



Research Article

Quality characteristics and antioxidant activity of stick jelly prepared with aronia juice

아로니아즙 첨가 스틱 젤리의 품질 특성 및 항산화 활성

Eun-Sun Hwang*, EunMyeong Shon

황은선* · 손은명

School of Wellness Industry Convergence, Major in Food and Nutrition, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

한경대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

Abstract The study was conducted to investigate quality characteristics and antioxidant activities of stick jelly prepared using 0, 25, 50, and 100% aronia juice instead of water. The moisture content of stick jelly was 81.88 to 88.22%, with the highest moisture content in jelly without the addition of aronia juice. The addition of aronia juice tended to decrease the moisture content of stick jelly compared to the control group. The ash and crude fat contents of the jelly increased with an increasing aronia juice content. The sugar content, total acidity, and hardness of the jelly increased, while the pH tended to decrease, with and increased aronia juice content. Regarding chromaticity, L^* and b^* values decreased, and a^* values increased with an increasing aronia juice content. The total polyphenol and total flavonoid contents increased with an increasing aronia juice content. The antioxidant activity, measured based on the DPPH and ABTS radical-scavenging activities, and reducing powder were significantly higher in jelly containing the aronia juice than those in the control, and proportionally increased with an increasing aronia juice content. Overall, these findings suggest that aronia juice can be used for stick jelly making.

Keywords aronia, stick jelly, quality characteristics, anthocyanin, antioxidant activity



Citation: Hwang ES, Sohn EM. Quality characteristics and antioxidant activity of stick jelly prepared with aronia juice. Korean J Food Preserv, 29(2), 222-232 (2022)

Received: September 01, 2021
Revised: October 14, 2021
Accepted: October 14, 2021

***Corresponding author**
 Eun-Sun Hwang
 Tel: +82-31-670-5182
 E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

Copyright © 2022 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

젤리는 과즙에 당류와 젤화제를 넣어 농축, 성형 및 응고시킨 것으로, 수분 함량이 20% 내외로 저장성이 우수하고 휴대가 간편하여, 남녀노소가 쉽게 먹을 수 있는 고체 또는 반고체상의 기호식품이다(Kang 등, 2006). 젤리 제조를 위해선 젤라틴, 펙틴, 한천, 전분 등의 젤화제를 사용하는데, 젤화제 종류에 따라 단단한 질감, 질긴 정도, 씹힘성 등이 다르게 나타난다(Kim 등, 2020). 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가하면서 설탕을 첨가하지 않고 천연과채류 기반 젤리에 대한 수요가 증가하고 있으며, 실제 다양한 형태의 젤리가 개발되고 있다. 젤리는 응고시키는 틀에 따라 컵(cup), 바(bar), 스틱(stick), 판(plate), 구미(gummy) 등으로 분류되는데, 최근에는 석류, 홍삼, 풋사과를 베이스로 하여 부피가 작고 휴대가 간편한 스틱형 젤리가 많이 출시되고 있다(Na, 2015; Yi 등, 2021). 업계의 보도에 따르면 젤리 시장 규모는 2014년 897

억 원에서 2018년 3,154억 원으로 약 252%까지 대폭 성장하였고, 앞으로도 국내외적으로 젤리 시장이 폭발적으로 증가할 것으로 전망하고 있다(Kim, 2020). 과일에는 비타민, 무기질, 섬유질 함량이 풍부하고 천연색소를 함유하고 있어 젤리 제조에 활용되고 있으며, 오미자 추출물(Lyu와 Oh, 2002), 감귤 농축액(Jeong과 Kim, 2008), 오디 착즙액(Moon 등, 2012), 참다래 과즙(Back 등, 2013), 자색 당근즙(Nho 등, 2013), 자색 고구마 농축액(Choi와 Lee, 2013) 등을 첨가하여 생리활성 성분이 풍부하고, 맛과 색감도 좋은 제품이 개발되고 있다.

