

## 주황색과 자색 당근의 가열 방법에 따른 품질특성, 생리활성 물질 및 항산화 활성

황은선 · 김소연

한경국립대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

### Effect of Diverse Heating Methods on the Quality Characteristics, Bioactive Substances, and Antioxidant Activity of Orange and Purple Carrots

Eun-Sun Hwang and Soyeon Kim

Major in Food and Nutrition, School of Wellness Industry Convergence,  
Hankyong National University

**ABSTRACT** Orange and purple carrots were subjected to four different heating methods: oven, microwave, steaming, and boiling. The functional substance contents and antioxidant activities were determined thereafter. Sugar content and acidity were higher in purple carrots than in orange carrots. Compared to unheated carrots, higher sugar contents were obtained in the heated carrots, whereas lower pH and acidity levels were observed in heated carrots. Brightness was highest in the unheated samples for both orange and purple carrots, and lowest in the oven-heated carrots. Regardless of the heating method, total polyphenols, flavonoids, and anthocyanins were higher in purple than in orange carrots. Compared to unheated carrots, the total polyphenol and total flavonoid contents were increased in both carrot varieties subsequent to heating by steam, oven, and microwave. However, boiling showed a value similar to or lower than that of the unheated carrots. Anthocyanins were absent in fresh and heated orange carrots, whereas the total anthocyanin content of unheated purple carrots was 9.05 mg, which increased to 9.66~10.63 mg after steam and microwave heating. Our results also confirmed differing carotenoid contents in orange and purple carrots; orange carrots contained  $\beta$ -carotene >  $\alpha$ -carotene > lutein, whereas purple carrots contained lutein >  $\beta$ -carotene >  $\alpha$ -carotene. The antioxidant activity of purple carrots was determined to be higher compared to both unheated and heated orange carrots. Taken together, our results indicate that apart from boiling, heating carrots by steam or dry heat methods such as oven, microwave, or steaming increases the contents of bioactive substances and antioxidant activity.

**Key words:** orange carrot, purple carrot, heating, carotenoid, antioxidant activity

## 서 론

당근(*Daucus carota* L.)은 미나리과에 속하는 1~2년생의 근채류로 아프가니스탄, 유럽, 아프리카 등지에서 약 3,000년 이상 재배되고 있으며, 다양한 음식에 식재료로 이용되고 있다(AgMRC, 2021; Simon, 2000). 당근은 뿌리의 단면 색에 따라 주황색, 보라색, 무지개색, 흑색 등으로 분류하는데(Singh 등, 2018), 전 세계적으로 주황색 당근이 가장 많이 재배·소비되고 있다. 그러나 최근 주황색 당근에 비해 자색 당근에 함유된 섬유소와 기능성 성분 함량이 더 많은 것으로 알려지면서 서유럽을 비롯한 우리나라에서도 소비가 증가하고 있다(Pereira-Caro 등, 2021). 당근에는 비트아

민류를 비롯하여 알파카로틴, 베타카로틴 및 루테인 등의 카로티노이드 성분과 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌 등의 생리활성 물질들이 풍부하며(Heinonen, 1990), 이들 물질의 종류와 함량은 당근의 색, 성숙도, 재배 토양 등에 따라 달라지는 것으로 보고되고 있다(Purkiewicz 등, 2020). 당근에 함유된 카로티노이드를 포함한 다양한 생리활성 물질들은 강력한 항산화 활성을 가지며 노화나 질병에 대한 체내 저항력을 높여 암, 당뇨, 심혈관계 질환 등 각종 성인병을 예방하고, 안구건조증, 야맹증 예방 및 시력 보호에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Gul 등, 2015; Louis 등, 2018; Zaini 등, 2011).

당근은 생식이나 가열용으로 활용될 뿐만 아니라 주스,

Received 30 January 2023; Revised 25 March 2023; Accepted 27 March 2023

Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Major in Food and Nutrition, School of Wellness Industry Convergence, Hankyong National University, 327, Chungang-ro, Anseong, Gyeonggi 17579, Korea, E-mail: ehwang@hknk.ac.kr

© 2023 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

잼, 푸레, 정과, 칩, 스낵을 제조하기 위한 가공용으로 널리 이용되고 있다(Kim 등, 2014a; Nguyen과 Nguyen, 2015; Rodriguez 등, 2021). 당근의 가공을 위해서는 가열, 건조 등의 방법이 필수적이며, 가공하는 과정 중에 색깔, 품질 및 유효성분의 변화를 거치게 되므로 이에 대한 기초자료가 필요하다. 일반적으로 과일과 채소를 건열 또는 습열 방법으로 가열하게 되면 열에 민감하거나 물에 용해되는 성분의 손실이 나타난다. 그러나 일부 물질들은 열처리 중에 다양한 물리·화학적 변화를 거치면서 구성 성분의 변화, 세포 조직의 파괴, 용해도의 변화 등을 통해 그 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Antony와 Farid, 2022; Kim 등, 2014b).

현재까지 보고된 당근의 가공 방법에 따른 품질 관련 연구로는 데친 당근과 데치지 않은 당근의 건조 방법(열풍건조, 감압건조, 동결건조)에 따른 품질특성 조사(Lee 등, 2003), 다양한 전처리 방법(열수침지법, 볶음법, 증기법)에 따른 당근의 품질특성 분석(Kim 등, 2014a), blanching 조건이 당근 주스의 품질에 미치는 영향(Lim과 Jwa, 1996), 열처리에 따른 당근 주스의 품질특성(Khalil 등, 2015), 착즙 방식에 따른 당근 주스의 품질특성(Park 등, 2019) 등이 있다. 그러나 주황색과 자색 당근의 열처리 방법에 따른 품질특성, 생리활성 물질 함량의 변화, 항산화 활성 비교 연구는 거의 보고되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 주황색과 자색 당근을 오븐(oven), 전자레인지(microwave), 스티밍(steaming), 끓이기(boiling)의 4가지 방법으로 가열한 후에 이화학적 품질특성, 카로티노이드를 비롯한 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정함으로써 당근의 색깔 및 열처리 방법에 따른 차이점을 탐색하여 당근의 효율적인 가공 및 섭취 방법에 대한 기초자료를 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

Catechin, gallic acid, Folin-Ciocalteu's phenol reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma-Aldrich Chemical Co.에서 구입하였고, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)는 Flunk에서 구입하였다. 메탄올, 에탄올, acetonitrile, tetrahydrofuran은 J.T Baker Chemical Co. 제품을 사용하였고, 그 외 분석용 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.와 Junsei Chemical Co., Ltd. 제품을 구입하여 사용하였다.

