복숭아 품종과 부위별 비타민 C, 안토시아닌 및 카로티노이드 함량 분석

김지영¹ · 권수현¹ · 장 미¹ · 이지윤² · 김기창¹ · 강해주¹ · 황인국¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

²경상북도 농업기술원 청도 복숭아 연구소

Analysis of Ascorbic Acid, Anthocyanin and Carotenoid Contents of Parts from Selected Peach Cultivars

Ji Yeong Kim¹, Su Hyun Kwon¹, Mi Jang¹, Ji Yun Lee², Gi Chang Kim¹,
Hae Ju Kang¹, and In Guk Hwang¹

¹Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration

²Cheongdo Peach Research Institute, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services

ABSTRACT Peaches (*Prunus persica* L. Batsch) are one of the commonly consumed fruits. Depending on the color of the flesh, peaches are typically classified into white and yellow varieties. To identify the differences in the content of the functional components according to the cultivar and its parts, the ascorbic acid, anthocyanin and carotenoid content were analyzed. The results showed that the content of ascorbic acid was higher in the peel than the flesh of the white peaches and there was no significant difference between the flesh and peel of yellow peaches ($P>0.05$). Anthocyanin analysis showed that cyanidin-3-glucoside was higher in the peel than the flesh in both yellow and white peaches. Cyanidin-3-rutinoside was detected only in the peel of yellow and white peaches. In the case of carotenoids, lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, α -carotene, and β -carotene were analyzed. All the carotenoid components showed a higher content in yellow peaches than white peaches. In particular, the content of β -carotene was the highest. The content of β -carotene was higher in the peel than the flesh in both yellow and white peaches, and a higher content was detected in the yellow peaches compared to the white peaches. The differences in content were found to be significant according to the cultivars as well as the farms and regions ($P<0.05$). Through this study, the content of functional components according to the cultivar and its parts was confirmed, and it is expected that this data will be widely used in the development of functional health foods through additional research.

Key words: peach, ascorbic acid, anthocyanin, carotenoid

서 론

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 온대 낙엽성 과수로 중국이 원산지로 알려져 있으며 전 세계적으로 소비되는 주요 과실 중 하나이다(Jung과 Jeong, 2018). 국내에서 복숭아는 감귤, 사과, 감 다음으로 생산량이 많은 과일로 6~9월에 집중적으로 소비가 되고 있으며 주산지는 경북, 충북, 전북 지역이다(Statistics Korea, 2019). 복숭아는 털의 유무에 따라 털이 있는 복숭아(peach)와 털이 없는 천도(nectarine) 품종으로 나뉘며 과육의 색에 따라 백도 계통과 황도 계통으로 크게 구분할 수 있다.

황도 복숭아는 가식부 100 g당 수분 86.1%, 단백질 0.4%, 지질 0.04%, 회분 0.43%, 총 식이섬유 4.3%를 차지하고 있으며, 칼륨 188 mg%, 인 20 mg%, 베타카로틴 105 μ g%, 비타민 C 1.67 mg(Rural Development Administration Korea, 2020)이 함유되어 있다. 그뿐만 아니라 malic acid, citric acid 등의 유기산과 ester, acetaldehyde 및 aldehyde류에 의한 독특한 향(Kim 등, 2012a)을 가지고 있어 식품영양학적으로 가치가 높은 과일이다. 현재 복숭아는 주로 잼, 병조림, 음료, 젤리 등의 가공품으로 판매되고 있으나 가공 이용률은 매우 낮은 수준이다(Park 등, 2019). 최근에는 생과로서 저장성이 낮은 복숭아의 소비 확대와 부가가치

Received 7 June 2021; Revised 4 August 2021; Accepted 4 August 2021

Corresponding author: In Guk Hwang, Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, 166, Nongsangmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeonbuk 55365, Korea, E-mail: ighwang79@korea.kr

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.

향상을 위해 저장성 향상 기술(Park 등, 2010; Na 등, 2012; Lee 등, 2013; Park 등, 2019) 연구와 복숭아 푸딩(Park 등, 2014), 막편(Shim 등, 2014), 양갱(Lee, 2016b), 젤리(Lee, 2016a), 초콜릿과 스낵(Jung 등, 2017b) 및 고추장(Jung과 Jeong, 2018) 등과 같은 다양한 가공제품 개발 연구가 이루어지고 있다.

Anthocyanin, carotenoid 등과 같은 다양한 기능 성분을 함유한 복숭아는 현재 여러 생리 활성 연구가 활발히 진행 중이며(Liu 등, 2015; Ding 등, 2020), 복숭아 ethyl acetate 분획물은 대표적인 합성 항산화제인 BHA보다 우수한 항산화력과 그로부터 기인한 항염증 활성이 잘 알려져 있다(Jung 등, 2017a). 그뿐만 아니라 tyrosinase 저해로 인한 미백 활성(Kim 등, 2012b)과 유방암(Noratto 등, 2009), 대장암(Cassiem과 Kock, 2019) 등의 항암 효과가 있는 것으로 보고되어 있다. Liu 등(2015)은 중국에서 재배된 복숭아 5품종의 부위별(과육, 껍질) ascorbic acid 및 phenolic acid 함량 분석 연구를 진행하였고, Aubert와 Chalot(2020)은 유럽지역에서 많이 소비되는 복숭아 품종의 유리당, 유기산, ascorbic acid 및 polyphenol 조성 분석에 관한 연구를 보고한 바 있다. 하지만, 국내 복숭아 품종의 주요 기능성분 함량 분석에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 재배되고 있는 복숭아 품종 16종(황도 계통 8종, 백도 계통 8종)의 부위별 ascorbic acid, anthocyanin, carotenoid 함량을 비교·분석하여 복숭아 품종과 부위별 기능성분 함량 정보와 향후 복숭아 신품종 개발 및 식품 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용된 복숭아 시료는 2020년 6~9월에 청도 복숭아 연구소 시험포장지에서 재배된 8품종(썬요마루, 미황, 주월황도, 조황, 수황, 금황, 홍백, 친중도백도)과 충북 음성군에서 재배된 8품종(코이미라이, 몽부사, 단황도, 대월, 홍박도, 유명, 엘바백도, 양홍상)을 수집하여 사용하였다. 모든 시료는 수집 즉시 세척 후 껍질과 과육 부위로 구분하여 세절한 다음 동결건조 하였다. 동결건조된 각 시료는 분쇄하여 -70°C 에서 보관하여 분석용 시료로 사용하였다. Ascorbic acid, tris(2-carboxyethyl)phosphine hydrochloride(TCEP), ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA), metaphosphoric acid(MPA), trifluoroacetic acid(TFA), α -carotene, β -carotene, cyanidin-3-glucoside 표준품은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA), β -cryptoxanthin, cyanidin-3-rutinoside는 Extrasynthese(Genay, Lyon, France), lutein은 Chemfaces(Wuhan, China), zeaxanthin은 Supelco Inc.(Bellefonte, PA, USA)에서 구입하였고, 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

