

## Nutritional compositions and antioxidative activities of two blueberry varieties cultivated in South Korea

Hyo-Nam Song<sup>1\*</sup>, Myoung-Su Park<sup>2</sup>, Ho-Sik Youn<sup>3</sup>, Sung-Jin Park<sup>4</sup>, Christer Hogstrand<sup>5</sup>

<sup>1\*</sup>Department of Oriental Medical Food and Nutrition, Semyung University, Jecheon 390-711, Korea

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

<sup>3</sup>WellRun B&F, Cheonan 330-872, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University, Chuncheon 200-711, Korea

<sup>5</sup>Nutritional Sciences Division of Medical School, King's College London, London SE1 9NH, United Kingdom

### 국내산 두 품종 블루베리의 영양성분 및 항산화 활성 비교

송효남<sup>1\*</sup> · 박명수<sup>2</sup> · 윤호식<sup>3</sup> · 박성진<sup>4</sup> · Christer Hogstrand<sup>5</sup>

<sup>1</sup>세명대학교 한방식품영양학부, <sup>2</sup>군산대학교 식품영양학과, <sup>3</sup>웰런비앤에프,

<sup>4</sup>한림성심대학교 관광외식조리과, <sup>5</sup>King's College London

#### Abstract

The nutritional compositions and antioxidative activities of the Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries cultivated in South Korea were investigated. The approximate compositions, pH, and soluble-solid and mineral contents of P, Ca, Mg, Na, and Zn were determined. Both blueberry cultivars had mainly fructose and glucose as free sugars while disaccharides such as sucrose, maltose, and lactose were not detected in both. Oleic, linoleic, and linolenic fatty acids were the major fatty acids in both types of blueberries. The total of 16 free amino acids, including seven essential and nine non-essential amino acids, were higher in the Pyungtaek highbush blueberry. Among the amino acids, arginine was especially much higher in the Pyungtaek highbush blueberry. The anthocyanin, resveratrol, and polyphenol compounds, which are the important biologically active compounds in blueberries, were found. The anthocyanin contents of the Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries were 22.0 and 18.1 mg/100 g, respectively; the resveratrol contents by HPLC, 0.12 and 0.11 mg/100 g; and the total polyphenol contents, 141.3 and 138.4 mg/100 g. The electron-donating ability determined based on the DPPH radical scavenging activity was increased in a concentration-dependent manner, and it was higher than that of the Pyungtaek highbush blueberries, which implies that it is highly correlated with the higher amounts of total polyphenol, anthocyanin, and resveratrol in it. In conclusion, the two varieties of Korean blueberries can be suggested as potential sources of high-value-added functional foods.

**Key words :** Korean blueberry, nutritional compositions, resveratrol, anthocyanin, antioxidative activity

#### 서 론

현대인의 운동부족과 영양과다, 흡연, 음주 및 환경오염 등 건강을 위협하는 요인들에 의해 생성되는 체내의 활성산

소는 불안정하고 산화력이 높아 생체내 물질과 쉽게 반응하기 때문에 산화적 스트레스를 유발한다. 이러한 산화적 스트레스는 지질과산화물을 유도하고 여러 조직의 세포를 손상시켜 뇌졸중, 암, 동맥경화, 알츠하이머, 파킨슨병 등 다양한 질병을 유발할 수 있다(1,2). 과일에는 강력한 항산화 효과를 가지는 여러 가지 생리활성 성분인 vitamin, carotenoid 및 flavonoid와 같은 phenolic compound가 존재하며 이들은 산화적 스트레스에 의해 발생하는 궤양과 경련의 예방, 위장관의 위액 분비조절과 설사예방, 당뇨예방, 암,

\*Corresponding author. E-mail : hnsong@semyung.ac.kr  
Phone : 82-43-649-1430, Fax : 82-43-649-1759  
Copyright © Korean Journal of Food Preservation. All rights reserved.

심장병 및 퇴행성 질병들의 예방과 감소에 크게 기여하는 것으로 보고되고 있다(3-7).

블루베리는 쌍떡잎식물인 진달래과(Ericaceae) 산앵두나 무속(Vaccinium)에 속하는 관목성 식물로서 약 400 여종이 있으며, 그 중에서 highbush blueberry(*V. corymbosum*), lowbush blueberry(*V. angustifolium*) 및 rabbiteye blueberry(*V. ashei*) 등 세 종류가 상업적으로 중요한 과실로서 재배되고 있다(8). 블루베리는 뛰어난 생체 조절 기능을 갖는 생리활성 화합물들을 함유하고 있어 각종 성인병 예방에 효과적이라는 사실들이 밝혀지고 있으며(9), 2002년 미국 시사 주간지 타임(Time)은 블루베리를 세계 10대 건강식품의 하나로 선정한 바 있다. 최근 국내에서도 블루베리에 대한 관심이 높아져 냉동생과 외에도 잼, 와인 및 소스 등으로 가공되고 있고, 제과원료로도 폭넓게 이용되고 있다(10).

