

pH 조절제를 이용한 농축 딸기 퓨레 열처리 시 품질저하 억제

- 연구노트 -

이인경¹ · 민세철² · 김희선³ · 한귀정³ · 김명환¹

¹단국대학교 식품공학과

²서울여자대학교 식품공학과

³농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Prevention of Quality Deterioration in Concentrated Strawberry Puree by Employing pH Regulators during Heat Treatment

In-Gyeong Lee¹, Seo-Cheol Min², Hee-Sun Kim³, Gwi-Jung Han³, and Myung-Hwan Kim¹

¹Department of Food Engineering, Dankook University

²Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

³National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

ABSTRACT This study was performed to minimize quality degradation of concentrated strawberry puree after 90°C for 5 min by heat treatment with citric acid (CA) and acidic sodium metaphosphate (ASM) as pH modifiers. The highest color value was 1% CA+1% ASM (13.027), followed by 1% CA (9.539) and control (6.905). Anthocyanin contents were also 1% CA+1% ASM (3.049 mg/100 g), 1% CA (1.140 mg/100 g), and control (0.757 mg/100 g) in sequence. The DPPH radical scavenging activities of control, 1% CA, and 1% CA+1% ASM were 58.148, 72.638, and 83.736%, respectively. The color values, anthocyanin contents, and DPPH radical scavenging activities were significantly different at $P < 0.05$ between control and 1% CA+1% ASM treatment. For the results of overall preference for hedonic test, there was no significant difference at $P > 0.05$ among the three samples. During heat treatment, quality degradation of concentrated strawberry puree was reduced by 1% CA+1% ASM treatment, which is expected for new acidulants.

Key words: concentrated strawberry puree, citric acid, acidic sodium metaphosphate, anthocyanin, heat treatment

서 론

딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 다년초로서 anthocyanin(1), quercetin, caffeic acid, ferulic acid, 비타민 C 등의 다양한 항산화 물질들이 함유되어 있다(2,3). 딸기의 붉은 색상을 나타내는 것은 수용성 천연색소인 안토시아닌으로서 25종류가 동정되었으며(4) 그중 pelargonidin 3-glucoside가 주된 성분으로 품종에 따라 77~90% 내외를 점유하고 있다(5). 안토시아닌은 심혈관 질환(6), 신경퇴행성질환(7), 암(8) 등의 만성질환 예방 및 치료에 효과적이다.

안토시아닌은 전자가 하나 부족한 매우 불안정한 화합물로서 안토시아닌의 안정성은 온도, 산소, 광선 등의 가공 및 저장조건과 효소 활성, pH, 당 농도 등의 식품의 이화학적 성질, 조색소(copigment) 및 금속이온 등에 따라 좌우된다(9). 예로써 딸기잼 가공공정에서 약 70% 정도의 안토시아

닌이 손실된다고 하였다(10). 가공 및 저장 조건에서 안토시아닌의 안정성에 미치는 중요한 인자는 온도와 pH이다(11, 12). 딸기 벡타의 경우 가공 및 저장 과정에서 갈색화 또는 변색(discoloration)이 일어나 제품의 shelf life를 줄이게 된다(13). 온도에 대한 영향력으로 딸기 페이스트의 가공온도를 95°C에서 130°C로 높임으로써 pelargonidin 3-glucoside의 저하속도상수를 분석한 결과 15.2배가 증가하였다는 보고가 있다(14). 딸기의 pelargonidin 3-glucoside가 여타의 안토시아닌에 비하여 가공과정에서 열에 취약하다고 하였으며(15), 23°C의 저장온도에서도 포도나 자두 껍질 주스에 비하여 딸기주스의 안토시아닌 안정성이 떨어진다고 하였다(16). pH에 대한 영향력으로는 pH가 낮을수록 온도에 따른 안토시아닌 저하속도상수가 작아진다고 보고하였으며 pH가 6.0 이상에서는 온도에 대한 민감성이 급격히 나타난다고 하였다(12). pH에 대하여서도 포도나 자두 껍질 주스에 비하여 딸기주스의 안토시아닌 안정성이 떨어진다고 하였다(16).

