Pectinase 처리에 따른 미숙 복숭아 당절임액의 이화학적 특성 및 휘발성 향기 성분

황희영^{1,2} · 김미정¹ · 박승우¹ · 정우식²

¹경상북도 보건환경연구원

²경북대학교 식품공학부

Physicochemical Properties and Volatile Flavor Compounds of Unripe Peach Sugaring Solutions with Pectinase

Hee-Young Hwang^{1,2}, Mee-Jeoung Kim¹, Seung-Woo Park¹, and Woo-Sik Jeong²

¹GyeongSangbuk-do Government Public Institute of Health & Environment and

²School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University

ABSTRACT This study investigated the effects of pectinase treatment on the physicochemical properties, antioxidant capacities, and volatile flavor compounds of unripe peach sugaring solutions. Three different unripe peaches including white peach, nectarine, and yellow peach were mixed with fructooligosaccharide, and treated with or without pectinase, and stored for 5 weeks. The pectinase treatment in unripe peach sugaring solutions increased the content of soluble solids and titratable acidity while it decreased pH when compared to the non-treated sample. The content of free sugars such as fructose and glucose increased with the pectinase treatment, but maltose was not detected in all varieties. Organic acid content, citric acid, malic acid, and succinic acid were diminished, whereas tartaric acid, lactic acid, and acetic acid increased after pectinase treatment. Among the unripe peach varieties, white peach showed the highest radical scavenging activity, regardless of the pectinase treatment, in both 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid assays. On the other hand, pectinase treatment caused an increase in antioxidant activity in all peach varieties. The content of phenolic compounds and flavonoids increased in all varieties following pectinase treatment. The total content of phenolic compounds was the highest in white peach, and the total flavonoid content was the highest in nectarine. In gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) analysis, 15 volatile flavor compounds were identified including 9 aldehydes, 2 esters, 1 acid, 1 alcohol, and 2 other types. In all varieties, volatile flavor compounds increased with pectinase treatment. Taken together, it can be concluded that pectinase treatment improved overall quality characteristics of unripe peach sugaring solution.

Key words: unripe peach, sugaring, pectinase, volatile flavor compound, antioxidant

서 론

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과(Rosaceae) 자두속(*Prunus*)에 속하는 온대 낙엽성 과수로 국내 재배면적이 2007년 1만 3,338 ha에서 2017년 2만 214 ha로 51.5% 증가하였으며 연평균 약 4.2%씩 증가하고 있다(Kim 등, 2019). 복숭아는 수분과 당분 함량이 높으며 citric acid, malic acid, tartaric acid 등 유기산, 유리아미노산, chlorogenic acid, neochlorogenic acid, catechin, epicatechin

등 다양한 폴리페놀 화합물을 함유하고 있다(Kim 등, 2012; Liao 등, 2019).

복숭아는 재배 과정에서 과실의 착색 수가 과다할 때 여분의 것을 미리 제거해주고 열매의 크기를 크고 고르게 하기 위해 매년 4월 초순부터 5월 초순까지 적과를 실시하는데, 이때 적과된 복숭아는 사용 가치가 없어 전량 폐기되고 있다(Hong 등, 2012). 그러나 적과 시 발생하는 미숙 복숭아는 유기산, 무기물 등 영양성분과 폴리페놀 화합물, 프로안토시아닌, 플라보노이드와 같은 피토케미칼을 다량 함유하고

Received 9 August 2021; Revised 23 August 2021; Accepted 24 August 2021

Corresponding author: Woo-Sik Jeong, School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, 80, Daehak-ro, Buk-gu, Daegu 41566, Korea, E-mail: wsjeong@knu.ac.kr

Author information: Hee-Young Hwang (Researcher), Woo-Sik Jeong (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.

있기 때문에 적과된 미숙 복숭아는 기능성 소재 및 식품 원료로서 가치가 높은 것으로 보고되고 있다(Liu 등, 2015).

펙틴 분해효소는 효모, 세균, 일부 고등식물 등에서 분리되며 일반적으로 식물조직의 세포벽이나 세포 사이를 연결해주는 펙틴을 분해하여 과실의 조직을 연화시키고 과채류 가공 산업에서 수율 및 여과성을 높이거나 청징화 개선을 위해 사용되며, 식품소재의 생리활성의 변화를 가져오기 때문에 유용성분의 추출 효율을 높이기 위해 이용되고 있다(Sung 등, 2014; Park 등, 2019; Park과 Kim, 2009).