블루베리 성숙과실에는 생리활성 물질인 anthocyanin 및 resveratrol 등이 다량 함유되어 있어 항산화(11), 항당뇨(12) 및 항암작용(13)이 우수할 뿐 아니라 rhodopsin 재합성 작용의 활성화를 촉진하여 눈의 피로를 풀어주고 시야를 맑아지게 하는 등 눈 건강에도 효과적인 것으로 알려져 있다(14). 특히, flavonoid 및 phenolic acid 등의 phytochemical이 풍부하여 활성산소를 억제하는 항산화 작용과 노화방지 및 질병 예방에 효능(15,16)이 있는 것으로 보고되고 있다.

이러한 블루베리의 생리활성이 국내에 널리 알려짐에 따라 귀농·귀촌 농업인들을 중심으로 국내 블루베리 재배 면적이 2006년 24 ha에서 2010년 534 ha로 최근 5년 동안 무려 22배나 증가하였다(17). 블루베리는 재배특성상 토양의 수분이 충분하며, 배수가 잘 되는 강산성토양(pH 4.0~5.0)에서 생육이 원활하다. 따라서 국내에서의 블루베리 연구는 이와 같은 원예학적인 재배 및 육종 연구부문에 집중되어 있을 뿐 급증하는 블루베리 과실의 생산과 공급만큼 수요를 창출하기 위한 식품가공학적 연구는 거의 전무한 실정이며 더구나 국내산 블루베리의 품종별 영양학적 및 기능성 성분 변화 등에 관한 기초적인 연구조차 아직 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 블루베리 중 경북 김천산(lowbush)과 경기 평택산(highbush) 블루베리의 일반성분, 영양성분 및 anthocyanin, resveratrol과 같은 생리활성 성분을 분석, 비교하고자 하였다. 또한, DPPH 라디칼소거법을 통한 항산화 효과를 비교함으로써 향후 각종 블루베리를 활용한 기능성식품 소재 및 가공식품 개발에 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 블루베리는 웰런비엔에프(충남 천안)

에서 제공받아 -20℃에 냉동보관하며 분석 시료로 사용하였으며, 블루베리의 품종 및 재배지역(경기 평택, 경북 김천)의 특성은 Table 1과 같다.

**Table 1. Regional characteristics of lowbush and highbush blueberry cultivars in Korea**

Cultivars	Cultivated area	Plant Height (m)	Environmental Factors*		
			Soil pH	Annual temperature (°C)	Annual precipitation (mm)
Lowbush	Kimcheon	0.4~0.5	4.5~5.0	14.8	1,300
Highbush	Pyungtaek	1.2~1.5	5.0~5.5	12.3	1,200

\*The data obtained from National Academy of Agricultural Science, RDA (<http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp>)

### 일반성분 분석

일반성분은 AOAC방법(18)에 준하여 분석하였다. 수분 함량은 105℃ 상압건조법, 회분함량은 550℃에서 직접회화법으로 분석하였다. 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl법을 이용한 단백질 자동분석기(Kjeltec protein analyzer, Tecator Co., Hoeganaes, Sweden)로, 조지방 함량은 Soxhlet법을 이용하여 분석하였다. 식이섬유 함량은 효소중량법으로 분석하였고, 총 당질 함량은 차감법으로 계산하였다.

### pH 및 soluble solid contents

pH는 시료 5 g을 칭량하여 증류수를 가하여 50 mL로 희석, 균질화한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 여액을 pH meter(691 pH Meter, Metrohm, Herisau, Swiss)로 측정하였다. Soluble solid 함량은 굴절당도계(N-1E, Atago, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다(19).

### Mineral contents

블루베리 시료중의 주요 5종의 무기질 함량은 식품공전중의 ICP-AES법에 의거하여 측정하였다(20). 즉, 시료 약 3 g을 항량이 된 도가니에 정확히 취해 전열기 위에서 예비탄화한 후 550℃ 회화로에서 백색 또는 회백색이 될 때까지 회화시켰다. 실온으로 냉각한 후 남아있는 회백색 재에 증류수 10방울 정도를 떨어뜨려 날리지 않도록 한 다음 묽은 질산(질산:증류수=1:1, v/v) 3 mL를 넣고 열판에서 가열하여 질산을 완전하게 건조시켰다. 이를 550℃ 전기회화로에서 1시간 동안 회화시킨 다음 방냉하고 다시 도가니에 묽은 염산(염산:증류수=1:1, v/v) 10 mL를 천천히 가하여 재를 녹인 후 고속액체크로마토그래피용 증류수를 이용하여 50 mL로 정용한 다음, 무회분 여과지로 여과하여 시험용액으로 하였다. 분석은 ICP-AES(Activa, HORIBA Jobin-Yvon, Longjumeau, France)를 사용하였으며 RF power 1,000 W, nebulizer gas flow 0.7~0.8 L/min, plasma gas flow 12 L/min, sheath gas flow 0.2 L/min 및 pump speed 20 rates/min의

조건으로 분석하였다.

