수확시기에 따른 신품종 ‘탐라홍’ 당근의 품질 특성 및 유효성분 변화

전관우¹ · 김민건² · 박재홍³ · 김창숙^{1,2}

¹제주대학교 잔류농약센터

²제주대학교 생명공학부

³제주특별자치도 농업기술원

Changes of the Qualities and Active Components of New Carrot Cultivar ‘Tamnahong’ According to Different Harvest Time

Kwan Woo Jeon¹, Min Gun Kim², Jae Hong Park³, and Chang Sook Kim^{1,2}

¹Residual Pesticide Center and ²Faculty of Biotechnology, Jeju National University

³Jeju Special Self-Governing Province Agricultural Research & Extension Services

ABSTRACT This study was conducted to investigate the quality characteristics of the new carrot cultivar ‘Tamnahong’ and changes in its active ingredients with time, so as to select the optimal harvesting time, and evaluate the possibility of growing these carrots as an alternative to imported products such as the Dream7 cultivar. For this purpose, the quality characteristics (hardness, color, pH, and sugar content), active ingredients (total phenols and flavonoids, total carotenoids, α , β -carotenes, and vitamin C), and antioxidant activity of ‘Tamnahong’ and Dream7, which were harvested seven times at 10 day intervals from December 17, 2020, to February 15, 2021, were investigated. The hardness of the carrots did not show significant differences according to harvesting time and varieties, but pH value and sugar content (Brix) decreased as the harvesting time was delayed. The brightness (Hunter L) value did not differ according to the harvest time, but the external redness (a value) tended to decrease. The internal redness of the ‘Tamnahong’ was about 55~58% higher than that of Dream7. The content of secondary metabolites such as total phenols and flavonoids, total carotenoids, α , β -carotenes, and vitamin C of the ‘Tamnahong’ was similar to that of Dream7, and the content of active ingredients decreased as the harvest time was delayed. The results of this study show that the new cultivar carrot ‘Tamnahong’ has superior quality characteristics or equal quality properties compared to the Dream7 cultivar that is widely cultivated. In addition, the optimal harvesting time is suggested to be mid-December rather than February. Finally, the new carrot cultivar ‘Tamnahong’ shows adequate quality characteristics and can be considered as an alternative to the imported carrot Dream7.

Key words: antioxidant, carrot, harvest time, physicochemical properties, Tamnahong

서 론

당근(*Daucus carota* L.)은 미나리과에 속하는 1~2년생의 근채류로서 전 세계에서 재배되고 있으며 식재료의 원료로 다양하게 활용되고 있다. 당근은 비타민 A, 비타민 C 및 비타민 E를 비롯하여 α -carotene, β -carotene 및 lutein과 같은 carotenoid 성분을 풍부하게 함유하고 있어서 영양학적으로 뛰어난 채소류이다(Heinonen, 1990). 특히, β -carotene은 비타민 A의 전구물질로서 항산화 효과와 항암 작용 등 성인병 예방과 관련해 여러 기능들을 가지고 있다

(Stahl과 Sies, 2005; Nishino 등, 2009). 따라서 최근에는 당근을 생식이나 조리용으로 활용할 뿐만 아니라 기능성 식품 소재로서 다양한 형태로 가공되고 있어서 당근의 색깔, 크기, 맛, 향 및 유효성분 등이 고루 갖추어진 고품질의 상품 생산이 요구되고 있다. 이러한 당근의 품질 특성, 영양학적 구성 및 기능 성분은 품종에 따라 차이가 날 수 있으며, 동일 품종이라도 재배 환경 조건에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim과 Rhee, 1983; Park과 Kim, 2001; Kim 등, 2014b).

제주 지역의 당근은 전국 생산량의 약 46%를 차지하는

Received 22 July 2021; Revised 19 August 2021; Accepted 20 August 2021

Corresponding author: Chang Sook Kim, Faculty of Biotechnology, Jeju National University, 102, Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju 63243, Korea, E-mail: cskim1225@jejunu.ac.kr

Author information: Kwan Woo Jeon (Researcher), Min Gun Kim (Graduate student), Chang Sook Kim (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is 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.

