

복분자 추출물의 항산화활성과 가열 돈육의 산화 억제 효과

조완구^{1,3} · 한승관² · 신지혜³ · 이장원^{3*}

¹전주대학교 대체의학대학

²전북대학교 농업과학기술연구소

³전주대학교 건강과학종합연구소

Antioxidant of Heating Pork and Antioxidative Activities of *Rubus coreanus* Miq. Extracts

Wan Goo Cho^{1,3}, Seung Kwan Han², Ji Hye Sin³, and Jang Won Lee^{3*}

¹College of Alternative Medicine, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

²Agriculture Scientific Technique Research, Chonbuk University, Jeonju 561-756, Korea

³Research Institute of Health Science, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

Abstract

We investigated the antioxidant of heating pork, the physicochemical properties and antioxidative activities of *Rubus coreanus* Miq. extracts. The contents of moisture, crude fat, crude protein, crude fiber, and crude ash were measured. Soluble solid, acidity, pH and mineral contents were also investigated. The ethanol extract of *Rubus coreanus* Miq. was evaporated, and then sequentially extracted by hexane, ethyl acetate, butanol and water. The contents of total polyphenol ranged from 24.5 mg tannic acid equivalents (TAE) per g to 82.5 mg in all fractions. Antioxidative effects were investigated through DPPH free radical scavenging, ABTS^{·+} scavenging and TBARS methods. It was found that ethanol extract (2,000 µg/mL) and butanol extract (1,500 µg/mL) had 89.93% and 89.68% of DPPH free radical scavenging activities. As for ABTS, all extracts (1,000~2,000 µg/mL) except hexane showed over 90% scavenging activities. The lowest TBARS values were obtained from extract of ethyl acetate and ethanol, and their antioxidative activities were higher than that of ascorbic acid. The results of this study indicate that the ethyl acetate and ethanol extract of *Rubus coreanus* Miq. may be substituted for ascorbic acid in heating pork.

Key words: *Rubus coreanus* Miq., antioxidant, DPPH, ABTS, TBARS

서 론

복분자(*Rubus coreanus* Miq.)는 장미과에 속하는 낙엽관목으로 높이가 3 m에 달하며 우리나라의 제주도를 비롯한 남부지방과 중부지방의 산기슭 양지바른 곳에서 자라고, 잎은 호생하며 우상복엽이다. 산방화서는 가지 끝에 달리며 털이 있고 5~6월에 꽃이 피며, 7~8월에는 적색으로 익지만 나중에는 흑색이 된다(1). 일반적으로 복분자는 미성숙 과일을 말하며 한방에서는 명안, 태생, 지신, 음위, 강장, 양모 등에 사용되어 왔다(2).

복분자의 각 부위별 연구현황을 보면 잎을 이용하여 phenolic compound와 flavonoid를 분리·동정하였고, 줄기로부터 2종의 flavan-3-ol, 1종의 proanthocyanidin과 1종의 ellagitannin을 분리하였다(3,4). 복분자의 미숙과를 이용한 연구로는 Pang 등(5)이 gallic acid, 2,3-(s)-HHDP-D-glucopyranose, sanguin H-4, sanguin H-6의 4종의 가수분해성

탄닌을 확인·동정하였고, 항산화(6), 면역활성 증가(7,8), B형 간염바이러스(HBV) 억제(9), 항암활성(10), 항암 및 항스트레스효과(11)에 관한 연구 등이 보고되었다. 한편, 복분자의 완속과에서 *Helicobacter pylori* urease 저해물질을 분리하고 내열성 단백질인 이 물질이 위내 단백분해효소인 pepsin에도 가수분해 저항성이 있음이 밝혀졌고, 복분자술이 수컷 흰쥐에서 testosterone의 증가를 유도하는 식물 호르몬 작용이 있음을 보고하였다(12,13). 완속복분자는 미숙과에 비하여 면역활성과 항산화활성이 다소 떨어지는 경향은 있으나 과실이 성숙함에 따라 비타민 C, 당과 유리당의 함량은 증가하고 탄닌과 산의 함량은 감소하여 맛이 증가한다(14,15). 따라서 의약품 중심으로의 연구가 기능성식품으로 방향이 전환되어, 그 효능의 인식이 확대된 2003년 이후로는 재배면적의 증대 및 보급의 확대와 함께 완속복분자를 이용하여 주류, 음료 등 식품을 중심으로 하는 연구가 이루어졌으며 화장품에의 이용, 폐기되고 미활용되는 착즙액으로 안

