Korean J Food Preserv
19(2), 263-270 (2012)

사단법인 한국식품저장유통학회
The Korean Society of Food Preservation

Chemical Components and Anti-oxidant Activities of Black Currant

Chang-Ho Jeong[1], Chi-Weon Jang[1], Koo-Yul Lee[1], Il-Hun Kim[2]
and Ki-Hwan Shim[2†]
[1]*Wooyang Frozen Food Co, Ltd, Seocheon 325-907, Korea*
[2]*Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

블랙 커런트의 화학성분 및 항산화 활성

정창호[1] · 장치원[1] · 이구열[1] · 김일훈[2] · 심기환[2†]
[1](주)우양냉동식품, [2]경상대학교 식품공학과 · 농업생명과학연구원

Abstract

The chemical components and anti-oxidant activities of black currant were investigated. The pH, soluble solid and total acidity values were 3.36, 15.11 °Brix, and 1.65%, respectively. The Hunter L, a, and b values were 18.20, 5.13, and 1.08, respectively. The proximate compositions were as follows; moisture, 77.64%; nitrogen free extract, 17.41%; crude fiber, 3.08%; crude protein, 1.28%; crude ash, 0.31%; and crude lipid, 0.28%, respectively. The mineral elements were K (177.36 mg/100 g), P (54.74 mg/100 g), and Ca (26.45 mg/100 g). The free sugar components were glucose (7.71%) and fructose (5.88%). The amino acid contents of the black currant were very rich in glutamic acid (105.73 mg/100 g) and deficient in cystine (5.29 mg/100 g). The ascorbic acid and total phenolic contents were 112.19 mg/100 g and 34.48 mg GAE/g, respectively. The ABTS and DPPH radical scavenging activity levels were 99.48% and 89.03% at the 10 and 1.25 mg/mL concentrations. The reducing power and FRAP of the black currant were dose-dependent. Thus, black currant can be an effective source of functional food substances, i.e., natural anti-oxidants.

Key words : black currant, chemical component, anti-oxidant activity

서 론

최근에 건강에 대한 관심이 증대됨에 따라 영양분 섭취와 질병 예방차원에서 각종 과실과 이를 이용한 여러 가지 가공품에 대한 소비 및 제품개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(1,2). 과실에는 강력한 항산화 효과를 가지는 여러 가지 생리활성 성분 즉, 비타민, 카로테노이드 및 플라보노이드와 같은 페놀성 화합물이 많이 존재하는 것으로 알려지고 있는데, 이러한 성분들은 산화적 스트레스에 의해 발생되는 항궤양, 항경련, 위장관의 위액 분비조절과 설사예방, 당뇨예방, 암, 심장병 및 퇴행성 질병들의 예방과 감소에 크게 기여한다고 보고되고 있다(3-5). 그리고 소비자들이 쉽게 접할 수 있는 각종 과실에서 항산화 활성 등과 같은 생리활성을 가지는 화합물을 얻고자하는 관심이 점차적으로 증가하고 있어 이에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다(6,7).

폴리페놀성 화합물은 식물성 원료의 식품에 많이 함유되어 있는 대표적인 2차 대사산물로서 인체에 효과적인 생리적 기능성들을 제공하고 있다. 대표적인 3가지 타입의 폴리페놀성 화합물들로는 플라보노이드, 페놀릭 산 및 탄닌들로서 이들은 *in vitro* 상에서 매우 강력한 항산화제로서의 역할을 지니고 있으며, 또한 혈관질환, 암, 퇴행성신경질환, 당뇨 및 골다공증 등과 같은 질병들의 위험을 감소시킨다고 알려져 있다(6,7).

블랙 커런트(black currant, *Ribes nigrum* L)는 러시아, 폴란드, 독일, 스칸다나비아, 영국, 뉴질랜드 및 동부유럽국가들에서 매우 가치있는 원예작물로 년간 전세계에서 500,000~600,000톤 정도 생산되는 것으로 알려져 있다. 또한 블랙 커런트는 주로 주스 생산을 위해 재배하고 있지

†Corresponding author. E-mail : khshim@gnu.ac.kr
Phone : 82-55-772-1902, Fax : 82-55-772-1909

만 잼, 젤리, 차 및 기타 식품소재로도 많이 이용되고 있으며, 품질을 결정하는 주요 요소로는 비타민 C와 폴리페놀성 화합물인 것으로 보고되고 있다(6,7).

블랙 커런트에는 매우 많은 양의 안토시아닌류(250 mg/100 g fresh fruit)들이 함유되어 있으며 대표적인 안토시아닌들로는 cyanidin 3-O-rutinoside, delphinidin 3-O-rutinoside, cyanidin 3-O-glucoside 및 delphinidin 3-O-glucoside이며, 그 외의 안토시아닌들은 매우 소량 함유되어 있다. 그 외에도 hydroxybenzoic acid와 hydroxycinnamic acid와 같은 페놀릭 산과 myricetin, quercetin 및 kaempferol과 같은 플라보놀화합물도 함유되어있다고 알려져 있다(8,9).

