



Research Article

Comparison of antioxidant activities of aronia vinegar (*Aronia melanocarpa*) according to fermentation time

발효시간에 따른 아로니아 식초의 항산화 활성 비교

Nan-Hee Lee¹, Hyeock-Soon Jang², Ung-Kyu Choi^{2*}

이난희¹ · 장혁순² · 최웅규^{2*}

¹Department of Medi-Food HMR Industry, Daegu Hanny University, Gyeongsan 38578, Korea

²Department of Food Science & Technology, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

¹대구한의대학교 메디푸드HMR산업학과, ²한국교통대학교 식품공학과

Abstract This study investigated the antioxidant activity of Aronia vinegar during acetic acid fermentation. As a result of acetic acid fermentation at 30°C for 30 days with different initial ethanol contents, it was found that adjusting the initial ethanol content to 6% was optimal, at which 4.1% of acetic acid was produced. During fermentation under optimal conditions, the total polyphenol content decreased, but the content was higher than that of the control brown rice vinegar but lower than that of grape vinegar. The contents of flavonoids and tannins showed a decreasing pattern as acetic acid fermentation progressed, but they were higher than those of brown rice vinegar and grape vinegar. The DPPH scavenging activity was higher than 95.7% in all test groups, indicating that it would be possible to produce high-quality Aronia vinegar using the acetic acid fermentation method.

Keywords aronia, vinegar, antioxidant activity, polyphenol, flavonoids



OPEN ACCESS

Citation: Lee NH, Jang HS, Choi UK. Comparison of antioxidant activities of aronia vinegar (*Aronia melanocarpa*) according to fermentation time. Korean J Food Preserv, 30(6), 991-998 (2023)

Received: August 30, 2023
Revised: October 20, 2023
Accepted: October 27, 2023

***Corresponding author**
 Ung-Kyu Choi
 Tel: +82-43-820-5242
 E-mail: ukchoi@ut.ac.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

발효식초는 에탄올이 초산균에 의해 발효되어 생산된 초산에 각종 유기산과 아미노산 등을 함유하고 있는 주요한 산미료(Lee 등, 2012)로 주정에 초산균을 접종하여 비교적 속성으로 제조하는 주정식초와 과일을 원료로 하는 과일초 및 곡물을 자연 발효시켜 제조하는 곡물초로 분류된다(Park 등, 2016). 이 중 과일이나 곡물을 자연 발효시켜 얻는 천연발효식초는 주원료의 종류에 따라 다양한 성분이 생성되어 소화촉진, 피로 방지와 회복, 노화 억제 및 항종양효과(Budak 등, 2014), 항산화 효과(Yi 등, 2017) 등의 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있으며, 이에 따라 당근(Lee 등, 2016), 배(Park, 2016), 레몬그라스(Yi 등, 2017), 양파(Jeong 등, 2016), 키위(Woo 등, 2007) 등 다양한 원료를 활용하여 식초를 제조하고자 하는 시도가 계속되고 있다.

북아메리카가 원산지인 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 영하의 온도와 같은 가혹한 환

경에서도 잘 자라 재배가 비교적 용이한 다년생 식물로 열매가 식용이나 약용으로 활용되고 있으며(Chung, 2014), 국내에서도 활발하게 재배되고 있다. 아로니아는 폴리페놀과 플라보노이드를 많이 함유하고 있으며(Jeon과 Kim, 2020), 특히 안토시아닌 함량이 상당히 많아 콜레스테롤 감소효과(Kähkönen 등, 1999)와 소화기계 및 심혈관계 질환에 긍정적 효과를 보이는 것으로 보고된 바 있다(Sikora 등, 2012). 그 외 면역력 증강과 암 예방(Handeland 등, 2014; Hwang과 Hwang, 2015), 염증억제 효과(Ohgami 등, 2005) 등에 관한 연구도 보고되고 있다.