*Corresponding author. E-mail: myway3512@hanmail.net
Phone: 82-63-220-2793, Fax: 82-63-226-6332

토시아닌 색소를 이용한 천연염색을 시도하기도 하였다 (16). 뿐만 아니라 이용되는 식품의 종류도 다양해져 식용, 떡, 빵, 사탕, 면류, 과자 등에도 사용되고 있으며, 그 이용범위가 지속적으로 확대될 것으로 전망된다. 그러나 이러한 이용가치의 상승에도 불구하고 완숙복분자를 식육 및 육제품에 이용하여 그 기능성 향상에 목적을 둔 연구는 미미한 실정이다.

본 연구는 먼저 완숙상태인 복분자의 이화학적 특징을 조사하고, 몇 가지 용매를 이용하여 분획·추출하여 각 추출물의 항산화활성을 규명하며 이들 추출물이 가열 돈육의 산화억제에 미치는 효과에 관하여 조사하여 기능성 육제품 생산을 위한 기초자료로 사용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 복분자는 전북 고창군 아산면에서 재배된 것으로 2007년 8월 완숙상태의 것을 채취하여 동결건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 -20°C 의 냉동고에 보관하면서 분석에 사용하였다.

시료 추출 및 분획

에탄올 추출은 생시료에 대하여 10배(w/v)의 95% 에탄올로 48시간 상온에서 처리하여 실시하였고 회전식 진공농축기로 감압농축 시킨 후 동결건조 하였다. 에탄올 추출물 시료 10 g에 증류수 200 mL를 가하여 혼합한 후 500 mL 분액여두에 넣어 hexane 200 mL를 넣고 10분간 진탕한 다음 2시간 동안 방치하여 hexane층을 분획하여 모았다. 다음은 ethyl acetate, butanol을 순차적으로 가하여 hexane과 동일한 방법으로 분획하여 각각을 농축·동결건조 하여 hexane 추출물, ethyl acetate 추출물, butanol 추출물 및 물추출물을 조제하여 시료로 사용하였다.

돈육의 조제

복분자 추출물을 이용하여 지방산패도로 항산화능을 측정하고자 도살 후 4°C 에서 저장된 랜드레이스의 대퇴부 육을 사용하였다. 각각의 시료 돈육(크기 1 mm^3) 50 g에 복분자 추출물 0.5 mL와 ascorbic acid 0.5 mL를 첨가하여 75°C 에서 1시간 동안 온탕가열한 후 흐르는 물에 냉각시킨 다음 5°C 에서 14일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

일반성분

완숙복분자의 일반성분은 AOAC 방법(17)에 준하여 분석하였다. 즉, 수분은 105°C 건조법, 조회분은 550°C 직접회화법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조섬유는 H_2SO_4 -NaOH 분해법에 의하여 분석하였고 탄수화물은 100에서 수분, 조회분, 조단백, 조지방 및 조섬유를 제한 값으로 나타내었다.

당도·pH·산도 측정

당도는 복분자 10 g을 착즙하여 시료로 사용하였으며 굴절당도계(N-1a, Atago, Japan)로 측정하였고, pH는 pH meter(Corning analyzer 250, USA)를 이용하여 측정하였다. 산도는 pH 8.2로 되는데 필요한 0.1 N NaOH의 양을 구한 후 구연산으로 환산하여 총산 함량(%)으로 나타내었다.

무기성분

동결건조된 시료 1 g을 도가니에 담아 4시간 건조회화하여 얻은 회분에 4 mL의 HNO_3 용액($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:1$)을 가한 후 hot plate에서 증발, 건조시켰다. 이를 다시 500°C 에서 3시간 동안 회화하고 10 mL의 HCl용액($\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}=1:1$)에서 완전히 용해시켜 100 mL volumetric flask로 정용한 다음 유도결합분광기(ICP-AES, Jobin Yvon Co., France)로 정량하였다.

