Food Engineering Progress
Vol. 16, No. 4. pp. 340~346 (2012.11)

산업식품공학
Food Engineering Progress

복분자 식초의 품질특성과 항산화활성

박송이 · 채규서 · 손락호 · 정지혜 · 임영례[1] · 권지웅*
(재)고창복분자연구소, [1]신토복분자 영농조합법인

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Bokbunja (Black Raspberry) Vinegars

Songyie Park, Kyu-Seo Chae, Rak-Ho Son, Jihye Jung, Young-rae Im[1], and Ji-Wung Kwon*

Gochang Black Raspberry Research Institute
[1]Sintobokbunja agricultural association corporation

Abstract

This study was performed to investigate the physicochemical properties and antioxidant activity of bokbunja (Black raspberry) vinegar by two step fermentation. The bokbunja vinegar was contained the highest amount of acetic acid (4,641.59 mg%) followed by citric acid (1,241.05 mg%) among the major organic acids in the vinegar. The total polyphenol and flavonoid contents in bokbunja vinegar were 38.0 mg/g and 17.8 mg/g, respectively. The ellagic acid and gallic acid contents in bokbunja vinegar were 1,127.43 μg/g and 962.44 μg/g, respectively. At concentration of 500 μg/mL bokbunja vinegar, the DPPH radical scavenging activity and reducing power were 60.3% and 0.50, respectively.

Key words: bokbunja, vinegars, quality characteristics, antioxidant activity

서 론

식초는 동서양을 막론하고 오랜 기간 동안 이용되어온 전통 발효식품으로 소량의 휘발성 및 비휘발성 유기산, 당류, ester 등을 함유하여 독특한 방향과 신맛을 가진다(Kwon et al., 2000; Joo et al., 2009). 식초의 제조는 당분 원료액에 효모균을 접종하여 알코올 발효를 유도하고 생성된 발효액의 알코올 함량과 산도를 조절한 후 초산균을 접종하여 초산 발효를 시키는 2 단 발효 과정을 통해 제조한다(Jeong et al., 1996; Park et al., 1999; Seo et al., 2001; Lee et al., 2003).

식초에는 초산을 비롯하여 25 여종의 유기산, 20 여종의 아미노산, 20 여종의 ester 및 각종 영양물질이 함유되어 있어(Kim & Choi, 2005) 소화액의 분비 촉진, 피로회복, 당뇨병, 비만방지, 혈압상승방지, 노화방지, 항종양효과 등 기능성이 주목 받고 있으며(Lee & Kim, 1998; Vogel et al., 2000), 동맥경화, 고혈압, 심장병 등 성인병을 예방하고, 살균 작용 등 다양한 효능이 밝혀지면서 조미료로서 뿐만 아니라 건강음료로서도 다양하게 활용되고 있다.

복분자딸기의 영양성분으로는 무기질의 인과 철, 칼륨이 많이 함유되어 있고 특히 유기산과 비타민 C가 많이 포함되어 있으며, phenol 화합물로 kaempferol, quercertin 등이 함유되어 있다고 보고되어 있다(Lee, 1995). 또한 복분자의 생리활성에 대한 연구는 복분자에서 분리한 탄닌의 항산화활성(Kim et al., 2000), 페놀화합물에 의한 효소적 지질과산화 억제활성(Yoon et al., 2002), 진통항염작용(Choi et al., 2003), 위염과 류마티즘 관절염에 대한 항염증효과(Nam et al., 2006), 복분자 추출물에 의한 내피세포 유래 NO합성효소의 활성과 발현 증가(Yoon et al., 2011), 여드름 원인균에 대한 복분자 과육과 종자 추출물의 항균 활성(Lee et al., 2011)등이 보고되어 있다. 이러한 다양한 생리활성을 갖는 복분자는 많은 가공개발에 대한 연구가 진행되고 있지만, 복분자 식초에 대한 연구는 매우 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 생리활성이 뛰어난 복분자를 이용하여 식초를 제조하고, 이화학적 특성 및 항산화활성을 알아보고자 하였다.

