

## *Acetobacter pasteurianus* SRCM60009로 발효한 딸기 식초의 품질특성 및 생리활성

임은정<sup>1</sup> · 조승화<sup>1</sup> · 강현진<sup>1</sup> · 박슬기<sup>1</sup> · 정도연<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>(재)발효미생물산업진흥원

### Quality characteristics and physiological activities of strawberry vinegars using *Acetobacter pasteurianus* SRCM60009

Eun Jung Yim<sup>1</sup>, Seung Wha Jo<sup>1</sup>, Hyeon Jin Kang<sup>1</sup>, Seul Ki Park<sup>1</sup>, and Do Youn Jeong<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Microbial Institute for Fermentation Industry

**Abstract** Strawberries fermented with *Acetobacter pasteurianus* SRCM60009 were prepared, and the quality characteristics and physiological activity were measured. As the fermentation period increased, viable cell counts increased, pH decreased, and total acidity increased from 1.09% to 4.20%. The organic acid content of strawberry through acetic acid fermentation was confirmed in the following order: acetic acid, succinic acid, citric acid, and lactic acid. Measurement of  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase inhibitory activities and angiotensin converting enzyme inhibitory activity showed significantly increased physiological activity owing to fermentation. The use of strawberry vinegar as a functional material was confirmed by measuring the anti-diabetic, anti-obesity, and anti-hypertensive physiological activities through acetic acid fermentation of strawberry. Thus, fermented strawberry vinegar can be used as a functional material in vinegar and other foods.

**Keywords:** strawberry, vinegar, acetic acid fermentation, *Acetobacter*

## 서 론

발효식품은 미생물의 대사작용에 의하여 다양한 유기물들과 2차 대사산물을 포함하고, 발효에 의한 독특한 풍미를 가지며 점차 저장식품으로서의 목적보다 기호식품으로서의 역할이 커지게 되었다(Mo 등, 2013).

식초는 오랜 역사를 지닌 전통발효식품이며, 강한 산성을 지닌 초산을 포함하여 다양한 유기산, 당류, 아미노산, 에스테르 등을 함유하고 있고, 조미료, 음료 뿐 아니라 보존료, 소독제 등 동서양 모두에서 다양한 용도로 이용되고 있다(Jeong과 Lee, 2000).

*Acetobacter*는 에탄올을 초산으로 산화시킬 수 있는 초산균으로, *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus*, *A. liquefaciens*, *A. xylinum* 그리고 *A. methanolicus* 등이 있으며(Cha 등, 1994), 이 중 현재 식품원료로 사용될 수 있는 초산균은 *A. aceti*, *A. pasteurianus* 2종이다(MFDS, 2021).

제조방법에 따라 효모와 초산균으로 인하여 전분이나 당과 함께 알코올에서 초산발효로 얻는 양조식초(발효식초)와 발효과정을 거치지 않고 빙초산을 물에 희석하여 만드는 합성식초 등이 있다. 합성식초는 발효를 거치지 않으므로 가격이 저렴하고 대량

생산이 용이하나 발효 식초가 가진 고유의 풍미가 없고, 유해물질의 혼입 가능성 등의 단점을 가지고 있다(Vogel 등, 2020). 원료에 따라 크게 곡물 식초와 과일 식초로 나뉘며, 동양에서는 현미 등을 이용한 곡물 식초를, 서양에서는 포도 등을 이용한 과일 식초를 주로 만들어왔다. 빙초산을 희석한 합성식초가 주를 이루었던 우리나라 식초 산업은 1969년대 후반에 사과식초가 출시되며 양조식초 산업이 급격히 성장하였고(Jeong과 Lee, 2000), 1990년대에는 100% 과실을 원료로 사용하는 감식초 등이 등장하여 천연 양조식초의 고급화 추세가 시작되었다(Jeong, 2009; Yoon, 1999). 최근에는 소비자들의 건강에 대한 관심도 및 지적 수준 향상으로 발효식품의 기능성이 큰 주목을 받고 있으며, 품질이 우수하고 안전성이 확보된 양조식초에 대한 소비자의 요구가 크게 높아지고 있다.

식초는 대표적인 알칼리성 식품으로 젖산분해에 따른 피로회복에 도움을 주고(Kim 등, 2013), 숙취 해소(Hong 등, 2012b), 심혈관계 질환 예방(Shin 등, 2017), 소화작용 도움(Vogel 등, 2020), 혈당 강하에 따른 당뇨병 예방(Cho, 2012), 체지방 감소 효과(Lee 등, 1999), 항산화 효과(Sakanakaand와 Ishihara, 2008), 항염증 효과(Park 등, 2014), 뼈 건강 개선(Lee 등, 2016) 등의 기능성이 연구를 통해 보고되고 있다. 또한 현미(Baek 등, 2013), 흑미(Ann 등, 2012), 보리(Kim 등, 1985) 등의 곡물 뿐 아니라 포도(Jeong 등, 1998), 감(Jeong 등, 1999), 사과(Seo 등, 2001), 복분자(Hong 등, 2012a), 배(OH, 1992) 등을 이용한 과일과 미나리(Park 등, 2014), 야콘(Lee 등, 2012), 쑥(Shin 등, 2017) 등의 채소를 이용한 다양한 식초에 대한 발효조건과 품질 및 생리활성이 보고되고 있다. 최근에는 식초가 지닌 특유의 강한 신맛과 향으로 인해 단순 조미식품으로만 이용되는 한계를 벗어나기 위하여 저장성이 짧

\*Corresponding author: Do Youn Jeong, Microbial Institute for Fermentation Industry(MIFI), Sunchang, Jeonbuk 56048, Republic of Korea

Tel: +82-63-650-2000

Fax: +82-63-653-9590

E-mai: jdy2534@korea.kr

Received September 17, 2021; revised November 15, 2021;

accepted November 17, 2021

거나 잉여량이 많은 과일을 활용하여 과일의 단맛과 상큼한 향을 지닌 음용가능한 과실식초 및 식초 음료에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