### Free sugar contents

블루베리 시료에 함유된 유리당을 50% ethanol로 추출한 다음 고속액체크로마토그래피를 이용하여 분석하였다(19). 시료를 mixer로 완전히 균질화시켜 5~10 g을 250 mL flask에 취하고 50% ethanol 50 mL를 가하여 65°C 수욕 상에서 1시간 동안 환류냉각 추출하였다. 추출용매를 0.45 µm syringe filter로 처리하고 HPLC-RI(Jasco RI-2031 plus, JASCO International Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였다. 분석은 carbohydrate column(4.6 mm×250 mm, 5 µm particle size, Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하여 시료를 10 µL 주입하고 이동상으로 acetonitrile:water(74:26, v/v)의 혼합용액을 isocratic mode에서 1.0 mL/min의 속도로 흘리면서 38°C에서 분석하였다. 유리당의 함량은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{Free sugar} = (R_x/R_s) \times (C_s/W_x) \times D$$

*R<sub>x</sub>* : Peak height of sample(area)

*R<sub>s</sub>* : Peak height of standard(area)

*C<sub>s</sub>* : Concentration of standard(g/100g)

*W<sub>x</sub>* : Sample weight(g)

*D* : Dilution factor

### Free fatty acid composition

블루베리 시료중의 지방산 조성은 Folch 등(21)의 방법에 의하여 지질을 추출 및 정제한 후 14% BF<sub>3</sub>-methanol로 methyl ester화하여 Gas Chromatography (HP-6890GC FID, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. GC 분석시 HP-FFAP column(30 m×0.32 µm ID, 0.52 mm film thickness, Agilent Technologies)을 사용하였고, injector 230°C, detector 50°C, column oven 100°C(2 min)~4°C/min~230°C(20 min) 및 carrier gas인 He을 1.5 mL/min, split ratio 10:1의 조건으로 흘려주면서 불꽃이온화검출기(FID)로 분석하였다(22).

### Free amino acid composition

단백질을 강산으로 가수분해하여 발생하는 유리아미노산을 ion exchange를 통해 분리하고 ninhydrin post column 유도체를 형성시킨 후 발색시켜 visible detector로 분석하는 원리를 이용하여 아미노산 조성을 분석하였다(23). 즉, 시료 약 10 g을 정확히 칭량하여 ampule에 넣은 후 6 N HCl 15 mL를 가한 다음 3분간 진탕하였다. 질소가스로 30초간 치환하여 밀봉한 후 질소가스가 충전된 상태에서 105°C heating block에 장착시킨 후 24시간 동안 가수분해 하였다. 분해가 끝난 시료를 실온에서 방냉하고 50 mL 정용 flask에 시료용액을 모두 옮겨 담은 후 증류수로 정용하여 1차 중화

시켰다. 용액을 여과지(Whatman No. 5)로 여과하여 test tube에 10 mL 정도 여액을 모은 후 2 mL를 취해서 25 mL 정용 flask에 3차 증류수로 정용하여 2차 중화하였다. 이를 0.45 µm PTFE filter(Millipore Co., Billerica, MA, USA)로 여과한 후 시험용액으로 하여 아미노산자동분석기(Hitachi AAA L-8900, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)로 분석하였다. 아미노산 표준물질은 amino acid standard H(Pierce Co., Rockford, IL, U.S.A.)를 사용하였으며, 분석조건은 ion exchange column(4.6×60 mm, packed with Hitachi custom ion exchange resin), column flow 1.0 mL/min, injection volume 20 µL, wavelength 570 nm 및 440 nm (for proline)로 분석하였다.

### Total anthocyanin contents

블루베리의 total anthocyanin 함량 분석은 Lee 등(24)의 방법을 변형하여 측정하였으며, 시료 1 g에 0.1% HCl이 포함된 methanol을 10 mL씩 가하여 교반(150 rpm, 2 hr, 25°C) 후 원심분리(3,000 rpm, 20 min)한 상등액을 anthocyanin 분석 시료로 사용하였다. 위 추출물 1 mL에 0.025 M potassium chloride buffer(pH 1.0) 1 mL를 더해 UV-spectrophotometer(Shimadzu UV 1700, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 510 nm와 700 nm에서 흡광도를 측정 한 후, cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수(ε=26,900)를 이용하여 아래 식에 의해 total anthocyanin 함량을 산출하였다.

$$\text{Total anthocyanin} = [(A \times MW \times 10^3 \times \text{dilution factor})] / \epsilon$$

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

$$\epsilon = \text{molar extinction coefficient for cyaniding-3-glucoside}(26,900)$$

$$MW = \text{molecular weight of cyanidin-3-glucoside}(449.2 \text{ g/mol})$$

### trans-Resveratrol

블루베리의 trans-resveratrol 함량은 Adrian 등(25)의 방법을 수정하여 분석하였다. 시료 각 1 g에 80% methanol 5 mL를 가하여 실온에서 24시간 추출한 후 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC(Varian 920-LC, Agilent Technologies)로 분석하였다. Column은 XTerra™ RP18(4.6×250 mm, 5 µm particle size, Waters)을 사용하였으며, column 온도는 25°C로 유지하였다. 이동상은 acetonitrile/water를 용매로 하여 gradient 조건 하에서 0.6 mL/min의 유동속도로 50분간 작동시켰다. 이때 시료 주입량은 20 µL이었고, 용매의 gradient 조건은 8분까지 4:6의 acetonitrile/water, 35분까지 1:9, 그리고 50분까지 다시 4:6으로 조정하였으며, 308 nm에서 측정하였다. trans-Resveratrol 함량 분석은 표준 trans-resveratrol(Sigma, St Louis, MO, USA)과 시료의 머무름 시간을 직접 비교하여 확인하였고, 표준품의 검량곡선 작성 후 peak의 면적을 비교하여 산출하였다.

