

## Physiochemical Properties, and Antioxidative and Alcohol-metabolizing Enzyme Activities of Nectarine Vinegar

Kyung Im Jung<sup>1</sup>, Han Nah Jung<sup>1</sup>, Na Yeon Ha<sup>2</sup> and Young Ju Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food & Nutrition, Silla University, Busan 46958, Korea

<sup>2</sup>Korea Tradition Fermentation Culture Researcher, GyeongNam 50807, Korea

Received August 20, 2018 / Revised September 28, 2018 / Accepted October 8, 2018

This study investigated the physiochemical properties, antioxidative, nitrite-scavenging, and alcohol metabolism enzyme activities of nectarine vinegar prepared by a traditional fermentation method. The pH of nectarine vinegar was 3.70, the sugar content was 8.87 °Brix, and the total acidity was 6.29%. Among organic acids detected, acetic acid was highest at 32.42 mg/ml, followed by lactic acid, malic acid, and succinic acid. Total phenol content of the nectarine vinegar was 121.84 µg tannic acid equivalents (TAE)/100 ml. The antioxidative effects of muskmelon vinegar were measured using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity and superoxide dismutase (SOD) assay. DPPH of nectarine vinegar was increased in a dose-dependent manner, which was 84.47% at 40% concentration. SOD activity was increased in a dose-dependent manner, which was 89.06% at 60% concentration. Nitric scavenging activities of nectarine vinegar were 94.17%, 76.91%, and 20.21% at pH values 1.2, 3.0, and 6.0 at 100% concentration, respectively. The effects of nectarine vinegar on alcohol-metabolism were determined by measuring the generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) by alcohol dehydrogenase (ADH) and acetaldehyde dehydrogenase (ALDH). ADH and ALDH activities of nectarine vinegar were increased in a dose-dependent manner, which were 153.61% and 178.20% at 60% concentration, respectively. These results suggest that nectarine vinegar has great potential as a resource for high quality functional health beverages.

**Key words** : Alcohol dehydrogenase, antioxidant, nectarine, nitrite scavenging, vinegar

### 서 론

최근 건강증진에 대한 국민들의 관심이 높아짐에 따라 섭취 식품의 영양적 및 기호적 기능뿐만 아니라 생리활성을 가진 과일을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다[7]. 따뜻한 온대지역에서 약 2,000년 전부터 재배되기 시작한 천도복숭아는 승도 또는 승도라고도 불리는데, 일반 복숭아와는 달리 껍질에 털이 없는 것이 특징이다[38]. 천도복숭아에는 수분 90.2%, 단백질 1.2%, 지질 0.2%, 당질 7.6%, 섬유소 0.6% 등이 함유되어 있으며 미량성분으로는 가식부 100 g당 칼륨 189 mg, 비타민 C 6 mg, 비타민 B<sub>1</sub>과 B<sub>2</sub> 각각 0.02 mg, 베타카로틴 12 µg 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다[21]. 복숭아의 주성분은 수분과 당분이나 유리 아미노산이 많이 함유되어 독특한 향이 있고, citric acid, malic acid, tartaric acid 등의 유기산이 함유되어 있으며[7] 변비 해소[5]와 항노화 및 미백효과[16],

피로회복, 숙취해소 및 만성퇴행성질환 등의 예방 효과[1]가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 복숭아는 여름철 한시적 수확에 의한 공급과잉이 발생하지만 저장성이 낮고 유통과정 중 쉽게 물러지므로 생산량의 10-30% 정도는 폐기되고 75% 정도만이 생과로 이용되는 실정이다[6]. 다양한 제품으로의 가공방법 개발이 요구되고 있다[6].

식초는 오래 전부터 동서양을 막론하고 이용된 발효식품으로 제조방법에 따라 합성식초와 발효식초 및 기타 식초로 분류되고 있다[8]. 국내 식초산업은 1970년대에는 병초산을 희석하여 만든 합성식초가 주를 이루었고, 1980년대에는 과즙 등을 첨가한 양조식초의 소비가 급증하였으며, 1990년대에 들어서는 100% 과실을 이용한 양조식초의 생산이 시작되었다[12]. 알코올 발효 및 초산 발효를 통해 만들어지는 식초는 신맛의 초산성분을 비롯하여 유기산과 ester, 아미노산 및 각종 영양성분들이 함유되어 있는데[9], 식초는 원료 및 제조방법에 따라 유기산과 유리아미노산 등 휘발성 성분의 함량 및 조성이 다르고 전통 초산발효에 의해 유효 성분의 함량이 증가하는 것으로 알려져 있다. 이러한 유효성분들은 amylase 활성 저해와 대사 활성화를 통해 당뇨병, 만성질환 예방 및 체지방 감소 등에 도움을 주는 것으로 밝혀져 있으며[14, 37], 또한 항고혈압, 항산화 활성, 피로회복, 미백효과 등의 효능이 알려지면서 산미료로서의 역할뿐만 아니라 음료 등의 기능성식품으로 활

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5459, Fax : +82-51-999-5657

E-mail : yjchoi@silla.ac.kr

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

용되고 있다[15]. 식초에 대한 연구로는 배[31], 복분자[15], 레몬그라스[37], 참다래[36], 보리수 열매[4], 흑마늘[34]을 이용한 연구가 있으나 천도복숭아를 이용한 식초제조 및 식초의 생리활성에 대한 연구는 없는 실정이다.