*Corresponding author: Ji Wung Kwon, 558 Bokbunjaro, Buanmyun, Gochanggun, Jeollabukdo, 585-943, Korea
Tel: +82-63-560-5190; Fax: +82-63-563-6680
E-mail: kjwung@hanmail.net
Received September 4, 2012; revised October 22, 2012; accepted October 24, 2012

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에 사용된 복분자(Black Raspberry)는 선운산 농협에서 구입하여 냉동 보관하면서 사용하였다. 알코올 발효에 사용된 효모(*Sacchaomyces cerevisiae*)는 Fermivin (Fredericia, Denmark)을 (주)비전바이오켐에서 구입하여 사용하였고, 초산 발효를 위한 초산균은 농촌진흥청에서 *Acetobacter pasteurianus*를 분양 받아 사용하였으며 시판 식초와 설탕은 시중에서 판매되는 제품을 구입하여 사용하였다. 초산균 배양을 위한 배지 제조 시 사용된 yeast extract, peptone, agar는 BD Difco(Becton, Dickinson & Co., Paris, France)에서, 이를 제외한 모든 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich(St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

사용 균주 및 배지

초산균 배양을 위한 액체 배지 조성은 glucose 0.5%, yeast extract 0.5%, glycerin 1.0%, $MgSO_4 7H_2O$ 0.02%, ethanol 5.0%, acetic acid 1.0%이었으며, 초산균 고체 배양용 배지의 조성은 glucose 3.0%, yeast extract 0.5%, peptone 0.5%, agar 2.0%을 멸균한 후 ethanol 3.0%, $CaCO_3$ 1.0%를 첨가하였으며, 배양 온도는 30°C이었다.

식초 제조

복분자는 설탕으로 초기 당도가 24 brix가 되도록 조정한 후 *Sacchaomyces cerevisiae*를 접종하여 25°C에서 10 일간 알코올 발효시킨 후 여과한 여액을 초산발효기질로 사용하였으며, 초산 발효는 발효조에 알코올 발효액(알코올 함량 6%로 희석)을 넣고 초산균주 *Acetobacter pasteurianus*를 10%(v/v) 접종한 후 100 ×g으로 교반하면서 30°C에서 15 일간 발효시켜 복분자 식초를 제조하였다.

당도, 알코올 함량, 산도 측정

당도는 시료를 1 g 취하여 당도계(Brix 0 to 32%, Hand held refractometer N-1a, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 알코올 함량은 알코올 발효액을 24,000 ×g에서 15분간 원심분리 하여 균체를 제거한 후 상징액을 Alcolyzer Wine(Anton Paar, Canberra, Austria)를 이용하여 측정하였다. 또한 총산도는 AOAC법에 의하여 10 mL시료를 중화시키는데 필요로 하는 0.1 N-NaOH의 mL수를 적정산도로 하였다.

유기산 함량

유기산은 시료를 0.45 μm membrane filter(Whatman, Dassel, Germany)로 여과하여 Ion Chromatograph(Model: Dionex-500, San Francisco, USA)로 분석하였다. 분석 column은 ICE-AS6(9×250 mm), ICE-AS6(9×250 mm)는 anion-ICE micro membrane suppressor, mobile phase는 0.4 mM heptafluorobutyric acid, regenarant는 5 mN tetra butyl ammonium hydroxide, flow rate는 1 mL/min, injection volume은 20 μL로 하여 electro conductivity detector로 분석하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Amerine & Ough, 1980)으로 측정 하였다. 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초를 농축한 후 동결건조한 시료 1 mg/mL에 Folin-Ciocalteu 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 10% Na_2CO_3 용액 (w/v) 1 mL를 넣어 진탕한 후 실온에서 1 시간 동안 방치하여 760 nm에서 비색정량 하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Davis 변법(Chang et al., 2002)을 이용하여 측정하였다. 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초를 농축한 후 동결건조한 시료 1 mg/mL에 diethylene glycol 2 mL, 1 N-NaOH 0.02 mL를 가한 다음 37°C 항온수조에서 1 시간 동안 방치한 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

페놀화합물 분석

페놀화합물을 분석하기 위해 복분자 착즙액과 식초를 농축한 후 동결건조 하여 용매에 녹인 후 0.45 μm syringe filter(Pall Life Sciences, Ann Arbor, MI, USA)로 여과하여 Table 1, 2의 조건으로 분석하였다. 표준물질로서 ellagic acid, caffeic acid, ferulic acid, gallic acid, ρ-coumaric acid를 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

각 시료의 항산화활성 측정은 항산화물질의 가장 특징적인 역할인 oxidative free radical 반응을 이용하여 환원성 물질의 분석 시약인 DPPH(α,α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl)

Table 1. HPLC conditions.

