



Research Article

Quality characteristics and physiological activities of mulberry (*Morus alba*) vinegar

오디 식초의 품질 특성 및 생리활성

Eun Jung Yim¹, Seung Wha Jo¹, Hyeon Jin Kang¹, Hyo Bin Oh², Young-Soo Kim³, Do-Youn Jeong^{1*}
 임은정¹ · 조승화¹ · 강현진¹ · 오효빈² · 김영수³ · 정도연^{1*}

¹Microbial Institute for Fermentation Industry, Sunchang 56048, Korea

²Institute of Jinan Red Ginseng, Jinan 55442, Korea

³Department of Food Science and Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

¹(재)발효미생물산업진흥원, ²진안홍삼연구소, ³전북대학교 식품공학과

Abstract This study aimed to develop high value-added mulberry (*Morus alba*) vinegar by fermenting mulberry with yeast and acetic acid bacteria, for using it in various foods. To select the optimal strain for mulberry fermentation, different strains were tested and *Saccharomyces cerevisiae* SRCM101756 and *Acetobacter pasteurianus* SRCM102419, exhibiting excellent alcohol and acetic acid production ability during mulberry fermentation, were selected for fermentation. Mulberry vinegar was prepared using mulberry wine and the selected acetic acid bacteria, and the physicochemical properties and physiological effects were measured. The pH was 2.98 and total acidity was 4.70% by day 9 of fermentation, establishing the possibility of developing them into vinegars for industrial use. The α -glucosidase inhibition activity of mulberry vinegar increased from 13.22% to 19.19% in the 100-fold dilution, and from 42.35% to 46.11% in the 50-fold dilution, from before fermentation to after fermentation, respectively. The angiotensin-converting enzyme inhibition activity of mulberry vinegar was found to significantly increase from 44.82% before fermentation to 63.88% after fermentation in the 25-fold dilution. Moreover, a significant increase in pancreatic lipase inhibition activity after fermentation was observed. Thus, mulberry vinegar can be used as a functional material in vinegar and other foods.

Keywords mulberry, vinegar, fermentation, acetic acid bacteria, *Acetobacter pasteurianus*



OPEN ACCESS

Citation: Yim EJ, Jo SW, Kang HJ, Oh HB, Kim YS, Jeong DY. Quality characteristics and physiological activities of mulberry (*Morus alba*) vinegar. Korean J Food Preserv, 30(4), 691-702 (2023)

Received: April 06, 2023

Revised: June 21, 2023

Accepted: June 28, 2023

***Corresponding author**

Do-Youn Jeong

Tel: +82-63-650-5460

E-mail: jdy2534@korea.kr

Copyright © 2023 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

1. 서론

오디는 붕나무과(Moraceae) 붕나무속(Morous)의 열매로 antocyanin 색소, rutin, γ -aminobutyric acid(GABA), resveratrol, 1-deoxynojirimycin 등의 생리활성 물질을 풍부하게 함유하고 있다고 알려짐에 따라 식품소재로 주목을 받게 되었다(Kim 등, 2010). 붕잎을 수확하는 과거의 양잠산업이 점차 쇠퇴함에 따라 과실인 오디의 생산량과 상품성 증가를 위한 오디품종의 육성과 개량이 활발해졌다. 이로 인해 오디의 생산량은 증가하였으나 낮은 저장성

으로 인하여 발생하는 잉여오디에 대한 다양한 가공방법들과 기능성에 대해 연구되고 있다(Bang 등, 2020; Choi 등, 2018).

와인은 과실이나 과실즙을 발효시키는 과실주로서, 효모를 통한 발효과정을 거쳐 원료가 지닌 당분으로부터 생성되는 알코올을 함유하고, 과일 특유의 향과 색이 다양한 음식과 잘 어울리는 특징이 있으며(Jeong 등, 2005), 와인의 알코올과 풍미를 이용하여 식초를 제조하는 재료로도 사용된다.

식초는 오랜 역사를 지닌 전통발효식품이며, 초산을 포함하여 다양한 유기산, 당류, 아미노산, 에스테르 등을 함유하고 있고, 조미료, 음료뿐 아니라 보존료, 소독제 등 동서양 모두에서 다양한 용도로 이용되고 있다(Jeong과 Lee, 2000). 식품공전에서 식초는 발효식초, 희석초산, 기타 식초 등으로 구분지어지며, 제조방법에 따라 효모와 초산균으로 인하여 전분이나 당과 함께 알코올에서 초산발효로 얻는 발효식초(양조식초)와 발효과정을 거치지 않고 빙초산을 물에 희석하여 만드는 희석초산(합성식초) 등으로 구분한다. 희석초산은 발효를 거치지 않으므로 가격이 저렴하고 대량생산이 용이하나 발효 식초가 가진 고유의 풍미가 없고, 유해물질의 혼입 가능성 등의 단점을 가지고 있다(Vogel 등, 2020).

*Acetobacter*는 에탄올을 초산으로 산화시킬 수 있는 초산균으로 알려져 있다. *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus*, *A. xylinum*, *A. liquefaciens*, 그리고 *A. methanolicus* 등이 있으며(Cha 등, 1994), 현재 식품원료로 사용될 수 있는 5종의 초산균 중 *A. aceti*, *A. pasteurianus*, *Gluconacetobacter europaeus*, *G. hansenii*는 식초 제조에만 사용이 가능하며, *G. oxydans*는 식초 및 비타민 제조에만 사용이 허가되었다(MFDS, 2022). 식초 산업에서는 종균으로서의 초산균의 중요성이 대두됨에 따라 초산균을 달리하여 발효한 식초의 특성에 관한 연구(Beak 등, 2016; Eom 등, 2019) 등이 진행되고 있다.

식초는 대표적인 알칼리성 식품으로 젖산분해에 따른 피로회복에 도움을 주고(Kim 등, 2013), 체지방 감소 효과(Lee 등, 1999a), 소화작용 도움(Vogel 등, 2000), 항산화 효과(Sakanakaand와 Ishihara, 2008), 숙취 해소(Hong 등, 2012b), 혈당 강하에 따른 당뇨병 예방(Cho, 2012), 항염증 효과(Park 등, 2014), 뼈 건강 개선(Lee 등, 2016), 심혈관계 질환 예방(Shin 등, 2017) 등의 기능성이 연구를

통해 보고되고 있다.