베리류의 일종인 아로니아는 북아메리카가 원산지이며, 폴란드를 포함한 유럽에서 널리 재배되던 장미과(Rosaceae family)에 속하는 관목이다(Kulling과 Rawe, 2008). 아로니아에는 폴리페놀, 안토시아닌, 플라보노이드 등이 풍부하여 항산화(Banach 등, 2020), 암예방(Gill 등, 2021), 항염증(Banach 등, 2020), 항당뇨(Milutinović 등, 2019), 심장 및 혈관질환(Cebova 등, 2017) 예방 등의 다양한 생리활성이 *in vitro* 및 *in vivo* 실험들을 통해 입증되었다. 우리나라에서는 약 10여 년 전에 아로니아 재배가 시작된 이래 현재까지 수확량이 꾸준히 증가하고 있다(Choi 등, 2015). 아로니아는 다른 베리류와는 달리 단단한 조직감과 짙은맛이 강해, 생과로 섭취하기보다는 다양한 가공식품이나 직물 또는 모발 염색을 위한 천연염료로 활용되고 있다(Kim과 Park, 2014; Won과 Kim, 2018). 현재까지 아로니아를 첨가한 쿠키(Lee와 Choi, 2016), 머핀(Park과 Chung, 2014), 요구르트 드레싱(Park 등, 2015), 막걸리(Lee 등, 2015), 식초(Hwang과 Thi, 2020), 양갱(Hwang과 Lee, 2013) 등이 개발되었고, 아로니아를 첨가한 젤리에 대한 연구(Hwang과 Thi, 2015)도 일부 진행되었다. 이전에 개발된 아로니아 젤리의 경우, 아로니아 과즙 함량이 3-9% 수준으로 젤리 전체에서 차지하는 비율이 낮아 아로니아의 생리활성을 온전히 기대하기 어려운 측면도 있었다. 또한, 젤리의 성상도 푸딩과 같이 부드러운 젤리의 쫄깃한 식감을 선호하는 소비자들의 취향에 부합하는 새로운 젤리의 개발이 필요하였다.

본 연구에서는 설탕을 첨가하지 않고 아로니아 과즙 함량을 25-100%까지 증가시켜 맛을 보완하고, 젤라틴과 펙틴을 첨가하여 스틱형의 씹힘성이 좋은 젤리를 제조한 후

이화학적 품질특성, 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정함으로써 젤리 제조에 아로니아즙 100% 적용 가능성을 탐색하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 시약

아로니아는 경북 영천의 아로니아 재배농장에서 수확한 것을 직접 구입하여 사용하였다. 젤라틴(Geltech Co., Busan, Korea), 펙틴(CP Kelco Inc., Atlanta, GA, USA), 구연산(Jungbunzlauer Inc., Basel, Switzerland) 및 젓산칼슘(Galactic Inc., Celles, Belgium)은 시판품을 구입하였다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), gallic acid, catechin은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)는 Flunk(Hekdelberg, Germany)에서 구입하였다. 그 외 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.와 Jencei Chemical Co. Ltd.(Tokyo, Japan)에서 분석용 grade를 구입하여 사용하였다.

2.2. 아로니아즙과 젤리 제조

아로니아는 흐르는 물에 깨끗이 세척한 후 물기를 제거하고 주서기(Hurom H-201, Seoul, Korea)에 넣고 착즙하여 즙액을 얻었다.

젤리는 선행연구(Hwang과 Thi, 2015)를 참고하여 여러 차례 예비실험을 거쳐 Table 1과 같은 비율로 제조하였다. 젤리 제조에 사용한 물 250 mL를 기준으로 물 중량의 25, 50 및 100%를 아로니아즙으로 대체하여 제조한 젤리를 실험군으로 하였고, 아로니아즙을 첨가하지 않고 물만 넣어 제조한 젤리를 대조군으로 하였다. 냄비에 물 또는 아로니아즙을 150 mL 넣고 젤라틴을 소량씩 첨가하면서 나무주걱으로 잘 풀어주면서 혼합한 후에, 불을 70°C 정도까지 올려 서서히 젤라틴이 용해되도록 하였다. 젤라틴이 완전히 용해되면 나머지 분량의 물 또는 아로니아즙과 펙틴, 구연산, 젓산칼슘을 넣고 100°C에서 3분간 더 가열하였다. 제조된 젤리는 직사각형 틀(20×15×7 cm)에 넣고 상온에서 1시간 동안 식힌 후 수분이 증발되지 않도록 뚜껑을 닫

Table 1. Formula for stick jelly made with different amount of aronia juice

Ingredient	Aronia juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
Aronia juice (mL)	0	62.5	125	250
Distilled water (mL)	250	187.5	125	0
Gelatin (g)	15	15	15	15
Pectin (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Citric acid (g)	0.25	0.25	0.25	0.25
Calcium lactate (g)	0.25	0.25	0.25	0.25

¹⁾Aronia juice (25, 50 and 100%) was added based on the total volume of distilled water.

아 냉장고에서 6시간 동안 응고시킨 후에 각종 분석에 사용하였다.