재배면적의 확대와 생리활성이 알려지면서 아로니아를 활용한 청포묵(Hwang과 Thi, 2014), 요구르트 드레싱(Park 등, 2015), 혼합 잼(Park 등, 2016), 막걸리(Lee 등, 2014), 설기떡(Park, 2014), 식빵(Yoon 등, 2014)과 같은 다양한 가공제품이 개발되고 있으며, 아로니아의 대중화, 국내외 식품산업의 활성화와 건강증진에 긍정적 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구진은 아로니아의 활용성 확대와 기능성 연구의 일환으로 와인을 제조한 후 발효에 따른 품질변화를 확인하여 보고한 바 있으며(Jang과 Choi, 2019), 본 연구에서는 아로니아 와인으로 초산발효를 진행하여 항산화 활성을 확인하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 시약

전북 무주군 설천면에서 2021년에 수확된 아로니아를 현지 농장에서 매입하여 -70℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 알코올 발효에 사용된 효모는 *Sacchaomyces cerevisiae* KCCM 11215(이하 *S. cerevisiae*), 초산발효에 사용된 초산균은 *Acetobacter pasteurianus* KCCM 12655(이하 *A. pasteurianus*)를 이용하였고, 그 외 분석에 이용된 시약은 모두 특급시약이었다.

2.2. 아로니아 식초 제조

아로니아는 설탕으로 초기 당도가 20 °Brix가 되도록 조정한 후 *S. cerevisiae*를 접종하여 18℃에서 10일간 알코올 발효시킨 후 여과한 여액을 초산발효기질로 사용하였다.

초산 발효를 위해서는 발효조에 아로니아 알코올 발효액을 알코올 함량이 4, 6 및 8%가 되게 희석하여 넣고, *A. pasteurianus*를 이용하여 미리 배양한 종초를 10%(v/v)가 되게 접종한 후 100 ×g로 교반하면서 30℃에서 30일 동안 발효시키며 아로니아 식초를 완성하였으며, 매 5일마다 알코올 함량과 초산 함량을 측정하여 초기 알코올 함량을 결정하였다. 현미식초와 포도식초의 경우, 아로니아 식초와 동일한 방법으로 제조하여 대조구로 사용하였다.

2.3. 산도, pH 및 알코올 농도 측정

총산도는 시료 10 mL를 중화시키는데 필요한 0.1 N NaOH의 mL 수를 적정 산도로 하였다. 즉, 시료 1 mL에 지시약으로 1.0% phenolphthalein을 2-3방울 넣은 다음 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 acetic acid(%)로 환산하였다. pH는 pH meter(Orion 3STAR, THERMO, Waltham, MA, USA)를 이용하여 상온에서 측정하였다. 알코올 농도는 시료 100 mL를 증류한 증류액을 약 70 mL 얻어낸 뒤 증류수를 첨가해 100 mL까지 되도록 희석하였다. 희석액은 온도를 보정한 다음 전자 알코올 측정기(PET-109, Atago, Tokyo, Japan)와 정밀 주정계로 주정환산표를 이용하여 알코올 농도를 측정했다.

2.4. 총폴리페놀 함량 분석

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger, 1981)을 변형하여 측정하였다. 추출물 1.0 mL에 1.0 N Folin-Ciocalteu 시약과 20% Na₂CO₃ 용액을 각각 1.0 mL씩 순서대로 첨가한 다음 실온에서 30분 동안 반응시킨 후 UV-Vis Spectrophotometer(UV-2450, SHIMADZU, Kyoto, Japan)로 765 nm에서 흡광도를 확인하였다. 표준 검량선은 Gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 0-200 ppm 농도로 단계별로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 뒤 이를 이용하여 시료 추출물의 총페놀 함량을 계산하였고, gallic acid equivalents (mg GAE/g extract)로 나타내었다.

2.5. 총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량은 Jia 등(1999)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료액 250 μL에 5.0% NaNO₂ 용액 75

μL 를 첨가하여 상온에서 5분 동안 반응시킨 후 10% AlCl_3 150 μL 를 첨가하였다. 이 용액에 1.0 M NaOH 500 μL 와 증류수 275 μL 를 첨가한 후 UV-Vis Spectrophotometer를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준 검량선은 catechin을 표준물질로 하여 0-1,000 ppm의 농도 범위에서 측정하여 얻은 후, 이를 바탕으로 시료의 총플라보노이드 함량을 산출하였다.

