종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 품질 특성

장소원¹ · 전현일¹ · 오현화¹ · 정도연² · 송근섭¹

¹전북대학교 식품공학과

²(재)발효미생물산업진흥원

Quality Characteristics of Aronia Vinegar Imparted by Varying Concentrations of Seed Vinegar

Sowon Jang¹, Hyun-Il Jun¹, HyeonHwa Oh¹, Do-Youn Jeong², and Geun-Seoup Song¹

¹Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University

²Microbial Institute for Fermentation Industry (MIFI)

ABSTRACT The study investigated the effects of seed vinegar on the quality and functional characteristics of aronia vinegar (AV). Of the five acetic acid bacteria provided by the Microbial Institute for Fermentation Industry, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101479 showed highest total acidity, and was selected for the production of AVs. Sugar content, pH, total acidity, acetic acid content, and total phenolic content (TPC) in AVs were determined to be 17.90~18.45°Brix, 2.56~4.02, 0.11~5.24%, 27.76~4,188.37 mg%, and 44.38~59.19 mg%, respectively. Addition of seed vinegar resulted in increased sugar content, total acidity, and acetic acid content of AVs, whereas the pH and TPC were decreased. Comparing the characteristics of all AVs produced, the control group showed the highest Trolox equivalent antioxidant capacity values for DPPH radical assay, ABTS radical assay, oxygen radical absorbance capacity, and cupric reducing antioxidant capacity, whereas the 30% seed vinegar group showed highest orlistat equivalent antiobesity capacity and clear zone diameter values for antimicrobial activity. These results indicate that AVs have the potential to be applied as functional foods for enhancing health.

Key words: aronia vinegar, total phenolic content, antioxidant activities, lipase inhibition activity, antimicrobial activity

서 론

최근 식생활과 생활방식의 급격한 변화로 인하여 당뇨, 비만, 고지혈증 등과 같은 다양한 성인병들의 발병률이 증가하면서 성인병 유발 지연에 도움이 되는 자연 유래 기능성 식품에 관한 관심이 증가하고 있다(Park 등, 2017). 장미과에 속하는 베리류인 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 유기산과 폴리페놀 화합물, 플라보노이드, 안토시아닌 등의 기능성 성분을 많이 함유하고 있어 항산화, 항염증, 항당뇨, 항비만, 항균 등의 효과가 알려지면서 2010년 이후부터 전국적으로 재배가 증가하였다(Park과 Kim, 2018; Choi 등, 2015). 아로니아 재배 초창기에는 아로니아의 기능성 및 희귀성으로 인하여 아로니아 특유의 신맛과 짙은맛으로 인한 관능성 부족에도 불구하고 아로니아를 활용한 분말이나 착

즙액 등이 고가의 가공제품으로 판매되었다(Jeon 등, 2018). 하지만 현재에는 전국적으로 재배 및 생산됨에 따라 판매의 어려움을 극복하고자 분말을 이용한 빵이나 착즙액을 활용한 식초 제조와 같이 관능성을 보완하는 연구가 진행되어 왔다(Hwang과 Thi, 2020; Eom 등, 2019).

식초는 유기산, 유리당, 아미노산, 에스테르 및 기능성 성분을 포함하는 발효식품일 뿐만 아니라 원료에 따라 음식에 다양한 향미를 제공하기에 오랫동안 사람들이 사용한 조미용 식품 중 하나이다(Kim 등, 2020). 식품공전에 의하면 조미식품 중에서 식초는 빙초산 또는 초산을 먹는 물로 희석하여 제조한 희석식초와 곡류, 과일류, 주류 등의 주원료에 초산균을 접종하여 제조한 발효식초로 분류되는데, 이들의 총산 함량이 4% 이상(단, 감식초는 2.6% 이상)을 함유해야 한다고 규정하고 있다(MFDS, 2014). 과일식초는 과일 자체적으로 함유한 다양한 유기산과 페놀성 화합물은 물론 초산 발효 과정 중에 생성되는 초산이 지방 세포 분화 및 지질 축적을 저해하는 항비만 활성이 있다고 알려져 있다(Lee 등, 2013; Budak 등, 2014; Lee와 Park, 2017). 과거에는 생산 기간이 짧고 가격이 저렴한 희석식초가 많이 이용되었으나, 최근에는 식초의 고급화 전략으로 인해 참외, 천도복숭아, 꾸지뽕, 보리수 등의 기능성이 알려진 천연 식품소재

Received 16 Dec 2020; Revised 16 Mar 2021; Accepted 1 Apr 2021
Corresponding author: Geun-Seoup Song, Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, 567, Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeonbuk 54896, Korea, E-mail: songgs@jbnu.ac.kr

Author information: Sowon Jang (Graduate student), Hyun-Il Jun (Researcher), HyeonHwa Oh (Researcher), Geun-Seoup Song (Professor)

인 과실을 활용하여 식초를 제조하는 추세이다(Jung 등, 2019; Jung 등, 2018; Lee 등, 2019; Cho 등, 2018). 발효 식초는 일반적으로 품질 균일성과 식품 안전성을 위하여 발효 특성이 검증된 종초(seed vinegar)를 첨가하여 발효하여 제조하는데, 아직 아로니아 식초의 경우에는 종초가 첨가된 식초의 품질 특성 및 기능성에 미치는 영향에 관한 연구가 미흡한 실정이다(Lee 등, 2017).