구연산(citric acid, CA)은 베리류 가공공정에서 산미료(acidifier)로 많이 이용되고 있는데 주목적은 가공공정에서 pH 저하를 통한 polyphenoloxidase(PPO) 억제와 PPO 활

Received 22 June 2016; Accepted 20 July 2016

Corresponding author: Myung Hwan Kim, Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan, Chungnam 31116, Korea
E-mail: kmh1@dankook.ac.kr, Phone: +82-41-529-3563

성 부위에 Cu^{2+} 결합을 하여 갈변현상을 제어하는 것이다 (17). 산성메타폴리인산나트륨(acidic sodium metaphosphate, ASM)은 식품의 pH 저하 및 완충작용을 주목적으로 하는 첨가물로서 금속이온 봉쇄(chelating) 작용과 아울러 갈변억제의 효능을 지니고 있는 식품첨가물이다.

본 연구에서는 농축 딸기 껍데를 제조 시 구연산 또는 산성메타인산나트륨을 산미료로써 이용하여 열처리 과정에서 딸기의 폴리페놀과 안토시아닌 같은 생리활성물질 농도, 색상으로서 색가와 색도, 항산화 활성으로써 DPPH radical 소거능 및 SOD-like 활성능 등의 저하를 최소화시키는 데 있다.

재료 및 방법

실험재료

딸기는 국내 경작지의 65%를 점유하고 있는 설향 품종으로 농촌진흥청(Jeonju, Korea)으로부터 수확 후 6시간 이내의 딸기를 제공받았으며, 백설탕(CheilJedang, Incheon, Korea), 구연산(Samchun, Pyeongtaek, Korea) 및 산성메타폴리인산나트륨(SDBNI, Hwaseong, Korea)은 각각 구입하여 사용하였다.

시료 전처리

제공받은 딸기는 즉시 1%(w/v)의 구연산이 포함된 설탕 용액(40 Brix)에 실온에서 1분 30초간 침지시킨 후 꺼내서 지퍼 백에 100 g 단위로 개별 포장하여 deep freezer (Ilshinlab, Dongducheon, Korea)에 -70°C 로 저장하였다. 이때 구연산과 설탕용액 농도 및 침지시간은 예비실험을 통하여 최적조건을 설정한 것이다.

농축 딸기 껍데 제조

전처리한 시료를 microwave(RE-21CN, SAMSUNG, Suwon, Korea)를 이용하여 3분간 해동한 후 믹서기(HH-SBFII, Hurom, Gimhae, Korea)로 분쇄한 다음 산성메타폴리인산나트륨 1%(w/v)를 첨가하여 총 부피를 600 mL로 맞췄다. 시료는 감압 농축기(rotavapor R-124 and water bath B-480, BUCHI, Flawil, Switzerland)로 40°C 에서 20 Brix까지 농축하였다. 농축한 딸기 껍데의 열처리는 100 mL의 유리병(Duran, Seoul, Korea)에 담은 후 90°C autoclave(Vision Scientific, Anyang, Korea)에서 5분간 진행하였다.

pH

pH meter(HI 2211 PH/ORP Meter, HANNA Instruments, Seoul, Korea)를 사용하여 pH를 측정하였다.

색가

시료의 색가는 흡광도가 0.3~0.7의 범위가 되도록 pH

3.0의 구연산 인산이나트륨 완충액을 가하여 10 mL로 한 것을 시험용액으로 하였다. pH 3.0의 구연산 인산이나트륨 완충액을 대조액으로 하여 액층 1 cm, 파장 500~540 nm 부근의 극대흡수파장에서 시험용액의 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 색가를 구하였다.

$$\text{Color value (E 10\%, 1 cm)} = \frac{A \times 10}{B}$$

A: Absorbance of sample

B: Weight of sample (g)

색도

각 시료에 대한 색도는 색차계(CR-410, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 각각의 L, a, b값을 측정하였다. 색차계의 색도 보정을 위해 사용된 calibration plate(No. 21933148)의 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값은 각각 98.34, -0.17, 1.45였다.

총폴리페놀 함량

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(18)에 따라 각 제조한 시료 0.1 mL와 DW 3.9 mL를 취한 후 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 500 μL 를 가하여 혼합하였다. 5분 후에 포화 Na_2CO_3 0.5 mL를 혼합하여 30분간 암소에 방치하였다가 UV-visible spectrophotometer(Optizen Pop, Mecasys, Seoul, Korea)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총페놀 함량을 구하기 위해 표준물질 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA)를 사용하여 표준검량곡선으로부터 함량을 구하였다.

