

아로니아 첨가 비율에 따른 프리저브 잼의 품질 특성 및 항산화 활성

임상휘¹ · 김경철¹ · 김주성^{1,*}
¹제주대학교 식물자원환경전공

Quality characteristics and antioxidant activities of jams according to varying ratios of aronia

Sang Hwi Im¹, Kyeoung Cheol Kim¹, and Ju-Sung Kim^{1,*}
¹Major in Plant Resource and Environment, SARI, Jeju National University

Abstract This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of preserved jams prepared by mixing various ratios of aronia and sugar. To analyze the quality characteristics, the total sugar, pH, moisture, maximum stress, hardness, total phenolics, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), trolox-equivalent antioxidant capacity (TEAC), ferric reducing antioxidant power (FRAP), oxygen radical absorbance capacity (ORAC), and sensory characteristics of the preserved jams were measured. Lower aronia contents resulted in higher total sugar content, hardness, and strength, as well as lower moisture, total phenolic content, and DPPH, TEAC, FRAP, and ORAC values. In terms of the sensory characteristics, an aronia content of 30%, which was determined to have strong sweetness and texture, resulted in the lowest overall acceptability. In contrast, the highest preference was shown to an aronia content of 40%. In this study, quality characteristics and antioxidant activity experiments were conducted based on various ratios of aronia and sugar. The results are expected to be used as preliminary data for developing products that use domestic aronia.

Keywords: antioxidant activity, aronia, jam, quality characteristic, total phenolics

서 론

아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 장미과 아로니아속의 다년생 식물로 북아메리카가 원산지이다. 전통적으로 감기를 치료하기 위해 차로 이용되거나 북미 원주민들의 약재로 사용되어 왔다. 최근 건강식품에 대한 관심이 증대되고 아로니아의 생리활성이 점차 알려지면서 러시아와 동부 유럽 국가에서 와인, 잼, 주스 등으로 아로니아를 활용한 건강식품이 개발되기 시작하였다(Kokotkiewicz 등, 2010; Oszmiański와 Sapis, 1988). 아로니아는 폴리페놀과 안토시아닌이 풍부할 뿐만 아니라 재배가 쉽고 해충에 대한 저항성이 높기 때문에 재배 지역이 전 세계적으로 널리 분포한다(Chrubasik 등, 2010). 국내의 경우 2007년부터 아로니아 재배를 시작하였고 고소득 작물로 각광받아 2010년 이후 전국적으로 확대되었다(Choi 등, 2015). 아로니아는 생리활성을 가진 caffeic acid, ferulic acid, gallic acid 등의 페놀성 물질과 안토시아닌이 들어있지만 높은 탄닌 함량으로 인하여 특유의 맛과 향을 가지기 때문에 소비자들에게 기피되고 있다(Gim 등, 2020; Lee와 Kim, 2015; Oszmiański와 Wojdylo, 2005; Strigl 등, 1995). 아로니아의 시장성을 높이기 위한 일환으로 아로니아 특유의 떫은맛과 향을 개선하고자 하는 연구가 진행되고 있으며 그 예로

아로니아 분말을 첨가한 스펀지케이크(Jang 등, 2018), 쿠키(Lee와 Yoon, 2016), 식혜(Park, 2014), 젤리(Hwang과 Thi, 2015), 막걸리(Lee 등, 2014), 식초(Hwang과 Thi, 2020), 초콜릿(Park과 Chung, 2020) 등 다양한 연구가 진행되었다.

잼은 식품공전(MFDS, 2015)에서 과일류, 채소류, 유가공품 등을 당류 등과 같이 젤리화나 시럽화한 것으로 정의하고 있으며, 최대 70%까지 설탕을 첨가하고 가열하여 미생물 생장의 억제를 통해 방부성과 저장성을 높이는 저장형 식품이다(Hwang과 Tai, 2014). 잼의 종류에는 잼, 혼합잼, 젤리, 마멀레이드, 프리저브, 과일 버터 등이 있으며 잼을 제조할 때는 과육질에 당, 구연산, 펙틴 등을 첨가하여 가열, 농축하는 방법으로 만들어진다(Lee와 Jeong, 1999). 일반적으로 잼은 과일을 으개거나 분쇄하여 페이스트 형태에서 설탕과 혼합하지만 프리저브는 과일의 형태가 보존된 상태에서 제조한 것이다(Baker 등, 2004). 프리저브 잼은 일반 잼과 비교하였을 때 과일의 형태가 보존된 만큼 천연 과일향을 풍부하게 발현하고, 특유의 풍미와 조직감을 나타낸다는 장점이 있다. 지금까지의 주된 잼 제조방법은 단순하게 빵에 바르는 목적으로 과일을 페이스트 형태로 만들어서 제조하였지만 생활수준의 증대로 인해 소비자들의 잼을 섭취하는 방법이 점차 다양해지면서 프리저브에 대한 연구의 필요성도 증대되고 있다. 프리저브 잼을 만들기 위해 과일과 설탕을 1:1로 혼합한 뒤 그대로 가열 제조하여 실험에 사용하였다는 보고(Aksay 등, 2018)가 있지만 이와 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