HPLC model	Agilent 1100 series	
Column	OP C_{18} (250×4.6 mm)	
Column Temperature	25°C	
Flow rate	1.0 mL/min	
Injection	50 μL	
Wavelength	320 nm	caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid
	280 nm	gallic acid
	260 nm	ellagic acid
Mobile phase	A : 0.2 M ortho-phosphoric acid, pH 1.57 B : 20% 50 mM ammonium dihydrogen phosphate, pH 2.6 in 80% acetonitrile	

Table 2. HPLC solvent conditions.

Gradient step	Time (min)	A (%)	B (%)
1	0.0	95.0	5.0
2	10.0	80.0	20.0
3	15.0	70.0	30.0
4	20.0	60.0	40.0
5	25.0	10.0	90.0
6	30.0	10.0	90.0
7	32.0	95.0	5.0
8	40.0	95.0	5.0

를 이용한 방법(Choi et al., 1993)에 따라 진행되었다. 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초를 농축한 후 동결건조하여 300, 500 μg/mL의 농도로 조제한 시료에 2×10^{-4} M DPPH용액 1 mL를 가하고 vortex mixer로 교반하여 실온에서 30분간 반응 시킨 후 517 nm에서 비색정량 하였다. DPPH 라디칼 소거능(%)은 아래의 식에 의해 산출하였으며, 양성대조구로는 BHA(butylated hydroxyanisole)를 사용하였다.

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

환원력(Reducing power)

환원력은 Oyaizu의 방법(Oyaizu, 1986)을 이용하여 측정하였다. 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초를 농축한 후 동결건조하여 300, 500 μg/mL의 농도로 조제한 시료에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL과 1% $K_2Fe(CN)_6$ 2.5 mL를 첨가하고, water bath(50°C)에서 20 분 동안 반응시켰다. 반응액에 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하여 원심분리(3000 ×g, 5 분)한 후 상등액 2.5 mL를 취하였다. 상등액에 증류수 2.5 mL와 0.1% $FeCl_3$ 0.5 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 양성대조구로는 BHA를 사용하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 결과 값은 SPSS 11.5(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 통계처리를 하였으며, T 검정과 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)에 의해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

복분자 식초의 특성 변화

복분자를 이용한 식초 제조 과정에서 알코올 발효 과정 중 당도와 알코올 함량의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. 알코올 발효가 진행됨에 따라 발효 4 일째 당도는

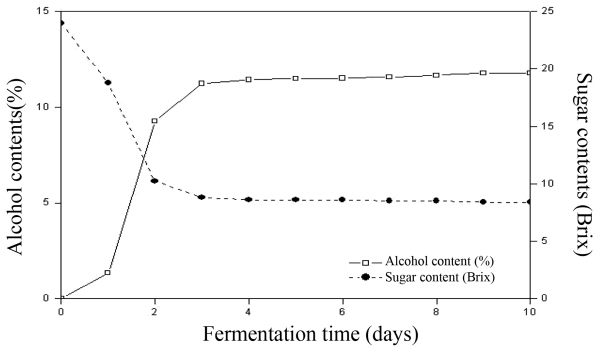

Fig. 1. Changes in Sugar and ethanol concentration during alcohol fermentation at 25°C for 10 days. Each value represents the mean (n=3).

발효 초기에 24.00±0.15 Brix이었으나 발효가 시작되면서 급격하게 감소하여 8.6±0.13 Brix이었으며, 알코올 함량은 당소모와 비례적으로 급격하게 증가하여 11.44±0.02%로 나타났으나 이후 완만하게 발효가 진행되어 발효 10일째에 당도는 8.40±0.05 Brix, 알코올 함량은 11.78±0.03%로 나타났다. Choi et al.(2005)는 복분자주를 제조하기 위해 초기 당도를 24 Brix로 보당하여 알코올 발효를 실시한 결과 당도는 8~9 Brix, 알코올 함량은 10-11%로 나타나 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 알코올 발효 시 효모는 당을 영양원이나 발효 기질로 사용하여 알코올을 생성하므로(Han et al., 1997; So et al., 1999) 발효 후기의 당도는 감소하였으며 알코올 함량은 증가되었을 것으로 사료된다.