### 당근 시료

제주도 농장에서 재배된 주황색과 자색 당근을 온라인으로 구입하여 실험에 사용하였다. 당근은 흐르는 물로 세척하면서 표면에 묻은 흙과 이물질을 제거하고 자연건조에 의해 물기를 뺀 후에 0.2 mm 두께로 잘랐다. 슬라이스한 시료는

300 g씩 나누어 4가지 방법(오븐, 전자레인지, 스티밍, 끓이기)으로 가열하였고, 가열하지 않은 신선한 당근을 대조군으로 하였다.

오븐 가열은 제빵용 오븐(FDO-7104B, Daeyoung Bakery Machinery Inc.)의 상층과 하층을 180°C로 예열한 후, 오븐용 철판에 슬라이스한 당근을 단층으로 펼쳐 5분 동안 가열한 후 꺼내어 실온에서 냉각하였다. 전자레인지 가열은 전자레인지(MW272LC, Samsung)에서 출력을 700 W로 맞추고 전자레인지용 접시에 시료를 단층으로 펼쳐 5분간 가열한 후, 실온에서 쟁반에 펼쳐 열기를 제거하였다. 스티밍에 의한 가열은 스티밍 찜기(Tefal)에 물을 붓고 끓이다가 스티밍이 올라오면 당근을 단층으로 넣고 5분 동안 쪄낸 후에 체에 건져 물기를 제거하였다. 끓이기는 스테인리스 냄비에 당근 무게의 5배에 해당하는 물을 붓고 물이 끓기 시작하면 당근 300 g을 넣어 5분간 끓인 후 당근을 체에 건져 두어 물기를 제거하였다. 열처리가 끝난 후에는 당근의 열기를 식혀 알루미늄 도시락에 담아 -75°C의 초저온냉동고(DF-810, Ilshin Lab Co.)에서 급속 냉동시켰다. 시료가 완전히 냉동된 후에 동결건조기(FDU-1200, EYELA Ltd., Co.)에서 건조한 후 분쇄기(Hanil)를 이용하여 마쇄하고 30 mesh와 100 mesh 체에 2회 내려 미세한 가루로 만들었다. 완성된 시료는 플라스틱 튜브에 넣어 -20°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 당도, pH 및 산도

당근의 당도, pH 및 산도 측정을 위해 동결건조된 시료 3 g에 증류수 27 mL를 첨가하여 vortex mixer로 잘 혼합한 후에 13,500×g에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)하여 상등액을 얻었다. 당도는 상등액을 취하여 당도계(PR-201a, Atago Co.)로 측정하고 °Brix로 나타내었다. pH는 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research)로 측정하였다. 산도는 AOAC 방법(1995)에 따라 시료 추출액 10 mL에 pH meter 전극을 담그고 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는 데 필요한 NaOH 양(mL)을 citric acid 함량으로 환산하여 나타내었다.

### 색도 측정

동결건조시킨 당근 분말의 색을 색도계(Chrome Meter CR-300, Konica Minolta)를 이용하여 명도(lightness, L\*), 적색도(redness, a\*), 황색도(yellowness, b\*)를 측정하였다. 색도 보정은 L\*, a\*, b\*값이 각각 97.10, +0.24, +1.75인 백색 표준판을 사용하였다.

### 당근 추출물 제조, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드, 총 안토시아닌 함량 분석

동결건조한 당근 분말에 20배의 95% 에탄올을 넣어 vortex mixer로 혼합한 후 40°C에서 10분 동안 초음파 추출(Powersonic 400, Hwashin Tech Co., Ltd.)하고, 20분 동안 원심분리(13,500×g, Mega 17R, Hanil Co.)하여 상등액

을 얻었다. 상등액은 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총 안토시아닌 분석용 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량은 Singleton과 Rossi의 방법(1965)으로 측정하였다. 시료 용액 0.5 mL와 2 N Folin 시약 0.5 mL를 혼합하여 3분간 실온에서 반응시킨 후, 2% sodium carbonate 1.5 mL를 첨가하여 표면을 포일로 감싼 후에 2시간 동안 암소에서 반응시켰다. 반응물은 microplate reader (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd.)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총 폴리페놀 함량을 gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등의 방법(1999)으로 측정하였다. 시료 추출액 1 mL에 2% aluminium chloride methanolic solution 1 mL를 첨가하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후에 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 quercetin의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총 플라보노이드 함량을 quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

총 안토시아닌 함량은 Meyers 등의 방법(2003)으로 측정하였다. 시료 추출액 100  $\mu$ L에 pH 1 완충용액 1,900  $\mu$ L와 pH 4.5 완충용액 1,900  $\mu$ L를 각각 첨가하여 혼합하고, 520 nm와 700 nm에서 각각의 흡광도를 측정한 후, Meyers 등의 방법(2003)에 따라 계산하고 시료 1 g에 함유된 총 안토시아닌 함량을 cyanidin-3-glucoside로 표시하였다.

### 카로티노이드 함량 분석

동결건조시킨 분말 시료 0.1 g을 glass-tube(125×15 mm)에 넣고 butylated hydroxy toluene(BHT, 100 mg/L)이 첨가된 ethyl acetate 3 mL를 첨가하여 1분간 vortex mixer로 혼합하면서 시료 중에 함유된 카로티노이드를 추출하였다. 10,000×g에서 5분 동안 원심분리한 후 상등액인 ethyl acetate 층을 취하여 깨끗한 glass tube에 옮긴 후 당근 추출물에 다시 ethyl acetate 2 mL를 첨가하여 1분 동안 vortex mixer로 혼합하면서 카로티노이드를 추출하였다. 추출물의 붉은색이 거의 없어질 때까지 이 과정을 3회 반복한 후 모인 ethyl acetate 층을 진공으로 농축하였다. 농축이 끝난 시험관에 diethyl ether 0.25 mL와 high performance liquid chromatography(HPLC) 이동상[methanol/acetonitrile/tetrahydrofuran(THF), 50:45:5, v/v/v] 0.75 mL를 넣어 농축된 물질을 완전히 녹인 후 syringe filter(PTFE, 0.45  $\mu$ m)로 여과 후 시료 중에 함유된 카로티노이드 성분을 HPLC로 분석하였다. 카로티노이드 분석은 C<sub>18</sub> Novapak column(3.9×150 mm, 5  $\mu$ m)을 장착한 HPLC (Shimadzu)를 사용하였다. 분석조건은 컬럼 온도 25°C, 검출 파장 480 nm(Schmaz Programmable Multiwavelength Detector), 시료 주입량 10  $\mu$ L로 설정하였고, 이동상은 methanol : acetonitrile : THF(50:45:5, v/v/v)로 하

여 1 mL/min의 유속으로 분석하였다.