본 실험에서는 아로니아 열매를 분쇄하거나 으개지 않고 과실을 보존한 상태에서 설탕과 혼합하여 가열하였으며, 빵에 발라서 먹는 것이 아닌 요거트에 섞어서 먹는 용도로 프리저브 잼을 제조하였다. 실험에 사용하기 위한 프리저브 잼은 아로니아와 설탕

*Corresponding author: Ju-Sung Kim, College of Applied Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3314
Fax: +82-64-725-2351
E-mail: aha2011@jejunu.ac.kr
Received February 3, 2022; revised March 10, 2022;
accepted March 10, 2022

을 비율별로 혼합하였으며 이에 대한 당도, pH, 수분함량, 기계적 경도, 총 페놀 함량을 비교하고 항산화 활성 및 관능 평가를 진행하여 아로니아 프리저브 잼의 비율 조건을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 아로니아 열매는 제주도 성산읍에 위치한 일출봉아로니아 농장에서 구입하였고, -20°C 에서 보관하였다. 설탕은 시중에서 판매하는 백설탕을 구입하여 사용하였다.

아로니아 프리저브 잼 제조

아로니아와 설탕의 첨가 비율(% w/w)을 달리하여 프리저브 잼(이하 “잼”으로 표현)을 만들었다(Table 1). 잼의 제조는 각 재료를 혼합하여 히팅팬틀(MS-EAMD, Misung Scientific, Co., Ltd., Seoul, Korea)로 80°C 에서 30분 간 예비가열 후 100°C 에서 1시간 동안 재가열하여 만들었다. 완성된 잼은 증류수에 희석한 후 추출물로 하여 품질 특성 및 항산화 실험의 재료로 사용하였다.

당도, pH 및 수분함량 측정

잼의 pH 측정은 Park 등(2016)의 방법을 참고하였다. 1 g의 잼에 10 mL의 증류수를 가하여 vortex mixer로 교반한 다음 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 분리한 상층액(이하 “잼 추출물”으로 표현)하였으며, 잼의 pH, 농도 및 항산화 활성 측정에 이용)을 pH 측정기(DE/PB-10, Sartorius, Gottingen, Germany)로 측정하였다. 당도는 잼 1 g을 증류수 10 mL에 희석한 뒤 분석용 시료를 제작하였고 당도계(SAM-706AC, G-won Hitech Co., Ltd., Seoul, Korea)로 3회 반복 측정하여 Brix%로 나타냈다. 수분 함량은 잼 1 g을 취한 뒤 Moisture analyzer (HB43-s, Mettler Toledo, Ohio, USA)를 사용하여 3회 반복 측정 후 실험 결과를 평균 값으로 표현하였다.

기계적 경도

아로니아와 설탕을 혼합하여 제조한 잼의 경도는 Jin 등(2008)의 방법을 참고하여 측정하였다. 50 g의 잼을 취하여 직경 4 cm, 높이 4.2 cm의 원통 용기에 담은 다음 rheometer (Compac-100, Sun Science Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 진입 깊이 10 mm, table speed 120 mm, load cell 2 kg로 하였다.

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량 측정 방법은 항산화 활성을 측정하는 방법은 아니지만 식물성 페놀 물질이 항산화와 밀접한 관련이 있기 때문에 항산화 연구에서 자주 사용되고 있는 실험 방법이다(Kim과 Kim, 2019). 잼의 총 페놀 함량 측정은 Ko 등(2017)의 방법으로 측정하였다. 각각의 잼 추출물 20 μL 에 증류수 700 μL 를 넣고 50% Folin-Ciocalteu 시약 100 μL 를 가한 뒤 2시간동안 반응하였다. 반응 후에는 20% sodium carbonate 시약을 100 μL 씩 가하여 1시간 동안 정치하였다. 이후 microplate reader (i-Mark 168-1135, Bio-Rad, California, USA)를 사용하여 흡광도 750 nm에서 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 gallic acid로 표준검량곡선을 작성하여 gallic acid equivalent (GAE)로 나타내었다.

항산화 활성 측정

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능은 Shin과

Table 1. Formula for aronia preserves

| Samples code | Aronia ratio (%) | Ingredients (g) | | Total (g) |
|--------------|------------------|-----------------|-------|-----------|
| | | Aronia | Sugar | |
| A1 | 30 | 60 | 140 | 200 |
| A2 | 40 | 80 | 120 | 200 |
| A3 | 50 | 100 | 100 | 200 |
| A4 | 60 | 120 | 80 | 200 |
| A5 | 70 | 140 | 60 | 200 |

Song(2017)의 방법을 변형하여 실시하였다. DPPH는 보라색을 띠는 비교적 안정한 유리기로 520 nm에서 최대의 흡광도 값을 가지고 있으며 전자공여체와 반응하게 되면 노란색으로 변하게 되는데, 이러한 원리를 이용하여 항산화 측정이 가능하다(Kim과 Kim, 2016). 잼 추출물 40 μL 에 0.15 mM DPPH 용액 160 μL 를 96-well plate에서 혼합한 뒤 암실에서 30분 동안 반응하였다. 이후 microplate reader를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 DPPH radical 소거능은 아래 식과 같은 방법으로 계산하였으며 DPPH radical을 50% 소거하는데 필요한 시료의 양을 RC_{50} 으로 표기하였다.