Ascorbic acid 분석 방법

Ascorbic acid 분석을 위한 추출물 제조는 동결건조된 시료 0.50 ± 0.01 g을 50 mL centrifuge tube에 담아 1 mM EDTA와 5 mM TCEP가 포함된 5% MPA 용액 25 mL를 가하고 homogenizer로 2분간 균질화시켰다. 균질화한 시료는 4°C 에서 10분간 10,000 rpm(175×10 g)으로 원심분리한 후 상등액을 25 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 μm syringe filter(PVDF, Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과한 다음 HPLC를 이용하여 분석하였다. HPLC는 Waters e2695(Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. Column은 Mightysil RP-18 GP column(4.6×250 mm, 5 μm , Kanto Chemical, Tokyo, Japan), column 온도는 20°C , 이동상은 0.1% TFA in water, 유속은 0.6 mL/min, 시료 주입량은 10 μL , 검출기는 UV detector를 사용하여 254 nm에서 분석하였다(Hwang 등, 2014).

Anthocyanin 분석 방법

Anthocyanin 분석을 위한 추출물 제조는 시료 2.00 $\pm$ 0.05 g을 50 mL centrifuge tube에 담고 0.3% HCl을 함유한 80% methanol 5 mL를 넣고 15분간 초음파 추출한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 2회 반복하여 회수한 상등액을 최종 10 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 μm syringe filter(nylon, Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과한 다음 UPLC를 이용하여 분석하였다. UPLC는 Waters ACQUITYTM Ultra Performance LC를 사용하였다. Column은 CORTECS[®] UPLC[®] T3 column(2.1×150 mm, 1.6 μm , Waters)을 사용하였고 column 온도는 30°C 였다. 이동상은 A 용매(0.5% TFA in water)와 B 용매(0.5% TFA in 50% acetonitrile)를 gradient 조건으로 흘려주었고, gradient 조건은 3분간 20% B 용매로 유지한 후 11분까지 24% B 용매, 20분까지 27% B 용매, 35분까지 42% B 용매, 40분까지 45% B 용매, 45분까지 90% B 용매, 50분까지 90% B 용매, 55분까지 20% B 용매, 60분까지 20% B 용매로 설정하여 분석하였다. 유속은 0.3 mL/min으로 하였고, 시료 1 μL 를 주입하여 UV detector를 사용하여 515 nm에서 분석하였다. 표준물질로는 cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinoside를 사용하였다.

Carotenoid 분석 방법

Carotenoid 분석을 위한 추출물 제조는 시료 5.00 ± 0.05 g에 6% pyrogallol ethanol 용액 10 mL를 가한 후 80°C 의 water bath에서 15분간 추출하였다. 10분간 냉각한 다음 추출액에 80% KOH 용액 3 mL를 넣고 water bath에서 10분간 비누화 반응 후 10분간 냉각하였다. 반응이 정지된 tube에 증류수 5 mL와 *n*-hexane 10 mL를 넣고 혼합하였다. 이후 3,000 rpm에서 10분간(4°C) 원심분리(Union 55R, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Incheon, Korea)하여

n-hexane 층을 micro-pipette으로 회수하였다. 위 과정을 2회 더 실시하여 약 30 mL의 *n*-hexane 층을 회수한 후 진공 농축기를 이용하여 완전 농축하였다. methanol과 MTBE (methyl tertiary butyl ether) 용매를 1:1로 혼합한 용액 2 mL를 넣어 완전히 녹인 후, 0.20 µm syringe filter (PTFE, Whatman)로 여과한 다음 ACQUITY™ Ultra Performance LC 분석용 시료로 사용하였다. Column으로 HALO® C30 column(3.0×150 mm, 2.7 µm, 160 Å, AMT, Wilmington, DE, USA)을 사용하였고, 온도는 30°C로 유지하였다. 이동상은 methanol과 ethanol을 gradient 조건으로 흘려주었고, gradient 조건은 초기 98% methanol에서 20분에 60% methanol로 설정하였으며, 유속은 0.65 mL/min으로 하였고, 시료 5 µL를 주입하여 UV detector를 사용하여 471 nm에서 분석하였다(Hwang 등, 2020). 표준물질로는 lutein, zeaxanthin, β-cryptoxanthin, α-carotene, β-carotene을 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며 통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 다중검정범위(Duncan's multiple range test)를 사용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

Ascorbic acid 함량

Ascorbic acid는 식품으로 섭취해야 하는 필수 수용성 비타민으로 인체 내에서 콜라겐 합성, 항산화 작용, 면역기능 향상 등 많은 생물학적 반응에 참여하는 것으로 알려져 있다(Hwang 등, 2014). 현재 ascorbic acid는 결합조직 형성과 기능 유지, 철의 흡수 및 유해산소로부터 세포를 보호하는 건강기능식품 고시형 기능성 영양소 원료로 사용 중이며, 일일섭취량 기준 및 규격은 30~1,000 mg이다(Ministry of Food and Drug Safety, 2016).