와인이나 식초 등의 발효식품은 미생물의 대사작용에 의하여 다양한 유기물들과 2차 대사산물을 포함하고, 발효에 의한 독특한 풍미뿐만 아니라 기능성도 지니고 있어, 점차 저장식품으로서의 목적보다 기호식품이나 다양한 기능성 소재로서의 역할이 커지게 되었다(Mo 등, 2013).

본 연구에서는 식품 원료로 사용 가능한 효모와 초산균을 이용하여 고부가가치 오디 식초를 개발하고, 이를 다양한 식품에 활용하기 위하여 품질의 표준화는 물론 우수한 생리 기능성을 함께 갖춘 식초를 제조하고자 하였다. 이를 위해 균주를 달리하여 발효를 진행하였고, 발효과정 중 주요한 이화학적 특성과 생리활성을 측정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

오디는 전라북도 내에서 재배된 오디(청일, 과상1호)를 착즙하여 판매되는 오디즙(착즙액 100%)을 사용하였다. 그 외의 설탕과 같은 부재료는 시중에서 구입하여 사용하였다.

2.2. 발효균주의 선발

산업적으로 적용이 가능하고 알코올과 초산생성능이 뛰어난 오디 발효용 균주를 선별하기 위하여, (재)발효미생물 산업진흥원(Sunchang, Korea)에서 기 보유 중인 토종미생물 중 아황산 및 알코올 내성이 확인된 *S. cerevisiae*와 *A. pasteurianus* 균주들을 선발하여 사용하였다.

선발된 효모와 초산균은 멸균된 YM(yeast mold, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 액체배지(0.3% yeast extract, 0.3% malt extract, 0.5% peptone, 1% dextrose)와 GYE 액체배지(5% glucose, 1% yeast extract, 5% ethanol)에서 각각 1%(v/v) 접종한 뒤, 30℃에서 150 rpm으로 96시간 동안 shaking incubator(VS-8480SF, Vision Scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 교반하며 전 배양하여 활성화시켜 발효균주로 사용하였다. 오디 100% 착즙액을 백설탕을 사용하여 당도를 22 °Brix로 조절하여 멸균한 후 오디배지로 사용하고, 전배양시킨 각각의 효모를 1%(v/v)씩 접종하고 30℃에서 96시간 동안 혐기적 상태를 유지하도록 마개를 한 후 150 rpm으로 교반하며

발효액의 알코올 함량, 생균수를 측정하였다.

초산생성능이 뛰어난 초산균 선발을 위하여, 오디 100% 착즙액을 멸균한 후 발효주정을 5%(v/v) 첨가하여 오디 배지로 사용하고, 전 배양한 각각의 초산균을 10%(v/v)씩 접종하고 30°C에서 96시간 동안 150 rpm으로 교반하며 발효액의 pH, 총산도, 생균수를 측정하였다.

2.3. 오디 식초의 제조

오디 100% 착즙액을 백설탕을 사용하여 당도를 22°Brix로 조절하여 멸균한 후, 선발된 효모를 전배양시켜 1%(v/v)씩 접종하고 30°C에서 48시간 동안 혐기적 상태를 유지하도록 마개를 한 후, 150 rpm으로 교반하며 오디 와인을 발효하였다. 오디 와인을 살균하여 최종 선발된 초산균의 배양액을 10%(v/v) 접종하고, 30°C, 150 rpm 조건으로 진탕배양하고 초산발효를 진행하였다. 제조된 오디 식초는 품질 특성 및 생리활성 분석의 시료로 사용하였다. 대조구로는 발효하지 않은 오디 착즙액을 사용하였다.

2.4. 품질 특성 분석

초산균의 생균수를 측정하기 위하여 시료 1 mL를 취하여 9 mL 멸균수에 단계희석한 다음, GYE 고체배지에 도말하였다. 30°C에서 48-72시간 배양한 다음 콜로니를 계수하여 측정하였다. 오디 착즙액에 각각의 초산균을 약 5-6 log CFU/mL로 맞춰 접종하고, 발효 후 생균수를 측정하였다. pH 및 총산도의 측정은 자동적정장치 T50(Mettler-Toledo GmbH, Greifensee, Switzerland)을 이용하여 3번 반복하였고, 총산도는 시료 1 mL에 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 8.3이 될 때까지 사용된 양을 acetic acid로 환산하여 %로 표시하였다.

2.5. 유기산 및 유리당 분석

유기산 분석을 위해 시료를 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 표준용액은 fructose, glucose, sucrose, maltose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 1.0 mg/mL이 되도록 제조하고 여과하여 사용하였다. 유리당 조성은 HPLC-PDA(Photo Diode Array) detector Arc HPLC(Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하여 분석하였다. 분석 시 온도는 35°C에

서 carbohydrate column(5 μ m, 4.6×250 mm)을 사용하였으며, 용매는 75% acetonitrile, 유속은 1 mL/min, 주입량은 10 μ L로 하였다. 유기산 분석을 위해 대조구 시료는 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 시험용액으로 사용하였으며, 실험구 시료는 100배 희석한 후 여과하여 시험용액으로 하였다. 표준용액은 organic acid kit (Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 표준물질을 1.0 mg/mL이 되도록 제조하고 여과하여 사용하였다. 유기산 조성은 HPLC-MWD(Multiple Wavelength Detectors) agilent 1200 series HPLC system(Palo Alto, CA, USA)을 사용하여 분석하였다. 분석 시 온도는 37°C에서 YMC-Triart C18 column(5 μ m, 4.6×150 mm)을 사용하였으며, 용매는 20 mM phosphoric acid, 유속은 1 mL/min, 주입량은 10 μ L로 하였다.

2.6. α -Glucosidase 저해 활성 측정

α -Glucosidase 저해 활성은 Watanabe 등(1997)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 3 mL에 70% 에탄올을 첨가하여 20°C에서 10시간을 추출하고 100 mL로 정용한 후 이용하였다. α -Glucosidase(G3651-50UN, Sigma-Aldrich Co.)를 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.8) 용액에 용해한 후 효소액(0.5 unit/mL)으로 조제하였고, 5 mM ρ -nitro-phenyl- α -glucopyranoside(ρ -NPG, N1377, Sigma-Aldrich Co.)도 동일한 buffer에 녹여 기질용액으로 사용하였다. 시료 50 μ L에 0.5 unit/mL의 α -glucosidase 효소액 50 μ L(in 0.1M PBS, pH 6.8)를 혼합하고 37°C에서 10분 동안 반응시킨 후, 3 mM ρ -NPG(ρ -nitro-phenyl- α -glucopyranoside, in 0.1 M PBS, pH 6.8) 100 μ L를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시켰으며 0.1 M Na₂CO₃ 100 μ L를 가하여 반응을 정지시켰다. 이때 생성된 ρ -nitrophenol의 양을 분광광도계(Elisa reader, Infinite 200 TECAN, Grodic, Austria)를 사용하여, 흡광도 405 nm에서 측정하고 아래의 식으로 저해 활성을 계산하였다.