주요 작목으로서 매우 중요한 월동채소로 인식되고 있다. 제주의 당근 재배는 대부분 7~8월에 파종하여 12월에서 부터 이듬해 2월까지 수확하는 월동형 방법으로 이루어지고 있으며, 주로 재배하고 있는 품종은 수입산 드림7으로서 외 국산 점유율은 약 85% 수준을 차지하고 있는 실정이다(Kim 등, 2019). 이에 제주특별자치도 농업기술원에서는 종자 로 열티 절감 및 당근 품종 다양화를 위하여 2007년부터 신 품종 개발 사업을 추진해 왔으며, 그 결과로 모양이 균일하고 당도가 높으며 색이 진한 계통을 선발하여 ‘탐라홍’으로 명명 하여 국립종자원에 품종보호 출원을 하였다(Kim 등, 2019). 신 품종 탐라홍의 평균 당도는 8.3Brix로 대비종인 드림7의 당도인 7.8Brix에 비하여 높았고, 엽수는 9.1매, 엽장은 65.8 cm로 초세가 강하면서 근장은 17.9 cm, 근중은 292 g으로 대비종과 비슷하였고, 상품율은 총 수량 대비 약 70% 로 대비종과 비슷하며 내한성이 강한편이라고 보고하고 있 다(Kim 등, 2019). 이와 같이 신 품종 탐라홍 당근은 수입산 드림7 품종과 비교 시 원예적 형질이 비슷하면서도 당도가 높고 색도가 진하여 수입산 품종을 대체할 수 있는 품종으로 평가하고 있으나 현재까지 농가 보급은 아주 미미한 실정이다. 따라서 신 품종 탐라홍 당근을 식재료 원료로 널리 활용 되기 위해서는 재배환경에 따른 품질 특성, 적정 수확시기, 유효성분 및 생리활성 분석 등 여러 측면의 연구를 통한 정 보 확보가 필요한 상황이다.

이에 본 연구에서는 신 품종 탐라홍 당근의 보급 확대를 위하여 재배환경에 따른 품질 특성, 맛과 향기, 2차 대사물 질 함량 변화 등에 관한 일련의 연구 중 일차적으로 수확시 기에 따른 탐라홍의 품질 특성과 유효성분 변화를 조사하여 최적 수확시기에 대한 정보를 제공하고, 나아가서 수입 품종 에 의존하고 있는 당근 종자에 대한 수입 대체용으로서의 가능성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 당근은 제주특별자치도 농업기술원에 서 개발한 신 품종 ‘탐라홍’과 제주 지역에서 가장 많이 재배 되고 있는 수입 품종인 드림7이며, 제주 동부농업기술센터 시험포장에 2020년 8월 5일 파종하여 가을재배 한 것으로 2020년 12월 17일부터 이듬해 2월 15일까지 7회 수확하여 시료로 사용하였다. 각각의 시기별로 수확된 당근은 세척 건조 후 외형적 품질 특성을 조사하였으며, 유효성분 분석용 시료는 절단 후 곧바로 동결건조기(HC-3055, Bio-Med-ical Science Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 건조시 킨 후 마쇄하여 분말형태로 제조한 다음 -20°C에 보관하였 다.

품질 특성(pH, 당도, 경도, 색도) 측정

pH는 시료 1 g에 증류수 10 mL를 가하여 균질화한 후

pH meter(H15221, HANNA Instrument Inc., Smithfield, RI, USA)를 사용하여 측정하였으며, 당도는 착즙 후 당도계 (H196801, HANNA Instrument Inc.)로 측정하여 Brix로 나타냈었다. 당근의 경도는 Texture Analyzer(CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. TPA(texture profile analysis) type에서 target value는 5.0 mm였으며, trig-ger load는 50 g, test speed는 2.5 mm/sec의 속도로 측정 하였다. 색도는 색차계(CS-200, Hangzhou CHNSpec Te-chnology Co., Ltd., Hangzhou, China)를 사용하여 명도 (lightness, L^*), 적색도(redness, a^*), 황색도(yellowness, b^*)를 측정하였다. 이때 백색표준판의 색은 $L^*=91.26$, $a^*=2.91$, $b^*=-13.70$ 으로 표준화하여 측정하였다.