DPPH radical scavenging rate (%)

$$= \frac{[(\text{Control}-\text{Blank}) - (\text{Sample}-\text{Sample Blank})]}{(\text{Control}-\text{Blank})} \times 100$$

Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)는 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox)를 표준물질로 사용하여 ABTS 라디칼을 소거하는 항산화력을 측정하는 방법이다. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)는 산화물질인 potassium persulfate와의 반응으로 radical이 생성되어 진한 청록색을 띠게 되고 항산화 물질과 반응할 경우 무색으로 환원되는 원리를 이용한다. TEAC 측정은 Kim과 Kim(2019)의 방법을 변형하여 측정하였다. 실험에 사용할 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 혼합한 뒤 암실에서 16시간동안 방치하여 ABTS 반응 용액을 제조하였다. ABTS 용액은 750 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 가 되도록 증류수로 희석하여 실험에 사용하였다. 잼 추출물 10 μL 와 ABTS 용액 200 μL 를 가하고 5분 동안 반응하여 microplate reader로 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 농도별(0-400 μM) trolox를 표준물질로 표준검량곡선을 작성하여 TEAC값을 계산하였다. 계산 값은 추출물 g 당 trolox equivalent로 나타내었다.

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)는 활성산소의 소거방식이 아닌 전자 공여능을 통해 3가 철이 2가 철로 환원되는 것을 평가하는 방법이다. 595 nm에서 파란색을 나타내게 되면 환원력을 가지고 있다고 판단하며 흡광도 값이 높을수록 항산화 활성이 높다고 표현한다. FRAP 측정은 Kim과 Kim(2019)의 방법을 변형하여 측정하였다. 10 mM 2,4,6-tripyridyls-triazine과 20 mM ferric chloride, 0.3 M sodium acetate buffer (pH 3.6)를 각각 1:1:10의 비율로 혼합하여 37°C 에서 10분 동안 반응하여 FRAP working solution을 제조하였다. 이후 96-well plate에 잼 추출물 5 μL 와 FRAP working solution 150 μL 를 가하여 37°C 조건에서 15분 동안 발색한 뒤 microplate reader를 사용하여 595 nm에서 흡광도를 측정하였다. 농도별 FeSO_4 (0-200 μM)는 측정된 흡광도 값의 계산에 사용하였고 g당 FeSO_4 equivalent로 나타내었다.

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC)는 활성산소에 의해 손상되는 형광 값을 일정 시간에 따라 측정한다. ORAC의 표준

물질로는 비타민 E 유도체인 trolox를 주로 사용하며, 활성산소 생성을 위해 2,2'-azobis dihydrochloride (AAPH)를 사용하여 활성산소 흡수능력을 측정한다. ORAC의 측정은 Kim과 Kim(2019)의 방법을 변형하여 측정하였다. 10 µg/mL 농도의 잼 추출물 50 µL를 분주한 뒤 75 mM phosphate buffer (pH 7.4)로 희석한 78 nM fluorescein 용액을 150 µL 가하여 37°C에서 10분 배양하였다. 그 다음 221 mM AAPH 50 µL를 가하여 excitation 485 nm, emission 535 nm에서 1분 간격으로 1시간 동안 형광도를 측정하였다. 측정된 형광도는 area under the curve를 계산하고, 농도별로 측정된 trolox에 대한 표준검량곡선에 따라 추출물 g당 TE (trolox equivalent)로 나타내었다.

관능 평가

아로니아와 설탕의 배합비율을 달리하여 제조한 잼의 관능 평가는 제주대학교 친환경농업연구소 연구원 중 20대 남녀 18명을 패널로 선정하여 실험 목적과 잼의 품질 요소에 대해 사전 훈련을 실시한 후, 5점 평점법(5-point scaling)으로 실시하였다. 잼 시료 10 g과 요거트 20 g을 혼합하여 제공하였으며, 모든 평가에서 1개의 시료를 평가한 뒤에는 물로 입안을 헹구고 다음 평가를 진행하도록 지시하였다. 평가항목은 잼의 관능적 평가 영역과 그 특성에 대한 개인적 선호도 영역으로 구분하였다. 평가된 관능적 특성으로는 단맛(sweetness), 식감(texture), 떫은맛(Astringency)으로 구성하였으며 '강하다'를 5점으로, '약하다'를 1점으로 나타내었다. 개인적 선호도인 종합적 선호도(overall acceptability)는 '매우 싫다'를 1점으로, '매우 좋다'를 5점으로 하여 평가하였다.

