

Black Raspberry 침출액의 Anthocyanin 및 Polyphenol 함량과 항산화능

이보경¹ · 신혜현¹ · 정지현¹ · 황금택^{1*} · 이연숙¹ · 김태영²

¹서울대학교 식품영양학과, 생활과학연구소

²농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소

Anthocyanins, Polyphenols and Antioxidant Activities of Black Raspberry Exudates

Bo-Kyung Lee¹, Hye-Hyun Shin¹, Ji-Hyun Jung¹, Keum Taek Hwang^{1*},
Yeon-Sook Lee¹, and Tae-Young Kim²

¹Dept. of Food and Nutrition, and Research Institute of Human Ecology,
Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

²Rural Resource Development Institute, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administration, Gyeonggi 441-853, Korea

Abstract

Intact black raspberry fruits, which were crushed by hand or ground using a blender, were immersed in 20%, 40%, 60%, and 80% ethanol (125 g fruits per 900 mL ethanol) and exuded for 30, 60, and 90 days at room temperature. Monomeric anthocyanin contents (MAC) and polyphenol contents (PHC) of the exudates were determined measuring absorbance using a spectrophotometer. DPPH and ABTS free radical scavenging activities (50%; SC₅₀) were determined for the antioxidant activities of the exudates. Twenty % ethanol exudates from black raspberry had significantly lower MAC and PHC regardless of the fruit types. SC₅₀ were higher in 20% ethanol exudates, suggesting 20% ethanol exudates from black raspberry had lower antioxidant activities. MAC and PHC of the black raspberry exudates decreased with time. This study suggests that MAC and PHC in the black raspberry could be exuded more efficiently using 40% or higher concentration of ethanol and that crushing and grinding little affect exuding MAC and PHC. The exudates with higher MAC and PHC showed higher antioxidant activities.

Key words: black raspberry, anthocyanin, polyphenol, antioxidant activity, radical scavenging capacity

서 론

Rubus 속 식물인 나무딸기류는 장미과(Rosaceae)에 속하는 낙엽관목으로 blackberry, black raspberry, boysenberry, dewberry 등이 유럽 및 북미를 비롯하여 아시아 서부, 아프리카 등지에 분포되어 있다. 우리나라에 자생하는 나무딸기류는 복분자 딸기, 명석딸기, 수리딸기 등 다양하며, 그 중에서 복분자 딸기(*Rubus coreanus* Miquel)가 널리 알려져 있다. 복분자 딸기는 오래전부터 미숙과를 말려 약용으로 사용해 왔으며, 피로로 인한 간 손상을 보호하고, 눈을 밝게 하며, 발기부전에 효과가 있어 성기능을 높인다고 알려져 있다(1).

근래에 우리나라에서 주로 재배하여 판매되고 있는 나무딸기는 black raspberry인 *Rubus occidentalis*로 주로 과일 주 제조에 활용되고 있으며, 항산화, 항암작용 등을 한다고 알려져 있다(2). Tulio 등(2)은 이러한 생리활성작용이 an-

thocyanin과 polyphenol 함량이 풍부한 것과 관련이 있다고 하였는데, 이 품종은 다른 나무딸기류에 비해 색이 진하여 anthocyanin 함량이 높은 것으로 보고되고 있다. Wada와 Ou(3)는 blackberry와 boysenberry의 anthocyanin 함량이 각각 91과 131 mg/100 g이고, black raspberry는 이보다 월등히 높은 589 mg/100 g이라고 보고하였다. 또한 Wu 등(4)은 red raspberry에 anthocyanin이 92 mg/100 g, black raspberry에는 687 mg/100 g이 함유되어 있다고 보고하였다.