지금까지 블랙 커런트에 관한 연구로는 신경세포보호효과(10), 블랙 커런트 주스의 항산화와 페놀성 화합물(11), HPLC-DAD-ESI-MS를 이용한 페놀릭 화합물들의 분리, 동정 및 정량(12), 종자추출물로부터 페놀성 화합물의 조성(13), SH-SY5Y와 HL-60 세포 모델을 활용하여 DNA 세포막 손상과 산화적 스트레스에 대한 저해효과(14), 요로 및 신장결석 예방효과(15)와 아울러 부위별, 채취시기별 및 품종에 따른 항산화활성 (16)등이 보고되고 있다.

위와 같이 이미 유럽 등과 같은 국외에서는 가공품 개발뿐만 아니라 이에 대한 연구가 활발한 실정이나 국내에서는 아직까지 블랙 커런트에 대한 성분분석, 생리활성 및 가공품에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 유통 및 소비는 일어나고 있으나 아직까지 덜 알려져 있는 컬러푸드에 속하는 과실류 중의 하나인 블랙 커런트의 시장 확대를 위하여 그 이화학적 특성 및 항산화 활성을 측정하여 건강기능성 식품소재 탐색 및 가공품을 개발하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 착즙액의 제조

본 실험에 사용한 블랙 커런트(*Ribes nigrum*, black currant)는 뉴질랜드산으로 2010년 12월에 적숙과 상태로 채취한 것을 IQF (Individual quick frozen)형태로 2011년 3월 수입하여 본 실험에 사용하였다. 각 실험에 사용된 시약은 Folin-Ciocalteu's reagent, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), potassium ferricyanide [$K_3Fe(CN)_6$], trichloroacetic acid, 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5- triazine (TPTZ), ferric chloride ($FeCl_3$) 및 hydrochloric acid (HCl)는 Sigma (Sigma Chemical Co, St Louis, MO, USA)사에서 구입하여 사용하였고, 그 외에 사용된 시약은 특급 및 일급을 구입하여 실험에 사용하였다. 항산화 실험을 위한 동결건조 시료 제조는 과육 100 g을 믹서기를 이용하여 파쇄한 후 착즙한 착즙액을 Adventec No 2 filter paper(Adventec Co, Tokyo, Japan)로 여과하여 농축하였다. 이 농축물을 동결건조기 (Eyela Co, Tokyo, Japan)로 동결건조하여 분말화 시킨 후 -18℃에서 냉동보관하면서 실험하기 직전 증류수에 농도별로 녹인 후 여러 가지 항산화 실험에 사용하였다.

착즙액의 pH, 당도, 산도 및 색도 측정

블랙 커런트의 이화학적 특성은 과육 100 g을 믹서기를 이용하여 파쇄한 후 착즙한 착즙액을 이용하여 pH는 pH meter(ORION, USA)를 이용하여 측정하였으며, 총산함량은 0.1 N-NaOH로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 citric acid로 환산하였고, 당도는 Abbe refractometer (501-DS, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 또한 색도는 색차계(CT-310, Minolta Co, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter values (L, a 및 b)를 측정하였다.

일반성분 분석

블랙커런트 과일의 수분함량은 105℃건조 후 항량을 측정하여 산출하였고, 조단백질은 Auto-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 측정하였으며, 조섬유는 1.25% H_2SO_4 및 NaOH 분해법, 조회분은 550℃ 직접회화법으로 측정하였으며, 그 외 나머지 성분들은 가용성 무질소물로 나타내었다(17).

무기성분 분석

블랙커런트 과일 내에 함유되어 있는 무기성분을 분석하기 위하여 각 시료 0.1 g에 분해용액($HClO_4$: H_2SO_4 : H_2O_2 = 9 : 2 : 5) 25 mL를 가하여 열판에서 무색, 투명하게 변할 때까지 분해한 후 100 mL로 정용하여 여과(Adventec No 2)한 후 Inductively coupled plasma mass spectrometer (Elan 6100; Perkin Elmer, Shelton, CT, USA)로 분석하였다. 분석조건 중 RF power는 1,300 W이며, analysis pump flow rate는 1.5 mL/min으로 하였고, gas flows는 plasma : 15, auxiliary : 0.2, nebulizer : 0.8 L/min으로 하여 분석하였다(18).