따라서 본 연구에서는 아로니아 식초 제조의 기초 자료로 활용하고자 아로니아 식초 제조에 적합한 종초의 첨가량을 달리하여 제조한 아로니아 식초의 품질 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료, 균주 및 시약

본 연구에 사용된 균주는 초산균(*Acetobacter pasteurianus*) 5종(SRCM 101472, SRCM 101473, SRCM 101479, SRCM 101480, SRCM 101486)을 (재)발효미생물산업진흥원(Microbial Institute for Fermentation Industry(MIFI), Sunchang, Korea)에서 분양받아 사용하였다. 한편, 항균 활성에 사용된 식중독 유발 세균은 그람양성(*Bacillus cereus* KACC 13064, *Staphylococcus aureus* KACC 1927) 2종과 그람음성(*Escherichia coli* KACC 10115) 1종을 한국농업미생물자원센터(Korean Agricultural Culture Collection (KACC), Jeonju, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

균주를 배양하기 위한 배지 조성 성분인 yeast extract, agar는 BD사(Becton, Dickinson & Co., Franklin Lakes, NJ, USA), glucose는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA), 에탄올은 삼전(Pyeongtaek, Korea)으로부터 구입하여 사용하였다. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylenbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride(AAPH), fluorescein, neocuproine, cupric chloride, 3-morpholinopropane-1-sulfonic acid(MOPS), porcine pancreatic lipase, ascorbic acid, Trolox, gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, dimethyl sulfoxide(DMSO), ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate(EDTA) 등은 Sigma-Aldrich Co., nutrient broth(NB), nutrient agar(NA) 등은 BD사에서 구입하였다. Pancreatic lipase inhibition activity의 표준물질로 사용한 orlistat는 Sigma-Aldrich Co. 제품을 사용하였으며 그 밖의 시약들은 analytical 및 HPLC grade를 사용하였다.

아로니아 식초 제조를 위한 초산균 선정

16°Brix 아로니아 착즙액에 주정을 첨가하여 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액을 제조하였다. 초산균(*A. pasteurianus* SRCM 101472, SRCM 101473, SRCM 101479, SRCM 101480, SRCM 101486) 5종의 전배양액은 GYE

agar(1% yeast extract, 5% glucose, 2.5% agar)에서 활성화한 후에 GYE broth(1% yeast extract, 5% glucose, 3% ethanol) 10 mL에 초산균 1 백금이를 접종하여 진탕배양(30°C, 120 rpm, 3일)하였다. 전배양액 1 mL를 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액 100 mL에 접종하여 진탕배양(30°C, 120 rpm, 20일)하면서 5일 간격으로 샘플링한 후 이화학적 특성 변화(당도, pH, 총산도 및 생균수)를 분석하여 초산균주를 선정하였다.

아로니아 식초 제조

선정된 초산균(*A. pasteurianus* SRCM 101479)은 GYE broth(1% yeast extract, 5% glucose, 3% ethanol)에 1 백금이 접종하여 진탕배양(30°C, 120 rpm, 3일)한 후 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액 100 mL에 전배양액 1% (v/v)를 첨가하여 진탕배양(30°C, 120 rpm, 10일)한 후 종초를 제조하였다. 이때 제조된 종초의 이화학적 특성(수용성 고형분, pH, 총산도 및 생균수)은 각각 17.80°Brix, 2.79, 3.11% 및 5.85 log CFU/mL였다.

아로니아 식초는 종초를 각각 0~30 mL씩 첨가하여 총 부피가 100 mL가 되도록 조절한 후에 진탕배양(30°C, 120 rpm, 20일) 하여 아로니아 식초 완제품으로 하였으며, 이들의 이화학적 특성과 품질 특성을 측정하기 위해 원심분리(10,000×g, 4°C, 10분)하여 분석시료로 사용하였다.

이화학적 특성 측정

pH는 pH meter(SevenMulti, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Germany)를 사용해 측정하였으며, 수용성 고형분은 당도계(PAL-1, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용해 측정하였다. 총산도는 시료 1 mL에 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 8.3에 도달할 때까지 소모된 양을 acetic acid 함량으로 산출하였다. 생균수는 시료 1 mL를 멸균 펌프수에 십진희석법으로 희석하고 GY agar(1% yeast extract, 5% glucose, 3% ethanol, 2.5% agar)에 도말한 후 배양(30°C, 72시간)하여 나타난 colony 수를 log CFU/mL로 나타내었다. 유기산 및 에탄올 함량은 Kim과 Song(2002)의 방법으로 측정하였다. 아로니아 식초를 5배 희석하여 0.22 µm membrane filter(Futecs Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 여과하여 HPLC system(Shimadzu Co., Kyoto, Japan)으로 측정하였다. 분리된 유기산 및 에탄올의 각 peak는 동일조건에서 분석한 표준물질의 peak 면적 비율과 retention time을 비교하여 함량을 산출하였다. HPLC system의 분석조건은 Aminex HPX-87H Ion Exclusion column(300×7.8 mm, 9 µm, Bio-Rad Labs., Richmond, CA, USA), 이동상은 0.008 N H₂SO₄, 유속은 0.6 mL/min, column oven 온도는 35°C, 유기산의 검출기는 UV-VIS detector(SPD-10A, Shimadzu Co.), 에탄올의 검출기는 RID detector(RID-10A, Shimadzu Co.) 그리고 검출 파장은 210 nm였다.

총 페놀성 화합물 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량(total phenolic content, TPC)은 ISO 14502-1(2005)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96-well plate에 시료 20 μ L와 10% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ L를 첨가하여 3분간 반응시킨 후 7.5% Na_2CO_3 80 μ L를 첨가하였다. 이 반응액을 암소에서 반응(23°C, 1시간)시킨 후 microplate reader(BioTek synergy HTX, Winooski, VT, USA)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid를 표준물질로 하여 시료당 mg%로 나타내었다.

항산화 활성 측정

DPPH radical assay는 Magalhaes 등(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96-well plate에 시료 50 μ L와 150 μ M DPPH 라디칼 용액 200 μ L를 첨가한 다음 암실에서 20분간 반응시켰다. 반응액은 microplate reader를 이용하여 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며, Trolox를 표준물질로 하여 시료 100 mL당 mg Trolox에 해당하는 항산화 능력(Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)으로 나타내었다.

ABTS radical assay는 Grandois 등(2017)의 방법을 이용하여 측정하였다. 96-well plate에 시료 10 μ L와 50 μ M ABTS 라디칼 용액 200 μ L를 첨가한 다음 암실에서 15분간 반응시켰다. 반응액은 microplate reader를 이용하여 414 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며, Trolox를 표준물질로 하여 시료 100 mL당 mg Trolox에 해당하는 항산화 능력(TEAC)으로 나타내었다.