### Total polyphenol contents

블루베리의 total polyphenol contents는 Song 등(22)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 블루베리 착즙액 1 mL에 2 N Folin-Denis reagent 1 mL를 가하여 진탕하고 정확히 3분 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 5 mL를 가한 다음 실온에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응액을 분광광도계로 760 nm에서 흡광도를 측정하였고 gallic acid로 작성한 표준곡선으로부터 total polyphenol 화합물의 함량을 구하였다.

### Electron Donating Ability(EDA)

블루베리의 전자공여작용(electron donating ability, EDA)은 DPPH( $\alpha, \alpha$ -diphenyl-picrylhydrazyl)의 라디칼소거 효과로 각 시료의 환원력을 측정하여 나타내었다. Ethanol 1 mL, 블루베리 시료 10  $\mu$ L, 100 mM sodium acetate buffer(pH 5.5) 990  $\mu$ L를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하고 다음과 같이 산출하였다(23).

$$EDA(\%) = (1 - As/Ac) \times 100$$

As : Absorbance of blueberry sample

Ac : Absorbance of control

### 통계처리

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS(21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 실험군당 평균 $\pm$ 표준편차로 표시하였고, 각 군당 3개의 시료를 사용하여 실험은 3회 반복시행하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분

국내에서 생산된 2종류의 블루베리(김천산 lowbush, 평택산 highbush)의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. Lowbush 블루베리는 수분 91.08%, 탄수화물 4.17%, 조섬유 3.01%, 조지방 0.97%, 조단백 0.63%, 조회분 0.14% 순이었으며, highbush 블루베리는 수분 90.77%, 탄수화물 5.17%, 조섬유 2.57%, 조지방 0.72%, 조단백 0.60%, 조회분 0.17% 으로 품종별 차이는 거의 없는 것으로 나타났으나 두 품종 모두 조섬유 함량이 비교적 높은 것이 특징적이었다. Jeong 등(26)이 보고한 건조블루베리에는 수분 10.47%, 조단백질 2.66%, 조지방 2.04%, 회분 1.99%, 조섬유 1.48% 함유되어 있었고, 미국산 블루베리의 경우(dry basis) 수분 0.65%, 조단백 2.41% 조지방 2.30%, 조회분 1.41% 및 조섬유 0.88% 인 것으로 나타나(27) 산지별 및 품종에 따라 다양한 것으로 사료된다.

### pH 및 soluble solid contents

블루베리 착즙액의 pH 및 가용성고형분 함량을 측정된 결과, 김천산이 pH 4.35로 평택산의 pH 4.57보다 약간 낮은 값을 나타내었으나, 가용성고형분 함량은 평택산이 9.71 °Brix로 김천산의 8.35 °Brix보다 다소 높은 값을 보였다. Moon 등(27)은 진공동결건조한 국산블루베리에 대해 pH 4.49 및 가용성고형분 함량 62.67 °Brix로 보고하였다.

**Table 2. Approximate compositions of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

Composition	(unit : %)	
	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
Moisture	91.08 $\pm$ 0.78 <sup>1)</sup>	90.77 $\pm$ 0.14
Crude Lipid	0.97 $\pm$ 0.09	0.72 $\pm$ 0.03
Crude protein	0.63 $\pm$ 0.03	0.60 $\pm$ 0.03
Crude ash	0.14 $\pm$ 0.03	0.17 $\pm$ 0.02
Dietary Fiber	3.01 $\pm$ 0.14	2.57 $\pm$ 0.05
Carbohydrate	4.17 $\pm$ 1.08	5.17 $\pm$ 0.36

<sup>1)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3).

**Table 3. pH and soluble solids contents of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

Variables	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
pH	4.35 $\pm$ 0.01 <sup>1)</sup>	4.57 $\pm$ 0.01
°Brix	15.35 $\pm$ 0.12	13.71 $\pm$ 0.22

<sup>1)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3).

### Mineral contents

두 품종 블루베리에 함유된 5종의 주요 대량 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 공통적으로 무기성분 중 P가 11.60%, 12.27%으로 가장 높게 나타났고, Ca(5.33%, 8.06%), Mg(4.70%, 6.05%), Na(0.24%, 0.20%), Zn(0.06%, 0.07%) 순으로 각각 함유되어 있었다. Jeong 등(26)은 품종 및 산지는 명시되어 있지 않으나 국내 일반마트에서 구매한 블루베리의 무기성분으로 Ca이 451.34 mg/100 g으로 가장

**Table 4. Mineral contents of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

Composition	(unit : %)	
	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
P	11.60 $\pm$ 0.04 <sup>1)</sup>	12.27 $\pm$ 0.13
Ca	5.33 $\pm$ 0.02	8.06 $\pm$ 0.31
Mg	4.70 $\pm$ 0.04	6.05 $\pm$ 0.14
Na	0.24 $\pm$ 0.01	0.20 $\pm$ 0.01
Zn	0.06 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.01

<sup>1)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3).