따라서 본 연구에서는 적과 후 폐기되는 미숙 복숭아의 가공식품으로서의 활용성을 제고하기 위하여 복숭아 품종별 펙틴 분해효소 처리에 따른 당질임액의 품질 특성 및 항산화능, 휘발성 향기 성분을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 복숭아는 백도(white peach)는 홍금향, 천도(nectarine)는 썬프레, 황도(yellow peach)는 황귀비 품종을 사용하였으며, 경북 영천시 소재 복숭아 농장에서 2021년 5월경 경행기 이전에 채취하여 실험 전 흐르는 물에 3회 이상 수세 후 거즈로 물기를 제거하고 실험재료로 사용하였다.

시약 및 기기

본 실험에 사용한 pectinase는 비전바이오켐(Seongnam, Korea)의 플란타아제 CP(pectin lyase(EC: 4.2.2.10) 110 U/g, polygalacturonase(EC: 3.2.1.15) 2,200 U/g, pectin methylesterase(EC: 3.1.1.11) 550 U/g), 프락토올리고당(프락토올리고당 55% 이상)은 CJ제일제당(Seoul, Korea)의 제품을 사용하였다. 시약 및 표준품인 gallic acid, (±)-catechin, Trolox, 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), fructose, glucose, sucrose, maltose, citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid, sodium carbonate, sodium nitrite, aluminum nitrate, sodium hydroxide는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다. 그 외 HPLC 분석을 위한 용매는 Fisher Scientific(Hampton, NH, USA)사의 HPLC 등급을 사용하였다.

미숙 복숭아 당질임액 제조

미숙 복숭아 당질임액은 백도(white peach), 천도(nectarine), 황도(yellow peach)의 3가지 복숭아 품종을 이용해서 각각 제조되었다. 즉, 미숙 복숭아와 프락토올리고당을 1:1(w/w) 비율로 혼합하고 품종별 효소 처리에 따른 미숙 복숭아의 품질 특성을 비교하기 위해 pectinase를 중량 대비 0.5%(w/v) 첨가하고 40°C에서 1시간 효소반응 시킨 후

100°C에서 효소 불활성화 및 살균처리를 하였다. pectinase 미처리구는 효소 처리 과정을 생략하고 100°C에서 살균 처리 하였으며, 모든 처리구는 4°C에서 5주간 숙성 후 여과하여 이화학적 특성, 항산화능, 휘발성 향기 성분을 측정하였다.

이화학적 특성

가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(RX-5000a, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 적정 산도는 AOAC 방법(2000)에 따라 0.1 N NaOH로 적정하여 citric acid 함량으로 나타내었다. pH는 pH meter(ORION STAR A214, Fisher Scientific)를 이용하여 측정하였다.

유리당 및 유기산 함량

유리당 및 유기산 함량은 Seong 등(2016)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료를 원심분리 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 HPLC(Agilent Technologies series 1260 infinity, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 유리당 분석은 Zorbax-carbohydrate analysis column(4.6 mm×150 mm, 5 µm, Agilent Technologies)을 사용하였으며, acetonitrile/water(75/25%, v/v)를 이동상으로 하여 유속은 1.2 mL/min, 검출기는 Refractive Index Detector(RID)로 분석하였다. 유기산 분석은 Aminex HPX-87H column(7.5×300 mm, 9 µm, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)을 사용하였으며, 5 mM sulfuric acid를 이동상으로 하여 유속은 0.6 mL/min, 검출기는 Diode Array Detector(DAD)로 210 nm 파장에서 분석하였다.

항산화 활성, 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량

DPPH 라디칼 소거 활성은 Blois(1958)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 20 µL와 200 µM DPPH 용액 180 µL 넣고 암실에서 30분 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 Trolox를 사용하여 검량선의 회귀식을 이용해 mM TE(Trolox Equivalent)로 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성은 Re 등(1999)의 방법을 변용하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 1:1(v/v)로 혼합한 후 14시간 동안 암실에서 반응시킨 후 ABTS 용액을 메탄올로 희석하였다. 시료 20 µL에 희석한 ABTS 용액 180 µL를 넣고 30분간 암실에서 방치한 후 734 nm에서 흡광도를 측정하여 Trolox를 사용하여 검량선의 회귀식을 이용해 mM TE로 나타내었다.