2.6. DPPH radical 소거 활성 측정

아로니아 와인의 DPPH 자유라디칼에 대한 환원력은 Blois MS(1958)의 방법을 따라 측정하였다. 에탄올에 녹인 200 μM 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl(DPPH)용액 800 μL 에 희석된 시료 200 μL 를 완전히 혼합하여 15분 동안 반응시킨 후, UV-Vis Spectrophotometer로 520 nm에서 흡광도값을 측정하였다. 각 시료 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성(EDA)은 아래와 같이 나타내었다.

$$\text{EDA (\%)} = \frac{\text{Blank O.D.} - \text{Sample O.D.}}{\text{Blank O.D.}} \times 100$$

2.7. Tannic acid 함량 측정

탄닌 함량은 Duval과 Shetty(2001)의 방법에 따라 측정했다. 아로니아 식초를 원심분리하여 상등액을 취한 시료 1.0 mL에 증류수를 동량 가해 혼합하고, 5% Na_2CO_3 용액 1.0 mL와 1.0 N Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.5 mL를 가한 다음 실온에서 60분 동안 반응시켰다. 모든 시료의 반응액을 동일한 비율로 5배가 되게 희석하여 측정범위에 들도록 한 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하고, 총탄닌 함량은 tannic acid(Samchun, Seoul, Korea)를 이용해 정량하였다.

2.8. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 결과값을 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 군 사이의 유의성 검증은 IBM SPSS Statistics 20 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 활용하였으며 one-way ANOVA 검정을 진행하여 유의성이 나타난 경우 Duncan's 다중 검정법($p < 0.05$)을 이용하여 비교한다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 알코올 함량과 산도 변화

아로니아 와인의 알코올 함량을 4, 6 및 8%로 조정하여 *A. pasteurianus*를 접종한 후 30°C에서 30일 동안 초산발효를 진행하면서 발효기간에 따른 알코올 함량과 산도 및 pH의 변화를 확인한 결과는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 초기 알코올 함량을 6%로 조절하는 것이 초산 발효에 가장 적합한 것으로 확인되었다. 즉, 초기 농도를 6%로 조절한 와인의 알코올 함량은 Fig. 1(A)에서와 같이 초산발효 15일째까지 $5.6 \pm 0.2\%$ 를 유지하고 있다가 20일째에 $2.8 \pm 0.1\%$ 로 급격한 감소를 나타내었으며, 이후 점차 감소하여 발효 30일째에는 1.3%를 나타내어 4.7%의 알코올이 발효에 활용된 것으로 판단되었다. 초기 농도를 4%로 조절한 와인의 초산 발효 중 알코올 함량은 6%로 조절한 처리구와 유사한 감소 경향을 보였으나, 발효 30일째에 0.5%를 나타내어 총 3.5%의 알코올이 초산발효에 사용된 것으로 판단되었다. 8% 처리구에서는 최종 알코올 농도가 $6.7 \pm 0.2\%$ 로 초산발효가 원활하게 일어나지 않았으며, 이는 고농도의 알코올 함량에 의해 초산균의 성장이 원활하지 못하였기 때문인 것으로 사료된다.

초기 알코올 함량을 달리한 아로니아 와인의 발효기간에 따른 산도 변화는 Fig. 1(B)에 나타난 바와 같이 알코올 함량과 대칭되는 패턴을 보여 초기 알코올 함량 6%구에서 초산 생성능이 가장 우수한 것으로 확인되었다. 즉, 발효 15일째에 $0.6 \pm 0.1\%$ 를 나타낸 후 급격히 증가하여 발효 20일째에는 $3.7 \pm 0.1\%$ 를 나타내었으며, 발효 30일째에는 $4.1 \pm 0.1\%$ 로 나타났다. 초기 알코올 4% 처리구에서도 비교적 활발한 초산 생성능을 보였으나, 최종 $3.5 \pm 0.1\%$ 의 초산이 생성되는데 그쳤으며, 초기 알코올 농도 8.0% 구에서는 최종 산도가 $1.1 \pm 0.1\%$ 로 생성량이 미미한 것으로 나타났다. 본 실험결과를 바탕으로 이후 실험은 초기 알코올 함량을 6%로 조절하여 진행하였다. Lee 등(2018)의 채소류와 블랙베리를 이용하여 발효한 식초의 산도가 7.14%로 나타났다는 보고와는 차이가 있는데, 이는 발효 균주와 종초 첨가량의 차이 등에 기인하는 것으로 판단되며, 향후 아로니아 껍질과 씨의 존재 유무, 발효 조건 등에 관한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 사료된다. Park 등(2014)은 반응표면

