pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 36. No. 1, 025~032 (2023)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2023.36.1.025

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

베리류를 첨가한 ABC 건강주스의 항산화 활성 및 이화학적 품질 특성

정 엽 · 박시현 · 박소영 · 염은선 · 김선영 · †송효남*
세명대학교 바이오식품영양학부 학부생, *세명대학교 바이오식품영양학부 교수

Antioxidant Activity and Physicochemical Properties of ABC Healthy Juice Replaced with Berry Fruits

Yeop Jung, Si Hyun Park, So Young Park, Eun Sun Yeom, Seon Young Kim and †Hyo-Nam Song*
Undergraduate Student, Dept. of BioFood and Nutrition, Semyung University, Jecheon 27136, Korea
**Professor, Dept. of BioFood and Nutrition, Semyung University, Jecheon 27136, Korea*

Abstract

To increase antioxidant activity and physicochemical quality characteristics, four kinds of berries (blueberry (BEB), blackberry (BKB), cranberry (CNB), raspberry (RSB)) with antioxidant activities were used to replace beet (B) in existing ABC juice. In the experimental group, the pH was decreased while the content of soluble solids was increased significantly. Total polyphenol content was significantly increased in all experimental groups compared to that in the control group. The control group had the lowest polyphenol content at 14.723 μg GAE/g, whereas the blackberry replacement group had the highest polyphenol content at 67.12 μg GAE/g. The total flavonoid content was the lowest in the control group at 8.98 μg QE/g but the highest in the blackberry group at 50.47 μg QE/g. All experimental groups showed significantly higher antioxidant activities than the control group. DPPH & ABTS radical scavenging activities were the lowest in the control group at 15.69% and 19.55%, respectively, but the highest in the blackberry group at 48.24% and 59.43%, respectively. SOD-like activity was also the lowest in the control group at 14.12%, but the highest in the blackberry group at 48.18%. When comparing experimental groups, antioxidant activities (DPPH, ABTS, SOD) and antioxidant components (total polyphenols and total flavonoids) were in the order of BKB > CNB > RSB > BEB > Control. In conclusion, the new ABC juice containing four types of berries is enriched in antioxidants with significantly improved antioxidant activities and physicochemical quality characteristics.

Key words: antioxidant activity, DPPH, ABTS, total polyphenol contents, ABC juice

서 론

ABC주스란 사과, 비트, 당근 등 3종을 주재료로 하여 제조한 과채음료를 말하며 각 재료의 앞 글자(Apple, Beet, Carrot)를 따서 ABC주스라 일컫고 있다. 최근 『식품음료신문』에 따르면 건강정보 TV 프로그램 등에서 다이어트, 해독작용 등의 효능 · 효과를 홍보하고 있어 여성을 중심으로 선풍적인 인기를 끌고 있는 것으로 알려져 있다. 현재 시중에 판매되고 있는 ABC 주스의 표준화된 배합 비율은 사과 40%, 비트 20%, 당근 40%이다. 사과, 비트, 당근은 각종 비타민을 비롯해 식이섬유, 폴리페놀, 철분, 베타인 등 여러 영양소를 풍부하게 함유하고 있어 ABC주스만 섭취해도 다양한 영양 성분들을 고루 섭취할 수 있다. 또한 디톡스 효과가 있어 '해독주스'라 불리기도 하며 혈당강하 효과와 함께 매일 아침 공복에 섭취할 경우 내장지방 감소효과가 있어 다이어트를 하는 소비자들에게 각광을 받고 있다고 한다.

한편, 시판중인 사과주스는 비타민 C의 함량이 0.74~1.22 g/L 범위로 나타났고, 산도는 0.299~0.556 범위였다(Hwang

† Corresponding author: Hyo-Nam Song, Professor, Dept. of BioFood and Nutrition, Semyung University, Jecheon 27136, Korea. Tel: +82-43-649-1430, Fax: +82-43-649-1759, E-mail: hnsong@semyung.ac.kr

등 2011). HPLC로 폴리페놀화합물의 성분을 분석한 결과 5-hydroxymethyl furfural(5-HMF), chlorogenic acid, caffeic acid, (−)-epicatechin, quercitrin, phloridzin 등 9개의 페놀산과 플라보노이드와 같은 폴리페놀 화합물이 분리된 것으로 보고되어 있다(Hwang 등 2011). 전반적으로 chlorogenic acid와 (−)-epicatechin의 함량이 각각 8.45~279.90 mg/L, 74.47~523.24 mg/L로 가장 높았으며, 각 페놀화합물의 조성은 모든 제품에서 유사한 경향을 나타낸 것으로 보고되었다(Hwang 등 2011).