$$\alpha\text{-Glucosidase inhibition activity (\%)} \\ = [1 - (C - B) / (A - B)] \times 100$$

A: 시료를 첨가하지 않은 완충액의 흡광도

B: 시료와 효소를 첨가하지 않은 완충액의 흡광도

C: 시료 또는 효소의 흡광도

2.7. Angiotensin-converting enzyme 저해 활성 측정

Angiotensin-converting enzyme 저해 활성을 확인하기 위하여 angiotensin-converting enzyme inhibition kit(Dojindo Inc., Rockville, MD, USA)를 사용하고 Putri 등(2017)의 방법을 참고하여 실험하였다. 증류수를 kit의 enzyme B에 2 mL 주입 후 녹여, enzyme A에 enzyme B를 1.5 mL에 주입하여 enzyme working solution을 제조하였다. 증류수를 각각 enzyme C, coenzyme bottle에 3 mL씩 주입 후 녹여 indicator solution에 각각 2.8 mL씩 넣어 혼합하여 indicator working solution을 제조하였다. 96 Well plate에 blank 1과 2에는 증류수를 20 μ L, 시료를 각 농도별로 20 μ L씩 처리하였다. 모든 well에 20 μ L의 substrate buffer를 처리한 후 blank 2를 제외한 well에는 enzyme working solution을 20 μ L씩 처리하였고 blank 2에는 증류수 20 μ L를 처리하였다. 37°C Shaking incubator에서 60분간 반응 후 모든 well에 200 μ L의 indicator working solution을 처리하여 10분 동안 상온에서 반응시킨 후 흡광도 450 nm에서 측정하였다. Angiotensin-converting enzyme 저해활성(%)은 아래의 식과 같이 계산하였다.

$$\text{Angiotensin-converting enzyme 저해 활성 (\%)} \\ = [1 - (B - A) / (C - A)] \times 100$$

A: 시료를 첨가하지 않은 용액의 흡광도

B: 시료의 흡광도

C: 효소를 첨가하지 않은 용액의 흡광도

2.8. Pancreatic lipase 저해 활성 측정

Pancreatic lipase 저해 활성은 Jung 등(2012)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 3 mL에 80% 메탄올을 이용하여 24시간 동안 실온에서 진탕 추출한 후 100 mL로 정용하여 시료로 이용하였다. Porcine pancreatic lipase (L3126, Sigma-Aldrich Co.) 0.3 mg에 10 mM MOPS와 1 mM EDTA(pH 6.8)를 포함하는 buffer를 30 μ L를 넣고 tris buffer(100 mM tris-HCl, 5 mM CaCl₂, pH 7.0)를 850 μ L 첨가하여 enzyme buffer를 제조하였다.

시료 20 μ L를 enzyme buffer에 넣고 37°C에서 15분간 반응시킨 후 10 mM *p*-nitrophenyl butyrate(4-NPB, N9876, Sigma-Aldrich Co.) 20 μ L를 넣고 다시 37°C에서 15분간 반응시켰다. *p*-Nitrophenyl butyrate가 *p*-nitrophenol로 가수분해된 정도를 흡광도 400 nm에서 측정하고 다음의 식과 같이 lipase 저해활성(%)을 계산하였다.

$$\text{Pancreatic lipase 저해 활성(\%)} \\ = [1 - (B - C) / A] \times 100$$

A: 시료를 첨가하지 않은 용액의 흡광도

B: 시료의 흡광도

C: 효소를 첨가하지 않은 용액의 흡광도

2.9. 통계 분석

모든 실험은 3회 이상 반복하여 결과를 도출했으며, 통계 프로그램(SPSS ver. 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균±표준편차(Mean±S.D)로 계산하였다. 각 시험군 간의 통계적 유의성 검정에 따른 통계분석은 독립 표본 t검정(independent samples t-test)과 ANOVA(one-way analysis of variance test)를 실시한 후 Duncan's multiple range test와 Levene's t-test로 유의성을 검증하였다(**p*<0.05, ***p*<0.01 and ****p*<0.001).

3. 결과 및 고찰

3.1. 발효균주의 선발

오디 최적 발효균주를 선발하기 위하여 균주를 달리하여 발효를 진행하였다. 양조를 위해 1차적으로 선발된 13종의 효모는 생균수를 약 5-6 log CFU/mL로 맞춰 오디에 각각 접종하여 발효한 결과는 다음과 같다. 모든 구간에서 발효가 진행됨에 따라 생균수가 증가하고 알코올이 생성되었음을 확인하였다(Table 1). 오디는 발효 후 *S. cerevisiae* SRCM101708이 7.05 log CFU/mL로 효모 중 가장 낮은 생균수를 보였고, *S. cerevisiae* SRCM101830은 9.20 log CFU/mL까지 도달하였다. 또한, 모든 효모는 4일간 발효하였을 때 12% 이상의 알코올을 생성하였으며, *S. cerevisiae* SRCM101756은 13.20%로 실험에 사용된 효모들 중에서 유의적으로 가장 많은 알코올을 생성하였는데,

Table 1. Physiochemical properties (viable cell count, alcohol contents) of mulberry wine by various yeasts

