



Antioxidant capacity of anthocyanin-rich fruits and vegetables and changes of quality characteristics of black carrot added pudding according to storage

Suna Kang¹ · Soo Hyun Lee¹ · Young Nam Shim¹ · Min Ji Oh¹ · Na Ra Lee² · Sunmin Park¹

안토시아닌 함유 과채소류의 생리활성성분 함량과 항산화능 및 저장에 따른 자색당근 추출물 첨가 푸딩의 품질특성 비교

강선아¹ · 이수현¹ · 심영남¹ · 오민지¹ · 이나라² · 박선민¹

Received: 17 February 2016 / Accepted: 11 May 2016 / Published Online: 31 December 2016
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2016

Abstract We investigated the contents of total phenols, anthocyanins, carotenoids and the antioxidant capacity of black carrot, black currant, acaiberry, black raspberry, and blueberry. We also examined the physical and organoleptic characteristics of pudding with added black carrot extract following 7 days of storage. Black carrot and black raspberry had the highest total phenols. Blueberry contained the highest anthocyanins and black currant equaled black carrot in carotenoids. Anti-oxidant capacity measured by 1,1-diphenyl-1,2-picrylhydrazyl and 2,2-azino-bis-3-ethyl-benzothiazolin-6-sulfonic acid was highest in black raspberry and black currant followed closely by black carrot. In pudding, redness was increased and blueness decreased by adding black carrot extract, but the trend was partially reversed during 7-day storage due to oxidation of the anthocyanins, which are stable in acid situation. As black carrot extract contents were increased, pH value decreased.

The pudding's hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness were optimal with 7.5 % black carrot extract. In conclusion, black carrot is moderately rich in anthocyanins and phenolic compounds. In pudding adding 7.5 % black carrot extract was optimal for organoleptic qualities. However, additional studies are needed to develop methods for protecting anthocyanins from breaking-down during storage of back carrot pudding.

Keywords Anthocyanins · Antioxidant capacity · Black carrot · Pudding · Storage

서론

현대사회는 서구화된 식습관으로 인하여 성인 뿐 아니라 아동들까지 비만, 고혈압, 고지혈증 등 다양한 질환으로 어려움을 겪고 있다(Choi 등, 2011). 이러한 변화로 인해 사람들은 식품을 섭취할 때 열량, 지방함량, 기능성 성분 함량 등 식품의 성분과 미타민제나 농축액, 추출물 등 식품이 가지는 기능성에 대한 관심도 높아졌다. 출시되고 있는 기능성 식품은 항비만, 당뇨개선, 면역력 증진에 효과가 있는 것들이며(Lee 등, 2014; Park 등, 2014), 이들의 공통적인 기전은 항산화 기능을 향상시키는 것들이다. 항산화 물질은 몸속에서 만들어지는 활성산소를 제거하여 세포의 과산화와 노화를 막는 역할을 한다. 식품에 포함된 대표적인 항산화 물질인 안토시아닌은 주로 빨강, 보라, 자주색을 띠는 컬러 푸드에 함유되어 있고(Michale 2000), 안토

Sunmin Park (✉)
E-mail: smpark@hoseo.edu

¹Department of Food and Nutrition, Institute of Basic Science, Hoseo University, Asan-Si, Chungnam, Republic of Korea

²Department of Nanobiomechanics, Hoseo University, Asan-Si, Chungnam, Republic of Korea

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

시아닌이 함유된 과채소로는 자색당근(black carrot), 블랙커런트(black currant), 아사이베리(acaiberry), 복분자(rubus coreanus; Korean black raspberry), 블루베리(blueberry), 자색고구마, 비트 등이 있다. 안토시아닌은 3-hydroxy-anthocyanidins, 3-deoxy-anthocyanidins, O-methylated anthocyanidins, anthocyanidin glycosides, acylated anthocyanins 등 다양한 형태로 존재하며 체내에서 생리활성물질로 작용하므로 그 효과를 밝혀내는 다양한 연구들이 진행되고 있다(Bagchi 등, 2004). 식품별로 그 안에 존재하는 안토시아닌의 종류는 매우 다양하고 이들의 함유량도 다르며, 함유되어 있는 안토시아닌의 종류와 함량에 따라 그 효능에 차이가 있다(Holton과 Cornish 1995).

자색당근은 자색을 띠는 당근으로 일반적인 황색당근처럼 칼로리도 낮고, β -carotene, vitamin A, 안토시아닌 등의 생리활성 물질을 가진 작물이다(Novotny 등, 1995; Seda와 Unal 2007). 자색당근은 cyanidin을 기본으로 한 안토시아닌과 이들에 glucosides나 acetate가 결합된 안토시아닌인 peonidin, pelargonidin을 함유하고 있다(Montilla 등, 2011; Xu 등, 2014). 블랙커런트는 펙틴과 산이 많이 함유되어 있는 작물로 작물 내 많은 양의 안토시아닌이 함유되어 있어 이를 상품화시키는 연구들이 진행되고 있다(Nielsen 등, 2003). 블랙커런트 내 존재하는 안토시아닌은 delphinidin-3-O-glucoside, delphinidin-3-O-rutinoside 등의 형태로 존재한다(Kapasakalidis 등, 2006). 아사이베리는 식이섬유소가 많고 당도가 낮으며 불포화 지방산을 함유한 작물이다. 아사이베리가 함유하는 안토시아닌과 폴리페놀은 노화방지뿐만 아니라 심장질환을 예방하고 시력 회복과 암 예방 및 소화기능을 개선하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 아사이베리는 cyanidin 3-glucoside and cyanidin 3-rutinoside 형태의 안토시아닌을 주로 함유하고 있다(Schauss 등, 2006). 복분자는 한방에서 강장제, 강정제 및 보간의 요약으로서 귀한 약재로 알려져 있다(Wang과 Lin 2000). 복분자는 플라보노이드, 안토시아닌 등의 폴리페놀 성분이 풍부하고, 항산화 효과, 항암 효과, 항균 효과, 면역증진 효과 등의 생리활성이 보고되고 있다. 복분자는 cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinoside, and pelargonidin-3-glucoside를 함유하고 있는 작물이다. 블루베리는 안토시아닌과 폴리페놀 함량이 높은 과일로 알려져 있다(Hwang과 Ko 2010). 블루베리는 delphinidin-3-O-b-glucoside, cyanidin-3-O-b-glucoside, peonidin-3-O-b-glucoside, malvidin-3-O-b-glucoside를 함유하고 있다(Cristina 등, 2005).