레드비트는 나이아신, 지질, 철, 비타민 A, 인, 엽산, 레티놀 등과 같은 천연의 미네랄과 비타민이 다량 함유되어 있고, 철분과 엽산이 풍부하여 적혈구 세포를 생성함과 동시에 활성화시키는 역할을 한다고 보고되어 있다(Kim 등 2010). 또한 페놀성 화합물과 관련한 연구에서 레드비트 에탄올 추출물은 1.55 g/100 g of dry weight, 물 추출물은 1.23 g/100 g of dry weight로 나타났으며 DPPH 라디칼 소거활성 또한 53% 이상의 활성을 보인 것으로 보고 되어있다(Lee & Chin 2012).

당근은 식이섬유와 비타민, 카로티노이드, 미네랄 등의 생리활성 물질을 다량 함유하고 있으며, 등황색 색소이자 비타민 A의 전구체인 β-carotene을 다량 함유하고 있다. 또한 항산화 효과, 성인병 예방, 항암작용 등에 높은 효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다(Sharma 등 2012).

그러나, 이와 같은 ABC주스에 대한 대중의 인기와 달리 과학적이고도 체계적인 선행연구는 전무한 형편이며, 따라서 검증되지 않은 과장된 효능을 광고하며 소비자를 기만할 우려가 크다. 이에 따라 본 연구에서는 ABC주스의 기능성을 검증하기 위하여 항산화 활성을 면밀히 분석한 과학적인 기초 데이터를 구축하고 더 나아가 ABC주스와 동음이의어로 불릴 수 있으면서도 다른 과채류를 대체한 조합으로 확장된 개념의 ABC주스를 개발하고자 하였다. 즉, 원래의 Apple + Beet + Carrot 대신 Apple + Berry + Carrot과 같이 베리류를 대체한 새로운 ABC주스를 개발하여 그 기능성과 품질특성을 분석하였다. 비트 대신에 사용한 베리류 중 블루베리 및 크랜베리는 항산화, 항당뇨 및 항암 효과 등 다양한 생리활성을 지니고 있는 것으로 잘 알려져 있다(Martineau 등 2006; Seeram 등 2006; Su & Silva 2006; Jeong 등 2008). 이러한 생리활성에 기여하는 성분으로는 베리류의 폴리페놀 화합물 외에도 자색고구마, 적양배추, 백년초 등에도 많이 함유되어 있는 안토시아닌 색소가 있으며, 이는 단순한 영양소 공급의 1차 기능을 넘어 천연색소로써의 기호성 뿐만 아니라 면역기능 향상 및 노화 억제 등의 우수한 생체조절기능을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Boo 등 2012; Nam 등 2015).

본 연구에서는 새로운 기능성 음료로서의 가능성을 타진하기 위하여 비트 대신 4종의 베리류(블루베리, 블랙베리, 크랜베리, 라즈베리)를 대체한 확장된 개념의 ABC주스를 개발하였고, 이화학적 품질특성을 분석하였으며 항산화 활성의 증진효과를 확인하였기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

실험에 사용한 사과(Apple), 당근(Carrot), 비트(Beet)는 온라인 쇼핑몰에서 일괄 구매하였고, 4종의 베리류는 블루베리(Blueberry, 칠레산), 블랙베리(Blackberry, 칠레산), 크랜베리(Cranberry, 미국산), 라즈베리(Raspberry, 칠레산)의 원물 냉동제품을 온라인 쇼핑몰에서 구매하였다. 기타 분석에 사용한 시약으로 Folin & Ciocalteu's phenol reagent, DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl), ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 및 gallic acid는 Sigma-Aldrich Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하였고, potassium persulfate(99.0%), pyrogallol(99.0%)는 Samchun Co.(Pyeongtak, Korea)에서 구입하였으며, Quercetin은 Daejunghwagum Co.(Siheung, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

2. ABC 주스 시료 제조

주스 시료는 시중에서 가장 많이 판매되고 있는 기존 제품의 배합비를 참고하되 여러 조합의 재료별 배합비율에 대해 항산화 활성을 예비분석한 후 최종적으로 Table 1과 같은 배합비를 확정하여 제조하였다. 즉, 배합비에 따라 계량한 각 원물 재료를 모두 블렌더에 넣어 갈고 여과지에 여과하여 분석용 시료로 사용하였다.