본 연구에서는 전통발효방법으로 천도복숭아 식초를 제조하여 pH와 당도 및 총산도 등의 이화학적 특성과 유기산 함량을 분석하고, 항산화 효과와 알코올 분해능 및 아질산염 소거능에 대한 생리활성을 분석하여 새로운 식품 소재로서의 가능성을 확인하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용한 천도복숭아는 경상북도 김천의 한 농가에서 2015년 수확한 것을 구입하여 사용하였고, 멥쌀(Nonghyup, Jangheung, Korea)과 생수(Samdasoo, Jeju, Korea)는 마트에서 구입하여 사용하였으며, 누룩(농업법인㈜송학곡자, Gwangju, Korea)은 인터넷으로 주문하여 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

### 식초의 제조

천도복숭아를 이용한 식초는 전통적인 식초제조 방법인 2단계 자연발효 과정을 거쳐 제조하였다. 1단계는 천도복숭아(과육 5 kg)와 멥쌀 고두밥(2 kg), 누룩(400 g) 및 생수(4 l)를 이용한 알코올발효 과정이고, 2단계는 내용물을 걸러 낸 맑은 액을 이용한 초산발효 과정으로 이루어졌으며 산도 보정을 위한 보산 및 보당 등은 없이 자연발효 과정으로 진행되었다. 먼저 멥쌀을 깨끗이 씻어 정제수에 12시간 불린 후 증기로 1시간 30분간 가열하고, 30분간 뜸을 들여 지은 고두밥은 25℃로 냉각하였다. 생수도 끓인 다음 25℃로 식혔으며, 천도복숭아는 깨끗이 씻어 씨를 제거한 과육을 잘게 분쇄하였다. 이후 냉각한 고두밥과 누룩, 다진 천도복숭아에 식힌 생수를 섞어 잘 버무려 항아리에 담아 알코올발효(20℃ 내외, 1개월)를 시켰고, 알코올발효가 끝나면 면보를 이용하여 찌꺼기를 걸러낸 맑은 액만 담아 초산발효(30℃ 내외, 14일)를 시켰다. 초산발효가 진행되는 동안 발효를 촉진시키기 위해 2~3일 간격으로 탕수로 소독하여 건조한 주걱으로 저어주었다. 산도 측정으로 예정산도에 가까워지는 시점을 발효 완료점으로 보고 발효가 완료되면 밀봉하여 햇볕이 들지 않는 어두운 실온에서 1개월간 숙성 시켰다. 천도복숭아식초의 생리활성 측정을 위해 Whatman No. 2 filter paper (Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 4℃ 냉장고에 보관하며 시료로 사용하였다.

### pH와 당도, 총산도의 측정

pH는 pH meter (Orion 3 star, Thermoelectron Co., Beverly, MA, USA)로 측정하였고, 당도는 굴절당도계(GMK-703ac, G-Won, Co., Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다. 총산도는 천도복숭아식초 10 ml를 100 ml 정용 플라스크에 넣고 증류수를 가하여 100 ml로 정용하여 혼합한 다음 혼합액 20 ml를 삼각플라스크에 취한 후 1% 페놀프탈레인 시액을 지시약으로 하여 서서히 교반하였다. 이후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 분홍빛으로 발색하는 지점까지 적정하였으며 소비된 양(ml)을 초산 함량(%)으로 환산하였다.

### 유기산 함량 측정

천도복숭아식초의 유기산 함량은 HPLC (Model Prominence, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. Column은 PL Hi-Plex H (300 mm × 7.7 mm)를 사용하였고, 이동상 용매는 0.005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액으로 0.6 ml/min의 속도로 주입하였으며, 분석온도는 30℃를 유지하면서 20 μl의 시료를 주입하여 210 nm에서 측정하였다. 천도복숭아식초에서 분리된 각 피크는 acetic acid와 lactic acid, succinic acid, malic acid, tartaric acid 및 citric acid의 표준곡선으로부터 그 함량을 산출하였다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu법[35]을 약간 변형시켜 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo, USA)를 사용하여 분석하였다. 일정농도의 천도복숭아식초를 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 ml로 정용한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.3 ml를 가하여 잘 혼합한 다음 3분간 실온에서 반응시켰다. 혼합물에 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액 0.4 ml를 가하여 혼합하고 50℃에서 5분간 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 천도복숭아식초의 총 페놀 함량은 μg tannic acid equivalent (TAE)/100 ml로 나타내었다.