유효성분 분석

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량: 당근 건조분말 1 g에 70% 에탄올 10 mL를 가하여 초음파기기(Power sonic 420, Hwashin Technology, Seoul, Korea)로 30분간 초음파 처 리하여 추출을 하였다. 이후 원심분리기(Felta 40, HANIL Science Co., Ltd., Gimpo, Korea)를 이용하여 상온에서 원 심분리(3,500 rpm, 5 min)를 실시하여 상층액을 Advantec Filter Paper No. 2로 여과하였다. 여과액은 진공원심농축 기(JP/CVE-3110, EYELA, Tokyo, Japan)로 농축을 완료 한 뒤 DMSO 10 mL에 녹여 분석을 실시하였다. 총 폴리페놀 함량 측정은 Folin과 Denis(1912) 방법을 참고하여 Kang 등(2020)의 실험방법에 따랐다. 추출액 100 μ L를 증류수 400 μ L와 혼합한 다음 1 N Folin-Ciocalteu 시약 200 μ L를 가하여 혼합한 후 암소에서 3분간 반응시켰다. 여기에 10% Na_2CO_3 용액 300 μ L를 가하여 혼합한 후 암소에서 30분간 반응시켰다. 반응액을 96-well plate에 200 μ L씩 옮긴 후 microplate spectrophotometer(Thermo Scientific, Wal-tham, MA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하 였다. 표준물질은 quercetin을 사용하여 농도별 표준용액에 대한 흡광도로 표준 검량선을 작성한 후 폴리페놀 함량을 구하였으며, 총 페놀 함량은 $\mu\text{g quercetin equivalent}(\mu\text{g QE/g DW})$ 로 표기하였다. 총 플라보노이드 함량은 Moreno 등(2000)의 aluminum chloride 방법을 응용하여 측정하였 다. 시료 40 μ L를 96-well plate에 옮기고 증류수 140 μ L와 혼합한 후, 여기에 10% AlCl_3 용액 20 μ L를 가하여 암소에 서 10분간 반응한 후 microplate spectrophotometer를 이 용하여 410 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 카로티노이드, α 및 β -카로틴 함량: 총 카로티노이드 함량은 동결건조 시료 1 g에 용매(n-hexane : acetone : ethanol, v/v; 50:25:25) 10 mL를 첨가하여 15분간 초음파 균질화를 한 뒤 상온에서 원심분리(3,500 rpm, 5 min)를 진행한 후 상등액은 추출용매를 이용하여 10 mL로 정용하 고 450 nm에서 흡광도를 측정하였다(Lee 등, 2001). 표준 물질로 β -carotene을 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)

에서 구입하여 검량선을 작성하였고, 총 카로티노이드 함량은 건조시료 g 당 $\mu\text{g } \beta\text{-carotene equivalent}(\mu\text{g BCE/g DW})$ 로 나타내었다. 당근의 α 및 β -carotene 함량은 Park 등 (2015a)과 Shin 등(2013)의 방법을 참고하여 HPLC로 분석하였다. 동결건조 시료 0.1 g에 용매(EtOH+0.1% ascorbic acid(w/v) 3 mL를 첨가하여 교반 한 후 85°C에서 5분간 열처리를 실시한 뒤 80% KOH 120 μL 를 가하고 85°C에서 10분간 saponification을 실시하였다. Saponification 후 차가운 증류수 1.5 mL를 넣어 식혀주고 추출용매(hexane) 3 mL를 넣고 충분히 교반 후 4°C에서 원심분리(1,200×g, 5 min)를 실시하여 상등액을 취하였다. 이와 같은 추출과정은 3회 반복하였으며, 추출물은 진공원심농축기를 사용하여 건조를 실시한 뒤 용매(dichloromethane : MeOH=50:50, 0.1% ascorbic acid) 3 mL를 첨가하여 완전히 용해시켜 carotene 분석에 사용하였다. α -carotene 및 β -carotene 정량분석은 HPLC system(Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 이용하였으며 Shim-pack GIS C18 컬럼(4.6×250 mm, 5 μm , Shimadzu)으로 분리하였다. α -carotene 및 β -carotene 검출은 PDA detector를 사용하여 450 nm에서 측정하였으며, 이동상은 A 용매(acetonitrile : methanol : methylenechloride, 70:20:5, v/v/v)와 B 용매(acetonitrile : methanol : methylenechloride, 70:10:30, v/v/v)를 1 mL/min의 유속으로 기울기 용리(gradient elution)로 흘려주었다. 처음 3.5분간은 100% A 용매를 흘려주고 다음 22분까지 B 용매 100%가 되도록 흘려주었으며 28.5분까지 B 용매 100%를 유지하였다. 그 이후 30분까지 A 용매 100%가 되도록 흘려주었으며 40분까지 A 용매 100%를 유지하였다.