딸기(*Fragaria ananassa*)는 유기산과 당분이 풍부해 맛이 좋고, 비타민 C, 엽산, 미네랄과 같은 미량 영양소를 다량 함유하고 있어 피로 회복, 혈액 순환, 산화 방지 등의 효과도 뛰어나 기호도가 높은 과일이다(Kim 등, 2013). 그러나 딸기는 물리적 충격에 약하고 연화, 부패가 쉬워(Caner 등, 2008), 생과로 섭취하기 위해서는 수확 후 수 일 내에 유통되어야 하고 장기간 이용을 위해서는 냉동 저장 또는 잼, 주스, 젤리, 아이스크림 등으로 가공되고 있다(Lee 등, 2003b). 현재 국내에서는 딸기를 활용한 가공식품에 대한 연구와(Jung과 Kang, 2012; Lee 등, 1987), 딸기를 발효한 막걸리(Bae 등, 2016), 알코올 발효(Jang 등, 2010; Lee 등, 2003a), 초산 발효(Lee 등, 2003b)에 대한 연구가 일부 보고되어 있으나, 딸기를 발효하여 유익한 생리활성을 지닌 가공식품으로의 개발 및 이를 위한 연구는 많이 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고부가가치 딸기 식초를 개발하고 이를 다양한 식품에 활용하기 위해 식품 원료로 사용가능한 초산균인 *Acetobacter pasteurianus*를 종균으로 활용하여 발효한 딸기 식초의 품질특성 및  $\alpha$ -glucosidase 저해(AGI) 활성, pancreatic lipase 저해(PLI) 활성, angiotensin converting enzyme I (ACE) 저해활성의 생리활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에서 사용된 딸기즙은 전북 완주군에서 재배되어 착즙액으로 가공된 것으로 구매하였다. 그 외에 설탕, 발효주정 등의 부재료는 시중에서 구입하여 사용하였다.

### 발효균주의 선발

산업적으로 적용이 가능한 딸기 식초용 발효 균주를 선별하기 위하여, (재)발효미생물산업진흥원(Sunchang, Korea)에서 기보유 중인 *A. pasteurianus* 균주들 중에서 알코올 및 아황산 저항성을 지닌 균주들을 선발하여 사용하였다. 선발된 초산균은 멸균된 GYE 액체배지(5% glucose, 1% yeast extract, 5% ethanol)에 계대 배양하여 30°C에서 150 rpm으로 3일 동안 교반하며 전 배양하여 활성화시켜 발효균주로 사용하였다. 상기의 전처리 방법으로 딸기 착즙액을 121°C의 온도로 15분 동안 멸균한 후 발효주정 10% (v/v)를 첨가한 딸기 착즙액 배지에, 초산균 10% (v/v)을 접종하여 30°C, 150 rpm 조건으로 진탕배양하여 초산발효를 진행하였다. 균주별 발효액의 pH, 산도, 생균수를 측정하여 초산발효 특성을 확인하였다.

### 딸기식초의 제조

딸기 식초는 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 멸균된 딸기 착즙액 배지에 발효주정 10% (v/v)와 최종 선발된 초산균 배양액 10% (v/v)를 첨가하여 30°C, 150 rpm 조건으로 진탕배양하고 초산발효를 진행하였다. 제조된 딸기 식초는 발효기간별에 따른 변화를 확인하기 위하여 품질 특성 및 생리활성을 분석의 시료로 사용하였다.

### pH, 산도 및 생균수

pH 및 산도는 자동적정장치 T50 (Mettler-Tpledo GmbH, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 3번 반복하여 측정하였고, 총

산도는 시료 1 mL에 0.1 N NaOH (Samchun Chem., Seoul, Korea)를 첨가하여 pH 8.3에 도달할 때까지 소모된 양을 acetic acid로 환산하여 %로 표시하였다. 생균수를 측정하기 위하여 시료 1 mL를 취하여 9 mL 멸균수에 단계 희석한 다음, GYE 고체배지에 도말하였다. 30°C에서 3일 동안 배양한 다음 콜로니를 계수하여 측정하였다.

### 유기산 및 유리당

유기산과 유리당의 분석은 Shin 등(1997)의 방법을 변형하여 분석하였으며, 분석을 위한 glucose, fructose, maltose, citric acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid 표준품은 Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다. 딸기 식초 5 g에 증류수 45 mL를 가하여 1시간 동안 균질화 시킨 후 0.45  $\mu$ m membrane filter에 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 전처리된 시료 20  $\mu$ L를 refractive index detector (RID), diode array detector (DAD) (210 nm), Aminex HPX-87P column (300 $\times$ 7.8 mm)이 장착된 HPLC (Agilent 1200 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)에 5 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Samchun Chem.)을 이동상으로 사용하여 50°C에서 분당 유속 0.6 mL의 조건으로 동시 분석하였다.

### $\alpha$ -Glucosidase inhibition 활성

확립된 발효조건을 기반으로 제조된 딸기 식초의  $\alpha$ -glucosidase inhibition (AGI) 활성을 측정하였다. AGI 활성은 Watanabe 등(1997)의 방법을 변형하여 측정하였다. 딸기 식초 3 mL에 70% 에탄올을 첨가하여 20°C에서 10시간 추출 및 100 mL로 정용한 후 시료로 이용하였다.  $\alpha$ -Glucosidase (G3651-50UN, Sigma-Aldrich Co.)를 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.8) 용액에 녹여 효소액(0.5 unit/mL)로 조제하였고, 5 mM  $p$ -nitro-phenyl- $\alpha$ -glucopyranoside ( $p$ -NPG, N1377, Sigma-Aldrich Co.)도 동일한 buffer에 용해하여 기질용액으로 하였다. 시료 50  $\mu$ L에 0.5 unit/mL  $\alpha$ -glucosidase 효소액 50  $\mu$ L (in 0.1 M PBS, pH 6.8)를 혼합하여 37°C에서 10분 동안 반응시켰다. 3 mM  $p$ -NPG ( $p$ -nitro-phenyl- $\alpha$ -glucopyranoside, in 0.1 M PBS, pH 6.8) 100  $\mu$ L를 첨가한 후 37°C에서 10분간 반응시켰으며 0.1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (S2127, Sigma-Aldrich Co.) 100  $\mu$ L를 가하여 반응을 정지시켰다. 이때 생성된  $p$ -nitrophenol의 양을 분광광도계(elisa reader, Infinite 200 TECAN, Grodic, Austria)를 사용하여 흡광도 405 nm에서 측정하였고, 아래의 계산식으로 저해 활성을 평가하였다.