### 항산화 활성 측정

당근의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성(Cheung 등, 2003), ABTS 라디칼 소거 활성(Re 등, 1999) 및 환원력(Oyaizu, 1986)으로 측정하였다. 항산화 활성 측정을 위한 당근 추출액은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석에서 서술한 방법으로 추출하였고, 당근 추출액은 300  $\mu$ g/mL 농도로 희석하여 항산화 활성을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성은 당근 추출액 100  $\mu$ L와 0.2 mM DPPH 용액 100  $\mu$ L를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였다. 당근 추출액의 DPPH 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거 활성은 7.0 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 실험 24시간 전에 암소에서 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 735 nm에서 흡광도 값이  $0.73 \pm 0.03$ 이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 당근 추출액 100  $\mu$ L와 흡광도를 맞춘 ABTS 용액 100  $\mu$ L를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후에 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당근 추출액의 ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

환원력은 당근 추출액 1 mL에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6)과 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 순서대로 첨가하여 50°C의 항온수조에서 20분간 반응시켰다. 반응이 종료된 후 10% TCA 용액을 1 mL 넣어 13,500×g에서 15분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co.)한 다음 상등액을 얻었다. 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 차례로 첨가하고 혼합한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하여 얻은 값을 환원력으로 나타냈다.

### 통계분석

실험 결과에 대한 통계학적 분석은 R-Studio(Version 3.5.1, RStudio, Inc.)를 이용한 분산분석을 실시하였고, 결과의 유의적 차이는 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로  $P < 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 당근의 당도, pH 및 산도

색이 다른 당근의 가열 방법에 따른 당도, pH 및 산도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 당도는 주황색 당근에 비해 자색 당근의 당도가 전반적으로 높게 나타났다. 가열하지 않은 신선한 주황색 당근의 당도는 3.40°Brix, 자색 당근의 당도는 6.17°Brix로 자색 당근이 높았고, 가열하지 않은 신선한 당근보다 가열한 당근의 당도가 높게 나타났다. 주황색

**Table 1.** Sugar contents, pH, and total acidity of orange and purple carrots by different heating methods

Color of carrot	Heating methods				
	Fresh	Oven	Microwave	Steaming	Boiling
Sugar contents (°Brix)					
Orange	3.40±0.00 <sup>dB</sup>	3.47±0.06 <sup>BB</sup>	3.43±0.06 <sup>CB</sup>	3.50±0.00 <sup>AB</sup>	3.44±0.00 <sup>CB</sup>
Violet	6.17±0.00 <sup>CA</sup>	6.20±0.00 <sup>BA</sup>	6.21±0.01 <sup>AA</sup>	6.21±0.01 <sup>AA</sup>	6.21±0.01 <sup>AA</sup>
pH					
Orange	6.51±0.01 <sup>AA</sup>	5.91±0.01 <sup>DA</sup>	6.08±0.01 <sup>CB</sup>	6.41±0.00 <sup>BA</sup>	6.42±0.02 <sup>BA</sup>
Violet	6.36±0.01 <sup>AB</sup>	5.83±0.01 <sup>EB</sup>	6.11±0.01 <sup>DA</sup>	6.26±0.01 <sup>CB</sup>	6.31±0.01 <sup>BB</sup>
Total acidity					
Orange	0.25±0.00 <sup>AB</sup>	0.24±0.01 <sup>BB</sup>	0.24±0.00 <sup>BB</sup>	0.23±0.00 <sup>CB</sup>	0.23±0.00 <sup>CB</sup>
Violet	0.34±0.02 <sup>CA</sup>	0.28±0.00 <sup>AA</sup>	0.27±0.01 <sup>BA</sup>	0.26±0.00 <sup>CA</sup>	0.26±0.00 <sup>CA</sup>

Each value is expressed as mean±SD of 3 separate experiments.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at  $P<0.05$ .

Means with the same superscript (A,B) within the same column are not significantly different at  $P<0.05$ .

당근의 경우 스팀으로 가열한 당근의 당도가 3.50°Brix로 가장 높았고, 오븐 가열, 끓이기와 전자레인지 가열의 순으로 낮아짐을 확인하였다. 자색 당근도 주황색 당근과 유사하게 가열하지 않은 신선한 당근보다 가열한 당근의 당도가 높았는데, 전자레인지, 스팀 및 끓이는 방법으로 가열한 당근의 당도가 동일하게 6.21°Brix로 가장 높았고 오븐 가열은 6.20°Brix로 다소 감소하였다.

당근의 pH를 측정한 결과, 자색 당근의 pH가 주황색 당근보다 낮게 나타나 당근의 색에 따라 차이를 보였고, 주황색 및 자색 당근 모두 신선한 당근의 pH가 각각 6.51 및 6.36으로 가열한 당근에 비해 높았다. 주황색 당근에서는 오븐에 가열한 당근의 pH가 5.91로 가장 낮았고, 스팀 및 끓이는 방법으로 가열한 당근의 pH가 각각 6.41 및 6.42로 높게 나타났다. 자색 당근도 주황색 당근과 유사하게 오븐에 가열한 당근의 pH가 5.83으로 가장 낮았고, 끓이는 방법, 스팀, 전자레인지 가열의 순으로 감소하였다.

식물체에서 유기산은 대사과정에서 매우 중요한 성분이며, 향균 활성 및 독특한 풍미에 기여한다(Adamczak 등, 2020). 당근에 함유된 유기산의 종류 및 함량은 기후, 재배 조건, 품종에 따라 다르며(Poyrazoglu 등, 2002), Yusuf 등 (2021)은 색깔과 크기가 다른 12종의 당근으로부터 유기산을 분석한 결과, 모든 당근에서 oxalic acid, isocitric acid, malic acid 및 fumaric acids가 공통으로 함유되어 있으며,

그 외 품종에 따라 maleic acid, citric acid, lactic acid 및 adipic acid가 함유되어 있음을 확인하였다. 특히, 주황색 당근에 비해 자색 당근에 유기산이 더 풍부하게 함유되어 있다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

당근의 산도를 측정한 결과, 자색 당근이 주황색 당근보다 높게 나타났고, 신선한 당근이 각각 0.25 및 0.34로 가열한 당근보다 높았다. 주황색 당근에서는 스팀과 끓이는 방법으로 가열한 당근의 산도가 0.23으로 가장 낮았고, 오븐과 전자레인지로 가열한 당근의 산도는 모두 0.24로 나타났다. 자색 당근은 스팀과 끓이는 방법으로 가열한 당근의 산도가 0.26으로 가장 낮았고, 오븐과 전자레인지로 가열한 당근의 산도는 각각 0.28 및 0.27로 소폭 증가하였다.

## 색도

색이 다른 당근의 가열법에 따른 색도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 명도(L\*)는 가열 유무와 상관없이 자색 당근보다 주황색 당근에서 전반적으로 높았다. 주황색과 자색 당근 모두 가열하지 않은 당근의 명도 값은 각각 48.75 및 36.29로 가장 높았고, 오븐에 가열한 주황색 및 자색 당근의 명도 값은 각각 44.57 및 32.99로 가장 낮게 나타났다. 전자레인지, 스팀 및 끓이는 방법으로 가열된 당근의 경우, 신선한 당근의 명도 값에 비해 감소한 수치를 나타냈다.