본 연구에서는 1) 안토시아닌 함유하고 있는 과채소류의 생리활성 물질인 total phenol, flavonoid, anthocyanin, carotenoid 함량과 항산화능을 분석하여 비교하고, 2) 다른 작물에 비하여 우리나라에서 재배가 용이하고 가격이 저렴하며 안토시아닌 함량이 높은 자색당근 추출물의 첨가 비율을 달리한 푸딩을 제조하여 저장성에 따른 자색당근 푸딩의 품질 특성의 변화를 분석하고 관능검사를 하였다.

재료 및 방법

추출액 제조

본 실험에 사용된 자색당근(black carrot), 블랙커런트(black currant), 아사이베리(acaiberry), 복분자(rubus coreanus MIQ;

Korean black raspberry), 블루베리(blueberry)는 Wellrun B & F (Cheonan, Republic of Korea)에서 구입하여 이들을 물과 1:5로 혼합하여 약 90 °C로 6시간 동안 열수 추출한 후 이들을 농축기로 농축시켜 사용한 각 과일 함량의 30%가 되도록 제조한 농축액을 제조하여 사용하였다.

푸딩 제조에 필요한 가루 젤라틴은 Kraft Food Inc. (Chicago, IL, USA)에서 구입하여 사용하였고, 우유(Namyang Dairy Product Co., Ltd, Seoul, Korea), 생크림(Dongwon Dairy Food Co., Ltd., Seoul, Korea), 설탕(CJ 제일제당, Seoul, Korea), 대두레시틴(이에스기술연구소, Gyeonggi, Korea)을 사용하였으며 Wellrun B & F (Cheonan, Korea)에서 제조한 자색당근 농축액을 첨가하여 푸딩을 제조하였다.

시약

각 실험에 사용된 시약은 methanol, Folin-ciocalteu reagent, diethylene glycol, NaOH, Tris-HCl, Na_2CO_3 , sodium acetate, 1,1-diphenyl-1,2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2-azino-bis-3-ethyl-benzothiazolin-6-sulfonic acid (ABTS), potassium persulfate로 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

총 페놀(total phenol) 함량 측정

총 페놀 함량은 Swain의 방법을 응용하여 실험하였다(Swain과 Hillis 1959). 시료 3 mL에 methanol 9 mL를 가한 후 실온에서 15 h 동안 교반하여 추출한 후, 원심분리를 하고 상등액을 얻어 분석에 사용하였다. 각 분석시료 1 mL에 folin-ciocalteu reagent 0.1 mL을 넣고 1분간 방치한 후, 10% Na_2CO_3 용액 200 μL , 증류수 2 mL을 첨가하여 실온 암실조건에서 1시간 방치하였다. 12,000 rpm으로 10 min간 원심분리 후 UV/Vis 분광광도계(Perkin Elmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 9회 반복 실험하였다.

총 플라보노이드(total flavonoids) 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Jia 등의 방법(1999)을 응용하여 측정하였다. 자색당근, 블랙커런트, 아사이베리, 복분자, 블루베리 농축액을 3 mL씩 추출하고 각각의 시료에 methanol 9 mL를 가한 후 실온에서 15 h 동안 교반한 후, 원심분리를 하여 상등액을 취하여 분석용 시료로 사용하였다. 분석 시료 용액 0.5 mL에 diethylene glycol 5 mL을 가하여 5 s 동안 혼합한 후 1 N NaOH 0.5 mL을 가하고 37 °C 수조에서 1 h 동안 방치시킨 후 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 9회 반복 측정하였다.

총 안토시아닌(total anthocyanins) 함량 측정

시료 6 mL에 100% methanol 10 mL를 가한 후, 실온에서 15 h 동안 교반하여 추출한 후, 원심분리를 하여 상등액만을 취하여 분석용 시료로 사용하였다. 분석 시료용액 1 mL에 0.2 M sodium acetate (pH 1.0) 9 mL을 넣고 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 9회 반복 측정하였다.

총 카로티노이드(total carotenoids) 함량 측정

자색당근, 블랙커런트, 아사이베리, 복분자, 블루베리 시료 0.3 mL에 각각 메탄올 50 mL를 가한 후 실온에서 1시간 동안 교반하여 추출한 후, 원심분리를 하고 정용 플라스크에 상등액

만을 취하였다. 메탄올로 100 mL까지 정용한 후 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 483 nm에서 흡광도를 9회 반복 측정하였다.

DPPH를 이용한 항산화능 측정

자유 라디칼의 활성을 억제하는 항산화 물질은 자유 라디칼인 DPPH를 사용하였고 Blois의 방법 (1958)을 응용하여 DPPH를 측정하였다. DPPH를 ethanol에 녹인 후 증류수에 200배 희석한 자색당근, 블랙커런트, 아사이베리, 복분자, 블루베리 분석시료 용액(sample) 120 µL에 DPPH시약 60 µL를 넣고 상온에서 15 min간 반응시켜 분광광도계(Lambda 25 UV/VIS spectrometer, Perkin Elmer)를 이용하여 517 nm에서 흡광도(optical density, O.D.)를 측정하였다. 대조 약물로는 L-ascorbic acid를 사용하였고, DPPH의 라디칼 소거능은 다음 식으로 나타내었다. 10회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균값으로 나타내었다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = 1 - (\text{Sample O.D.}) / (\text{control O.D.}) * 100$$

Sample O.D.: 시료를 가한 시험액의 흡광도
Control O.D.: 시료 대신 ethanol 을 가한 시험액의 흡광도

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등 (1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. ABTS에 potassium persulfate를 넣어 24 h 동안 암실에서 반응시킨 후 10배 ethanol에 희석하여 ABTS 시약을 만든 후 증류수에 200배 희석한 분석시료 용액(sample) 100 µL에 ABTS시약 100 µL를 가한 후 10분간 반응시키고 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 415 nm에서 흡광도(optical density, O.D.)를 측정하였다. 10회 반복 실험하여 평균값으로 결과를 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \{(\text{Blank O.D.} - \text{Sample O.D.}) / \text{Blank O.D.}\} * 100$$

자색당근을 첨가한 푸딩제조

푸딩 제조 배합비는 Table 1에 나타내었다. 젤라틴에 물: 자색당근 추출액 비율을 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 (total 40 mL)으로 다르게 하여 섞은 것을 미리 준비하고, 생크림, 대두레시틴, 우유, 설탕 순서로 넣어 끓이고 끓기 시작하면 불을 끄고 미리 준비한 젤라틴을 넣어 푸딩을 제조하였다. 불려놓은 젤라틴을 넣어 젤라틴이 잘 녹도록 저어준 후 푸딩을 제조하였다. 자색당근을 첨가하지 않은 것을 대조군으로 선정하였고, 자색당근 추출액