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

- A: Absorbance of the buffer without addition of the sample  
 B: Absorbance of the buffer without addition of the sample and enzyme  
 C: Absorbance of the sample or enzyme

### Pancreatic lipase inhibition 활성

Pancreatic lipase inhibition (PLI) 활성은 Jung 등(2012)의 방법을 변형하여 측정하였다. 딸기 식초 3 mL에 80% 메탄올을 이용하여 24시간 동안 실온에서 진탕 추출한 후 100 mL로 정용한 후 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  $\mu$ L를 넣고 tris buffer (100 mM tris-HCl, 5 mM CaCl<sub>2</sub>, pH 7.0)를 850  $\mu$ L 첨가하여 enzyme buffer를 준비하였다. Enzyme buffer에 시료 20  $\mu$ L를 첨가하여 37°C에서 15분간 반응시켰다. 반응 후 10 mM  $p$ -nitrophenyl butyrate (4-NPB, N9876, Sigma-Aldrich Co.) 20  $\mu$ L를 첨가하여 다시 37°C에서 15

분간 반응시켰다.  $\rho$ -nitrophenyl butyrate가  $\rho$ -nitrophenol로 가수분해된 정도를 분광광도계를 사용하여 흡광도 400 nm에서 측정하였다. Lipase 저해활성(%)은 다음과 같이 계산하였다.

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

- A: Absorbance without addition of the sample
- B: Absorbance of the sample
- C: Absorbance without addition of the enzyme

**Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibition 활성**

Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibition 활성은 Putri 등(2017)의 방법을 변형하여 측정하였다. ACE inhibition 활성을 확인하기 위하여 ACE inhibition kit (Dojindo Inc., Rockville, MD, USA)을 사용하였다. Enzyme working solution을 만들기 위하여 증류수를 kit의 enzyme B에 2 mL 주입하여 녹이고 enzyme A에 enzyme B를 1.5 mL에 주입했다. Indicator working solution을 제작하기 위하여 증류수를 각각 enzyme C, coenzyme Bottle에 3 mL씩 주입 후 녹여 indicator solution에 각각 2.8 mL씩 넣어 혼합하여 만들었다. 96 well plate에 protocol을 따라 blank 1과 2에는 증류수를 20  $\mu$ L, 딸기 식초를 각 농도별로 20  $\mu$ L씩 처리하였다. 모든 well에 20  $\mu$ L의 substrate buffer를 처리한 이후 blank2를 제외한 well에는 enzyme working solution을 20  $\mu$ L씩 처리하였고 blank2에는 증류수 20  $\mu$ L를 처리하였다. 37°C shaking incubator에서 60분간 반응 후 모든 well에 200  $\mu$ L의 indicator working solution을 처리하여 상온에서 10분간 반응시켜 450 nm의 흡광도에서 측정하였다. ACE 저해활성(%)은 다음과 같이 계산하였다.

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

- A: Absorbance without addition of the sample
- B: Absorbance of the sample

C: Absorbance without addition of the enzyme

**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±SD)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(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ).

**결과 및 고찰**

**발효균주의 선발**

식초 제조 시 원료의 특성과 발효에 관여하는 초산균에 따라서 초산 발효의 결과가 다르게 나타나므로 딸기 착즙액 발효에 가장 적합한 초산균을 선발하고자 하였다.

딸기 식초의 산업적 적용을 위하여 식초 제조 시 원료로 사용이 가능한 식품미생물인 *A. pasteurianus* 균주를 이용하여 딸기 식초를 제조하여 균주별 발효 특성을 조사하였다. (재)발효미생물산업진흥원에서 기보유 중인 12종의 *A. pasteurianus* 균주를 각각 접종하여 발효한 결과는 다음과 같다. 초산균 12종의 생균수를 약 5-6 log CFU/mL로 맞춰 접종한 다음, 초산균이 충분히 생육할 수 있도록 7일동안 발효하여 pH, 산도, 생균수를 측정하였다. 그 결과 발효 후 모든 구간에서 증가하여 산도는 2.64-7.44%, 생균수는 6.09-7.51 log CFU/mL의 값을 나타내었다(Table 1).

SRCM 1003222 균주는 발효 전 생균수가 가장 높았고, 발효 후 생균수도 다른 초산균들에 비하여 높은 편이었으나, 발효 후 산도는 가장 높지 않은 결과를 보여 초산균의 생균수에 따른 초산 생성량은 비례하지 않음을 알 수 있다. 이와 같이 유사한 발