총 페놀성 화합물 함량은 Singleton 등(1999)의 방법을 변용하여 측정하였다. 시료 50 µL에 2 N Folin-Ciocalteu's reagent 25 µL를 넣은 다음, 20% sodium carbonate 150 µL를 가하여 15분 동안 실온에서 방치하여 725 nm에서 흡광도를 측정하고 gallic acid를 사용하여 gallic acid equivalents(g GAE/L)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(1999)의 방법을 변용하여 측정하였다. 시료 70

Table 1. Physicochemical properties of unripe peach sugaring solutions with a pectinase treatment

Samples ¹⁾		Soluble solid content (%)	Titrateable acidity (%)	pH
White peach	NPT	44.95±0.02 ^{b2)}	0.20±0.01 ^c	5.52±0.01 ^a
	PT	45.06±0.03 ^a	0.22±0.00 ^{bc}	5.23±0.02 ^b
Nectarine	NPT	44.40±0.02 ^d	0.24±0.01 ^b	4.38±0.01 ^e
	PT	44.59±0.02 ^c	0.37±0.00 ^a	4.05±0.01 ^f
Yellow peach	NPT	44.08±0.06 ^e	0.19±0.03 ^c	5.03±0.01 ^c
	PT	44.17±0.04 ^e	0.23±0.01 ^{bc}	4.66±0.04 ^d

¹⁾NPT, non-pectinase treatment; PT, pectinase treatment.

²⁾Means followed by different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

μL에 50% EtOH 430 μL를 넣고 5% sodium nitrite 50 μL를 혼합한 뒤 실온에서 60분간 방치 후 10% aluminum nitrate 50 μL를 넣고 실온에서 5분 반응시킨 후 1 N NaOH 500 μL를 가한 다음 510 nm에서 흡광도를 측정하여 catechin을 사용하여 catechin equivalents(g CE/L)로 나타내었다.

휘발성 향기 성분 분석

미숙 복숭아 당절임액의 향기 성분 분석은 GC/MS headspace 법을 이용하였다. 시료 5 mL를 headspace vial(20 mm, aluminum/silicon septum)에 넣고 NaCl을 25% 첨가하여 headspace samplers(TurboMatrix Headspace Samplers, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)가 장착된 GC/MS(Clarus 600S, PerkinElmer)로 분석하였다. 분석 조건은 needle 온도 105°C, transfer 온도 115°C, oven 온도는 95°C로 하여 20분간 교반하며 시료와 headspace의 휘발성 성분이 평형을 이루게 하였다. Column은 Elite-5(60 m×0.32 mm, 1 μm, PerkinElmer)를 사용하였고, oven의 온도는 40°C에서 5분간 유지한 다음 10°C/min의 속도로 250°C까지 상승시킨 후 250°C에서 5분간 머물렀다. Carrier gas 유속은 1.2 mL/min(He)으로 유지하였으며 injector 온도는 200°C, split ratio는 10:1로 분석하였다. 질량 스펙트럼 조건은 MS scan 범위 30~300 m/z, EI 모드로 분석하였다. GC/MS로 분리되어 동정된 휘발성 향기 성분은 NIST(National Institute of Standards and Technology) Mass Search

Software(version 2.2, FairCom Co., Columbia, MO, USA)를 통해 동정하였다.

통계처리

모든 실험 결과는 3회 반복하여 실시하였고 그 결과 값을 평균과 표준편차로 표시하고(mean±SD), R project(version 4.0.2)를 이용하여 분산분석과 Tukey's multiple range test($P<0.05$)를 실시하였다. 효소 처리에 따른 휘발성 향기 성분 변화는 paired *t*-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