유리당 분석

블랙커런트 과일의 유리당 분석은 Choi 등(19)의 방법으로 시료 2 g에 80% 메탄올 50 mL를 첨가하여 환류냉각 추출한 후 ether와 butanol을 첨가하여 색소 및 지방 성분을 제거하였다. 이렇게 얻은 유리당 획분을 0.45 μm syringe filter로 여과한 후 Sep-pak C_{18}로 색소 및 단백질 성분을 제거한 다음 HPLC (Hewlett packard 1100 series, Santa clara, CA, USA)로 분석하였다. Column은 Aminex carbohydrate HPX42-A를 사용하였고, solvent와 flow rate는 80% acetonitrile과 1.0 mL/min, detector는 RI로 하였고, column 온도와 injection volume은 각각 40℃와 20 μL였다.

총아미노산 분석

블랙커런트 과일의 총아미노산 분석은 시료를 일정량 취하여 6 N-HCl 용액을 가하고 진공밀봉하여 heating block (110±1℃)에서 24시간 동안 가수분해시킨 후 glass filter로 여과한 여액을 회전진공농축기(N-N series, EYLYA CO, Japan)를 이용하여 HCl을 제거하고 증류수로 3회 세척한 다음 감압농축하여 sodium citrate buffer (pH 2.2) 2 mL로 용해한 후 0.22 μm syringe filter로 여과한 여액을 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Biochrom, Cambridge, UK)를 이용하여 분석하였다. 분석에 이용한 column은 ultrapac 11 cation exchange resin (11 μm ± 2 μm)를 사용하였고, flow rate와 buffer는 각각 ninhydrin 25 mL/hr와 pH 3.20~10.0으로 하였으며, column 온도와 reaction 온도는 각각 46℃와 88℃로 하였고, 분석시간은 44분 동안 분석하였다(20).

비타민 C 함량 및 총 페놀성 화합물 함량

블랙커런트 과일의 비타민 C 분석은 시료 2 g에 20 mL의 10% metaphosphoric acid를 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% metaphosphoric acid을 넣어 균질화한 다음 균질화된 시료를 100 mL mass flask에 옮기고 소량의 5% metaphosphoric acid액으로 용기를 씻은 후 mass flask에 합하여 100 mL로 정용한 다음 0.22 μm syringe filter로 여과하여 HPLC (Hewlett packard 1100 series, Santa clara, CA, USA)로 분석하였다. Column은 μ-Bondapak C_{18} (3.9 × 30 cm, ID)를 사용하였고, solvent와 flow rate는 각각 0.05 M KH_2PO_4 : acetonitrile (60 : 40)과 1 mL/min으로 하였으며, UV파장과 injection volume은 254 nm와 20 μL였다(20). 총 페놀성 화합물 함량을 측정하기 위하여 Folin-Ciocalteu's방법을 이용하였다(21). 시료 1 mL에 3차 증류수 9 mL를 첨가한 후 Folin & Ciocalteau's phenol reagent 1 mL를 넣고 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켰다. 반응용액에 7% Na_2CO_3 용액 10 mL를 넣어 다시 혼합한 다음 3차 증류수로 25 mL로 정용하였다. 이 혼합 용액을 23℃에서 2시간 동안 정치한 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 gallic acid를 이용하여 작성된 표준곡선을 이용하여 검량선을 작성하여 총 페놀성 화합물 함량을 계산하였다.

ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성

7 mM ABTS 5 mL와 140 mM $K_2S_2O_8$ 88 μL를 섞어 어두운 곳에 14~16시간 방치시킨 후, 이를 무수 에탄올과 약 1 : 88 (v/v) 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 조절한 ABTS 용액을 사용하였다. 블랙커런트 동결건조 분말을 농도별로 증류수에 녹인 후 제조한 시료용액 20 μL와 ABTS 용액 980 μL를 혼합하여 30초간 진탕한 후 2.5분간 반응시키고, 734 nm에서 흡광도를 측정하여 라디칼 소거활성을 나타내었다(22). 또한 DPPH 라디칼 소거활성은 시료 용액 1 mL에 1.5 × 10^{-4} M 농도의 DPPH 용액 4 mL를 첨가하였다. Vortex로 균일하게 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도 (optical density, OD)를 측정하였다(23).

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = 1 - \frac{\text{시료의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

환원력 및 ferric reducing antioxidant power (FRAP)

환원력은 Yen & Chen (24)의 방법에 따라 시료용액 2.5 mL에 sodium phosphate buffer (2.5 mL, 200 mM, pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide (2.5 mL)를 혼합시킨 후 혼합물을 50℃에서 20분 동안 incubation 시킨 다음 trichloroacetic acid (2.5 mL, 10%, w/v)를 첨가하여 650 × g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 상징액(5 mL)에 탈이온수(5 mL)와 1% ferric chloride 1 mL를 첨가시킨 후 UV-spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP assay에 사용된 시약은 0.3 M sodium acetate buffer (pH 3.6)와 40 mM HCl로 용해시킨 10 mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) solution, 그리고 20 mM $FeCl_3$ solution을 사용하였다. 미리 제조된 sodium acetate buffer, TPTZ solution 및 $FeCl_3$ solution을 각각 10 : 1 : 1 (v/v/v)의 비율로 혼합하여 37℃에서 10~15분간 incubation 시켜 FRAP reagent를 준비하였다. FRAP reagent 1.5 mL에 시료용액 50 μL를 첨가하여 실온에서 30분간 방치한 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다(25).