통계처리

본 연구의 실험은 3회 반복하여 실시하였다. 통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 Duncan의 다중범위검정(Duncan multiple range test, DMRT)을 실시함으로써 통계학적으로 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

당도, pH 및 수분함량 측정

잼의 당도, pH와 수분함량을 측정하여 Table 2에 나타내었다. 당도는 아로니아 열매의 첨가 비율이 70%인 A5에서 가장 낮은 4.4°Brix를 나타냈고, 아로니아의 첨가 비율이 낮아짐에 따라 당도는 상반되게 높아지는 경향을 보였으며 A1에서 가장 높은 7.03°Brix를 확인하였다. Park 등(2009)의 무잼, Lee와 Jang(2009)의 모과잼, Kim 등(2013)의 딸기잼 연구에서 설탕의 함량이 높아질수록 당도가 증가한다고 보고하였는데, 본 실험에서도 아로니아의 첨가 비율이 낮아지면서 상대적으로 설탕의 첨가 비율이 높아지기 때문에 당도 증가에 영향을 준 것으로 판단된다. 잼의 비율별 제조군의 pH는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 자색당근(Cho와 Chung, 2019)이나 오이풀(Lee, 2017)을 비율별로 첨가한 쿠키에서도 시료 간 pH 차이가 없었으며 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 잼의 수분함량은 아로니아를 30% 함유한 잼인 A1에서 12.64%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 아로니아의 비율이 높아짐에 따라 수분함량도 비례적으로 증가하여 A2에서 21.87%, A3에서 30.08%, A4에서 37.23%로 나타났으며 아로니아 함량 70%인 A5에서 수분함량 45.22%의 유의적인 차이를 나타내었다. 이는 아로니아의 함량이 증가할수록 열매에 함유되어 있는 과육과 액즙에 기인한 결과인 것으로 판단된다. Kim 등(2013)의 연구에서는 고아미 첨가량에 따라 약과의 수분함량이 비례적

Table 2. Total sugar, pH and moisture value of preserves manufactured with various proportions of aronia

| Groups ¹⁾ | Total sugar (°Brix) | pH | Moisture (%) |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| A1 | 7.03±0.21 ^a | 5.38±0.07 ^a | 12.64±2.28 ^c |
| A2 | 6.07±0.23 ^b | 5.37±0.09 ^a | 21.87±1.24 ^d |
| A3 | 5.50±0.10 ^b | 5.36±0.06 ^a | 30.08±1.33 ^c |
| A4 | 4.90±0.56 ^c | 5.33±0.07 ^a | 37.23±2.14 ^b |
| A5 | 4.40±0.30 ^c | 5.42±0.17 ^a | 45.22±1.72 ^a |

Data (mean±SD) with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ (Duncan).

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

Table 3. Maximum stress and hardness value of preserves manufactured with various proportions of aronia

| Groups ¹⁾ | Maximum stress | Hardness |
|----------------------|-------------------------|------------------------|
| A1 | 33.00±7.00 ^a | 4.67±0.99 ^a |
| A2 | 6.67±0.57 ^b | 0.94±0.08 ^b |
| A3 | 5.33±0.57 ^b | 0.75±0.08 ^b |
| A4 | 5.33±0.57 ^b | 0.75±0.08 ^b |
| A5 | 5.33±0.57 ^b | 0.75±0.08 ^b |

Data (mean±SD) with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ (Duncan).

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

으로 증가하였고, 고아미에 있는 수분이 약과에 다량 스며들어 수분 함량이 높게 나타난 것으로 확인되었다. Kwon과 Park(2009)은 오미자의 첨가 농도 증가에 따라 정과의 수분 함량을 측정할 결과 오미자 첨가 농도 의존적으로 수분함량이 비례적으로 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

기계적 경도 측정

잼의 최대응력과 강도를 측정하였다(Table 3). 최대응력은 A3, A4, A5 처리구에서 가장 낮은 5.33을 나타내었고 A2에서 6.67로 확인되었으며 A1에서 가장 높은 33.00을 나타내었다. 강도도 최대응력과 마찬가지로 A3, A4, A5에서 가장 낮은 값을 보여주었으며 A1에서 가장 높은 강도 값을 나타내었다. A1에서 강도와 최대응력이 증가한 것은 설탕의 용해도에 의한 것으로 생각된다. 잼의 젤리화에 필요한 당도는 일반적으로 약 60% 정도이지만 너무 과도하게 높은 당을 첨가하면 당분의 결정이 석출되기 쉬워진다. 설탕의 용해도는 물 100 g에 설탕이 208.9 g이 녹는 것으로 알려져 있는데 이는 물에 설탕이 약 67%까지 용해가 잘된다는 의미로 본 실험에서 설탕 함량이 60%인 A2 제조군까지는 설탕의 용해도가 적정 범위였지만 설탕 함량이 70%인 A1 제조군부터는 설탕의 용해도가 포화상태에 이르러 재결정화가 되었기 때문에 강도와 최대응력이 증가한 것으로 판단된다(INCHEM, 2022). 과실에 존재하는 pectin은 주로 세포막과 세포벽 사이에 존재하는 수용성 다당체이며 식품의 점도 증가, 겔 형성제로 사용된다(Kwon 등, 2016). 아로니아에는 펙틴 함량이 0.3-0.6%로 아로니아 자체적으로는 잼이 형성되기 어렵지만 설탕 용액을 가열하게 되면 가수분해와 전화가 발생하는데 이 과정에서 포도당과 과당이 발생하여 점도가 생기게 된다. 설탕의 비율이 증가함에 따라 점도도 높아져 강도와 최대응력에 영향을 준 것으로 판단된다.