미숙 복숭아 당절임액의 이화학적 특성

펙틴 분해효소 처리에 따른 품종별 미숙 복숭아 당절임액의 이화학적 특성은 Table 1에 제시하였다. 가용성 고형분 함량은 44.08~45.06% 범위로 백도에서 함량이 가장 높았으며 천도, 황도 순으로 나타났다($P<0.05$). 효소 처리에 따른 가용성 고형분 함량 변화는 모든 품종에서 효소 처리에 따라 함량이 증가하였다. 펙틴 분해효소 처리 시 가용성 고형분 함량이 증가하는 것은 펙틴 분해효소에 의해 펙틴이 갈락투론산 및 당 단위로 분해되기 때문으로 보고되고 있다(Abbes 등, 2011). 적정산도는 0.19~0.37% 범위로 천도에서 가장 높았으며 모든 품종에서 효소 처리에 따라 적정산도가 증가하였다. pH는 4.05~5.52 범위로 천도에서 가장 낮았으며 효소 처리에 따라 감소하는 것으로 나타났다($P<0.05$).

미숙 복숭아 당절임액의 유리당 및 유기산 함량

미숙 복숭아 당절임액의 유리당 및 유기산 함량은 Table 2, 3과 같다. fructose, glucose, sucrose는 각각 2.58~7.06, 12.89~15.64, 4.48~7.49 g/100 g 범위로 검출되었으며, maltose는 검출되지 않았다. 이는 프락토올리고당으로 매실청을 제조하였을 때 fructose 및 glucose가 높은 수준으로 검출되었다는 Mun 등(2019)의 연구결과와 유사하였다. 효소 처리에 따른 품종별 미숙 복숭아의 유리당 함량 변화는 모든 품종에서 효소 처리에 따라 fructose 및 glucose가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며($P<0.05$), 펙틴 분해효소의 작용으로 다당류가 glucose, fructose와

Table 2. Free sugar contents of unripe peach sugaring solutions with a pectinase treatment (g/100 g)

Samples ¹⁾		Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
White peach	NPT	3.61±0.04 ^{d1)}	13.93±0.04 ^b	5.03±0.28 ^c	ND ³⁾
	PT	5.77±0.22 ^b	15.61±0.63 ^a	4.82±0.27 ^c	ND
Nectarine	NPT	2.58±0.01 ^e	12.89±0.06 ^c	7.49±0.13 ^a	ND
	PT	7.06±0.21 ^a	15.06±0.28 ^a	6.07±0.31 ^b	ND
Yellow peach	NPT	4.13±0.03 ^c	13.98±0.03 ^b	4.48±0.03 ^c	ND
	PT	7.06±0.03 ^a	15.64±0.27 ^a	4.65±0.19 ^c	ND

¹⁾NPT, non-pectinase treatment; PT, pectinase treatment.

²⁾Means followed by different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

³⁾ND: Not detected.

Table 3. Organic acid contents of unripe peach sugaring solutions with a pectinase treatment (g/L)

Samples ¹⁾		Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid
White peach	NPT	0.22±0.11 ^{d2)}	ND ³⁾	12.60±0.01 ^a	4.33±0.22 ^a	2.04±0.01 ^e	0.42±0.00 ^b
	PT	0.12±0.01 ^c	0.04±0.00 ^c	11.49±0.01 ^b	3.80±0.03 ^b	2.65±0.04 ^d	0.46±0.01 ^a
Nectarine	NPT	1.31±0.00 ^a	ND	2.20±0.01 ^e	2.50±0.01 ^d	2.92±0.05 ^c	0.05±0.00 ^f
	PT	0.46±0.02 ^c	0.50±0.03 ^a	1.70±0.01 ^f	2.25±0.00 ^e	3.60±0.02 ^a	0.09±0.00 ^c
Yellow peach	NPT	0.98±0.05 ^b	ND	7.40±0.00 ^c	3.37±0.01 ^c	3.04±0.00 ^c	0.22±0.00 ^d
	PT	0.18±0.00 ^d	0.17±0.00 ^b	6.05±0.01 ^d	2.25±0.01 ^e	3.26±0.01 ^b	0.26±0.00 ^c

¹⁾NPT, non-pectinase treatment; PT, pectinase treatment.

²⁾Means followed by different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

³⁾ND: Not detected.

같은 단당류로 분해되어 함량이 높아진 것으로 사료된다.