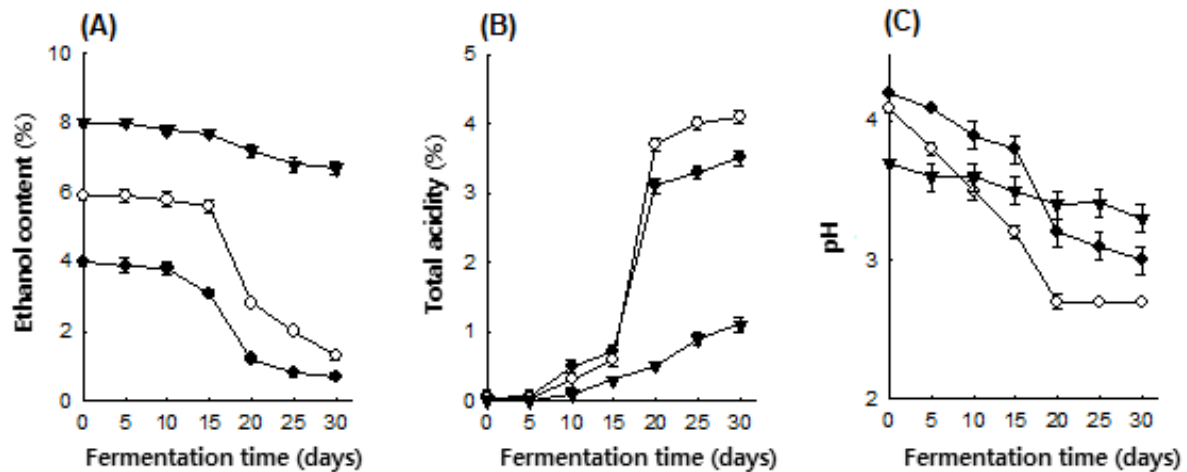


Fig. 1. Changes in ethanol, total acidity and pH of vinegar made with aronia (*Aronia melanocarpa*) during acid fermentation period. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. A, ethanol content; B, acetic acid content; C, pH. ●-●, 4% ethanol; ○-○, 6% ethanol; ▼-▼, 8% ethanol.

분석법을 이용한 아로니아의 초산발효 연구에서 초기 알코올 함량 7.78%, 초기 초산 농도 1.58%, 초산균 접종량 19.39%이 최적조건이라고 보고한 바 있으며, Lee 등(2016)은 당근와인으로 초산발효를 진행한 결과 초기 알코올 농도 6%, 종초 함량 5%, 발효온도 30℃가 가장 우수하였다고 본 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

초기 알코올 함량을 달리한 아로니아 와인의 발효기간에 따른 pH 변화는 Fig. 1(C)에 나타내었다. 초기 알코올 농도를 6%로 조절된 와인의 초산발효에 따른 pH는 발효 초기 pH 4.1을 나타내었으며, 발효가 진행됨에 따라 점차 감소하여 발효 20일째에 2.7±0.1을 나타낸 후 더 이상의 변화를 보이지 않는 것으로 확인되었다. 이는 베리류를 이용한 식초 제조 시 pH가 약 2.87을 나타내었다는 결과(Oh 등, 2017)와 블랙베리를 이용한 식초 제조 시 pH가 2.80-2.92로 측정되었다는 결과(Lee 등, 2018)와 유사한 경향이었다. 초기 알코올 농도를 4%로 조절된 와인은 6% 처리구와 유사한 패턴을 보였으며, 8% 처리구의 경우 초기 pH 3.7에서 발효 30일째에 pH 3.3을 나타내어 변화가 가장 적음을 확인할 수 있었다. pH와 산도 변화를 비교해 보면 총산의 증가와 pH의 감소 패턴이 비례적으로 일치하지 않음을 확인할 수 있는데, 이는 단백질의 분해에 의해 증가된 펩타이드와 아미노산이 식초의 완충력을 향상시켜 주었기 때문(Lee 등, 2013)인 것으로 판단된다.

3.2. 총폴리페놀 함량과 총플라보노이드 함량 변화

아로니아 와인의 알코올 함량을 6%로 조절한 후 초산발효를 진행하면서 총폴리페놀 함량의 변화를 살펴본 결과는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 발효가 진행됨에 따라 감소하는 패턴을 보였다. 즉, 발효초기의 총폴리페놀은 95.4±1.3

