

## 초고압 처리가 블루베리의 항산화 증진에 미치는 영향

- 연구노트 -

박성진<sup>1\*</sup> · 최영범<sup>2</sup> · 고정림<sup>2</sup> · 김영언<sup>3</sup> · 이현용<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한림성심대학교 관광외식조리과/생물소재연구소, <sup>2</sup>농업법인회사(주)오'제주  
<sup>3</sup>한국식품연구원 대사기능연구본부, <sup>4</sup>서원대학교 식품공학과

### Enhancement of Antioxidant Activities of Blueberry (*Vaccinium ashei*) by Using High-Pressure Extraction Process

Sung Jin Park<sup>1\*</sup>, Young Bum Choi<sup>2</sup>, Jung Rim Ko<sup>2</sup>, Young Eon Kim<sup>3</sup>, and Hyeon Yong Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Tourism Food Service Cuisine and Research Institute of Biomaterial,  
Hallym Polytechnic University, Gangwon 200-711, Korea

<sup>2</sup>Agro Foodtech Holdings O'JEJU, Jeju 690-804, Korea

<sup>3</sup>Div. of Metabolism and Functionality Research, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Food Science and Technology, Seowon University, Chungbuk 361-742, Korea

**ABSTRACT** We developed a method for improving the antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) extracts through an ultra high-pressure extraction process. Blueberries were subjected to water extraction at 60°C and 300 MPa for 5 min (High Pressure Extraction, HPE5) and 15 min (HPE15). Extraction yields obtained by ultra high-pressure extraction process were 18.48, and 19.89%, respectively. Total polyphenol contents were estimated to be 28.3, and 28.9 mg/g, whereas flavonoid contents were measured as 5.9 and 6.0 mg/g, respectively. Generally, HPE resulted in higher yields than the conventional extraction process. Further, HPE15 showed 53.84% DPPH radical scavenging activity (EDA, %) at 1,000 µg/mL. Reducing power of HPE15 showed its highest activity of 0.21. In general, antioxidant activities of blueberry increased by HPE. Therefore, HPE of blueberry resulted in higher antioxidant activity than conventional water extraction. These results demonstrate obvious advantages in terms of higher efficiency, shorter extraction time, and lower energy costs.

**Key words:** *Vaccinium ashei*, high-pressure extraction, antioxidant activity, anthocyanin, scanning electron microphotographs

## 서 론

현대 사회는 과학의 발달로 인간의 수명은 연장되었으나 육류 위주의 서구식 식생활로의 변화로 인한 비만, 당뇨병, 고혈압, 동맥경화, 암 등의 발생 연령이 내려가고 있다. 연구에 의하면 활성산소종이 동맥경화 및 심혈관계 질환 발병의 중심적 역할을 하는 것으로 규명되었고(1,2), 인간의 노화현상이나 암 발생은 생체 내에서 산화되는 생리기능에 스트레스를 가하는 현상인 oxidative stress를 유발하는 자유기 (free radical)에 기인하는 것으로 알려져 있다(3). 인간의 세포는 매일 산화적 손상을 받는데 인체 각 세포의 DNA는 하루에 약 10,000번의 산화적 공격을 받는다. 이로 인한 손상은 일부 회복되지만 회복되지 않은 손상이 축적되어 노화, 암, 심장병 등의 질병을 일으키게 된다(4,5). 또한 항산화 영양 성분으로는 β-carotene, 비타민 E, 비타민 C 등의 비타민과 Se, Cu, Mn, Zn 등의 미량원소와 총 phenol이 알려

져 있는데 이들 미량성분의 항암효과는 항산화 능력에 기인한다는 연구결과도 보고되었다(6,7).