총폴리페놀

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(18)을 응용하여 측정하였다. 즉, 시료 1 mg을 각기 추출용매 1 mL에 용해시키고 Folin reagent 2 mL를 넣은 후 실온에서 3분간 정지한 다음 10% Na_2CO_3 2 mL를 첨가하고 이를 혼합한 후 30°C 에서 40분간 정지하였으며 UV/VIS spectrophotometer(Cary 500, Varian, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때, tannic acid를 이용한 표준곡선은 최종농도가 0, 12.5, 25, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 작성하여 이 검량곡선으로부터 시료중의 폴리페놀 함량을 구하였다.

총플라보노이드

총플라보노이드 함량은 시료 1 mg을 각기 추출용매 1 mL에 용해시키고 diethyleneglycol 2 mL, 1 N-NaOH 0.02 mL를 가한 다음 37°C 항온수조에서 1시간 동안 방치한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Rutin을 이용한 표준곡선은 최종농도가 0, 12.5, 25, 50, 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 하여 위와 같은 방법으로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH free radical 소거활성

용매별 추출물의 농도를 달리하여 free radical 소거활성을 측정하기 위하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 이용하였다. 즉, 4.0×10^{-4} M DPPH용액 0.8 mL에 추출물을 각각 0.2 mL 첨가한 후 vortex mixer로 10초간 진탕하고 상온에 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 흡광도의 감소비율로서 항산화활성도를 나타내었다. 이때, 활성의 비교를 위하여 천연항산화제인 ascorbic acid를 시료농도와 같도록 첨가하였으며 동일한 방법으로 측정하였다.

ABTS 양이온($\text{ABTS}^{\cdot+}$) 소거활성

ABTS(2,2'-azinbis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid)와 potassium persulfate를 혼합하여 암소에 두면

ABTS·⁺가 생성되는데 추출물의 항산화물질과 반응하여 양이온이 소거됨으로써 특유의 청록색이 탈색되며 이의 흡광도를 측정하여 항산화 능력을 측정할 수 있다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM과 황산칼륨(potassium persulphate)을 혼합하여 암소에서 약 15시간 반응시킨 후 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 희석하였다. 희석한 용액 3 mL에 각 농도별로 조제한 시료 150 µL를 첨가하여 vortex mixer로 10초간 진탕하고 실온에 90분간 방치한 다음 414 nm에서 흡광도를 측정하였다. 한편, ascorbic acid를 시료와 같은 농도로 조제하여 동일한 방법으로 흡광도를 측정함으로써 비교하였다. 양이온 소거능은 RAEAC(relative ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)로 나타내었으며, 이는 ascorbic acid의 소거능을 1.000으로 하였을 때 동일 농도 시료의 ABTS 양이온 소거능을 나타내는 것으로 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$RAEAC = \frac{Caa}{\Delta Aaa} \times \frac{\Delta As}{Cs}$$

ΔAaa: ascorbic acid를 넣었을 때의 흡광도의 변화

Caa: ascorbic acid의 농도

ΔAs: 시료를 넣었을 때의 흡광도의 변화

Cs: 시료의 농도

TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) 분석

TBARS는 Witte 등(19)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 돈육 10 g에 20% TCA용액 25 mL를 첨가하여 homogenizer에서 2분간 14,000 rpm으로 균질화하였다. 이 현탁액을 여과지(Whatman No.1)로 여과한 후 여과액 5 mL를 취하여 0.005 M TBA 5 mL와 혼합하여 실온 냉암소에서 15시간 동안 방치한 후 530 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식에 따라 TBA를 계산하였다.

$$TBA(MDA\text{mg}/\text{kg}) = \text{흡광도} \times 5.2$$

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였으며, 그 결과에 대한 데이터는 SPSS 통계 package 12.0을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분

완숙복분자의 일반성분을 분석한 결과, 수분 85.36%, 조지방 1.02%, 조단백질 1.95%, 조섬유 2.36% 및 조회분 함량은 0.92%이었으며 탄수화물 함량은 8.39%를 나타내었다

Table 1. Approximate composition of the *Rubus coreanus* Miq. (unit: %)

Moisture	Crude fat	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Carbohydrate
85.36	1.02	1.95	2.36	0.92	8.39

Table 2. Soluble solid, acidity, and pH of the *Rubus coreanus* Miq.