높게 나타났고, K 355.40 mg/100 g, P 321.10 mg/100 g 및 Na 137.58 mg/100 g의 순으로 함유되어 있음을 보고한 바 있다. Rupasinghe와 Clegg(28)는 블루베리를 이용하여 제조한 와인의 무기성분을 분석하여 가장 많은 Ca 958 µg/g을 비롯하여 Mg, Zn, P 및 S 등이 함유되어 있음을 보고하였다. 본 연구에서 분석한 두 품종 블루베리에 P, Ca 및 Mg이 비교적 다량 함유되어 있는 사실은 향후 이들을 원료로 한 가공식품의 개발 전략 및 방향설정시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

### Free sugar contents

유리당 함량을 분석한 결과 Table 5와 같이 이들의 주요 유리당은 glucose와 fructose인 것으로 나타났다. 김천산은 fructose 2.99% 및 glucose 2.81%를 함유하고 있었고, 평택산은 각각 2.89% 및 2.61%를 함유하고 있는 것으로 분석되었으며 전체적으로 김천산 lowbush 블루베리가 평택산 highbush 블루베리에 비해 다소 높은 함량을 보였다. 이당류를 살펴본 결과 lactose 및 maltose는 검출되지 않았고 예상과 달리 sucrose 또한 검출되지 않았다. 이는 시중 마트에서 구입한 국내산 블루베리에서 69.01 mg%(dry basis)의 sucrose가 함유된 것으로 보고한 것과는 매우 상이한 결과이다(27). 또한 Roosi 등(29)은 highbush 블루베리 6종을 혼합하여 유리당 함량을 분석한 결과 glucose 5.31%, fructose 4.50%로 glucose 함량이 fructose보다 높은 것으로 보고하는 등 블루베리의 산지, 품종, 원료의 혼합 여부 등에 따라 유리당 함량은 매우 다른 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 블루베리의 유리당 함량은 향후 개발제품의 맛에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 요인이므로 원료의 선발에 있어 중요한 기초자료가 될 것으로 사료된다.

**Table 5. Free sugar contents of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

(unit : %)		
Composition	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
Glucose	2.81±0.04 <sup>1)</sup>	2.61±0.01
Fructose	2.99±0.01	2.89±0.01
Sucrose	ND <sup>2)</sup>	ND
Lactose	ND	ND
Maltose	ND	ND

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>ND=Not Detected.

### Free fatty acid composition

블루베리의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 주요 포화지방산은 palmitic acid이고, 주요 불포화지방산은 linoleic acid, linolenic acid, oleic acid 등의 4종으로 나타났다. 가장 많은 지방산은 linoleic acid로 김천산 39.7%,

평택산 39.2%를 함유하고 있었고 다음으로 linolenic acid가 각각 23.5%, 20.5%씩 함유된 것으로 나타났다. 또한, 포화지방산 함량은 평택산이 18.8%로 김천산의 17.8%보다 다소 높았으나, 불포화지방산의 경우는 반대로 김천산이 81.7%로 평택산 79.9%보다 다소 높게 함유하고 있는 것으로 나타났다. Moon 등(27)은 국내산과 미국산 블루베리의 주요지방산이 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid의 순서인 것으로 보고하여 본 실험 결과와는 다소 차이를 보였다.

**Table 6. Free fatty acid contents of Kimcheon lowbush blueberry and Pyungtaek highbush blueberries**

(unit : %)		
Fatty acid	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
<i>Saturated fatty acid (SFA)</i>		
Capric acid	0.7±0.1 <sup>1)</sup>	0.8±0.1
Laucic acid	0.2±0.1	0.2±0.1
Myristic acid	0.2±0.1	0.3±0.1
Palmitic acid	10.1±0.2	10.1±0.1
Stearic acid	2.7±0.1	2.8±0.1
Arachidic acid	3.0±0.2	3.5±0.1
Behenic acid	0.3±0.1	0.5±0.1
Lignoceric acid	0.6±0.1	0.5±0.1
ΣSFA	17.8±0.2	18.7±0.1
<i>Unsaturated fatty acid (USFA)</i>		
Palmitoleic acid	0.2±0.1	0.4±0.1
Oleic acid	16.9±0.2	18.1±0.3
Linoleic acid	39.7±0.2	39.2±0.4
Linolenic acid	23.5±0.2	20.5±0.2
Gadoleic acid	1.1±0.1	1.7±0.1
Docosenoic acid	0.3±0.1	ND <sup>2)</sup>
ΣUSFA	81.4±0.2	79.9±0.3
Unknown	0.5±0.1	1.3±0.1
Total fatty acid (TFA)	82.3	100

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>ND=Not Detected.

### Free amino acid composition

블루베리의 유리아미노산 조성을 분석한 결과는 Table 7과 같다. 두 품종 모두 유리아미노산 20종 중 16종(필수 아미노산 7종, 비필수 아미노산 9종)의 유리아미노산을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 김천산에 함유된 필수아미노산은 leucine>lysine>phenylalanine>valine>threonine>isoleucine>methionine 순으로 총 153.7 mg/100 g으로 나타나 총 유리아미노산 중 31.8%를 차지하였고 비필수아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, arginine, alanine, glycine, serine, tyrosine, proline, histidine의 순으로 총 330.2 mg/100