당근의 적색도(a\*)를 측정한 결과, 주황색 당근이 자색 당

**Table 2.** Changes in Hunter's color value of orange and purple carrots by different heating methods

Color of carrot		Heating methods				
		Fresh	Oven	Microwave	Steaming	Boiling
L*	Orange	48.75±0.62 <sup>AA</sup>	44.57±0.14 <sup>CA</sup>	46.78±0.53 <sup>BA</sup>	48.12±0.35 <sup>AA</sup>	46.88±0.49 <sup>BA</sup>
	Violet	36.29±0.19 <sup>AB</sup>	32.99±0.14 <sup>EB</sup>	35.44±0.25 <sup>BB</sup>	34.49±0.18 <sup>CB</sup>	33.61±0.04 <sup>DB</sup>
a*	Orange	8.42±0.49 <sup>DA</sup>	11.55±0.41 <sup>AA</sup>	9.46±0.07 <sup>CA</sup>	9.12±0.48 <sup>CA</sup>	10.21±0.28 <sup>BA</sup>
	Violet	5.98±0.22 <sup>AB</sup>	6.20±0.52 <sup>AB</sup>	5.46±0.30 <sup>BB</sup>	4.60±0.03 <sup>CB</sup>	4.36±0.01 <sup>CB</sup>
b*	Orange	11.62±0.63 <sup>CA</sup>	14.05±0.49 <sup>AA</sup>	12.56±0.20 <sup>BA</sup>	13.98±0.34 <sup>AA</sup>	14.39±0.49 <sup>AA</sup>
	Violet	-1.38±0.06 <sup>BB</sup>	-0.36±0.45 <sup>AB</sup>	-1.34±0.04 <sup>BB</sup>	-2.34±0.03 <sup>CB</sup>	-2.10±0.02 <sup>CB</sup>

Each value is expressed as mean±SD of 3 separate experiments.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at  $P<0.05$ .

Means with the same superscript (A,B) within the same column are not significantly different at  $P<0.05$ .

근보다 높았으며, 신선한 주황색 당근이 8.42였고 오븐, 전자레인지, 스팀 및 끓이기와 같은 열처리를 통해 9.12~11.55까지 증가함을 확인하였다. 가열하지 않은 자색 당근의 적색도는 5.98로 나타났고 오븐 가열의 경우 6.20으로 대조군보다 증가하였으나, 전자레인지, 스팀 및 끓이는 가열법을 거친 당근의 적색도 값은 4.36~5.46으로 대조군에 비해 감소하였다.

당근의 황색도(b\*)를 측정한 결과, 주황색 당근이 자색 당근보다 높은 값을 나타냈고 신선한 주황색 당근은 11.62였으며, 오븐, 전자레인지, 스팀 및 끓이기와 같은 열처리를 통해 12.56~14.39까지 증가함을 확인하였다. 가열하지 않은 자색 당근의 황색도는 -1.38로 나타났고 스팀과 끓이는 가열법을 거친 당근의 황색도 값은 각각 -2.34 및 -2.10으로 대조군보다 낮았으며, 오븐 및 전자레인지 가열을 거친 당근의 황색도 값은 각각 -0.36 및 -1.34로 대조군과 유사하거나 다소 증가한 값을 나타냈다.

주황색 당근의 경우, 밝기를 나타내는 명도 값은 스팀으로 가열한 당근이 가열하지 않은 당근과 유사한 값을 나타냈으며, 스팀을 제외한 다른 가열 방법에서는 가열하지 않은 당근보다 감소하였다. 주황색 당근의 황색도는 가열하지 않은 당근에 비해 가열에 의해 증가하였고, 끓이기를 한 주황색 당근의 황색도 값이 가장 높게 나타났다. 선행연구에 따르면 가열하지 않은 당근보다 가열하면 색상이 더 밝을 뿐 아니라 주황색보다는 노란색이 짙게 나타났다(Nunn 등, 2006). 또한 가열에 의해 당근의 색소가 없어지는 것으로 보고되고 있으며, 이는 열처리에 의해 색소의 손실, 불포화도가 높은 카로틴의 산화 및 카로틴 분자 내에 함유된 이중결합이 트랜스(trans)형에서 시스(cis) 형태로의 전환에 의한 것으로 사료된다(Nunn 등, 2006).

### 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총 안토시아닌 함량

색이 다른 당근의 가열법에 따른 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총 안토시아닌 함량을 측정한 결과는 Table 3과

같다. 주황색 당근의 경우 가열하지 않은 당근의 총 폴리페놀 함량이 103.68 µg이었고, 스팀, 오븐, 전자레인지로 가열한 당근의 총 폴리페놀은 가열하지 않은 당근에 비해 각각 1.25, 1.24 및 1.23배 증가하였다. 그러나 끓이는 가열법을 거친 당근의 총 폴리페놀은 대조군의 0.95배인 98.69 µg으로 가장 낮은 함량을 나타냈다. 자색 당근에서도 끓이는 가열 과정을 거친 경우 총 폴리페놀이 175.54 µg으로 가열하지 않은 당근보다 0.91배 더 낮게 나타났고, 스팀, 전자레인지 및 오븐 가열에서는 223.70~254.47 µg까지 증가하였다. 이는 가열 과정을 거치지 않은 자색 당근보다 각각 1.31, 1.24 및 1.15배 증가한 수치였다. 모든 가열 방법에서 주황색 당근보다 자색 당근의 총 폴리페놀 함량이 높음을 확인하였다.

색이 다른 당근의 가열법에 따른 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 가열하지 않은 주황색 당근의 함량은 51.62 µg이었고, 스팀, 전자레인지 및 오븐 가열에 의해 증가함을 확인하였다. 즉, 가열하지 않은 당근에 비해 스팀, 전자레인지, 오븐 가열은 약 1.05~1.49배까지 총 플라보노이드 함량을 증가시켰으나, 끓이는 가열법을 거친 당근의 총 플라보노이드 함량은 51.89 µg으로 대조군과 유사한 수치를 보였다. 자색 당근의 경우 끓이는 가열법을 거친 당근의 총 플라보노이드 함량은 80.81 µg으로 가열하지 않은 당근보다 0.93배 더 낮게 나타났고, 오븐, 전자레인지 및 스팀 가열에서는 141.36~206.49 µg까지 증가하였다. 이는 가열 과정을 거치지 않은 자색 당근에 비해 각각 1.62, 1.85 및 2.37배 증가한 수치였다. 신선한 당근 및 가열한 당근에서 주황색 당근보다 자색 당근의 총 플라보노이드 함량이 높음을 확인하였다.