비타민 C 함량: 총 비타민 C 함량은 Kim 등(2014a)의 방법을 이용하여 측정하였다. 동결건조 시료 1 g에 용매(5% metaphosphoric acid(W/V), 10mM EDTA(W/V)) 20 mL를 첨가하여 상온에서 10분간 교반을 실시한 뒤 원심분리(3,500 rpm, 10 min)를 진행하였다. 회수한 상등액은 0.2 μm nylon syringe filter로 여과하여 분석하였다. 검량선은 ascorbic acid(Sigma-Aldrich) 표준용액을 이용하여 작성하였다. HPLC 분석조건은 Shim-pack GIS C18 컬럼을 사용하였고, 유속은 0.6 mL/min이었으며 이동상은 0.1% trifluoroacetic acid를 사용하였다. 시료의 주입량은 20 μL 였으며, PDA detector를 사용하여 254 nm에서 비타민 C를 정량하였다.

항산화 활성 측정

항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성 법으로 Blois(1958)의 방법에 준하여 측정하였다. 항산화 활성 분석용 당근 추출액은 총 폴리페놀 추출과정과 동일한 방법으로 제조하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 추출액을 3배 희석한 시료 40 μL 에 0.3 mM DPPH 용액 160 μL 를 가하여 혼합하고 암소에서 30분간

반응시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였다. 각 시료의 DPPH 라디칼 소거 활성은 아래식에 의해 계산하여 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계 분석

모든 실험은 3반복 이상 실시하여 평균±표준편차(mean±SD)로 나타냈으며, 각 실험군 간의 유의성은 통계분석용 소프트웨어 IBM SPSS Statistics 20(New York, NY, USA)을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA) 및 최소유의차검증(LSD)을 통해 * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

수확시기에 따른 품질 변화

제주 동부농업기술센터 재배포장에서 가을 재배한 탐라홍 및 드림7 당근을 12월 17일부터 이듬해 2월 15일까지 주기적으로 수확하여 품질 변화를 측정하였다(Fig. 1). 수확시기에 따른 당근의 강도는 Fig. 1A와 같다. 생당근을 5 mm 절단하는데 드는 힘이 탐라홍에서는 약 3,517~4,009 g·force 범위이고, 드림7은 3,400~4,274 g·force 정도로서, 수확시기 및 품종에 따른 시료들 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 수확시기에 따른 당근의 pH 측정 결과는 Fig. 1B와 같았다. 12월 중·하순에 수확한 당근의 pH 값은 6.71~6.72 범위이나 2월에 수확한 당근의 pH는 6.45~6.48 범위로 시간의 경과에 따라 감소하는 경향을 나타냈으나 품종 간의 유의적 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 한편, 12월 수확된 탐라홍과 드림7의 당도는 9.0~9.7Brix 범위였으나 이듬해 2월에 수확한 경우는 5.6~5.9Brix 정도로 약 38~39% 감소하여 수확시기가 늦을수록 당근의 당도는 떨어지고 있음을 보여주고 있다. 신품종 탐라홍의 당도는 드림7과 유의적 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$). 이는 탐라홍의 당도는 평균 8.3Brix로 대비종 7.8Brix보다는 높다는 Kim 등(2019)의 결과와 차이가 있는데 재배환경 및 수확시기 등의 차이에 따른 결과로 여겨진다.

색도는 맛, 향과 더불어 식품의 상품성에 영향을 미치는 주요 요인으로 여겨지고 있다. 이에 탐라홍과 드림7의 내부 색도와 외부색도를 각각 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 당근의 밝기를 나타내는 명도(Hunter L 값)는 수확시기별로 차이가 크게 나타나지 않았으나 부위별 L 값은 차이를 보였다. 두 품종 모두 외부 명도(L^* 값)는 54~60 범위로 내부 명도 38~47보다는 약 22~30% 정도로 밝은 것으로 나타났으나 수확시기 및 품종 간의 유의적 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 그러나 당근의 붉은색을 나타내는 적색도(a^* 값)는 수확시기에 따라 내부 및 외부가 다른 형태를 보였다. 즉, 당근의 내부 적색도는 수확시기별 차이는 크게 나타나지

Fig. 1. Quality of carrot cultivar according to harvest time. Data are expressed as the mean $\pm$ SEM ($n=3\sim5$). (A): Hardness, (B): pH, (C): Brix. A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ compared with control (Dec. 17th sample).

Fig. 2. Change in color of carrot cultivar according to harvest time. Data are expressed as the mean $\pm$ SD for five tests. (A) is the data obtained by measuring the color of the central area of the carrot. (B) is the data of the side area of the carrot. A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ compared with control (Dec. 17th sample).