### 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능 측정

천도복숭아식초의 전자공여능은 Blois의 방법[2]을 약간 변형하여 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 96-well plate에 시료와 0.4 mM DPPH 용액을 1:4 비율로 혼합하여 37℃에서 30분간 반응 시킨 후, ELISA reader (Versa Max Microplate Reader, Molecular Device, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(Electron donating ability; EDA)은 시료를 첨가하지 않은 대조그룹과 흡광도차를 비교하여 free radical의 제거활성을 백분율로 나타내었다.

$$\text{EDA} (\%) = \frac{(\text{대조구 흡광도} - \text{시료첨가구 흡광도})}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

### Superoxide dismutase (SOD) 활성 측정

참외식초의 SOD 활성은 SOD assay kit (Dojindo Molecular Technologies, Rockville, MD, USA)을 사용하여 manufacturer's instruction에 기술된 방법에 따라서 수행하였다. 시료를 농도별로 희석하여 96-well plate에 20  $\mu$ l씩 분주한 후 WST working solution 200  $\mu$ l를 넣고 혼합한 다음 효소반응 용액 20  $\mu$ l를 첨가하여 37°C에서 20분간 반응시킨 후 ELISA reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구 실험은 효소 대신 20  $\mu$ l dilution buffer를 넣고 수행하였다. SOD 활성은 시료 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다

$$\text{SOD activity (\%)} = [1 - (\text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무첨가구 흡광도})] \times 100$$

### 아질산염 소거능 측정

천도복숭아식초의 아질산염 소거능은 Gray와 Dugan의 방법[10]을 변형하여 측정하였다. 아질산염 용액에 시료 용액을 가한 후 0.1 N HCl (pH 1.2) 및 0.2 M 구연산 완충용액을 사용하여 반응 용액의 pH를 각각 1.2, 3.0 및 6.0으로 조정하여 사용하였다. 반응물용액은 37°C에서 1시간 반응시킨 후 Griess 시약을 가하여 15분간 실온에 방치시킨 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다. 아질산염 소거능은 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = [1 - (A - C) / B] \times 100$$

A: 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 추출 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B: 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액의 흡광도

C: 시료의 흡광도

### Alcohol dehydrogenase (ADH) 활성 측정

ADH 효소활성은 Choi 등[3]과 Racker [33]의 방법을 변형하여 측정하였으며, 생성된 NADH의 양을 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시험관에 alcohol 0.1 ml, NAD 수용액(2 mg/ml) 0.5 ml 및 시료 0.1 ml를 첨가하고 10 mM glycine-NaOH buffer (pH 8.8)를 총 부피가 1.8 ml가 되도록 조절하여 25°C 항온수조에서 10분간 반응시킨 후 ADH (10 unit/ml, Sigma)를 가하여 340 nm에서 spectrophotometer (Amersham Pharmacia Biotech, Cambridge, UK)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였다. 대조구는 천도복숭아식초대신 증류수를 첨가하였으며, positive control은 약국에서 구입한 hepos를 50%로 희석하여 사용하였다. ADH의 활성은 다음과 같은 식으로 상대적인 백분율로 계산하였다.

$$\text{ADH activity (\%)} = (\text{실험구의 최대 흡광도} / \text{대조구의 최대 흡광도}) \times 100$$

### Acetaldehyde dehydrogenase (ALDH) 활성 측정

ALDH의 효소활성 측정은 Koivula와 Koivusalo의 방법 [20]을 약간 변형하여 측정하였다. 반응용액은 증류수 2.1 ml, 1.0 M Tris-HCl buffer (pH 8.0) 0.3 ml, 20 mM NAD<sup>+</sup> 0.1 ml, 0.1 M acetaldehyde 0.1 ml, 3.0 M KCl 0.1 ml, 0.33 M 2-mercaptoethanol 0.1 ml 및 시료 0.1 ml를 혼합하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 ALDH (1 unit/ml) 0.1 ml를 첨가하여 25°C 항온수조에서 5분간 반응시킨 다음 340 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 대조구는 천도복숭아식초대신 TE buffer (pH 8.0)를 첨가하여 상대 활성(%)으로 나타내었고, positive control은 ADH 활성 측정에서와 같이 hepos를 사용하였으며, ALDH 활성 측정은 ADH 활성 측정식과 동일한 식을 사용하였다.

### 통계처리

실험결과는 통계 SAS package (Statistical Analysis System, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 각 시료의 평균과 표준편차를 계산하였고, 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 실시하여  $p < 0.05$  level에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 이화학적 특성

천도복숭아를 이용한 자연발효식초의 pH와 당도 및 총산도 등의 이화학적 특성을 검토한 결과는 Table 1과 같다. 천도복숭아식초의 pH는 3.70으로 나타났다. Park [32]은 현미와 미역, 배 및 흑미를 이용한 자연발효식초의 pH는 3.3~3.4로 보고하였고, Yi 등[37]은 레몬그라스식초의 pH는 3.13으로 보고하였으며, Hong 등[11]은 시판되는 자몽식초의 pH는 2.82~3.48, 감귤식초는 2.55~3.34로 보고하였는데, 사용되는 원료의 종류 및 발효방법에 따라 pH는 차이가 있었다.

식초는 일반적으로 쌀과 보리 등의 곡류를 당화시키거나 과즙 등의 당류가 함유된 용액을 발효시킨 것으로 각종 당류가 함유되어 있다[27]. 본 연구에서 제조한 천도복숭아식초의 당도는 8.87°Brix로 나타났다. Park [32]은 미역과 배, 현미, 흑미 등 각기 다른 재료로 제조한 식초의 당도는 5.3-7.1°Brix로 해초현미식초의 당도가 가장 높게 나타났는데, 이는 해초에 풍부하게 함유되어 있는 만니톨과 알긴산, 라미나린 및 푸코

Table 1. Comparison of physicochemical properties of nectarine vinegar

Sample	pH	Sugar content (°Brix)	Total acidity (%)
Nectarine Vinegar	3.70±0.09	8.87±0.05	6.29±0.01

<sup>1)</sup>Results are mean ± SD of triplicate data.