총안토시아닌 함량

총안토시아닌 함량은 Lee 등(19)의 pH differential method에 따라 측정하였다. 각 시료 0.1 mL에 1,900 μL 의 pH 1.0 buffer(0.2 M KCl+0.2 M HCl)와 1,900 μL 의 pH 4.5 buffer(0.2 M potassium phosphate+0.2 M citric acid)를 각각 가하여 최종부피를 2 mL로 한 다음 520 nm 및 700 nm에서 반응액의 흡광도를 각각 측정하였다. 총안토시아닌의 함량은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수($\epsilon=26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 다음의 식에 따라 산출하였다.

$$\text{Total anthocyanin contents (mg/100 g)} = \frac{A \times \text{MW} \times V \times 1000}{\epsilon}$$

A(absorbance value)=(A_{510 nm}-A_{700 nm})pH_{1.0}-(A_{510 nm}-A_{700 nm})pH_{4.5}

MW(molecular weight of cyanidin-3-glucoside): 449.2
 ϵ (cyanidin-3-glucoside molar absorbance): 26,900 $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$

V: Final volume of sample (mL)

DPPH 라디칼 소거능

항산화능을 측정하기 위하여 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)의 환원에 의한 자유 라디칼 소거능력을 측정하였다(20). 각 시료용액을 각각 0.3 mg씩 2.0×10^{-4} M DPPH methanol solution 2.5 mL에 첨가하여 최종반응액이 2.8 mL가 되도록 하였다. 10초간 진탕하여 상온에서 30분 반응시킨 후 UV-visible spectrophotometer(Optizen Pop, Mecasys)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 얻은 결과는 대조구에 대한 소거능력(%)으로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: Absorbance of sample

B: Absorbance of control

SOD-like 활성능

SOD-like 활성능은 Marklund와 Marklund(21)의 방법을 변형하여 사용하였다. 일정농도의 시료 0.2 mL, tris-HCl buffer(50 mM tris-hydroxymethyl aminomethane+ 10 mM EDTA, pH 8.5로 보정) 3 mL, 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시키고 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양은 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 SOD-like 활성능은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도의 차이를 백분율로 나타내었다. SOD-like 활성능은 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{SOD-like activity (\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: Absorbance of sample

B: Absorbance of blank

Hydroxyl radical 소거능

Hydroxyl radical 소거능은 Gutteridge(22)의 방법에 따라 Fenton 반응에 의한 2-deoxyribose가 hydroxyl radical에 의해 산화되어 malonaldehyde로 변환된 후 chromagen을 형성하는 정도를 측정하는 방법을 이용하였다. 2.8 mM 2-deoxy-D-ribose와 1.4 mM H_2O_2 를 함유하는 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.4) 일정량의 증류수에 녹인 각각의 시료와 premix 된 EDTA/ FeCl_2 (100 μM EDTA pH 7.0, 20 μM FeCl_2)를 첨가하여 최종반응액이 2.0 mL가 되게 한 후 37°C에서 4시간 동안 반응시켰다. 10% trichloroacetic acid(TCA)로 반응을 중지시키고 1% thio-barbituric acid(TBA)와 잘 혼합하여 95°C에서 20분간 반응시킨 후 실온에서 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 같은 시료로 반응 시간 없이 같은 과정을 반복하였고 대조구는 시료 대신 증류수를 이용하여 같은 방법으로 수행

하였다. 각 시료에 대한 hydroxyl radical 소거능(%)은 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C-D}\right) \times 100$$

A: Absorbance of sample (4 h)

B: Absorbance of sample (0 time)

C: Absorbance of blank (4 h)

D: Absorbance of blank (0 time)

관능검사

관능검사요원은 관능검사과목을 이수한 학생 30명을 대상으로 9점 기호척도법으로 실시하였다. 관능검사는 학부실 협실에서 오전 11시에 수행하였으며 시료는 30 mL의 유리 용기에 담아서 동시에 제공하였다. 평가항목으로는 색(color), 점도(viscosity), 맛(taste) 및 전체적인 기호도(overall preference)로 측정하였다.