No.	Yeast strains ¹⁾	Viable cell count (Log CFU/mL)		Alcohol contents (%)	
		Fermentation time (day)		Fermentation time (day)	
		0	4	0	4
1	Control ²⁾	-	-	-	-
2	SRCM 101708	6.06±0.13 ^{3)a4)}	7.05±0.19 ^{****5)}	-	12.80±0.30 ^{cde}
3	SRCM 101711	6.17±0.11 ^a	7.94±0.13 ^{cd****}	-	12.40±0.33 ^g
4	SRCM 101712	6.14±0.11 ^a	7.23±0.21 ^{ef****}	-	12.83±0.22 ^{cde}
5	SRCM 101756	6.18±0.04 ^a	8.08±0.20 ^{****}	-	13.20±0.15 ^a
6	SRCM 101762	6.15±0.17 ^a	8.58±0.09 ^{b****}	-	12.50±0.23 ^g
7	SRCM 101796	6.15±0.16 ^a	8.81±0.19 ^{b****}	-	12.60±0.06 ^{efg}
8	SRCM 101802	6.07±0.14 ^a	7.18±0.17 ^{ef****}	-	12.97±0.08 ^{abc}
9	SRCM 101830	6.20±0.11 ^a	9.20±0.16 ^{g****}	-	12.47±0.11 ^g
10	SRCM 101832	6.21±0.06 ^a	9.14±0.24 ^{g****}	-	12.90±0.14 ^{bcd}
11	SRCM 101849	6.17±0.14 ^a	8.73±0.05 ^{b****}	-	12.87±0.33 ^{bcd}
12	SRCM 101860	6.12±0.09 ^a	7.30±0.12 ^{ef****}	-	13.10±0.37 ^{ab}
13	SRCM 101862	6.18±0.09 ^a	7.72±0.08 ^{d****}	-	13.03±0.37 ^{abc}
14	SRCM 101868	6.17±0.04 ^a	7.38±0.21 ^{ef****}	-	12.70±0.17 ^{def}

¹⁾All yeast strains are *Saccharomyces cerevisiae*.

²⁾Control does not inoculated the strain (mulberry juice).

³⁾Values are mean±SD (n=3).

⁴⁾Different small letters (a, b, c, etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test (p<0.05).

⁵⁾Significant differences were compared with the 'before fermentation' at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.

생균수와 알코올 생성량은 비례하지 않는 결과를 보였다. 또한, 오디차즙액의 초기당도를 24 °Brix로 보당하여 효모를 접종하고 25°C에서 발효한 기존의 연구(Kim과 Kim, 2010)보다 훨씬 더 빠른 기간 내에 높은 함량의 알코올이 생성되었음을 확인할 수 있었으며, 식초 제조용 원료뿐 아니라 향후 와인의 상품화와 대량생산 시 발효기간 단축을 통한 비용절감에도 긍정적인 효과를 가져올 것으로 기대되었다. 결과적으로 오디 발효 시 알코올 생성능이 뛰어난 *S. cerevisiae* SRCM101756을 최종 알코올 발효용 균주로 선발하였다.

식초제조를 위해 1차적으로 선발된 12종의 초산균을 오디에 각각 접종하여 발효한 결과 모든 초산균이 오디를 잘 발효하는 결과를 보였으며, 발효 전에 비하여 발효 후 pH는 감소하였고, 총산도는 2.91-4.07%까지 증가하였다(Table 2). 또한, 생균수도 발효 전 약 6 log CFU/mL에서 발효 후 8.06 log CFU/mL까지 증가하였고, 초산균의 생균수에

따라 초산 생성량이 비례하지 않음을 알 수 있었다. 이와 같이 동일한 종의 여러 초산균을 사용하여 유사한 발효조건에서 발효하였을 때 각각의 산도가 다른 것은 발효 방법보다는 발효에 관여하는 초산균에 의하여 산도 증감에 더 큰 영향을 미친다고 보고한 Yoon(1998)의 연구와도 유사한 결과이다. 식초 발효 시 우수한 초산균을 평균으로 활용하면 자연발효에 비해 초산 생성이 빠르고, 품질 균일성을 유지하기 용이하므로 발효식초의 품질 향상에 도움이 된다(Lee와 Kim, 2009). 실험에 사용된 초산균 중 *A. pasteurianus* SRCM102419가 발효 후 가장 많은 초산을 생성하는 것으로 확인되어 초산발효용 균주로 선발하였다.

3.2. 오디 식초의 품질특성

상기와 같은 방법으로 오디 와인을 제조하고 발효식초의 원료로 사용하고자 하였다. 식초 발효 시 와인 속의 알코올은 초산균에 의해 초산으로 산화되지만 오히려 높은 알코올

Table 2. Physiochemical properties of mulberry vinegar¹⁾ by various acetic acid bacteria

No.	Acetic acid bacteria strains ²⁾	pH		Total acidity (%)		Viable cell count (Log CFU/mL)	
		Fermentation time (day)		Fermentation time (day)		Fermentation time (day)	
		0	4	0	4	0	4
1	Control ³⁾	3.68±0.03 ⁴⁾⁵⁾	3.67±0.09 ^{a***6)}	0.45±0.01 ^a	0.47±0.02 ^d	-	-
2	SRCM101466	3.66±0.07 ^a	3.12±0.12 ^{a***}	0.47±0.15 ^a	3.44±0.13 ^{abc***}	6.09±0.23 ^a	7.54±1.11 ^{a***}
3	SRCM101469	3.63±0.07 ^a	3.14±0.14 ^{a***}	0.46±0.06 ^a	3.51±0.94 ^{abc**}	6.10±0.48 ^a	7.16±0.14 ^{a***}
4	SRCM101474	3.64±0.08 ^a	3.15±0.01 ^{a***}	0.47±0.12 ^a	3.21±0.41 ^{bc***}	5.95±0.13 ^a	7.61±0.95 ^{a***}
5	SRCM101475	3.66±0.06 ^a	3.16±0.17 ^{a***}	0.47±0.01 ^a	3.11±0.21 ^{c***}	6.11±0.08 ^a	7.49±1.06 ^{a***}
6	SRCM101476	3.64±0.08 ^a	3.15±0.01 ^{a***}	0.47±0.01 ^a	3.16±0.09 ^{bc***}	5.89±0.07 ^a	7.65±0.24 ^{a***}
7	SRCM101481	3.62±0.04 ^a	3.41±0.05 ^{a***}	0.46±0.40 ^a	3.59±0.17 ^{abc***}	6.01±0.12 ^a	7.80±0.68 ^{a***}
8	SRCM102382	3.67±0.01 ^a	3.11±0.16 ^{a***}	0.45±0.06 ^a	3.42±0.22 ^{abc***}	6.10±0.10 ^a	7.90±0.27 ^{a***}
9	SRCM102408	3.66±0.09 ^a	3.08±0.03 ^{a***}	0.46±0.26 ^a	3.98±0.84 ^{ab**}	6.14±0.11 ^a	8.06±0.23 ^{a***}
10	SRCM102419	3.64±0.08 ^a	3.06±0.07 ^{a***}	0.45±0.24 ^a	4.07±0.21 ^{a***}	5.98±0.07 ^a	8.03±0.61 ^{a***}
11	SRCM103188	3.65±0.06 ^a	3.11±0.07 ^{a***}	0.46±0.07 ^a	3.08±0.49 ^{c**}	6.11±0.14 ^a	7.58±0.98 ^{a***}
12	SRCM103222	3.64±0.01 ^a	3.15±0.09 ^{a***}	0.46±0.06 ^a	3.52±0.06 ^{abc***}	6.04±0.74 ^a	7.91±0.74 ^{a***}
13	SRCM60009	3.64±0.04 ^a	3.18±0.09 ^{a***}	0.46±0.15 ^a	2.91±0.37 ^{c***}	6.09±0.17 ^a	7.22±0.40 ^{a***}

¹⁾Mulberry vinegar was fermented after adding 5% alcohol to mulberry juice.