폴리페놀은 주로 과일, 채소에서 발견되는 자연 발생 물질로 페놀산, 플라보노이드, 스틸벤과 리그난을 총칭한다. 당근에는 caffeoylquinic, chlorogenic, caffeic, sinapic, ferulic, coumaric acids를 포함한 페놀성 물질과 kaempferol, quercetin, luteolin과 같은 플라보노이드 물질이 풍부

**Table 3.** Total polyphenol, total flavonoid, and total anthocyanin contents of orange and purple carrots by different heating methods

Color of carrot	Heating methods				
	Fresh	Oven	Microwave	Steaming	Boiling
Total polyphenols (µg GAE <sup>1)</sup> /g)					
Orange	103.68±0.10 <sup>bB</sup>	128.29±0.47 <sup>aB</sup>	127.34±0.09 <sup>aB</sup>	129.39±0.92 <sup>aB</sup>	98.69±0.31 <sup>cB</sup>
Violet	193.85±1.79 <sup>dA</sup>	223.70±2.38 <sup>cA</sup>	239.72±3.67 <sup>bA</sup>	254.47±10.24 <sup>aA</sup>	175.54±2.65 <sup>eA</sup>
Total flavonoids (µg CE <sup>2)</sup> /g)					
Orange	51.62±0.17 <sup>dB</sup>	78.21±0.09 <sup>aB</sup>	63.99±0.11 <sup>bB</sup>	55.26±1.19 <sup>cB</sup>	51.89±0.36 <sup>dB</sup>
Violet	87.17±1.24 <sup>dA</sup>	141.36±0.97 <sup>cA</sup>	161.33±3.34 <sup>bA</sup>	206.49±1.80 <sup>aA</sup>	80.81±1.03 <sup>eA</sup>
Total anthocyanins (mg C3G <sup>3)</sup> /g)					
Orange	ND <sup>4)</sup>	ND	ND	ND	ND
Violet	9.05±1.17 <sup>b</sup>	7.99±1.26 <sup>d</sup>	9.66±1.31 <sup>ab</sup>	10.63±2.22 <sup>a</sup>	8.42±1.05 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>GAE: gallic acid equivalent. <sup>2)</sup>CE: catechin equivalent. <sup>3)</sup>C3G: cyanidin-3-glucoside. <sup>4)</sup>ND: not detected.

Each value is expressed as mean±SD of 3 separate experiments.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at  $P<0.05$ .

Means with the same superscript (A,B) within the same column are not significantly different at  $P<0.05$ .

부하고, chlorogenic, caffeic, *p*-hydroxybenzoic acids와 수많은 cinnamic acid의 유도체들을 함유하고 있다(Gu 등, 2019; Kammerer 등, 2004). Kim 등(2014b)의 연구에서도 6종(당근, 쪽삭, 쪽, 양배추, 양파, 마늘)의 채소류를 끓는 물에 넣고 2~15분간 가열했을 때, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 대조군인 생채소에 비해 감소하였다. 그러나 물을 넣지 않고 130°C에서 압력을 높여 가열한 채소에서는 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 21.5~93.9%까지 증가하는 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향성을 확인하였다. 그 외 많은 연구에서도 가열하지 않은 식물체에 비해 가열한 식품에서 가열시간과 온도에 비례하여 총 폴리페놀 함량도 증가하는 것으로 보고되고 있는데, 이는 고온에서 페놀화합물이 식품조직으로부터 유리되거나 리그닌이 분해되기 때문으로 사료된다. 특히 160°C 이상의 습열가열에서 리그닌과 헤미셀룰로스가 일부 물에 용해되고, 고온에서 용해도 및 가수분해 반응이 증가함에 따라 총 폴리페놀 화합물이 증가하는 것으로 사료된다(Vergara-Salinas 등, 2012). 본 연구에서도 오븐에서 가열한 당근의 총 폴리페놀 화합물의 함량이 증가하는 것으로 나타나 선행연구와 유사한 경향을 보였다(Hong 등, 1998). 다만, 들깻잎(Yoon 등, 2012), 결명자차(Kim과 Kim, 1996), 검은콩(Kim 등, 2011) 등은 물을 첨가하지 않고 고온에서 장시간 볶은 경우 anthraquinone, caffeic acid 등의 폴리페놀 화합물 함량이 감소하였다. 이는 페놀화합물의 골격이 파괴되거나 불용성 물질로 변환한 것으로 사료된다.

색이 다른 당근의 가열법에 따른 총 안토시아닌 함량을 측정한 결과, 주황색 당근에서는 확인되지 않았고 가열하지 않은 자색 당근에서는 9.05 mg이었다. 자색 당근을 스팀과 전자레인지에 가열했을 때의 총 안토시아닌은 각각 10.63 mg 및 9.66 mg을 나타냈으며, 이는 대조군보다 1.17배 및 1.07배 높은 수치였다. 반면 끓이는 가열법과 오븐 가열은 대조군의 총 안토시아닌 함량보다 각각 0.93배 및 0.88배 낮은 함량을 보여, 이들 가열법은 당근의 안토시아닌 함량을 감소시키는 것으로 확인되었다.

당근에 들어있는 생리활성 물질은 뿌리의 색뿐만 아니라 재배 시기, 성숙도, 뿌리의 부위 등에 따라 물질의 종류 및 함량이 다르게 나타난다(Singh 등, 2018). 자색 당근에 함유

된 주요 안토시아닌은 cyanidin-3-feruloyl-xylosyl-gluco-syl-galactoside, cyanidin-3-sinapoyl-xylosylglu-cosyl-galactoside 등과 같은 cyanidin 유도체들로 알려져 있으며, 이들 물질은 강력한 항암, 항당뇨, 심장병 예방 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Algarra 등, 2014; Kammerer 등, 2004).

### 카로티노이드 함량

각기 다른 열처리를 거친 색깔이 다른 당근 추출물로부터 카로티노이드 함량을 HPLC로 분석하여 루테인, 알파카로틴 및 베타카로틴을 확인하였고, 이들의 머무름시간은 각각 1.45, 7.13 및 7.66분으로 나타났다(Fig. 1). 가열 방법을 달리한 당근 색상에 따른 카로티노이드 함량은 Table 4에 나타났다. 당근색에 따라 함유된 카로티노이드 물질이 다를 것을 확인하였다. 주황색 당근에는 베타카로틴> 알파카로틴> 루테인의 순이었고, 자색 당근에는 루테인> 베타카로틴> 알파카로틴의 순으로 나타났다.