Table 2. Contents of organic acid (mg/ml) of nectarine vinegar

Sample	Acetic acid	Lactic acid	Succinic acid	Malic acid	Tartaric acid	Citric acid
Nectarine Vinegar	32.42	5.85	1.20	0.53	ND <sup>1)</sup>	ND

<sup>1)</sup>Not detected

이단 등의 복합다당류에 의한 것으로 보고하였다. Sim 등[34]은 흑마늘의 첨가량에 따른 식초의 당도는 알코올 발효 직후 4.50~7.52°Brix였으나 초산발효 3일 후 4.50~8.50°Brix로 일부군에서 일시 증가하였다가 발효 12일에 4.00~7.00°Brix로 감소한 이후부터는 차이가 없는 것으로 보고하였다. Moon 등[27]은 식초에 함유된 당분은 발효과정 중에 초산균의 대사 작용으로 인해 대부분이 산으로 변화되고 일부는 에너지원으로 이용되며 식초의 감미와 산미의 조화에 관여하는 것으로 판단하였다.

식초의 총산도는 제조과정 중에 생성되는 초산이 주성분이며, 이는 식초 발효관리의 지침이 된다[27]. 식초는 총산도에 따라 저산도 식초(4~5%)와 일반산도 식초(6~7%), 2배 식초(12~14%) 및 3배 식초(18~19%)로 나눌 수 있다[25]. 본 연구에서 전통적인 방법으로 제조한 천도복숭아식초의 총산도는 6.29로 일반산도 식초에 해당되는데 시판제품으로는 사과식초와 레몬식초, 양조식초, 흑미식초 및 포도식초 등이 있다[25]. 이상의 결과에서 천도복숭아 고유의 향미를 갖고 있는 천도복숭아식초는 새콤한 음식을 만들 때 사용하면 감미와 산미의 조화를 통해 맛과 향을 증가시킬 뿐만 아니라 음료로서도 이용 가능할 것으로 판단된다.

**유기산 함량**

천도복숭아식초의 유기산 분석 결과는 Table 2와 같다. Acetic acid가 32.42 mg/ml로 가장 높았으며, 그 다음으로 lactic acid (5.85 mg/ml), succinic acid (1.20 mg/ml) malic acid (0.53 mg/ml)의 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 레몬그라스식초[37]와 참다래식초[36], 흑마늘식초[34] 및 보리수 열매식초[4] 연구에서 주요 유기산은 acetic acid라고 보고한 결과와 동일하였다. 본 연구결과 천도복숭아식초는 사과 및 포도에 많이 함유되어 신맛에 기여하는 malic acid 뿐만 아니라[37] 식초의 풍미를 향상시키는 것으로 보고된 succinic acid가 함유되어 있으므로 산미 및 풍미가 풍부한 제품으로 개발이 가능할 것으로 판단된다.

**총 폴리페놀 함량**

자연계에 널리 존재하며 일반적으로 식용식물에 함유되어 있는 phytochemical은 영양소로 작용하지는 않으나 다양한 생리활성을 나타내는 물질로, 폴리페놀류도 이에 해당된다[37]. Polyphenol 화합물은 단백질과 효소 보호 및 활성산소의 노출에 손상되는 DNA를 보호하는 역할을 하며, 항산화능에 기여하는 물질로 보고되어 있다[32]. 본 연구에서는 tannic

acid 표준 곡선으로부터 천도복숭아식초의 총 페놀함량을 측정된 결과 121.84 µg TAE/100 ml로 나타났다(Table 3). Park [32]은 각기 다른 재료로 제조한 자연발효 식초의 총 폴리페놀 함량은 울금현미 식초에서 54.7 µg GAE/100 ml로 높게 나타났는데, 이는 울금에서 세포 보호 및 항산화 역할을 하는 curcumin과 cyclocurcumin, calebin, bisdemethoxycurcumin이 함유되어 있고, 식물성 sterols 및 zingiberene, β-sitosterol 등의 정유 성분 등을 함유하고 있기 때문인 것으로 보고하였다. Chung 등[8]은 10종의 천연발효 쌀식초에 대한 총 폴리페놀 분석 결과 14.45~85.81 µg GAE/100 ml 수준으로 천연발효 쌀식초의 항산화 효과는 원료의 종류와 함량, 발효방법 및 숙성 정도에 따른 차이라고 보고하였다. Cho 등[4]은 생리활성 물질 변화는 원료와 발효과정 중에 생성되는 미생물 유래 당이나 산 또는 지방 가수분해효소 등에 의하여 결합형 폴리페놀성 화합물이 유리형으로 전환된 것으로 추정하였다.