Soluble solid (°Brix)	Acidity (%)	pH
10.30	1.73	2.89

(Table 1). Cha 등(20)이 성숙단계별 복분자의 이화학적 특성에 관한 연구를 수행하여 보고한 완숙복분자의 일반성분인 수분 81.40%, 조지방 0.60%, 조단백질 1.70%, 조섬유 0.60%보다는 수분 3.96%, 조지방 0.42%, 조단백질 0.25%, 조섬유 1.76%가 많게 함유되어 있었다. 이는 재배지역의 온도·습도와 같은 기상조건 및 토양의 물리화학적 생육환경과 재배작물의 영양·발육상태에 따라 크게 좌우하는 것으로 사료된다.

당도, 산도 및 pH

Table 2에 나타낸 바와 같이 완숙복분자의 당도는 10.30 °Brix, 산도는 1.73% 그리고 pH는 2.89로 측정되었다. 성숙한 raspberry(*Rubus idaeus*)의 경우 재배종에 따라 당도 10.0~13.0°Brix, 산도 1.71~2.30%, pH 2.78~3.04를 나타내었는데(21) 같은 나무딸기류인 복분자의 경우에 있어서도 비슷한 값을 나타내었다.

무기성분

완숙복분자의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 3에 나타내었다. K의 함량이 845.14 mg/100 g으로 가장 높았으며 Mg>Na>Ca>Fe>Mn>Zn>Cu의 순으로 무기성분이 함유되어 있었다. 동일 Rubus속인 boysenberry(*Rubus loganobaccus* cv boysenberry)의 경우 Na 함량은 3 mg/100 g, K 함량은 24 mg/100 g, Fe 함량은 0.8 mg/100 g, Zn 함량은 0.5 mg/100 g의 무기성분을 함유하고 있는 것에 비하면(22) 복분자는 다량의 무기성분을 포함하고 있었다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

복분자 1.5 kg 으로부터 에탄올 추출물 162.88 g(10.86%)을 얻은 후, 10 g의 에탄올 추출물을 이용하여 활성성분에 대한 특성을 검토하고자 극성이 다른 유기용매인 hexane, ethyl acetate, butanol, 물 순으로 순차적으로 추출물을 분획하여 얻은 수율을 Table 4에 나타내었다. Hexane 추출물 0.15 g(1.5%), ethyl acetate 0.06 g(0.6%), butanol 0.83 g

Table 3. Mineral contents of *Rubus coreanus* Miq.

(Unit: mg/100 g)

Ca	K	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
30.97±1.32	845.14±30.7	47.11±1.95	35.26±1.56	0.95±0.35	0.05±0.03	2.72±0.32	2.47±0.45

Table 4. Yields of organic solvent and water fractions obtained from ethanol extracts of *Rubus coreanus* Miq.

Material	Yields (%)			
	Hexane fr.	Ethyl acetate fr.	Butanol fr.	Water fr.
Ripened fruit	1.5	0.6	8.3	69.0

Table 5. Contents of total polyphenols and flavonoids in various fractions of *Rubus coreanus* Miq.

Extract	Total polyphenol (mgTAE/g) ¹⁾	Total flavonoid (mg/g)
Ethanol fr.	82.5±2.66 ^{2)bc3)}	38.7±0.71 ^c
Hexane fr.	48.3±0.10 ^c	37.1±0.34 ^c
Ethyl acetate fr.	85.3±0.02 ^a	77.9±0.69 ^a
Butanol fr.	84.3±0.07 ^{ab}	73.4±1.71 ^b
Water fr.	24.5±0.55 ^d	22.7±1.68 ^d

¹⁾TAE standards for tannic acid equivalents.

²⁾Each value is mean±SD (3 replicates).

³⁾Means with different superscripts in the same column are different at p<0.005.

(8.3%) 그리고 물추출물 6.90 g(69.0%)의 점도와 색택에서 약간씩 차이가 나는 추출물을 얻었으며 이를 항산화활성 측정을 위한 분석재료로 사용하였다.