루테인은 가열하지 않은 주황색 당근(1.88 µg/g)보다 자색 당근에서 14.24 µg/g으로 함량이 높았으며, 자색 당근을 오븐과 전자레인지에 넣어 가열하면 각각 14.45 및 16.35 µg/g까지 증가하였다. 주황색 당근에는 1.88 µg/g의 비교적 적은 루테인이 함유되어 있었고, 함량이 적어 가열법에 따른 함량 차이가 크지 않았다. 가열하지 않은 주황색 당근에 함유된 알파카로틴은 46.59 µg/g으로 자색 당근에 비해 약 4.29배나 높은 함량을 보였고, 오븐과 전자레인지에 의한 가열로 47.51~48.63 µg/g까지 증가하였으나, 스팀과 물에 넣고 끓이는 과정을 거치면서 각각 42.74 및 42.08 µg/g까지 감소하였다. 가열하지 않은 자색 당근에는 알파카로틴이 10.84 mg으로 주황색 당근에 비해 소량 함유되어 있었고, 전자레인지와 오븐 가열에 의해 11.12~11.40 µg/g까지 증가하였으나 물에 넣어 끓이거나 스팀 가열에 의해 9.89~10.47 µg/g으로 대조군에 비해 감소함을 확인하였다.

가열하지 않은 주황색 당근에 함유된 베타카로틴은 87.90 µg/g이었고, 오븐과 전자레인지 가열에 의해 베타카로틴은 각각 88.45 및 89.39 µg/g으로 증가하였다. 그러나 스팀과 끓이는 가열법에 의해 베타카로틴은 각각 80.40 및 75.56 µg/g까지 감소하였다. 가열하지 않은 자색 당근의 베타카로

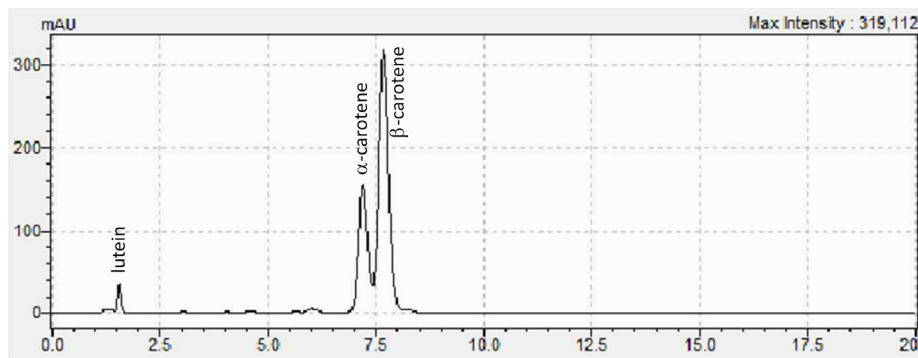


Fig. 1. The typical chromatogram of carotenoids detected from fresh and digested carrot extract.

**Table 4.** Carotenoid contents of orange and purple carrots by different heating methods

(μg/g)

Color of carrot		Heating methods				
		Fresh	Oven	Microwave	Steaming	Boiling
Lutein	Orange	1.88±0.10 <sup>cB</sup>	2.07±0.08 <sup>bB</sup>	2.45±0.02 <sup>aB</sup>	1.53±0.12 <sup>dB</sup>	1.26±0.07 <sup>eB</sup>
	Violet	14.24±0.23 <sup>bA</sup>	14.45±0.49 <sup>bA</sup>	16.35±0.48 <sup>aA</sup>	11.02±0.26 <sup>cA</sup>	10.71±0.09 <sup>dA</sup>
α-Carotene	Orange	46.59±4.92 <sup>bA</sup>	47.51±1.10 <sup>aA</sup>	48.63±0.14 <sup>aA</sup>	42.74±0.67 <sup>cA</sup>	42.08±1.86 <sup>cA</sup>
	Violet	10.84±0.06 <sup>bB</sup>	11.40±0.55 <sup>cB</sup>	11.12±0.19 <sup>aB</sup>	10.47±0.38 <sup>aB</sup>	9.89±0.14 <sup>cB</sup>
β-Carotene	Orange	87.90±2.23 <sup>bA</sup>	88.45±4.52 <sup>aA</sup>	89.39±0.12 <sup>aA</sup>	80.40±2.24 <sup>cA</sup>	75.56±4.08 <sup>dA</sup>
	Violet	11.24±0.04 <sup>bB</sup>	11.43±0.19 <sup>bB</sup>	12.65±0.26 <sup>aB</sup>	10.74±0.13 <sup>cB</sup>	10.41±0.06 <sup>cB</sup>

Each value is expressed as mean±SD of 3 separate experiments.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at  $P<0.05$ .

Means with the same superscript (A,B) within the same column are not significantly different at  $P<0.05$ .

틴 함량은 주황색 당근에 비해 약 7.82배 낮은 11.24 μg/g을 나타냈고, 오븐과 전자레인지 가열을 통해 11.43~12.65 μg/g까지 증가하였다. 그러나 스팀과 끓이기에서는 각각 10.74 및 10.41 μg/g으로 감소하였다. 당근의 카로티노이드 함량은 가열 방법에 따라 차이가 있으며 오븐이나 전자레인지 가열처럼 건열가열에 의해서는 증가하나, 스팀과 끓이기와 같은 습열가열에 의해서는 가열하지 않은 시료와 유사한 함량을 나타냄을 확인하였다.

Ha 등(2009)은 당근의 재배 시기에 따른 카로티노이드 함량을 분석한 결과, 봄에 수확한 당근의 함량이 가을에 수확한 당근보다 더 많고, 봄 당근은 알파카로틴과 베타카로틴 함량이 비슷하였으나 가을에 수확한 당근은 알파카로틴 함량은 베타카로틴의 절반 정도임을 보고하였다.

### 항산화 활성

색이 다른 당근의 가열 방법에 따른 항산화 활성을 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능과 환원력으로 측정한 결과는 Table 5와 같다. 주황색 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 가열하지 않은 당근은 48.17%를 보였고, 끓이는 가열법을 제외한 스팀, 오븐, 전자레인지 가열에 의해 50.24~52.94%까지 증가하였다. 그러나 끓이는 가열법을 거친 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성은 대조군의 0.87배인 42.01

%로 다른 가열 방법에 비해 가장 낮은 수치를 나타냈다. 가열하지 않은 자색 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성은 58.77%였고, 스팀, 오븐, 전자레인지 가열에 의해 65.23~67.39%까지 증가하였다. 그러나 끓이는 가열법을 거친 자색 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성은 대조군의 0.88배인 52.62%로 다른 가열법에 비해 가장 낮은 활성을 나타냈다. 가열하지 않은 당근과 가열한 당근 모두에서 주황색보다 자색 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성이 높게 나타났다.