10, 20, 30 mL를 첨가한 자색당근 푸딩을 제조하였다.

pH 및 당도 분석

푸딩에 자색당근 비율을 다르게 첨가하여 pH와 당도를 측정하였다. pH는 pH meter를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 당도는 PAL-1 디지털 당도계(ATAGO Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

색도 측정

자색당근을 함량을 달리 첨가한 푸딩의 색도는 색차계(CM-3500D, Minolta, Japan)를 사용하여 L값(명도; 0 (black) 100 (white)), a값 (적색도; -80 (green) 100 (red)), b값 (황색도; -70 (blue) 70 (yellow))을 측정하였다. 자색당근 농축액이 첨가된 푸딩을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

물성 측정

자색당근 첨가한 푸딩은 Texture analyzer (Texture analyzer TA-XT Express, Texture Technologies Co., Ltd., England)를 사용하여 대조군 및 자색당근이 첨가된 푸딩의 물성을 측정하였다. 푸딩 제조 후 가로, 세로, 높이를 각각 4×4×4 cm씩 준비하여 경도 (Hardness), 점착성 (Adhesiveness), 결합성 (Cohesiveness), 씹힘성 (Chewiness), 탄성 (Springiness), 끈적임 (Gumminess)과 같은 6가지 항목을 7일간 3회 반복 측정을 하였다.

푸딩 관능 평가

호서대학교 식품영양학과 학생 20명을 대상으로 자색당근 농축액을 첨가한 푸딩의 관능적 평가를 5점 척도법으로 평가하였다. 평가 항목으로는 색(color), 맛(taste), 향미(flavor), 조직감(texture), 전체적인 선호도(overall preference)의 5가지 항목으로 평가하였으며, 평가 점수는 매우 좋다 5점, 적당하다 3점, 매우 나쁘다 1점으로 나타내었다.

통계처리

실험 결과는 통계 처리하여 평균 ± 표준편차로 측정하였다. SAS (7.0, SAS, Cary, NC, USA)를 이용하여 5가지 과채류군들 사이의 통계적 유의성은 one-way ANOVA로 측정하였다. 자색당근 첨가 푸딩은 자색당근첨가량과 저장 기간에 따른 통계적 유의성을 two-way ANOVA로 검정하였다. 군들 사이에 통계적 유의성이 있을 때 군들 사이의 통계적 유의성은 Tukey test에 의해서 검정하였다. 통계적 유의성의 기준은 p < 0.05로 정의하였다.

Table 1 Formula of the pudding with different levels of black carrot extracts

Ingredients	Black carrot extract contents			
	0 %	3.7 %	7.5 %	11.4 %
Milk (mL)	150	150	150	150
Fresh cream (mL)	50	50	50	50
Sugar (g)	30	30	30	30
Gelatin (g)	2.7	2.7	2.7	2.7
Soybean lecithin (g)	1	1	1	1
Black carrot extract (mL)	0	10	20	30
Water (mL)	40	30	20	10

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

5가지 과채소류 자색당근, 블랙커런트, 아사이베리, 복분자, 블루베리 추출액의 총 페놀함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 복분자, 자색당근, 블랙커런트, 블루베리, 아사이베리 순으로 총 폴리페놀 함량이 높았다. 총 폴리페놀 함량을 연구한 다른 연구 결과 블루베리는 393 mg/100 g, 블랙커런트는 347 mg/100 g (Fukumoto과 Mazza 2000), 자색당근은 350.5 mg/100 g (Kaur

□ Black carrot □ Black currant ■ Acaiberry ■ Raspberry ■ Blueberry

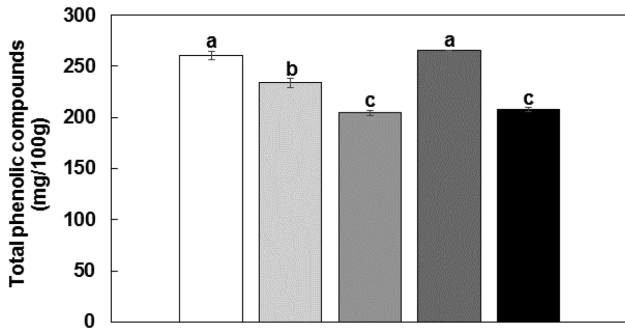


Fig. 1 Total phenolic compounds of black carrot, black currant, acaiberry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean \pm SD ($n=9$). ^{a,b,c}Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at $p < 0.05$

□ Black carrot □ Black currant ■ Acaiberry ■ Raspberry ■ Blueberry

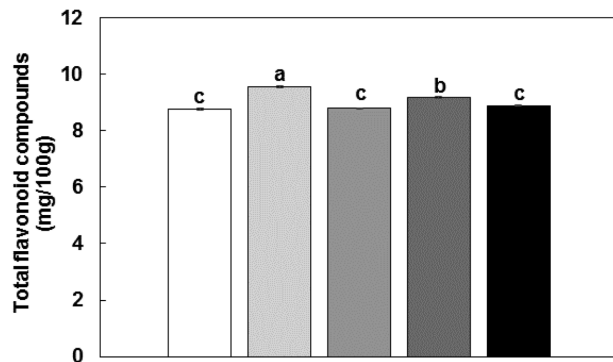


Fig. 2 Total flavonoid contents of black carrot, black currant, acaiberry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean \pm SD ($n=9$). ^{a,b,c}Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at $p < 0.05$

과 Harish 2002)로 본 연구결과와 유사한 양상을 보였다. Nicolle 등(2004)은 품종 별 당근의 생리활성 물질 함량을 연구하였는데 주황색 당근에 비하여 자색당근 내 phenol 화합물이 더 많이 들어있다고 보고하였다(Orange cultivar's total phenolic acid: 300600, purple cultivar's: 9001,700 mg of gallic acid equivalent/100 g dry weight).