3. pH 및 가용성 고형분 함량

pH와 가용성 고형분 함량은 각각 pH meter(S70 SevenMulti^{TM}, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) 및 굴절당도계(PR-201,

Table 1. Formulas of ABC juices (unit: g)

Ingredients	Control	BEB[1)]	BKB	CNB	RSB
Beet	40	-	-	-	-
Blackberry	-	40	-	-	-
Blueberry	-	-	40	-	-
Cranberry	-	-	-	40	-
Raspberry	-	-	-	-	40
Carrot	80	80	80	80	80
Apple	80	80	80	80	80
Water	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

[1)] BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다(Jang 등 2017; Song & Park 2018).

4. 항산화 성분의 함량

1) 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량 측정은 Folin-Denis법에 따라 측정하였다(Song & Lee 2017). 시료 원액 0.15 mL에 Folin-Denis 시약 0.15 mL와 증류수 0.7 mL를 넣어 진탕하고 5분 동안 반응시켰다. 반응액에 10% Na_2CO_3 용액 1.0 mL와 증류수 1.0 mL를 혼합하여 암실 상태에서 실온에 1.5 hr 동안 방치한 후 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Amersham Bioscientes, Uppsala, Sweden)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

2) 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량 측정은 Kim 등(2022)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 시료 원액 1.0 mL와 5% sodium nitrite 0.3 mL, 증류수 2.0 mL를 진탕한 후 5분간 실온에서 반응시키고 10% aluminum chloride 0.3 mL를 대체해 혼합하여 6분간 실온에서 반응시킨 뒤 1 M sodium hydroxide 2 mL와 증류수 2.4 mL를 혼합하여 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Amersham Bioscientes, Uppsala, Sweden)를 이용해 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 퀘르세틴(quercetin)을 이용하여 표준곡선으로부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

5. 항산화 활성 분석

1) DPPH 자유라디칼 소거활성

DPPH 자유라디칼 소거활성은 Jung 등(2022)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 시료액 0.8 mL에 70% ethanol 1.5 mL, 0.02 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) 용액 1.5 mL를 진탕한 뒤 암실에서 1.5 hr 동안 방치하고 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Amersham Bioscientes, Uppsala, Sweden)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였고, 다음과 같은 공식을 이용하여 Electron Donating Ability(EDA)를 산출하였다.

$$\text{EDA}(\%) = \frac{C-S}{C}\times 100$$

C: Control absorbance

S: Sample absorbance

2) ABTS 자유라디칼 소거활성

ABTS 자유라디칼 소거활성은 Jang 등(2022)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 즉, ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)용액 7 mM와 2.45 mM potassium persulfate를 1:1의 비율로 혼합한 뒤 암실에서 16 hr 반응시킨 후 ABTS 라디칼을 형성시켜 희석된 ABTS 용액을 에탄올로 희석하여 734 nm에서 측정한 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 조정하였다. 그 후 ABTS 용액 0.75 mL에 시료액 0.15 mL를 혼합하여 암실에서 6분간 방치 후, 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Amersham Bioscientes, Uppsala, Sweden)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity}(\%) = \frac{C-S}{C}\times 100$$

C: Control absorbance

S: Sample absorbance

3) SOD 유사활성

SOD 유사활성은 Marklund & Marklund(1974) 및 Lee 등(2022)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 시료액 1.0 mL와 pH 8.5 Tris-HCL buffer 3.0 mL, 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 대체하여 25℃의 항온수조에서 10분간 반응시킨 뒤 1 N HCI 0.5 mL를 대체한 후 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Amersham Bioscientes, Uppsala, Sweden)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{SOD-like activity}(\%) = \frac{C-S}{C}\times 100$$

C: Control absorbance

S: Sample absorbance

6. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 측정하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 평균값에 대한 유의적인 차이는 SPSS (version 27, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 ANOVA로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 실시하여 $p<0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다. 시료의 항산화 성분과 항산화 활성들 간의 상관관계를 알아보기 위하여 Person의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. pH 및 가용성 고형분 함량

기존 ABC 주스의 B의 Beet 대신 Berry를 대체하여 만든

ABC 주스의 pH 및 가용성 고형분 함량의 변화는 Table 2에 나타내었다. 각 주스의 pH는 대조구에 비해 Berry를 대체한 주스에서 모두 감소하였다. 대조구가 6.14로 가장 높았고, 블루베리를 대체한 주스가 5.54로 가장 낮았으나 베리류 주스 시료간의 유의적인 차이는 없었다. Kang 등(2015)의 블루베리 추출물 원액의 경우 pH 3.32~3.65로 보고된 바 있어 베리류 자체가 주스의 pH를 감소시키는데 영향을 준 것으로 사료된다.