각 분획추출물에 함유된 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. Ethyl acetate 추출물의 총 폴리페놀 함량이 85.5 mgTAE/g으로 가장 많이 함유되어 있었으며 butanol 추출물은 84.3 mgTAE/g, 에탄올 추출물은 82.5 mgTAE/g의 폴리페놀을 함유하고 있었다 (p<0.05). Cha 등(23)은 유기용매로 추출한 복분자의 경우 잎에 비하여 열매인 미숙과와 완숙과가 상대적으로 높은 폴리페놀 함량을 나타내었고 그 중에서도 75% 아세톤으로 추출한 완숙복분자의 함량이 건물기준 100 g 당 5.87 g으로 가장 높았음을 보고하였다. 또한, 선인장의 경우에 있어서도 폴리페놀의 함량이 열매 3.4~4.9 g으로 종자 1.47 g, 줄기 1.86 g보다 높게 나타났으며(24), 복분자와 같은 장미과 식물인 blueberry에서도 성숙이 진행됨에 따라 항산화능력, 안토시아닌 그리고 총 페놀 함량의 증가가 보고된 바 있다(25). 본 연구에서도 완숙복분자의 폴리페놀 함량은 비교적 높게 나타남을 알 수 있었다. 한편, 대표적인 폴리페놀 화합물인 플라보노이드 함량은 추출용매의 종류에 따라 다르게 나타났으며 ethyl acetate의 추출물은 77.9 mg/g, butanol 추출물은 73.4 mg/g의 플라보노이드를 함유하고 있었고 물추출물에서는 상대적으로 그 함유량이 낮아 폴리페놀과 비슷한 양상을 나타내었다.

DPPH free radical 소거활성

완숙복분자의 각 용매별 분획 추출물과 천연 항산화제인 ascorbic acid의 DPPH 소거활성을 농도별로 측정하여 비교한 결과를 Fig. 1에 나타냈다. Velioglu 등(26)은 어떤 식물에서는 총 폴리페놀 함량과 항산화활성이 크게 관련되어 있다

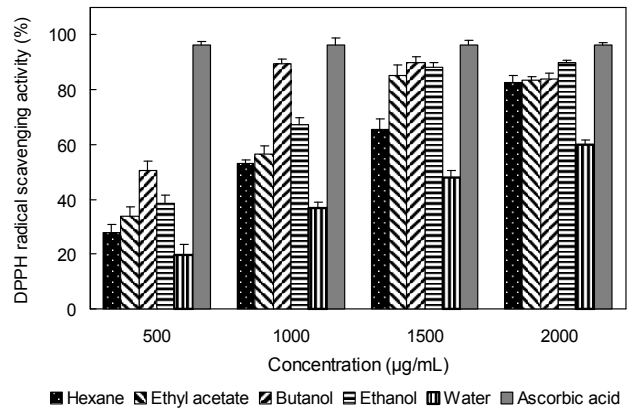


Fig 1. DPPH radical scavenging activities in extracts of *Rubus coreanus* Miq. and ascorbic acid.

Each value is mean±SD (3 replicates).

고 보고하였으나 Kahkonen 등(27)은 92종의 식물 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량과 항산화활성의 상관관계를 조사하여 유의성이 없음을 보고하였다. 본 실험에서는 모든 처리구에서 농도 의존적으로 항산화활성이 높아지는 경향을 나타내었으나 폴리페놀을 다량 함유하고 있던 ethyl acetate 추출물과 butanol 추출물의 경우 가장 고농도인 2,000 µg/mL에서는 활성이 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 물추출물을 제외한 모든 추출물의 농도 2,000 µg/mL에서 약 80% 이상의 항산화활성을 보였다. 그 가운데에서도 에탄올 추출물 2,000 µg/mL와 butanol 추출물 1,500 µg/mL에서 89.93%와 89.68%의 높은 항산화능을 나타내었다. 이는 Cha 등(20)이 복분자의 완숙과를 이용하여 추출용매별 전자공여효과를 조사한 결과인 82.31~88.93%보다는 약간 높은 값으로 추출 용매의 종류와 농도에 따라 항산화 효과가 다름을 확인할 수 있었다.

ABTS 양이온(ABTS·⁺) 소거활성

ABTS는 비교적 안정한 free radical로서 DPPH 방법과 함께 항산화활성을 스크리닝하는데 많이 이용되고 있다. 또한, lipophilic 또는 hydrophilic 항산화 물질의 측정에 적용 가능한 방법으로 이 방법에 의한 항산화활성은 ABTS radical을 억제하거나 소거하는 것에 의해 이루어진다(28). 각 분획 추출물의 ABTS 양이온(ABTS·⁺)에 대한 ascorbic acid의 소거능을 1.000으로 하였을 때 동일 농도 시료의 ABTS 양이온 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. Hexane 추출물의 경우 RAEAC 값이 0.42~0.74이었으며 그 가운데에서도 1,500 µg/mL에서 0.74±0.002로 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. Ethyl acetate와 butanol 추출물은 모든 처리구에서 0.90~0.97 범위의 높은 활성을 나타내었고 그 중에서도 ethyl acetate, butanol 모두 500 µg/mL에서 0.95±0.002, 0.97±0.001의 높은 소거능을 나타내었으나 농도가 높아짐에 따라 값이 점차로 감소하는 경향을 나타내었다. Ethanol 추출물은 2,000 µg/mL에서 0.97±0.001의 높은