백도(8종)의 과육 및 껍질 부위의 ascorbic acid 함량은 각각 2.39~5.72 및 5.24~10.66 mg/100 g FW 범위로 나타났고, 평균 함량은 각각 3.26 및 6.70 mg/100 g FW로 껍질 부위가 유의적으로($P < 0.001$) 높은 함량을 보였다. 천중도의 과육과 껍질이 각각 5.72, 10.66 mg/100 g FW로 나타나 유의적으로($P < 0.05$) 가장 높은 함량을 나타냈고, 품종 간에 유의적인 함량 차이를 확인하였다(Table 1). 황도의 경우 과육 및 껍질 부위의 ascorbic acid 함량은 각각 0.71~6.36 및 0.07~8.24 mg/100 g FW 범위를 보였고, 평균 함량은 각각 3.10 및 2.48 mg/100 g FW로 나타났다(Table 2). 또한 황도의 품종에 따른 과육 및 껍질 부위 함량을 분석

Fig. 1. Comparison of ascorbic acid content by parts of white and yellow peaches. Statistical analyses were performed by Student's t-test using SPSS. Values are the mean±SD of three replications (n=3). NS: Not statistically significant. ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

한 결과는 Table 2와 같으며 과육은 단황도, 껍질은 양홍장의 ascorbic acid 함량이 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 계통 간의 유의적 차이를 보았을 때 백도와 황도 과육 부위의 ascorbic acid 함량은 유의적인 차이가 없었으나, 껍질 부위의 경우 백도가 유의적으로($P < 0.01$) 높은 것으로 나타났다(Fig. 1).

Liu 등(2015)의 연구에서 복숭아 5품종의 과육과 껍질 부위별 ascorbic acid 함량을 분석한 결과, 각각 2.48~5.54 및 4.37~8.71 mg/100 g FW 범위로 껍질 부위의 함량이 높은 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. (Rural Development Administration Korea, 2020)에 따르면 황도의 ascorbic acid 함량은 1.67 mg/100 g, 백도는 2.10 mg/100 g으로 백도 계통 복숭아가 다소 높은 함량을 보였으며 그 외 포도 캠벨 얼리 품종은 2.42 mg/100 g, 사과 부사 품종은 1.41 mg/100 g의 함량이 있다고 보고하였다. 이와 비교하였을 때 복숭아는 비교적 높은 ascorbic acid를 함유하고 있음을 확인하였고 본 연구 결과와 마찬가지로 백도의 ascorbic acid 함량이 황도보다 높은 경향을 보였다.

또한 Lee 등(2001)에 따르면 백도의 ascorbic acid 함량과 당산비(soluble solid-acid ratio)가 황도보다 유의적으로 높다고 밝혔다. 당산비는 감미비라고도 불리는데 과채류 제품의 식미는 단맛과 신맛이 가장 주된 맛이기 때문에 과일 품질 평가 시 중요한 요인이 될 수 있다. 이러한 당산비와 ascorbic acid 함량이 높다고 알려진 백도는 생과일주스와 같은 생과로 주로 소비되고 있으며(Kim과 Cho, 1999) 추가적인 추출 및 전처리 과정을 확립한다면 보다 높은 ascorbic acid 함량의 복숭아를 기능성 식품 소재로서 응용할 수 있을 것으로 보인다.

Anthocyanin 함량

Anthocyanin은 질병과 해충으로부터 식물을 보호할 뿐 아니라 동물을 유인하여 식물의 수분 활동을 도우며 인간의

Table 1. Ascorbic acid, anthocyanin, and carotenoid contents of flesh and peel from white peach cultivars