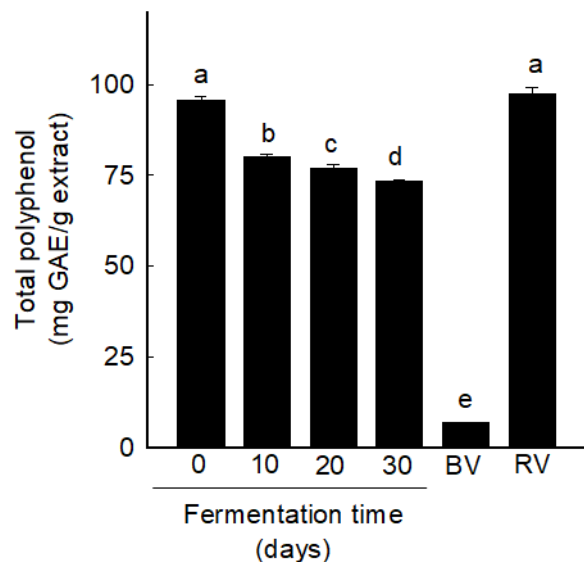


Fig. 2. Changes in contents of total phenolic compounds of vinegar made with aronia (*Aronia melanocarpa*) during acid fermentation period. BV, brown rice vinegar; RV, red grape vinegar. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-e) indicate significant differences (p<0.05).

mg GAE/g extract를 나타내었으나 발효 20일과 30일째는 각각 76.7 ± 1.1 과 73.4 ± 0.3 mg GAE/g extract로 확인되었다. 아로니아 식초의 폴리페놀 함량은 포도식초 (97.5 ± 1.5 mg GAE/g extract)보다는 함량이 낮았으나 현미식초(7.0 ± 0.1 mg GAE/g extract)보다는 상당히 높은 것으로 나타났다. 복분자식초의 총폴리페놀 함량이 38.01 mg/g으로 차좁액보다 높다고 한 Park 등(2012)의 보고와 으름 잎 첨가에 따라 양조식초의 총폴리페놀 함량이 증가하여 최대 41.46 mg GAE/g extract였다는 Kwon 등(2014)의 보고와 비교해 볼 때, 본 연구결과 아로니아 식초의 폴리페놀 함량이 상대적으로 높은 것으로 나타나 우수한 항산화 활성이 기대된다. 아로니아를 주원료로 초산발효를 진행하면서 총플라보노이드 함량의 변화를 확인한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 발효가 진행됨에 따라 함량이 감소하여 폴리페놀의 감소패턴과 유사한 변화를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 발효 초기의 플라보노이드 함량은 28.5 ± 1.5 mg CE/g extract를 나타내었으나 발효 20일과 30일째는 각각 20.2 ± 2.0 와 19.1 ± 2.5 mg CE/g extract로 확인되었다. 대조구로 사용된 현미식초(0.8 ± 1.5)와 포도식초($8.2 \pm$

0.2)와 비교하였을 때 아로니아 식초의 플라보노이드 함량이 상당히 높게 나타났는데, 이는 아로니아즙을 첨가할수록 유의적으로 가공식품의 플라보노이드 함량이 증가했다는 연구와 유사한 결과이다(Hwang과 Lee, 2013).

3.3. DPPH radical 소거능 변화

아로니아 와인의 알코올 함량을 6%로 조절한 후 초산발효를 진행하면서 DPPH radical 소거활성의 변화를 살펴본 결과는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 발효의 진행과 관계없이 모든 시험구에서 54.9-56.0%의 소거활성을 나타내었다. 대조구로 사용된 현미식초와 포도식초의 경우 각각 $22.7 \pm 0.5\%$ 와 $39.9 \pm 0.7\%$ 로 나타나 아로니아로 제조한 식초의 DPPH radical 소거능이 현미식초와 포도식초에 비해 유의적으로 높은 것으로 확인되었다. Yoon 등(2017)은 DPPH 라디칼 소거능은 아로니아 첨가량에 비례하여 높게 나타나, 아로니아만으로 제조한 와인에서 91.9% 이상의 높은 항산화 활성이 있는 것으로 보고한 바 있다. DPPH radical 소거능은 특정한 물질의 생체 내 산화 또는 생리 작용에 의해 발생하는 hydroxy radical 또는 superoxide radical 등