않았으나 외부 적색도는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 당근의 품종별, 부위별 차이는 뚜렷하게 나타났다. 탐라홍의 적색도는 드림7에 비하여 수확시기에 관계없이 전반적으로

높게 나타났다(Fig. 2B). 특히 탐라홍 내부 적색도는 14~19 범위로 드림7의 9~12보다 약 55~58% 높았으며, 외부 적색도 역시 약 10~19% 높았다. 탐라홍 당근의 황색도(b*)

Table 1. Total polyphenol and total flavonoid contents of 2 carrot varieties on the different harvest time

Harvest time (day)	Total phenols ($\mu\text{g QE/g DW}$)		Total flavonoids ($\mu\text{g QE/g DW}$)	
	Dream7	Tamnahong	Dream7	Tamnahong
Dec. 17th	3,685.50 $\pm$ 261.88	2,596.79 $\pm$ 315.86	1,651.92 $\pm$ 109.26	1,418.56 $\pm$ 167.45
Dec. 28th	1,899.82 $\pm$ 199.85***	1,898.94 $\pm$ 255.07*	1,558.44 $\pm$ 110.94	1,414.26 $\pm$ 101.04
Jan. 6th	1,942.03 $\pm$ 63.00***	2,308.65 $\pm$ 166.88	1,168.61 $\pm$ 43.81***	1,302.49 $\pm$ 58.27
Jan. 18th	2,437.14 $\pm$ 166.50***	2,464.99 $\pm$ 401.41	1,147.90 $\pm$ 101.35***	1,224.38 $\pm$ 64.86
Jan. 27th	1,684.01 $\pm$ 51.48***	2,315.84 $\pm$ 101.71	1,019.12 $\pm$ 53.19***	1,109.91 $\pm$ 42.29*
Feb. 5th	2,143.50 $\pm$ 148.08***	2,379.96 $\pm$ 186.05	1,395.93 $\pm$ 175.85	1,169.06 $\pm$ 56.59
Feb. 15th	3,385.83 $\pm$ 137.93	2,156.21 $\pm$ 197.64	1,224.28 $\pm$ 114.15***	1,233.63 $\pm$ 78.72

Data were expressed as mean $\pm$ SD for five tests. A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test. * P <0.05, *** P <0.001 compared with control (Dec. 17th sample).

Table 2. Total carotenoid content of 2 carrot varieties on the different harvest time

Harvest time (day)	Total carotenoids (mg/g DW)		α -Carotene (mg/g DW)		β -Carotene (mg/g DW)	
	Dream7	Tamnahong	Dream7	Tamnahong	Dream7	Tamnahong
Dec. 17th	1.62 $\pm$ 0.04	1.58 $\pm$ 0.07	0.28 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.03	0.46 $\pm$ 0.03	0.45 $\pm$ 0.03
Dec. 28th	1.39 $\pm$ 0.03**	1.66 $\pm$ 0.04*	0.25 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.02	0.38 $\pm$ 0.02	0.55 $\pm$ 0.01*
Jan. 6th	1.48 $\pm$ 0.02	1.74 $\pm$ 0.04	0.23 $\pm$ 0.04	0.26 $\pm$ 0.03	0.53 $\pm$ 0.02	0.58 $\pm$ 0.04***
Jan. 18th	1.15 $\pm$ 0.06***	1.28 $\pm$ 0.01***	0.24 $\pm$ 0.01	0.19 $\pm$ 0.02	0.35 $\pm$ 0.02*	0.39 $\pm$ 0.01
Jan. 27th	1.18 $\pm$ 0.02***	1.46 $\pm$ 0.04	0.22 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.03*	0.47 $\pm$ 0.02
Feb. 5th	1.17 $\pm$ 0.05***	1.40 $\pm$ 0.02*	0.20 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.05	0.43 $\pm$ 0.03	0.45 $\pm$ 0.03
Feb. 15th	1.22 $\pm$ 0.09***	1.27 $\pm$ 0.03***	0.21 $\pm$ 0.04	0.21 $\pm$ 0.02	0.42 $\pm$ 0.01	0.37 $\pm$ 0.01

Data were expressed as mean $\pm$ SD for five tests.

A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test.

* P <0.05, ** P <0.01, *** P <0.001 compared with control (Dec. 17th sample).