Flesh color	Fruit tissue	Cultivar	AA ¹⁾ (mg/100 g FW)	Anthocyanins (mg/100 g FW ²⁾)		Carotenoids (μg/100 g FW)				
				C3G ³⁾	C3R ⁴⁾	Lutein	Zeaxanthin	β-Cryptoxanthin	α-Carotene	β-Carotene
Flesh		Hongbaek	2.39±0.03 ⁽⁵⁾	0.37±0.01 ^e	ND ⁽⁶⁾	ND	ND	ND	ND	0.42±0.13 ^c
		Cheonjungdo	5.72±0.05 ^a	0.94±0.06 ^b	ND	ND	3.83±0.89 ^a	2.04±0.02	ND	5.06±0.03 ^a
		Koimirai	3.98±0.14 ^b	0.05±0.00 ^g	ND	ND	2.89±1.03 ^{ab}	ND	ND	ND
		Yume Fuji	3.14±0.09 ^c	0.08±0.00 ^g	ND	ND	3.75±0.17 ^a	ND	ND	0.69±0.31 ^{bc}
		Daewol	3.07±0.03 ^c	0.31±0.01 ^f	ND	ND	2.65±0.42 ^{ab}	ND	ND	1.73±0.12 ^b
		Hongbakdo	2.79±0.01 ^d	0.42±0.01 ^d	ND	ND	4.54±0.17 ^a	ND	ND	4.15±1.13 ^a
		Yumyeong	2.55±0.02 ^e	0.52±0.03 ^c	ND	ND	ND	ND	ND	0.45±0.02 ^c
		Elbabaekdo	2.44±0.02 ^{ef}	1.60±0.01 ^a	ND	ND	1.98±0.24 ^b	ND	ND	0.99±0.23 ^c
		Mean±SD	3.26±1.12	0.54±0.51	ND	ND	3.27±0.93	2.04±0.02	ND	1.93±1.90
		F value	866.873	1,312.044			4.742			35.067
White		P-value	P<0.001	P<0.001			P=0.033			P<0.001
		Hongbaek	5.43±0.05 ^f	3.04±0.01 ^c	0.39±0.01 ^c	ND	4.00±0.02 ^c	1.50±0.27 ^c	ND	25.21±0.66 ^c
		Cheonjungdo	10.66±0.11 ^a	1.89±0.06 ^f	0.15±0.05 ^f	1.53±0.57 ^b	7.28±0.50 ^b	7.58±1.52 ^a	1.30±0.20 ^b	36.71±8.45 ^b
		Koimirai	5.24±0.15 ^f	1.02±0.02 ^g	0.05±0.00 ^g	ND	6.05±0.09 ^b	1.21±0.16 ^c	ND	7.03±0.69 ^e
		Yume Fuji	6.15±0.11 ^e	2.21±0.15 ^e	0.29±0.02 ^d	2.43±0.19 ^b	10.39±1.01 ^a	0.73±0.10 ^c	ND	18.19±0.95 ^{cd}
		Daewol	7.38±0.22 ^b	2.46±0.14 ^d	0.38±0.02 ^c	ND	1.30±0.23 ^d	0.33±0.07 ^c	ND	14.68±1.21 ^{cd}
		Hongbakdo	6.89±0.17 ^c	2.46±0.03 ^d	0.20±0.01 ^e	4.82±0.90 ^a	3.55±0.65 ^c	8.51±0.35 ^a	1.23±0.48 ^b	34.47±5.25 ^b
		Yumyeong	5.33±0.08 ^f	4.63±0.04 ^b	0.70±0.01 ^a	ND	ND	ND	0.13±0.06 ^b	13.40±0.80 ^{de}
		Elbabaekdo	6.53±0.12 ^d	5.65±0.12 ^a	0.48±0.01 ^b	ND	ND	4.73±0.54 ^b	6.54±1.26 ^a	53.95±3.92 ^a
		Mean±SD	6.70±1.78	2.92±1.51	0.33±0.20	2.93±1.70	5.43±3.19	3.51±3.42	2.30±2.88	25.45±15.46
	F value	504.212	881.371	800.887	14.546	69.435	57.612	35.595	31.239	
	P-value	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P=0.015	P<0.001	P<0.001	P=0.002	P<0.001	

¹⁾Ascorbic acid. ²⁾Fresh weight. ³⁾Cyanidin-3-glucoside. ⁴⁾Cyanidin-3-rutinoside.

⁵⁾Value are shown as mean±SD of triplicate.

⁶⁾Not detected.

Different small letters in the same row indicate a significant difference at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. Data were expressed as mean±SD (n=3).

Table 2. Ascorbic acid, anthocyanin, and carotenoid contents of flesh and peel from yellow peach cultivars

Flesh color	Fruit tissue	Cultivar	AA ¹⁾ (mg/100 g FW)	Anthocyanins (mg/100 g FW ²⁾)		Carotenoids (μg/100 g FW)				
				C3G ³⁾	C3R ⁴⁾	Lutein	Zeaxanthin	β-Cryptoxanthin	α-Carotene	β-Carotene
Flesh		Chiyomaru	1.21±0.04 ⁽⁵⁾	ND	ND ⁶⁾	3.69±0.93 ^b	4.29±0.58 ^e	9.62±1.66 ^{bc}	10.26±1.11 ^{bcd}	77.36±5.62 ^{cd}
		Mihwang	1.66±0.06 ^e	0.03±0.00 ^d	ND	4.17±0.83 ^b	19.82±1.92 ^a	9.61±0.24 ^{bc}	7.58±0.22 ^{de}	73.17±1.25 ^{cde}
		Juwolhwangdo	1.67±0.01 ^e	0.07±0.00 ^c	ND	1.65±0.16 ^c	14.08±1.87 ^{bc}	8.59±1.40 ^c	12.62±2.21 ^{bc}	102.95±7.55 ^b
		Chohwang	0.71±0.01 ^g	0.04±0.00 ^d	ND	1.72±0.04 ^c	10.96±2.44 ^{cd}	12.56±3.09 ^b	13.55±1.41 ^b	98.33±9.63 ^b
		SoolHwang	5.37±0.10 ^b	0.11±0.01 ^b	ND	1.05±0.27 ^c	15.33±1.09 ^b	6.75±0.47 ^c	9.37±1.41 ^{cd}	91.40±12.21 ^{bc}
		Geum Hwang	4.58±0.04 ^c	ND	ND	0.38±0.05 ^c	9.01±0.01 ^d	7.71±1.19 ^c	4.90±0.41 ^e	63.58±1.18 ^{de}
		Danhwangdo	6.36±0.04 ^a	0.11±0.00 ^b	ND	ND	9.34±0.08 ^d	10.10±1.49 ^{bc}	6.39±0.58 ^{de}	56.21±1.92 ^e
		Yanghongchang	3.27±0.03 ^d	0.19±0.01 ^a	ND	10.32±1.42 ^a	5.05±0.14 ^e	21.32±0.14 ^a	36.11±3.39 ^a	142.83±15.65 ^a
		Mean±SD	3.10±2.12	0.09±0.06	ND	3.28±3.39	10.99±5.25	10.78±4.60	12.60±9.95	88.23±27.48
		F value	4,941.249	151.733	ND	40.184	30.071	18.599	71.530	20.769
Yellow		P-value	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
		Chiyomaru	0.14±0.01 ^g	0.03±0.00 ^f	ND	91.43±0.17 ^a	18.29±0.58 ^a	31.53±6.10 ^a	67.02±4.16 ^d	216.09±18.38 ^{bc}
		Mihwang	0.59±0.01 ^e	1.20±0.04 ^d	0.11±0.01 ^e	42.36±7.40 ^c	15.55±1.11 ^{ab}	31.81±3.59 ^a	106.27±5.67 ^b	304.77±47.61 ^{bc}
		Juwolhwangdo	0.44±0.01 ^f	0.29±0.01 ^e	0.01±0.00 ^f	17.39±1.09 ^{de}	9.37±0.20 ^{def}	20.72±3.25 ^b	60.85±6.21 ^d	206.93±19.26 ^{bc}
		Chohwang	0.07±0.00 ^g	0.24±0.01 ^e	0.01±0.00 ^f	28.67±7.64 ^d	13.86±2.79 ^{bc}	39.81±1.88 ^a	108.50±15.33 ^b	324.34±1.48 ^b
		SoolHwang	2.53±0.10 ^d	2.05±0.05 ^c	0.28±0.01 ^b	12.36±0.10 ^e	7.61±0.48 ^f	14.86±0.35 ^b	119.81±1.82 ^b	324.96±30.33 ^b
		Geum Hwang	4.60±0.02 ^b	1.23±0.01 ^d	0.15±0.00 ^d	24.85±3.58 ^d	8.87±0.54 ^{ef}	32.60±9.24 ^a	95.82±12.52 ^{bc}	311.01±42.04 ^{bc}
		Danhwangdo	3.24±0.06 ^c	2.73±0.06 ^b	0.26±0.00 ^c	18.80±2.40 ^{de}	11.65±0.27 ^{cde}	39.14±3.70 ^a	75.88±12.69 ^{cd}	199.98±6.47 ^c
		Yanghongchang	8.24±0.02 ^a	9.64±0.16 ^a	0.85±0.01 ^a	75.69±6.70 ^b	12.38±0.73 ^{cd}	34.37±0.70 ^a	320.73±21.87 ^a	818.97±100.68 ^a
		Mean±SD	2.48±2.86	2.18±3.16	0.24±0.29	38.95±29.27	12.20±3.62	30.60±8.65	119.36±84.04	338.38±201.64
Yellow		Fvalue	13,407.103	7,460.477	3,804.619	77.112	16.522	7.304	100.664	33.154
		P-value	P<0.001	P=0.012	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P=0.006	P<0.001	P<0.001