2.3. 일반성분 함량 측정

젤리의 일반성분 함량은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은 105°C로 맞춘 드라이오븐(EYELA, Tokyo, Japan)에서 건조하여 정량하였고, 조회분은 600°C 회화로(Jeil, Seoul, Korea)에서 회화시켜 측정하였다. 조단백질은 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 semimicro-Kjeldahl 법으로 분석하였고, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다.

2.4. 가용성 고형분, pH 및 산도 측정

젤리의 당도와 pH 측정을 위해 시료를 잘게 자른 후, 시료 5 g에 95% 에탄올 25 mL를 첨가하여 vortex mixer로 혼합한 후에 40°C에서 10분 동안 초음파 추출을 한 후에, 13,500 ×g에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 얻었다. 당도는 상등액을 취하여 당도계(PR-201α, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. pH는 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 산도는 AOAC(1995) 방법에 따라 시료 추출액 10 mL에 pH meter 전극을 담그고 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는 데 필요한 NaOH 양(mL)을 citric acid 함량으로 환산하여 나타내었다.

2.5. 경도 측정

젤리의 경도는 틀에 굳힌 시료를 2×2×2 cm로 자른 후, texture analyzer(CT3 10K, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용해 texture profile analysis(TPA)로 측정하였다. 제조한 시료를 plate의 중앙에 놓고 반복 압착시험(two-bite test)을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 경도 측정을 위한 probe는 TA11/1000, target type: % deformation, target value:50%, trigger load:10 g, test speed:0.50 mm/sec, load cell:10 kg으로 하였다.

2.6. 색도 측정

젤리의 색도는 2×2×2 cm로 자른 시료를 흰색 접시에 올려놓고 색도계(Chrome Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L*, lightness), 적색도(a*, redness), 황색도(b*, yellowness)를 측정하였다. 색도 보정을 위해 L*, a*, b*값이 각각 97.10, +0.24, +1.75인 백색 표준판을 사용하였다.

2.7. 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 함량 분석

젤리를 95% 에탄올에 추출하여 적절한 농도로 희석한 후 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 분석을 위한 시료로 사용하였다. 젤리에 함유된 총폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약을 이용하여 Singleton과 Rossi (1965)의 방법으로 측정하였다. 시료 용액 0.5 mL와 2 N Folin 시약 0.5 mL를 혼합하여 3분간 실온에서 반응시킨 후, 2% sodium carbonate 1.5 mL를 첨가하여 표면을 호일로 감싼 후에 2시간 동안 암소에서 반응시켰다. 반응물은

microplate reader(Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd., San Jose, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, 시료에 함유된 총폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총폴리페놀 함량을 gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

젤리에 함유된 총플라보노이드 함량은 Zhishen(1999)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 1 mL와 메탄올에 용해시킨 2% aluminium chloride 1 mL를 혼합하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후에 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총플라보노이드 함량은 quercetin의 표준곡선으로 시료 1 g에 함유된 총플라보노이드 함량을 quercetin equivalent(QE)로 표시하였다.

젤리에 함유된 총안토시아닌 함량은 Meyers 등(2003)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 100 μ L에 pH 1 완충용액 1,900 μ L와 pH 4.5 완충용액 1,900 μ L를 각각 첨가하여 혼합한 후, 520 nm와 700 nm에서 각각의 흡광도를 측정 후, Meyers 등(2003)의 방법에 따라 계산하고, 시료 1 g에 함유된 총안토시아닌 함량을 cyanidin-3-glucoside로 표시하였다.

2.8. 항산화 활성 측정

젤리의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거활성(Cheung 등, 2003), ABTS 라디칼 소거활성(Re 등, 1999) 및 환원력(Oyaizu, 1986)으로 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거활성은 젤리 추출액 100 μ L와 0.2 mM DPPH 용액 100 μ L를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후, 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였다. 젤리의 DPPH 라디칼 소거활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거활성은 7.0 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 실험 24시간 전에 암소에서 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후, 735 nm에서 흡광도 값이 0.73 ± 0.03 이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 젤리 추출액 100 μ L와 흡광도를 맞춘 ABTS 용액 100 μ L를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후에 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 젤리의 ABTS 라디칼 소거활성은 시료 추출물을 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 백분율로 나타내었다.

환원력은 젤리 추출액 1 mL에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6)과 1%의 potassium ferricyanide 1 mL를 순서대로 첨가하여 50°C의 항온수조에서 20분간 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 10% TCA 용액을 1 mL 넣어 13,500 g에서 15분간 원심분리한 후에 상등액을 얻었다. 상등액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride를 각각 1 mL씩 차례로 첨가하고 혼합한 후, 720 nm에서 흡광도를 측정하여 얻은 값을 환원력으로 나타냈다.