총 플라보노이드 함량 분석 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 플라보노이드 함량은 블랙커런트, 복분자, 블루베리, 아사이베리, 자색당근 순으로 나타났다. 블랙커런트의 플라보노이드 함량이 가장 높았으며 자색당근이 가장 적게 나타났다. Häkkinen 등 (1999)은 베리류의 플라보노이드 및 페놀 함량에 대하여 연구하였는데, 블루베리보다 블랙 커런트의 플라보노이드 함량이 높은 경향을 보였다고 보고하였다. Park 등(2012)은 물, 50% 에탄올로 블루베리를 추출하여 총 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 함량을 측정하였는데, 에탄올로 추출하였을 때의 값이 물로 추출하였을 때 보다 2배 이상 높은 값을 나타내었고, 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량 비율이 약 2:1의 값을 나타내었다고 보고하였다(total polyphenol: 12.62 mg/mL, total flavonoid: 6.51 mg/mL).

□ Black carrot □ Black currant ■ Acaiberry ■ Raspberry ■ Blueberry

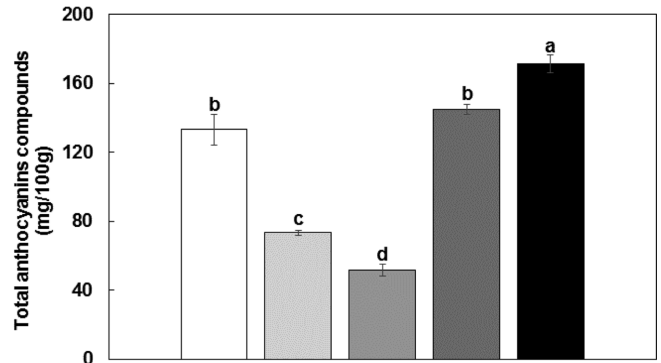


Fig. 3 Total anthocyanin compounds of black carrot, black currant, acaiberry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean \pm SD ($n=9$). ^{a,b,c,d}Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at $p < 0.05$

□ Black carrot □ Black currant ■ Acaiberry ■ Raspberry ■ Blueberry

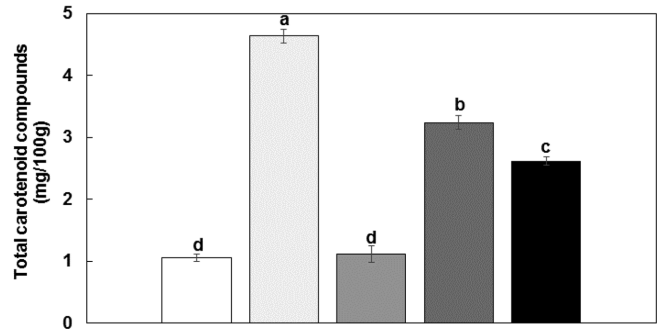


Fig. 4 Total carotenoid contents of black carrot, black currant, acaiberry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean \pm SD ($n=9$). ^{a,b,c,d}Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at $p < 0.05$

총 안토시아닌 함량 및 카로티노이드 함량 측정

총 안토시아닌 함량을 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 블루베리 추출액이 가장 높은 값을 나타내었고 다음으로 복분자, 자색당근, 블랙커런트, 아사이베리 순으로 나타났다. Puupponen 등 (2001)은 베리류 내 페놀 화합물에 대하여 연구하였는데, 안토시아닌 함량이 블루베리는 260 mg/g dry weight, 블랙커런트 106 mg/g dry weight, 복분자는 24 mg/g dry weight 값을 나타내었다고 보고하였다. 다른 논문에서는 블루베리 233, 블랙커런트 213 mg/100 g wet weight의 값을 나타내었다(Fukumoto과 Mazza 2000). 본 실험 결과에서는 블루베리, 복분자 순으로 안토시아닌의 함량이 높은 것으로 나타났으나 이러한 결과는 사용한 재료의 품종과 재배지에 따른 차이 때문으로 사료된다.

총 카로티노이드 함량 결과는 Fig. 4에 나타내었고, 블랙커런트, 복분자, 블루베리, 아사이베리, 자색당근 순으로 높은 값을 나타내었다. 다른 실험 결과 carotenoids 함량은 아사이베리 963.7 μ g/100 g (Kang 등, 2012), 복분자 370 μ g/g, 블루베리 290 μ g/g, 블랙커런트 280 μ g/g (Marinova과 Ribarova 2007) 값을 나타내어 안토시아닌 함유 과일에도 카로티노이드가 상당히 함유되어 있었고, 총 페놀 함량에서 연구 Nicolle (2004)의 연구결

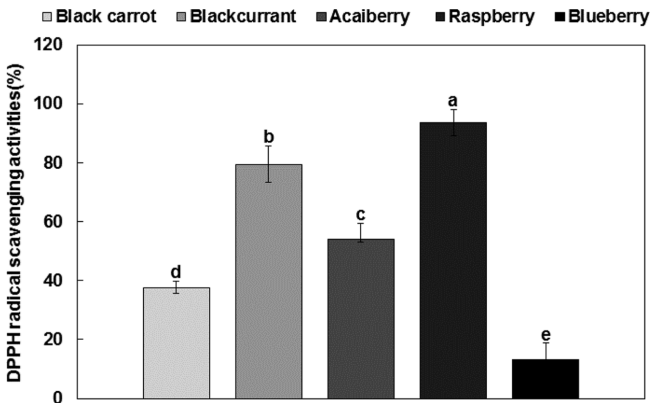


Fig. 5 1,1-diphenyl-1,2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of black carrot, black currant, acai berry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean ± SD (n=10). ^{a,b,c,d,e} Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

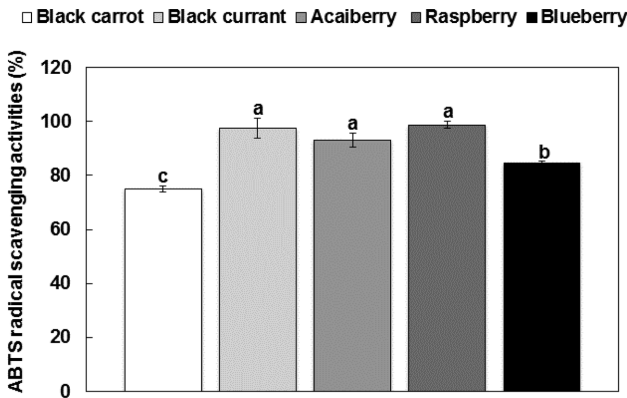


Fig. 6 2,2-azino-bis- 3-ethyl-benzthiazolin-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity of black carrot, black currant, acai berry, raspberry, and blueberry. Each bar and error bar represents mean ± SD (n=10). ^{a,b,c} Bars on the different alphabets were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

과에서도 자색당근은 주황색 당근에 비하여 약 열배 이상 낮은 카로티노이드를 함유하고 있었다(orange: 6,44812,524, purple: 493605 µg/100g fresh weight).