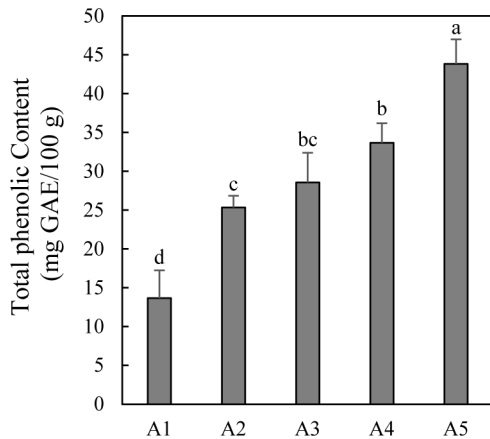


Fig. 1. Total phenolic content of preserves manufactured with various proportions of aronia. Total phenolic content analyzed as gallic acid equivalent mg GAE/100 g of extract.

총 페놀 함량 측정

잼의 총 페놀 함량은 13.66-43.81 mg GAE/100 g 범위에서 나타났다(Fig. 1). 아로니아의 함량이 30%인 A1의 경우 총 페놀 함량이 13.66 mg GAE/100 g으로 나타났고, 아로니아 함량이 70%인 A5의 값은 43.81 mg GAE/100 g으로 확인되었다. Kwon 등(2015)

의 연구에서는 비파 푸레를 첨가한 양갱의 실험에서 비파 푸레의 첨가량에 따라 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. Hwang(2021)은 아로니아 첨가 죽의 총 폴리페놀 함량이 아로니아 첨가 비율에 따라 비례적으로 증가한다고 하였다. 잼의 아로니아 함량이 증가함에 따라 아로니아에 함유된 caffeic acid, ferulic acid, *p*-coumaric acid, rutin 등 다양한 페놀성 화합물도 비례적으로 증가하여 총 페놀 함량에 영향을 준 것으로 판단된다 (Gim 등, 2020).

항산화 활성 측정

잼의 항산화 활성을 측정하기 위해 DPPH, TEAC, FRAP, ORAC 실험을 진행하였으며 실험 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 잼의 DPPH 실험은 DPPH radical을 50% 저해하는데 필요한 농도인 RC_{50} 값으로 표기하였다. 아로니아 첨가량이 30% (w/w)인 A1 처리구의 경우 $3137.74 \pm 152.07 \mu\text{g/mL}$ 로 가장 낮은 활성이 확인되었고, 이후 아로니아 첨가량이 40-60%로 높아지는 A2-A4 처리구에서 DPPH radical 저해 활성이 점차 높아지는 경향이 확인되었으며 A5에서 저해활성이 가장 높은 $762.20 \pm 42.51 \mu\text{g/mL}$ 으로 나타났다. 이는 아로니아의 열매 첨가 비율이 높아짐에 따라 아로니아에 함유된 항산화 성분이 비례적으로 높아지기 때문인 것으로 판단된다. 잼의 TEAC 값은 36.73-201.46 mM TE/g 범위를 나타냈으며 잼에서 열매의 첨가량이 높아질수록 TEAC 값도 비례적으로 상승하는 것을 확인할 수 있다. Hwang(2021)의 연구에