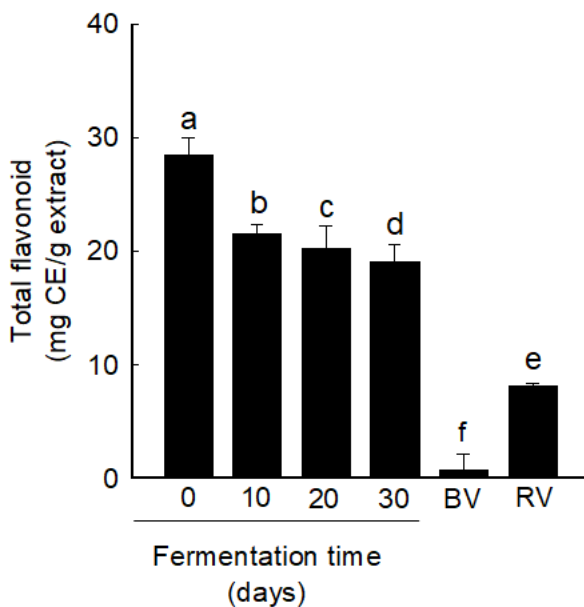


Fig. 3. Changes in contents of total flavonoids of vinegar made with aronia (*Aronia melanocarpa*) during acid fermentation period. BV, brown rice vinegar; RV, red grape vinegar. Values are mean±SD. Different letters (a-f) indicate significant differences ($p < 0.05$).

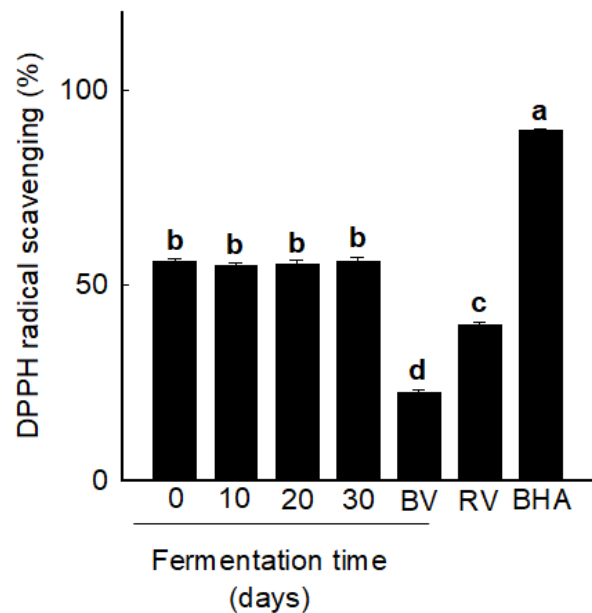


Fig. 4. Changes in DPPH radical scavenging activity of vinegar made with aronia (*Aronia melanocarpa*) during acid fermentation period. BV, brown rice vinegar; RV, red grape vinegar; BHA, butylated hydroxyanisole. Values are mean±SD. Different letters (a-d) indicate significant differences ($p < 0.05$).

을 제거시키는 항산화능을 평가할 때 사용되는 지표(Lee 등, 2011)로 DPPH radical 소거능에 의한 항산화 활성은 식초 중의 총폴리페놀, 플라보노이드 함량과 밀접한 관계가 있다고 보고(Kwon 등, 2014)된 바 있으며, Stella 등(2011)도 오렌지 주스에서 총페놀 함량이 높을수록 항산화능이 높음을 보고한 바 있다.

3.4. Tannic acid 함량

알코올 함량을 6%로 조절한 아로니아 와인의 초산발효에 서 tannic acid 함량 변화는 Fig. 5에서와 같이 발효 0일째 에 79.5±0.5 mg%를 나타내었으며 발효가 진행됨에 따라 점차 감소하여 발효 30일 째에는 40.0±0.6 mg%로 나타났다. 대조구로 사용된 포도식초의 tannic acid도 40.0± 0.5 로 발효 30일째의 아로니아 식초와 유사한 함량을 나타내었 으며 현미식초는 3.0±0.2 mg%로 상당히 낮게 나타났다. 본 연구에서 초기 탄닌 함량이 높게 나타난 이유는 아로니아 껍질, 잔가지 및 씨앗 등이 함께 발효되면서 침출되었기 때문인 것으로 사료된다. 이 결과는 감식초를 연구한 보고 에서 탄닌은 숙성이 지속될수록 불용성 탄닌으로 전환되어 측정값이 낮아졌다는 연구와 유사한 결과로써 발효가 지속

됨에 따른 탄닌 함량의 감소는 기호도 측면에서는 긍정적인 변화로 판단된다. 탄닌은 과일의 떫은맛을 내는 고분자성 폴리페놀의 일종으로 농도가 지나치게 높을 경우, 기호도에 부정적인 영향을 미치게 된다(Seo 등, 2000). Jeong 등 (1996)은 시판 유통되고 있는 감식초의 탄닌함량은 72.5 mg%로 나타나 본 연구의 아로니아 식초의 탄닌함량과 함 량이 유사하였으며 속성제조 감식초의 탄닌 함량이 높게 나 타났다고 보고한 바 있다.