²⁾All acetic acid bacteria strains are *Acetobacter pasteurianus*.

³⁾Control does not inoculated the strain (mulberry juice).

⁴⁾Values are mean±SD (n=3).

⁵⁾Different small letters (a, b, c, etc.) in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test (p<0.05).

⁶⁾Significant differences were compared with the 'before fermentation' at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene' t-test.

농도는 초산균의 생육을 저해한다(Lee 등, 2017). 그러므로, 식초를 제조하기에 적당한 양의 알코올이 생성된다고 판단되는 발효 2일 차에 와인 발효를 정지하고 100°C에서 10분간 가열하여 효모를 살균하였다(data not shown). 살균된 오디 와인을 초산 발효하여 오디 식초(mulberry vinegar, MV)를 제조하고 품질 특성(pH, 총산도, 생균수)을 분석하였다. 오디 식초는 발효가 진행됨에 따라 pH가 점차 감소하여 발효 9일 차에 2.98까지 감소하고, 총산도는 점차 증가하여 4.70%까지 증가하였다(Table 3). 생균수도 발효 초기 6.06 log CFU/mL에서 발효 6일 차에 7.79 log CFU/mL까지 증가하였다가 발효 9일 차에는 7.71 log CFU/mL의 생균수를 나타내었다. 식품 공전에서는 식초의 품질 규격을 총산 함량 4-20% 범위로 정해 놓았으며, 본 연구에서 개발된 오디 식초는 식초의 산도 기준을 충족한 것을 확인할 수 있었다.

3.3. 유리당 및 유기산

Acetic acid 등의 유기산은 지미와 산미를 형성할 뿐만 아니라 TCA 회로를 활성화하여 젖산 분해촉진을 통한 피로 회복 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Nakanc, 1988).

오디 식초의 유기산 및 유리당 분석결과는 Table 4와 같다. Oxalic acid는 발효 전 438.55 ppm에서 발효 후 934.25 ppm, malic acid와 succinic acid는 발효 전 1,093.01 ppm과 499.95 ppm이었으나, 발효 후 미검출되었고, citric acid는 발효 전 1,216.37 ppm에서 발효 후 3,623.77 ppm으로 측정되었다. Acetic acid는 발효 전엔 검출되지 않았으나 발효 후 33,804.27 ppm까지 증가하여 유기산 중 발효에 따른 함량의 증가가 가장 큰 것으로 나타나 초산 발효가 잘 이루어졌음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 기존의 과일 발효식초 연구(Bang 등, 2020; Hong 등, 2012a)에서 acetic acid가 주요 유기산으로 검

Table 3. Changes of physiochemical properties during fermentation of MV¹⁾

	Name	Fermentation time (day)			
		0	3	6	9
pH	Control ²⁾	3.59±0.01 ^{3)A4)}	3.60±0.04 ^A	3.58±0.01 ^A	3.60±0.01 ^A
	Sample	3.80±0.01 ^A	3.22±0.16 ^{B***5)}	3.04±0.01 ^{C***}	2.98±0.02 ^{D***}
Total acidity (%)	Control	0.39±0.01 ^A	0.40±0.02 ^A	0.40±0.00 ^A	0.40±0.01 ^A
	Sample	0.78±0.01 ^D	2.53±0.01 ^{C***}	4.04±0.08 ^{B***}	4.70±0.12 ^{A***}
Viable cell count (Log CFU/mL)	Control	-	-	-	-
	Sample	6.06±0.08 ^C	7.23±0.11 ^B	7.79±0.12 ^A	7.71±0.13 ^A

¹⁾Mulberry vinegar through yeast and acetic acid bacteria fermentation.

²⁾Control does not inoculated the strain (mulberry juice).

³⁾Values are mean±SD (n=3).

⁴⁾Different capital letters (A, B, C, D) in the same row indicate a significant difference according to Duncan's multiple test (p<0.05).

⁵⁾Significant differences were compared with the control at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.

Table 4. Changes of free organic acids and free sugars contents during acetic acid fermentation of MV¹⁾ (unit: ppm)

		Fermentation time (day)	
		0	9
Free organic acid	Oxalic acid	438.55±2.19 ²⁾	934.25±118.71 ^{**4)}
	Formic acid	ND ³⁾	ND
	Malic acid	1,093.01±18.85	ND
	Acetic acid	ND	33,804.27±1,788.64 ^{***}
	Citric acid	1,216.37±35.43	3,623.77±140.14 ^{***}
	Succinic acid	499.95±40.02	ND
Free sugar	Fructose	104.57±0.63	40.79±2.98
	Glucose	41.43±0.49	ND
	Sucrose	ND	ND
	Maltose	ND	ND

¹⁾Mulberry vinegar through yeast and acetic acid bacteria fermentation.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾ND, not detected.

⁴⁾Significant differences were compared with the before fermentation at **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.

출된 것과 일치하는 결과를 보였으나, Bang 등(2020)이 오디 식초의 주요 유기산이 acetic acid, citric acid, succinic acid 순으로 높았으며, oxalic acid는 검출되지 않았다고 발표한 결과와는 차이를 보였다. 유기산 함량은 과실의 종류와 재배 방식 및 발효 균주, 온도, 시간 등의 발효 조건에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Shin과 Jeong, 2003). 유리당인 fructose와 glucose는 발효가 진행됨에 따

라 그 함량이 감소하는 것으로 나타났다. Hong 등(2012a)은 식초 발효 과정 중 유리당이 감소하는 원인을 초산균에 의하여 당이 대부분 산으로 전환되고 일부는 에너지원으로 이용된 것으로 보고하였다. 추후 오디 초산발효의 기초자료로 활용되기 위해서는 다양한 유기산과 유리당 표준물질의 분석을 통한 다른 유기산 및 유리당의 발효에 따른 함량 분석이 필요할 것으로 사료된다.