통계처리

모든 실험은 3번 반복하였으며, 통계처리는 Window 용 SAS 8.0 version을 이용하여 분산분석(analysis of variance)을 실시하였으며, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

pH, 당도, 총산도 및 색도

블랙 커런트 착즙액의 pH, 당도, 총산도 및 색도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 즉, pH는 3.36, 당도는 15.11 °Brix 및 총산도는 1.65%이었으며, 색도 중 밝기를 나타내는 L값은 18.20, 적녹도를 나타내는 a값은 5.13 및 황청도를 나타내는 b값은 1.08로 나타났다. Kim 등(26)은 오디의 품종별 이화학적 품질특성을 조사한 결과 pH는 4.08~4.80, 산도는 0.39~0.73, 당도는 5.83~15.34 °Brix로 품종에 따라 다소 차이를 보였으며, 품종별 색도 중 L값은 26.31~31.49, a값은 1.04~3.85 및 b값은 -0.02~4.09범위였다고 보고하였다. 블랙 커런트는 오디 과실에 비하여 pH는 낮았고, 총산도는 높았으며, 당도는 가장 높은 오디 품종과 유사한 경향

을 보였다. 또한 색도 중 L값은 낮았고, a값은 높았으며, b값은 유사한 경향을 보였다.

Table 1. The quality characteristics of black currant

	pH	Soluble solid (°Brix)	Total acidity (%)	Hunter's value		
				L	a	b
Black currant	3.36±0.02	15.11±0.04	1.65±0.13	18.20±0.01	5.13±0.02	1.08±0.02

[1)]Means±SD (n=3).

일반성분 함량

블랙 커런트 과일의 일반성분을 분석한 결과(Table 2) 수분 77.64%, 가용성 무질소물 17.41%, 조섬유 3.08%, 조단백질 1.28%, 회분 0.31% 및 조지방 0.28% 순으로 나타났다. Cho 등(27)은 국내에서 재배된 20개 품종의 블루베리 과실에 대한 일반성분을 분석한 결과 수분은 75~88%, 조단백질은 0.32~0.62%, 조지방은 0.12~0.39%로 나타났다고 보고하여 블랙 커런트는 블루베리에 비하여 수분과 조지방 함량은 비슷한 경향이었으나 조단백질은 높은 함량을 보였다.

Table 2. Proximate compositions of black currant

Unit : %

	Moisture	Crude protein	Crude fat	Nitrogen free extract	Crude fiber	Crude ash
Black currant	77.64±0.36	1.28±0.16	0.28±0.08	17.41±1.24	3.08±0.62	0.31±0.06

무기성분 함량

블랙 커런트에 함유되어 있는 무기성분을 분석한 결과(Table 3) K이 177.36 mg/100 g으로 가장 많이 함유되어 있었고, P 54.74 mg/100 g, Ca 26.45 mg/100 g, Na 24.63 mg/100 g 및 Mg 21.58 mg/100 g 순으로 나타났다. Kim & Shin (28)은 숙성시기별 토종 복분자 딸기 분말의 무기질을 분석한 결과 숙성정도에 관계없이 K함량이 가장 높았으며, 그 외는 Ca>Mg>P>Mn>Fe>Na>Cu 순이었으며, 위해 금속인 Cr, Co, Cd, Pb, Mo, As, Se, Hg는 검출되지 않았다고 보고하여 본 실험의 재료인 블랙 커런트와 비슷하게 K, Ca 및 Mg 등 알칼리성 무기질이 주요 무기성분인 것으로 나타났다.

유리당 함량

블랙 커런트에 함유되어 있는 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 즉, 블랙 커런트에는 2종류의 유리당이 존재하고 있었으며, 그 유리당은 glucose와 fructose로 각각 7.71% 및 6.54%가 함유되어 있었다. Cha 등(29)은 복분자딸기의 미숙과 및 완숙과의 유리당 조성과 함량을 HPLC로 측정한 결과 주요 구성성분으로는 glucose와 fructose로 나타났으며, 미숙과의 유리당 함량은 glucose 0.42 g, fructose 0.61 g이었고, 완숙과는 glucose 0.90 g, fructose 1.41 g, sucrose 0.08 g으로 미숙과가 완숙되어지면서 유리당 함량이 증가하였으며, 완숙과에서는 sucrose가 생성되었다고 보고하여 블랙 커런트와 비교하였을 때 유리당 조성은 유사한 경향을 보였으나 함량은 다소 차이를 보였다.