¹⁾Ascorbic acid. ²⁾Fresh weight. ³⁾Cyanidin-3-glucoside. ⁴⁾Cyanidin-3-rutinoside.

⁵⁾Value are shown as mean±SD of triplicate.

⁶⁾Not detected.

Different small letters in the same row indicate a significant difference at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Data were expressed as mean±SD (n=3).

건강을 증진하는 등의 과정에서 중요한 역할을 한다(Kong 등, 2003). 또한 다양한 색소로서 식품, 화장품 등의 분야에서 상품의 시각적인 가치를 높이고 항암, 항비만 예방 효과를 가지며 대표적인 anthocyanin으로는 cyanidin-3-glucoside(C3G), delphinidin-3-glucoside, malvidin-3-glucoside 등이 있다(Shin과 Lee, 2019). 선행연구에 따르면 복숭아에 함유된 anthocyanin은 C3G와 cyanidin-3-rutinoside(C3R)이며, 주요 anthocyanin은 C3G인 것으로 보고되고 있다(Orazem 등, 2011; Ding 등, 2020; Aubert와 Chalot, 2020). 본 연구에서는 과육 부위의 경우 C3G만 검출되었고 껍질 부위에서는 C3G와 C3R이 모두 검출되었다.

백도 과육 및 껍질의 C3G 함량은 각각 0.05~1.60 및 1.02~5.65 mg/100 g FW 범위로 나타났고 평균 함량은 각각 0.54 및 2.92 mg/100 g FW로 껍질 부위의 C3G 함량이 유의적으로 높았다($P<0.01$). 품종 간 비교를 통해 엘바 백도의 과육 및 껍질의 C3G 함량이 유의적으로($P<0.05$) 가장 높았음을 확인하였다. C3R은 껍질에서만 검출되었으며 0.05~0.70 mg/100 g FW 범위로 나타났다. 평균 함량은 0.33 mg/100 g FW였고 유명 품종이 유의적으로($P<0.05$) 가장 높은 함량을 보였다(Table 1). 황도의 과육 부위 내 C3G 함량은 0.00~0.19 mg/100 g FW 범위였고, 2품종에서 C3G는 검출되지 않았으며 평균 함량은 0.09 mg/100 g FW였다. 또한 껍질 부위의 C3G 함량 범위는 0.03~9.64 mg/100 g FW로 평균 함량은 2.18 mg/100 g FW였으며 껍질과 과육 부위 간의 유의적인 C3G 함량 차이는 없었다. 또한 8품종 중 양홍장이 유의적으로($P<0.05$) 높은 함량을 보였다. C3R은 껍질에서만 검출되었으며 0.01~0.85 mg/100 g FW 범위로 나타났다. Table 2에 나타나듯 평균 함량은 0.24 mg/100 g FW였고 8품종 중 양홍장이 유의적으로 높은 함량(0.85 mg/100 g FW)을 나타냈으며 같은 계통이라도 품종에 따라 유의적인 함량 차이가 있음을 확인하였다($P<0.05$). 계통 간의 유의적 차이를 보았을 때 백도 과육이 황도 과육보다 유의적으로($P<0.05$) 높은 C3G 함량을 나타

냈고, 백도 껍질과 황도 껍질 간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 2).