3.4. α -Glucosidase 저해 활성

α -Glucosidase는 탄수화물 분해효소이며, 소장 상피세포 내막에 위치하며 이당가수분해효소 또는 과당 가수분해효소라고 알려져 있다(Caspary, 1978). α -Glucosidase 저해제를 투여하게 되면, 식후 단당류의 흡수는 지연되어 혈당 증가 감소 및 혈중의 insulin 감소효과가 있으며, 결과적으로 공복 시 혈당을 감소시키는 효과를 가져오게 된다(Lembcke 등, 1985). 당뇨, 고지혈증, 비만 등을 치료하기 위하여 미생물로부터 α -glucosidase 저해제들이 개발되고 있다.

오디 식초의 α -glucosidase 저해 활성은 Table 5와 같다. Acarbose는 α -amylase와 α -glucosidase에 대한 저해 작용을 지닌 시판되는 치료제이며(Carrascosa 등, 2001), 실험에서 사용된 양성 대조구 acarbose의 α -glucosidase 저해 활성(IC₅₀)값은 1.49 mg/mL이었다. 오디 발효식초는 50배 희석 시에 발효 전 42.35%에서 발효 후 46.11%로 α -glucosidase 저해 활성이 증가하는 것을 확인하였다.

Table 5. α -Glucosidase inhibition activity of MV¹⁾

Dilution rate	α -Glucosidase inhibition activity (%)	
	Fermentation time (day)	
	0	9
100	13.22±0.94 ²⁾	19.19±0.58 ^{**3)}
50	42.35±1.03	46.11±0.96 [*]
25	68.31±0.76	70.52±2.84
5	100.00±0.23	96.27±5.25
Acarbose ⁴⁾	IC ₅₀ : 1.49±0.42 mg/mL	

¹⁾Mulberry vinegar through yeast and acetic acid bacteria fermentation.
²⁾Values are mean±SD (n=3).
³⁾Significant differences were compared with the 'before fermentation' at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.
⁴⁾Positive control in assay (acarbose IC₅₀: 1.49±0.42 mg/mL).

Son 등(2013)은 오디열매 및 오디씨에서 여러 quercetin 배당체가 많이 존재하며, 항당뇨 활성의 주된 물질이라고 보고하였다. 본 연구에서는 발효하지 않은 대조구인 오디 착즙액에 비하여 발효한 오디 식초에서 α -glucosidase 저해 활성이 유의적으로 증가하여 발효하지 않은 흑미보다 발효된 흑미 식초에서 α -glucosidase 저해 활성이 유의적으로 높았던 Kim(2017)의 보고와도 유사한 결과를 보였다. 이는 오디가 발효되는 동안에 효모와 초산균 대사과정을 통하여 다양한 생리활성을 지닌 대사산물이 생성되어, 식초가 오디 착즙액보다 혈당 강하 능력에 도움을 줄 것으로 판단된다.

3.5. Angiotensin-converting enzyme 저해 활성

Angiotensin-converting enzyme은 혈관을 수축시켜 혈압증가의 원인이 되는 angiotensin II의 합성에 관여하는 효소로 알려져 있으며(Noh와 Song, 2001), angiotensin-converting enzyme의 작용을 억제하는 angiotensin-converting enzyme 저해물질은 항고혈압 소재로 활용될 수 있다(Funayama와 Hikono, 1979). 오디 식초의 angiotensin-converting enzyme 저해 활성은 Table 6과 같다. Captopril은 angiotensin-converting enzyme 저해 활성을 지닌 대표적인 물질로 알려져 있으며(Vermelrscna 등, 2002), 실험에서 사용된 양성 대조구 captopril의 angiotensin-converting enzyme 활성(IC₅₀)값은 49.10

ng/mL이었다. 오디 식초는 25배 희석 시에 발효 전 44.82%에서 발효 후 63.88%로, 50배 희석 시에 발효 전 30.10%에서 발효 후 37.24%로 angiotensin-converting enzyme 저해 활성이 증가하는 것을 확인하였다.

오디와 뽕잎에는 quercetin 배당체인 rutin을 함유하고 있으며, rutin은 alcohol에 잘 용해되며, 모세혈관 강화작용 및 수축작용 등을 조절하여 고혈압 치료제 및 그 보조인자로 사용되는 물질로 알려져 있다(Kim 등, 2004). 본 연구의 결과와 같이 식초 발효 전후의 angiotensin-converting enzyme 저해 활성이 차이를 보이는 이유는 균주가 지닌 발효 특성에 따라 angiotensin-converting enzyme 저해 활성을 조절하는 성분의 증감에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3.6. Pancreatic lipase 저해 활성

중성지방은 pancreatic lipase라는 분해효소에 의해 glycerol과 fatty acid로 분해된 후 흡수되어 신체에서 사용된다(Lunagariya 등, 2014). Pancreatic lipase의 활성이 과도하면 지방분해 및 흡수가 증가하여 비만이 초래되므로, 해당 효소의 활성을 저해하여 지방의 축적을 막는 저해제 등이 비만치료에 사용되고 있다. Orlistat는 현재 비만치료제로 널리 사용되고 있으나, 비용이 비싸고, 복부 팽만, 위장 장애, 담즙분비 장애, 지용성 비타민 흡수 억제 등의

Table 6. Angiotensin-converting enzyme inhibition activity of MV¹⁾

Dilution rate	Angiotensin-converting enzyme inhibition activity (%)	
	Fermentation time (day)	
	0	9
100	16.71±1.91 ²⁾	21.63±0.93 ^{**3)}
50	30.10±1.46	37.24±1.38 ^{**}
25	44.82±0.26	63.88±1.23 ^{***}
5	80.72±1.08	86.46±0.97 ^{**}
Captopril ⁴⁾	IC ₅₀ : 49.10±0.27 ng/mL	

¹⁾Mulberry vinegar through yeast and acetic acid bacteria fermentation.
²⁾Values are mean±SD (n=3).
³⁾Significant differences were compared with the 'before fermentation' at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.
⁴⁾Positive control in assay (captopril IC₅₀: 49.10±0.27 ng/mL).

부작용이 나타나 지속적인 사용이 우려되며, 새로운 치료제의 탐색이 필요하다(Collins과 Williams, 2001).