효소 처리에 따른 미숙 복숭아 당절임액은 citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid가 각각 0.12~1.31, 0.04~0.50, 1.70~12.60, 2.25~4.33, 2.04~3.60, 0.05~0.46 g/L 범위로 검출되었으며, tartaric acid의 경우 모든 품종에서 효소 처리를 하였을 때 검출되는 것으로 나타났다. 효소 처리에 따른 품종별 당절임액의 유기산 함량 변화는 citric acid, malic acid, succinic acid는 감소하였으며, tartaric acid, lactic acid, acetic acid는 증가하는 것으로 관측되었다($P<0.05$). 유기산은 식품의 중요한 구성 성분으로 풍미, 질감, 신선도에 영향을 미

치며 식품에서 방부 효과가 있으며 특히 신맛의 주요 요인으로 당 및 향기 성분과 더불어 특유의 맛을 형성하고(Qiu 등, 2021; Do 등, 2005), 피로회복, 해독, 변비개선, 항균, 항혈전, 항염증 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Mun 등, 2019).

미숙 복숭아 당절임액의 항산화능, 총 페놀성 및 총 플라보노이드 화합물

효소 처리에 따른 미숙 복숭아 당절임액의 항산화능, 총 페놀성 및 총 플라보노이드 화합물 분석 결과는 Fig. 1에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거 활성은 모든 품종에서 효소 처리에 따라 활성이 증가하였으며, 백도 품종의 NPT, PT에

Fig. 1. Antioxidant activities, total phenolic content, and total flavonoid content of unripe peach sugaring solutions with a pectinase treatment. (A) DPPH radical scavenging activity, (B) ABTS radical scavenging activity, (C) Total phenolic content, (D) Total flavonoid content. ¹⁾NPT, non-pectinase treatment; PT, pectinase treatment. Means followed by different letters above the bars are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Volatile flavor compounds of unripe peach sugaring solutions with a pectinase treatment (relative peak area, %)

Volatiles	Samples ¹⁾					
	White peach		Nectarine		Yellow peach	
	NPT	PT	NPT	PT	NPT	PT
Acetaldehyde	54.12±3.74	53.47±2.69	46.66±2.93	76.01±0.56**	49.20±1.30	51.22±2.09
Pentane	2.55±0.13	1.55±0.20** ²⁾	ND	ND	ND	ND
Methyl acetate	ND ³⁾	ND	ND	1.06±0.49	ND	ND
2-Methyl propanal	1.89±0.08	3.75±0.29**	3.80±0.15	1.02±0.18***	2.36±0.24	3.12±0.52
Ethyl acetate	0.73±0.07	1.02±0.02*	1.93±0.11	2.04±0.09	1.53±0.21	0.77±0.20*
3-Methyl butanal	2.85±0.47	5.44±0.10**	6.30±0.33	2.39±0.37***	4.16±0.54	6.96±0.60**
2-Methyl butanal	2.85±0.47	4.43±0.07*	5.12±0.55	1.36±0.28**	3.82±0.55	4.26±0.14
3-Methyl-1-butanol	1.03±0.01	1.18±0.08	5.94±0.21	2.22±0.13***	5.15±0.35	2.87±0.43**
Hexanal	0.54±0.12	2.05±0.09***	ND	0.21±0.02	2.03±0.35	3.23±0.23*
3-Methyl butanoic acid	ND	ND	ND	0.48±0.06	ND	ND
2-Hexenal	ND	0.12±0.02	ND	0.26±0.07	ND	0.38±0.01
Benzaldehyde	32.82±2.72	23.21±1.84*	30.21±6.37	12.95±0.50*	29.86±0.59	23.74±1.48*
Nonanal	0.61±0.04	3.16±0.91*	ND	ND	0.89±0.15	2.59±0.13***
Dodecane	ND	0.20±0.02	ND	ND	0.99±0.23	0.52±0.04
Decanal	ND	0.40±0.05	ND	ND	ND	0.34±0.02

¹⁾NPT, non-pectinase treatment; PT, pectinase treatment.

²⁾Significantly different pectinase treatment by paired *t*-test; ****P*<0.001, ***P*<0.01, and **P*<0.05.

³⁾ND: Not detected.