초고압 처리는 최근 식품에서 주목받고 있는 가공기술 분야로서 식품의 보존성, 물성, 기능성을 향상시켜 준다. 100~1,000 MPa의 압력을 이용하여 압력매체로 물이나 오일의 압력을 순간적으로 균일하게 전달시키는 원리이다. 식품가공에서 열처리와 압력처리는 모두 소화성을 향상시키는데, 열처리는 화학변화가 많이 일어나는데 반하여 압력처리는 화학적으로 큰 변화를 일으키지 않는 장점이 있다(8). 따라서 초고압 공정은 비가열처리 가공방법이므로 식품 내 주요 성분을 변성시키지 않아 신선감을 유지시킬 수 있는 가공기술로 평가되고 있고 기존의 가열처리에 의한 식품의 조직감 및 풍미 저하 등을 극복할 수 있다(8). 한편 초고압처리 기술은 소수성결합이나 이온결합의 파괴를 촉진하고 분자량이 작은 물질보다는 소수성결합 등을 포함하는 거대분자에 대해 선택적으로 작용한다. 이를 통하여 추출 시에 그 수율 증진을 위한 공정으로 사용될 수 있다고 보고되고 있다(8). 기존의 천연물 추출에 사용된 전통적인 방법은 추출효율이 낮고 에너지 소비가 많으며 열로 인한 많은 유용성분의 파

Received 21 October 2013; Accepted 1 November 2013

\*Corresponding author.

E-mail: sjpark@hsc.ac.kr, Phone: +82-33-240-9234

피, 단백질의 변성, 성분의 손실, 가용성분 위주의 추출, 열에 대하여 불안정한 것 등의 단점을 드러내고 있다(9). 이러한 단점을 극복하기 위하여 초고압 기술을 약용식물의 유용성분을 추출하는데 적용할 수 있는데, 이러한 추출법을 초고압 추출이라고 한다. 초고압 기술은 약용작물의 유효 성분을 짧은 시간 내에 추출할 수 있으며 순도가 높은 단일 성분과 불순물이 거의 없는 추출물을 얻을 수 있다. 그것은 초고압 하에서 세포막이 파괴(10)되어 세포 안으로 용매의 침투가 가능하여 보다 많은 성분이 세포 밖으로 쉽게 용출되어 나오기 때문으로 추정하고 있다. 최근 들어 초고압 기술이 식품의 개발에 직접 응용되면서 일본에서는 초고압을 이용해 과일 잼을 생산하였다. 초고압을 통해 과일 잼을 만든 결과 열처리를 통해 발생하는 향과 색깔의 변화가 적고 과일 특유의 성질이 유지된다고 보고되었다(11). 그리고 블루베리와 같이 표면이 외피로 쌓인 조직으로 이루어진 소재의 추출에 있어서 단순 열수추출공정으로는 용매의 소재 조직으로의 효과적인 침투가 어려워 유용성분의 추출에 한계가 있고, 이러한 단점을 극복하기 위해 고온의 열수를 이용하게 되면 목적하지 않는 성분의 용출로 식품이나 약용으로서의 이용에 한계가 있다. 따라서 이러한 소재의 기존 추출공정의 단점을 극복하고 활성성분의 효과적인 용출을 가능하게 하기 위해 본 연구에서는 초고압 공정을 블루베리 추출에 적용하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 블루베리(*Vaccinium ashei*)는 2012년 제주도에서 재배된 것을 구입하여 시료로 사용하였다. 초고압 추출은 블루베리 50 g을 비닐 팩에 증류수와 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 잘 밀봉한 후, 초고압 추출 장치(Ilshin autoclave, Daejeon, Korea)를 이용하여 300 MPa의 압력을 5분, 15분으로 추출 조건을 다르게 하여 실행하였다. 초고압 추출이 끝난 시료를 각각 수직 환류 냉각기에 부착된 추출 flask에 시료 중량에 대하여 각각 10배의 증류수를 추출용매로 사용하여 60°C에서 24시간 추출하였다. 대조군으로는 블루베리 50 g을 초고압 추출과정은 제외하고 나머지는 같은 조건인 60°C에서 12시간 동안 2회 반복 추출하였다. 얻어진 각각의 추출물들을 감압여과장치(Rotary Vacuum Evaporator N-N series, EYELA, Berlin, Germany)로 여과하여 농축을 하였고 동결건조를 한 후에 실험에 사용하였다(12).