**1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능**

화학적으로 안정화된 free radical을 지닌 수용성 물질인 DPPH는 플라보노이드 및 페놀 화합물과 같은 항산화 활성이 있는 물질에 의해 수소나 전자를 받아들여 불가역적으로 안정한 분자를 형성, 환원됨에 따라 짙은 보라색이 탈색되는 원리를 이용하여 천연물로부터의 항산화 활성을 측정하기 위하여 많이 사용되는 방법이다[31, 34]. 전통적인 방법으로 제조한 천도복숭아식초의 DPPH radical 소거능은 농도 의존적으로 증가하였으며(p<0.05) 40% 농도에서 84.47%의 높은 소거능을 보였다(Fig. 1). Hong 등[11]은 시판되는 자몽 및 감귤식초의 DPPH radical 소거활성은 각각 35.2~81.0%와 39.0~69.7%로 보고하였고, Sim 등[34]은 흑마늘 첨가량에 따른 식초를 각각 50% 농도에서 측정된 결과 34.14~71.60%로 보고하였다. 또한 Park[32]은 울금, 배, 흑미 및 해초 등을 이용한 4종류 자연발효 식초의 DPPH radical 소거능은 약 70~80%로 보고하였다. 식초의 항산화 활성에 관여하는 주요 물질은 폴리페놀 및 플라보노이드 성분으로 그 양에 비례하여 항산화 활성이 높아지는 것으로 알려져 있다[32]. 이러한 결과는 현미 배 식초[29]와 복분자 식초[12] 연구에서 다량의 안토시아닌과 페놀성 화합

Table 3. Total polyphenol contents of nectarine vinegar

Sample	Total polyphenol (µg TAE/100 ml) <sup>1)</sup>
nectarine vinegar	121.84±16.12 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>TAE standards for tannic acid equivalent.

<sup>2)</sup>Results are mean ± SD of triplicate data.

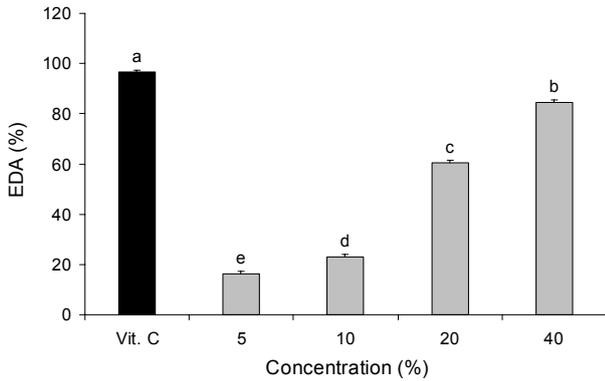


Fig. 1. DPPH free radical scavenging activity of nectarine vinegar. Results are mean  $\pm$  S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 0.1 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-e) within a total sample differ significantly ( $p < 0.05$ ).

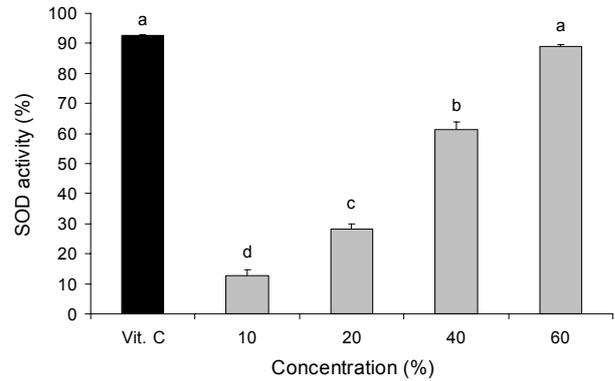


Fig. 2. Superoxide dismutase (SOD) activity of nectarine vinegar. Results are mean  $\pm$  S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 0.1 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-d) within a total sample differ significantly ( $p < 0.05$ ).

물들이 항산화 활성을 증가시키는데 큰 영향을 미친다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다. 천도복숭아식초의 높은 DPPH radical 소거능도 천도복숭아에 다량 함유되어 있는 페놀성 화합물에 의한 것으로 판단된다.

**Superoxide dismutase (SOD) 활성**

활성 산소종 중에서 superoxide에 존재하는 free radical anion은 세포의 호흡작용에 의하여 생성되는데, 세포에 독성을 유발하므로 신속하게 제거되어야 한다[17]. 인체 내에서 superoxide anion 라디칼을 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로의 환원반응을 촉매하는 SOD는 세포질이나 미토콘드리아에 존재하는 천연 항산화 효소로 활성산소로부터 세포를 방어하는 역할을 한다[18]. 따라서 천연물에서 SOD 활성을 나타내는 물질을 탐색하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있으나[26], 복숭아와 천도복숭아 및 식초의 SOD 활성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 천도복숭아식초의 SOD 활성을 측정된 결과 농도 의존적으로 증가하였으며( $p < 0.05$ ), 60% 농도의 천도복숭아식초의 SOD 활성은 89.06%로 높게 나타났다(Fig. 2). Jung 등[15]은 양파식초 및 음료용 시판식초 2종의 SOD 유사활성은 각각 58.58%와 9.08% 및 53.48%로 보고하여 천도복숭아식초의 SOD 활성보다 낮은 것으로 나타났다. 따라서 천도복숭아식초는 총 폴리페놀 함량과 DPPH radical 소거능 및 SOD 활성이 높은 것으로 나타나 천연 항산화제로서의 이용 가치가 높을 것으로 사료된다.