Table 3. Contents of minerals in black currant

Unit : mg/100 g

Minerals	Black currant
K	177.36±7.13
Ca	26.45±2.37
Mg	21.58±1.23
Na	24.63±2.24
Mn	-[1)]
Fe	3.85±0.87
Zn	0.11±0.04
P	54.74±1.97

[1)]Not detected.

Table 4. Contents of free sugar in black currant

Unit : %

	Sucrose	Glucose	Fructose	Maltose	Rhamnose	Xylose
Black currant	-[1)]	7.71±0.31	5.88±0.18	-	-	-

[1)]Not detected.

Table 5. Contents of amino acid in black currant

Unit : mg/100 g

Amino acids	Black currant
Aspartic acid	45.64±1.08
Threonine	14.61±0.34
Serine	20.15±1.07
Glutamic acid	105.73±2.61
Proline	25.51±0.91
Glycine	34.51±0.52
Alanine	22.78±0.97
Cystine	5.29±0.64
Valine	10.86±0.36
Methionine	5.42±0.08
Isoleucine	10.53±0.24
Leucine	24.98±0.63
Tyrosine	10.17±0.17
Phenylalanine	18.23±0.14
Histidine	12.86±1.52
Lysine	23.95±0.68
Arginine	30.45±1.45
Total amino acid	421.67±13.41

총 아미노산 함량

총 아미노산 함량을 아미노산 자동분석기로 분석한 결과는 Table 5와 같이 표준품과 비교하여 총 17종이 동정되었으며, 총 아미노산 함량은 421.67 mg/100 g이었고, 필수아미노산 함량은 121.44 mg/100 g으로 나타났다. 동정된 17종의 총 아미노산 중 블랙 커런트에 함유되어 있는 주요 아미노산은 glutamic acid 105.73 mg/100 g, aspartic acid 45.64 mg/100 g, glycine 34.51 mg/100 g 및 arginine 30.45 mg/100 g순으로 나타났다. Jeong 등(30)은 블루베리와 라즈베리에 함유되어 있는 아미노산 조성과 함량을 측정한 결과 총 아미노산 함량은 각각 2,011.44 및 2,098.82 mg/100 g이었으며, 주요 아미노산으로는 glutamic acid, aspartic acid 및 leucine과 같은 산성아미노산이 주요 아미노산인 것으로 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였다.

비타민 C 및 총 페놀성 화합물 함량

블랙 커런트에 함유되어 있는 비타민 C 및 총 페놀성 화합물의 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같이 각각 112.19 mg/100 g 및 34.48 mg/GAE g이었다. Shin 등(31)은 딸기의 저장온도 및 상대습도를 달리하여 저장한 후 비타민 C 및 총 페놀성 화합물 함량 변화를 분석한 결과 비타민 C의 경우 0.5 및 20℃에서 저장 하였을 때는 감소하는 경향을 보였으나 10℃에서 저장한 샘플에서는 큰 변화를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한 총 페놀성 화합물의 함량은 저장온도와 상대습도에 많은 영향을 받았으며, 상대습도 75, 85 및 95%에서 저장한 샘플에서 각각 2,280, 2,350 및 2,410 mg/kg의 함량을 보였다고 보고하였다.

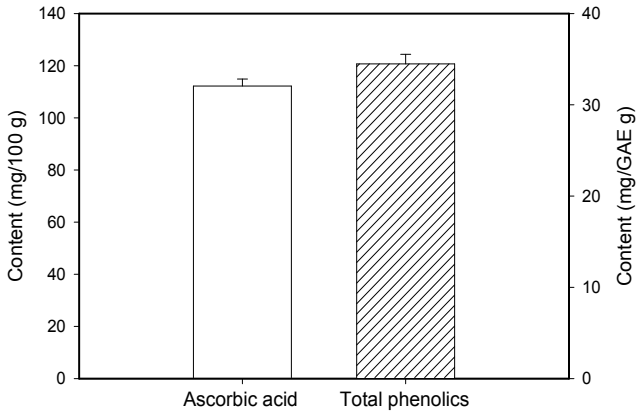

Fig. 1. Content of ascorbic acid and total phenolics of black currant.

ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성

농도별로 희석한 시료를 이용하여 ABTS 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 2와 같이 시료의 첨가농도가 증가함에 따라 점차적으로 ABTS 라디칼 소거활성이 농도 의존적으로 증가하는 경향을 나타내어 0.62, 1.25, 2.5, 5.0 및 10 mg/mL의 농도로 첨가하였을 때는 각각 13.17, 24.42, 47.22, 84.90 및 99.48%의 ABTS 라디칼 소거활성을 보였다. DPPH 라디칼 소거활성은 ABTS 라디칼 소거활성과 비교하여 매우 낮은 농도에서도 높은 활성을 보여 0.07~1.25 mg/mL의 농도에서 12.73~89.03%의 라디칼 소거활성을 보였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 블랙 커런트에는 지용성 항산화 화합물보다는 안토시아닌화합물과 같은 수용성 항산화 화합물의 함량이 더욱 많이 함유되어 있는 것으로 판단된다. Cho 등(32)은 완숙복분자의 각 용매별 분획 추출물과 천연 항산화제인 ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거활성을 농도별로 측정한 결과 모든 처리구에서 농도 의존적으로 항산화 활성이 높아지는 경향을 나타내었으며, 특히 에탄올 추출물 2,000 μg/mL와 butanol 추출물 1,500 μg/mL에서 각각 89.93%와 89.68%의 높은 항산화능을 보였다고 보고하였다. 또한 ABTS 라디칼 소거활성은 에틸아세테이트와 부탄올 추출물 모두 0.90~0.97범위의 높은 활성을 나타내었다고 보고하였다. Cerezo 등(33)은 카마로사품종 딸기의 항산화화합물을 HPLC 및 LC-MS와 같은 기기분석을 통하여 분리, 동정한 결과 pelargonidin-3-glucoside와 pelargonidin-3-rutinoside가 주요화합물인 것으로 보고하여 베리류에는 매우 많은 항산화 화합물들이 함유되어 있는 것으로 판단된다.

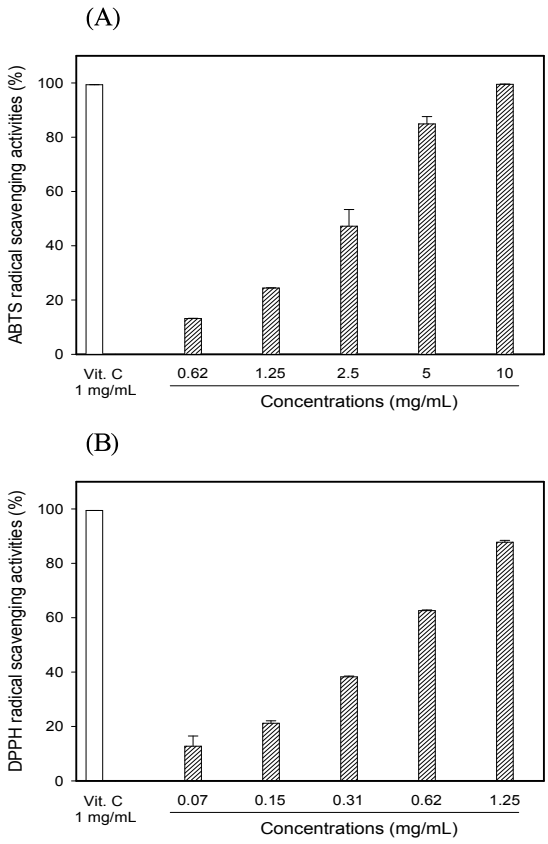

Fig. 2. ABTS (A) and DPPH (B) radical scavenging activities of black currant.

환원력 및 FRAP

금속이온을 환원시키는 환원력도 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성과 동일하게 시료의 첨가농도가 증가함에 따라 환원력 역시 증가하는 것으로 나타났으며, 0.62, 1.25, 2.5, 5 및 10 mg/mL의 농도로 첨가하였을 때 각각 0.67, 1.17, 1.83, 3.08 및 3.85의 흡광도를 보였다(Fig. 3). 또한 FRAP도 환원력과 마찬가지로 0.62, 1.25, 2.5, 5 및 10 mg/mL의 농도에서 각각 0.29, 0.52, 0.92, 1.72 및 2.68의 흡광도를 나타내어 농도의존적인 항산화 활성을 보였다. Jeong 등(34)은 꾸지뽕나무 열매 물추출물을 이용하여 환원력 및 FRAP을 측정한 결과 추출물의 농도가 증가함에 따라 환원력 및 FRAP활성이 농도 의존적으로 증가하는 경향을 보였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 Gavrilova 등(12)은 블랙 커런트에는 많은 양의 안토시아닌류들 뿐만 아니라 폴리페놀성 화합물이 함유되어 있고, 대표적인 성분들은 anthocyanins, flavonols, flavan-3-ols 및 hydroxycinnamic acid derivatives 등이라고 보고하였다. 위의 결과를 종합하여 볼 때 블랙 커런트에는 질병예방 및 건강증진에 도움을 줄 수 있는 다양한 영양성분들이 다량 함유되어 있으며, 아울러 폴리 페놀성 화합물에 의하여 높은 항산화 활성을 나타내었을 것으로 판단된다. 따라서 추후 블랙 커런트에 함유되어 있는 항산화 활성 성분을 밝히기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