총 페놀 화합물을 제외한 모든 실험에서 블랙커런트의 값이 가장 높게 나타났다. 블랙커런트는 안토시아닌 외에 hydroxybenzoid acid, myricetin, morin, quercetin 등 다량의 flavonoid 화합물을 가지고 있어(Mikkonen 등, 2001) 생리활성물질 함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정

5가지 과채소류의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. DPPH는 라디칼을 시료 내 항산화 물질이 제거하면서 그 색의 변화를 측정하는 항산화 실험이다. 복분자 추출액의 라디칼 소거능이 93.60%로 가장 높았으며 블랙커런트 추출액이 79.38%를 나타내었고 아사이베리, 자색당근, 블루베리 순으로 높은 라디칼 소거능을 나타내었다.

Table 2 pH and sugar contents of pudding containing different levels of black carrot extracts

Characteristics	Black carrot extract contents			
	0 %	3.7 %	7.5 %	11.4 %
pH	7.17±0.01 ^a	7.13±0.02 ^b	7.04±0.01 ^c	6.98±0.02 ^d
Sugar content (Brix)	24.3±0.2	24.5±0.2	24.2±0.2	24.5±0.2

Values are mean ± SD (n=3)
^{a,b,c,d} Means with different superscripts were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

ABTS 라디칼 결과는 Fig. 6에 나타내었다. ABTS radical을 이용한 항산화력은 ABTS⁺ free radical 이 시료 내 항산화 물질에 의해 제거되면서 그 색의 변화로 항산화 능력을 측정하는 실험이다. 블랙커런트, 복분자, 아사이베리가 높은 값을 나타내었고, 블루베리, 자색당근 순서로 높은 라디칼 소거능을 나타내었다. Flis 등(2012)은 블루베리의 ABTS 능이 230~360 µMTE/g 값을 나타내었고, 라즈베리는 119 µMTE/g 값을 나타내었다. Jong 등(2012)은 ABTS와 DPPH 실험에서 블랙 커런트의 농도가 높아질수록 그에 따른 항산화 능력도 비례하여 증가한다고 보고하였다.

베리류의 항산화능을 분석한 Octavio 등(2010)은 DPPH, ABTS 실험 결과 레드커런트, 복분자, 블루베리 순으로 항산화 능력이 좋다고 보고하였다. Ra 등(1997)은 양파의 추출 용매를 달리하여 total phenol 함량을 구하고 양파껍질의 항산화 효과를 연구하였는데, 총 페놀함량이 높아질수록 수소공여능이 높아지는 것으로 보아 항산화 물질이 free radical acceptor로 작용하여 항산화 작용을 나타내었다고 보고하였다(총 폴리페놀 함량: 482.4, 635.8, 661.3 mg%; 수소 공여능: 0.46, 0.58, 0.69). 본 실험 결과에서도 자색당근을 제외하고 총 폴리페놀 함량 값과 DPPH, ABTS 값이 유사하게 나타났다.

pH 및 당도 분석

자색당근 추출액의 함량을 달리한 푸딩의 pH 및 당도 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 자색당근 내 안토시아닌은 pH 측정 방법에 따라 안토시아닌의 구조가 변하면서 pH 값이 달라 지므로(Lee 등, 2005; Nho 등, 2013) 외부요인에 의해 안토시아닌이 파괴되지 않도록 푸딩 제조 및 평가에서 주의하였다. 본 실험에서는 첨가된 자색당근의 비율로 인한 pH 변화만을 보았다. pH에서는 자색당근의 첨가량이 증가할수록 낮은 값을 보였고, 당도는 24.2~24.5 사이로 유사한 값을 나타내었다. Seda 등(2007)은 건조된 자색당근은 11.9°Bx를 나타내었다고 보고하였는데 실험에서 제조한 푸딩은 자색당근 농축액을 사용하고 설탕이 첨가되어 더 높은 값을 나타낸 것으로 사료된다. Kirca 등(2007)은 자색당근 내 안토시아닌의 안정성에 대해 연구하였는데, pH 4.3에서 45°Bx의 자색당근 주스를 가열하였을 때 90°C나 80°C에 비하여 70°C에서 안정적인 값을 나타내었고, pH 값이 5이상일 경우 안토시아닌 함량이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다.

색도 측정

자색당근 추출액의 첨가량을 달리한 푸딩의 색도 결과는 Table

Table 3 Color change of pudding containing different amounts of black carrot extract

Chromaticity		Black carrot extract contents		
		3.7%	7.5%	11.4%
1 day	L	67.6±0.34 ^a	59.9±0.36 ^b	56.8±0.43 ^c
	a	1.56±0.02 ^c	1.89±0.02 ^a	1.64±0.02 ^b
	b	-3.61±0.08 ^a	-5.71±0.10 ^b	-6.46±0.15 ^c
5 day	L	67.8±0.01 ^a	59.6±0.06 ^b	56.8±0.01 ^c
	a	1.33±0.01 ^c	1.65±0.01 ^a	1.44±0.01 ^b
	b	-3.51±0.02 ^a	-5.50±0.02 ^b	-6.04±0.08 ^c
7 day	L	67.7±0.23 ^a	59.7±0.42 ^b	57.7±0.39 ^c
	a	1.19±0.01 ^b	1.43±0.01 ^a	1.15±0.01 ^c
	b	-3.32±0.09 ^a	-5.54±0.12 ^b	-5.95±0.13 ^c

Values are mean ± SD (n=3)
^{a,b,c,d}Means with different superscripts were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

Table 4 Sensory evaluation of pudding with different levels of black carrot extract

Sensory evaluation	Black carrot extract contents			
	0 %	3.7 %	7.5 %	11.4 %
Color	3.75±0.16 ^a	2.9±0.26 ^b	3.75±0.25 ^a	3.65±0.23 ^a
Taste	2.95±0.29	3.35±0.23	3.55±0.26	3.6±0.23
Flavor	3.35±0.23	3±0.23	3.4±0.22	3.4±0.23
Texture	3.45±0.26	3.6±0.20	3.55±0.22	3.45±0.26
Overall preference	3.25±0.26	2.85±0.28	3.5±0.21	3.35±0.23

Values are mean ± SD (n=20)
^{a,b}Means with different superscripts were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

3에 나타내었다. 명도에 있어서는 별다른 차이를 보이지 않았고, 적색도는 자색당근 추출액이 7.5%까지는 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나 11.4%에서는 오히려 감소하였다. 갈색도는 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보이고 저장 기간이 길어질수록 갈색도가 감소하였지만 큰 차이는 없었다. 갈색도가 증가하는 것은 안토시아닌의 산화의 척도를 나타내는 것으로 안토시아닌은 산화가 빨리 진행되어 갈변화가 되는 것이 제품화에 문제가 되므로 갈색도를 줄이기 위해 항산화제의 사용이나 발효 등의 방법을 사용해 왔다. Park (2012) 등의 비타민 C가 안토시아닌의 갈변화를 방지한다고 하였는데 본 연구에서는 비타민 C와 같은 항산화제를 사용하지 않았지만 자색당근 추출물을 함유한 푸딩이 7주일 동안 적색도와 갈색도의 변화가 적어 저장성이 좋은 것으로 사료되었다.