가용성 고형분의 함량은 전체적으로 비트 대신 berry를 대체한 실험군의 가용성고형분 함량이 유의적으로 높았다. 대조구 주스가 9.40 Bx%로 가장 낮았고, 라즈베리를 대체한 주스가 10.9 Bx%로 가장 높게 나타났다. Song 등(2014)은 품종별 블루베리의 가용성 고형분 함량이 8.35 Bx%에서 최대 9.71 Bx%까지 측정된 것으로 보고하였다. 본 연구에서의 블루베리 대체 ABC 주스는 10.3 Bx%로 이보다 높게 나타나 해당 주스에서 블루베리 외 다른 재료에 의한 영향 때문인 것으로 추정된다.

2. 총 폴리페놀 함량

베리류를 대체한 ABC 주스의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1에 나타내었다. 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대산물의 하나로 다양한 분자량과 구조를 가지며, 자유라디칼을 수용할 수 있는 phenolic hydroxyl기의 활성에 의해 항산화, 항균 및 항암 등의 생리 작용을 가진다(Song 등 2014). 전체적으로 대조구에 비해 berry류를 대체한 모든 실험군에서 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였다. 비트가 포함된 대조구는 14.723 μg GAE/g으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 블랙베리 ABC 주스에서 가장 높은 67.312 μg GAE/g의 함량을 나타내었다. Song 등(2014)은 블루베리 두 품종의 총 폴리페놀 함량 분석 결과 138.4~141.1 mg/100 g으로 높게 나타난 것으로 보고한 바 있다. 또한 Nam 등(2015)은

Table 2. pH, soluble solid contents of ABC juices

ABC juices	pH	Soluble solid contents (Bx%)
Control	6.14±0.02[a1)]	9.40±0.1[a]
BEB[2)]	5.54±0.06[b]	10.3±0.0[bc]
BKB	5.63±0.04[b]	10.5±0.0[cd]
CNB	5.59±0.08[b]	10.1±0.0[b]
RSB	5.61±0.04[b]	10.9±0.0[e]

Values are expressed as the mean±S.D. (n=3).

1) Means with different letters ([a-e]) within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

2) BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

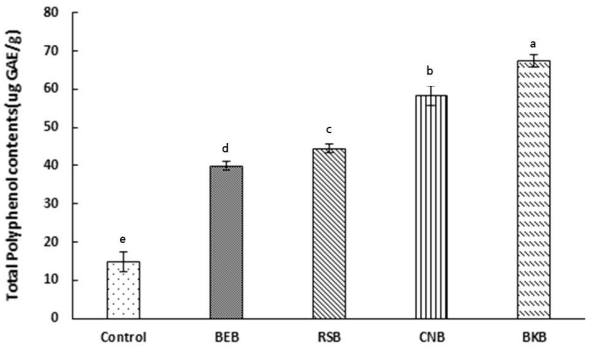

Fig. 1. Total polyphenol contents of ABC juices. Different letters ([a-e]) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

체리, 아로니아, 크랜베리, 라즈베리의 총 폴리페놀 함량은 착즙액 1 mL당 350.86~369.56 μg GAE의 높은 수준이었으나 블루베리의 경우 231.49 μg GAE/mL로 비교적 낮은 것으로 보고하였다. Jeong 등(2015)은 아로니아 > 블랙베리 > 크랜베리의 순으로 전반적으로 베리류에 페놀성 화합물의 함량이 높은 것으로 분석되었고 기타의 과채류의 경우 40 μmole GAE/g 수준임을 보고하였다. 한편, 블랙베리 생과의 경우 총 폴리페놀 함량이 2.79 mg/g으로 보고되기도 하여(Jung 등 2015) 연구자에 따라 폴리페놀 함량은 다양한 수준으로 나타났으나, 공통적으로 베리류의 폴리페놀 함량이 높은 것으로 확인되어 비트 대신 베리류를 대체한 ABC 주스의 총 폴리페놀 함량 증가에도 영향을 준 것으로 사료된다.