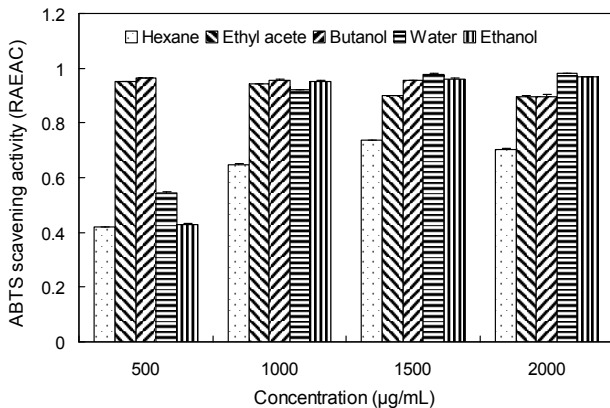


Fig 2. Relative scavenging activities of ABTS·⁺ free radical in extracts from *Rubus coreanus* Miq. RAEAC (relative ascorbic acid equivalent antioxidant activity) was expressed as a value compared to antioxidant activity of ascorbic acid. Each value is mean±SD (3 replicates).

항산화활성을 나타내었으며 물추출물의 경우는 2,000 µg/mL에서 0.98 ± 0.002 의 소거능을 나타내어 가장 높은 항산화활성을 나타내었다.

Choi 등(29)은 국내 시판되는 일부 다류제품의 항산화효과에 관한 연구에서 DPPH· 소거활성과 ABTS·⁺의 소거활성 간에 $R^2=0.93$ 의 높은 상관관계가 있음을 보고하였다. 또한, Lee 등(30)은 울릉도산 산채류 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 항산화활성에 관한 연구에서 80% ethanol로 추출한 산채나물 추출물의 ABTS·⁺의 소거활성이 DPPH· 소거활성보다 다소 높게 나타났으며 $R^2=0.76$ 의 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 ABTS·⁺의 소거활성이 DPPH· 소거활성보다 다소 높은 경향을 나타내었으며 hexane, 에탄올 및 물 추출물에 대한 소거활성 간의 상관관계가 각각 0.90, 0.91 및 0.89로 높게 나타났다. 그러나 ethyl acetate와 butanol 추출물의 R^2 값은 -0.96과 -0.34로 음의 상관관계가 있음을 알 수 있었다. ABTS·⁺의 소거활성이 DPPH· 소거활성보다 높게 나타난 것은 DPPH·는 자유라디칼이지만 ABTS·⁺는 양이온라디칼이기 때문이며 또한 phenolic compound의 종류가 다르므로 두 기질에 결합하는 정도가 달라서 라디칼을 제거하는 능력의 차가 생기기 때문이다(31). DPPH와 ABTS radical system은 단기간에 총 항산화능력을 측정하기 위한 일반적인 방법이므로 보다 정확한 항산화활성을 측정하기 위하여 가열둔육의 장기간 산화억제효과에 관하여 조사하였다.

TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) 분석

복분자의 분획 추출물을 이용하여 DPPH와 ABTS·⁺를 측정된 결과 500, 1,000, 1,500 및 2,000 µg/mL 농도 가운데 비교적 효과가 높은 것으로 사료된 농도인 2,000 µg/mL로 농도를 고정시키고 각 분획 추출물에 대하여 처리 기간별 항산화 정도를 알아보기 위해 TBARS 방법으로 실험을 실시한 결과는 Fig. 3과 같다. 저장기간이 길어짐에 따라 대조