### 총 페놀 및 플라보노이드 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(13)에 따라 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 spectrophotometer(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)

를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 0~100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드는 Moreno 등(14)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma-Aldrich Co.)을 표준물질로 하여 0~100 µg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

### 안토시아닌 함량 분석

Anthocyanin 함량 분석은 Lee와 Lee(15)의 방법을 조금 변형하여 측정하였으며 시료 1 g에 0.1% HCl이 포함된 methanol을 10 mL씩 가하여 교반(150 rpm, 2 hr, 25°C)한 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 510 nm와 700 nm에서 측정하였다. 총 안토시아닌 함량(mg/L)은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수( $\epsilon=269000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 아래 식에 의해 산출하였다.

$$\text{Anthocyanin content (mg/L)} = A \times MW \times 1000 / \epsilon \times V$$

$$A \text{ (Absorbance)} = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

$$MW \text{ (molecular weight of cyanidine-3-glucoside)} = 449.2$$

$$\epsilon = 26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$V = \text{추출물의 부피}$$

### DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH( $\alpha, \alpha$ -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 에탄올 1 mL, 시료 10 µL, 100 mM sodium acetate buffer(pH 5.5) 990 µL를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH용액(Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고 암실에서 5분간 반응을 유도한 후 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(16). 전자공여능(%)은  $(1 - As/Ac) \times 100$ 으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$\text{SODA (\%)} = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As: 추출물 첨가구의 흡광도

Ac: 추출물 무첨가구의 흡광도

### 환원력 측정

Oyaizu(17)의 방법에 따라 측정하였으며 시료 1 mL에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액 및 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 mL씩 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 15% TCA(trichloroacetic acid) 용액을 1 mL 가하고 12,000×g에서 15분간 원심분리 하여 얻은 상정액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride 각 1 mL를 가하여 혼합한 후 700 mm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

### SEM(scanning electron microscope) 관찰

초고압 공정을 거친 후 세포조직의 형태학적 변화를 관찰하기 위해 저진공주사현미경(Low Vacuum-Scanning Electron, ×400)은 일본의 Hitachi Science Systems(Tokyo, Japan)의 S-3500N으로 촬영하여 블루베리의 표면을 관찰하였다(18).

### 통계처리

실험에서 얻어진 결과는 실험군당 평균±표준편차로 표시하였고, 각 군당 3개의 시료를 사용하여 실험은 3회 반복 시행하였다.

## 결과 및 고찰

### 추출 수율

추출공정별 블루베리 추출물의 수율은 3회 추출하여 그 평균값을 Table 1에 나타내었다. 추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의 수율이 18.48, 19.89%로 높은 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.6배의 높은 추출 수율을 나타내었는데, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수추출에 비해 각각 1.8배, 1.9배까지 증가하였다고 보고(8)된 내용과 유사한 결과로서 초고압 공정을 통해 블루베리의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반 열수추출공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다(19). 이처럼 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되지 않았던 성분들이 초고압 처리

**Table 1.** Comparison of the extraction yield from *Vaccinium ashei* according to different extraction processes

Sample <sup>1)</sup>	Solvent	Temperature	High pressure	Yield (% w/w)
WE			—	12.36±0.27 <sup>b</sup>
HPE5	Water	60°C	5 min	18.48±0.38 <sup>a</sup>
HPE15			15 min	19.89±0.11 <sup>a</sup>

Values are mean±SD. Values are mean of triplicates. Means with different superscripts (a,b) in a column are significantly different each other at  $P<0.05$ .

<sup>1)</sup>WE: water extraction at 60°C, HPE5: high pressure extraction for 5 minutes at 60°C with water solvent, HPE15: high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent.