나무딸기에는 anthocyanin류 외에 ellagitannin, quercetin, flavonol 등 다량의 phenolic compounds, vitamin C, folic acid, calcium 등이 함유되어 있으며(5), 그로 인해 항산화 효과, 항균성, 아질산염 소거능 등의 생리활성 기능을 나타낸다(6). Siriwoham 등(7)은 blackberry에 ellagitannin류가 32 mg/100 g(생과기준), flavonols이 12 mg/100 g(생과기준) 함유되어 있고, 총 polyphenol 함량이 903 mg gallic acid equivalent/100 g이라고 보고하였으며, Anttonen과

*Corresponding author. E-mail: keum@snu.ac.kr
Phone: 82-2-880-2531, Fax: 82-2-884-0305

Karjalainen(8)은 red raspberry에 quercetin이 0.32~1.55 mg/100 g(생과 기준), ellagic acid가 38~118 mg/100 g(생과 기준)이 함유되어 있다고 보고하였다.

최근 건강에 대한 사람들의 관심이 늘어나면서 생리활성 기능을 가진 천연 재료들을 활용한 가공품들의 개발이 증가하고 있으며, 우리나라에서도 black raspberry와 그 침출액을 이용한 술과 청량음료 등의 가공식품이 다양하게 개발되고 있다(9). 본 연구에서는 black raspberry를 여러 가지 방법으로 침출하여 색소 성분, polyphenol 성분, 항산화능을 비교 분석하고 효율적인 침출 조건을 알아내어, black raspberry를 활용한 기능성 가공식품 개발 연구에 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 black raspberry는 전라북도 고창군에서 2008년 5~6월에 수확한 것을 구입하여 -20°C에서 냉동 보관하였고, 침출액 제조 시에는 실온에서 해동하여 사용하였다.

Black raspberry 침출액 제조

Black raspberry 과실을 원형, 손으로 으갠 것, 녹즙기(Angelia, Angel Juicer Co., Ltd., Busan, Korea)를 사용하여 간 것으로 나누어 각각 20, 40, 60, 80%의 ethanol(Ducksan Pure Chemicals, Seoul, Korea)에 담가(용액 900 mL 당 과실 125 g) 빛을 차단하여 실온에 보관하였고, 30일 단위로 채취하여 분석하였다.

Monomeric anthocyanin 함량 측정

Monomeric anthocyanin 함량은 pH differential method를 사용하여 측정하였다(10). Anthocyanin은 pH의 변화에 따라 가역적인 구조적 변형을 일으켜 유색의 oxonium 형태는 pH 1.0에서, 무색의 hemiketal 형태는 pH 4.5에서 우세하며, pH-differential method는 이 반응에 기초를 두었다. 0.025 M potassium chloride(Oriental Chemical Ind. Co., Ltd., Seoul, Korea) buffer로 시료를 희석하여 흡광도 값이 0.7~1.0이 나오도록 희석배수를 정하고 그 희석배수로 시료를 0.025 M potassium chloride(Oriental Chemical Ind. Co.) buffer(pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Seoul, Korea) buffer(pH 4.5)로 각각 희석하였다. 15분 동안 평형화시킨 후 spectrophotometer(Beckman DU[®] 530; Beckman Coulter, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 최대흡수파장(515 nm)과 700 nm에서 흡광도를 측정한 후 다음 식에 의하여 monomeric anthocyanin 함량을 산출하였다.

$$\text{Monomeric anthocyanin (mg/L)} = \frac{(A \times MW \times DF \times 1000)}{(\epsilon \times l)}$$

$$A = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}4.5}$$

$A_{\lambda \text{ vis-max}}$: 최대흡수파장에서의 흡광도

$A_{700 \text{ nm}}$: 700 nm에서의 흡광도

MW: cyanidin-3-glucoside의 분자량=449.2

DF: 희석배수

ϵ : 몰흡광계수=26,900

Polyphenol 함량 측정

Black raspberry 침출액의 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(11)에 따라 측정하였다. 시료 20 μ L에 증류수 1.58 mL와 2 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 첨가하였다. 3분 후 20% Na₂CO₃ 용액 300 μ L를 가하여 40°C에서 30분간 방치하고 spectrophotometer(Beckman DU[®] 530)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma Chemical Co.)에 의한 표준곡선을 이용하여 polyphenol 함량을 산출하였다.