4. 요약

본 연구에서는 아로니아의 활용성 확대와 기능성 연구의 일환으로 아로니아 와인으로 초산발효를 진행하여 항산화 활성을 확인하였다. 아로니아 와인의 초기 알코올 함량을 달리하여 30℃에서 30일 동안 초산발효를 진행한 결과, 초 기 알코올 함량을 6%로 조절하는 것이 4.1%의 초산을 생성 하여 가장 적합하였다. 이후 6%로 초기 알코올 함량을 조정 하여 초산발효를 진행한 결과, 총폴리페놀함량은 초산발효 가 진행됨에 따라 감소하였으며, 대조구인 현미식초보다는 높았으나 포도식초의 보다는 함량이 낮은 것을 확인되었다. 플라보노이드와 탄닌 함량은 초산발효가 진행됨에 따라 감 소하는 패턴을 보였으나, 대조구인 현미식초와 포도식초보 다 높은 것으로 나타났다. DPPH radical 소거활성은 발효 의 진행과 관계없이 모든 시험구에서 95.7% 이상으로 높게 나타났다. 본 연구결과를 바탕으로 아로니아 식초를 제조할 경우 항산화 활성이 우수한 식초의 제품 개발이 가능할 것 으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Choi UK. Methodology: Jang HS, Choi UK. Formal analysis: Lee NH, Jang HS. Validation: Jang HS. Writing - original draft: Lee NH, Choi UK. Writing - review & editing: Lee NH, Choi UK.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval

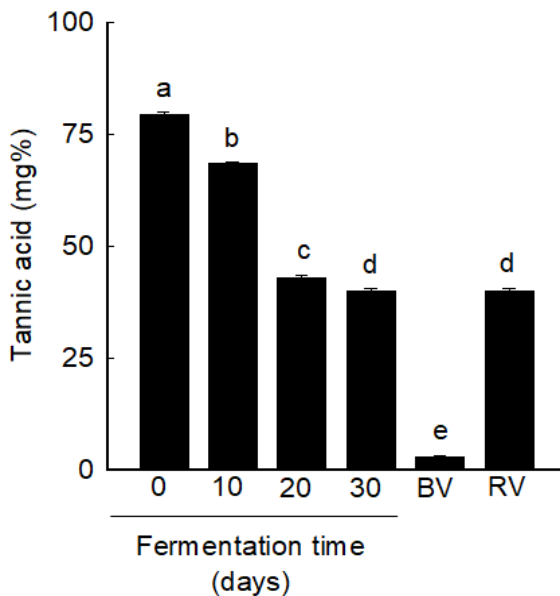


Fig. 5. Changes in contents of tannic acid of vinegar made with aronia (*Aronia melanocarpa*) during acid fermentation period. BV, brown rice vinegar; RV, red grape vinegar. Values are mean±SD. Different letters (a-e) indicate significant differences (p<0.05).

because there are no human and animal participants.