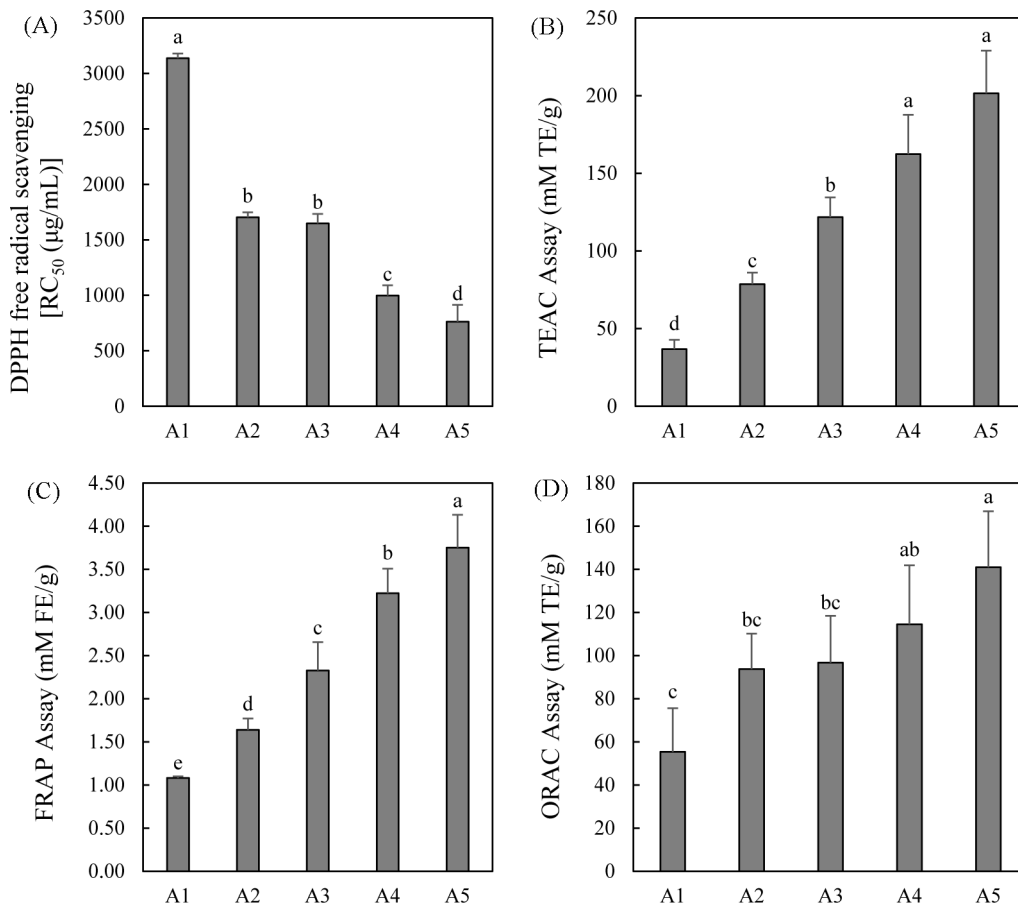


Fig. 2. Antioxidant activities of preserves manufactured with various proportions of aronia. A; DPPH free radical scavenging, B; TEAC Assay, C; FRAP Assay, D; ORAC Assay. DPPH free radical scavenging activities were expressed as RC_{50} values ($\mu\text{g/mL}$). TEAC analyzed as mM trolox equivalent (TE)/g of extract. FRAP analyzed as mM ferrous sulfate equivalent (FE)/g of extract. ORAC analyzed as mM trolox equivalent (TE)/g of extract.

Table 4. Sensory characteristics of preserves manufactured with various proportions of aronia

| Groups ¹⁾ | Sweetness | Texture | Astringency | Overall acceptability |
|----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| A1 | 4.72±0.57 ^a | 3.72±0.95 ^a | 2.28±1.49 ^a | 2.72 ± 1.45 ^c |
| A2 | 4.00±0.84 ^b | 3.61±0.84 ^a | 2.44±1.10 ^a | 3.83 ± 0.71 ^a |
| A3 | 3.83±0.92 ^b | 3.38±0.91 ^{ab} | 2.17 ± 1.47 ^a | 3.22 ± 1.00 ^{bc} |
| A4 | 3.22±0.88 ^c | 2.83±1.04 ^{bc} | 2.28 ± 1.07 ^a | 3.33 ± 0.77 ^{bc} |
| A5 | 2.11±0.76 ^c | 2.55±1.09 ^c | 2.22 ± 1.48 ^a | 3.17 ± 1.42 ^{bc} |

Data (mean±SD) with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$ (Duncan).

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

서는 아로니아를 첨가한 죽의 항산화 측정에서 아로니아 첨가 비율에 따라 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 증가한다고 보고하였다. 잼의 FRAP 값은 아로니아 함량이 30%인 A1에서 1.08±0.02 mM FE/g으로 가장 낮은 활성을 나타냈으며, 아로니아 함량이 증가함에 따라 FRAP 값도 증가하였고 A5에서 3.75±0.38 mM FE/g으로 가장 높은 환원력을 나타내었다. Yang 등(2016)은 오디농축액의 첨가 비율이 증가함에 따라 FRAP 값도 비례적으로 증가한다고 하였으며 본 실험도 유사한 경향을 나타내었다. ORAC는 음식, 음료, 건강기능식품 등의 항산화물질의 양을 측정하여 나타낸다. 일정시간 동안 free radical에 의해 형광 값이 감소하게 되는데 항산화물질은 free radical에 의한 형광 값 감소를 방지하므로 식품의 항산화능력을 측정할 수 있다(Kim과 Park, 2011). 잼의 ORAC 값의 범위는 55.38-140.98 mM TE/g으로 확인되었다. 아로니아 첨가량이 30% (w/w)인 A1에서 55.38±20.27 mM TE/g으로 가장 낮았고, 70% (w/w)인 A5에서 가장 높은 140.98±25.97 mM TE/g으로 나타났다. 이는 Seo 등(2016)의 연구에서 보고된 블루베리잼, 라즈베리잼, 딸기잼의 ORAC 값보다 더 높은 수치였다. 아로니아의 주요 화합물은 cyanidin-3-O-galactoside, cyanidin-3-O-arabinoside, cyanidin-3-O-xylosid 등의 안토시아닌으로 보고되었다(Oszmiański와 Wojdyło, 2005). 또한 ORAC의 측정은 안토시아닌 함량과 양의 상관관계가 있다고 보고되었다(Stintzing 등, 2002). 아로니아 함량에 따라 ORAC가 증가하는 실험결과는 과일에 함유된 안토시아닌이 직·간접적으로 항산화 활성에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한, 항산화 활성은 아로니아 첨가 비율에 따라 비례적으로 점차 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 결과는 아로니아에는 페놀성 화합물 같은 다양한 생리활성 물질의 함량이 높기 때문에 실험 결과에 영향을 주었을 것으로 판단된다(Gim 등, 2020; Strigl 등, 1995).