초산 발효 과정 중 알코올 함량과 산도의 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같았다. 초산발효 과정에서 알코올 함량은 발효 초기에 6.00±0.12%이었으며 발효가 진행됨에 따라 점차 감소하여 발효 종료 후 0.16±0.03%로 나타났고, 산도는 발효 초기에 1.41±1.13%이었으며 발효가 진행됨에 따라 점차 증가하여 발효 종료 후 6.07±0.11%로 나타났다. 초산발효 과정 중 초산균이 알코올을 영양원이나 발효 기질로 사용하여 초산을 포함한 유기산을 생성시켜 산도가 증가한 것

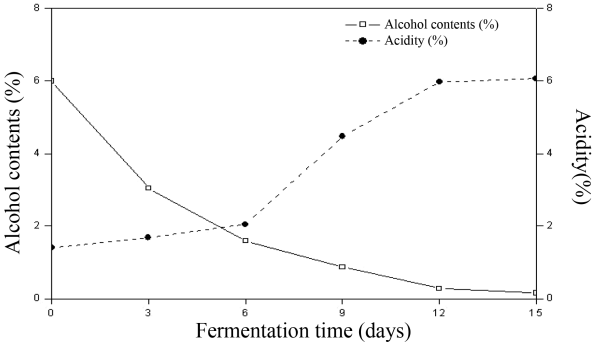

Fig. 2. Changes in alcohol concentration and acidity during acetic acid fermentation at 30°C for 15 days. Each value represents the mean (n=3).

Table 3. Contents of orgarnic acid in bokbunja juice and vinegar.

Organic acid	Acetic acid	Citric acid	Malic acid	Lactic acid	Succinic acid
Juice (mg%)	57.53±6.34[1)]	441.86±7.92	85.43±2.41	ND[2)]	7.00±3.99
Vinegar (mg%)	4,641.59±9.11	1,241.05±6.64	190.04±4.56	ND	134.64±5.67
Significant	***[3)]	***	***		***

[1)]Each value represents the mean±SD (n=3).
[2)]ND : not detected
[3)]*** Significant at $p = 0.001$

으로 사료되었다.

복분자 식초의 유기산 함량

유기산은 식초의 산미와 지미에 영향을 주어 식초 품질에 중요한 영향을 미친다(Furukawa & Udea, 1963). 특히 식초의 양조과정 중 초산균의 작용에 의해 생성되는 acetic acid는 식초의 주성분으로 발효 공정 관리의 지침이 된다(Moon et al., 1997). 착즙액과 복분자 식초의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 유기산 함량은 착즙액에서 citric acid, malic acid, acetic acid, succinic acid 순으로 나타났으며, 복분자 식초에서 acetic acid가 4,641.59 mg%로 가장 높은 함량을 보였고, citric acid는 1,241.05 mg%의 함량을 보였다. 이 결과는 포도 식초에 함유된 유기산 중 acetic acid 함량이 가장 높다는 연구결과(Jeong et al., 1998)와 동일하게 복분자 식초에서도 acetic acid 함량이 가장 높은 것을 확인하였다.

총 폴리페놀 함량

폴리페놀성 물질은 식물계에 널리 분포되어 있는 2 차 대사산물중의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이들은 phenolic hydroxy기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하는 성질을 나타내며, 항산화 효과 등의 생리활성 기능을 가진다는 보고가 있다(Fine, 2000).

복분자 착즙액, 복분자 식초 및 시판 식초의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 총 폴리페놀 함량은 제조한 복분자 식초가 38.01 mg/g으로 착즙액 26.30 mg/g, 시판식초 8.82-19.54 mg/g보다 높은 함량을 보였다. 복분자 식초의 총 폴리페놀의 함량이 착즙액 보다 높은 이유는 복분자 과피, 과육, 종자의 유효 성분이 발효과정에서 더 많이 추출된 것으로 사료되었다. 또한 Chung et al.(2010)은 상황버섯, 차가버섯, 느타리버섯 발효 식초가 물 추출물 보다 폴리페놀의 함량이 높다고 보고하여 복분자 식초의 폴리페놀 함량이 높은 결과와 유사하였다.