Ding 등(2020)은 복숭아(187종) 과육의 주요 anthocyanin으로 C3G와 C3R이 검출되었고, 평균 함량은 각각 0.91 및 0.02 mg/100 g FW로 C3G의 함량이 높았으며 황도가 백도에 비해 anthocyanin 함량이 높은 것으로 보고하였다. Aubert와 Chalot(2020)의 연구에서는 복숭아(껍질 포함)의 주요 anthocyanin으로 C3G와 C3R인 것으로 확인되었고 품종과 과육의 색에 따라 함량 차이를 보고하였으며, 황도(4종)의 anthocyanin 함량(19.21 mg/100 g FW)이 백도(10종, 3.71 mg/100 g FW)보다 높게 분석되어 본 연구 결과와 차이를 보였다. Han 등(2016)에 따르면 복숭아는 만개 후 30일까지 온도가 높을 경우 발아기~개화기까지 식물의 양분, 수분의 이동이 빠르게 이루어져 과실 생장에 필요한 최대 영양분이 공급되지 않는다고 밝혔다. 또한 강수량과 평균 일교차 간의 함량 차이도 있다고 보고하였다. 품종뿐 아니라 각 품종의 재배지에 따라서도 생리 활성 물질 함량의 차이가 높을 것으로 예상되며 본 연구 결과 또한 다양한 환경 요인에 따라 함량의 차이가 생긴 것으로 추정할 수 있었다.

Carotenoid 함량

Carotenoid는 isoprenoid계 천연 색소 성분으로 광합성을 하는 식물에 의해 합성되지만, 인체 내에서는 합성할 수 없어 식품으로 섭취해야 하는 필수 영양·기능성분이다. Carotenoid는 항산화, 항염증과 더불어 면역 조절 효과, 세포 분화, 뼈 대사 등의 다양한 생리 활성을 나타내는 것으로 보고되어 있으며 주요 공급원은 과일과 채소가 대표적이다. Carotenoid 성분 중 β -carotene은 어두운 곳에서 시각 적응, 피부와 점막 형성 및 기능 유지에 필요하다고 알려져 있으며, lutein은 눈 건강에 도움을 줄 수 있는 건강기능식품 기능성 원료로 활용되고 있다(Saini 등, 2015; Saini와 Keum, 2018).

본 연구 결과 복숭아 껍질과 과육에서 공통으로 lutein,

Fig. 2. Comparison of cyanidin-3-glucoside (A), cyanidin-3-rutinoside (B) content by parts of white and yellow peaches. Statistical analyses were performed by Student's t-test using SPSS. Values are the mean±SD of three replications (n=3). NS: Not statistically significant. * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

zeaxanthin, β -cryptoxanthin, α -carotene, β -carotene 이 검출되었으며 복숭아 백도에 대한 과육 및 껍질의 carotenoid 함량을 분석한 결과는 Table 1, 황도에 대한 과육 및 껍질의 carotenoid 함량 분석 결과는 Table 2에 나타내었다.

Lutein 분석 결과 백도의 과육에서는 검출되지 않았고 껍질에서는 2.43~4.82 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 범위로 검출되었다. 평균 함량은 2.93 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였으며 홍박도 껍질의 lutein 함량이 유의적으로 ($P<0.05$) 가장 높았다. 황도의 과육 및 껍질의 lutein 함량은 0.38~10.32 및 12.36~91.43 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였고 평균 함량은 각각 3.28, 38.95 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 품종 간의 비교를 통해 황도 과육은 양홍장, 껍질은 저요마루 품종의 함량이 유의적으로 ($P<0.05$) 가장 높았음을 확인하였으며, 계통 간 유의적 차이를 보았을 때 황도 껍질이 백도 껍질보다 유의적으로 ($P<0.05$) 높았다(Fig. 3). Zeaxanthin 분석 결과 백도의 과육 및 껍질의 함량은 1.98~4.54 및 1.30~10.39 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 범위로 나타났으며 평균 함량은 각각 3.27, 5.43 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 과육의 경우 몽부사와 홍박도 품종의 함량이 유의적으로 높았으며 껍질은 몽부사의 함량이 다른 품종들에 비해 유의적으로 높은 함량을 보였다($P<0.05$). 황도 과육 및 껍질의 zeaxanthin 함량은 4.29~19.82 및 7.61~18.29 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였고 평균 함량

은 각각 10.99, 12.20 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 과육의 경우 미황, 껍질은 저요마루 품종의 함량이 유의적으로 높았고, 계통 간 유의적 차이를 보았을 때 황도 과육이 백도 과육보다 유의적으로 ($P<0.01$) 높았으며 껍질 부위도 황도가 백도보다 유의적으로 ($P<0.001$) 높았다(Fig. 3).

β -cryptoxanthin 분석 결과 백도 과육은 천중도 백도만 검출되었으며 껍질은 0.33~8.51 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 로 평균 함량은 3.51 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 껍질 품종들 중 천중도와 홍박도 품종의 함량이 유의적으로 높았음을 확인하였다($P<0.05$). 황도 과육 및 껍질의 β -cryptoxanthin 함량은 각각 6.75~21.32 및 14.86~39.81 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 로 나타났으며 평균 함량은 각각 10.78, 30.60 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다(Fig. 3). 품종 간의 비교를 통해 과육은 양홍장이 유의적으로 가장 높은 함량을 나타냈고 껍질의 경우는 주월황도와 수황을 제외한 모든 품종이 유의적으로 가장 높은 함량을 나타냈다($P<0.05$). 계통 간 유의적 차이를 보았을 때 황도의 껍질이 백도 껍질보다 유의적으로 ($P<0.001$) 높은 함량을 보였다(Fig. 3). α -carotene 분석 결과 백도 과육에서는 검출되지 않았고 껍질의 함량은 0.13~6.54 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 로 평균 함량은 2.30 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 품종 간 껍질 함량 비교를 통해 엘바백도의 함량이 유의적으로 가장 높았음을 확인하였다($P<0.05$). 황도 과육 및 껍질의 α -carotene 함량은 4.90~