3. 총 플라보노이드 함량

베리류를 대체한 ABC 주스의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 2에 나타내었다. 전반적으로 비트가 포함된 대조구 주스에 비해 베리류를 대체한 모든 실험군에서 총 플라보노이드 함량이 유의적으로 증가하였다. 비트가 포함된 대조구가 8.984 μg QE/g으로 가장 낮았고 블랙베리를 대체한 ABC 주스가 50.468 μg QE/g으로 가장 높았다. 한편, 시료간의 총 플라보노이드의 함량은 총 폴리페놀 함량에서와 마찬가지로 모두 BKB > CNB > RSB > BEB > Control의 순서로 높게 나타났다. 이와 같은 동일한 경향성은 폴리페놀과 플라보노이드 함량에 대한 상관관계분석 결과에서도 확인되었다(Table 3). 즉, 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 간의 r값은 0.982로 나타나 매우 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었다. Ko 등(2015) 또한 추출조건을 달리하여 제조한 블루베리 추출물 5종 시료를 분석한 결과 총 플라보노이드 함량과 총

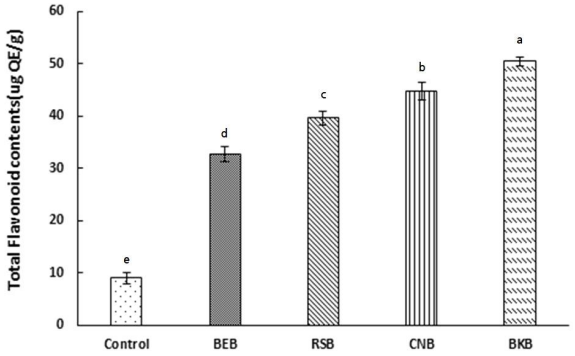

Fig. 2. Total flavonoid contents of ABC juices. Different letters ($^{a-e}$) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

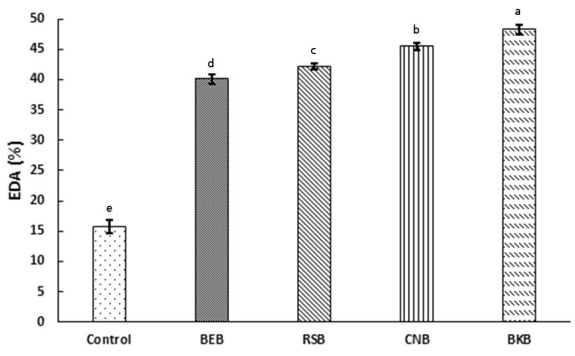

Fig. 3. DPPH radical scavenging activities of ABC juices. Different letters ($^{a-e}$) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

폴리페놀 함량의 증감은 시료별로 동일한 경향성을 지니고 변화하는 것으로 보고한 바 있어 본 연구와 일치하는 것으로 사료된다. 베리류 중 블랙베리의 총 플라보노이드 함량에 대한 여러 보고를 살펴보면 Jung 등(2015)은 0.60 mg/g이었음을 보고하였고, Kaume 등(2012)은 74.4 mg/100 g으로 보고하였으며 Choi 등(2017)은 건조방법에 따라 3.8~6.2 mg/g을 함유하고 있음을 보고하는 등 다양한 수준이었다. 블루베리의 경우 Kang 등(2015)은 통 과일과 그 부산물의 플라보노이드 함량을 분석한 결과 가장 높은 함량이 24.13 mg/g임을 보고한 바 있다.

4. DPPH 자유라디칼 소거활성

베리류를 대체한 ABC 주스의 DPPH 자유라디칼 소거활성은 Fig. 3에 나타내었다. DPPH 자유라디칼 소거활성 측정법은 비교적 간단하면서도 대량 측정이 가능한 방법으로 DPPH 자유라디칼이 EtOH 용액에서는 보라색으로 발색되나 항산화 활성을 갖는 물질과 반응 시 자유라디칼이 소거되면서 탈색되는 원리를 이용한다(Jung 등 2004). 전반적으로 비트가 포함된 대조구에 비해 베리류의 모든 실험군에서 DPPH 라디칼 소거활성이 유의적으로 증가하였다. 즉, 대조구는 15.69%로 가장 낮았고, 블랙베리를 대체한 주스가 48.24%로 가장 높은 항산화 활성을 보였으며, 시료 간에는 BKB > CNB > RSB > BEB > Control의 순서였다. Song 등(2014)은 김천산과 평택산의 두 품종 블루베리의 DPPH 라디칼 소거활성이 매우 농도 의존적이었으며, 1,000 μg/mL의 농도에서 각각 79.17% 및 74.1%였음을 보고하였다. 또한 Nam 등(2015)의 보고에서는 농도별로 측정한 베리 착즙액의 DPPH 라디칼 소거활성은 모든 시료에서 농도의존적으로 증가하였으며, 아로니아, 크랜베리 및 라즈베리의 경우 약 96%의 활성을 보여 매우 우수한 것으로 나타났다. Jeong 등(2015)은 아사이베리 > 아로니아 > 블랙베리 > 크랜베리 순으로 활성이 유의적으로 높았고, 적포도가 가장 낮았음을 보고하였다. Lee 등(2015)은 블랙라즈베리가 다른 베리류 보다 약 2배 이상 유의적으로 높은 2.03 mmol TEAC/100 g의 활성