총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, cathechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 식물에 다량 존재하는 플라보노이드는 항산화작용, 순화기 질환 예방, 항염, 항알러지, 항균, 항바이러스, 면역증강 등 다양한

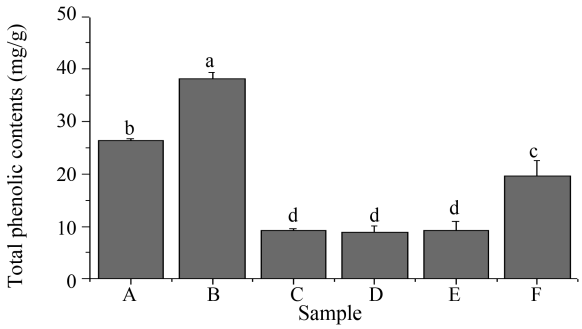

Fig. 3. Total phenolics contents of bokbunja juice, bokbunja vinegar and commercial vinegars. A: Bokbunja juice B: Bokbunja vinegar, C: Commercial pomegranate vinegar, D: Commercial bokbunja vinegar, E: Commercial blueberry vinegar, F: Commercial brown rice vinegar. Each value represents the mean±SD (n=3). Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

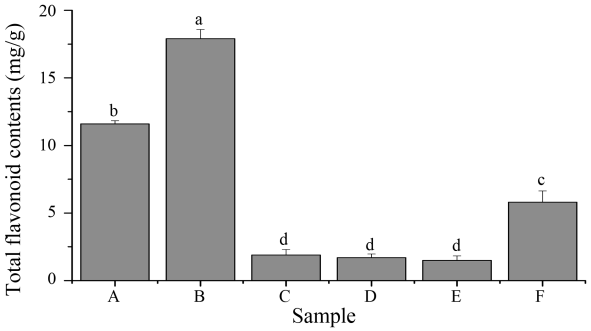

Fig. 4. Total flavonoid contents of bokbunja juice, bokbunja vinegar and commercial vinegars. A: Bokbunja juice B: Bokbunja vinegar, C: Commercial pomegranate vinegar, D: Commercial bokbunja vinegar, E: Commercial blueberry vinegar, F: Commercial brown rice vinegar. Each value represents the mean±SD (n=3). Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

기능성 생리활성 효과를 보인다고 보고하였다(Nakagawa & Amano, 1974; Middleton et al., 1994; Kawaguchi et al., 1997). 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초의 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 제조한 복분자 식초의 총 플라보노이드 함량은 17.91 mg/g으로 착즙액(11.62 mg/g)과 시판 식초(시판 현미 식초: 5.80 mg/g, 시판 석류 식초: 1.90 mg/g, 시판 복분자 식초: 1.71 mg/g, 시판 블

Table 4. Phenolic compounds contents of bokbunja juice and vinegar.

Compound	Ellagic acid	Caffeic acid	Ferulic acid	Gallic acid	ρ-Coumaric acid
Juice (μg/g)	93.60±2.40[1)]	7.61±0.73	7.43±0.41	146.2±1.89	19.68±0.52
Vinegar (μg/g)	1,127.43±1.04	15.05±0.32	7.84±0.41	962.44±0.95	21.81±0.43
Significant	***[2)]	***	NS	***	**

[1)]Each value represents the mean±SD (n=3).
[2)]NS, **, *** Nonsignificant or significant at p=0.01, 0.001, respectively

루베리 식초: 1.52 mg/g)보다 더 높은 함량을 나타내어 총 플라보노이드 함량 또한 총 폴리페놀과 같은 경향을 보였다.

페놀화합물 분석

복분자 착즙액과 복분자 식초의 페놀화합물을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 복분자 식초의 ellagic acid 함량이 1,127.43 μg/g으로 가장 높았으며, 착즙액은 93.60 μg/g이었다. 또한 gallic acid의 함량은 착즙액과 복분자 식초가 각각 146.27, 962.44 μg/g으로 복분자 식초가 높은 함량을 보였다. Caffeic acid, ferulic acid, ρ-coumaric acid의 함량도 착즙액 보다 복분자 식초의 함량이 높았는데, 이는 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량과 같은 경향으로 복분자 과피, 과육, 종자에 함유되어 있는 페놀화합물이 발효과정에서 더 많이 추출된 것으로 사료된다.