DPPH radical scavenging activity 측정

DPPH radical scavenging activity는 농축한 시료를 methanol로 희석하여 50, 100, 200, 300, 500 μ g/mL의 농도로 각각 1 mL씩 제조하고, 2,2'-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH; Sigma Chemical Co.)를 methanol에 녹인 DPPH 0.1 mM 용액을 2 mL씩 첨가하여 암소에서 반응시켰다. 30분 후 spectrophotometer(Beckman DU[®] 530)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고, 다음 식에 의해 free radical scavenging activity를 구하였으며(12), free radical scavenging activity를 시료의 농도별로 나타낸 곡선으로부터 50%의 DPPH free radical scavenging activity(DPPH SC₅₀)를 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS radical scavenging capacity 측정

ABTS radical scavenging activity는 Brand-Williams 등의 방법(12)으로 측정하였다. 2,2'-Azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS; Sigma Chemical Co.)를 증류수에 녹여 7 mM의 ABTS 용액을 만들고 potassium persulfate(Sigma Chemical Co.)를 첨가(6.6 mg/10 mL)한 후 잘 혼합하여 암소에 방치하였다. 12~18시간 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.700±0.05가 되도록 ethanol로 희석하고, 50, 100, 200, 300, 500 μ g/mL의 농도가 되도록 제조해 놓은 시료 400 μ L 당 희석한 ABTS 용액 3,600 μ L를 넣고 1분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 다음 식에 의해 free radical scavenging activity를 구하였고, free radical scavenging activity를 시료의 농도별로 나타낸 곡선으로부터 50%의 ABTS free radical scavenging activity(ABTS SC₅₀)를 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계분석

본 실험은 3회 반복하였으며, 실험결과는 SPSS program (SPSS version 12.0)을 이용하여, 평균과 표준오차(mean \pm SE)를 구하였고, one-way ANOVA test 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중검정법으로 실험군 간의 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

Black raspberry 침출액의 monomeric anthocyanin 함량

침출 조건과 기간에 따른 black raspberry 침출액의 monomeric anthocyanin 함량은 Fig. 1과 같다. 원형, 손으로 으갠 것, 녹즙기를 이용하여 간 black raspberry를 농도가 서로 다른 ethanol에 넣어 침출하였을 때 세 가지 형태의 시료 모두 20% ethanol에서 monomeric anthocyanin 함량이 172~282 mg/L로서 다른 농도의 ethanol 침출액보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 40%, 60%, 80% ethanol에 침출한 시료에는 248~380 mg/L의 monomeric anthocyanin이 함유되어 있었고, 이들 사이에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며($p > 0.05$), black raspberry 과실의 형태에 따라서도 monomeric anthocyanin 함량이 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 이러한 결과로 볼 때 ethanol을 용매로 침출한 black raspberry 침출액의 monomeric anthocyanin은 20%를 제외한 농도의 ethanol을 사용하고 black raspberry 과실을 으깨거나 갈지 않고 침출하여도 유사한 양이 침출되므로 원형 그대로를 사용하는 것이 효율적임을 알 수 있었다. Kang (13)은 복분자 열매를 원형으로 담근 침출주보다 파쇄하여 담근 침출주에서의 anthocyanin 함량이 높아 으깨어 침출할 때 침출 효과가 있다고 보고하였는데, 이는 침출기간과 침출시 설탕을 첨가하는 등의 침출 조건이 다른 데서 기인한 것으로 생각된다. 기간에 따른 monomeric anthocyanin 함량

은 30일 침출 후에 239~380 mg/L, 60일 후에 216~337 mg/L, 90일 후에 172~308 mg/L로 침출기간이 길어질수록 monomeric anthocyanin 함량이 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 red radish와 red-fleshed potato를 실온인 25°C에서 65주 동안 저장하면서 침출하였을 때 monomeric anthocyanin 함량이 감소함을 보고한 Rodriguez-Saona 등(14)의 연구와 raspberry juice의 monomeric anthocyanin 함량을 100일이 지난 후 측정된 결과 처음 함량의 1%만 남아있음을 보고한 Rein(15)의 연구와 유사하였다.

