으로는 글루코오스와 과당이 각각 2.83±0.01%, 3.49±0.17%로 분석되었다. 복분자의 항산화 활성을 나타내는데 기여하는 비타민 C는 0.04 g/100 g, 비타민 E는 0.01 g/100 g으로 분석되었다. 항산화 기능을 대표하는 광양 재래종 복분자내 안토시아닌 함량은 2.41±0.01 g/100 g으로 분석되었다. 열수추출물과 80% 에탄올추출물의 폴리페놀 함량은 열수추출물 5.99±0.15%, 80% 에탄올추출물 6.20±0.41%로 통계적 유의 차이를 나타내지 않았다. 라디칼 소거 활성을 평가한 결과 동일한 농도에서 DPPH 라디칼 소거활성은 80% 에탄올추출물이 89.29±0.68%, 열수추출물이 65.04±3.95%로 나타났고 ABTS 라디칼 소거활성은 각각 30.22±2.91%, 47.65±0.45%로 나타났다. 지질과산화 억제 활성은 80% 에탄올추출물이 23.27±0.17%로 열수추출물 3.58±0.21%보다 높게 나타났다. 안토시아닌을 다량 함유한 광양 재래종 복분자는 이를 함유하는 식품의 가공 및 천연 색소로의 이용이 가능할 것이다. 본 연구의 재래종 복분자의 이화학적 특성은 재래종 복분자 식품의 개발에 활용될 수 있고, 항산화 활성이 높은 80% 에탄올추출물은 건강기능식품의 소재로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2009년 농심그룹 율촌재단의 재원을 지원받아 수행된 연구결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Halliwell B, Gutterridge JMC, Aruoma OI. 1987. The deoxyribose method: a simple "test tube" assay for determination of rate constants for reaction of hydroxyl radical. *Anal Biochem* 165: 215-219.
2. Yoshikawa T, Naito Y, Kondo M. 1990. The role of free radicals in the pathofenesis of human diseases. *J Act Oxyg Free Rad* 1: 83-102.
3. Lee MA, Choi HJ, Kang JS, Choi YW, Joo WH. 2008. Antioxidant activities of the solvent extracts from tetragonia tetragonioides. *J Life Sci* 18: 220-227.
4. Di Carlo G, Mascolo N, Izzo AA, Capasso F. 1999. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. *Life Sci* 65: 337-353.
5. Jeong JS, Sin MK. 1996. *Encyclopedia of oriental medical*. Young Rim Republ., Seoul, Korea. p 461.
6. Bae GH. 2000. *The medicinal plant of Korea*. Kyohasa Publishing Co., Ltd, Seoul, Korea. p 231.
7. Yang HM, Lim SS, Lee YS, Shin HK, Oh YS, Kim JK. 2007. Comparison of the anti-inflammatory effects of the extracts from *Rubus coreanus* and *Rubus occidentalis*. *Korean J Food Sci Technol* 39: 342-347.
8. Park YK, Choi SH, Kim SH, Han JY, 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.
9. 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.
10. Korea Food & Drug Administration. 2008. *Korean Food Code*. Seoul, Korea. p 10-1-1, 10-1-6, 10-1-7, 10-1-27, 10-1-33.
11. Lee KW, Kim YJ, Lee HJ, Lee CY. 2003. Cocoa has more phenolic phytochemicals and more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *J Agric Food Chem* 51: 7192-7295.
12. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
13. Brand-Williams W, Cufelier ME, Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie* 28: 25-30.
14. Pellegrini RN, 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.
15. Lin MY, Chang FJ. 2000. Antioxidative effect of intestinal bacteria *Bfidobacterium longum* ATCC 15708 and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. *Dig Dis Sci* 45: 1617-1622.
16. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. 2007. Physiochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *Korean J Food Sci Technol* 39: 476-479.
17. Cho WG, Han SK, Sin JH, Lee JW. 2008. Antioxidant of heating pork and antioxidant activities of *Rubus coreanus* Miq. extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 820-825.
18. Yang YT, Kim MS, Hyun KH, Kim YC, Koh JS. 2008. Chemical constituents and flavonoids in citrus pressed cake. *Korean J Food Preserv* 15: 94-98.
19. Datta M, Kaviraj A. 2003. Ascorbic acid supplementation of diet for reduction of deltamethrin induced stress in freshwater catfish *Clarias gariepinus*. *Chemosphere* 53: 883-888.
20. R.D.A. 2007. *Food Composition table*. 7th ed. National Rural Living Science Institute, Nongchonjinheungcheong. Korea. p 142-143.
21. Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 31: 348-355.
22. Amorini AM, Lazzarino G, Galvano F, Fazzina G, Tavazzi B, Galvano G. 2003. Cyanidin-3-o-beta-glucopyranoside protects myocardium and erythrocytes from oxygen radical mediated damages. *Free Radic Res* 37: 453-460.
23. Rao MV, Paliyath G, Ormrod DP. 1996. Ultraviolet-band ozone induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol* 110: 125-136
24. Lee JH, Lee SR. 1994. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 310-316.
25. Cha HS, Park MS, Park KM. 2001. Physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel. *Korea J Food Sci Technol* 33: 409-415.
26. You Y, Kim K, Heo H, Lee K, Lee J, Shim S, Jun W. 2006. Stimulatory effects of *Pseudosasa japonica* leaves on exercise performance. *Biosci Biotechnol Biochem* 70: 2532-2535.
27. Kwon JW, Lee HK, Park HJ, Kwon TO, Choi HR, Song JY. 2011. Screening of biological activities to different ethanol extracts of *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Medicinal Crop Sci* 19: 325-333.
28. Chen HJ, CT HO. 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *J Agric Food Chem* 45: 2374-2378.
29. Yang HY, Steele WF. 1958. Removal of excessive anthocyanin pigment by enzyme. *Food Technol* 12: 517-519.
30. Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong NS, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by-products of *Glycyrrhizia uralensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 138-142.
31. Cho YJ, Chun SS, Kwon HJ, Kim JH, Yoon SJ, Lee KH. 2005. Comparison of physiological activities between hot-water and ethanol extracts of Bokbunja (*Rubus coreanum* F.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 790-796.
32. Ames BN, Shigenage MK, Hagen TM. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging. *Proc Natl Acad Sci* 90: 7915-7922.
33. Halliwell B, Gutteridge JM. 1990 Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods Enzymol* 186: 1-85.

(2012년 1월 27일 접수; 2012년 2월 23일 채택)