Wallace과 Giusti (2008)는 시판되는 블루베리 요구르트, *Berberis boliviana L.*의 안토시아닌을 함유한 요구르트와 자색당근 추출물을 첨가한 자색당근 요구르트를 제조하여 색도, 페놀 화합물의 안정성을 연구하였는데, 자색당근 추출물을 20 mg/100 g yogurt 첨가하였을 때 시판되는 블루베리 요구르트와 유사한 색도를 나타내었다고 보고하였다. 요구르트의 pH는 4.6사이 값으로 보고되고 있다. Céline (2001) 등은 안토시아닌 색의 안정성에 관하여 연구하였는데 pH가 증가할수록 과일의 갈변지수가 증가하였다고 보고하였다. 본 실험의 pH 값이 높게 나

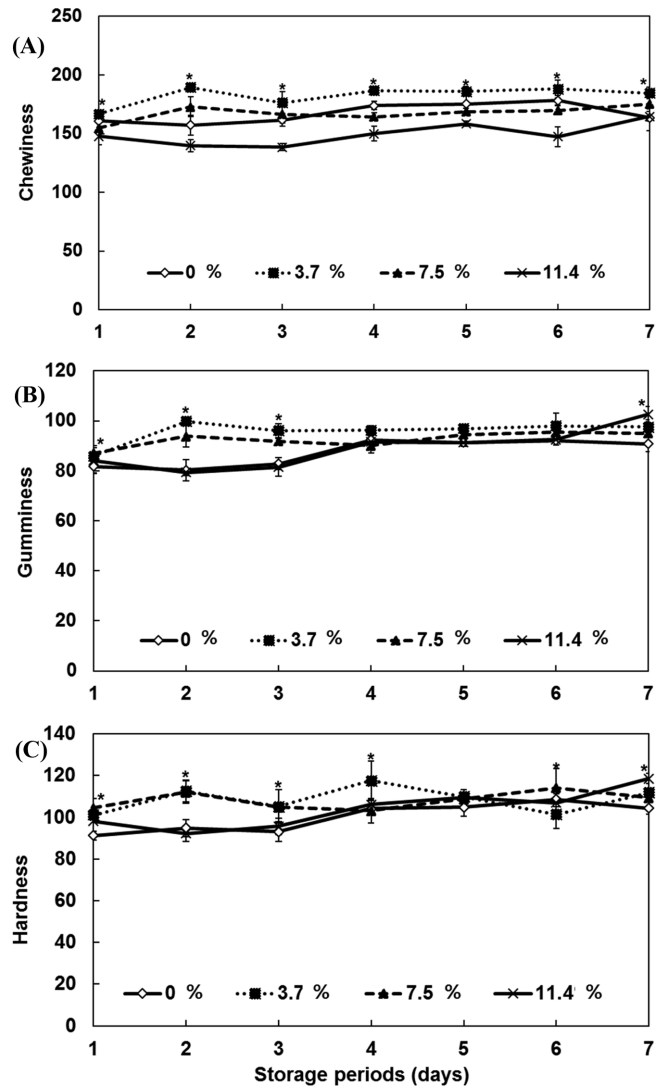


Fig 7. Texture characteristics of pudding added black carrot extracts. A: Chewiness, B: Gumminess, C: Hardness. Each dot and error bar represents mean ± SD (n=3). *Significantly different among the groups at *p* < 0.05

타난 것으로 보아 높은 pH 값이 푸딩의 청색도를 낮추는데 영향을 미친 것으로 사료된다.

물성 측정

자색당근 농축액을 첨가한 푸딩의 물성 측정값은 Table 4에 나타내었고 경도, 검성, 씹힘성을 Fig. 7에 나타내었다. 7일간 경도를 보았을 때 대조군, 실험군 모두 91~118값 사이값을 나타내었고 별다른 차이는 보이지 않았으나 자색당근을 첨가한 군의 경도가 더 높게 나타났다. 점착성에서는 자색당근 농축액이 많이 첨가할수록 낮은 값을 보였고, 대조군을 제외하고 시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였다. 탄성과 결합성에서는 대조군과 실험군 모두 별다른 차이를 보이지 않았고 검성에서는 대조군을 제외한 실험군에서 증가하는 경향을 보였다. 씹힘성은 자색당근 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였고 대조군과 3.7% 실험군은 별다른 차이를 보이지 않았다. 실험결과 시

Table 5 Texture scores of the black carrot pudding according to black carrot extract contents and storage days

Texture analysis result	Black carrot extract contents							
	1 day				7 day			
	0 %	3.7 %	7.5 %	11.4 %	0 %	3.7 %	7.5 %	11.4 %
Hardness	91.3±2.14 ^d	101.5±3.3 ^{bc}	104.6±4.28 ^b	98.2±6.75 ^c	104.4±2.79 ^b	111.8±1.78 ^a	109.5±4.06 ^{ab}	118.7±2.39 ^a
Adhesiveness	-0.25±0.03 ^c	-0.3±0.02 ^d	-0.62±0.03 ^b	-0.82±0.08 ^a	-0.39±0.03 ^d	-0.22±0.08 ^e	-0.53±0.07 ^c	-0.58±0.08 ^{bc}
Springiness	1.93±0.04 ^a	1.91±0.03 ^a	1.63±0.16 ^d	1.76±0.08 ^c	1.86±0.08 ^b	1.89±0.01 ^{ab}	1.61±0.09 ^d	1.85±0.02 ^b
Cohesiveness	0.85±0.01	0.85±0.01	0.83±0.00	0.85±0.01	0.87±0.01	0.87±0.01	0.87±0.02	0.86±0.01
Gumminess	81.7±1.98 ^d	85.8±1.22 ^{cd}	87.1±2.12 ^c	84.2±3.89 ^d	90.7±2.37 ^c	97.6±2.05 ^b	95.0±2.48 ^b	102.6±2.31 ^a
Chewiness	160.7±0.71 ^d	166.7±0.99 ^c	154.8±1.02 ^c	147.7±5.42 ^c	163.4±1.71 ^{cd}	184.6±3.73 ^a	175.4±3.30 ^b	164.7±2.99 ^{cd}