Black raspberry 침출액의 polyphenol 함량

Black raspberry 침출액에 함유되어 있는 polyphenol 함량은 Fig. 2에 나타났다. Polyphenol 함량은 monomeric anthocyanin 함량과 유사하게 20% ethanol에서 침출한 시료에서 772~905 mg/L로 낮았으며, 60일째의 모든 형태와 90일째의 원형인 것과 손으로 으깨어 20% ethanol에 침출한 시료에서는 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 40%, 60%, 80% ethanol 침출액의 polyphenol 함량이 913~1,059 mg/L로 비교적 높았으나, 이들 사이에서의 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 이처럼 monomeric anthocyanin을 포함한 polyphenol류가 20% ethanol에서 유의적으로 최저 추출효율을 보인 것은 black raspberry에 물보다 비극성인 ethanol과 유사한 극성을 가진 polyphenol류가 많기 때문으로 추정된다. Black raspberry 침출액의 polyphenol 함량도 과실의 형태에 따른 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 이러한 결과는 black raspberry 과실을 파쇄하여 담근 침출주에서 원형으로 담근 침출주보다 polyphenol 함량이 높게 나타난 Kang(13)의 연구 결과와는 달랐는데, monomeric anthocyanin 함량과 마찬가지로 침출 조건의 차이에 따른 결과로 추정된다. 30일 간격으로 채취한 black raspberry 침출액의 polyphenol 함량은 30일째에 870~1,059 mg/L, 60일째에 790~1,031 mg/L, 90일째에 772~963 mg/L로 침출기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 black raspberry의 유용성분인 monomeric anthocyanin과 polyphenol 모두 침출기간에 따라 감소하는 경향을 나타냈으므로 black rasp-

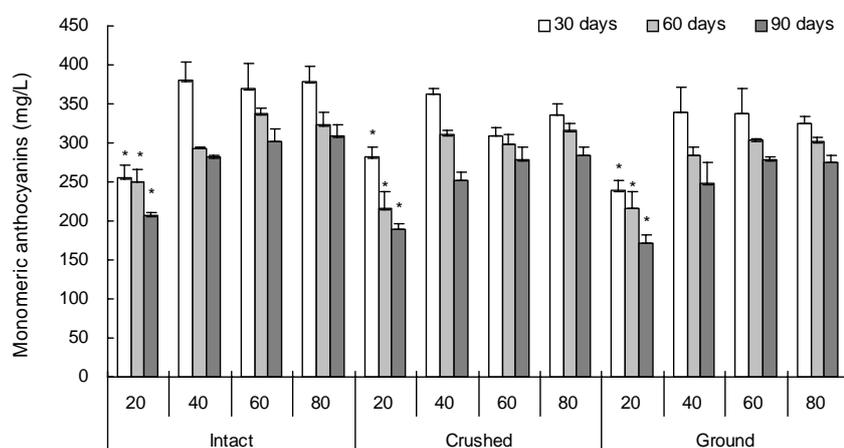


Fig. 1. Monomeric anthocyanin contents in black raspberry exudates exuded under different conditions. Intact, black raspberry without any crushing or grinding; crushed, black raspberry crushed by hand; ground, black raspberry ground using a blender; numbers, ethanol concentrations for exuding. Bars represent means \pm SE (n=3). * $p < 0.05$: significantly different among the groups of black raspberry exudates with the same fruit type and exuding days.