통계처리

본 실험 결과는 3반복으로 수행된 평균값과 표준편차로 나타내었으며 SAS 9.3(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA) 한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 하여 처리군 간의 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

농축 딸기 푸레의 외관

열처리 전과 후의 농축 딸기 푸레의 외관사진은 Fig. 1과 같다. 대조구와 1% CA 처리군은 갈색화가 일어난 반면에 1% CA+1% ASM 처리군은 열처리 전과 후 색상이 유사하였다. 대조구와 40 Brix+ 1% CA 처리군에서 일어난 현상은 열처리 과정에서 산화와 화학반응에 의하여 안토시아닌의 감소에 기인한 것이라고 하였다(13). 붉은 양배추의 경우

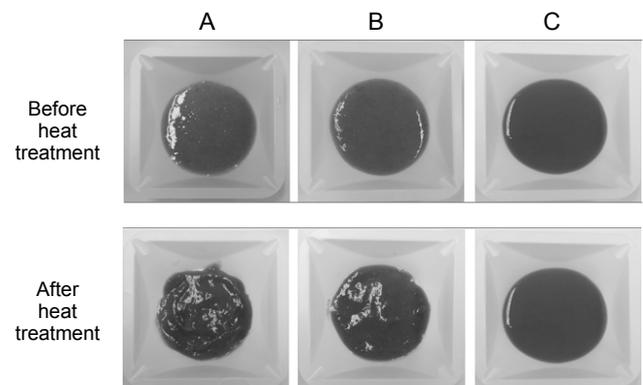


Fig. 1. Appearances of concentrated strawberry puree before and after heat treatment. A: control, B: 1% citric acid, C: 1% citric acid+1% acidic sodium metaphosphate.

Table 1. pH of concentrated strawberry puree after heat treatment

| Sample | pH |
|----------------------------|-------------------------|
| Control | 3.77±0.00 ³⁾ |
| 1% CA ¹⁾ | 3.72±0.00 |
| 1% CA+1% ASM ²⁾ | 2.85±0.00 |

¹⁾Citric acid. ²⁾Acidic sodium metaphosphate.

³⁾The values represent the mean±SD (n=3).

열처리 방법에 따라서 blanching, boiling, steaming의 경우 각각 59, 41, 29%의 안토시아닌이 손실되었다고 하였다 (23). 반면에 ASM은 열처리 과정에서 안토시아닌 성분의 감소를 억제시킴으로써 색상의 저하를 억제하는 역할을 하는 것으로 확인되었다.

농축 딸기 꺾레의 pH

열처리한 농축 딸기 꺾레의 pH 측정 결과는 Table 1과 같다. 대조군이 3.77로 가장 높았으며 1% CA 처리군에서 3.72로 두 시료 간에 큰 변화는 없었고, 1% CA+1% ASM 처리군이 2.85로 가장 작은 값을 나타내었다. 하이드록시기 (-OH)를 가지는 다염기 카복실산인 CA는 약한 유기산으로서 pH 저하제의 역할을 못하는 것으로 나타났으며, 식품 갈변 방지 및 비타민 C 안정제 등으로 이용되는 ASM은 pH 감소에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. pH 조절(modulation)은 phenolic 화합물의 이성화, 분자 내부와 상호 간의 공액 색소화(co-pigmentation) 및 자가 결합(self-association) 등의 화학반응에 영향을 미친다(24).

농축 딸기 꺾레의 색가 및 색도

열처리한 농축 딸기 꺾레의 색가 및 색도를 측정한 결과는 Table 2와 같으며 색가는 1% CA+1% ASM 처리군이 13.027로 가장 높았고 1% CA 처리군이 9.539, 대조군이 6.905의 순으로 나타났으며, 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보였다. 색가 측정은 일반적으로 3-O-glucosylated 안토시아닌의 최대 흡수 파장대인 510~530 nm (25)를 이용하거나 단일파장으로서 malvidin 3-O-glucoside의 최대 흡수 파장대인 540 nm(26)로 측정하지만 본 실험에서는 식품첨가물공전에서의 파장 폭인 500~540 nm의 흡수 파장 대에서의 흡광도로 분석하였으며 안토시아닌 함량과 높은 상관관계를 가지고 있다(27).