항산화활성 측정

DPPH는 아스코르빈산 및 토코페롤, polyhydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류에 의해 전자나 수소를 받아 불가역적으로 안정한 분자를 형성하여 환원되어짐에 따라 짙은 자색이 탈색되어지는 원리를 이용하여 다양한 천연소재로부터 항산화 물질을 탐색하기 위해 많이 이용되고 있다(Jeong et al., 2009). 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 복분자 식초의 DPPH 라디칼 소거활성은 300, 500 μg/mL 농도에서 각각 38.80%, 60.31%이었으며, 착즙액은 25.63-40.79%이었고, 시판 식초는 2.73-20.36%로 복분자 식초가 착즙액과 시판 식초보다 DPPH 라디칼 소거활성이 높아 항산화 활성이 우수한 것으로 사료되었다.

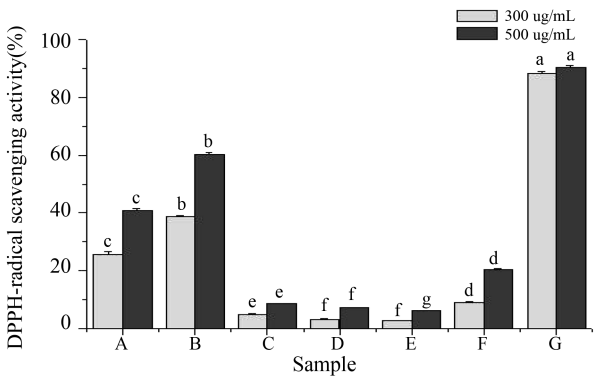

Fig. 5. DPPH-radical scavenging activity of bokbunja juice, bokbunja vinegar and commercial vinegars. A: Bokbunja juice B: Bokbunja vinegar, C: Commercial pomegranate vinegar, D: Commercial bokbunja vinegar, E: Commercial blueberry vinegar, F: Commercial brown rice vinegar, G: BHA. Each value represents the mean±SD (n=3). Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

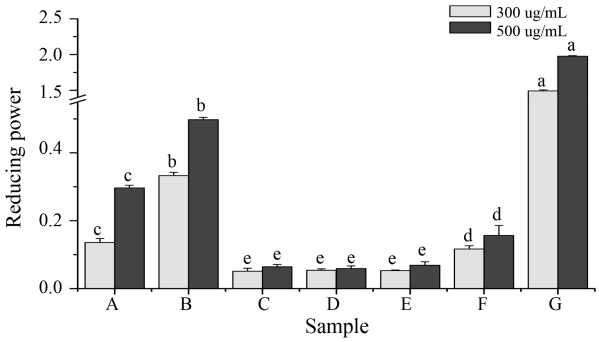

Fig. 6. Reducing power of bokbunja juice, bokbunja vinegar and commercial vinegars. A: Bokbunja juice B: Bokbunja vinegar, C: Commercial pomegranate vinegar, D: Commercial bokbunja vinegar, E: Commercial blueberry vinegar, F: Commercial brown rice vinegar, G: BHA. Each value represents the mean±SD (n=3). Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

환원력에서의 흡광도 수치는 그 자체가 그 시료의 환원력을 나타내며, 높은 환원력을 가지는 물질은 흡광도의 수치가 높게 나타난다(Shinde et al., 2008). 또한 환원력은 시료가 항산화제로서 사용될 수 있음을 나타내는 지표이기도 하다(Baron, 1998). 복분자 착즙액, 복분자 식초, 시판 식초의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 6과 같았다. 환원력은 300 μg/mL 농도에서 복분자 식초가 0.33, 착즙액이 0.14이었으며, 500 μg/mL 농도에서 복분자 식초가 0.50, 착즙액이 0.30으로 복분자 식초가 착즙액보다 환원력이 우수한 것으로 사료되었다. 양성 대조구로 사용된 BHA는 300 μg/mL 농도에서 1.49, 500 μg/mL 농도에서 1.98을 나타내었고, 시판 식초는 0.05-0.16의 환원력을 보였다.