오디 식초의 pancreatic lipase 저해 활성 분석결과는 Table 7과 같다. Orlistat는 pancreatic lipase 저해 활성을 지닌 대표적인 물질로 알려져 있으며(Drent 등, 1995), 실험에서 사용된 양성 대조구 orlistat의 pancreatic lipase 저해 활성(IC₅₀)값은 1.86 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이었다. 오디 식초는 50배 희석 시료에서 발효 전 30.01%에서 발효 후 40.25%로, 25배 시료에서는 발효 전 42.51%에서 발효 후 55.33%로 그 활성이 증가하였다. 이와 유사한 기존의 보고로는 Kim 등(2018)은 당근 주스보다 당근 식초의 pancreatic lipase 저해 활성이 더 높았다고 발표하였으며, 이는 발효에 의해 생성된 대사산물이 유효성분으로 작용하고, 발효에 의해 전환된 물질을 통해 pancreatic lipase 저해활성이 더 증가하였기 때문으로 판단된다. 결과적으로 오디 식초는 탄수화물과 지방의 소화효소를 억제하고, 혈압조절효소를 제어하여 비만, 고혈압 등의 질병을 예방하는 기능성 식품 소재로서의 가능성이 확인되었다.

4. 요약

본 연구에서는 고부가가치 오디 식초를 개발하기 위하여 식품 미생물인 효모와 초산균을 사용하여 오디를 발효하고, 품질의 표준화는 물론 우수한 생리기능성을 함께 갖춘 식초를 제조하고자 하였다. 오디의 최적 발효균주를 선발하기 위

하여 균주를 달리하여 발효를 진행하고 품질 특성 및 생리활성을 측정하였으며, 오디 발효 시 알코올과 초산 생성능이 뛰어난 *S. cerevisiae* SRCM101756과 *A. pasteurianus* SRCM102419를 발효용 균주로 최종 선발하였다. 제조된 오디 와인에 선발된 초산균을 사용하여 오디 식초를 제조하고 품질 특성 및 생리활성을 분석하였다. 오디 식초는 발효 9일 차에 pH 2.98, 총산도 4.70%로 측정되었고, α -glucosidase 저해 활성은 100배 희석 시에 발효 전 13.22%에서 발효 후 19.19%로, 50배 희석 시에 발효 전 42.35%에서 발효 후 46.11%로 활성이 증가하는 것을 확인하였다. Angiotensin-converting enzyme 저해 활성을 측정한 결과, 25배 희석 시에 발효 전 44.82%에서 발효 후 63.88%로, 50배 희석 시에 발효 전 30.10%에서 발효 후 37.24%로 angiotensin-converting enzyme 저해 활성이 증가하였고, 발효 전에 비하여 발효 후 pancreatic lipase 저해 활성도 유의적으로 증가한 것으로 나타났다. 50배 희석 시료에서 발효 전 30.01%에서 발효 후 40.25%로, 25배 시료에서는 발효 전 42.51%에서 발효 후 55.33%로 그 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과를 토대로 오디 식초는 식품미생물을 이용한 발효를 통하여 생리활성이 증진된 고부가가치 식품이며, 향후 다양한 소재로도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgements

This research was supported by Local Strategic Food Industry Promote Program, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Republic of Korea (MIFI 2022-01).

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Yim EJ, Jo SW, Kim YS, Jeong DY. Methodology: Yim EJ, Jo SW. Formal analysis: Yim EJ, Oh HB. Validation: Yim EJ, Kang HJ. Writing - original draft: Yim EJ. Writing - review & editing: Yim EJ, Jo SW, Kim YS, Jeong DY.

Table 7. Pancreatic lipase inhibition activity of MV¹⁾

Dilution rate	Pancreatic lipase inhibition activity (%)	
	Fermentation time (day)	
	0	9
100	16.79±2.16 ²⁾	22.65±0.42 ³⁾
50	30.01±4.65	40.25±3.22*
25	42.51±1.77	55.33±4.22**
5	75.04±0.21	80.76±2.11*
Orlistat ⁴⁾	IC ₅₀ : 1.86±0.08 $\mu\text{g}/\text{mL}$	

¹⁾Mulberry vinegar through yeast and acetic acid bacteria fermentation.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Significant differences were compared with the 'before fermentation' at *p<0.05, **p<0.01 and ***p<0.001 in the same row by Levene's t-test.

⁴⁾Positive control in assay (orlistat IC₅₀: 1.86±0.08 $\mu\text{g}/\text{mL}$).

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Eun Jung Yim (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-3115-9802>

Seung Wha Jo

<https://orcid.org/0000-0002-1114-868X>

Hyeon Jin Kang

<https://orcid.org/0000-0002-3303-1474>

Hyo Bin Oh

<https://orcid.org/0000-0002-2107-9120>

Young-Soo Kim

<https://orcid.org/0000-0003-1308-4453>

Do-Youn Jeong (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-4105-1624>

References

- Baek SY, Kim JS, Mun JY, Lee CH, Park YK, Yeo SH. Quality characteristics of detoxified *Rhus verniciflua* vinegar fermented using different acetic acid bacteria. *Korean J Food Preserv*, 23, 347-354 (2016)
- Bang SI, Gwon GH, Cho EJ, Lee AY, Seo WT. Characteristics of fermented vinegar using mulberry and its antioxidant activity. *Korean J Food Preserv*, 27, 651-662 (2020)
- Carrascosa JM, Moleto JC, Fermin Y, Martinez C, Andes A, Satrustegui J. Effect of chronic treatment with acarbose on glucose and lipid metabolism in obese diabetic wistar rats. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 3, 240-248 (2001)
- Caspary WF. Sucrose malabsorption in man after ingestion of α -glucosidase inhibitor. *The Lancet*, 1, 1231-1233 (1978)
- Cha YJ, Park KJ, Kim DK, Chun HS, Lee BK, Kim KH, Lee SY, Kim SJ. Isolation and characterization of cellulose producing acetobacter xylinum KI strain. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol*, 22, 571-576 (1994)
- Cho JH. Letter, balsamic vinegar improves high fat-induced beta cell dysfunction via beta cell ABCA-1. *Diabetes Metab J*, 36, 388-389 (2012)
- Choi YJ, Park MH, Kim MH, Jung KI. Antioxidant and anti-inflammatory effects of mulberry (*Morus alba* L.) fermented liquid in LPS induced RAW 264.7 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 47, 995-1005 (2018)
- Collins P, Williams G. Drug treatment of obesity, From past failures to future successes? *Br J Clin Pharmacol*, 51, 13-25 (2001)
- Drent ML, Larsson I, Olsson TW, Quaade F, Czubayko K, Bergman KV, Strobel W, Sjostrom L, Veen EAVD. Orlistat (RO 18-0647), a lipase inhibitor, in the treatment of human obesity, a multiple dose study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 19, 221-226 (1995)
- Eom HJ, Yoon HS, Kwon NR, Jeong YJ, Kim Y, Hong ST, Han NS. Comparison of the quality properties and identification of acetic acid bacteria for aronia vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 48, 1397-1404 (2019)
- Funayama S, Hikono H. Hypotensive principles of *Diospyros kaki* leaves. *Chem Pharm Bull*, 27, 2865-2869 (1979)
- Hong SM, Kang MJ, Lee JH, Jeong JH, Kwon SH, Seo KI. Production of vinegar using *Rubus coreanus* and its antioxidant activities. *Korean J Food Preserv*, 19, 594-603 (2012a)
- Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, Seo KI. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 927-935 (2012b)
- Jeong MR, Cha JD, Yun SI, Han JH, Lee YE. Manufacturing of wine with Korean figs (*Ficus carica* L.) and quality improvement by adding fig leaves. *J East Asian Soc Diet Life*, 15, 112-118 (2005)
- Jeong YJ, Lee MH. A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind Nutr*, 5, 7-12 (2000)
- Jung SA, Kim KBWR, Kim DH, Cho JY, Kim TW,