g을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 평택산의 필수아미노산은 leucine, lysine, phenylalanine, threonine, valine, isoleucine, methionine 순으로 총 147.6 mg/100 g을 함유하고 있었으며(총 유리아미노산 함량 대비 28.9%), 비필수아미노산은 총 361.7 mg/100 g을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 유아와 성장기 어린이에게 필요한 준필수아미노산인 arginine이 평택산 highbush 블루베리에 특히 많이 함유된 것으로 나타난 점은 매우 특징적이다. 한편, 유리아미노산의 총합계를 살펴보면 평택산 highbush 블루베리가 509.3 mg/100g으로 김천산 lowbush 블루베리 483.9 mg/100 g에 비해 많이 함유했으나 필수아미노산은 반대로 lowbush가 highbush보다 3.9% 더 많은 것으로 나타났다. 기존의 다른 국내산 블루베리의 성분분석 결과에서는 더 적은 12종의 아미노산만이 검출되고 arginine, amino-n-butyric acid, glutamic acid, alanine, serine 등의 순으로 함유되어 있음이 보고되어(27) 본 실험의 결과와는 다소 차이를 보였다.

**Table 7. Free amino acid contents of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

(unit : mg/100 g)		
Fatty acid	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
<i>Essential amino acid (EAA)</i>		
Leucine	43.2±1.1	40.7±0.2
Lysine	30.5±1.2	29.7±0.9
Phenylalanine	20.5±1.1	21.8±0.1
Valine	19.8±0.3	17.5±0.1
Threonine	18.8±0.7	19.2±0.6
Isoleucine	16.1±0.9	14.4±0.1
Methionine	4.8±0.2	4.3±0.5
∑EAA	153.7±1.4	147.6±1.7
<i>Non-essential amino acid (NEAA)</i>		
Glutamic acid	85.7±4.6	86.6±2.3
Aspartic acid	55.1±2.3	54.6±1.9
Arginine	54.7±0.9	77.2±1.2
Alanine	30.7±0.9	34.4±0.8
Glycine	29.4±0.9	30.9±0.7
Serine	25.9±0.9	26.6±0.7
Tyrosine	20.0±0.3	20.1±0.1
Proline	16.8±0.0	19.2±1.1
Histidine	11.9±0.3	12.1±0.0
Cysteine	ND	ND
∑NEAA	330.2±11.20	361.7±8.55
Total amino acid (TAA)	483.9±12.60	509.3±12.60
EAA/TAA(%)	31.8±0.54	28.9±0.25

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>ND=Not Detected.

Joo(30)는 베리류 중 나무딸기에서 18종의 아미노산을 분리, 동정하였으며, 특히 arginine, lysine 및 alanine의 함량이 상당히 높다고 보고하였다.

### Total anthocyanin contents

김천산 lowbush 블루베리의 total anthocyanin 함량은 22.0 mg/100 g으로, 평택산 highbush 블루베리의 18.1 mg/100 g 보다 높았다(Table 8). Anthocyanin은 과일과 채소 등에서 자색, 청색 및 적색 등의 관능적 품질특성을 결정하는 천연 수용성 색소이기도 하지만 색소로서의 기능 외에 항산화 활성 등 다양한 생리활성이 보고된 바 있어(9,16) 기능성 측면에서 블루베리의 품질을 판단할 수 있는 중요한 지표성분이 될 수 있다. 담양에서 재배된 블루베리의 anthocyanin 함량이 4.97 mg/100 g로 보고되어(31) 본 연구에서의 김천산 및 평택산이 월등히 많은 것으로 나타났다. 이와같이 블루베리의 anthocyanin 함량은 김천, 평택 및 담양 등 각기 다른 재배지의 토양 및 기후특성에 의해 많은 영향을 받는 것으로 사료된다.

**Table 8. Anthocyanin, resveratrol and total polyphenol contents of Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries**

(unit : mg/100 g)		
Content	Kimcheon lowbush	Pyungtaek highbush
Anthocyanin	22.0±0.04 <sup>1)</sup>	18.1±0.04
Resveratrol	0.12±0.01	0.11±0.01
Total polyphenol	141.3±3.12	138.4±2.02

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3).

### trans-resveratrol 함량

김천산 lowbush 블루베리와 평택산 highbush 블루베리의 trans-resveratrol 함량 분석결과를 Table 8에 나타내었다. 김천산 lowbush 및 평택산 highbush 각각 0.12 mg/100 g와 0.11 mg/100 g으로 나타나 유의적인 차이는 없는 것으로 보여진다. trans-resveratrol(trans-3,5,4'-trihydroxystilbene)은 여러 식물에 존재하는 phytoalexin 계열의 폴리페놀성 물질로 혈소판응집 억제, 심혈관계질환 예방, 신경보호 작용, 항암 효과, 항비만 효과 등을 지니는 것으로 알려져 있어(32) anthocyanin과 함께 블루베리의 주요 기능성 성분으로 간주되고 있다. 다양한 베리류의 연구 중 품종이 다른 오디와 수입산 블루베리의 resveratrol 함량은 분석결과 대성오디 12.01 µg/g, 수원오디 8.67 µg/g, 청일오디 6.92 µg/g 및 수입산 블루베리 7.20 µg/g인 것으로 보고되어 있다(33). 이는 resveratrol 함량 역시 재배지역 및 품종에 따라 많은 차이가 있음을 시사한다.