Table 3. Correlation coefficients among antioxidantive compounds and antioxidant activities of ABC juices

	Polyphenols	Flavonoids	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity	SOD-like activity
Polyphenols	1				
Flavonoids	0.982	1			
DPPH radical scavenging activity	0.945	0.983	1		
ABTS radical scavenging activity	0.967	0.994	0.997	1	
SOD-like activity	0.992	0.995	0.967	0.983	1

을 나타낸 반면 블루베리 0.86 mmol TEAC/100 g 및 라즈베리 0.77 mmol TEAC/100 g으로 보고하였다.

한편, ABC 주스 각각의 항산화 성분과 항산화 활성에 대한 상관 관계분석 결과 DPPH 라디칼 소거활성과 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량의 r값은 각각 0.945 및 0.983으로 나타나 매우 높은 상관관계가 있음이 확인되었다(Table 3). 결론적으로 베리류는 ABC 주스의 항산화 성분 및 항산화 활성의 증가에 긍정적인 영향을 주는 것으로 사료된다.

5. ABTS 자유라디칼 소거활성

베리류를 대체한 ABC 주스의 ABTS 자유라디칼 소거활성은 Fig. 4에 나타내었다. ABTS 자유라디칼을 이용한 항산화 활성의 측정법은 potassium persulfate와의 반응으로 생성되는 ABTS 자유라디칼이 시료 내의 항산화 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법이다(Ko KS 2013). DPPH 라디칼 소거활성과 마찬가지로 베리류 실험군에서 ABTS 자유라디칼 소거활성도 유의적으로 높았다. 즉, 대조구가 19.58%로 가장 낮았으며, 블랙베리 주스가 59.43%로 가장 높았다. Ko 등(2015)이 분석한 블루베리 추출물의 경우에는 1,000 μg/mL 농도에서 88.08~98.13%의 ABTS 라디칼 소거활성을 보인 것으로 보고된 바 있다. 한편, ABC 주스 각각의 항산화 성분과 항산화 활성에 대한 상관관계 분석 결과 ABTS 라디칼 소거활성과 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량의 r값은 각각 0.967 및 0.994로 나타났고, DPPH 라디칼 소거활성과는 0.997로 나타나 매우 높은 상관관계를 지니고 있는 것으로 확인되었다(Table 3). Lee 등(2015) 또한 국산 베리류의 항산화 활성 분석연구에서 ABTS 자유라디칼 소거활성이 DPPH 활성과 유사한 경향을 보였음을 보고하여 본 연구와 일치하였으며, 분석 대상 시료 중 블랙라즈베리가 가장 높은 2.99 mmol TEAC/100 g의 활성을 나타내었고 라즈베리가 유의적으로 가장 낮았음을 보고하였다.

6. SOD 유사활성

Superoxide radical은 pyrogallol을 산화시켜 갈색 물질을 형성하는데, 항산화 물질이 존재할 경우 이러한 pyrogallol의 산화속도가 감소하는 원리를 이용한 분석법인 SOD 유사활성 결과를 Fig. 5에 나타내었다(Cho 등 2007). 전체적으로 베리류 실험군에서 SOD 유사활성이 모두 유의적으로 높았고, 시료간의 순서는 BKB > CNB > RSB > BEB > Control로 나타났다. 대조구는 14.12%로 가장 낮은 항산화 활성을 보였고 블랙베리를 대체한 ABC 주스 실험군은 48.18%로 가장 높은 항산화 활성을 보였다. 한편, ABC 주스 각각의 항산화 성분과 항산화 활성에 대한 상관관계 분석 결과 SOD 유사활성과 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량의 r값은 각각 0.992 및 0.995로 나타나 항산화 성분이 많을수록 항산화 활성도 증가하는 것으로 사료된다. 또한 SOD 유사활성과 DPPH 라디칼 소거활성 및 ABTS 라디칼 소거활성과의 상관관계는 각각 0.967 및 0.983으로 나타나 항산화 활성간의 상관성도 매우 높은 것으로 확인되었다(Table 3).