**아질산염 소거능**

아질산염은 발암성 nitrosamine 생성의 전구물질로[38] 질산염 자체는 독성이 없지만 타액 및 위 내의 환원효소 등의 작용으로 아질산염으로 환원되면 독성을 나타낸다. 반응성이 큰 아질산염은 pH 산성 조건에서 쉽게 nitrous acid로 전환되어[23] 다양한 암을 유발하는 발암인자로 알려져 있다. 따라서

산성영역에서의 nitrosamine 생성을 억제하는 천연물 탐색에 관한 연구가 진행되고 있다[13]. 본 연구에서는 20% 및 100% 농도에서의 천도복숭아식초가 아질산염 소거능에 미치는 영향을 pH 1.2, 3.0 및 6.0에서 각각 분석하였다(Fig. 3). 아질산염 소거능은 pH가 낮을수록 증가하였으며, pH 1.2에서의 아질산염 소거능은 비타민 C (1mg/ml)와 천도복숭아식초 100% 농도에서 각각 92.13%와 94.17%로 천도복숭아식초의 아질산염 소거능이 약간 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다(Fig. 3). 따라서 아질산 소거능을 가진 과실류는 pH 1.2에서 가장 높게 나타난다는 Noh 등[28] 및 Lee 등[24]의 보고와 일치하는 것으로 나타났다. Youn 등[38]은 천도복숭아 열수추출물을 이용한 음료의 아질산염 소거능은 pH 1.2에서 약 79%로 보고하였고, Lee [21]는 0~20%의 복숭아 분말을 첨가한 젤리의 아질산염 소거능 측정결과 6.36~29.33%로 농도의존적으로 증가한다고 보고하였다.

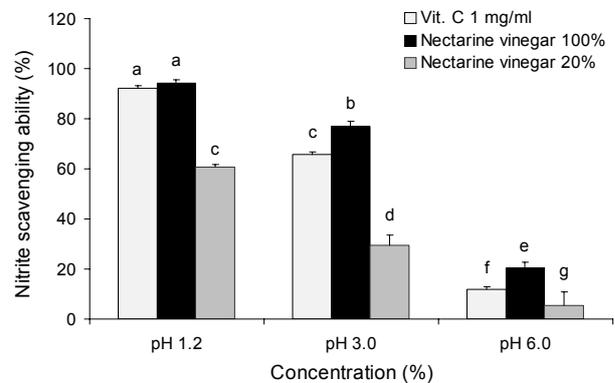


Fig. 3. Nitrite scavenging effects of nectarine vinegar under different pH conditions (pH 1.2, 3.0, 6.0). Results are mean  $\pm$  S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 1 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-g) within a total sample differ significantly ( $p < 0.05$ ).

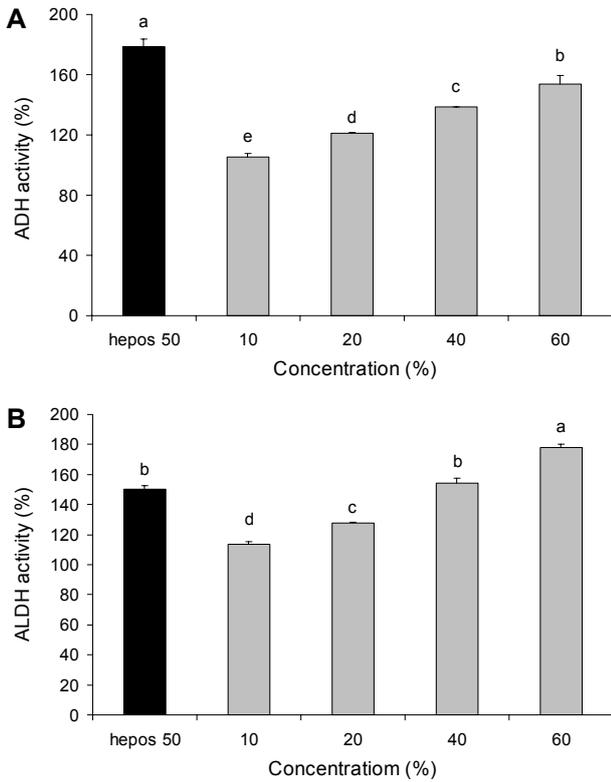


Fig. 4. Effects of nectarine vinegar on the alcohol dehydrogenase (ADH) activity (A) and aldehyde dehydrogenase (ALDH) activity (B). Results are mean  $\pm$  S.D. of triplicate data. Hepos is used as positive control. Different letters (a-e) within a total sample differ significantly ( $p < 0.05$ ).