2.9. 통계분석

실험결과에 대한 통계학적 분석은 R-Studio(Version 3.5.1, Boston, MA, USA)를 이용한 분산분석을 실시하였고, 결과의 유의적 차이는 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반성분 함량

젤리의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리의 수분은 88.22%로 가장 높았고, 아로니아즙 함량이 25-100%까지 증가함에 따라 수분은 86.43%에서 81.88%로 감소하였다. 실험군에서는 젤리 제조에 필요한 물 대신 아로니아즙을 첨가하였고, 아로니아즙에는 물에 비해 고형분 함량이 높고 수분이 상대적으로 적기 때문에 아로니아즙 첨가량이 증가할수록 젤리의 수분함량이 감소하였다. 아로니아 생과의 수분은 61-85%, 고형물은 15-39%로, 다른 베리류에 비해 수분이 적고 고형물 함량이 높은 것으로 알려져 있다(Lee와 Kim, 2015; Ochmian 등, 2012).

회분은 대조군에서는 0.10%로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량에 비례하여 0.24-0.49%로 증가하였다. 이는 물에 비해 아로니아즙에 함유된 회분이 높아서 나타난 결과로 사료된다. 조단백질은 대조군과 아로니아즙을 25-100% 첨가군에서는 0.92-0.97%로 아로니아즙 첨가량이 많아질수록 다소 증가하였으나, 통계적으로 유의성 있는 변화는 나타나지 않았다. 조지방 함량은 대조군과 아로니아즙 25% 첨가군에서 각각 0.05 및 0.06%로 통계적으로 유의성 있는 변

Table 2. Proximate analysis of stick jelly made with different amount of aronia juice

Composition	Aronia juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
Moisture	88.22±0.02 ^a	86.43±0.09 ^b	83.16±0.13 ^c	81.88±0.48 ^d
Ash	0.10±0.00 ^c	0.24±0.00 ^b	0.30±0.04 ^b	0.49±0.02 ^a
Crude protein	0.92±0.03 ^a	0.95±0.01 ^a	0.94±0.00 ^a	0.97±0.03 ^a
Crude lipid	0.05±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b	0.08±0.01 ^{ab}	0.11±0.01 ^a

¹⁾Aronia juice (25, 50 and 100%) was added based on the total volume of distilled water.

Data were the mean±SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with different superscripts within the same row are significantly different at $p < 0.05$.

화는 없었으나, 아로니아즙 함량이 50-100%로 증가함에 따라 0.08-0.11%로 증가하였다.

3.2. 젤리의 당도, pH, 산도 및 경도

아로니아즙 함량을 달리하여 제조한 젤리의 당도, pH 및 경도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리의 당도는 2.80 °Brix로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량이 25-100%로 높아짐에 따라 당도는 3.50-4.90 °Brix로 증가하였다. 선행연구(Mayer-Miebach 등, 2012)에 따르면 아로니아즙 1 L당 32-40 g의 glucose, 30-39 g의 fructose, 48-64 g의 sorbitol이 함유되어 있어 아로니아즙 첨가량이 증가함에 따라 젤리의 당도가 높아진 것으로 사료된다.

젤리의 pH는 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리에서 pH는 4.47로 가장 높았고, 아로니아즙 25% 첨가 젤리에서는 pH 4.20, 50% 첨가 젤리에서는 pH 4.09, 아로니아즙 100% 첨가 젤리에서는 pH 3.94로 아로니아즙 첨

가량에 비례하여 pH는 감소하였다.

아로니아즙의 pH는 3.3-3.7로 젤리 제조 시 사용한 물의 pH에 비해 낮았으며, 이로 인해 물 대신 아로니아즙을 첨가한 젤리의 pH가 낮은 것으로 나타났다. 아로니아에는 malic acid, citric acid, acetic acid, tartaric acid 등의 유기산이 함유되어 있어 특유의 신맛이 있다(Park 등, 2015). 아로니아즙을 첨가하지 않은 젤리에서도 pH가 4.47로 산성을 나타낸 것은, 젤리 제조 시 경도를 조절하기 위해 첨가한 citric acid, calcium lactate에 의한 것으로 사료된다. 아로니아를 첨가하여 제조한 요구르트 드레싱(Park 등, 2015), 양갱(Hwang과 Lee, 2013) 등에서도 아로니아즙 첨가량에 비례하여 pH가 감소하는 것으로 나타나, 본 연구결과와 유사한 경향성을 나타냈다.