Fig. 3. Comparison of lutein (A), zeaxanthin (B), β -cryptoxanthin (C), β -carotene (D) content by parts of white and yellow peaches. Statistical analyses were performed by Student's t-test using SPSS. Values are the mean $\pm$ SD of three replications (n=3). NS: Not statistically significant. * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

36.11 및 60.85~320.73 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 로 나타났으며 평균 함량은 각각 12.60, 119.36 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 또한 과육과 껍질 모두 양홍장 품종의 함량이 유의적으로($P<0.05$) 가장 높았다(Fig. 3). β -carotene 분석 결과 백도 과육 및 껍질 함량은 0.42~5.06, 7.03~53.95 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 범위로 나타났으며 평균 함량은 각각 1.93, 25.45 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. Saini 등(2015)에서는 복숭아의 carotenoid 함량 분석 결과 β -carotene의 함량이 가장 높았다고 보고하였는데 이는 본 데이터와도 동일한 양상이었다. 품종 간 비교를 통해 천중도와 홍박도 과육과 엘바백도 껍질이 다른 품종들보다 유의적으로 높은 함량을 나타냄을 확인하였다. 황도 과육 및 껍질의 β -carotene 함량은 56.21~142.83 및 199.98~818.97 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 로 나타났으며 평균 함량은 각각 88.23, 338.38 $\mu\text{g}/100\text{ g FW}$ 였다. 과육과 껍질 부위에서 양홍장이 다른 품종들보다 유의적으로($P<0.05$) 높은 함량을 나타냄을 확인하였고, 계통 간 유의적 차이를 보았을 때 황도 과육이 백도 과육보다 유의적으로 높았으며($P<0.001$) 황도 과육 또한 백도 과육보다 유의적으로($P<0.01$) 높은 함량을 나타냈다(Fig. 3).

Aubert와 Chalot(2020)에 따르면 과일은 품종, 재배 방법, 기상조건과 같은 재배 환경이 변함에 따라 수확물의 차이가 있다고 밝혔으며 저장조건, 숙도 등에 따라 생리 활성 물질의 함량 차이가 생길 수 있다고 보고하였다. 또한 과일의 기능성분은 수확시기 별로 품질에 관여하는 물리화학적 특성이 각각 다르다고 알려져 있다(Song 등, 1998). 본 연구 결과도 재배 지역과 농가가 각각 다르며 품종마다 수확 시기의 차이가 있었기 때문에 여러 외부 요소의 복합적인 이유로 품종과 재배 농가, 부위 별 함량의 차이가 생긴 것으로 추정할 수 있었다. Kim 등(2017)에서도 국내산 재배지별 복숭아의 평균 β -carotene 함량(1.3 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)과 미국산 복숭아 β -carotene 함량(162 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)과의 차이를 보고한 바 있다. 기능성 소재로서 복숭아의 이용성을 증진 시키고 나아가 새로운 식품 개발을 위해서 품종 등 여러 요인들로 인해 수확물에 생길 수 있는 물리화학적 차이를 아는 것이 중요하기 때문에 추후 품종별 재배 지역, 재배 조건 등으로 인한 기능성분들의 함량 변화에 대한 보완 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 백도 계통(8종)과 황도 계통(8종) 복숭아의 과육 및 껍질 부위에 함유된 ascorbic acid, anthocyanin, carotenoid 함량을 비교·분석하였다. Ascorbic acid 분석 결과 백도 껍질 부위는 과육 부위보다 약 2배 높은 6.70 $\text{mg}/100\text{ g FW}$ 의 ascorbic acid 함량을 나타냈고, 황도의 경우 과육과 껍질 간의 유의미한 함량 차이는 없었다. 또한 황도와 백도를 비교하였을 때 백도 껍질이 황도 껍질보다 유의적으로($P<0.01$) 높은 함량을 보였으며 과육 간의 유의

미한 차이는 없었다. Anthocyanin 성분 중 cyanidin-3-glucoside(C3G)와 cyanidin-3-rutinoside(C3R) 분석 결과, C3G가 복숭아에 함유된 주요 anthocyanin임을 확인하였으며 백도 껍질 부위가 과육 부위보다 유의적으로($P<0.01$) 높은 함량을 보였고 황도 또한 껍질 부위가 과육 부위보다 높은 C3G 함량을 나타냈다. 황도와 백도를 비교하였을 때 백도 과육이 황도 과육보다 유의적으로($P<0.05$) 높은 C3G 함량을 보였으며 백도 껍질과 황도 껍질 간의 유의미한 차이는 나타나지 않았다. Carotenoid 성분 중 lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin, α -carotene, β -carotene 분석을 실시하였으며, 이 중 β -carotene의 함량이 주요 carotenoid 성분으로 확인되었다. 백도 껍질의 평균 β -carotene 함량은 과육 평균 함량보다 약 13배 높은 함량을 보였고 황도 껍질의 평균 β -carotene 함량 또한 과육 평균 함량보다 약 4배 높은 함량을 보였으며, 황도와 백도를 부위 별로 비교하였을 때 황도의 껍질 및 과육 부위가 백도의 껍질 및 과육 부위보다 높은 경향을 보였다. 현재 국내 복숭아 품종의 기능성분에 대한 연구 진행이 미흡하기 때문에 본 연구 결과가 향후 복숭아 식품 연구와 신제품 개발에 있어 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01514402) 및 국립농업과학원 전문연구원 과정 지원사업(과제번호: PJ01514402)에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Aubert C, Chalot G. Physicochemical characteristics, vitamin C, and polyphenolic composition of four European commercial blood-flesh peach cultivars (*Prunus persica* L. Batsch). *J Food Compost Anal.* 2020. 86:103337. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103337>
- Cassiem W, de Kock M. The anti-proliferative effect of apricot and peach kernel extracts on human colon cancer cells in vitro. *BMC Complement Altern Med.* 2019. 19:32. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2437-4>
- Ding T, Cao K, Fang W, Zhu G, Chen C, Wang X, et al. Evaluation of phenolic components (anthocyanins, flavanols, phenolic acids, and flavonols) and their antioxidant properties of peach fruits. *Sci Hortic.* 2020. 268:109365. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109365>
- Han HH, Han JH, Jeong JH, Ryu SH, Kwan YH. Analysis of environmental factors for full bloom stage and fruit growth in peach. *J Climate Change Res.* 2016. 7:493-498.
- Hwang BS, Kim JY, Kwon SH, Kim GC, Kang HJ, Rhee JH, et al. Antioxidant activity of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) using different genotypes. *Korean J Food Nutr.* 2020. 33:532-543.
- Hwang IG, Byun JY, Kim KM, Chung MN, Yoo SM. Vitamin C quantification of Korean sweet potatoes by cultivar and cooking method. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43:955-961.
- Jung KM, Jeong YJ. Analysis of the quality characteristics of