관능 평가

아로니아와 설탕의 배합비율을 달리하여 제조한 잼의 관능 평가는 Table 4에 나타내었다. 5점 평점법으로 평가한 잼의 관능 평가는 단맛(sweetness) 2.11-4.72, 식감(texture) 2.55-3.72, 떫은맛(Astringency) 2.17-2.44, 종합적 선호도(overall acceptability) 2.72-3.83 범위를 나타내었다. 단맛은 아로니아 첨가량 70% (w/w)인 A5에서 가장 약했고 아로니아 첨가량이 줄어들수록 단맛은 오히려 증가하는 경향을 나타내었으며, 아로니아 첨가량 30% (w/w)인 A1에서 가장 강하였다. 이는 아로니아 비율이 줄어들고 동시에 설탕 함량이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 식감은 A5에서 가장 약하였고, 아로니아의 첨가량이 줄어드는 것과는 반대로 식감은 증가하는 경향을 나타내었다. 아로니아와 설탕을 비율대로 혼합하여 가열할 때 설탕의 함량이 높은 제조군은 설탕이 가열되면서 포도당과 과당의 발생으로 점성이 있는 용액으로 변화

여 아로니아 열매와 설탕이 균형을 이루면서 가열이 되었으나, 설탕의 함량이 적은 제조군은 아로니아 열매가 직접적으로 가열이 되면서 수분이 외부로 빠져나갔으며, 이후 열매의 형태가 변해버렸기 때문에 식감에 영향을 준 것으로 판단된다. 종합적 선호도는 단맛이 가장 강한 A1에서 가장 낮았는데, 이는 A1의 경우 높은 설탕 함량으로 인해 단맛이 너무 강해서 오히려 선호도가 낮아진 것으로 생각되며 과도한 설탕의 첨가는 색, 맛, 텍스처에 좋지 않은 영향을 준다는 연구결과와 일치하였다(Park 등, 2009). 한편, 설탕 함량 60% (w/w)인 A2에서 가장 높은 선호도를 나타내었는데, 이는 설탕 함량을 57.5% 비율로 제조한 무잼의 관능평가에서 가장 높게 나타난 연구결과와 유사하였으며(Park 등, 2009), 응답자들에게 적당한 단맛과 식감을 제공하였기 때문에 선호도가 가장 높았던 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 생리활성물질이 풍부한 아로니아를 활용하여 가공식품 개발에 필요한 기초 연구 데이터를 제공하기 위해 아로니아와 설탕의 배합비율별 프리저브 잼을 제조한 뒤 그 품질 특성과 항산화 활성을 조사하였다. 배합비율에 따라 아로니아의 함량이 낮아질수록 당도는 높아졌으며 수분함량은 낮아지는 경향을 나타내었다. 강도와 최대응력은 아로니아 함량이 줄어들고 설탕의 함량이 증가할수록 높은 값을 나타내었다. 잼의 비율별 항산화 활성은 아로니아 함량 70%에서 DPPH radical 저해율이 가장 높았다. 총 페놀 함량, TEAC, FRAP, ORAC의 값은 모두 아로니아 함량에 따라 비례적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 관능평가에서 단맛과 식감이 모두 강하다고 평가된 아로니아 함량 30%에서는 오히려 종합적 선호도에서 가장 낮게 나타났으며 아로니아 함량 40%에서 가장 높은 선호도를 나타내었다. 본 연구에서는 아로니아와 설탕 배합비율에 따른 품질 특성과 항산화 연구를 진행하였으며 국산 아로니아를 활용한 제품의 개발에 기초 자료로서 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2022학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었습니다.

References

- Aksay S, Tokbaş H, Arslan R, Çınar F. Some physicochemical properties of the whole fruit mandarin jam. *Turk. J. Agric. Food Sci. Technol.* 6: 632-635 (2018)
- Baker RA, Berry N, Hui YH, Barrett DM. Fruit preserves and jams.