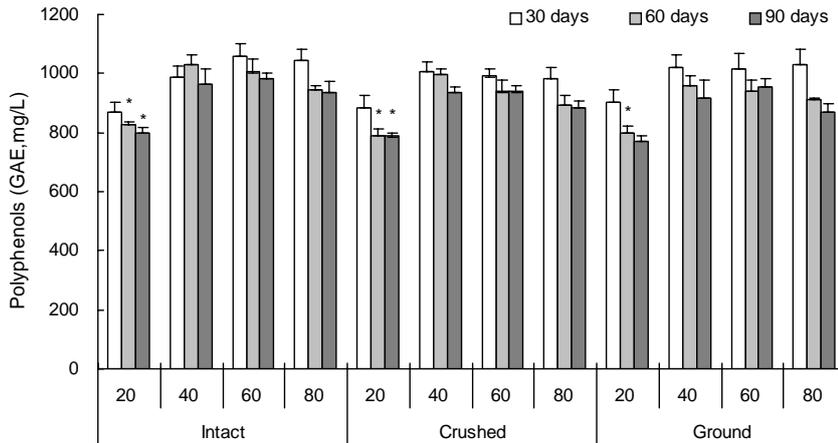


Fig. 2. Polyphenol contents in black raspberry exudates exuded under different conditions. GAE: gallic acid equivalent. Legends are the same as in Fig. 1. Bars represent means \pm SE (n=3). *p<0.05: significantly different among the groups of black raspberry exudates with the same fruit type and exuding days.

berry를 이용한 가공식품의 특성에 따라 적절한 가공시간을 선택해야 하며, 이를 위해 30일보다 짧은 침출기간에 대한 추후 연구가 필요하다고 판단된다.

Black raspberry 침출액의 항산화 활성

Black raspberry 침출액의 항산화능을 알아보기 위한 실험에서는 결과의 타당성을 높이기 위해 DPPH와 ABTS를 이용한 두 가지의 측정법을 사용하였다. DPPH는 화학적으로 안정화된 free radical을 가지고 있는 수용성 물질로 항산화 활성이 있는 물질로부터 전자를 공여 받으면 radical이 소거되어 색깔이 보라색에서 옅은 노란색으로 변하며, ABTS radical은 항산화성을 가진 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 청록색이 탈색된다(16,17).

DPPH와 ABTS를 이용하여 black raspberry 침출액의 free radical scavenging activity를 구하고, 이를 시료의 농도별로 나타낸 곡선으로부터 DPPH SC₅₀와 ABTS SC₅₀를 구한 값을 Table 1과 2에 나타냈다. DPPH SC₅₀ 값은 30일째 분석한 시료 중에서 으깨어 40% ethanol에 침출한 시료가 127 μ g/mL, 60일째와 90일째 분석한 시료 중에서도 녹즙기로 갈아 40% ethanol에 침출한 시료가 각각 134 μ g/mL와 162 μ g/mL로서 다른 조건들보다 낮은 값을 나타내어 항산화 능력이 높음을 알 수 있었다. 또한, 30일째 시료 중에서 녹즙기로 갈아 80% ethanol에 침출한 시료, 60일째 시료 중에서 원형으로 80% ethanol에 침출한 시료, 90일째 시료 중에서도 으깨어 20% ethanol에 침출한 시료의 DPPH SC₅₀ 값이 각각 202 μ g/mL, 206 μ g/mL, 240 μ g/mL로 비교적 높은 값을 나타내어 다른 조건들보다 항산화능이 낮음을 알 수 있었다. 원형으로 20% ethanol에 침출하여 30일째 분석한 시료와 같아서 20% ethanol에 침출하여 30일째 분석한 시료를 제외하고, 같은 형태의 과실로 침출한 침출액 내에서 20% ethanol 침출액의 항산화능이 가장 낮게 나타난 것은 monomeric anthocyanin과 polyphenol 함량이 유의적으로 적게 침출된 결과와 관계가 있는 것으로 판단된다.

ABTS SC₅₀ 값도 30일, 60일, 90일째 분석한 시료 모두

Table 1. DPPH radical scavenging activities of black raspberry exudates exuded under different conditions

Samples	DPPH SC ₅₀ (μ g/mL) ¹⁾			
	Exuding time (days)			
	30	60	90	
Intact	20	177 \pm 33 ^{2)NS3)}	193 \pm 14 ^{cd4)}	217 \pm 27 ^{NS}
	40	171 \pm 6	186 \pm 17 ^{bcd}	172 \pm 22
	60	151 \pm 23	143 \pm 16 ^{ab}	178 \pm 28
	80	188 \pm 9	206 \pm 9 ^d	189 \pm 41
Crushed	20	200 \pm 16	167 \pm 6 ^{abcd}	240 \pm 52
	40	127 \pm 12	137 \pm 12 ^a	177 \pm 27
	60	168 \pm 11	147 \pm 18 ^{ab}	185 \pm 35
	80	163 \pm 14	137 \pm 11 ^a	187 \pm 32
Ground	20	172 \pm 42	171 \pm 11 ^{abcd}	227 \pm 39
	40	142 \pm 28	134 \pm 17 ^a	162 \pm 12
	60	143 \pm 8	160 \pm 6 ^{abc}	181 \pm 19
	80	202 \pm 38	146 \pm 14 ^{ab}	169 \pm 13

Legends are the same as in Fig. 1.