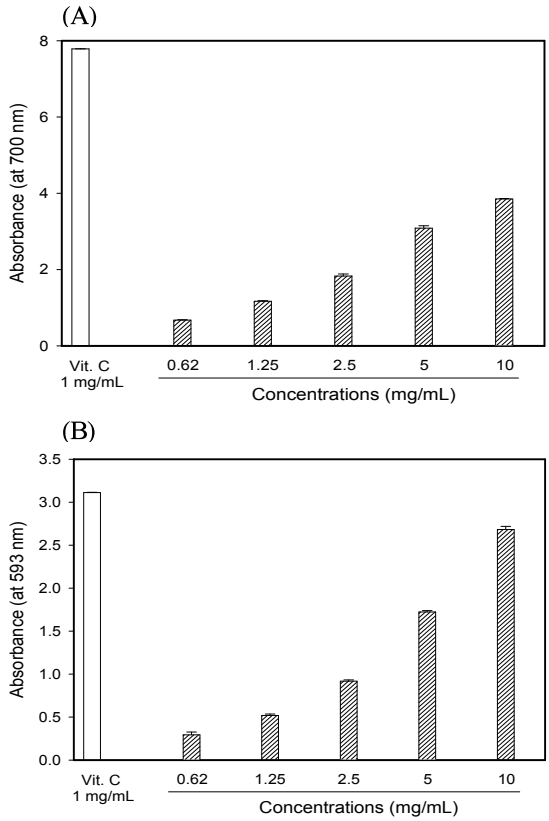

Fig. 3. Reducing power (A) and ferric reducing antioxidant power (B) of black currant.

요 약

블랙 커런트를 건강기능성 식품 소재 및 가공품을 개발하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 화학성분 및 항산화 활성을 조사하였다. 블랙 커런트 착즙액의 pH는 3.36, 가용성고형분은 15.11°Brix 및 총산도는 1.65%였으며, L값 18.20, a값 5.13 및 b값 1.08으로 나타났다. 일반성분은 수분 77.64%, 가용성 무질소물 17.41%, 조섬유 3.08%, 조단백 1.28%, 조회분 0.31% 및 조지방 0.28% 순이었다. 주요 무기성분은 K, P 및 Ca으로 그 함량은 각각 177.36 mg/100 g, 54.74 mg/100 g 및 26.45 mg/100 g이었다. 블랙 커런트의 주요 유리당은 glucose(7.71%) 및 fructose(5.88%)였으며, 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 glutamic acid(105.73 mg/100 g)이었고, 가장 적게 함유되어 있는 아미노산으로는 cystine(5.29 mg/100 g)이었다. 비타민 C 함량과 총페놀 함량은 각각 112.19 mg/100 g 및 34.48 mg/GAE g이었다. 블랙 커런트의 농도 10 및 1.25 mg/mL 일때 각각 99.48%와 89.03%의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성을 보였으며, 또한 환원력과 FRAP은 농도의존적인 항산화 활성을 보였다. 따라서 블랙 커런트는 항산화제와 같은 기능성 식품소재로 활용가능성이 매우 높을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Yu OK, Kim JE, Cha YS (2008) The quality characteristics of jelly added with Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel). J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 792-797
2. Lee HR, Jung BR Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK (2008) Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. Korean J Food Preserv, 15, 445-449
3. Ho CT (1992) Phenolic compounds in food. In Phenolic compounds in food and their effects on health Ⅱ. Huan MT, Ho CT, Lee CY, eds. Maple Press, New York, USA, p 2-7
4. Azuma K, Kakayama M, Koshika M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamauchi Y, Ito H, Higashio H (1999) Phenolic antioxidant from the leaves of *Corchorus olitorium* L. J Agric Food Chem, 47, 3963-3966
5. Ham SS, Hong JK, Lee JH (1997) Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. J Food Sci Nutr, 2, 155-161
6. Cho YJ, Ju IS, Kim BC, Lee WS, Kim MJ, Lee BG, An BJ, Kim JH, Kwon OJ (2007) Biological activity

of Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extracts. J Korean Soc Appl Biol Chem, 50, 198-203
7. Shin DB, Lee DW, Yang R, Kim JA (2006) Antioxidative properties and flavonoids contents of matured Citrus peel extracts. Food Sci Biotechnol, 15, 357-362
8. Bishayee A, Mbimba T, Thoppil RJ, Radnai EH, Sipos P, Darvesh AS, Folkesson HG, Hohmann J (2011) Anthocyanin-rich black currant (*Ribes nigrum* L.) extract affords chemoprevention against diethylnitrosamine-induced hepatocellular carcinogenesis in rats. J Nutr Biochem, 22, 1035-1046
9. Mattila PH, Hellström J, McDougall G, Dobson G, Pihlava JM, Tiirikka T, Stewart D, Karjalainen R (2011) Polyphenol and vitamin C contents in European commercial black currant juice products. Food Chem, 127, 1216-1223
10. Ghosh D, Mcghie TK, Fisher DR, Joseph JA (2007) Cytoprotective effects of anthocyanins and other phenolic fractions of boysenberry and black currant on dopamine and amyloid β-induced oxidative stress in transfected COS-7 cells. J Sci Food Agric, 87, 2061-2067
11. Miller NJ, Rice-Evans CA (1997) The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and black currant drink. Food Chem, 60, 331-337
12. Gavrilova V, Kajdžanoska M, Gjamovski V, Stefova M (2011) Separation, characterization and quantification of phenolic compounds in blueberries and red and black currants by HPLC-DAD-ESI-MS. J Agric Food Chem, 59, 4009-4018
13. Lu Y, Foo Y (2003) Polyphenolics constituents of black currant seed residue. Food Chem, 80, 71-76
14. Ghosh D, McGhie TK, Zhang J, Adaim A, Skinner M (2006) Effects of anthocyanins and other phenolics of boysenberry and black currant as inhibitors of oxidative stress and damage to cellular DNA in SH-SY5Y and HL-60 cells. J Sci Food Agric, 86, 678-686
15. Kessler T, Jansen B, Hesse A (2002) Effect of black currant-, cranberry- and plum juice consumption on risk factor associated with kidney stone formation. Eur J Clin Nutr, 56, 1020-1023
16. Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigen JO, Dommes J (2006) Antioxidant capacity of black currant varies with organ, season, and cultivar. J Agric Food Chem, 54, 6271-6276
17. AOAC (1990) Offical methods of analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC USA, 1017-1918
18. Jeong CH, Kim JH, Shim KH (2006) Chemical components of yellow and red onion. J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 708-712
19. Choi JH, Jang JG, Park KD, Park MH, Oh SK (1981) High performance liquid chromatographic determination of free sugars in ginseng and its products. Korean J Food Sci Technol, 13, 107-113
20. Jeong CH, Ko WH, Cho JR, Ahn CG, Shim KH (2006) Chemical components of korean paprika according to cultivars. Korean J Food Preserv, 13, 43-49
21. Kim DO, Jeong SW, Lee CY (2003) Antioxidant capacity of phenolic phytochemical from various cultivars of plums. Food Chem, 81, 321-326
22. Pellegrini N, Ke R, Yang M, Rice-Evans C (1999) Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethyleneben-zothazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. Method Enzymol, 299, 379-389
23. Blois MA (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200
24. Yen GH, Chen HY (1995) Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. J Agric Food Chem, 45, 27-32
25. Jeong CH, Choi GN, Kim JH, Kwak JH, Kim DO, Kim YJ, Heo HJ (2010) Antioxidant activities from the aerial parts of *Platycodon grandiflorum*. Food Chem, 118, 278-282
26. Kim EO, Lee YJ, Leem HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW (2010) Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberrys from seven different *Morus alba* L. cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 1467-1475
27. Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW 2010. Composition analysis of various blueberries produce in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. J Korean Soc Food Nutr, 39, 319-323
28. Kim JM, Shin MS (2011) Characteristics of *Rubus coreanus* Miq. fruits at different ripening stages. Korean J Food Sci Technol, 43, 341-347
29. Cha HS, Lee MK, Hwang JB, Park MS, Park KM (2001) Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel. J Korean Soc Food Nutr, 30, 1021-1025
30. Jeong CH, Choi SG, Heo HJ (2008) Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. J Korean

Soc Food Sci Nutr, 37, 1375-1381
31. Shin YJ, Liu RH, Nock IF, Holliday D, Watkins CB (2007) Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biol Technol, 45, 349-357
32. Cho WG, Hang SK, Sin JH, Lee JW (2008) Antioxidant of heating pork and antioxidative activities of *Rubus coreanus* Miq. extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 820-825
33. Cerezo AB, Cuevas E, Winterhalter P, Garcia-Parrilla MC, Troncoso AM. (2010) Isolation, identification, and antioxidant activity of anthocyanin compounds in *Camarosa* strawberry. Food Chem, 123, 574-582
34. Jeong CH, Choi GN, Kim JH, Kwak JH, Heo HJ, Shim KH, Cho BR, Bae YI, Choi JS. (2009) *In vitro* antioxidative activities and phenolic composition of hot water extract from different parts of *Cudrania tricuspidata*. J Food Sci Nutr, 14, 283-289

(접수 2012년 1월 19일 수정 2012년 2월 17일 채택 2012년 3월 30일)