종합적으로 비트를 대체해 첨가한 베리류의 재료들은 ABC 주스의 항산화 성분 및 항산화 활성을 더욱 증가시키는 효과가 있어 향후 기능성 음료의 소재로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 기존 ABC 주스에서 B에 해당되는 Beet 대

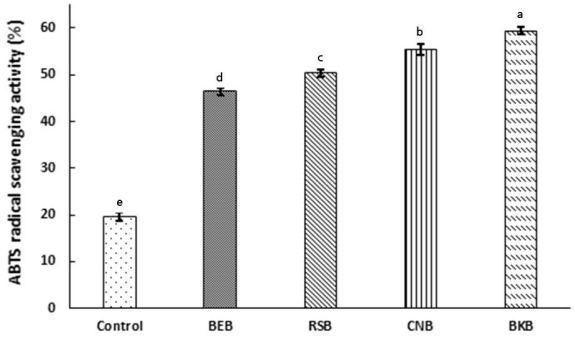

Fig. 4. ABTS radical scavenging activities of ABC juice. Different letters ($^{a-e}$) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

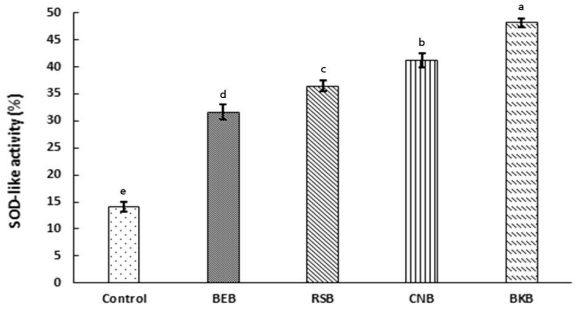

Fig. 5. SOD-like activities of ABC juice. Different letters ($^{a-e}$) are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05). BEB: Blue berry ABC juice, BKB: Black berry ABC juice, CNB: Cran berry ABC juice, RSB: Rasp berry ABC juice.

신 항산화 활성 및 이화학적 품질특성을 증가시키기 위해 항산화 활성이 우수한 4종의 Berry류(블루베리(BEB), 블랙베리(BKB), 크랜베리(CNB), 라즈베리(RSB))로 대체한 새로운 주스를 개발하고자 하였다. 베리를 대체한 모든 실험군에서 pH는 감소하였으며, 가용성 고형분 함량은 유의적으로 증가하였다. 총 폴리페놀 함량은 모든 실험군에서 대조구보다 유의적으로 증가하였다. 대조구가 14.723 μg GAE/g으로 가장 낮았고, 블랙베리 대체군이 67.12 μg GAE/g으로 가장 높았다. 총 플라보노이드 함량은 대조구가 8.984 μg QE/g으로 가장 낮았으며, 블랙베리 대체군에서 50.468 μg QE/g으로 가장 높았다. DPPH 라디칼 소거활성은 대조구가 15.69%로 가장 낮았으며, 블랙베리 대체군이 48.24%로 가장 높았다. ABTS 라디칼 소거활성 및 SOD 유사활성 모두 대조구가 각각 19.58% 및 14.12%로 가장 낮았고, 블랙베리 대체군이 59.43% 및 48.18%로 가장 높았다. 모든 실험군은 대조구보다 항산화 활성이 유의적으로 높았다. 항산화 성분(총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량) 및 항산화 활성(DPPH, ABTS, SOD) 모두 공통적으로 BKB > CNB > RSB > BEB > Control 순이었고 서로 간의 상관관계가 높았다. 결론적으로 4종의 베리류를 대체한 새로운 ABC 주스는 항산화 성분이 풍부해지고 항산화 활성 및 이화학적 품질특성이 유의적으로 향상된 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2022학년도 세명대학교 교내학술연구비의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Boo HO, Shin JS, Hwang SJ, Bae CS, Park SH. 2012. Antimicrobial effects and antioxidative activities of the cosmetic composition having natural plant pigments. *Korean J Plant Resour* 25:80-88

Cho MJ, Park MJ, Lee HS. 2007. Nitrite scavenging ability and SOD-like activity of a sterol glucoside form *Chrysanthemum coronarium* L. var. *spatiosum*. *Korean J Food Sci Technol* 39:77-82

Choi SR, Song EJ, Song YE, Choi MK, Han HA, Lee IS, Shin SH, Lee KK, Kim EJ. 2017. Quality characteristics of blackberry powder obtained by various drying methods. *Korean J Food Nutr* 30:609-617

Hwang IW, Kim CS, Chung SK. 2011. The physicochemical qualities and antioxidant activities of apple juices marketed in Korea. *Korean J Food Preserv* 18:700-705

Jang EH, Nam D, Na HG, Chae HS, Lee DH, Kim MJ, Kim HH, Lee JH, Jang KH. 2017. Comparison of physico-chemical properties and antioxidant activities of commercial regular coffee and instant coffee with coffee creamer. *J East Asian Soc Diet Life* 27:540-547