를 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

### 페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌 함량 비교

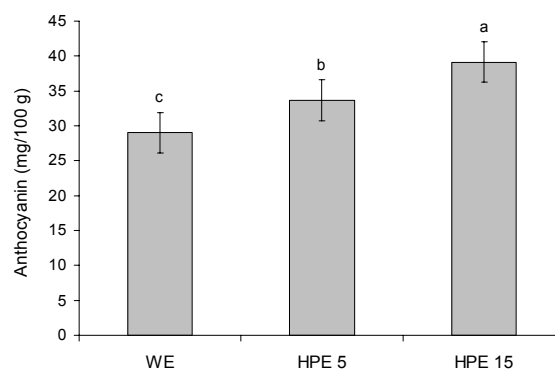
블루베리의 일반적인 열수추출물의 경우 총 페놀 함량은 27.4 mg/100 g의 함량을 나타내었고 총 플라보노이드는 5.2 mg/100 g의 함량으로 나타나 Park 등(20)의 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 이를 초고압 추출물과 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 이와 같은 결과로 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. 특히 phenol 유도체를 비롯한 sesamol, tocopherol, flavonoids와 이의 유도체 및 페놀화합물 등의 천연 항산화제로서 잘 알려져 있는 물질 등이 초고압 공정을 통해서 같은 조건의 추출을 하였을 시 이와 같은 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다. 블루베리의 안토시아닌 함량은 블루베리의 일반적인 열수추출물의 경우 29.01 mg/100 g의 함량을 나타내었고, 이를 초고압 추출물과 비교한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 초고압 5분, 15분 처리 추출물이 일반 열수추출에 비해 각각 1.2

**Table 2.** Difference total polyphenol and total flavonoids contents enhancement of *Vaccinium ashei* according to different extraction processes

Sample <sup>1)</sup>	Total polyphenol (mg/g)	Total flavonoids (mg/g)
WE	27.4±0.52 <sup>b</sup>	5.2±0.21 <sup>b</sup>
HPE5	28.3±1.32 <sup>ab</sup>	5.9±0.87 <sup>ab</sup>
HPE15	28.9±0.94 <sup>a</sup>	6.0±0.48 <sup>a</sup>

Values are mean±SD. Values are mean of triplicates. Means with different superscripts (a,b) in a column are significantly different each other at  $P<0.05$ .

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.



**Fig. 1.** Anthocyanin contents of *Vaccinium ashei* after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract. Samples are the same as in Table 1. Values are mean±SD. Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different each other at  $P<0.05$ .

**Table 3.** DPPH radical scavenging ability of *Vaccinium ashei* according to different extraction processes (%)

Sample <sup>1)</sup>	Concentration (µg/mL)				
	200	400	600	800	1,000
WE	30.76±0.59 <sup>b</sup>	34.11±0.87 <sup>a</sup>	39.70±0.47 <sup>c</sup>	42.14±0.78 <sup>c</sup>	47.61±0.19 <sup>c</sup>
HPE5	32.14±0.62 <sup>a</sup>	34.93±0.31 <sup>a</sup>	40.58±0.23 <sup>b</sup>	45.20±0.57 <sup>b</sup>	49.67±0.44 <sup>b</sup>
HPE15	32.97±0.24 <sup>a</sup>	35.29±0.11 <sup>a</sup>	42.59±0.18 <sup>a</sup>	49.31±0.69 <sup>a</sup>	53.84±0.32 <sup>a</sup>

Values are mean±SD. Values are mean of triplicates.

Means with different superscripts (a-c) in a column are significantly different each other at  $P<0.05$ .

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

**Table 4.** Reducing power of *Vaccinium ashei* according to different extraction process (%)

Sample <sup>1)</sup>	Concentration (µg/mL)				
	200	400	600	800	1,000
WE	0.08±0.17 <sup>NS</sup>	0.09±0.34 <sup>NS</sup>	0.12±0.18 <sup>NS</sup>	0.13±0.17 <sup>NS</sup>	0.16±0.94 <sup>NS</sup>
HPE5	0.08±0.22	0.09±0.54	0.12±0.22	0.15±0.74	0.18±1.28
HPE15	0.09±0.48	0.11±0.22	0.12±0.28	0.18±0.63	0.21±0.99

Values are mean±SD. Values are mean of triplicates. <sup>NS</sup>Not significant.