DPPH 라디칼 소거활성과 환원력을 분석한 결과 복분자 식초에서 항산화 활성, 폴리페놀, 플라보노이드 등의 항산화성분이 높게 나타나는 것으로 보아 식초의 항산화 활성에 중요한 물질은 폴리페놀, 플라보노이드 성분으로 사료

되었으며, Kim et al.(2009)도 참외 추출물의 항산화 활성이 페놀과 플라보노이드 함량과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다.

요 약

본 연구에서는 2 단계 발효를 통해 복분자 식초를 제조한 후 이에 대한 이화학적 성분 및 항산화 활성을 측정하였다. 복분자 식초의 알코올 발효 종료 후 알코올 함량은 11.78±0.03%이었고, 당도는 8.40±0.05 Brix이었으며, 초산발효 종료 후 알코올 함량은 0.16±0.03%이었고, 산도는 6.07±0.11%이었다. 복분자 식초의 주요 유기산은 acetic acid(4,641.59 mg%)와 citric acid(1,241.05 mg%)이었고, 복분자 식초의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량은 각각 38.01 mg/g, 17.91 mg/g이었다. 페놀화합물 중 ellagic acid 함량이 1,127.43 μg/g으로 가장 많았으며, gallic acid의 함량은 962.44 μg/g을 보였다. 복분자 식초의 DPPH 라디칼 소거 활성과 환원력은 500 μg/mL 농도에서 각각 60.3%, 0.50이었다.

감사의 글

본 연구는 2012년 헬스케어 산업화 지원사업과 고창복분자연구소 건립사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for analysis of musts and win. Wiley and Sons, New York. pp. 176-180.

Baron AD. 1998. Postprandial hyperglycemia and α-glucosidase inhibitors. Diabetes Res. Clin. Pract. 40: 51-55.

Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chen JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10: 178-182.

Choi JS, Park JH, Kim HG, Young HS, Mun SI. 1993. Screening for antioxidant activitiy of plants and marine algae and its active principles from *Prunus daviana*. Korean. J. Pharmacol. 24: 299-303.

Choi JW, Lee KT, Ha JH, Yun SY, Ko CD, Jung HJ, Park HJ. 2003. Antinociceptive and antiinflammatory effects of nigaichigoside F1 and 23-hydroxytormentic acid obtained from *Rubus coreanus*. Biol. Pharm. Bull. 26: 1436-1441.

Choi HS, Kim MK, Park HS, Shin DH. 2005. Changes in Physicochemical Characteristics of Bokbunja (*Rubus coreanus Miq*.) Wine during Fermentation. Korean. J. Food Sci. Technol. 37: 574-578.

Chung BH, Seo HS, Kim HS, Woo HS, Cho YG. 2010. Antioxidant and anticancer effects of fermentation vinegars with *Phellinus linteus*, *Inonotus obliquus*, and *Pleurotus ostreatus.* Korean. J. Med. Crop Sci. 18: 113-117.

Fine AM. 2000. Oligomeric proanthocyanidin complexs: History, structure, and phytopharmaceutical application. Altern. Med. Rev. 5: 114-151.

Furukawa S, Udea R. 1963. Studies on non-volatile organic acid in vinegar contents of non-volatile organic acid in commercial vinegars. J. Ferment. Technol. 41: 14-19.

Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997. Quality characteristics in mash of takju prepared by using different nuruk during fermentation. Korean. J. Food Sci. Technol. 29: 555-562.

Jeong HS, Han JG, Ha JH, Kim Y, Oh SH, Kim SS, Jeong MH, Choi GP, Park UY, Lee HY. 2009. Antioxidant activities and skin-whitening effects of nano-encapsuled water extract from *Rubus coreanus* Miquel. Korean. J. Med. Crop Sci. 17: 83-89.

Jeong YJ, Lee MH, Seo KI, Kim JN, Lee YS. 1998. The Quality comparison of grape vinegar by two stages fermentation with traditional grape vinegar. J. East Asian Soc. dietary life. 8: 462-468.