### Total polyphenol contents

두 블루베리의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과 각각

141.3 mg/100 g 및 138.4 mg/100 g으로 나타났다(Table 8). 담양에서 재배한 블루베리의 총 폴리페놀은 213.6 mg/100g 이라고 보고되어 있고(31), Zheng 등(34) 미국내 농장에서 재배된 블루베리의 경우 313.1 mg/100 g이라고 보고하여 본 연구결과와 차이가 있었다.

### Electrol Donating Ability(EDA)

활성라디칼의 소거작용은 식품에서는 지질산화를 억제 하고 인체내에서는 질병과 노화를 억제하는데에 매우 중요한 항산화 기작으로 이해되고 있다(35). DPPH radical 소거 활성으로 분석한 두 품종 블루베리의 전자공여능은 매우 농도의존적이었으며 1,000 µg/mL의 농도에서 각각 79.7% 및 74.1%로 김천산이 평택산보다 높게 나타났다(Fig. 1). 전자공여능은 total polyphenol, anthocyanin 및 resveratrol 등과 같은 항산화 활성 성분들과 밀접한 상관관계가 있으며 본 연구에서도 이들 성분의 함량이 모두 높은 김천산 lowbush의 전자공여능 또한 높은 것으로 나타나 일치하는 경향을 보여주었다. 한편, 담양산 블루베리의 전자공여능은 54.57%로 보고되어(33) 본 연구에서 분석한 김천산 및 평택산 블루베리보다 매우 낮았다.

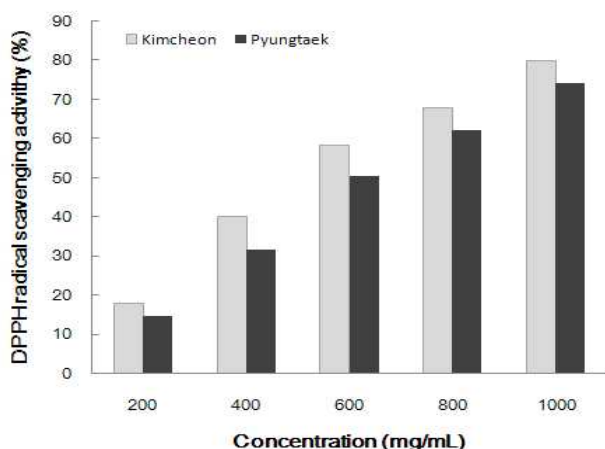


Fig. 1. Electron donating ability(EDA) determined by DPPH radical scavenging effect for Kimcheon lowbush and Pyungtaek highbush blueberries

### 요 약

국내 김천산 lowbush 블루베리와 평택산 highbush 블루베리의 영양성분 및 항산화 활성을 분석하였다. 일반성분 조성 분석결과 산지에 따른 유의적인 차이는 없었다. pH는 김천산이 4.35로 평택산의 4.57보다 낮았고 가용성고형분 함량은 평택산 9.71 °Brix 및 김천산 8.35 °Brix로 차이가 있었다. 주요 5종의 대량무기질 함량 분석결과 김천산과 평택산에서 각각 P(11.60, 12.27%)>Ca(5.33, 9.06%)>

Mg(4.70, 6.05%)>Na(0.24, 0.20%)>Zn(0.06, 0.07%) 순으로 함유되어 있었다. 주요 유리당은 김천산 및 평택산 각각 fructose 2.99, 2.89%와 glucose 2.81, 2.61%로 나타났고 sucrose, maltose 및 lactose 등의 이당류는 검출되지 않았다. 불포화지방산은 김천산이 81.7%로 평택산의 79.9%보다 다소 높았다. 두 품종 모두 16종(필수 아미노산 7종, 비필수 아미노산 9종)의 유리아미노산을 함유하였고 총 유리아미노산 함량대비 필수아미노산은 김천산이 31.8%로 평택산의 28.9%보다 높았다. 준필수아미노산인 arginine은 평택산에 많이 함유되어 있는 것이 매우 특징적이었다. 생리활성 성분인 anthocyanin, trans-resveratrol 및 total polyphenol을 정량하여 김천산과 평택산에서 각각 anthocyanin 22.0, 18.1 mg/100 g, trans-resveratrol 0.12, 0.11 mg/100 g 및 total polyphenol 141.3, 138.4 mg/100 g의 결과를 얻었다. 전자공여능으로 분석한 두 블루베리의 항산화 활성은 농도의존적이었으며 1,000 µg/mL의 농도에서 각각 79.7% 및 74.1%로 김천산이 평택산보다 높게 나타났다. 항산화활성은 total polyphenol, anthocyanin 및 trans-resveratrol과 같은 기능성 성분의 함량이 김천산에서 더 높았던 결과와도 밀접한 상관관계가 있는 것으로 보여진다. 이상과 같은 기초적 연구결과는 향후 수입산 블루베리를 대체하기 위한 국내의 블루베리 재배면적 확대뿐만 아니라 기능성 식품소재로서의 이용에 있어 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 2013년 농림수산식품기술평가원 고부가가치 식품기술개발사업의 연구비 지원(113030-3)으로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