값)은 드림7 대비 내부에서는 약 16~24% 높게 나타났으나 외부 황색도 값은 큰 차이가 없었다. 2월에 수확한 당근의 적색도 및 황색도는 12월 첫 수확한 당근에 대비하여 각각 20~23%, 14~15% 감소하였다. 일반적으로 제주 지역에서는 12월 중순부터 이듬해 2월 중순까지 약 2개월 동안 당근을 수확하고 있는데, 당근의 색도를 고려하면 12월 중순 수확이 적절한 것으로 여겨진다. 또한, 신품종으로 개발된 탐라홍 당근은 중심부나 바깥부분의 색도가 수입 품종인 드림7 보다 진하여 수입 종자 대체용으로 활용성이 높을 것으로 여겨진다.

수확시기에 따른 유효성분 변화

식물계에 널리 분포하고 있는 페놀성 화합물은 항산화 효과를 비롯하여 항암 및 항균 작용 등의 다양한 생리활성을 갖는 대표적인 2차 대사물질로 알려져 있다(Katsube 등, 2004; Pandey와 Rizvi, 2009). 이에 수확시기에 따른 탐라홍 당근 에탄올 추출물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 변화를 조사하였다(Table 1). 12월 17일 첫 수확한 탐라홍 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 2,596.79 $\mu\text{g QE/g DW}$ 로 가장 높게 나타났고, 2월 15일에 채취한 탐라홍의 총 페놀 함량은 2,156.21 $\mu\text{g QE/g DW}$ 로 약 17% 감소하였다. 탐라홍 에탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량 역시 2월에 수확한 경우에는 12월 채취한 시료에 대비하여 약 15% 감소하는 경향을 보였다. 탐라홍과 드림7 품종 간의 페놀성 화합물의 함량 차이는 크게 나타나지 않았다. 본 연

구결과는 비록 실험재료가 다르지만 흑미, 감귤류, 구기자를 대상으로 한 연구에서 나타난 수확시기가 늦어질수록 총 페놀 함량이 감소한다는 보고들과 유사성을 갖는다고 여겨진다(Lee 등, 2008; Kim 등, 2009; Park 등, 2015b).

당근은 뿌리의 색깔에 관여하는 여러 종류의 carotenoid를 함유하고 있는데, 주요 색소는 α -carotene와 β -carotene이다(Grois, 1969; Heinonen, 1990). 이에 탐라홍과 드림7의 총 carotenoids 및 α -carotene, β -carotene의 함량을 수확 시기별로 측정하여 Table 2에 나타내었다. 총 carotenoids 함량은 12월에 수확한 시료가 2월에 수확한 당근보다 약 18~25%가 높았다. α -carotene 함량 변화는 큰 차이가 없었으나 β -carotene 함량은 12월에 대비하여 2월에 수확한 경우에는 약 9~18% 감소하였다. 총 carotenoids 및 α , β -carotene 함량 변화를 고려하는 경우에도 탐라홍 당근의 최적 수확기는 2월 보다는 12월이 적정함을 제시하고 있다. 일반적으로 2~5월에 파종하여 6~8월에 수확하는 소천 5촌, 명주 5촌 등의 봄 당근 품종의 β -carotene 함량은 113~471 $\mu\text{g/g DW}$ 범위로서 마니나 등의 가을 품종의 92~175 $\mu\text{g/g DW}$ 보다는 높다고 알려져 있으며(Ha 등, 2009), 무지개 당근의 β -carotene 함량은 170~600 $\mu\text{g/g DW}$ 로 보고하고 있다(Kim 등, 2014b). 신품종 탐라홍 당근의 β -carotene 함유량은 370~580 $\mu\text{g/g DW}$ 범위로서 드림7과 큰 차이가 없었으나 마니나 등의 기존 품종에 대비해서는 우수하거나 유사한 수준을 유지하였다. 또한 탐라홍의 α -carotene의 함량은 β -carotene 함량의 절반 수준으로서

Fig. 3. Vitamin C contents in carrot according to harvest time. Data were expressed as mean±SD for three tests. A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test. ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ compared with control (Dec. 17th sample).

Fig. 4. DPPH radical scavenging activity in carrot cultivars according to harvest time. Data were expressed as mean±SD for three tests. A significant difference was determined by one-way ANOVA with LSD test. * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ compared with control (Dec. 17th sample).

Ha 등(2009)의 결과와 유사하였다.