Values are mean ± SD (n=3)

^{a,b,c,d,e} Means with different superscripts were significantly different among groups in Tukey test at *p* < 0.05

간에 따른 자색당근 푸딩의 품질의 변화는 없었던 것으로 사료된다. Yu 등(2008)은 복분자를 첨가한 푸딩의 품질의 특성을 연구하였는데, 푸딩의 물성 측정에서 젤라틴과 설탕의 첨가량이 적었던 제품의 경도, 감성, 씹힘성이 유의적으로 낮게 나타났다고 보고하였고, 관능평가를 통하여 경도, 감성, 씹힘성이 낮았던 제품이 전체적인 기호도에서 가장 높은 값을 나타냈다고 보고하였다.

푸딩 관능 평가

자색당근 농축액의 첨가량을 각각 10, 20, 30 mL로 달리한 푸딩에 대해 색, 풍미, 맛, 조직감, 전체적 선호도에 대한 관능적 특성을 5점 척도로 기호도 조사한 결과는 Table 5와 같다.

색(Color)은 대조군 3.75점, 자색당근 7.5 % 첨가 푸딩이 3.75점으로 대조군과 같은 값을 나타냈고 자색당근 11.4 % 첨가 푸딩 3.65점으로 나타났다. 향(Flavor)에서는 대조군은 3.35 점, 자색당근 7.5 % 첨가 푸딩은 3.4점, 자색당근 11.4 % 첨가 푸딩은 3.4점을 받았다. 자색당근 3.7 % 첨가 푸딩은 색과 향에서 낮은 선호도를 보였다.

맛(Taste)에서는 대조군이 2.95점으로 가장 낮은 점수를 나타냈고 자색당근의 첨가량이 높아질수록 맛에 대한 점수가 3.35 점, 3.55점, 3.6점으로 증가하는 경향을 보였고, 조직감(Texture)은 대조군은 3.35점이고 자색당근은 첨가량이 높아질수록 3.6점, 3.55점, 3.45점으로 낮아지는 결과가 나왔다.

전체적인 선호도(overall preference)를 살펴보면 자색당근 7.5 % 첨가한 푸딩이 가장 높은 3.5점을 받았으며 자색당근 11.4 % 첨가한 푸딩, 대조군, 자색당근 3.7 % 첨가한 푸딩 순으로 3.35점, 3.25점, 2.85점으로 나타났다. 경도 값이 낮고 감성과 씹힘성이 낮았던 자색당근 농축액 7.5 % 푸딩이 가장 높은 기호도 값을 보였다. Park 등(2014)은 복숭아 과즙을 첨가한 푸딩의 품질 특성을 연구하였는데, 복숭아의 첨가량이 증가할수록 푸딩의 pH가 낮아져 푸딩의 경도와 탄성이 감소하고 점착성과 씹힘성, 응집성은 증가하였다고 보고하였고, 복숭아 과즙이 가장 많이 들어간 푸딩에서 기호도 값이 가장 높았다고 보고하였다. 자색당근의 첨가량을 달리한 푸딩마다 선호도 점수가 큰 차이를 보이지는 않지만 자색당근을 7.5 % 첨가한 푸딩이 소비자들에게 높은 선호도를 나타낼 것으로 사료된다.

초 록

본 연구는 안토시아닌을 함유하는 자색당근, 블랙커런트, 아사이베리, 복분자, 블루베리의 생리활성 물질 및 항산화능을 측정하였고, 자색당근 농축액의 첨가량을 달리한 푸딩을 제조하여 7 일간 푸딩의 품질을 측정하고 그 변화를 관찰하였다. 생리활성 물질인 phenol, carotenoid, flavonoid, anthocyanin 함량을 측정 한 결과, 자색당근과 복분자는 폴리페놀을 다른 과일에 비해 높은 값을 나타내었는데, 안토시아닌함량은 블루베리, 카로티노이드 함량은 블랙커런트가 나머지 안토시아닌이 풍부한 과일과 채소에 비해 높았다. 그러나 DPPH와 ABTS로 측정한 항산화능은 복분자와 블랙커런트가 다른 과일과 채소에 비해 높았고 자색당근과 블루베리가 중간 정도의 항산화능을 나타내었다. 그러므로 우리나라에서 재배가 용이하고 시장성이 좋은 자색당근 추출액을 첨가한 안토시아닌이 풍부한 푸딩을 제조하여 관능검사를 실행하고, 7일 동안 저장할 때의 물리적 특성을 조사하였다. 자색당근을 첨가량을 달리하여 푸딩을 제조하였을 때, pH는 자색당근 농축액의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였고, 당도는 시간이 지나도 24 °Bx로 일정한 값을 나타내었다. 색도는 자색당근을 첨가량이 증가할수록 적색도가 증가하고 갈색도는 감소하였고 물성 검사에서는 경도가 낮고 탄성이 높았던 7.5 % 자색당근 추출액 첨가 푸딩이 가장 좋은 값을 나타내었다. 완성된 푸딩을 7일간 냉장 보관하여 품질 특성의 변화를 확인한 결과, 시간이 지남에 따라 적색도가 감소하였고 갈색도는 약간 증가하는 경향을 보였는데, 이는 시간이 흐름에 따라 자색당근이 산화되는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다. 물성은 시간이 지남에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 결론적으로 7.5 %의 자색당근 추출액을 첨가한 푸딩이 관능적이나 물리적 특성이 적절하였다. 그러나 자색당근추출액에 함유된 안토시아닌의 산화 방지를 위해 pH와 온도를 낮게 유지하면서 푸딩을 제조하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Keywords 안토시아닌 · 자색당근 · 저장성 · 푸딩 · 항산화능

감사의 글 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-전통문화융합연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2016M3C1B5907152).