**Table 1. Fermentation characteristics of Strawberry vinegar according to *Acetobacter* type**

<i>Acetobacter</i> strain <sup>1)</sup>	pH		Acidity (%)		Viable cell count (log CFU/mL)	
	Fermentation period (day)		Fermentation period (day)		Fermentation period (day)	
	0	7	0	7	0	7
Control <sup>2)</sup>	4.23±0.04 <sup>a3)4)</sup>	4.25±0.06 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>b</sup>	0.34±0.02 <sup>a</sup>	-	-
SRCM 101466	4.07±0.03 <sup>bc</sup>	3.55±0.06 <sup>cde</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	3.93±0.15 <sup>k</sup>	5.001±0.04 <sup>g</sup>	7.342±0.16 <sup>ab</sup>
SRCM 101469	4.06±0.05 <sup>bcd</sup>	3.55±0.07 <sup>cde</sup>	0.75±0.02 <sup>a</sup>	4.28±0.06 <sup>h</sup>	5.485±0.02 <sup>de</sup>	6.668±0.10 <sup>f</sup>
SRCM 101474	4.05±0.06 <sup>bcd</sup>	3.49±0.01 <sup>ef</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>	5.58±0.03 <sup>g</sup>	6.114±0.01 <sup>b</sup>	6.747±0.03 <sup>ef</sup>
SRCM 101475	4.00±0.02 <sup>d</sup>	3.44±0.00 <sup>fg</sup>	0.76±0.01 <sup>a</sup>	6.34±0.01 <sup>d</sup>	5.202±0.00 <sup>fg</sup>	7.095±0.05 <sup>bcd</sup>
SRCM 101476	4.02±0.02 <sup>cd</sup>	3.59±0.02 <sup>c</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>	3.39±0.10 <sup>b</sup>	5.438±0.18 <sup>ef</sup>	6.975±0.20 <sup>cde</sup>
SRCM 101481	4.04±0.03 <sup>bcd</sup>	3.66±0.06 <sup>bd</sup>	0.75±0.02 <sup>a</sup>	2.64±0.20 <sup>j</sup>	5.487±0.07 <sup>de</sup>	6.942±0.20 <sup>def</sup>
SRCM 102382	4.06±0.02 <sup>bcd</sup>	3.50±0.06 <sup>def</sup>	0.75±0.02 <sup>a</sup>	5.27±0.17 <sup>j</sup>	5.740±0.21 <sup>cd</sup>	6.100±0.05 <sup>g</sup>
SRCM 102408	4.09±0.01 <sup>b</sup>	3.57±0.03 <sup>c</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>	3.76±0.29 <sup>e</sup>	5.047±0.19 <sup>g</sup>	6.162±0.29 <sup>bc</sup>
SRCM 102419	4.02±0.03 <sup>cd</sup>	3.49±0.01 <sup>ef</sup>	0.76±0.03 <sup>a</sup>	5.41±0.05 <sup>h</sup>	6.152±0.16 <sup>b</sup>	7.235±0.19 <sup>a</sup>
SRCM 103188	4.03±0.04 <sup>bcd</sup>	3.46±0.03 <sup>f</sup>	0.77±0.02 <sup>a</sup>	5.84±0.05 <sup>de</sup>	5.699±0.24 <sup>cd</sup>	7.516±0.10 <sup>bcd</sup>
SRCM 103222	4.04±0.04 <sup>bcd</sup>	3.49±0.01 <sup>ef</sup>	0.76±0.02 <sup>a</sup>	5.01±0.20 <sup>c</sup>	6.540±0.13 <sup>a</sup>	7.075±0.05 <sup>ef</sup>
SRCM 60009	4.03±0.03 <sup>bcd</sup>	3.38±0.02 <sup>g</sup>	0.77±0.03 <sup>a</sup>	7.44±0.03 <sup>f</sup>	5.867±0.13 <sup>c</sup>	6.792±0.18 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup>All acetobacter strains are *Acetobacter pasteurianus*.

<sup>2)</sup>Control does not inoculate the strain.

<sup>3)</sup>Different capital letters (a, b, c, etc) in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ( $p < 0.05$ ).

<sup>4)</sup>Value are mean±SD (n=3).

**Table 2.** Fermentation characteristics of Strawberry vinegar according to fermentation period

Fermentation period (day)		pH	Acidity (%)	Viable cell count (log CFU/mL)
0	control <sup>1)</sup>	3.71±0.02 <sup>a3)4)</sup>	1.05±0.04 <sup>a</sup>	-
	sample <sup>2)</sup>	3.70±0.03 <sup>A5)</sup>	1.09±0.01 <sup>D</sup>	6.36±0.01 <sup>C</sup>
3	control	3.72±0.02 <sup>a</sup>	1.10±0.02 <sup>a</sup>	-
	sample	3.31±0.01 <sup>B**6)</sup>	2.34±0.06 <sup>C**</sup>	7.82±0.03 <sup>B</sup>
6	control	3.70±0.02 <sup>a</sup>	1.11±0.03 <sup>a</sup>	-
	sample	3.01±0.01 <sup>C***</sup>	3.62±0.01 <sup>B**</sup>	8.16±0.02 <sup>A</sup>
9	control	3.74±0.02 <sup>a</sup>	1.09±0.05 <sup>a</sup>	-
	sample	2.86±0.03 <sup>D***</sup>	4.20±0.29 <sup>A**</sup>	8.11±0.01 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>Non-inoculated with acetic acid bacteria

<sup>2)</sup>Inoculated with acetic acid bacteria

<sup>3)</sup>Value are mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Different small letters (a, b, c, etc) in the control group indicate a significant difference according to fermentation period ( $p<0.05$ ).

<sup>5)</sup>Different capital letters (A, B, C, etc) in the sample group indicate a significant difference according to fermentation period ( $p<0.05$ ).

<sup>6)</sup>Significant differences were compared with the control at  $***p<0.001$  in the same column by Levene's t-test.

효조건에서 발효 균주에 따라 발효 후 산도가 다른 이유는, 같은 종의 초산균이라 할지라도 각각의 균이 가진 발효 특성에 따른 차이로 추측되었다. Yoon (1998)은 발효 방법보다는 발효에 관여하는 초산균에 의해 산도 증감에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고하였으며, 종균을 사용하는 초산발효는 자연발효에 비해 초산 생성 빠르고, 품질 균일성을 유지하기가 용이하기 때문에(Lee와 Kim, 2009) 발효식초의 품질 향상을 위해서는 우수한 초산균의 발굴이 필요하다. SRCM 101481 균주로 발효 후 산도가 2.64%로 가장 낮았고, SRCM 60009 균주로 발효 후 산도가 7.44%로 가장 높은 결과를 보여 *A. pasteurianus* SRCM 60009 균주가 딸기 식초용 발효균주로 최종 선별되었다.