### References

- Jeong EJ, Sung SH, Kim JS, Kim H, Kim YC (2008) *Rhus verniciflua* stokes attenuates glutamate-induced neurotoxicity in primary cultures of rat cortical cells. *Nat Prod Sci*, 14, 156-160
- Parfenova H, Basuroy S, Bhattacharya S, Tcheranova D, Qu Y, Regan RF, Leffler CW (2006) Glutamate induces oxidative stress and apoptosis in cerebral vascular endothelial cells: contributions of HO-1 and HO-2 to cytoprotection. *Am J Physiol Cell Physiol*, 290, 1399-1410
- Ho CT (1992) Phenolic compounds in food. In *Phenolic compounds in food and their effects on health II*. 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. Westwood MN (1993) Temperate-zone pomology. Timber Press, Portland, OR, USA, p 100-101
9. Jeong HR, Jo YN, Jeong JH, Kim HJ, Heo HJ (2012) Nutritional composition and *in vitro* antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) leaf. Korean J Food Preserv, 19, 604-610
10. Lee JG, Lee BY (2007) Effect of media composition on growth and rooting of highbush blueberry cuttings. Kor J Hort Sci Technol, 25, 355-359
11. Su, MS, CHien PS (2007) Antioxidant activity, anthocyanins and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. Food Chem, 104, 182-187
12. Martineau LC, Couture A, Spoor D, Benhaddou AA, Harris C, Meddah B, Leduc C, Burt A, Vuong T, Le PM, Prentki M, Bennett SA, Arnason JT, Haddadd PS (2006) Antidiabetic properties of the Canadian lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*). Phytomedicine, 13, 612-623
13. Parry J, Su L, Moore J, Cheng Z, Luther M, Rao JN, Wang JY, Yu LL (2006) Chemical compositions antioxidant capacities and antiprolerative activities of selected fruit seed flours. J Agric Food Chem, 54, 3773-3778
14. Jeollabuk-do Agricultural Research and Extention Services (2009) Functional characteristics of fruit varieties of blueberries, breeding and cultivation technology research. Rural development administration, Suwon, Korea, p 5-6
15. Naczk M, Shahidi F (2006) Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. J Pharm Biomed Anal, 41, 1523-1542
16. Bagchi D, Sen CK, Bagchi M, Atalay M (2004) Antiangiogenic, antioxidant, and anticarcinogenic properties of a novel anthocyanin rich berry extract formula. Biochem, 69, 75-80
17. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, (<http://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp>) Republic Korea.
18. AOAC (1990) Official methods of analysis. 15th ed., Association of official analytical chemists. Washington, DC, USA
19. Song HN, Jung KS (2006) Quality characteristics and physiological activities of fermented soybean by lactic acid bacteria. Korean J Food Sci Technol, 38, 475-482
20. Song HN, Gil B (2002) Analysis of nutritional composition and phenolic compound in propolis from falseacacia and chestnut tree in Korea. Korean J Food Sci Technol, 34, 546-551
21. Folch J, Less M, Sloane-Stanley GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem, 226, 497-509
22. Song HN (2013) Quality properties of fermented mugworts and the rapid pattern analysis of their volatile flavor components via surface acoustic wave (SAW) based electronic nose sensor in the GC system. Korean J Food Preserv, 20, 554-563
23. Song HN (2013) Quality analysis for recycle of the drained soybean boiling water discarded in the mass production of fermented soy foods. Korean J Food Cookery Sci, 29, 525-531
24. Lee J, Dutst RW, Wrolstad RE (2005) Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative Study. J AOAC Int, 88, 1269-1278
25. Adrian M, Jeandet P, Bessis R, Joubert JM (1996) Induction of phytoalexin (resveratrol) synthesis in grapevine leaves treated with aluminium chloride (AlCl<sub>3</sub>). J Agric Food Chem, 44, 1979-1981
26. Jeong Ch, Choi SG, Heo HJ (2008) Analysis of nutritional composition and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1375-1381
27. Moon HK, Lee SW, Kim JK (2013) Physicochemical and quality characteristics of the Korean and American blueberries. Korean J Food Preserv, 20, 524-531
28. Rupasinghe HPV, Clegg S (2007) Total antioxidant capacity, total phenolic content, mineral elements, and



- histamine concentrations in wines of different fruit sources. *J Food Compost Anal*, 20, 133-137
29. Roosi M, Giussani E, Morelli R, Scalzo RL, Nani RC, Torreggiani D (2003) Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Res Int*, 36, 999-1005
  30. Joo KJ (1978) Studies on chemical composition of raspberry. *Korean J Nutr*, 11, 21-24
  31. Na HS, Kim JY, Yun SH, Park HJ, Choi GC, Yang SI, Lee JH, Cho JY (2013) Phytochemical contents of agricultural products cultivated by region, *Korean J Food Preserv*, 20, 451-458
  32. Baur JA, Pearson KJ, Price NL (2006) Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature*, 444, 337-342
  33. Choi IS, Moon YS, Kwak EJ (2012) Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Korean J Hort Sci Technol*, 30, 301-307
  34. Zheng Y, Wang CY, Wang SY, Zheng W (2003) Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. *J Agric Food Chem*, 51, 7162-7169
  35. Koh YJ, Cha DS, Choi HD, Park YK, Choi IW (2008) Hot water extraction optimization of Dandelion leaves to increase antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 283-289

---

(Received September 11, 2014; Revised November 26, 2014; Accepted November 30, 2014)