Jeong YJ, Shin SR, Kang MJ, Seo CH, Won CY, Kim KS. 1996. Preparation and quality evaluation of the quick fermented persimmon vinegar using deteriorated sweet persimmon. J. East Asian Soc. Dietary Life. 6: 221-227.

Joo KH, Cho MH, Park KJ, Jeong SW, Lim JH. 2009. Effects of fermentation method and brown rice content on quality characteristics of brown rice vinegar. Korean. J. Food Preserv. 16: 33-39.

Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipase from porcine pancreas and pseudomonas. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61: 102-104.

Kim HS, Hong MJ, Kang IY, Jung JY, Kim HK, Shin YS, Jun HJ, Suh JK, Kang YH. 2009. Radical scavenging activities and antioxidant constituents of oriental melon extract. J. Bio-Enironment Control. 18: 442-447.

Kim KH, Lee YA, Kim JS, Lee DI, Choi YW, Kim HH, Lee MW. 2000. Antoxidative activity of tannins from *Rubus coreanum*. Yakhak Hoechi. 44: 354-357.

Kim ML, Choi KH. 2005. Sensory characteristics of citrus vinegar fermented by *Gluconacetobacter hansenii* CV1. Korean. J. Food Cookery Sci. 21: 243-249.

Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ. 2000. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverages including vinegar. Food Ind. Nutr. 5: 18-24.

Lee KI, Kim SM, Kim SM, Pyo BS. 2011. Comparison of fatty acids and antibacterial activity against pathogen of acne in different parts ripened black raspberry (*Rubus coreanus* Miquel). J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr. 40: 466-469.

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. Med. Crop Sci. 11: 5-12.

Lee MW. 1995. Phenolic compounds from the leaves of *Rubus coreanum*. Yakhak Hoeji. 39: 200-204.

Lee WJ, Kim SS. 1998. Preparation of Sikhe with brown rice. Korean. J. Food Sci. Technol. 30: 146-150.

Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48: 115-119.

Moon SY, Chung HC, Yoon HN. 1997. Comparative analysis of commercial vinegars in physiochemical properties, minor components and organoleptic tastes. Korean. J. Food Sci. Technol. 29: 663-670.

Nakagawa M, Amano I. 1974. Evaluation method of green tea grade by nitrogen analysis. J. of Japanese Food Sci. and Technol. 21: 57-63.

Nam JH. Jung HJ, Choi JW, Lee KT, Park HJ. 2006. The anti-gastropathic and anti-rheumatic effect of niga-ichigoside F1 and 23-hydroxytormentic acid isolated from the unripe fruits *Rubus coreanus* in a rat model. Biol Pharm Bull. 29: 967-970.

Oyaizu M. 1986. Studies on products of the browning reaction. Antioxidative activities of browning reaction products prepared from glucosamine. Japanese J. of Nutr. 44: 307-315.

Park YK, Jung ST, Kang SG, Park IB, Cheun KS, Kang SK. 1999. Production of a vinegar from onion. Korean. J. Appl Microbiol Biotechnol. 27: 75-79.

Seo JH, Lee GD, Jeong YJ. 2001. Optimization of the vinegar fermentation using concentrated apple juice. J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr. 30: 460-465.

Shinde J, Taldone T, Barletta M, Kunaparaju N, Hu B, Kumar S, Placido J, William ZS. 2008. α-Glucosidase inhibitory activity of Syaygium cumini (Linn.) Skeels seed kernel in vitro and in Goto-Kakizaki (GK) rats. Carbohyd Res. 343: 1278-1281.

So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Change in microorganisms and main components during takju brewing by modified nuruk. Korean. J. Food Nutr. 12: 226-232.

Vogel RA, Corretti MC, Plotnick GD. 2000. The postprandial effect of components of the mediterranean diet on endothelial function. J. Am Coll Cardiol. 26: 1455-1460.

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.

Yair M. 1997. Concepts in wine chemistry: The wine appreciation guild Ltd, San Francisco, USA, pp. 20-27.

Yoon HJ, Park SY, Oh ST, Lee KY, Yang SY. 2011. Extract of *Rubus coreanus* fruits increased expression and activity of endothelial nitric oxide synthase in the human umbilical vein endothelial cells. J. Life Sci. 21: 44-55.