### 딸기 식초의 품질특성

선발된 초산균을 사용하여 제조된 딸기 식초의 기간별 품질 특성 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. pH 경우 초기 3.70에서 발효 3일 3.31, 발효 6일 3.01, 발효 9일에 2.86으로 감소하였다. 이에 따른 산도의 변화는 발효 3일 2.34%, 발효 6일 3.62%, 발효 9일에 4.20%로 증가하는 경향을 보였다. 생균수의 경우 발효 0일 6.36 log CFU/mL에서 발효 3일 7.82 log CFU/mL로 증가하였고 5일차에는 8.16 log CFU/mL로 유지되다가 9일차에는 8.11 log CFU/mL로 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 Lee 등(2003b)의 다양한 발효 조건에서 딸기 식초를 제조한 결과 발효 8일차에 산도가 최대 4.30%까지 증가하였다는 결과와 다소 일치하는 경향을 나타내었다.

### 유리당 및 유기산

딸기는 유기산 중 citric acid과 malic acid를 다량 함유하고 있고, 그 외에 tartaric acid, succinic acid 및 oxalic acid로 구성되어 있다고 알려져 있다(Holcroft와 Kader, 1999).

상기의 확립된 발효방법으로 딸기발효 식초를 제조하고 유리당 및 유기산의 함량을 측정된 결과, 딸기 식초는 발효가 진행됨에 따라 당의 함량이 감소하는 결과를 보였다(Table 3). 발효 0일차에는 유리당 중 fructose의 농도가 가장 높았고, maltose, glucose, fructose의 농도가 발효 0일차에 6,377, 302, 11,389 ppm에서 발효 9일차에 136, 8, 206 ppm으로 발효가 진행됨에 따라 그 함량이 30-50배 정도 감소하는 것을 확인하였으며, 이는 초산

균의 생육과 산의 생성에 당이 이용되어 잔당 함량이 감소하였을 것으로 사료된다.

Acetic acid를 비롯한 유기산은 산미와 지미를 형성할 뿐만 아니라 TCA회로를 활성화하여 젖산 분해촉진을 통한 피로회복 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Nakanc, 1988). 딸기착즙액은 발효가 진행됨에 따라 전반적인 유기산의 함량이 증가하였으며, 식초의 주성분인 acetic acid는 발효 0일차에 1,925 ppm에서 발효 후 26,109 ppm까지 증가하여, 초산균이 딸기 배지의 알코올을 초산발효에 이용하여 acetic acid를 생성함을 알 수 있었다. Citric acid 역시 발효 0일차에 비하여 발효 9일차에 그 함량이 크게 증가하는 경향을 보였고, succinic acid와 lactic acid도 증가하였는데, Lee 등(1999)은 acetic acid 외의 citric acid, malic acid 및 succinic acid과 같은 유기산들이 발효에 의해 증가하는 이유를 원료에 존재하던 성분이 발효 중 부산물로 생성되었기 때문으로 추측하였다.

### $\alpha$ -Glucosidase inhibition 활성

$\alpha$ -Glucosidase는 당질대사에 관여하는 효소이며,  $\alpha$ -amylase에 의해 분해된 당질을 최종적으로 단당류인 포도당으로 전환시키는 효소이므로,  $\alpha$ -glucosidase 활성을 저해시킴으로써 당질의 가수분해를 방해하고 포도당의 흡수 과정을 지연시켜 식후 혈당 농도를 조절할 수 있으며(Shinde 등, 2008), 제 2형 당뇨와 같은 당질 관련 질병을 위한 치료제 개발에도 활용될 수 있다고 알려져 있다(Baron, 1998).

딸기 식초를 5, 25, 50, 100배 희석하여 AGI 활성을 측정할 결과 희석배수의존적으로 증가하는 활성을 보였으며, 25배 희석 시에 65.13%의 활성을 보였다(Fig. 1). 이는 발효하지 않은 대조구의 활성인 55.18%에 비하여 유의적으로 높았으며, 발효하지 않은 흑미보다 발효된 흑미 식초에서 AGI 활성이 유의적으로 높았던 Kim (2017)의 보고와도 유사한 결과를 보였다. 이는 식초가 발효되며 초산균 대사과정을 통한 생리전환으로 인해 다양한 대사산물이 생성되어, 딸기 식초가 딸기 착즙액 보다 혈당 강하 능력에 도움을 줄 것으로 보여지며, 정확한 전환에 대해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### Pancreatic lipase inhibition 활성

**Table 3.** Free sugars and organic acids contents of strawberry vinegar according to fermentation period (unit: ppm)

Fermentation period (day)		Free sugars			
		Maltose	Glucose	Fructose	
0	control <sup>1)</sup>	6376.23±9.53 <sup>3)4)</sup>	303.83±2.75 <sup>a</sup>	11389.00±4.00 <sup>a</sup>	
	sample <sup>2)</sup>	6377.67±4.65 <sup>A5)</sup>	302.50±0.50 <sup>A</sup>	11389.00±4.00 <sup>A</sup>	
3	control	6379.70±5.26 <sup>a</sup>	308.17±5.01 <sup>a</sup>	11393.00±15.13 <sup>a</sup>	
	sample	2097.50±4.50 <sup>B***6)</sup>	101.50±0.50 <sup>B***</sup>	5057.50±53.50 <sup>B***</sup>	
6	control	6378.63±4.20 <sup>a</sup>	305.00±8.89 <sup>a</sup>	11397.33±11.15 <sup>a</sup>	
	sample	1001.03±0.06 <sup>C***</sup>	46.50±8.50 <sup>C***</sup>	1991.00±10.00 <sup>C***</sup>	
9	control	6380.90±8.92 <sup>a</sup>	301.17±1.89 <sup>a</sup>	11395.67±18.15 <sup>a</sup>	
	sample	136.00±5.00 <sup>D***</sup>	8.07±0.35 <sup>D***</sup>	206.50±5.50 <sup>D***</sup>	
Fermentation period (day)		Organic acids			
		Citric acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid
0	control	902.33±2.52 <sup>a</sup>	2355.67±10.07 <sup>a</sup>	3809.33±27.93 <sup>a</sup>	1930.67±22.03 <sup>a</sup>
	sample	904.00±1.00 <sup>D</sup>	2345.33±35.57 <sup>D</sup>	3817.33±49.37 <sup>C</sup>	1925.67±13.61 <sup>D</sup>
3	control	907.67±2.08 <sup>a</sup>	2353.67±21.78 <sup>a</sup>	3857.67±9.61 <sup>a</sup>	1926.00±19.29 <sup>a</sup>
	sample	8984.00±8.00 <sup>C***</sup>	10777.50±635.50 <sup>C***</sup>	11537.00±125.00 <sup>A***</sup>	18933.50±189.50 <sup>C***</sup>
6	control	903.67±2.31 <sup>a</sup>	2360.33±13.61 <sup>a</sup>	3829.33±48.17 <sup>a</sup>	1953.33±29.69 <sup>a</sup>
	sample	18823.00±79.00 <sup>B***</sup>	20629.00±485.00 <sup>B***</sup>	2022.00±23.00 <sup>D***</sup>	24538.43±66.50 <sup>B***</sup>
9	control	904.00±1.00 <sup>a</sup>	2364.67±26.65 <sup>a</sup>	3802.67±28.29 <sup>a</sup>	1963.67±7.77 <sup>a</sup>
	sample	21347.00±205.00 <sup>A***</sup>	24082.00±80.00 <sup>A***</sup>	5592.00±10.00 <sup>B***</sup>	26109.00±105.00 <sup>A***</sup>