- 2: 113-125. Processing fruits: science and technology. Barrett, DM, Somogyi L, Ramaswamy HS. (Eds.). CRC press, FL, USA (2004)
- Cho MR, Chung HJ. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies made with black carrot powder. *J. Korean Soc. Food Cult.* 34: 612-619 (2019)
- Choi KH, Oh HJ, Jeong YJ, Lim EJ, Han JS, Kim JH, Kim OY, Lee HS. Physico-chemical analysis and antioxidant activities of Korea *Aronia melanocarpa*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1165-1171 (2015)
- Chrubasik C, Li G, Chrubasik S. The clinical effectiveness of chokeberry: a systematic review. *Phytother. Res.* 24: 1107-1114 (2010)
- Gim SW, Chae KS, Lee SJ, Kim KD, Moon JH, Kwon JW. Main constituents and bioactivities of different parts of aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 52: 226-236 (2020)
- Hwang ES. Quality characteristics and antioxidant activity of rice porridge supplemented with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. *Korean J. Food Preserv.* 28: 63-71 (2021)
- Hwang ES, Tai ND. Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jam replacing sucrose with different sugar substances. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 888-896 (2014)
- Hwang ES, Thi ND. Quality characteristics of jelly containing aronia (*Aronia melanocarpa*) juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 738-743 (2015)
- 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.* 49: 167-176 (2020)
- INCHEM. Sucrose. Available from: <https://inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1507.htm>. Accessed Mar. 06, 2022.
- Jang NH, Roh HS, Kang ST. Quality characteristics of sponge cake made with aronia powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 50: 69-75 (2018)
- Jin TY, Heo SI, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) jam. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 48-52 (2008)
- Kim HA, Yang JS, Kim YS. Quality characteristics of baked Yackwa made with various amounts of Goami powder and wheat flour. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 19: 179-188 (2013)
- Kim JS, Kim KC. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of *Tradescantia pallida* (rose) hunt leaf extract and fractions. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 24: 222-227 (2016)
- Kim KC, Kim JS. Physiological activity of the extract from Dolwoe (*Gynostemma pentaphyllum* Makino) leaves tea by different ethanol concentrations. *J. Plant Biotechnol.* 46: 37-44 (2019)
- Kim MJ, Park EJ. Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1053-1062 (2011)
- Ko HM, Eom TK, Song SK, Jo GY, Kim JS. Tyrosinase and α -glucosidase inhibitory activities and antioxidant effects of extracts from different parts of *Hypochaeris radicata*. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 25: 139-145 (2017)
- Kokotkiewicz A, Jaremicz Z, Luczkiewicz M. Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J. Med. Food* 13: 255-269 (2010)
- Kwon HJ, Park CS. Quality characteristics of bellflower and lotus root Jeonggwa added Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extract. *Korean J. Food Preserv.* 16: 53-59 (2009)
- Kwon SW, Ko HJ, Bae JT, Kim JH, Lee GS, Pyo HB. Cell protective effects of enzymatic hydrolysates of citrus peel pectin. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 42: 75-85 (2016)
- Kwon SY, Chung CH, Park KB. Quality characteristics of Yanggaeng containing various amounts of loquat fruits puree. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 21: 75-84 (2015)
- Lee EY, Jang MS. Optimization of ingredients for the preparation of Chinese quince (*Chaenomeles sinensis*) jam by mixture design. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 935-945 (2009)
- Lee GD, Jeong YJ. Optimization on organoleptic properties of red pepper jam by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 1269-1274 (1999)
- Lee J, Yoon JY. The quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 22: 179-189 (2016)
- Lee S, Kim JK. Quality characteristics of *Aronia melanocarpa* by different drying method. *Korean J. Food Preserv.* 22: 56-62 (2015)
- Lee SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. Stability of anthocyanin pigment in aronia makgeolli. *Food Eng. Prog.* 18: 374-381 (2014)
- Lee SH. The quality characteristics of cookies containing of powder *sanguisorba officinalis* L. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 23: 74-80 (2017)
- MFDS. Korea food standard code. Korea Food and Drug administration, Korea 4: 54-5 (2015)
- Oszmianański J, Sapis JC. Anthocyanins in fruits of *Aronia melanocarpa* (chokeberry). *J. Food Sci.* 53: 1241-1242 (1988)
- Oszmianański J, Wojdylo A. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 809-813 (2005)
- Park HR, Chung CH. Antioxidant activities of on white ganache chocolate with *Aronia melanocarpa* powder. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 26: 97-106 (2020)
- Park JE, Kim MJ, Jang MS. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Chinese radish (*Raphanus sativus* L.) jam. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 235-243 (2009)
- Park LY. Quality characteristics and antioxidant activity of Sikhe prepared using hot water extracts of roasted coffee ground residue. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 470-476 (2014)
- Park SH, Park JH, Noh JG, Shin H, Lee SH, Kim Y, Eom HJ. Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jams added with apple. *Korean J. Food Preserv.* 23: 180-187 (2016)
- Seo JY, Jang JH, Kim JS, Kim EJ, Kim JS. Development of low-sugar antioxidant jam by a combination of anthocyanin-rich berries. *Appl. Biol. Chem.* 59: 305-312 (2016)
- Shin YH, Song CK. Antioxidant and metalloproteinase inhibitory activities of ethanol extracts from *Lespedeza cuneata* G. don. *Korean J. Environ. Agric.* 36: 263-268 (2017)
- Stintzing FC, Stintzing AS, Carle R, Frei B, Wrolstad RE. Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6172-6181 (2002)
- Strigl AW, Leitner E, Pfannhauser W. Qualitative and quantitative analyses of the anthocyanins in black chokeberries (*Aronia melanocarpa* Michx. Ell.) by TLC, HPLC and UV/VIS-spectrometry. *Eur. Food Res. Technol.* 201: 266-268 (1995)
- Yang JW, Jung SK, Song KM, Kim YH, Lee NH, Hong SP, Lee KH, Kim YE. Quality characteristics of Sikhye added with mulberry (*Morus alba* L.) fruit concentrate. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 26: 44-54 (2016)