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

배, 1.4배까지 증가하였다. 발효와 초고압을 결합한 연구결과에서도 총 페놀과 플라보노이드가 증가하는 경향을 나타내었으며(19), 초고압 공정을 통해서도 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### 수소 공여능(electron donating ability, EDA)에 의한 항산화 활성

*In vitro* 상에서의 블루베리 초고압 추출물과 일반 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 비교하여 Table 3에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. Jeong 등(21)은 국내 시판 블루베리 항산화 활성 연구에서 80% 메탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성이 92.60%라고 보고하였다. 블루베리의 일반 열수추출물과 초고압 추출물에 대한 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하였다. 측정 결과 모든 시료의 농도가 증가할수록 소거 활성 또한 증가하였다. 항산화 활성도는 시료 농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수추출물보다는 초고압 열수추출물의 항산화도가 높게 측정되었다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측되며(19), 이러한 결과는 초고압 추출공정을 통해 블루베리 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성물질의 용출이 증가되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으로 기여하는 것으로 사료된다.

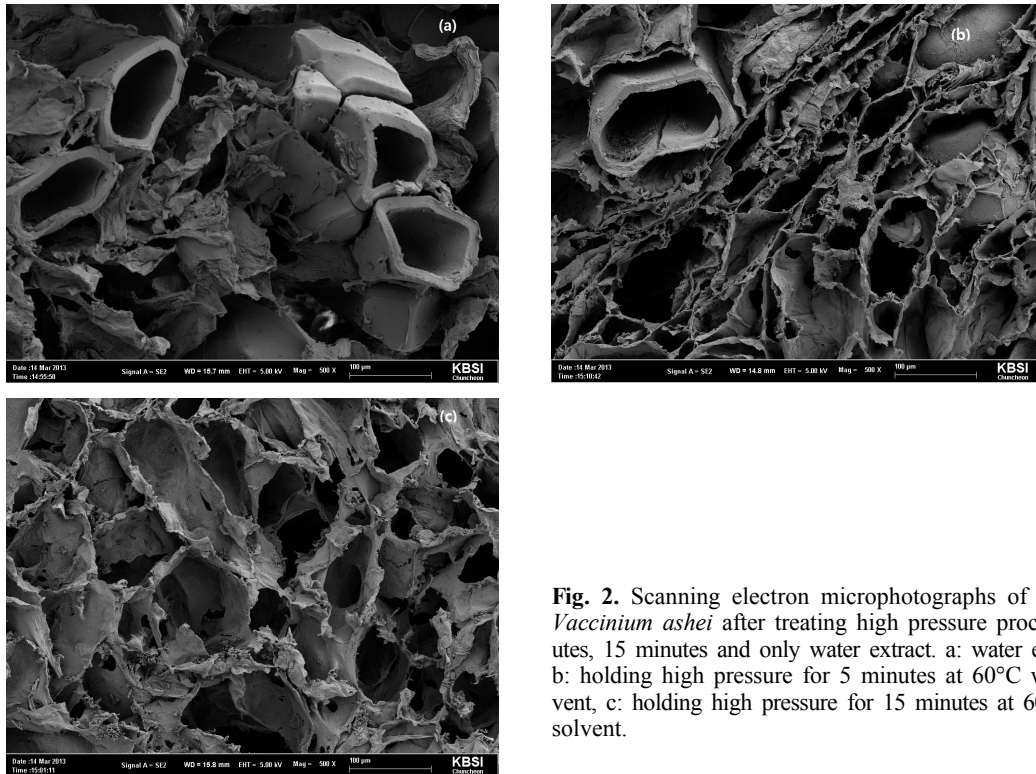
#### 환원력 측정

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(22).

블루베리 추출물의 환원력을 조사한 결과를 Table 4에 나타내었으며, 최종농도 1.0 µg/mL에서 일반추출물의 경우 0.16, 초고압 추출물의 경우 0.18, 0.21로, 일반 추출물보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이에 따라 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인할 수 있었다. 특히 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출수율 및 유용 생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이라도 대규모 공정으로 활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

#### SEM 관찰

추출공정에 따른 블루베리 시료의 주사전자현미경(SEM)을 통해 관찰한 추출공정에 따른 블루베리 시료의 조직은 Fig. 2에 나타내었다. 결과를 통해 일반 60°C 추출 시료의 조직(a)이 아직 크게 남아 있는 반면 초고압을 5분(b), 15분(c) 처리한 시료는 작은 절편으로 조각나 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 초고압 추출이 블루베리 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다.