¹⁾50% DPPH radical scavenging activity.

²⁾Values are means \pm SE (n=3).

³⁾NS: not significant at p<0.05.

⁴⁾Values with different superscripts within the same columns are significantly different at p<0.05.

monomeric anthocyanin과 polyphenol 함량이 낮은 20% ethanol 침출액에서 가장 높은 값을 나타내었는데, 이러한 결과들은 monomeric anthocyanin 함량과 polyphenol 함량이 높을수록 항산화능이 우수하다고 보고한 선행 연구들의 결과와 유사하였다(3,18,19). 그러나 20% ethanol 침출액의 monomeric anthocyanin 함량과 polyphenol 함량은 다른 조건의 침출액보다 유의적으로 낮은 값을 나타낸 반면, 20% ethanol 침출액의 ABTS SC₅₀ 값은 다른 침출액에 비해 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다(p>0.05). 이는 본 연구에서 분석한 monomeric anthocyanin과 polyphenol 외에 black raspberry에 함유되어 있는 다른 항산화 물질들이 관여할 수 있기 때문이라고 생각된다. DPPH와 ABTS free radical scavenging activity 모두 black raspberry 과실의 형태에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았으며(p>0.05), 침출기간에 따른 일정한 경향도 볼 수 없었다.

Table 2. ABTS radical scavenging activities of black raspberry exudates exuded under different conditions

Samples	ABTS SC ₅₀ (µg/mL) ¹⁾			
	Exuding time (days)			
	30	60	90	
Intact	20	269 ± 54 ^{2)ab3)}	242 ± 27 ^{NS4)}	288 ± 38 ^{ab}
	40	213 ± 31 ^{ab}	280 ± 34	238 ± 15 ^a
	60	235 ± 38 ^{ab}	216 ± 21	260 ± 38 ^{ab}
	80	285 ± 30 ^{ab}	286 ± 40	244 ± 24 ^a
Crushed	20	327 ± 38 ^b	256 ± 34	364 ± 76 ^b
	40	184 ± 11 ^a	184 ± 24	263 ± 36 ^{ab}
	60	254 ± 26 ^{ab}	211 ± 28	266 ± 34 ^{ab}
	80	261 ± 21 ^{ab}	209 ± 25	277 ± 14 ^{ab}
Ground	20	251 ± 58 ^{ab}	290 ± 47	341 ± 34 ^{ab}
	40	217 ± 31 ^{ab}	206 ± 42	256 ± 24 ^{ab}
	60	226 ± 12 ^{ab}	238 ± 36	282 ± 17 ^b
	80	279 ± 42 ^{ab}	215 ± 33	257 ± 25 ^{ab}

Legends are the same as in Fig. 1.

¹⁾50% ABTS radical scavenging activity.

²⁾Values are means ± SE (n=3).

³⁾Values with different superscripts within the same columns are significantly different a p<0.05.

⁴⁾NS: not significant at p<0.05.

본 실험의 free radical scavenging activity를 국내산 생약 추출물의 전자공여능과 비교해 보면, 300 ppm의 농도에서 작약(86.6%), 목단(80.4%), 오미자(85.7%) 등과 비슷한 결과를 보였다(20). 또한 Moyer 등(18)의 연구에서 항산화능을 나타내는 ORAC 값이 black raspberry가 146 µmol Trolox equivalents(TE)/g으로 69.5 µmol TE/g인 blackberry에 비해 2배 이상 높게 나타나는 등 *Rubus*속 중에서도 상대적으로 높아, black raspberry가 천연항산화제로서의 이용 가치가 있는 것으로 생각된다.