열처리한 농축 딸기 꺾레의 색도의 경우 적색도를 나타내

Table 3. Phytochemical contents of concentrated strawberry puree after heat treatment

| Sample | Total polyphenol contents (mg/g) | Total anthocyanin contents (mg/100 g) |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Control | 28.402±2.939 ^{b3)4)} | 0.757±0.352 ^b |
| 1% CA ¹⁾ | 28.937±3.307 ^b | 1.140±0.469 ^b |
| 1% CA+1% ASM ²⁾ | 42.358±4.312 ^a | 3.049±0.777 ^a |

¹⁾Citric acid. ²⁾Acidic sodium metaphosphate.

³⁾The values represent the mean±SD (n=3).

⁴⁾Means with different letters (a,b) within columns are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

는 a값에서도 1% CA+1% ASM 처리군이 24.360으로 가장 높았으며, 1% CA 처리군이 15.616, 대조군이 13.182로 나타났고 색가와 마찬가지로 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보였다. 명도를 나타내는 L값과 b값에서는 세 처리군 간에 유의성 차이를 보이지 않았다. pH가 낮을수록 붉은색을 띠게 되는 것은 red flavylum ion에 기인한다고 하였다(28).

본 결과를 통해 농축 딸기 꺾레의 경우 높은 안토시아닌 함량을 나타내는 지표로 이용되는 큰 값의 색가(27)와 색도에서는 큰 a값(29)을 기준으로 볼 때 농축 딸기 꺾레의 열처리 과정에서 ASM은 안토시아닌 성분의 감소를 억제시킴으로써 색가 및 색도의 a값 저하를 억제하는 역할을 하는 것으로 확인되었다.

농축 딸기 꺾레의 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량

열처리한 농축 딸기 꺾레의 총 폴리페놀 함량과 안토시아닌 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 폴리페놀 화합물은 2차 대사산물로서 다양한 구조를 가지며 분자 내에 포함된 페놀성 하이드록실(phenolic hydroxyl, OH)기가 단백질 및 거대 분자와 결합함으로써 항산화(30), 항암(31) 등의 생리활성을 나타낸다. 또한, α -amylase와 α -glucosidase의 활성을 제어함(32)으로써 비만과 type II 당뇨병(33)을 예방할 수 있다. 총폴리페놀 함량에서는 대조군과 1% CA 처리군의 결과 값이 각각 28.402 mg/g과 28.937 mg/g으로 유의적 차이가 없었으며, 1% CA+1% ASM의 결과 값은 42.358 mg/mL로 가장 높은 총폴리페놀 함량을 보였고 다른 두 시료와는 5% 내에서 유의성 차이가 있었다.

안토시아닌은 수용성 플라보노이드 색소로서 식물체에 존재하며 적색에서 청색에 이르는 다양한 색을 발현하는 색

Table 2. Color value and chromaticity of concentrated strawberry puree after heat treatment

| Sample | Color value (E 10%, 1 cm) | Chromaticity | | |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | L | a | b |
| Control | 6.905±0.256 ^{c3)4)} | 47.622±2.197 ^a | 13.182±1.046 ^c | 6.806±0.918 ^a |
| 1% CA ¹⁾ | 9.539±0.394 ^b | 46.938±2.598 ^a | 15.616±1.152 ^b | 6.644±0.878 ^a |
| 1% CA+1% ASM ²⁾ | 13.027±0.496 ^a | 48.026±2.026 ^a | 24.360±1.458 ^a | 6.570±0.820 ^a |

¹⁾Citric acid. ²⁾Acidic sodium metaphosphate.

³⁾The values represent the mean±SD (n=3).

⁴⁾Means with different letters (a-c) within columns are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

Table 4. Antioxidant activities of concentrated strawberry puree after heat treatment (%)

| Sample | DPPH radical scavenging activity | SOD-like activity | Hydroxyl radical scavenging activity |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Control | 58.148±3.778 ^{c3)4)} | 18.051±1.947 ^c | 12.658±1.598 ^b |
| 1% CA ¹⁾ | 72.638±0.541 ^b | 28.198±3.709 ^b | 24.367±2.447 ^a |
| 1% CA+1% ASM ²⁾ | 83.763±1.012 ^a | 37.728±1.264 ^a | 25.123±2.403 ^a |

¹⁾Citric acid. ²⁾Acidic sodium metaphosphate.