References

- Bagchi D, Sen CK, Bagchi M, Atalay M (2004) Anti-angiogenic, antioxidant, and anti-carcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. *Biochem (Moscow)* 69: 75–80
- Blois MA (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199–1200
- Céline MA, Dangles O, Amiot MJ (2001) Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra- and intermolecular copigmentation. *J Agric & Food Chem* 49: 170–176
- Choi SN, Kim HJ, Chung NY (2011) Nutrient intakes, nutritional knowledge, food habits, and lifestyle behaviors of obese children. *J Kor Diet Assoc* 17: 349–363
- Cristina AL, Barbara SH, Rachel LG, Olga J, Rosa MLR, James AJ (2005) Anthocyanins in aged blueberry-fed rats are found centrally and may enhance memory. *Nutri Neurosci* 8: 111–120
- Flis S, Jastrzebski Z, Namiesnik J, Arancibia-Avila P, Toledo F, Leontowicz H, Leontowicz M, Suhaj M, Trakhtenberg S, Gorinstein S (2012) Evaluation of inhibition of cancer cell proliferation in vitro with different berries and correlation with their antioxidant levels by advanced analytical methods. *J Pharm Biomed Anal* 62: 68–78
- Fukumoto LR, Mazza G (2000) Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 48: 3597–3604
- Häkkinen S, Heinonen M, Karenlampi S, Mykkanen H, Ruuskanen J, Tirnen R (1999) Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Res Int* 32: 345–353
- Holton TA, Cornish EC (1995) Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. *Plant Cell* 7: 1071
- Hwang SH, Ko SH (2010) Quality characteristics of muffins containing domestic blueberry (*V. corymbosum*). *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 727–734
- Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effect on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555–559
- Jong CH, Jang CW, Lee KY, Kim IH, Sim KH (2012) Chemical components and anti-oxidant activities of black currant. *Kor J Food Presev* 19: 263–270
- Kang J, Thakali KM, Xie C, Kondo M, Tong Y, Ou B, Jensec G, Medinad MB, Schausse AG, Wu X (2012) Bioactivities of aa (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. *Food Chem* 133: 671–677
- Kapasakalidis PG, Rastall RA, Gordon MH (2006) Extraction of polyphenols from processed black currant (*Ribes nigrum* L.) residues. *J Agric Food Chem* 54: 4016–4021
- Kaur C, Harish CK (2002) Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int J Food Sci Technol* 37: 153–161
- Kırca A, Ozkan M, Cemeroglu B (2007) Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chem* 101: 212–218
- Lee JM, Robert WD, Ronald EW (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
- Lee JN, Kim HE, Kim YS (2014) Anti-diabetic and anti-oxidative effects of *Opuntia humifusa* cladodes. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 43: 661–667
- Marinova D, Ribarova F (2007) HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *J Food Comp Anal* 20: 370–374
- Michale NC (2000) Anthocyanins - nature, occurrence and dietary burden. *J Sci Food Agric* 80: 2063–1072
- Mikkonen TP, Maatta KR, Hukkanen AT, Kokko HI, Torronen AR, Karenlampi SO, Karjalainen RO (2001) Flavonol content varies among black currant cultivars. *J Agric Food Chem* 49: 3274–3277
- Montilla EC, Arzaba MR, Hillebrand S, Winterhalter P (2011) Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) cultivars Antonina, Beta Sweet, Deep Purple, and Purple Haze. *J Agri Food Chem* 59: 3385–3390
- Nho HJ, Jang SY, Park JJ, Yun HS, Park S (2013) Browning prevention of black carrot extract and the quality characteristics of jelly supplemented with black carrot extract. *Kor J Food Culture* 23: 293–302
- Nicolle C, Simon G, Rock E, Amouroux P, Remesy C (2004) Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. *J Am Soc Hort Sci* 129: 523–529
- Nielsen IL, Haren GR, Magnussen EL, Dragsted LO, Rasmussen SE (2003) Quantification of anthocyanins in commercial black currant juices by simple high-performance liquid chromatography. Investigation of their pH stability and antioxidative potency. *J Agri Food Chem* 51: 5861–5866
- Novotny JA, Dueker SR, Zech LA, Clifford AJ (1995) Compartmental analysis of the dynamics of β -carotene metabolism in an adult volunteer. *J Lipid Res* 36: 1825–1838
- Octavio PL, Martha LCC, Monica VP, Talia HP (2010) Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life—a review. *Plant Food Human Nutri* 65: 299–308
- Park HM, Yang SJ, Kang EJ, Lee DH, Kim DI, Hong JH (2012) Quality characteristics and granule manufacture of mulberry and blueberry fruit extracts. *Kor J Food Cookery Sci* 28: 375–382
- Park SB, Kim SW, Kim YS, Na CS, Sim KS (2014) Effect of inclusion of Chitosan-Oligosaccharide in drinking water on the blood component profile, immunity and antioxidative enzyme in broiler chickens. *Korean J Organic Agric* 22: 483–490
- Park SG, Song TH, Kim DH, Kim GH, Jang HI (2014) Quality properties of peach pudding added with Korean peach (*Prunus persica* L. *Batsch*) Juice and gelatin. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 43: 265–272
- Puupponen-PR, Nohynek L, Meier C, Kahkonen M, Heinonen M, Hopia A, Oksman-Caldentey KM (2001) Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. *J Appl Microbiol* 90: 494–507
- Ra KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY (1997) Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. *Kor J Food Sci Technol* 29: 595–600
- Re R, Pellegrini N, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTs radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26: 1231–1237
- Schauss AG, Wu X, Prior RL, Ou B, Patel D, Huang D, Kaback JP (2006) Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried amazonian palmberry, *Euterpe oleracea* Mart. (acai). *J Agric Food Chem* 54: 8598–8603
- Seda E, Unal Y (2007) Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *J Food Engineer* 80: 805–812
- Swain T, Hillis WE (1959) The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10: 63–68
- Wallace TC, Giusti MM (2008) Determination of color, pigment, and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants. *J Food Sci* 73: 241–248
- Wang SY, Lin HS (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberries with culture and developmental stage. *J Afri Food Chem* 48: 140–146
- Xu ZS, Huang Y, Wang F, Song X, Wang GL, Xiong AS (2014) Transcript profiling of structural genes involved in cyanidin-based anthocyanin biosynthesis between purple and non-purple carrot (*Daucus carota* L.) cultivars reveals distinct patterns. *BMC plant Biol* 14: 262
- Yu OK, Back HI, Cha YS (2008) Quality characteristics of pudding added with Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) fruit juice and Bokbunja wine. *J Kor Soc Food Culture* 23: 616–620