ORCID

Nan-Hee Lee (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-7549-0628>

Hyeock-Soon Jang

<https://orcid.org/0000-0001-7691-0279>

Ung-Kyu Choi (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-4551-8693>

References

- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Budak NH, Aykin E, Seydim AC, Greene AK, Guzel-Seydim ZB. Functional properties of vinegar. *J Food Sci*, 79, 757-764 (2014)
- 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* 43, 1349-1356 (2014)
- Duval B, Shetty K. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem*, 25, 361-377 (2001)
- Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc*, 58, 966-968 (1981)
- Handeland M, Grude N, Torp T, Slimestad R. Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term a pilot study. *Nutr Res*, 34, 518-525 (2014)
- Hwang ES, Lee YJ. Quality characteristics and antioxidant activities of *Yanggaeng* with aronia juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1220-1226 (2013)
- Hwang ES, Thi ND. Quality characteristics and antioxidant activities of *cheongpomook* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J Food Cook Sci*, 30, 161-169 (2014)
- Hwang YR, Hwang ES. Quality characteristics and antioxidant activity of *sulgidduk* prepared by addition of aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol*, 47, 452-459 (2015)
- Jang HS, Choi UK. Alcoholic fermentation characteristics for the manufacture of aronia vinegar. *J Biotech Bioind*, 7, 40-45 (2019)
- Jeon S, Kim B. The protective effects of polyphenol-rich black chokeberry against oxidative stress and inflammation. *Korean J Food Sci Technol*, 52, 138-143 (2020)
- Jeong EJ, Park HJ, Cha YJ. Fermented production of onion vinegar and its biological activities. *Korean J Food Nutr*, 29, 962-970 (2016)
- Jeong YG, Seo KI, Kim KS. Physicochemical properties of marketing and intensive persimmon vinegars. *J East Asian Diet Life*, 6, 355-363 (1996)
- Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*, 64, 555-559 (1999)
- Kahkonen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem*, 47, 3954-3963 (1999)
- Kwon WY, Lee EK, Yoon JA, Chung KH, Lee KJ, Song BC, An JH. Quality characteristics and biological activities of vinegars added with young leaves of *Akebia quinata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 989-998 (2014)
- Lee JK, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. Physicochemical characteristics and biological activities of *Makgeolli* supplemented with the fruit of *Akebia quinata* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 619-627 (2013)
- 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 SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. Stability of anthocyanin pigment in aronia *makgeolli*. Food Eng Prog, 18, 374-381 (2014)
- Lee SJ, Kim EJ, Kang MJ, Kim JI, Ryu CH. Fermentation characteristics of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) vinegar mixed with vegetables. J Agricul Life Sci, 52, 87-96 (2018)
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park S, Shin WC, Park CS, Hong S, Kim GW. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *Makgeolli*. Korean J Food Sci Technol, 43, 206-212 (2011)
- Lee YJ, Ahn YH, Seo WT. Carrot vinegar fermentation by independent two-step fermentation process and its physiochemical characteristics. J Agric Life Sci, 50, 151-164 (2016)
- Oh HH, 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, 46, 695-702 (2017)
- Ohgami K, Ilieva I, Shiratori K, Koyama Y, Jin XH, Yoshida K, Kase S, Kitaichi N, Suzuki Y, Tanaka T, Ohno S. Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. Invest Ophth Vis Sci, 46, 275-281 (2005)
- Park EJ. Quality characteristics of *sulgidduk* added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. J East Asian Soc Dietary Life, 24, 646-653 (2014)
- Park HJ, Jeong SH, Yoon HH, Jung JH, Song JY. Optimization of the acetic acid fermentation for aronia vinegar using response surface methodology. Korean J Food Cook Sci, 30, 792-799 (2014)
- Park KB, Kwon SY, Moon JH. Quality characteristics of aronia (*Aronia melanocarpa*) juice added yogurt dressing. Culi Sci & Hos Res, 21, 206-217 (2015)
- Park S, Chae KS, Son RH, Jung JH, Im YR, Kwon JW. Quality characteristics and antioxidant activity of bokbunja (black raspberry) vinegars. Food Eng Prog, 16, 340-346 (2012)
- Park SH, Park JH, Noh JG, Shin HM, Lee SH, Kim YH, Eom HJ. Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jams added with apple. Korean J Food Preserv, 23, 180-187 (2016)
- Park YO. Quality characteristics of fermented vinegars using pear. Korean J Food Preserv, 23, 778-787 (2016)
- Seo JH, Jeong YJ, Shin SR, Kim KS. Effects of tannins from astringent persimmons in alcohol fermentation for persimmon vinegars. J Korean Soc Food Sci Nutr, 29, 407-411 (2000)
- Sikora J, Broncel M, Markowicz M, Chalubinski M, Wojdan K, Mikiciuk-Olasik E. Short-term supplementation with *Aronia melanocarpa* extract improves platelet aggregation, clotting, and fibrinolysis in patients with metabolic syndrome. Eur J Nutr, 51, 549-556 (2012)
- Stella SP, Ferrarezi AC, Dos Santos KO, Monteiro M. Antioxidant activity of commercial ready-to-drink orange juice and nectar. J Food Sci, 76, 392-397 (2011)
- Woo SM, Kim OM, Choi IW, Kim YS, Choi HD, Jeong YJ. Condition of acetic acid fermentation and effect of oligosaccharide addition on kiwi vinegar. Korean J Food Preserv, 14, 100-104 (2007)
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. Acetic acid fermentation properties and antioxidant activity of lemongrass vinegar. Korean J Food Preserv, 24, 680-687 (2017)
- Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*). J Korean Soc Food Sci Nutr, 43, 273-280 (2014)
- Yoon HS, Park H, Park J, Jeon J, Jeong C, Choi W, Kim S, Park JM. Quality characteristics and volatile flavor components of aronia wine. Korean J Food Nutr, 30, 599-608 (2017)