Oxygen radical absorbance capacity(ORAC)는 Huang 등(2002)의 방법을 변형하여 측정하였다. 분석 시 사용한 표준액 제조와 농도별 희석액은 75 mM phosphate buffer(pH 7.0)를 사용하였다. 96-well plate에 0.08 μ M fluorescein 용액 150 μ L와 시료 25 μ L를 혼합한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 다음 153 mM AAPH 용액 25 μ L를 첨가한 후 microplate reader를 이용해서 측정하였다. 실험에 설정한 microplate reader 조건은 excitation 파장 485 nm와 emission 파장 538 nm에서 2분 간격으로 60분 동안 측정하였다. ORAC 값은 Net AUC로 나타내었으며, Trolox를 표준물질로 하여 시료 100 mL당 mg Trolox에 해당하는 항산화 능력(TEAC)으로 나타내었다.

Cupric reducing antioxidant capacity(CUPRAC)는 Ribeiro 등(2011)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96-well plate에 10 mM cupric chloride 용액과 7.5 mM neocuproine 및 1 M ammonium acetate buffer(pH 7.0)를 각각 50 μ L씩 첨가하고 37°C에서 15분간 예열하였다. 반응액에 시료 100 μ L를 첨가하고 37°C에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였으며, Trolox를 표준물질로 하여 시료 100 mL당 mg Trolox에 해당하는 항산화 능력(TEAC)으로 나타내었다.

항비만 활성 측정

Lipase inhibition activity는 Dechakhamphu와 Wongchum(2015)의 방법을 변형하여 측정하였다. Pancreatic lipase(100 unit/mL)는 1 mM EDTA가 포함된 0.01 M MOPS buffer(pH 6.8)에 1 mg/mL 농도로 용해하여 효소액으로 사용하였고 기질용액은 *p*-nitrophenol butyrate(*p*-NPB)를 DMSO에 용해하여 0.01 M *p*-NPB로 사용하였다. 96-well plate의 각 well에 5 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 가 포함된 0.1 M Tris-HCl buffer(pH 7.0) 100 μ L를 분주한 다음 시료 100 μ L를 첨가하여 혼합하였다. 효소액 50 μ L와 기질용액 10 μ L를 첨가하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용해서 405 nm에서 흡광도를 측정하였으며, orlistat를 표준물질로 하여 시료 100 mL당 μ g orlistat에 해당하는 항비만 능력(orlistat equivalent anti-obesity capacity, OEAC)으로 나타내었다.

항균 활성 측정

항균 활성은 Sohn 등(2008)의 방법을 이용하였다. 계대배양된 각 식중독 유발 세균 1 백금이를 NB 1 mL에 접종하여 진탕배양(37°C, 200 rpm, 10시간) 한 후 멸균된 면봉을 사용하여 NA에 도말하였다. 각 균이 도말된 NA의 표면에 6 mm paper disc(ADVANTEC, Tokyo, Japan)를 올려놓고 그 위에 시료를 20 μ L 점적하여 정치배양(37°C, 18시간) 한 후 paper disc 주위로 형성된 clear zone(mm)을 측정하였다.

통계분석

각 실험은 3회 반복하여 얻은 결과를 SPSS package program(Ver. 12.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 시료 간의 유의성은 $P < 0.05$ 수준에서 one-way ANOVA로 분산 분석한 후 Duncan's multiple range test로 비교하였으며, 아로니아 식초의 초산, TPC, 항산화 활성(DPPH radical assay, ABTS radical assay, ORAC, CUPRAC), 항비만 활성(pancreatic lipase inhibition activity) 및 항균 활성의 연관성은 Pearson 상관분석을 이용한 이변량 상관분석(bivariate analysis)을 실시하여 비교하였다.

결과 및 고찰

아로니아 식초 제조를 위한 초산균 선정

6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액에 MIFI에서 분양받은 *A. pasteurianus* 5종의 초산균을 접종하여 20일간 분석한 아로니아 식초의 이화학적 특성에 관한 결과는 Fig. 1과 같다. 본 연구에 사용된 *A. pasteurianus*는 알코올 내성 및 초산 내성이 강하여 식품의약품안전처에서 식초 제조 원료로 허가받아 산업적으로 사용되는 초산균이다(Sim 등, 2001; Yim 등, 2015). 수용성 고형분 함량은 16.00~16.05

Fig. 1. Physicochemical properties of aronia vinegar with different *Acetobacter pasteurianus*. ●, Control; ○, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101472; ■, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101473; □, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101479; ▲, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101480; △, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101486. Error bar indicates the standard deviation of the mean, and means with the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

°Brix, pH는 2.63~3.07, 총산도는 1.26~3.35%였고 생균수는 5.16~8.32 log CFU/mL였다. 수용성 고형분은 5종의 초산균주 간 유의적 차이가 나타나지 않았는데, 이는 초산균이 발효기질로 주로 알코올을 활용할 뿐 수용성 고형분을 거의 활용하지 않는다는 초산발효의 특성을 반영한 것으로 판단한다(Oh 등, 2017). 한편 *A. pasteurianus* SRCM 101479가 pH는 가장 낮고 총산도는 가장 높게 나타났으며, 생균수는 발효 15일 이전에 사멸하는 4종과 달리 발효 20일까지 관찰되었다. 이는 *A. pasteurianus* SRCM 101479가 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액에 적응력이 높아 오랜 기간 생육된 것으로 판단된다. 아로니아에 존재하는 항균 물질이 미생물의 생육을 억제하기 때문에 발효 기간에 생균수를 적절히 유지할 수 있고 활동성이 강하면서도 초산을 안정적으로 생산할 수 있는 초산균이 필요하기에, 총산도가 가장 높고 생균수를 20일간 유지한 *A. pasteurianus* SRCM 101479를 아로니아 식초 제조에 적합한 균주로 선정하였다(Lee 등, 2018).