<sup>1)</sup>Non-inoculated with acetic acid bacteria

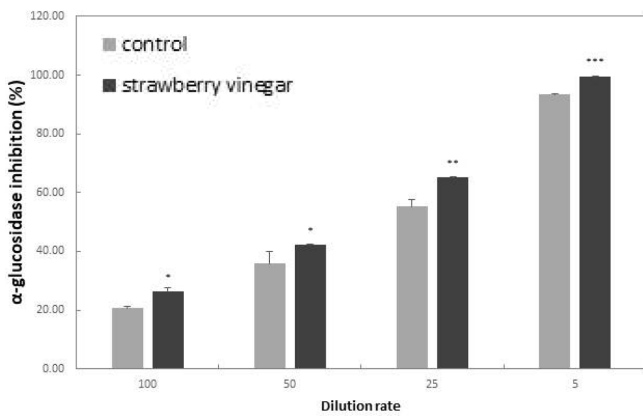
<sup>2)</sup>Inoculated with acetic acid bacteria

<sup>3)</sup>Value are mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Different small letters (a, b, c, etc) in the control group indicate a significant difference according to fermentation period ( $p<0.05$ ).

<sup>5)</sup>Different capital letters (A, B, C, etc) in the sample group indicate a significant difference according to fermentation period ( $p<0.05$ ).

<sup>6)</sup>Significant differences were compared with the control at  $***p<0.001$  in the same column by Levene's t-test.



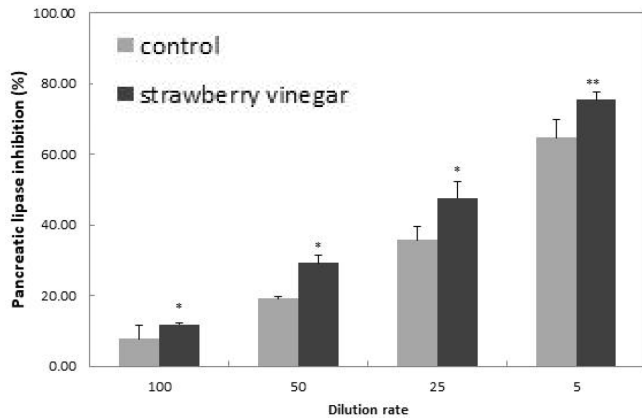
**Fig. 1.**  $\alpha$ -Glucosidase inhibition (AGI) activity of strawberry vinegar. \*Significant differences were compared with the control at  $*p<0.05$ ,  $**p<0.01$  and  $***p<0.001$  in the same row by Levene's t-test. Acarbose is well-known as positive control in assay (Acarbose IC<sub>50</sub>: 1.85±0.33 mg/mL).

Pancreatic lipase는 중성지방을 분해하는 효소로 triglyceride의 에스테르 결합을 가수분해 시켜 glycerol과 fatty acid로 분해한다. 섭취된 지방은 lipase에 의해 monoglyceride와 fatty acid로 분해된 후 흡수되며 triglyceride로 재합성되어 간장, 지방조직, 근육 등에서 사용된다. 재합성 후 신체에서 사용되고 남은 triglyceride는 각

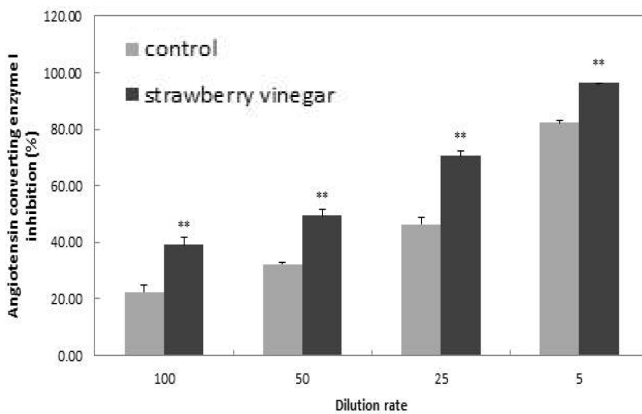
조직에 축적되는데, 효소의 활성이 과도하면 지방 축적이 높아져 비만을 초래할 수 있기 때문에 지방흡수의 중요한 역할을 하는 lipase의 활성을 저해함으로써 지방의 축적을 막을 수 있다(Kwon 등, 2014). 항비만 효과를 판단하기 위해서 딸기 식초에 대한 pancreatic lipase를 이용한 실험을 수행한 결과 희석배수의존적으로 저해 활성이 높아지는 결과를 보였다(Fig. 2). 25배 희석 시 딸기식초는 47.59%, 대조구는 35.79%의 중성지방 분해 효소 저해활성을 보였고, 5배 희석 시 딸기식초는 75.40%, 대조구는 35.79%의 활성을 보여 딸기 식초가 대조구에 비하여 유의적으로 더 높은 활성을 나타내는 것을 확인하였으며, 이는 당근 주스보다 당근 식초의 pancreatic lipase 저해활성이 더 높았다는 Kim 등 (2018)의 보고와 같이 발효에 의해 생성된 대사산물이 유효성분으로 작용하고, 발효에 의해 전환된 물질을 통해 pancreatic lipase 저해활성이 더 증가한 것으로 판단된다. Orlistat는 현재 비만치료제로 사용되고 있으나, 복부팽만감, 위장장애, 담즙분비 장애 등의 부작용등이 문제가 되고 있으며(Drent 등, 1995), 딸기 식초는 부작용이 없는 항비만 소재로의 활용이 가능할 것으로 사료된다.