**Fig. 2.** Scanning electron microphotographs of the surface of *Vaccinium ashei* after treating high pressure process for 5 minutes, 15 minutes and only water extract. a: water extract at 60°C, b: holding high pressure for 5 minutes at 60°C with water solvent, c: holding high pressure for 15 minutes at 60°C with water solvent.

## 요 약

본 연구에서는 초고압 추출공정을 이용하여 전통적인 기존 추출공정과 비교함으로써 초고압 추출공정에 의한 블루베리의 항산화 활성 증진을 확인하고자 연구를 수행하였다. 초고압 처리 추출물의 수율이 18.48, 19.89%로 높은 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정(12.36%)과 비교하여 약 1.6배의 높은 추출 수율을 나타내었다. 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. DPPH radical 소거 활성은 15분 초고압 처리한 추출물이 53.84%로 높은 활성을 나타내었으며, 환원력 역시 전체적으로 초고압 공정을 실시하였을 때의 활성이 높게 측정되었다. 추출공정에 따른 블루베리 시료의 주사전자현미경을 통해 초고압 추출이 블루베리 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 판단되며, 이를 통해 수율 및 활성성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다. 따라서 블루베리의 초고압 추출공정의 최적화를 통한 활성물질의 추출 극대화를 통해 높은 경제적 가치를 이룰 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원에서 지원하는 2012

년도 고부가가치 식품기술개발사업(112070-02-1-HD02)의 지원을 받아 수행된 연구결과로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Hur ES, Lee KH. 2001. Cardiovascular disease and natural antioxidants. *Hum Ecol* 5: 19-35.
- Diane LT. 1999. Antioxidant consumption and risk of coronary heart disease: Emphasis on vitamin C, vitamin E, and  $\beta$ -carotene. *Circulation* 99: 591-595.
- Macrae R, Robinson RK, Sadler MJ. 1993. *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*. Academic Press, San Diego, CA, USA. Vol 1, p 607-624.
- Ames BN. 1984. Dietary carcinogen and anti-carcinogens. *Clin Toxicol* 22: 291-301.
- Block G, Langseth L. 1984. Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technol* 7: 80-84.
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Lee HY. 2009. Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 396-400.
- Kromhout D. 1987. Essential micronutrients in relation to carcinogenesis. *Am J Clin Nutr* 45: 1361-1467.
- Kim CH, Kwon MC, Syed AQ, Hwang B, Nam JH, Lee HY. 2007. Toxicity reduction and improvement of anti-cancer activities from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor by ultra high pressure extracts process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15: 411-416.
- Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung HG, 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.

10. Bennett PB, Marquis RE, Demchenko I. 1998. High pressure biology and medicine. University of Rochester Press, New York, NY, USA. p 1-428.
11. Horie Y, Kimura K, Ida M, Yosida Y, Ohki K. 1991. Jam preparation by pressurization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 65: 975-980.
12. Kim CH, Kwon MC, Han JG, Na CS, Kwak HG, Choi GP, Park UY, Lee HY. 2008. Skin-whitening and UV-protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high pressure extraction process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 255-260.
13. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *JAOCs* 58: 966-967.
14. Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacology* 71: 109-114.
15. 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.
16. Lee HH, Lee SY. 2008. Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 79-85.
17. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
18. He XL, Kim SS, Park SJ, Seong DH, Yoon WB, Lee HY, Park DS, Ahn JH. 2010. Combined effects of probiotic fermentation and high-pressure extraction on the antioxidant, antimicrobial, and antimutagenic activities of Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *J Agric Food Chem* 58: 1719-1725.
19. Ling J, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Kwon MC, Ahn JH, Kim JC, Choi GP, Chung EK, Lee HY. 2008. Effect of immune activity on *Berberis koreana* Palibin by ultra high pressure low temperature process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 439-445.
20. Park HM, Yang SJ, Kang EJ, Lee DH, Kim DI, Hong JH. 2012. Quality characteristics and granule manufacture of mulberry and blueberry fruit extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 28: 375-382.
21. Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. 2008. Analysis of nutritional compositions and antioxidatives of Korean commercial blueberry and raspberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1375-1381.
22. Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD. 2003. Chemical composition and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 733-738.