서 함량이 가장 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 품종별 효소 처리에 따라 DPPH 라디칼 소거 활성은 백도, 천도, 황도에서 효소 처리 시 각각 32.6%, 59.5%, 4.6% 증가하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 백도의 NPT, PT에서 활성이 가장 높았으며, 품종별 효소 처리에 따른 활성은 각각 백도에서 9.5%, 천도에서 50.6%, 황도에서 5.7% 증가하였다. 총 페놀성 화합물의 경우 0.81~1.11 g/L 범위로 측정되었으며, 백도의 NPT, PT에서 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 효소 처리에 따른 총 페놀성 화합물의 함량은 모든 품종에서 증가하였고, 백도, 천도, 황도에서 각각 16.7%, 28.2%, 9.5% 상승하였다. 총 플라보노이드 화합물 함량은 천도의 NPT, PT에서 가장 높았으며 모든 품종에서 효소 처리 시 함량이 증가하였다. 효소 처리에 따른 총 플라보노이드 화합물의 함량은 백도, 천도, 황도에서 각각 134.5%, 4.8%, 21.3% 증가하는 것으로 나타났다. 효소 처리에 따른 항산화능이 증가하는 것은 다당류, 당단백질 등 고분자 물질과 결합하고 있는 페놀성 화합물이 분해되면서 함량이 증가하여 항산화능이 높아지며(Lee 등, 2014), 사과주스(Oszmianski 등, 2011), 배(Lee 등, 2014), 노니주스(Kim 등, 2020)에 펙틴 분해효소를 처리하였을 때 항산화 성분 및 활성이 증가하였다는 연구결과와 일치하였다.

미숙 복숭아 당절임액의 휘발성 향기 성분

효소 처리에 따른 미숙 복숭아 당절임액의 휘발성 향기 성분 분석 결과는 Table 4와 같다. 미숙 복숭아 당절임액의 휘발성 향기 성분은 총 15종이 분석되었으며, aldehyde 9종, ester 2종, acid 1종, alcohol 1종, 기타 2종이 검출되었다. 모든 처리구에서 acetaldehyde, benzaldehyde의 비율이 가장 높았는데, acetaldehyde는 과일 특유의 향을 내는

방향 성분이며, benzaldehyde는 복숭아 및 복숭아 핵의 방향 성분으로 benzyl alcohol이 복숭아에 존재하는 아미그달린의 효소적 가수분해에 의한 산화로 생성되는 것으로 알려져 있다(Lee와 Lee, 1995). Hexanal은 백도, 황도의 경우 효소 처리 시 peak area가 증가하였으며, 천도의 경우 효소 처리 시에만 검출되었다. 2-Hexenal의 경우 모든 품종에서 효소 처리 시에만 검출되는 것으로 나타났다. 모든 품종에서 효소 처리 시 향기 성분의 종류가 증가하였으며, 백도의 경우 NPT에서 10종이 분석되었으나, 효소 처리한 PT에서는 이외에 추가적으로 2-hexenal, dodecane, decanal이 검출되는 것으로 나타났다. 천도는 NPT에서 7종, PT에서 11종이 검출되었으며, PT에서 acetic acid methyl ester, hexanal, 3-methyl butanoic acid, 2-hexenal이 추가적으로 검출되었다. 황도에서는 NPT에서 10종, PT에서 12종이 검출되었으며 PT에서 추가로 2-hexenal, decanal이 검출되었다. Hexanal, 2-hexenal, ethyl acetate는 복숭아에서 검출되는 특유의 향기 성분이며(Park 등, 1999) 따라서 효소 처리는 미숙 복숭아 당절임액 제조 시 복숭아 특유의 풍미를 증가시키는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 적과 후 폐기되는 미숙 복숭아의 활용을 위해 당절임액을 제조하여 펙틴 분해효소 처리에 따른 이화학적 품질 특성과 항산화성, 휘발성 향기 성분을 분석하였다. 미숙 복숭아 당절임액 제조 시 펙틴 분해효소 처리에 따라 가용성 고형분 함량 및 적정산도는 증가하고 pH는 감소하는 것으로 나타났다. 유리당 함량은 모든 품종에서 효소 처리 시 fructose, glucose 함량이 증가하였으며 maltose는 검출