³⁾The values represent the mean±SD (n=3).

⁴⁾Means with different letters (a-c) within columns are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

Table 5. Sensory scores of concentrated strawberry puree after heat treatment

| Sample | Color | Viscosity | Taste | Overall preference |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Control | 5.364±0.924 ^{NS3)4)} | 5.455±1.864 ^{NS} | 4.545±1.368 ^{b5)} | 4.783±1.265 ^{NS} |
| 1% CA ¹⁾ | 5.455±1.214 | 5.329±0.786 | 5.818±1.537 ^a | 5.273±1.104 |
| 1% CA+1% ASM ²⁾ | 5.818±2.483 | 5.147±1.612 | 5.162±1.673 ^{ab} | 4.927±1.104 |

¹⁾Citric acid. ²⁾Acidic sodium metaphosphate.

³⁾The values represent the mean±SD. ⁴⁾Not significant.

⁵⁾Means with different letters (a,b) within columns are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

소이고 모두 안토시아닌(anthocyanidin) 배당체로서 안토시아닌은 flavylium(2-phenyl-1-benzopyrylium)의 기본구조에 수산기 또는 메톡실기가 치환되어 있는 구조를 가진다. 강한 항산화 작용이 혈관계질환, 암, 당뇨, 신경계질환 등의 치료에 효과가 있다(34). 반면에 안토시아닌은 열에 민감하여 블랙베리 꺾레 제조과정의 경우 95°C에서 3분간 열처리 시 43%의 함량 감소가 일어났다는 연구 결과가 있다(35). 총안토시아닌 함량에서는 1% CA+1% ASM 처리군이 3.049 mg/100 g으로 가장 높은 값을 보였으며 다른 두 시료와는 5% 내에서 유의성 차이가 있었고 1% CA 처리군, 대조군은 각각 1.140 mg/100 g, 0.757 mg/100 g으로 나타났다. 이 결과를 통해 ASM 처리가 pH를 낮춤으로써 열처리 과정에서 총폴리페놀과 안토시아닌 함량 감소를 억제시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

농축 딸기 꺾레의 항산화 활성

열처리한 농축 딸기 꺾레의 항산화 활성을 측정한 결과는 Table 4와 같다. DPPH는 천연소재로부터 항산화 활성을 분석하는 데 많이 이용되며 비교적 안정한 free radical로서 항산화제, 방향족 아민류 등에 환원되어 색이 탈색되는 원리를 이용하여 측정하게 된다(36). 대조군의 DPPH 라디칼 소거능은 58.148%, 1% CA 처리군은 72.638%, 1% CA+1% ASM 처리군은 83.763%의 값을 나타내었으며 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보였다. 이상의 결과에서 총폴리페놀과 안토시아닌 함량이 가장 높았던 1% CA+1% ASM 처리군(Table 3)에서 항산화능인 DPPH 라디칼 소거능 역시 가장 높은 결과 값을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

SOD(superoxide dismutase)는 생체 내에서 O_2^- (superoxide)의 소거에 관여하는 효소이며 생체 내에서 생성된 활성산소는 체내에서 산화적 장애를 초래하게 되므로 이러한 현상의 억제 정도를 분석하기 위하여 SOD-like activity를 측정하게 된다(37). SOD-like activity 측정한 결과 대조

군과 1% CA 처리군은 각각 18.051과 28.198%로 나타났고 1% CA+1% ASM 처리군이 37.728%로 가장 높은 결과를 보였으며 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보였다.

Hydroxy radical 소거 활성에서는 대조군, 1% CA 처리군, 1% CA+1% ASM 처리군의 결과 값이 각각 12.658, 24.367, 25.123%로 나타났다.

본 연구 결과 열처리 과정에서 ASM 처리가 항산화 활성 저하를 억제해주는 역할을 하는 것으로 나타났다.