아로니아 식초의 이화학적 특성

선정된 초산균주(*A. pasteurianus* SRCM 101479)로 종

초를 제조한 후 종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 이화학적 특성에 관한 결과는 Table 1과 같다. 발효식초를 제조할 때 사용되는 종초는 품질의 균일성 및 안전성을 위해 사용되는 것으로 일반적으로 정상 발효된 초덧의 일부를 종초로 사용한다(Lee 등, 2018). 아로니아 식초의 수용성 고형분은 종초 첨가량이 증가할수록 초기(0일)에는 17.80°Brix에서 말기(20일)에는 17.90~18.45°Brix로 증가하였으며, 대조구(control)는 0.10°Brix, 종초 첨가구들은 0.65°Brix가 증가하였으나 종초 첨가량별로는 유의적 차이를 보이지 않았다. 이는 블루베리 농축식초와 토마토 식초의 제조에서 종초 첨가량이 수용성 고형분 함량에 영향을 주지 않았다는 결과와 유사하였다(Oh 등, 2017; Lee 등, 2018). pH는 종초 첨가량이 증가할수록 초기에는 4.03에서 3.21로 감소하였고 말기에도 이와 같은 경향을 보였다. 반면 총산도는 초기에 0.14%에서 1.11%로 0.97% 증가, 말기에는 0.11%에서 5.24%로 5.13%가 증가하여 pH와는 반대되는 경향을 보였다. 생균수는 대조구에서는 검출되지 않았으나 종초 첨가구들에서는 초기 5.05~5.63 log CFU/mL에서 10일에 4.85~5.45 log CFU/mL로 증가하다가 점차 활성을 잃어버려 말기에는 검출되지 않는 것으로 나타나서 초산균 선정에서 관

Table 1. Comparison of soluble solid, pH, total acidity, and viable count in aronia vinegar with various additions of seed culture during the fermentation time

Component	Aronia vinegar	Fermentation time (day)		
		0	10	20
Soluble solid (°Brix)	Control	17.80±0.00 ^{aAB1)2)}	17.75±0.07 ^{aA}	17.90±0.00 ^{aB}
	10% seed vinegar	17.80±0.00 ^{aA}	17.85±0.07 ^{aA}	18.45±0.21 ^{bB}
	20% seed vinegar	17.80±0.00 ^{aA}	17.75±0.07 ^{aA}	18.45±0.07 ^{bB}
	30% seed vinegar	17.80±0.00 ^{aA}	17.75±0.07 ^{aA}	18.45±0.07 ^{bB}
pH	Control	4.03±0.01 ^{dA}	4.00±0.00 ^{cA}	4.02±0.01 ^{cA}
	10% seed vinegar	3.54±0.00 ^{cC}	2.67±0.01 ^{bA}	2.64±0.05 ^{bA}
	20% seed vinegar	3.33±0.00 ^{bD}	2.60±0.01 ^{aB}	2.56±0.01 ^{abA}
	30% seed vinegar	3.21±0.00 ^{aC}	2.59±0.03 ^{aA}	2.57±0.00 ^{aA}
Total acidity (%)	Control	0.14±0.02 ^{aA}	0.15±0.00 ^{aA}	0.11±0.02 ^{aA}
	10% seed vinegar	0.44±0.02 ^{bA}	4.40±0.11 ^{bC}	4.44±0.17 ^{bC}
	20% seed vinegar	0.74±0.02 ^{cA}	5.17±0.17 ^{cC}	5.21±0.15 ^{cC}
	30% seed vinegar	1.11±0.04 ^{dA}	5.15±0.06 ^{cC}	5.24±0.06 ^{cC}
Viable count (log CFU/mL)	Control	ND ⁴⁾	ND	ND
	10% seed vinegar	5.05±0.09 ^{aB}	4.85±0.21 ^{aB}	ND
	20% seed vinegar	5.41±0.05 ^{bB}	5.19±0.30 ^{aB}	ND
	30% seed vinegar	5.63±0.09 ^{cB}	5.45±0.63 ^{aB}	ND

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Different lower-case letters (a-d) and upper-case letters (A-C) in the same column and row indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

³⁾ND means not detected.

찰된 초산균의 생장곡선과 유사한 경향을 보였다. 따라서 종초 첨가량에 따른 총산도의 변화는 초기에는 종초에 함유된 총산도가 주된 원인이지만 발효가 진행될수록 초산균에 의해서 생성된 초산이 주된 원인으로 나타났다(Lee 등, 2017).

종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 유기산 및 에탄올 함량에 관한 결과는 Table 2와 같다. 아로니아 식초의 유기산은 malic acid, succinic acid, acetic acid 등 3종이 검출

되었다. 특히 acetic acid는 총 유기산(612.77~5,736.03 mg%)의 4.29~91.2%를 차지하여 주요 유기산으로 확인되었으며 종초 첨가량에 따라 1.11~1.66배 증가하였다. 이는 풋굴 식초, 보리수 열매 식초, 천도복숭아 식초 등의 acetic acid가 초산발효에 따라 증가하였다는 보고와 유사하였다(Park 등, 2020; Cho 등, 2017; Jung 등, 2018). 초산균이 에너지원으로 사용하는 에탄올은 초기에 3,972.12~5,033.32

Table 2. Comparison of organic acid and ethanol of aronia vinegar with various additions of seed culture during the fermentation time

Component	Fermentation time (day)	Control	10% seed vinegar	20% seed vinegar	30% seed vinegar
Organic acid (mg%)	Malic acid	0	238.14±4.19 ^{aA1)2)}	238.32±2.01 ^{aA}	236.23±5.68 ^{aA}
		10	244.59±0.92 ^{aA}	274.87±3.61 ^{bB}	261.90±1.71 ^{bB}
		20	232.56±10.00 ^{aA}	250.14±7.40 ^{aA}	253.59±12.54 ^{bA}
	Succinic acid	0	421.40±8.94 ^{cB}	406.31±6.33 ^{cA}	410.86±5.99 ^{bAB}
		10	339.62±4.73 ^{aB}	379.81±2.85 ^{bC}	312.32±1.76 ^{aA}
		20	385.50±6.03 ^{bD}	232.24±0.98 ^{aA}	319.50±2.82 ^{aC}
	Acetic acid	0	45.68±8.97 ^{bA}	386.88±2.41 ^{aB}	724.14±5.04 ^{aC}
		10	28.56±0.22 ^{aA}	4,355.77±3.05 ^{cB}	5,157.03±3.88 ^{cC}
		20	27.76±8.12 ^{aA}	4,188.37±1.18 ^{bB}	4,837.22±4.94 ^{bC}
	Total	0	705.22±3.61 ^{cA}	1,031.51±10.52 ^{aB}	1,371.23±10.52 ^{aC}
		10	612.77±3.68 ^{aA}	5,010.45±5.40 ^{cB}	5,731.26±3.17 ^{cD}
		20	645.82±14.04 ^{bA}	4,670.75±7.88 ^{bB}	5,410.30±17.13 ^{bC}
Ethanol (mg%)	0	5,033.32±64.60 ^{cD}	4,688.97±77.93 ^{cC}	4,226.79±54.27 ^{bB}	3,972.12±58.93 ^{aA}
	10	4,816.86±28.22 ^{bD}	1,117.76±0.99 ^{bC}	ND ³⁾	ND
	20	4,184.27±4.71 ^{aD}	576.98±1.95 ^{aC}	ND	ND