**Alcohol 분해활성(ADH, ALDH)**

천도복숭아식초의 숙취 해소능을 생화학적으로 분석하기 위해 체내 알코올 대사의 1차 관여 효소인 ADH의 활성과 음주 후 숙취증상을 유발하는 아세트 알데히드를 분해시키는 ALDH의 활성 정도를 숙취 해소 및 알코올 분해 효과가 있다고 알려져 있는 hepos를 양성 대조군으로 하여 분석하였다. ADH 및 ALDH 두 가지 효소에 모두 영향을 미치는 천도복숭아식초의 알코올 분해활성을 측정된 결과(Fig. 4A, Fig. 4B), 두 가지 효소 모두 천도복숭아식초의 농도가 증가함에 따라 증가하였다( $p < 0.05$ ). 천도복숭아 식초 60% 농도에서의 ADH 및 ALDH 활성은 각각 153.61%와 178.20%로 높게 나타났다. 숙취해소를 위한 의약품의 부작용을 해소하기 위해 천연물 유래 알코올 분해활성에 대한 높은 관심으로 인해 약용식물[22] 및 헛개나무[19, 30] 등의 알코올 분해활성에 관한 연구가 보고되어 있으나, 천도복숭아 등의 복숭아 및 식초의 알코올 분해활성을 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구결과 향산화 활성이 높은 천도복숭아식초는 알코올 섭취에 따른 활성산소 감소 및 높은 알코올 분해활성을 보였기에 효과적으로 혈중 알코올을 분해하는 것으로 판단된다. 따라서 천도복숭아식초는 숙취해소뿐만 아니라 알코올로부터 간을 보호하는 물질로

서 충분한 가치가 있을 것으로 생각되며 이를 활용한 관련제품개발 또한 가능할 것으로 생각된다.

**References**

- Block, G., Patterson, B. and Subar, A. 1992. Fruit, vegetable, cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutr. Cancer* **18**, 1-29.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **26**, 1199-1200.
- Choi, J. T., Joo, H. K. and Lee, S. K. 1995. The effect of Schizandrae fructus extract on alcohol fermentation and enzyme activities of *Saccharomyces cerevisiae*. *Agri. Chem. Biotech.* **38**, 278-282.
- Cho, K. M., Hwang, C. E. and Joo, O. S. 2017. Change of physicochemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *Kor. J. Food Preserv.* **24**, 125-133.
- Chung, J. H., Mok, C. K., Lim, S. B. and Park, Y. S. 2003. Changes of physicochemical properties during fermentation of peach wine and quality improvement by ultrafiltration. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 506-512.
- Jung, K. M., Choi, M. A. and Park, S. I. 2017. Effect of oligosaccharides on quality characteristics and antioxidant activities of *Prunus persica* Batsch var. *dauidiana* Max. preserved in sugar. *Culinary Sci. Hospitality Res.* **23**, 163-172.
- Jung, K. M., Kim, S. H., Jeong, Y. J. and Choi, M. A. 2017. Quality characteristics and antioxidant effect of sugar preserved wild peach (*Prunus persica* L.) juice by enzymatic treatment. *Culinary Sci. Hospitality Res.* **23**, 25-33.
- Chung, N. H., Jo, Y. H., Gao, Y. P., Gu, S. Y., Jeong, Y. J. and Kwon, J. H. 2015. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities of naturally-fermented commercial rice vinegars produced in Korea, China, and Japan. *Kor. J. Food Cook Sci.* **44**, 1799-1805.
- Gil, B. I. 2004. Physicochemical characteristics of brown rice vinegars produced by traditional and industrial manufacturing method. *J. Nat. Sci.* **11**, 1-7.
- Gray, J. I. and Dugan, J. R. L. R. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* **40**, 981-984.
- Hong, D. W., Shin, S. W. and Chun, J. Y. 2017. Physicochemical properties of commercial citrus fruit vinegar products. *Kor. J. Food Cook Sci.* **33**, 420-426.
- Hong, S. M., Kang, M. J., Lee, J. H., Jeong, J. H., Kwon, S. H. and Seo, K. I. 2012. Production of vinegar using *Rubus coreanus* and its antioxidant activities. *Kor. J. Food Preserv.* **19**, 594-603.
- Hong, T. G., Lee, Y. R., Yim, M. H. and Hyun, C. N. 2004. Physiological functionality and nitrite scavenging ability of fermentation extracts from pine needles. *Kor. J. Food Preserv.* **11**, 94-99.
- Hwang, J. Y., Cho, H. J. and Pyo, Y. H. 2016. Effect of unpolished rice vinegar containing monascus-fermented soybean on inhibitory activities of tyrosinase and elastase. *J.*