Jang JY, Kim YJ, Jung Y, Song HN. 2022. Antioxidant activity during storage of *Salvia miltiorrhiza* medi-coffee prepared by heat immersion and ultrasonic immersion. *Korean J Food Cookery Sci* 38:36-43

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

Jeong SJ, Shim HR, Lee JS, Nam HS, Lee HG. 2015. Antioxidant and synergistic activities of fruit and vegetable concentrates. *Korean J Food Sci Technol* 47:240-245

Jung H, Lee HJ, Cho H, Lee K, Kwak HK, Hwang KT. 2015. Anthocyanins in Rubus fruits and antioxidant and anti-inflammatory activities in RAW 264.7 cells. *Food Sci Biotechnol* 24:1879-1886

Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baek NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47:135-140

Jung Y, Sim SY, Kim GY, Song HN. 2022. Changes in the antioxidant activity and rancidity of medicoffee supplemented with *Scutellaria baicalensis* during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51:706-712

Kang DR, Chung YH, Shim KS, Shin DK. 2015. Comparison of chemical properties and phenolic compound for ethanol extract of blueberry, bokbunja and mulberry and their pomaces. *Korean J Org Agric* 23:535-547

Kaume L, Gilbert WC, Brownmiller C, Howard LR, Devareddy L. 2012. Cyanidin 3-O-β-D-glucoside-rich blackberries modulate hepatic gene expression, and anti-obesity effects in ovariectomized rats. *J Funct Foods* 4:480-488

Kim TY, Jeon TW, Yeo SH, Kim SB, Kim JS, Kwak JS. 2010. Antimicrobial, antioxidant and SOD-like activity effect of *Jubak* extracts. *Korean J Food Nutr* 23:299-305

Kim YS, Song IH, Jung Y, Min DY, Song HN. 2022. Quality characteristics of spicy protein bars made with the addition of edible insect and wasabi. *Korean J Food Cookery Sci* 38:44-51

Ko GA, Son M, Kang HR, Lim JH, Im GH, Cho SK. 2015.

Antioxidant activities of blueberry hot water extracts with different extraction condition. *Korean J Food Preserv* 22: 428-436

Ko KS. 2013. A study on the antioxidant activity and cytotoxicity of *Scutellaria baicalensis* extracts. *J Korea Soc Beauty Art* 14:233-243

Lee JH, Chin KB. 2012. Evaluation of antioxidant activities of red beet extracts, and physicochemical and microbial changes of ground pork patties containing red beet extracts during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Anim* 32:497-503

Lee JH, Kim SY, Jung Y, Song HN. 2022. Changes in antioxidant activity of roasted coffee during storage with the addition of *Cornus officinalis* fruit extract. *J East Asian Soc Diet Life* 32:93-102

Lee Y, Lee JH, Kim SD, Chang MS, Jo IS, Kim SJ, Hwang KT, Jo HB, Kim JH. 2015. Chemical composition, functional constituents, and antioxidant activities of berry fruits produced in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1295-1303

Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47:469-474

Martineau LC, Couture A, Spoor D, Benhaddou-Andaloussi A, Harris C, Meddah B, Leduc C, Burt A, Vuong T, Mai Le P, Prentki M, Bennett SA, Arnason JT, Haddad PS. 2006. Anti-diabetic properties of the Canadian lowbush blueberry *Vaccinium angustifolium* Ait. *Phytomedicine* 13:612-623

Nam JS, Han YJ, Yeo SM. 2015. Antioxidant and antimicrobial activities of various berry juices. *Korean J Food Nutr* 28:328-334

Seeram NP, Adams LS, Zhang Y, Lee R, Sand D, Scheuller HS, Heber D. 2006. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells *in vitro*. *J Agric Food Chem* 54:9329-9339

Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot —A review. *J Food Sci Technol* 49:22-32

Song HN, Lee YR. 2017. Biological activities and quality characteristics of rice germ after microbial fermentation. *Korean J Food Nutr* 30:59-66

Song HN, Park MS, Youn HS, Park SJ, Hogstrand C. 2014. Nutritional compositions and antioxidative activities of two blueberry varieties cultivated in South Korea. *Korean J Food Preserv* 21:790-798

Song HN, Park MS. 2018. Analysis of biological activities and functional components in fermented *Gastrodia elata* Blume by *Lactobacillus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:32-38

Su MS, Silva JL. 2006. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) by-products as affected by fermentation. *Food Chem* 97:447-451

Received 28 December, 2022
Revised 16 January, 2023
Accepted 25 January, 2023