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Different lower-case letters (a-c) and upper-case letters (A-D) in the same column and row indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

³⁾ND means not detected.

Table 3. Comparison of total phenolic content and antioxidant activity of aronia vinegar with various additions of seed culture during the fermentation time

Component		Aronia vinegar	Fermentation time (day)		
			0	10	20
Total phenolic content (mg%)	Control		63.86±0.47 ^{cC2)3)}	61.50±0.20 ^{cB}	59.19±0.53 ^{dA}
	10% seed vinegar		60.37±0.33 ^{bC}	52.30±0.40 ^{bB}	49.99±0.33 ^{cA}
	20% seed vinegar		59.75±0.13 ^{bC}	51.59±0.20 ^{abB}	47.11±0.40 ^{bA}
	30% seed vinegar		58.53±0.40 ^{aC}	51.03±0.47 ^{aB}	44.38±0.40 ^{aA}
Antioxidant activity (TEAC ¹⁾)	DPPH radical assay	Control	48.29±0.06 ^{dC}	45.00±0.11 ^{dB}	41.14±0.17 ^{dA}
		10% seed vinegar	44.31±0.06 ^{cC}	36.38±0.11 ^{cB}	33.58±0.17 ^{cA}
		20% seed vinegar	42.60±0.06 ^{bC}	36.10±0.06 ^{bB}	32.24±0.11 ^{bA}
		30% seed vinegar	41.87±0.06 ^{aC}	33.53±0.06 ^{aB}	30.33±0.06 ^{aA}
	ABTS radical assay	Control	86.13±0.39 ^{cC}	83.95±0.64 ^{bB}	79.67±0.51 ^{dA}
		10% seed vinegar	84.04±0.77 ^{bC}	73.22±0.39 ^{aB}	65.13±0.51 ^{cA}
		20% seed vinegar	83.22±0.13 ^{aC}	73.04±0.39 ^{aB}	58.67±0.64 ^{bA}
		30% seed vinegar	82.85±0.13 ^{aC}	73.22±0.39 ^{aB}	57.85±0.26 ^{aA}
	ORAC	Control	254.82±2.90 ^{bB}	251.78±5.51 ^{cAB}	243.87±1.07 ^{dA}
		10% seed vinegar	252.34±5.68 ^{bC}	225.98±0.17 ^{bB}	220.58±1.62 ^{cA}
		20% seed vinegar	248.75±6.41 ^{bC}	210.97±3.02 ^{aB}	183.28±3.22 ^{aA}
		30% seed vinegar	235.14±3.41 ^{aB}	205.48±8.07 ^{aA}	193.02±4.96 ^{bA}
	CUPRAC	Control	115.22±0.68 ^{bA}	118.10±2.04 ^{bB}	119.30±0.68 ^{dAB}
		10% seed vinegar	115.22±0.00 ^{bC}	92.86±2.04 ^{aB}	88.77±0.68 ^{cA}
		20% seed vinegar	109.57±1.57 ^{aC}	90.94±0.34 ^{aB}	81.92±0.17 ^{bA}
		30% seed vinegar	109.21±0.68 ^{aC}	90.46±2.38 ^{aB}	74.11±0.68 ^{aA}

¹⁾TEAC is an abbreviation for Trolox equivalent antioxidant capacity and it's unit is mg of Trolox in 100 mL.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Different lower-case letters (a-d) and upper-case letters (A-C) in the same column and row indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

mg%로 종초 첨가량이 증가함에 따라 감소하였고, control과 10% 종초 첨가구를 제외한 20%와 30% 종초 첨가구는 발효 10일에서 에탄올이 모두 소비되었다. 초산발효는 에탄올이 호기적 상태에서 초산으로 변형되는 과정을 거쳐 생성되며, 기질인 에탄올이 모두 소비되면 초산발효가 중지된다(Kang 등, 2011). Acetic acid, succinic acid, lactic acid 등의 유기산들은 TCA 회로를 통해 조직 내에서 에너지를 생성하기 때문에 생체의 균형 유지에 도움(Bang 등, 2020)이 되며, 특히 acetic acid는 식초의 관능성 및 품질의 중요한 지표 성분 중 하나이다(Moon 등, 1997; Jeong과 Lee, 2000).

총 페놀성 화합물 함량 및 항산화 활성

종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 TPC와 항산화 활성에 관한 결과는 Table 3과 같다. 아로니아 식초의 TPC가 종초 첨가량이 증가할수록 초기에는 63.86 mg%에서 58.53 mg%로 1.09배 감소하였는데, 이는 아로니아 착즙액이 함유한 TPC가 종초의 TPC보다 높기 때문이다(data not shown). 한편 30% 종초 첨가구의 TPC는 초기보다 말기에 1.32배 감소하였는데, 이는 초산발효 과정에서 페놀 분해 및 변형으로 폴리페놀 함량이 감소하거나 TPC의 일부가 산화되어 감소하기 때문으로 판단된다(Andlauer 등, 2000; Oh와 Lim, 2017; Oh 등, 2020). 따라서 종초 첨가량과 발효시간은 아

로니아 식초의 TPC에 영향을 주는 것으로 나타났다.