**Angiotensin converting enzyme inhibition 활성**

Angiotensin converting enzyme은 고혈압의 원인이 되는 효소로서, retin에 의해 생성된 angiotensin I로부터 C-말단 dipeptide (His-Lue)를 가수분해 시킴으로써 강력한 혈관 수축작용을 나타내는 angiotensin II를 생성한다고 알려져 있다(Maruyama 등, 1985). 이러한 ACE의 작용이 계속 될 경우 혈압을 상승시키므로



**Fig. 2. Pancreatic lipase inhibition (PLI) activity of strawberry vinegar.** \*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. Orlistat is well-known as positive control in assay (Orlistat  $IC_{50}$ :  $1.33\pm 0.25$   $\mu\text{g/mL}$ ).



**Fig. 3. Angiotensin converting enzyme I (ACE) inhibition activity of strawberry vinegar.** \*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. Captopril is well-known as positive control in assay (Captopril  $IC_{50}$ :  $42.61$   $\text{ng/mL}$ ).

ACE의 작용을 억제하기 위한 다양한 식품 소재에 대한 연구가 진행되어지고 있다(Cho 등, 2008).

딸기 식초가 지닌 항고혈압 활성을 판단하기 위해 angiotensin 전환효소를 이용한 실험을 수행한 결과, 희석배수에 따라 저해 활성이 높아지는 결과를 보였다(Fig. 3). 25배 희석 시 딸기식초는 70.58%, 대조구는 46.40%의 angiotensin 전환효소 억제활성을 보였고, 50배 희석 시 딸기 식초는 49.42%, 대조구는 32.31%의 활성을 보여 동일 농도에서 딸기 식초가 대조구에 비하여 유의적으로 높은 활성을 나타내는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 ACE 저해활성이 원료의 발효에 의해 더 높아지는 것을 의미하며, 그 이유는 Kim 등(2013)의 보고와 같이 발효에 관여하는 미생물이 생산하는 효소 등으로부터 ACE 저해 활성물질들이 유래하는 것으로 추정되지만, 딸기 식초의 ACE 저해 활성에 대하여 보다 정확한 원인규명을 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서 딸기 식초는 일상생활에서 편하게 섭취가 가능한 발효식품으로 혈압 강하 능력에 도움을 주며, 항고혈압 소재로서도 이용가능성이 높을 것으로 판단되었다.

## 요 약

고부가가치 딸기 식초를 개발하고 이를 다양한 식품에 활용하기 위해 딸기 발효에 적합한 초산균을 선별하여 딸기 식초를 제조하고 품질 특성 및 생리활성을 분석하였다. *A. pasteurianus* 균주를 이용하여 딸기 식초를 제조하여 균주별 발효 특성을 조사한 결과 SRCM 60009 균주로 발효 후 산도가 가장 높은 결과를 보여 *A. pasteurianus* SRCM 60009 균주가 딸기 식초용 발효균주로 최종 선별되었다. SRCM 60009 균주로 제조한 딸기 발효식초의 품질특성은 발효 9일차에 pH 2.86, 산도 4.20%, 생균수 8.56 log CFU/mL를 나타내었다. 발효기간에 따라 딸기 식초의 유리당은 감소하는 경향을 보였고, 유기산은 증가하는 경향을 나타내었다. 딸기 식초의 생리활성은  $\alpha$ -glucosidase 저해(AGI) 활성, pancreatic lipase 저해(PLI) 활성, angiotensin converting enzyme I (ACE) 저해활성을 분석하였다. 딸기 식초는 65.13%의 AGI 활성을 보였으나, 딸기 착즙액을 발효하지 않은 대조구에서는 55.18%의 활성을 나타내었다. PLI 활성을 확인한 결과 딸기 식초는 75.40%, 대조구는 35.79%의 활성을 보였고, ACE 저해 활성은 딸기식초는 70.58%, 대조구는 46.40%의 활성을 보였으며, 그 결과는 모두 유의차가 있는 것으로 확인되었다. 이와 같이 딸기를 발효하여 식초로 이용함으로써 딸기를 발효하지 않고 섭취하는 것에 보다 다양한 기능성을 확인할 수 있었으며 동시에 전통 발효 식품인 식초에 딸기의 맛과 향이 더해진 딸기 식초를 제조하였다. 이를 토대로 향후 다양한 소비자들의 기호를 충족시킬 수 있는 발효식초 및 발효식초를 활용한 응용제품의 개발이 필요하며, 이에 따른 추가적인 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 지역전략식품산업육성사업(2020-01)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Ann YG, Oh MH, Lee BY. Vinegar produced from *Chrysanthemum zawadskii* and pearl shell. Korean J. Food Nutr. 25: 90-98 (2012)
- Bae SM, Han SM, Choi JM, Lee JS, Kim HK. Manufacturing of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, Supplemented with strawberry and its physicochemical and microbial properties during fermentation. Kor. J. Mycol. 44: 307-313 (2016)
- Bae IY, Shin HK, Yang CB. Studies on the inhibitory activity of angiotensin I converting enzyme of various vegetables. J. Life Sci. 17: 5-15 (1999)
- Baek CH, Jeong DH, Baek SY, Choi JH, Park HY, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Kwon JH, Yeo SH. Quality characteristics of farm-made brown rice vinegar via traditional static fermentation. Korean J. Food Preserv. 20: 564-572 (2013)
- Baron AD. Postprandial hyperglycemia and  $\alpha$ -glucosidase inhibitors. Diabetes Res. Clin. Pr. 40: 51-55 (1998)
- Caner C, Aday MS, Demir M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. Eur. Food Res. Technol. 227: 1575-1583 (2008)
- Cha YJ, Park KJ, Kim DK, Chun HS, Lee BK, Kim KH, Lee SY, Kim SJ. Isolation and characterization of cellulose producing *Acetobacter xylinum* K1 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. 36: 388-389 (2012)
- Cho EK, Song HJ, Cho HE, Kim MH, Choi IS, Choi YJ. Inhibitory effects of ethanol extracts from pine buds (*Pinus densiflora*) on angiotensin converting enzyme, xanthine oxidase and nitric oxide