- Ahn DH. Lipase inhibitory mode of dieckol isolated from *Eisenia bicyclis* ethanol extract. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol*, 41, 112-118 (2012)
- Kim EO, Lee YJ, Lee HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW. Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberry fruits from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1467-1475 (2010)
- Kim HB, Kim SL. Quantification and varietal variation of rutin in mulberry fruits. *J Seric Entomol Sci*, 46, 1-5 (2004)
- Kim JH. Quality characteristics and physiological activities of black rice vinegar. MS Thesis, Sunchon National University, Korea, p 43-44 (2017)
- Kim JI, Han DW, Yun JA, Beak HJ, Lim SW. Pancreatic lipase inhibitory activity and antioxidant activity of carrot vinegar. *KSBB Journal*, 33, 104-109 (2018)
- Kim KI, Kim ML. Characteristics of wine fermented from mulberry juice. *Korean J Food Preserv*, 17, 563-570 (2010)
- Kim MJ, Choi JH, Kwon SH, Kim HD, Bang MH, Yang SA. Characteristics of fermented dropwort extract and vinegar using fermented dropwort extract and its protective effects on oxidative damage in rat glioma C6 cells. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 350-355 (2013)
- Lee DS, Ryu IH, Lee GS, Shin YS, Joen SH. Optimization effect against lipase activity in preparation of aloe vinegar by *Acetobacter* sp. and inhibitory. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 42, 105-110 (1999)
- Lee HB, Oh H, Jeong DY, Jun HI, Song GS, Kim YS. Isolation and characterization of acetic acid bacteria for producing "Makgeolli seed-vinegar". *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 1216-1224 (2017)
- Lee MY, Kim HY, Singh D, Yeo SH, Paek SY, Park YK, Lee CH. Metabolite profiling reveals the effect of dietary rubus coreanus vinegar on ovariectomy induced osteoporosis in a rat model. *Molecules*, 21, 149 (2016)
- Lee SH, Kim JC. A comparative analysis for main components change during natural fermentation of persimmon vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 372-376 (2009)
- Lembcke B, Folsch UR, Creutzfeldt W. Effect of 1-desoxynojorimycin derivatives on small intestinal disaccharides activities and on active transport. *Digestion*, 31, 120-127 (1985)
- Lunagariya NA, Patel NK, Jagtap SC, Bhutani KK. Inhibitors of pancreatic lipase, state of the art and clinical perspectives. *EXCLI J*, 13, 897-921 (2014)
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022 Korea food safety. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/foodMaterial/foodMaterialDB.do?menu_grp=MENU_NEW04&menu_no=2968. Accessed Nov. 11, 2022.
- Mo HY, Jung YH, Jeong JS, Choi KH, Choi SW, Park CS, Choi MA, Kim ML, Kim MS. Quality characteristics of vinegar fermented using Omija (*Schizandra chinensis* Baillon). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 441-449 (2013)
- Nakanc S. Food useful for preventing alcohol intoxication containing persimmon-vinegar and optimum fruits, with blood alcohol concentration reducing action. *Japan Patent*, 63, 562-566 (1988)
- Noh H, Song KB. Isolation of an angiotensin converting enzyme inhibitor from *Oenanthe javanica*. *J Appl Biol Chem*, 44, 98-99 (2001)
- Park YH, Choi JH, Whang K, Lee SO, Yang SA, Yu MH. Inhibitory effects of lyophilized dropwort vinegar powder on adipocyte differentiation and inflammation. *J Life Science*, 24, 476-484 (2014)
- Putri L, Katrin, Rissyelly, Putu GMWM. Inhibition activity of angiotensin converting enzyme (ACE) and determination of total phenolic and flavonoid compound from bitter melon leaves

- (*Momordica charantia* L.). *Pharmacogn J*, 9, 252-256 (2017)
- Sakanakaand S, Ishihara Y. Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates. *Food Chem*, 107, 739-744 (2008)
- Shin JS, Jeong YJ. Changes in the components of acetic acid fermentation of brown rice using raw starch digesting enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 381-387 (2003)
- Shin JY, Kang JR, Shin JH, Seo WT, Byun HU, Choi JS, Kang MJ. Effects of Seomaeyakssuk (*Artemisia argyi* H.) vinegar on lipid metabolism in rats fed a high-fat and high-cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 779-789 (2017)
- Son WR, Choi SW. Biological activity and analysis of α -glucosidase inhibitor from mulberry (*Morus alba* L.) wine. *Korean J Food Preserv*, 20, 877-885 (2013)
- Vermeirsscna V, Campb JV, Verstraetea W. Optimization and validation of an angiotensin-converting enzyme inhibition assay for the screening of bioactive peptides. *J Biochem Biophys Methods*, 51, 75-87 (2002)
- Vogel RA, Corretti MC, Plotnick GD. The postprandial effect of components of the mediterranean diet on endothelial function. *J Am Coll Cardiol*, 36, 1455-1460 (2000)
- Watanabe J, Kawabata J, Kurihara H, NiKi R. Isolation and identification of α -glucosidase inhibitors from tochucha (*Eucommia ulmoides*). *Biosci Biotech Biochem*, 61, 177-178 (1997)
- Yoon HN. Simultaneous gas chromatographic analysis of ethanol and acetic acid in vinegar. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 1247-1251 (1998)