항산화 활성(DPPH radical assay, ABTS radical assay, ORAC, CUPRAC)은 종초 첨가량이 증가할수록 초기에는 41.87~48.29 TEAC, 82.85~86.13 TEAC, 235.14~254.82 TEAC 및 109.21~115.22 TEAC로 감소하였으며, 말기에도 이와 유사한 경향을 보였다. 이는 TPC의 phenolic hydroxyl group이 산화되어 라디칼 소거 능력이 낮아지기 때문이라고 판단된다(Labuza와 Dugan, 1971). 또한, 총 폴리페놀 함량이 낮을수록 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 능력이 감소한다는 보고와도 유사하였다(Hong 등, 2012).

항비만 활성 및 항균 활성

종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 항비만 활성 및 식중독 유발 세균에 대한 항균 활성의 결과는 Table 4와 같다. 항비만 활성은 종초 첨가량이 증가할수록 초기에는 6.80~160.30 OEAC, 말기에는 6.71~820.73 OEAC로 증가하였는데, 이는 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액보다 종초에 함유된 acetic acid 함량이 높아 종초 첨가량이 증가할수록 항비만 활성이 증가한 것으로 판단된다. 또한, 발효 기간이 증가할수록 항비만 활성의 급격한 증가는 초산발효에 의한 acetic acid 함량의 급격한 증가가 주된 원인으로 나타났다. 이는 당근 주스를 당근 식초로 발효한 후에 lipase 저해 활성이 증가한다는 경향과 유사하였는데, 당근 주스 제조

Table 4. Comparison of antiobesity and antimicrobial activity of aronia vinegar with various additions of seed culture during the fermentation time

Component	Aronia vinegar	Fermentation time (day)		
		0	10	20
Lipase inhibition activity (OEAC ¹⁾)	Control	6.80±0.09 ^{aA2)3)}	6.86±0.06 ^{aA}	6.71±0.16 ^{aA}
	10% seed vinegar	57.36±0.80 ^{bA}	585.80±2.07 ^{bB}	687.36±6.95 ^{bC}
	20% seed vinegar	107.69±1.61 ^{cA}	720.12±0.61 ^{cB}	796.62±3.41 ^{cC}
	30% seed vinegar	160.30±1.59 ^{dA}	731.93±4.15 ^{dB}	820.73±1.71 ^{dC}
<i>B. cereus</i> KACC 13064	Control	ND ⁴⁾	ND	ND
	10% seed vinegar	9.02±0.43 ^{aA}	18.64±0.49 ^{aB}	20.67±0.20 ^{cC}
	20% seed vinegar	11.09±0.01 ^{bA}	18.39±0.18 ^{aB}	18.16±0.16 ^{aB}
	30% seed vinegar	12.76±0.33 ^{cA}	18.80±0.26 ^{aB}	18.90±0.42 ^{bB}
Clear zone (mm)	Control	ND	ND	ND
	10% seed vinegar	ND	14.58±0.08 ^{aA}	15.32±0.46 ^{bA}
	20% seed vinegar	ND	14.82±0.71 ^{aA}	14.32±0.50 ^{aA}
	30% seed vinegar	8.03±0.10 ^A	18.14±0.35 ^{bB}	18.53±0.20 ^{cB}
<i>S. aureus</i> KACC 1927	Control	ND	ND	ND
	10% seed vinegar	ND	28.67±0.07 ^{aB}	26.37±0.54 ^{aA}
	20% seed vinegar	ND	29.08±0.13 ^{aB}	25.70±0.76 ^{aA}
	30% seed vinegar	13.39±0.45 ^A	28.63±1.24 ^{aB}	31.20±0.94 ^{bB}

¹⁾OEAC is an abbreviation for orlistat equivalent anti-obesity capacity and it's unit is µg of orlistat in 100 mL.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Different lower-case letters (a-d) and upper-case letters (A-C) in the same column and row indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

⁴⁾ND means not detected.

과정 중에 생성된 acetic acid 등과 같은 유기산이 lipase 저해 활성에 영향을 끼친다는 보고와 유사하였다(Kim 등, 2018). 비만은 제2형 당뇨병, 심혈관계 질환, 통풍 등과 같은 합병증을 유발하기에 심각한 건강문제로 떠오르고 있다. 현재 비만 치료제로 사용되고 있는 orlistat는 pancreatic lipase를 선택적으로 억제하여 소장에서 식이 중성지방의 소화를 억제하는 약물로 구조적으로 중성지방과 유사하므로 pancreatic lipase의 활성 부위에 결합하여 중성지방의 가수분해를 방해하는 물질이다(Jeon 등, 2014). 그러나 양성 대조구인 orlistat는 위장장애, 과민증, 지용성비타민 흡수 억제 등의 부작용이 보고됨에 따라 부작용이 적은 비만 치료제가 필요한 시점에서 아로니아 식초는 비만을 지연하거나 예방에 도움이 될 것으로 판단된다(Kim과 Kim, 2015).

아로니아 식초의 clear zone diameter 값은 종초 첨가량이 증가할수록 초기에는 *B. cereus* KACC 13064가 9.07~12.76 mm로 증가하였고, *E. coli* KACC 10115와 *S. aureus* KACC 1927은 30% 종초 첨가구에서만 각각 8.03 mm와 13.39 mm의 항균 활성을 보였다. 말기에서는 *B. cereus* KACC 13064가 10% 종초 첨가구에서 20.67 mm로 가장 높은 항균 활성을 보였고, *E. coli* KACC 10115와 *S. aureus* KACC 1927에서는 30% 종초 첨가구에서 18.53 mm와 31.20 mm로 가장 높았다. 이는 현미식초가 *B. cereus*, *E. coli* 및 *S. aureus*에 강한 항균 활성을 보였다는 결과와 유사하였으며, 식초에 존재하는 acetic acid가 식중독 유발 세균의 세포 내 pH를 낮추고 전자전달체계에 영향을 주어 식중독 유발 세균의 증식에 영향을 준 것으로 판단된다(Freese

등, 1973; Oh 등, 2017).