- synthesis. *J. Life Sci.* 19: 1629-1636 (2009)
- Drent ML, Larsson I, Olsson TW, Quaade F, Czubyko K, Bergman KV, Strobel W, Sjoström 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)
- Holcroft, DM, Kader AA. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 17:19-32 (1999)
- 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)
- Jang JH, Na KC, Kim WS, Lee JS. Manufacture and characteristics of functional drink using pear-strawberry fermentative concentrates from fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* C-2. *Kor. J. Mycol.* 38: 189-191 (2010)
- Jeong YJ, Lee MH, Seo KI, Kim JN, Lee YS. The quality comparison of grape vinegar by two stages fermentation with traditional grape vinegar. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 8: 462-468 (1998)
- Jeong YJ, Lee MH. A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind. Nutr.* 5: 7-12 (2000)
- Jeong YJ, Seo JH, Park NY, Shin SR, Kim KS. Changes in the components of persimmon vinegars by two stages fermentation (I). *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 228-232 (1999)
- Jeong YJ. Current trends and future prospects in the Korean vinegar industry. *Food Sci. Ind.* 42: 52-59 (2009)
- Jung NJ, Kang YH. Comparison of the physicochemical quality characteristics of strawberry jams by processing methods. *Korean J. Food Preserv.* 19: 337-343 (2012)
- Jung SA, Kim KBWR, Kim DH, Cho JY, Kim TW, Ahn DH. Lipase inhibitory mode of dieckol isolated from *Eisenia bicyclis* ethanol extract. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 41: 112-118 (2012)
- 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)
- Kim JI, Han DW, Yun JA, Beak HJ, Lim SW. Pancreatic lipase inhibitory activity and antioxidant activity of carrot vinegar. *Korean Soc. Biotech. Bioeng. J.* 33: 104-109 (2018)
- Kim YH, Joo JI, Lee BC, Kim HH, Lee JS. Screen of a novel yeast for brewing of Gugija leaf *Makgeolli* and optimal alcohol fermentation condition. *Kor. J. Mycol.* 41:167-71 (2013)
- Kim JS, Kang EJ, Chang YE, Lee JH, Kim GG, Kim KM. Characteristics of strawberry jam containing strawberry puree. *Korean J. Food Cook. Sci.* 29: 725-731 (2013)
- Kim HJ, Park SH, Park CH. Studies on the production of vinegar from barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 350-354 (1985)
- Kim JH. Quality characteristics and physiological activities of black rice vinegar. Master thesis, Suncheon National University, Suncheon-si, Jeollanam-do, Republic of Korea (2017)
- Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverages including vinegar. *Food Ind. Nutr.* 5:18-24 (2000)
- Lee JH, Chang KS, Yoon HK. Studies on color and rheological properties in strawberry jam. *Res. Rep. Agri. Sci. Tech.* 14: 134-143 (1987)
- Lee MK, Choi SR, Lee J, Choi YH, Lee JH, Park KU, Kwon SH, Seo KI. Quality Characteristics and Anti-Diabetic Effect of Yacon Vinegar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 79-86 (2012)
- Lee YC, Jang OY, Kim HW, Choi CU, Yoon SK. Physicochemical characteristics of traditional vinegars in Andong province. *Korean J. Dietary culture.* 14: 17-20 (1999)
- 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)
- Lee JM, Kim SK, Lee GD. Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 679-683 (2003a)
- Lee KD, Kim SK, Lee JM. Optimization of the acetic acid fermentation condition for preparation of strawberry vinegar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 812-817 (2003b)
- 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 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)
- Maruyama S, Nakagomi K, Tomizuka N, Suzuki H. Angiotensin converting enzyme inhibitor derived from an enzymatic hydrolyzate of casein. *Agric. Biol. Chem.* 49: 1405-1410 (1985)
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2021 Korea food safety. Available from: [https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefood-life/foodMaterial/foodMaterialDB.do?menu\\_grp=MENU\\_NEW04&menu\\_no=2968](https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefood-life/foodMaterial/foodMaterialDB.do?menu_grp=MENU_NEW04&menu_no=2968). Accessed Nov. 11, 2021.
- 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)
- Nakane 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)
- OH YJ. A study on cultural conditions for acetic acid production employing Pear Juice. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 377-380 (1992)
- 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 Sci.* 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)
- Seo JH, Lee GD, Jeong YJ. Optimization of the vinegar fermentation using concentrated apple juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 460-465 (2001)
- 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)
- Shinde J, Taldone T, Barletta M, Kunaparaju N, Hu B, Kumar S, Placido J, William ZS.  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of *Syzygium cumini* (Linn.) skeels seed kernel *in vitro* and in Goto-Kakizaki (GK) rats. *Carbohydr. Res.* 343: 1278-1281 (2008)
- Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim MS, An EY. Effect of red pepper varieties on the microflora, enzyme activities and taste components of traditional *Kochujang* during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 1050-1057 (1997)
- 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  $\alpha$ -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)
- Yoon HN. Chemical characterization of commercial vinegars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1440-1446 (1999)