수확시기에 따른 당근의 비타민 C 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 12월 17일에 첫 수확한 탐라홍 및 드림7의 비타민 C 함량은 각각 548 µg/g DW 및 484 µg/g DW였으나 2월 15일에 수확한 당근의 비타민 C 함량은 두 품종 모두 109 µg/g DW로 크게 감소하였다. 특히, 1월 18일 이후에 수확한 당근의 비타민 C 함량은 12월 시료에 비해 급격히 감소하는 형태를 보이고 있는데, 이는 1월 6일부터 시작된 폭설과 한파에 의한 냉해 피해의 영향이라 여겨진다. 과일과 채소의 비타민 C 함량은 수확 전 기후조건, 숙성상태, 수확방법 및 수확 후 처리 절차 등과 같은 다양한 요인들에 의해 영향을 받으며, 냉해 조건에서도 비타민 C는 쉽게 손실되는 것으로 알려져 있기 때문이다(Lee와 Kader, 2000). 따라서 비타민 C 함량 변화에 미치는 조건들을 고려할 경우에도 탐라홍 당근의 수확 시기는 2월 보다는 12월이 적절하다고 사료된다.

수확시기에 따른 항산화 활성 변화

항산화 활성을 측정하는 여러 방법들 중 DPPH 라디칼 소거 활성법은 간편하면서도 대량으로 측정이 가능하여 널리 이용되고 있다. 즉, 페놀성 화합물 및 방향족 아민류 등의 항산화 성분이 수소 또는 전자를 공여하면서 자유라디칼인 DPPH의 보라색이 탈색되는 원리를 이용하여 측정한다(Blois, 1958). 수확시기에 따른 당근 추출물의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거능으로 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 각 시기별로 수확한 탐라홍 당근 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 드림7에 비하여 약 20~50% 높았으며, 수확시기가 늦어질수록 항산화 활성도 감소하는 경향을 보였다. 12월 17일에 첫 수확한 탐라홍에 비하여 2월에 채취한 당근의 항산화 활성은 약 14~20% 감소하였다. 흑미와 대학찰옥수수인 경우도 수확시기가 늦어질수록 폴리페놀 함량이 감소함에 따라 항산화 활성 역시 감소하였다고 보고하고 있는데

(Park 등, 2015b; Lee 등, 2017), 본 연구결과도 이와 유사한 것으로 사료된다. 즉, 당근의 수확시기가 늦을수록 페놀계 화합물이 감소하고 이것은 항산화 활성 감소와 연관되는 것으로 여기고 있다. 또한, 이 결과는 총 폴리페놀 함량과 자유라디칼 소거능은 높은 상관성을 갖는다는 보고(Anagnostopoulou 등, 2006; Jayaprakasha와 Patil, 2007)와, 전자공여능이 phenolic acids와 flavonoids 화합물에 대한 항산화 작용의 지표로 제시한다는 사실(Kang 등, 1996)과 연관성이 높은 것으로 여겨진다.

요 약

본 연구는 신품종 ‘탐라홍’ 당근의 수확시기에 따른 품질 특성 및 유효성분 변화를 조사하여 최적 수확시기를 설정하고, 수입산 대체용으로 재배 확대 가능성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 2020년 12월 17일부터 이듬해 2월 15일까지 10일 간격으로 7회 수확한 탐라홍과 드림7을 대상으로 품질 특성(경도, 색도, pH, 당도), 유효성분(총 페놀 및 플라보노이드, 총 카로티노이드, α 및 β-카로틴, 비타민 C) 및 항산화 활성을 조사하였다. 당근의 경도는 수확시기 및 품종에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았지만 pH 값과 당도(Brix)는 수확시기가 늦을수록 감소하였다. 수확시기에 따른 명도(Hunter L* 값)는 차이가 없었으나 외부 적색도(a* 값)는 감소하는 경향을 보였다. 탐라홍의 내부 적색도는 드림7보다 약 55~58% 높았다. 탐라홍의 총 페놀 및 플라보노이드, 총 카로티노이드, α 및 β-카로틴, 비타민 C 등의 2차 대사물질의 함량은 드림7과 큰 차이가 없이 비슷하였으며, 두 품종 모두 수확시기가 늦을수록 유효성분의 함량은 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과는 신품종 탐라홍 당근은 기존 널리 재배되고 있는 수입산 드림7 품종과 비교하여 품질 특성이 우수하거나 대등함을 보여주고 있으며 최적 수확기는 2