- Kochujang* prepared using pastes from different peach varieties. Korean J Food Preserv. 2018. 25:19-26.
- Jung KM, Kim SY, Lee SH. *In vitro* correlation and analysis of anti-oxidant and anti-inflammatory activities by fruit ripening of peach cultivars. Korean J Food Preserv. 2017a. 24:638-646.
- Jung KM, Park SG, Lee Y, Kim SR. Development and characterization of peach powder-added chocolate and chocolate-covered freeze-dried peach snack. J East Asian Soc Diet Life. 2017b. 27:521-528.
- Kim DM, Kim KH, Choi IJ, Yook HS. Composition and physicochemical properties of unripe Korean peaches according to cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2012a. 41:221-226.
- Kim KH, Kim DM, Yu S, Yook HS. Antioxidant and whitening activities of various cultivars of Korean unripe peaches (*Prunus persica* L. Batsch). J Korean Soc Food Sci Nutr. 2012b. 41:156-160.
- Kim SD, Cho JW. Processing of peach and its future prospect. J App Sci Res Inst. 1999. 7:39-48.
- Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF, Brouillard R. Analysis and biological activities of anthocyanins. phytochemistry. 2003. 64:923-933.
- Lee JA. Quality characteristics of jelly added with peach (*Prunus persica* L. Batsch) powder. Culi Sci & Hos Res. 2016a. 22: 108-120.
- Lee JY, Park HD, Choi SW. Physicochemical characteristics of various peach cultivars. J Food Sci Nutr. 2001. 6:107-111.
- Lee KH, Park JH, Lee YJ, Ban KE, Jang HJ, Choi JH. Application of hot air for shelf-Life extension of peach (*Prunus persica* L. Batsch). Korean J Food Nutr. 2013. 26:731-736.
- Lee WG. Quality characteristics of *Yanggaeng* added with freeze-dried peach powder. Culi Sci & Hos Res. 2016b. 22: 67-77.
- Liu H, Cao J, Jiang W. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars. LWT—Food Sci Technol. 2015. 63:1042-1048.
- Ministry of Food and Drug Safety. Status of recognition of functional ingredients for health functional foods. 2016 [cited 2021 May 25]. Available form: <https://www.khsa.or.kr/assets/extra/hfood/01.pdf>
- Na H, Bae R, Lee SK. Effect of nitrous oxide (N₂O) treatment on quality of peach (*Prunus persica*) postharvest. Kor J Hort Sci Tenchnol. 2012. 30:42-49.
- Noratto G, Porter W, Byrne D, Cisneros-Zevallos L. Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells. J Agric Food Chem. 2009. 57:5219-5226.
- Orazem P, Stampar F, Hudina M. Fruit quality of redhaven and royal glory peach cultivars on seven different rootstocks. J Agric Food Chem. 2011. 59:9394-9401.
- Park J, Park J, Son Y, Kim K, Cho Y, Kim H. Effects of freezing methods on various peach cultivars. Culi Sci & Hos Res. 2019. 25:33-43.
- Park JY, Son IC, Kim D. Effects of foliar spray of calcium hydroxide on shoot growth and fruit quality in 'Daewol' peach (*Prunus persica* L. Batsch). Korean J Environ Agric. 2010. 29:102-108.
- Park SG, Song TH, Kim DH, Kim GH, Jang KI. Quality properties of peach pudding added with Korean peach (*Prunus persica* L. Batsch) juice and gelatin. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2014. 43:265-272.
- Rural Development Administration Korea. National standard food composition table. 2020 [cited 2021 May 25]. Available form: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctIntro/list?menuId=PS03562>
- Saini RK, Keum YS. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. Food Chem. 2018. 240:90-103.
- Saini RK, Nile SH, Park SW. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. Food Res Int. 2015. 76:735-750.
- Shim EK, Kim HJ, Kim MR. Quality characteristics and antioxidant activities of peach Makphyun. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2014. 43:1724-1730.
- Shin JH, Lee HY. Usage and efficacy of anthocyanins. J Biotech Res. 2019. 7:17-19.
- Song EY, Choi YH, Kang KH, Koh JS. Free sugar, organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements changes of cheju citrus fruits according to harvest data. Korean J Food Sci Technol. 1998. 30:306-312.
- Statistics Korea. 2019 Statistics for crop production. 2019 [cited 2021 May 25]. Available form: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0292