ABTS 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 가열하지 않은 주황색 당근의 경우 47.76%를 보였고, 끓이는 가열법을 제외한 스팀, 전자레인지, 오븐에 가열한 주황색 당근은 51.98~61.39%까지 증가하였는데, 이는 대조군보다 1.09~1.29배 증가한 수치였다. 그러나 끓이는 가열법을 거친 주황색 당근의 ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군의 0.88배인 41.90%로 다른 가열법에 비해 가장 낮은 활성을 나타냈다. 가열하지 않은 자색 당근의 ABTS 라디칼 소거능은 주황색 당근에 비해 약 1.36배 높은 65.09%였고, 스팀, 오븐, 전자레인지 가열에 의해 75.41~75.83%까지 증가하였다. 그러나 끓이는 가열법을 거친 자색 당근의 ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군의 0.83배인 54.19%로 다른 가열법에 비해 가장 낮은 활성을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거 활성과 유사하게 서로 다른 4가지 방법으로 가열한 당근 모두에서 주황색보

**Table 5.** Antioxidant activity of orange and purple carrots by different heating methods

Color of carrot		Heating methods				
		Fresh	Oven	Microwave	Steaming	Boiling
DPPH radical scavenging activity (%)						
Orange		48.17±2.64 <sup>cB</sup>	52.36±2.70 <sup>aB</sup>	50.24±1.99 <sup>bB</sup>	52.94±3.00 <sup>aB</sup>	42.01±3.26 <sup>dB</sup>
	Violet	58.77±1.74 <sup>cA</sup>	67.39±2.17 <sup>aA</sup>	66.29±2.11 <sup>aA</sup>	65.23±2.94 <sup>bA</sup>	52.62±2.74 <sup>dA</sup>
ABTS radical scavenging activity (%)						
Orange		47.76±0.28 <sup>cB</sup>	61.39±0.85 <sup>aB</sup>	60.15±0.52 <sup>aB</sup>	51.98±2.00 <sup>bB</sup>	41.90±0.23 <sup>dB</sup>
	Violet	65.09±0.97 <sup>bA</sup>	75.83±0.69 <sup>aA</sup>	75.70±1.30 <sup>aA</sup>	75.41±0.86 <sup>aA</sup>	54.19±0.88 <sup>cA</sup>
Reducing power activity (absorbance at 720 nm)						
Orange		0.7925±0.02 <sup>dB</sup>	0.8473±0.01 <sup>bB</sup>	0.8706±0.01 <sup>aB</sup>	0.8136±0.02 <sup>cB</sup>	0.7295±0.01 <sup>eB</sup>
	Violet	0.9001±0.02 <sup>bA</sup>	1.0173±0.02 <sup>aA</sup>	1.0089±0.01 <sup>aA</sup>	0.9830±0.01 <sup>aA</sup>	0.7538±0.01 <sup>cA</sup>

Each value is expressed as mean±SD of 3 separate experiments.

Means with the same superscript (a-e) within the same row are not significantly different at  $P<0.05$ .

Means with the same superscript (A,B) within the same column are not significantly different at  $P<0.05$ .

다 자색 당근의 ABTS 라디칼 소거 활성이 높은 것으로 나타났다.

환원력 측정에서 가열하지 않은 주황색 당근은 720 nm에서 측정한 값이 0.7925였고, 스팀, 전자레인지, 오븐에 가열한 당근은 0.8136~0.8706으로 가열하지 않은 당근보다 높은 환원력을 나타냈다. 다만, 끓는 물에 끓인 당근의 흡광도 값은 0.7295로 대조군인 가열하지 않은 주황색 당근보다 낮은 값을 보였다. 자색 당근의 경우 가열하지 않은 시료의 환원력은 0.9001로 주황색 당근에 비해 높았으나, 스팀, 오븐, 전자레인지 가열로 열처리한 시료에 비해 낮은 값을 보였다. 다른 결과에서도 유사하게 끓이는 가열법을 거친 당근의 환원력을 나타내는 흡광도 값은 0.7538로 다른 가열법에 비해 가장 낮은 활성을 나타냈다. 본 실험에서 사용한 4가지 방법으로 가열한 당근 모두에서 자색 당근의 흡광도 값이 주황색 당근보다 높게 나타나 주황색 당근보다 자색 당근의 환원력이 높음을 확인하였다.

주황색 당근보다 자색 당근 추출물의 항산화 활성이 높게 나타났는데, 이는 자색 당근에 함유된 폴리페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌 함량이 더 많은 것과 연관성이 있다. 당근을 물에 넣고 끓이는 방법을 제외한 오븐, 전자레인지 및 스팀으로 가열한 당근의 항산화 활성이 증가하였고, 이는 Kim 등(2014b)의 선행연구에서도 양배추, 양파, 마늘을 끓는 물에 넣고 2~15분간 가열한 후에 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능으로 측정한 항산화 활성이 대조군인 생채소에 비해 감소한 것과 유사한 결과였다. 그러나 물을 넣지 않고 130°C에서 압력을 높여 가열한 채소에서 항산화 활성이 1.53~6.40배까지 증가하는 것으로 나타났다. 이는 채소류를 물을 넣지 않고 가열하면 마이야르 반응 등에 의해 항산화 활성을 지닌 물질이 새롭게 형성되거나, 식품 내에 함유된 다양한 생리활성 물질들이 유리되어 항산화 활성을 높이는 데 기여하기 때문으로 사료된다(Choi 등, 2006).

## 요 약

본 연구에서는 주황색과 자색 당근을 오븐, 전자레인지, 스팀, 끓이기의 4가지 방법으로 가열한 후에 이화학적 품질 특성, 생리활성 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정하였다. 당도와 산도는 주황색 당근보다 자색 당근이 높았고, 당도는 가열하지 않은 당근보다 가열한 당근이 높았으며, pH와 산도는 가열한 당근에서 낮게 나타났다. 명도, 적색도 및 황색도는 자색 당근보다 주황색 당근이 높은 수치를 나타냈다. 명도는 주황색과 자색 당근 모두 가열하지 않은 시료에서 가장 높았고 오븐에서 가열한 당근에서 가장 낮았다. 가열 방법에 상관없이 주황색 당근에 비해 자색 당근의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 총 안토시아닌 함량이 높았다. 총 폴리페놀 함량의 경우, 주황색 당근과 자색 당근 모두에서 스팀, 오븐, 전자레인지 가열이 가열하지 않은 당근에 비해 총 폴리페놀 함량이 각각 1.23~1.25배 및 1.15~1.31배 증

가하였으나, 끓이는 가열법을 거친 주황색 및 자색 당근의 총 폴리페놀은 대조군의 0.95배 및 0.91배로 4가지 가열법 중 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 플라보노이드 함량도 주황색 당근과 자색 당근 모두에서 스팀, 오븐, 전자레인지 가열이 가열하지 않은 당근에 비해 1.05~1.49배 및 1.62~2.37배 증가하였으나, 끓이는 가열법을 거친 주황색 및 자색 당근의 총 플라보노이드는 대조군과 유사하거나 더 감소한 수치를 나타냈다. 주황색 당근에서는 안토시아닌이 확인되지 않았으며, 자색 당근의 경우 가열하지 않은 당근의 총 안토시아닌 함량은 9.05 mg이었으며 스팀과 전자레인지 가열에서는 대조군보다 높은 10.63 mg 및 9.66 mg을 나타냈다. 주황색과 자색 당근에 함유된 카로티노이드 성분이 다름을 확인하였고 주황색 당근에는 베타카로틴> 알파카로틴> 루테인의 순으로 나타났으며, 자색 당근에는 루테인> 베타카로틴> 알파카로틴의 순이었다. 가열하지 않은 당근과 가열한 당근 모두에서 주황색보다 자색 당근의 항산화 활성이 높았고, 스팀, 오븐, 전자레인지 가열에 의해 항산화 활성이 증가하였으나 끓이는 가열법을 거친 자색과 주황색 당근의 항산화 활성은 대조군과 다른 가열법에 비해 가장 낮은 수치를 나타냈다.