농축 딸기 꺾레의 관능검사

열처리한 농축 딸기 꺾레의 기호도 측정 결과 Table 5와 같으며 색상에서는 1% CA+1% ASM 처리군이 가장 높았으며 1% CA 처리군, 대조군 순이었다. 점도는 대조군이 가장 높았으며 1% CA 처리군, 1% CA+1% ASM 처리군 순으로 나타났다. 맛에서는 1% CA 처리군이 가장 높았으며 1% CA+1% ASM 처리군, 대조군 순이었다. 1% CA 처리군과 대조군 간에서 5% 내에서 유의적 차이를 보였다. 전체적인 기호도에서는 1% CA 처리군이 가장 높았고 1% CA+1% ASM 처리군, 대조군 순이었다. 색상, 점도 및 전체적인 기호도 항목에서는 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보이지 않았다.

요 약

본 연구는 농축 딸기 꺾레를 제조 시 구연산(CA) 또는 산성 메타인산나트륨(ASM)을 산미료로 이용하여 열처리 과정에서 농축 딸기 꺾레의 폴리페놀과 안토시아닌과 같은 기능성 성분 농도와 항산화 활성의 저하를 최소화시키는 데 있다. 열처리한 농축 딸기 꺾레의 색상은 1% CA+1% ASM 처리군이 13.027로 가장 높았고, 1% CA 처리군이 9.539, 대조군이 6.905의 순으로 나타났다. 총안토시아닌 함량에서도 1% CA+1% ASM 처리군이 3.049 mg/100 g, 1% CA 처리

군, 대조군 순으로 각각 1.140 mg/100 g, 0.757 mg/100 g으로 나타났다. 항산화 활성으로써 DPPH 라디칼 소거능의 경우 대조군은 58.148%, 1% CA 처리군은 72.638%, 1% CA+1% ASM 처리군은 83.763%로 나타났다. 모든 분석치에서 대조군과 1% CA+1% ASM 처리군 간에는 5% 내에서 유의성 차이가 있었다. 기호도 검사 결과 전체적인 기호도에서는 1% CA 처리군이 가장 높았고 1% CA+1% ASM 처리군, 대조군 순이었으나 세 처리군 간에 5% 내에서 유의적 차이를 보이지 않았다. 본 결과를 통해 ASM 처리가 열처리 과정에서 기능성 성분과 생리활성의 저하를 억제해주는 역할을 하는 것으로 나타났으며 새로운 산미료로서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ010919)의 지원에 의한 연구 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kim DY, Kim SK, Chen C, Kim S, Chae WB, Kwak JH, Park S, Cheong SR, Yoon MK. 2013. Variation of anthocyanin content and estimation of anthocyanin content from colorimeter among strawberry accessions. *Korean J Breed Sci* 45: 339-345.
- Terefe NS, Yang YH, Knoerzer K, Buckow R, Versteeg C. 2010. High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 11: 52-60.
- Cho JI, Ha SD, Kim KS. 2004. Inhibitory effects of temperature, pH, and potassium sorbate against natural microflora in strawberry paste during storage. *Korean J Food Sci Technol* 36: 355-360.
- da Silva FL, Escribano-Bailón MT, Pérez Alonso JJ, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT-Food Sci Technol* 40: 374-382.
- Yoshida Y, Koyama N, Tamura H. 2002. Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: Changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonylglucoside. *J Japan Soc Hort Sci* 71: 355-361.
- Gsziano JM, Manson JE, Branch LG, Colditz GA, Willett WC, Buring JE. 1995. A prospective study of consumption of carotenoids in fruits and vegetables and decreased cardiovascular mortality in the elderly. *Ann Epidemiol* 5: 255-260.
- Prior RL, Wu X. 2006. Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free Radic Res* 40: 1014-1028.
- Routray W, Orsat V. 2011. Blueberries and their anthocyanins: Factors affecting biosynthesis and properties. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 10: 303-320.
- Castañeda-Ovando A, Pacheco-Hernández MDL, Páez-Hernández ME, Rodríguez JA, Galán-Vidal CA. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chem* 113: 859-871.
- García-Viguera C, Zafrilla P, Romero F, Abellán P, Artés F, Tomás-Barberán FA. 1999. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *J Food Sci* 64: 243-247.
- Martynenko A, Chen Y. 2016. Degradation kinetics of total anthocyanins and formation of polymeric color in blueberry hydrothermodynamic (HTD) processing. *J Food Eng* 171: 44-51.
- Sui X, Dong X, Zhou W. 2014. Combined effect of pH and high temperature on the stability and antioxidant of two anthocyanins in aqueous solution. *Food Chem* 163: 163-170.
- Gössinger M, Moritz S, Hermes M, Wendelin S, Scherbichler H, Halbwirth H, Stich K, Berghofer E. 2009. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *J Food Eng* 90: 171-178.
- Verbeyst L, Oey I, Plancken IVD, Hendrickx M, Loey AV. 2010. Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. *Food Chem* 123: 269-274.
- Patras A, Brunton NP, Da Pieve S, Butler F. 2009. Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 10: 308-313.
- Hernández-Herrero JA, Frutos MJ. 2014. Colour and antioxidant capacity stability in grape, strawberry and plum peel model juices at different pHs and temperatures. *Food Chem* 154: 199-204.
- Martinez MV, Whitaker JR. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci Technol* 6: 195-200.
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16: 144-158.
- Lee J, Durst 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.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- 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.
- Gutteridge JMC. 1984. Reactivity of hydroxyl and hydroxyl-like radicals discriminated by release of thiobarbituric acid-reactive material from deoxy sugars, nucleosides and benzoate. *Biochem J* 224: 761-767.
- Volden J, Borge GIA, Bengtsson GB, Hansen M, Thygesen IE, Wicklund T. 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*). *Food Chem* 109: 595-605.
- Torskangerpoll K, Andersen ØM. 2005. Colour stability of anthocyanins in aqueous solutions at various pH values. *Food Chem* 89: 427-440.
- He J, Giusti MM. 2011. High-purity isolation of anthocyanins mixtures from fruits and vegetables—A novel solid-phase extraction method using mixed mode cation-exchange chromatography. *J Chromatogr A* 1218: 7914-7922.
- Guillotin S, Sanoner P, Renard CMGC. 2009. Stabilisation of the colour of anthocyanins in solutions by admixture with phytochemicals from apple. *J Horticult Sci Biotechnol* 84: 96-99.
- Kim HS, Kang EJ, Kim WS, Kim MH. 2014. Study to find the optimal purification processing conditions of anthocyanin from *Bokbunja* byproducts. *Food Eng Prog* 18: 25-31.