되지 않았다. 유기산 함량의 경우 효소 처리 시 citric acid, malic acid, succinic acid는 감소하였으며, tartaric acid, lactic acid, acetic acid는 증가하는 것으로 나타났다. 항산화능은 DPPH, ABTS 라디칼 소거 활성이 백도의 NPT, PT에서 활성이 가장 높았으며, 모든 품종에서 효소 처리 시 항산화능이 증가하는 것으로 나타났다. 총 페놀성 화합물 함량의 경우 백도의 NPT, PT에서 가장 높았고, 총 플라보노이드 함량은 천도의 NPT, PT에서 가장 높았으며, 효소 처리 시 모든 품종에서 증가하는 것으로 나타났다. 휘발성 향기 성분은 총 15종이 동정되었으며, aldehyde 9종, ester 2종, acid 1종, alcohol 1종, 기타 2종이 검출되었고 모든 품종에서 효소 처리 시 휘발성 향기 성분의 종류가 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 펙틴 분해효소 처리는 미숙 복숭아 당절임액 제조 시 품질 특성 및 휘발성 향기 성분을 개선시키며, 이를 통해 다양한 가공식품 및 기능성식품으로의 활용이 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Abbes F, Bouaziz MA, Blecker C, Masmoudi M, Attia H, Besbes S. Date syrup: effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physico-chemical characteristics, sensory and functional properties. *LWT—Food Sci Technol.* 2011. 44:1827-1834.
- AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 2000. p 942.
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958. 26:1199-1200.
- Do YS, Whang HJ, Ku JE, Yoon KR. Organic acids contents of the selected Korean apple cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2005. 37:922-927.
- Hong MS, Kim KH, Yook HS. Quality changes in unripe peaches *Jangachi* according to cultivar during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2012. 41:1577-1583.
- 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.* 2012. 41:221-226.
- Kim HE, Park GE, Jang MJ, Jun DH, Kim HH, Jeong YH. Analysis of useful substances from immature peach extracts obtained under different conditions and using them as functional materials. *Korean J Food Preserv.* 2019. 26:837-847.
- Kim JM, Jeon YH, Jeong YJ, Yoon KY. Comparison of bioactive composition, antioxidant activity, and nitric oxide inhibition effect of enzyme-treated and commercial noni juice. *Korean J Food Sci Technol.* 2020. 52:75-80.
- Lee KH, Lee YC. Flavor quality of aroma fractions recovered from peach pulp. *Korean J Food Sci Technol.* 1995. 27:921-927.
- Lee PH, Park SY, Jang TH, Yim SH, Nam SH, In MJ, et al. Effects of complex carbohydrase treatment on physiological activities of pear peel and core. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43:404-410.
- Liao X, Greenspan P, Pegg RB. Characterizing the phenolic constituents and antioxidant capacity of Georgia peaches. *Food Chem.* 2019. 271:345-353.
- Liu H, Cao J, Jiang W. Evaluation of physiochemical and antioxidant activity changes during fruit on-tree ripening for the potential values of unripe peaches. *Sci Hort.* 2015. 193:32-39.
- Mun KH, Lee HC, Jo AH, Lee SH, Kim NYS, Park EJ, et al. Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of *Prunus mume* fruit syrup. *Korean J Food Nutr.* 2019. 32:161-166.
- Oszmianski J, Wojdylo A, Kolniak J. Effect of pectinase treatment on extraction of antioxidant phenols from pomace, for the production of puree-enriched cloudy apple juices. *Food Chem.* 2011. 127:623-631.
- Park ER, Jo JO, Kim KS. Volatile flavor components in various varieties of peach (*Prunus persica* L.) cultivated in Korea. *Korean J Postharvest Sci Technol.* 1999. 6:206-215.
- Park G, Park JY, Chang YH. Changes in flavonoid aglycone contents and antioxidant activities of citrus peel depending on enzyme treatment times. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:542-550.
- Park MK, Kim CH. Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2009. 38:535-540.
- Qiu X, Zhang Y, Zhou Y, Li G, Feng X. Progress in pretreatment and analysis of organic acids: An update since 2010. *Food Chem.* 2021. 360:129977. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129977>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Seong GU, Hwang IW, Chung SK. Physicochemical composition of head-type kimchi cabbage leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2016. 45:923-928.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenolic and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagents. *Methods Enzymol.* 1999. 299:152-178.
- Sung HM, Kim SJ, Kim KM, Yun SK, Jung HJ, Kim TY, et al. Antioxidant activity of soy-sprout extracts prepared by enzyme and ultra high pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43:1228-1235.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 1999. 64:555-599.