- Kor. Soc. Food Sci. Nutr. **45**, 149-154.
15. Jeong, E. J., Park, H. J. and Cha, Y. J. 2016. Fermented production of onion vinegar and its biological activities. *Kor. J. Food Nutr.* **29**, 962-970.
  16. Kim, K. H., Kim, D. M., Yu, S. and Yook, H. S. 2012. Antioxidant and whitening activities of various cultivars of Korean unripe peaches (*Prunus persica* L. Batsch). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 156-160.
  17. Kim, M. J. and Park, E. J. 2011. Feature analysis of different in vitro antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 1053-1062.
  18. Kim, N. M., Lee, J. W., Do, J. H. and Yang, J. W. 2003. Effects of the fermentation periods on the qualities and functionalities of the fermentation broth of wild vegetables. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **35**, 272-279.
  19. Kim, S. M., Kang, S. H., Ma, J. Y. and Kim, J. H. 2006. A study on the extraction and efficacy of bioactive compound from *Hovenia dulcis*. *Kor. J. biotechnol. Bioeng.* **21**, 11-15.
  20. Koivula, T. and Koivusalo, M. 1975. Different from of rat liver aldehyde dehydrogenase and their subcellular distribution. *Biochim. Biophys. Acta.* **397**, 9-23.
  21. Lee, J. A. 2016. Quality characteristics of jelly added with peach (*Prunus persica* L. Batsch) powder. *Culinary Sci. Hospitality Res.* **22**, 108-120.
  22. Lee, K. S., Kim, G. H., Seong, B. J., Kim, H. H., Kim, M. Y. and Kim, M. R. 2009. Effects of aqueous medicinal herb extracts and aqueous fermented extracts on alcohol-metabolizing enzyme activities. *Kor. J. Food Preserv.* **16**, 259-265.
  23. Lee, S. J., Chung, M. J., Shin, J. H. and Sung, N. J. 2000. Effect of natural plant components on the nitrite-scavenging. *J. Fd. Hyg. Safe* **15**, 88-94.
  24. Lee, S. J., Shin, J. H., Chung, M. J. and Sung, N. J. 2000. Effect of natural foods on the inhibition of N-nitrosodimethylamine formation. *J. Fd. Hyg. Safe* **15**, 95-100.
  25. Lee, Y. C. and Lee, J. H. 2000. A manufacturing process of high-strength vinegar. *Food Industry Nutr.* **5**, 13-17.
  26. Marklund, S. and Marklund, G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**, 469-474.
  27. Moon, S. Y., Chung, H. C. and Yoon, H. N. 1997. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**, 663-670.
  28. Noh, K. S., Yang, M. O. and Cho, E. J. 2002. Nitrite scavenging effect of *Umbelliferaeaceae*. *Kor. J. Soc. Food Cookery Sci.* **18**, 8-12.
  29. Park, E. M., Lee, H. J. and Jung, Y. K. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of brown rice pear vinegar. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* **25**, 1041-1048.
  30. Park, E. M., Ye, E. J., Kim, S. J., Choi, H. I. and Bae, M. J. 2006. Eliminatory effect of health drink containing *Hovenia Dulcis* thunb extract on ethanol-induced hangover in rats. *Kor. J. Food Cult.* **21**, 71-75.
  31. Park, Y. O. 2016. Quality characteristics of fermented vinegars using pear. *Kor. J. Food Preserv.* **23**, 778-787.
  32. Park, Y. O. 2018. Quality comparison of natural fermented vinegars manufactured with different raw materials. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **47**, 46-54.
  33. Racker, E. 1955. Alcohol dehydrogenase from bakers yeast. *Methods Enzymol.* **1**, 500-503.
  34. Sim, H. J., Seo, W. T., Choi, M. H., Kim, K. H., Shin, J. H. and Kang, M. J. 2016. Quality characteristics of vinegar added with different levels of black garlic. *Kor. J. Food Cook Sci.* **32**, 16-26.
  35. Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* **299**, 152-178.
  36. Woo, S. M., Kim, O. M., Choi, I. W., Kim, Y. S., Choi, H. D. and Jeong, Y. J. 2007. Condition of acetic acid fermentation and effect of oligosaccharide addition on kiwi vinegar. *Kor. J. Food Preserv.* **14**, 100-104.
  37. Yi, M. R., Kang, C. H. and Bu, H. J. 2017. Acetic acid fermentation properties and antioxidant activity of lemongrass vinegar. *Kor. J. Food Preserv.* **24**, 680-687.
  38. Youn, S. J., Lee, E. T., Cho, J. G. and Kim, D. J. 2010. Effect of enzyme treatment on functional properties of nectarine beverage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **39**, 1379-1383.

## 초록 : 천도복숭아 식초의 이화학적 특성과 항산화 및 알코올 대사 효소 활성

정경임<sup>1</sup> · 정한나<sup>1</sup> · 하나연<sup>2</sup> · 최영주<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>신라대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>한국전통발효문화연구원)

본 연구에서는 전통적인 방법으로 제조한 천도복숭아식초의 이화학적 특성과 항산화 작용, 아질산염 소거능 및 알코올 대사 효소 활성을 알아보았다. 천도복숭아식초의 pH는 3.70이었고, 당도는 8.87°Brix였으며, 총산도는 6.29%로 나타났다. 천도복숭아식초의 유기산 분석 결과 acetic acid가 32.42 mg/ml로 가장 높았고, 그 다음으로 lactic acid, succinic acid, malic acid의 순으로 나타났다. 천도복숭아식초의 총 페놀함량은 121.84 µg TAE/100 ml로 나타났다. 천도복숭아식초의 DPPH radical 소거능은 농도 의존적으로 증가하였으며 40% 농도에서 84.47%의 소거능을 보였다. SOD 활성 또한 농도 의존적으로 증가하였으며 60% 농도에서 89.06%로 나타났다. 아질산염 소거능 분석에서는 천도복숭아식초 100% 농도, pH 1.2, 3.0, 6.0에서 각각 94.17, 76.91, 20.21%로 pH가 낮을수록 아질산염 소거능이 증가하는 것으로 나타났다. 천도복숭아 식초의 알코올 분해효과를 알아보기 위하여 ADH 활성 및 ALDH 활성을 분석한 결과, ADH 활성 및 ALDH 활성 모두 농도 의존적으로 증가하였으며, 60% 농도에서 각각 153.61%와 178.20%로 나타났다. 이상의 결과에서와 같이 전통적인 방법으로 제조한 천도복숭아식초는 기능성 건강음료로서의 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.