아로니아 식초의 TPC 및 acetic acid와 기능성의 상관성 비교

30% 종초 첨가구로 제조한 아로니아 식초의 acetic acid와 TPC를 아로니아 식초의 기능성(항산화 활성, 항비만 활성 및 항균 활성)의 상관성을 $P<0.05$ 와 $P<0.01$ 의 유의수준에서 상관계수(correlation coefficient, R)로 정리한 결과는 Table 5와 같다. Acetic acid는 lipase inhibition activity 및 항균 활성(*B. cereus* KACC 13064, *E. coli* KACC 10115 및 *S. aureus* KACC 1927)에서 각각 0.999, 0.996, 0.999 및 0.992의 양의 상관성을 나타내었다. 이는 유기산인 acetic acid가 지방 세포 분화 및 지질 축적을 저해할 뿐만 아니라 살균 효과로 유해 미생물을 억제하기 때문에 acetic acid 함량이 증가해서 항비만 활성과 항균 활성이 증가한 것으로 판단된다. 반면, TPC는 DPPH, ABTS, ORAC, CUPRAC와 각각 0.998, 0.985, 0.959 및 0.997의 양의 상관성을 보였다. 이는 베리류에 함유된 TPC의 함량이 증가하면 항산화 활성이 증가한다는 결과와 유사하였다(Chung, 2014). 따라서 초산발효 과정 중 acetic acid의 증가로 인해 항비만 및 항균 활성이 증가하기 때문에 아로니아 식초가 기능성 식품으로 사용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액에 초산균

Table 5. Correlation matrix of primary components analysis using 10 variables of physicochemical properties, antioxidant activity, antiobesity, and antimicrobial activity at aronia vinegar with 30% seed vinegar

Component		Correlation matrix ¹⁾									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	Acetic acid	1.000									
X2	TPC	-0.900*	1.000								
X3	DPPH radical assay	-0.911*	0.998**	1.000							
X4	ABTS radical assay	-0.817*	0.985**	0.982**	1.000						
X5	ORAC	-0.944**	0.959**	0.959**	0.915*	1.000					
X6	CUPRAC	-0.901*	0.997**	0.997**	0.984**	0.966**	1.000				
X7	Lipase inhibition activity	0.999**	-0.913*	-0.922**	-0.833*	-0.948**	-0.912*	1.000			
X8	<i>B. cereus</i> KACC 13064	0.996**	-0.883*	-0.896*	-0.800	-0.943**	-0.891*	0.994**	1.000		
X9	<i>E. coli</i> KACC 10115	0.999**	-0.895*	-0.907*	-0.812*	-0.937**	-0.896*	0.999**	0.996**	1.000	
X10	<i>S. aureus</i> KACC 1927	0.992**	-0.932**	-0.942**	-0.862*	-0.940**	-0.929**	0.995**	0.982**	0.992**	1.000

¹⁾Correlation is significant at * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

주를 활용하여 종초를 제조한 후 종초 첨가량에 따른 아로니아 식초의 품질 특성을 분석하였다. 초산균 5종에 대한 생육 특성을 확인한 결과, *Acetobacter pasteurianus* SRCM 101479가 20일 배양한 후에 총산도 4.29%와 생균수 5.16 log CFU/mL로 가장 높아 종균으로 선발되었다. 선정된 초산균주(*A. pasteurianus* SRCM 101479)로 제조한 후에 6% 알코올이 함유된 아로니아 착즙액에 종초를 10~30%를 첨가하여 20일간의 초산발효 과정 중에 이화학적 특성(수용성 고형분, pH, 총산도 및 생균수)을 분석한 결과, 총산도는 발효 10일에서 4.40~5.17%, 20일에서 4.44~5.24%였고 이에 따른 acetic acid는 각각 4,355.77~5,157.03 mg%와 4,188.37~5,232.70 mg%로 발효 기간이 증가할수록 총산도와 acetic acid는 증가하는 경향이였다. 한편 아로니아 식초의 항산화 활성(DPPH radical assay, ABTS radical assay, ORAC, CUPRAC), 항비만 활성(pancreatic lipase 저해 활성) 및 항균 활성은 종초 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활성은 감소하는 반면, 항비만 활성과 항균 활성은 증가하는 경향이였다. 결과적으로 *A. pasteurianus* SRCM 101479를 종초로 첨가하여 제조한 아로니아 식초는 초산발효 과정 중에 생성된 acetic acid의 증가로 인하여 항비만 활성 및 항균 활성이 증가하였기에 건강 기능성 식품으로서의 가능성이 있다고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농림축산식품부 지역전략 식품산업 육성사업(과제명: 임산물 기반 동부권 발효식초개발, MIFI 2020-1)의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Andlauer W, Stumpf C, Furst P. Influence of the acetification process on phenolic compounds. *J Agric Food Chem.* 2000. 48:3533-3536.
 Bang SI, Gwon GH, Cho EJ, Lee AY, Seo WT. Characteristics of fermented vinegar using mulberry and its antioxidant activ-

ity. *Korean J Food Preserv.* 2020. 27:651-662.
 Budak NH, Aykin E, Seydim AC, Greene AK, Guzel-Seydim ZB. Functional properties of vinegar. *J Food Sci.* 2014. 79: 757-764.
 Cho KM, Hwang CE, Joo OS. Change of physicochemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *Korean J Food Preserv.* 2017. 24:125-133.
 Cho KM, Hwang CE, Kim SC, Joo OS. Physicochemical properties, phytochemicals, and biological activities of heat-treated *Elaeagnus multiflora* juice and vinegar. *Korean J Food Preserv.* 2018. 25:52-61.
 Choi KH, Oh HJ, Jeong YJ, Lim EJ, Han JS, Kim JH, et al. Physico-chemical analysis and antioxidant activities of Korea *Aronia melanocarpa*. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2015. 44: 1165-1171.
 Chung HJ. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43: 1349-1356.
 Dechakhamphu A, Wongchum N. Screening for anti-pancreatic lipase properties of 28 traditional Thai medicinal herbs. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2015. 5:1042-1045.
 Eom HJ, Yoon HS, Kwon NR, Jeong YJ, Kim Y, Hong ST, et al. Comparison of the quality properties and identification of acetic acid bacteria for aronia vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:1397-1404.
 Freese E, Sheu CW, Galliers E. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives. *Nature.* 1973. 241:321-325.
 Grandois JL, Guffond D, Hamon E, Marchioni E, Werner D. Combined microplate-ABTS and HPLC-ABTS analysis of tomato and pepper extracts reveals synergetic and antagonist effects of their lipophilic antioxidative components. *Food Chem.* 2017. 223:62-71.
 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.* 2012. 19:594-603.
 Huang D, Ou B, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Prior RL. High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *J Agric Food Chem.* 2002. 50:4437-4444.
 Hwang ES, Thi ND. Quality characteristics and antioxidant activity of vinegar by the addition of aronia juice (*Aronia melanocarpa*). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:167-176.
 ISO 14502-1. Determination of substances characteristic of green