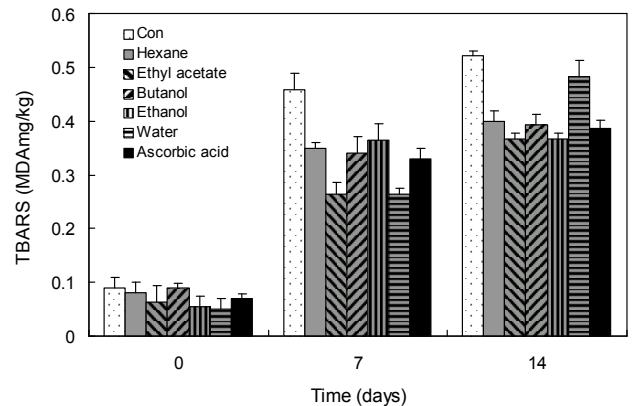


Fig 3. Time course changes of TBARS values in various fractions obtained from *Rubus coreanus* Miq. extracts. Each sample was tested at the concentration of 2,000 µg/mL. Each value is mean±SD (3 replicates).

구에 비하여 모든 처리구의 TBARS 값이 상승하였다. 대조구의 경우 저장 0일째의 TBARS 값이 0.09 MDAmg/kg이었으며 시간이 경과함에 따라 7일째와 14일째는 0.46, 0.52 MDAmg/kg으로 5배 이상 상승하였다. 저장 0일째의 TBARS 값이 0.05 MDAmg/kg으로 가장 낮은 값을 나타내었던 물추출물의 경우 7일째에는 0.28 MDAmg/kg, 14일째는 0.48 MDAmg/kg으로 값이 급격히 상승하였다. 한편, 저장 14일째에 가장 항산화활성이 높게 나타난 ethyl acetate 추출물과 ethanol 추출물의 TBARS 값은 공히 0.37 MDAmg/kg이었는데, 이는 ascorbic acid의 값인 0.39 MDAmg/kg보다도 유의적으로 낮은 값($p<0.05$)으로 항산화활성이 높음을 의미한다. Ethyl acetate와 ethanol 분획추출물은 ascorbic acid보다는 낮지만 높은 항산화효과가 있었으며 지질산화물인 TBARS의 함량을 측정된 결과 ascorbic acid보다 높은 항산화활성을 나타내었다. 페놀성 화합물이 지방산 산화 초기생성물인 hydroperoxide 및 기타 반응물질과 반응하여 산화를 억제시킨다고 보고되었는데(32), 본 실험에서 ethyl acetate와 ethanol 추출물의 폴리페놀 함량이 다른 추출물에 비해 많았던 결과와도 일치한다. 이로써 이들 추출물이 둔육의 산화를 방지하는 항산화제로서의 사용가능성이 있을 것으로 사료되며 향후 휘발성 염기태질소(VBN)나 미생물 측정 등의 시험을 통하여 이를 확인하는 지속적인 보완연구가 필요하리라 생각된다.

요 약

완숙복분자의 이화학적 특성, 용매분획별 추출물의 항산화활성 및 둔육의 산화억제효과에 대하여 조사하였다. 복분자의 수분, 조단백, 조지방, 조섬유, 조회분, 탄수화물, 산도, pH 및 무기성분 등의 특성을 분석하였다. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 ethyl acetate 추출물, butanol 추출물 그리고 ethanol 추출물 순으로 높은 함량을 나타내었다.

각 추출물의 DPPH free radical 소거활성을 농도별로 측정 한 결과, ethanol 추출물 2,000 µg/mL와 butanol 추출물 1,500 µg/mL 농도에서 89.93%와 89.68%의 높은 항산화능을 보였다. 또한 ABTS 양이온 소거활성을 측정한 결과 hexane 추출물을 제외한 모든 추출물 1,000~2,000 µg/mL에서 90% 이상의 높은 소거활성을 나타내었다. TBARS 방법으로 돈육의 항산화효과를 측정한 결과 ethyl acetate와 ethanol 추출물 공히 TBARS 값이 0.37 MDAmg/kg으로 ascorbic acid 0.39 MDAmg/kg보다 항산화효과가 높게 나타났다. 따라서 복분자 ethyl acetate와 ethanol 추출물은 ascorbic acid보다 산화억제효과가 뛰어난 것으로 생각된다.