## 감사의 글

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업(과제번호 2021 R1F1A1060605)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 그 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Adamczak A, Ozarowski M, Karpinski TM. Antibacterial activity of some flavonoids and organic acids widely distributed in plants. *J Clin Med*. 2020. 9:109. <https://doi.org/10.3390/jcm9010109>
- Agricultural Marketing Resource Center (AgMRC). Carrot. 2021 [cited 2022 Dec 20]. Available from: <https://www.agmrc.org/commodities-products/vegetables/carrots>
- Algarra M, Fernandes A, Mateus N, et al. Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) from Cuevas Bajas, Spain. *J Food Compos Anal*. 2014. 33:71-76.
- Antony A, Farid M. Effect of temperatures on polyphenols during extraction. *Appl Sci*. 2022. 12:2107. <https://doi.org/10.3390/app12042107>
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 1995. p 1-26.
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VE. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem*. 2003. 81:249-255.
- Choi Y, Lee SM, Chum J, et al. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem*. 2006. 99: 381-387.
- Gu C, Howell K, Dunshea FR, et al. LC-ESI-QTOF/MS characterisation of phenolic acids and flavonoids in polyphenol-rich



- fruits and vegetables and their potential antioxidant activities. *Antioxidants*. 2019. 8:405. <https://doi.org/10.3390/antiox8090405>
- Gul K, Tak A, Singh AK, et al. Chemistry, encapsulation, and health benefits of  $\beta$ -carotene – A review. *Cogent Food Agric*. 2015. 1:1018696. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1018696>
- Ha JL, Bae JS, Park MK, et al. Quantitative analysis of carotenoids in carrot cultivars produced in Korea. *J Environ Sci*. 2009. 18:1135-1141.
- Heinonen MI. Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars. *J Agric Food Chem*. 1990. 38:609-612.
- Hong MJ, Lee GD, Kim HK, et al. Changes in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting processes. *Korean J Food Sci Technol*. 1998. 30:413-418.
- Kammerer D, Carle R, Schieber A. Characterization of phenolic acids in black carrots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom*. 2004. 18:1331-1340.
- Khalil AW, Ali J, Paracha GM, et al. Effect of heat treatments of some quality parameters of carrot (*Daucus carota* L.) juice. *World J Dairy Food Sci*. 2015. 10:55-59.
- Kim HG, Kim GW, Oh H, et al. Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max* L. Merrill). *LWT – Food Sci Technol*. 2011. 44:992-998.
- Kim JK, Kim GY. Changes of the physicochemical characteristics of *Cassia tora* L. by roasting conditions. *J East Asian Diet Life*. 1996. 6:317-323.
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, et al. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014a. 43:1881-1888.
- Kim SY, Lee YM, Kim JB, et al. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activity between raw and heat-treated vegetables. *Korean J Community Living Sci*. 2014b. 25:5-18.
- Lee KS, Park KH, Lee SH, et al. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. *Korean J Food Sci Technol*. 2003. 35:1086-1092.
- Lim SB, Jwa MK. Effect of blanching condition on the quality of carrot juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 1996. 25:680-686.
- Louis XL, Raj P, McClinton KJ, et al. Supplementation of type 1 diabetic rats with carrot powder lowers blood glucose without improving cardiac structure and function. *Prev Nutr Food Sci*. 2018. 23:115-121.
- Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP, et al. Antioxidant and anti-proliferative activities of strawberries. *J Agric Food Chem*. 2003. 51:6887-6892.
- Nguyen HHV, Nguyen LT. Carrot processing. In: Hui YH, Evrannuz O, editors. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 2015. p 449-478.
- Nunn MD, Giraud DW, Parkhurst AM, et al. Effects of cooking methods on sensory qualities and carotenoid retention in selected vegetables. *J Food Qual*. 2006. 29:445-457.
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction – Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine –. *Jpn J Nutr Diet*. 1986. 44:307-315.
- Park HJ, Kim JY, Lee SM, et al. Effect of extraction method on quality characteristics of the carrot juice. *Korean J Food Sci Technol*. 2019. 51:369-378.
- Pereira-Caro G, Ordonez-Diaz JL, de Santiago E, et al. Antioxidant activity and bio-accessibility of polyphenols in black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and two derived products during simulated gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Foods*. 2021. 10:457. <https://doi.org/10.3390/foods10020457>
- Poyrazoglu E, Gokmen V, Artık N. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *J Food Compos Anal*. 2002. 15:567-575.
- Purkiewicz A, Ciborska J, Tanska M, et al. The impact of the method extraction and different carrot variety on the carotenoid profile, total phenolic content and antioxidant properties of juices. *Plants*. 2020. 9:1759. <https://doi.org/10.3390/plants9121759>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999. 26:1231-1237.
- Rodriguez LMN, Arias R, Soteras T, et al. Comparison of the quality attributes of carrot juice pasteurized by ohmic heating and conventional heat treatment. *LWT*. 2021. 145:111255. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111255>
- Simon PW. Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. *Plant Breeding Rev*. 2000. 19:157-190.
- Singh BK, Koley TK, Maurya A, et al. Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). *Physiol Mol Biol Plants*. 2018. 24:899-907.
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*. 1965. 16:144-158.
- Vergara-Salinas JR, Perez-Jimenez J, Torres JL, et al. Effects of temperature and time on polyphenolic content and antioxidant activity in the pressurized hot water extraction of deodorized thyme (*Thymus vulgaris*). *J Agric Food Chem*. 2012. 60:10920-10929.
- Yoon UJ, Yang SY, Lee HS, et al. Optimal roasting conditions for maximizing the quality of tea leached from high functional *Perilla frutescens* leaves. *Korean J Food Sci Technol*. 2012. 44:34-40.
- Yusuf E, Tkacz K, Turkiewicz IP, et al. Analysis of chemical compounds' content in different varieties of carrots, including qualification and quantification of sugars, organic acids, minerals, and bioactive compounds by UPLC. *Eur Food Res Technol*. 2021. 247:3053-3062.
- Zaini R, Clench MR, Le Maitre CL. Bioactive chemicals from carrot (*Daucus carota*) juice extracts for the treatment of leukemia. *J Med Food*. 2011. 14:1303-1312.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*. 1999. 64:555-559.