- and black tea – Part 1: content of total polyphenols in tea – colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2005.
- Jeon JA, Choi JS, Jung EH, Kim CW, Bae EJ, Jeong ST. The quality characteristics of aronia by cultivation region. *Korean J Food Preserv.* 2018. 25:804-810.
- Jeon Y, You Y, Jun W. Anti-obesity effects of extracts from young *Akebia quinata* D. leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43:200-206.
- Jeoung YJ, Lee MH. A view and prospect of vinegar industry. *Food Industry and Nutrition.* 2000. 5:7-12.
- Jung KI, Ha NY, Choi YJ. Functional properties of muskmelon vinegars manufactured with traditional fermentation methods. *J Life Sci.* 2019. 29:345-353.
- Jung KI, Jung HN, Ha NY, Choi YJ. Physicochemical properties, and antioxidative and alcohol-metabolizing enzyme activities of nectarine vinegar. *J Life Sci.* 2018. 28:1193-1200.
- Kang BH, Shin EJ, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Shin KS, et al. Optimization of the acetic acid fermentation condition of apple juice. *Korean J Food Preserv.* 2011. 18:980-985.
- Kim DW, Kim DH, Kim JK, Yeo SH, Choi HS, Kim YH, et al. Comparison of volatile compounds in *Maclura tricuspidata* fruit vinegar and commercial vinegars. *Korean J Food Preserv.* 2020. 27:85-97.
- Kim JI, Han DW, Yun JA, Baek HJ, Lim SW. Pancreatic lipase inhibitory activity and antioxidant activity of carrot vinegar. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J.* 2018. 33:104-109.
- Kim TH, Kim MK. Secondary metabolites from enzymatic oxidation of caffeic acid with pancreatic lipase inhibitory activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2015. 44:1912-1917.
- Kim YS, Song GS. Characteristics of kiwifruit-added traditional *kochujang*. *Korean J Food Sci Technol.* 2002. 34:1091-1097.
- Labuza TP, Dugan Jr LR. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit Rev Food Sci Technol.* 1971. 2:355-405.
- Lee D, Park S. Anti-obesity effect of black vinegar fermented with herbal extracts. *Biomed Sci Lett.* 2017. 23:402-405.
- 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.* 2017. 46:1216-1224.
- Lee HB, Oh HH, Jun HI, Jeong DY, Song GS, Kim YS. Functional properties of tomato vinegar manufactured using *Makgeolli* seed culture. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2018. 47:904-911.
- Lee JH, Cho HD, Jeong JH, Lee MK, Jeong YK, Shim KH, et al. New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food Chem.* 2013. 141:3241-3249.
- Lee SJ, Kim SH, Kim SY, Yeo SH. Quality characteristics of *Kujippong* (*Cudrania tricuspidata*) vinegar fermented by various acetic acid bacteria. *Korean J Food Preserv.* 2019. 26:766-776.
- Magalhaes LM, Segundo MA, Reis S, Lima JLFC. Automatic method for determination of total antioxidant capacity using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay. *Anal Chim Acta.* 2006. 558:310-318.
- MFDS. Korean Food Standards Codex. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea. 2014. p 165-166.
- Moon SY, Chung HC, Yoon HN. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Korean J Food Sci Technol.* 1997. 29:663-670.
- Oh BM, Jun HI, Oh HH, Jo SW, Jeong DY, Kim YS, et al. Quality characteristics and functional evaluation of *sikhye* fermented by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:803-813.
- Oh H, Jang S, Jun HI, Jeong DY, Kim YS, Song GS. Production of concentrated blueberry vinegar using blueberry juice and its antioxidant and antimicrobial activities. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:695-702.
- Oh HJ, Lim SB. Quality changes in kiwifruit wines during fermentation and aging with different yeasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:481-489.
- Park B, Choi JW, Kim SH, Yun YR, Lee YR, Lee YM, et al. Antioxidant activity of premature mandarin vinegar according to harvest period and raw material conditions. *Korean J Food Sci Technol.* 2020. 52:333-341.
- Park MH, Kim B. Antioxidant and anti-inflammatory activities in freeze-dried and hot air-dried aronia (*Aronia melanocarpa*) extracts. *Food Eng Prog.* 2018. 22:315-320.
- Park S, Yeo S, Lee Y, Jeong Y, Kim M. Inhibitory activities of digestive enzymes and antioxidant activities of fermented beverages using *Momordica charantia* L.. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:1308-1315.
- Ribeiro JPN, Magalhaes LM, Reis S, Lima JLFC, Segundo MA. High-throughput total cupric ion reducing antioxidant capacity of biological samples determined using flow injection analysis and microplate-based methods. *Anal Sci.* 2011. 27:483-488.
- Sim HJ, Seo WT, Choi MH, Kim KH, Shin JH, Kang MJ. Quality characteristics of vinegar added with different levels of black garlic. *Korean J Food Cook Sci.* 2019. 32:16-26.
- Sohn HY, Ryu HY, Jang Y, Jang HS, Park YM, Kim SY. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial part of *Saxifraga stolonifera*. *Kor J Microbiol Biotechnol.* 2008. 36:195-200.
- Yim EJ, Jo SW, Lee ES, Park HS, Ryu MS, Uhm TB, et al. Fermentation characteristics of mulberry (*Cudrania tricuspidata*) fruit vinegar produced by acetic acid bacteria isolated from traditional fermented foods. *Korean J Food Preserv.* 2015. 22:108-118.