문 헌

1. Lee CB. 1989. *Encyclopedia of Korea plant*. Hyang Moon Publ., Seoul, Korea. p 441.
2. Jeong JS, Sin MK. 1996. *Encyclopedia of oriental medical*. Young Rim Republ., Seoul, Korea. p 461.
3. Lee MW. 1995. Phenolic compounds from the leaves of *Rubus coreanum*. *Yakhak Hoeji* 39: 200-204.
4. Kim MS, Pang GC, Lee MW. 1997. Flavonoids from the leaves of *Rubus coreanum*. *Yakhak Hoeji* 41: 1-6.
5. Pang KC, Kim MS, Lee MW. 1996. Hydrolyzable tannins from the fruits of *Rubus coreanum*. *Kor J Pharmacogn* 27: 366-370.
6. Yoon I, Cho JY, Kuk JH, Wee JH, Jang MY, Ahn TH, Park KH. 2002. Identification and activity of antioxidative compounds from *Rubus coreanum* fruit. *Korean J Food Sci Technol* 34: 898-904.
7. Lee MK, Lee HS, Choi GP, Oh DH, Kim JD, Yu CY, Lee HY. 2003. Screening of biological activities of the extracts from *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Medicinal Crop Sci* 11: 5-12.
8. Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung JK, Bang JK, Lee HY. 2004. Effect of ultrasonification process on enhancement of immuno-stimulatory activity of *Ephedra sinica* Stapf and *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 113-117.
9. Kim TG, Park MS, Han HM, Kang SY, Jung KK, Rhee HM, Kim SH. 1999. Inhibitory effects of *Terminalia chebula*, *Sanguisorba officinalis*, *Rubus coreanus* and *Rheum palmatum* on hepatitis B virus replication in HepG2 2.2.15 cells. *Yakhak Hoeji* 43: 458-463.
10. Kim EJ, Lee YJ, Shin HK, Park JH. 2005. Induction of apoptosis by the aqueous extract of *Rubus coreanum* in HT-29 human colon cancer cells. *Nutr* 21: 1141-1148.
11. Kim JH, Kim CH, Kim HS, Kwon MC, Song YK, Seong NS, Lee SE, Yi JS, Kwon OS, Lee HY. 2006. Effect of aqueous extracts from *Rubus coreanus* Miquel and *Angelica gigas* Nakai on anti-tumor and anti-stress activities in mice. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 206-211.
12. Yang SW, Ho JN, Lee YH, Shin DH, Hong BS, Cho HY. 2004. Isolation and characterization of *Helicobacter pylori* urease inhibitor from *Rubus coreanus* Miquel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 769-777.
13. Whang IS. 2005. Effects of black raspberry wine in the male sprague-dawley rat. *PhD Dissertation*. Chonbuk University, Korea.

14. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. 2007. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *Korean J Food Sci Technol* 39: 476-479.
15. Ohtani K. 1990. A dimeric triterpene-glycoside from *Rubus coreanum*. *Chem Pharm Bull* 29: 327-580.
16. Bai SK. 2006. Natural dyeing of silk fabric dyed with *Rubus coreanus* Miquel extract. *J Kor Soc Cloth Insd* 8: 476-480.
17. AOAC. 1990. *Official Methods Analysis*. 13th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC, USA. p 125-132.
18. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
19. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35: 582-587.
20. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. 2007. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *Korean J Food Sci Technol* 39: 476-479.
21. Ochoa MR, Kessler AG, Vulliod MB, Lozano JE. 1998. Physical and chemical characteristics of raspberry pulps: Storage effect on composition and color. *Lebensm-Wiss u-Technol* 32: 149-153.
22. Kubomura K. 2005. Boysenberry as a functional food ingredient. *J Integr Stud Diet Habis* 16: 44-49.
23. Cha HS, Park MS, Park KM. 2001. Physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel. *Korean J Food Sci Technol* 33: 409-415.
24. Lee YC, Hwang KH, Han DH, Kim SD. 1997. Compositions of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 847-853.
25. Prior RL, Cao G, Martin A, Sofic E, McEwen J, O'Brien C, Lischner N, Ehlenfeldt M, Kalt W, Krewer G, Mainland CM. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *J Agric Food Chem* 46: 2686-2693.
26. Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
27. Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 47: 3954-3962.
28. Rice-Evans C, Miller NJ. 1997. Factors affecting the antioxidant activity determined by the ABTS radical cation assay. *Free Radic Res* 195: 26-27.
29. Choi YM, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee JS. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
30. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, 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.
31. Lee SO, Kim MJ, Kim DG, Choi HJ. 2005. Antioxidative activities of temperature-stepwise water extracts from *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 139-147.
32. 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 *Glycyrrhiza uralensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 138-142.