월 보다는 12월 중순으로 제시하고 있다. 궁극적으로 신품종 탐라홍 당근은 수입산 드림7의 대체용으로서 충분한 품질 특성을 갖고 있음을 보여주고 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구개발사업(과제번호: PJ01496 201)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCE

- Anagnostopoulou MA, Kefalas P, Papageorgiou VP, Assimopoulou AN, Boskou D. Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). Food Chem. 2006. 94:19-25.
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature. 1958. 181:1199-1200.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem. 1912. 12:239-249.
- Goris MA. Sugars in root of cultivated carrot (cultivar Nantaise Demi-longue) seasonal and climatological variations, distributions in tissues, alterations during stockage. Qualitas Plantarum et materiae vegetales. 1969. 18:283-306.
- Ha JL, Bae JS, Park MK, Kim Y, Ha SH, Bae JM, 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.
- Jayaprakasha GK, Patil BS. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. Food Chem. 2007. 101:410-418.
- Kang SM, Lee C, Jeong DH, Kim J, Boo KH, Kim JH, et al. Evaluation of biological activities of *Sargassum horneri* fermented by microorganisms. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2020. 49:1194-1201.
- Kang YH, Park YK, Lee GD. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. J Korean Food Sci Technol. 1996. 28:232-239.
- Katsube T, Tabata H, Ohta Y, Yamasaki Y, Anuurad E, Shiwaku K, et al. Screening for antioxidant activity in edible plant products: comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. J Agric Food Chem. 2004. 52:2391-2396.
- Kim BW, Ko SB, Moon AK, Kim JS. Breeding on high quality and yield to F1 hybrid ‘Tamnahong’ in carrot. Proceeding of the 110th Annual Meeting of the Korean Society for Horticulture Science. 2019 May 22-25. Gyeongju, Korea. p 100.
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2014a. 43:1881-1888.
- Kim SR, Kim YM, Jeon SJ, Park JT, Kim JH. Analysis of carotenoids and soluble sugars in the rainbow carrots. CNU J Agric Sci. 2014b. 41:107-112.
- Kim YA, Rhee H. Determination of retinol equivalent of carrots according to varieties and harvest time. Korean J Nutr. 1983. 16:1-9.
- Kim YD, Mahinda S, Koh KS, Jeon YJ, Kim SH. Reactive oxygen species scavenging activity of jeju native citrus peel during maturation. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009. 38:462-469.
- Lee HC, Lee BC, Kim SD, Paik SW, Lee KS, Lee SS, et al. Changes in composition of gugija (*Lycii fructus*) species according to harvest time. Korean J Med Crop Sci. 2008. 16:306-312.
- Lee HS, Castle WS, Coates GA. High-performance liquid chromatography for the characterization of carotenoids in the new sweet orange (Earlygold) grown in Florida, USA. J Chromatogr A. 2001. 913:371-377.
- Lee JS, Son BY, Kim JT, Bae HH, Kim SG, Baek SB. Change of total carotenoid contents and antioxidant activities of yellow waxy corns (*Zea mays* L.) depending on harvest time. Korean J Breed Sci. 2017. 49:359-368.
- Lee SK, Kader AA. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol Technol. 2000. 20:207-220.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone WA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of argentina. J Ethnopharmacol. 2000. 71:109-114.
- Nishino H, Murakoshi M, Tokuda H, Satomi Y. Cancer prevention by carotenoids. Arch Biochem Biophys. 2009. 483:165-168.
- Pandey KB, Rizvi SI. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. Oxid Med Cell Longev. 2009. 2:270-278.
- Park CH, Chae SC, Park SY, Kim JK, Kim YJ, Chung SO, et al. Anthocyanin and carotenoid content in different cultivars of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Ramat.) flower. Molecules. 2015a. 20:11090-11102.
- Park JY, Han SI, Hur Y, Lee YY, Lee BW, Sim EY, et al. Changes in physicochemical properties and antioxidant activities according to different harvest time in black rice (*Oryza sativa* L.). J Korean Soc Food Sci Nutr. 2015b. 44:1653-1659.
- Park YB, Kim KT. The effects of seeding time on growth, contents of β -carotene and sugars of carrots in Jeju island. Korean J Hort Sci Technol. 2001. 19:22-28.
- Shin JA, Chun JY, Lee J, Shin KY, Lee SK, Lee KT. Determination of β -carotene and retinol in Korean noodles and bread products. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:1949-1957.
- Stahl W, Sies H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. Biochem Biophys Acta. 2005. 1740:101-107.