28. Cooper-Driver GA. 2001. Contributions of Jeffrey Harborne and co-workers to the study of anthocyanins. *Phytochemistry* 56: 229-236.
29. Pan YZ, Guan Y, Wei ZF, Peng X, Li TT, Qi XL, Zu YG, Fu YJ. 2014. Flavonoid C-glycosides from pigeon leaves as color and anthocyanin stabilizing agent in blueberry juice. *Ind Crops Prod* 58: 142-147.
30. Kim SM, Kim DY, Park HR, Seo JH, Yeom BM, Jin YJ, Pyo YH. 2014. Screening the antioxidant components and antioxidant activity of extracts derived from five varieties of edible spring flowers. *Korean J Food Sci Technol* 46: 13-18.
31. Tsai HC, Li YC, Hsu SH, Young TH, Chen MH. 2016. Inhibition of growth and migration of oral and cervical cancer cells by citrus polyphenol. *J Formosan Med Assoc* 115: 171-185.
32. McDougall GJ, Stewart D. 2005. The inhibitory effects of berry polyphenols on digestive enzymes. *Biofactors* 23: 189-195.
33. Tsuda T, Horio F, Uchida K, Aoki H, Osawa T. 2003. Dietary cyanidin 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J Nutr* 133: 2125-2130.
34. Konczak I, Zhang W. 2004. Anthocyanins – more than nature's colours. *J Biomed Biotechnol* 2004: 239-240.
35. Hager TJ, Howard LR, Prior RL. 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products. *J Agric Food Chem* 56: 689-695.
36. Lee JM, Chang PS, Lee JH. 2007. Comparison of oxidative stability for the thermally-oxidized vegetable oils using a DPPH method. *Korean J Food Sci Technol* 39: 133-137.
37. So SS. 2008. Growth and utility of *Rhodiola sachalinensis* in Baekdu mountain. II. Activities of superoxide dismutase in portions of seedlings. *Korean J Environ Biol* 26: 349-354.