요 약

Black raspberry 과실을 원형으로 사용하거나, 손으로 으깨거나, 녹즙기로 갈아서 20%, 40%, 60%, 80% ethanol에 담가(용액 900 mL 당 과실 125 g) 30, 60, 90일 동안 침출한 후 각 침출액에 대한 monomeric anthocyanin 함량, polyphenol 함량, DPPH와 ABTS free radical scavenging activity를 측정하였다. 과실의 형태와 상관없이 20% ethanol을 사용하여 침출한 경우에 monomeric anthocyanin 함량과 polyphenol 함량이 유의적으로 낮았다. 침출기간이 길어질수록 monomeric anthocyanin 함량과 polyphenol 함량이 감소하는 경향을 보였으며, 50% DPPH와 ABTS free radical scavenging activity는 20% ethanol에서 침출한 경우에 비교적 높아 항산화능이 낮았다. 이러한 연구 결과로 볼 때 black raspberry 침출 시 20% ethanol을 제외한 용매를 사용하고 과실은 으깨거나 마쇄할 필요 없이 원형 그대로 사용하는 것이 효율적이며, black raspberry의 가공 시 침출기간도 중요한 고려사항인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2008년 농촌진흥청 수확후관리연구사업단 연구비 지원에 의해 수행되어 이에 감사드립니다.

문 헌

- Shin TY, Shin HY, Kim SH, Kim DK, Chae BS, Oh CH, Cho MG, Oh SH, Kim JH, Lee TK, Park JS. 2006. *Rubus coreanus* unripe fruit inhibits immediate-type allergic reaction and inflammatory cytokine secretion. *Nat Prod Sci* 12: 144-149.
- Tulio AZ Jr, Reese RN, Wyzgoski FJ, Rinaldi PL, Fu R, Scheerens JC, Miller A. 2008. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary phenolic antioxidants in black raspberry. *J Agric Food Chem* 56: 1880-1888.
- Wada L, Ou B. 2002. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries. *J Agric Food Chem* 50: 3495-3500.
- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. 2006. Concentrations of anthocyanins in common foods in the united states and estimation of normal consumption. *J Agric Food Chem* 54: 4069-4075.
- Xue H, Aziz RM, Sun N, Cassady JM, Kamendulis LM, Xu Y, Stoner GD, Klaunig JE. 2001. Inhibition of cellular transformation by berry extracts. *Carcinogenesis* 22: 351-356.
- Lee JH, Lee SR. 1994. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 317-323.
- Siriworn T, Wrolstad RE, Finn CE, Rereira CB. 2004. Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. Hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. *J Agric Food Chem* 52: 8021-8030.
- Anttonen MJ, Karjalainen RO. 2005. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *J Food Compos Anal* 18: 759-769.
- Shin KS, Park PJ, Boo HO, Ko JK, Han SS. 2003. Chemical components and comparison of biological activities on the fruit of natural bogbunja (*Rubus coreanus* Miquel). *Korean J Plant Res* 16: 109-117.
- Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wrolstad RE, ed. John Wiley & Sons, New York. p F1.2.1-F1.2.13.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-178.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method of evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss Techol* 28: 25-30.
- Kang J. 2006. Changes of antioxidal components and activity during fermentation of *Rubus coreanus* Miq. and *Morus alba* L. fruits. *MS Thesis*. University of Jeonju, Korea. p 51-56.
- Rodríguez-Saona LE, Giusti MM, Wrolstad RE. 1999. Color and pigment stability and red-fleshed potato juice model systems. *J Food Sci* 64: 451-456.
- Rein M. 2005. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. *Academic Dissertation*. University of Helsinki, Finland. p 47-51.

16. Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J Agric Food Chem* 50: 3713-3717.
17. 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.
18. Moyer RA, Hummer KE, Finn CE, Balz F, Wrolstad RE. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. *J Agric Food Chem* 50: 519-525.
19. Benvenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *J Food Sci* 69: 164-169.
20. Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. 1995. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medical plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 80-85.

(2008년 12월 24일 접수; 2009년 1월 23일 채택)