아로니아즙을 첨가하여 제조한 젤리의 산도는 대조군에서는 0.29%로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량이 증가함에 따라 높아졌다. 아로니아즙을 25-100% 첨가하여 제조한 젤리의 산도는 0.53-1.31%로 대조군에 비해 1.83-4.52배

Table 3. Sugar contents and pH of stick jelly made with different amount of aronia juice

Measurement	Aronia juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
Sugar contents (°Brix)	2.8±0.0 ^d	3.5±0.0 ^c	4.1±0.0 ^b	4.9±0.0 ^a
pH	4.47±0.01 ^a	4.20±0.01 ^b	4.09±0.01 ^c	3.94±0.01 ^d
Total acidity (%)	0.29±0.01 ^d	0.53±0.03 ^c	0.84±0.04 ^b	1.31±0.07 ^a
Hardness (g)	342.13±24.84 ^d	374.36±29.46 ^c	402.21±31.74 ^b	425.43±36.28 ^a

¹⁾Aronia juice (25, 50 and 100%) was added based on the total volume of distilled water.

Data were the mean±SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with different superscripts within the same row are significantly different at $p < 0.05$.

까지 산도가 증가하였다. 아로니아의 산도를 citric acid를 기준으로 측정한 결과, 100 g당 0.5-1.0%로 아로니아의 품종, 숙성도, 일조량 등에 따라 다른 것으로 알려져 있다 (Skupien과 Oszmianski, 2007).

아로니아즙을 첨가하여 제조한 젤리의 경도는 대조군에서는 342.13으로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량이 많아짐에 따라 증가하였다. 아로니아즙을 25, 50 및 100% 첨가하여 제조한 젤리의 경도는 각각 374.36, 402.21 및 425.43으로 대조군에 비해 1.09-1.24배까지 경도가 증가하였다. 젤리의 질감은 젤화제, pH 및 염에 따라 다르게 나타나며 젤화제의 경우, 펙틴은 젤리의 경도를 증가시키고 약간의 씹힘성이 있도록 하고, 젤라틴은 질긴 질감과 씹힘성을 부여하는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2020; Lee 등, 1991; Lee 등, 2010). 펙틴 함량이 본 실험에서는 젤리 특유의 끈적함과 탄력성을 부여하기 위해 수차례 예비실험을 통해 펙틴과 젤라틴, 구연산 및 젖산칼슘의 비율을 조절하여 최적의 배합비율을 확립하였다. 아로니아즙 함량에 비례하여 경도가 증가한 것은 아로니아에 함유된 fructose, sucrose와 같은 당류와 malic acid, citric acid, acetic acid 등의 유기산 및 펙틴 성분들이 젤리 제조 시 사용한 열에 응집되고 겔화되어 경도를 증가시킨 것으로 사료된다. 오디분말(Kim 등, 2007), 자색고구마 농축액(Choi와 Lee, 2013), 대봉감 퓨레(Min과 Eun, 2016)를 첨가하여 제조한 젤리에서도 첨가하는 분말, 농축액 및 퓨레 함량이 증가함에 따라 경도가 증가하여 본 연구결과와 유사한 경향성을 나타냈다.

3.3. 색도

아로니아즙을 첨가하여 만든 젤리의 색도는 Table 4와

같다. 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 대조군에서 명도(L*)는 43.47로 가장 높게 나타났고, 아로니아즙 첨가량이 25-100%까지 증가함에 따라 명도는 35.23에서 20.83으로 감소하였다. 적색도를 나타내는 a*값은 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 대조군 젤리에서 0.14로 가장 낮은 값을 보였고, 아로니아즙 첨가량에 비례하여 a*값이 증가하였다. 즉, 아로니아즙 함량이 25-100%까지 증가함에 따라 적색도는 17.79-15.39까지 높아졌다. 황색도를 나타내는 b*값은 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리에서는 10.23으로 가장 높았고, 아로니아즙을 25%, 50% 및 100% 첨가한 젤리에서는 2.35, -3.41 및 -0.17로 감소하였다.

아로니아는 진한 적자색을 나타내는 안토시아닌을 함유하고 있어 제조한 젤리의 색깔이 짙은 자주색을 나타내므로, 아로니아즙 첨가량에 비례하여 명도는 낮아지고 적색도는 증가하는 것으로 사료된다. 아로니아 분말이나 착즙액을 첨가하여 제조한 양갱(Hwang과 Lee, 2013), 막걸리(Lee 등, 2015), 식초(Hwang과 Thi, 2020) 등의 연구에서도 아로니아 분말이나 착즙액 첨가량이 증가함에 따라 명도와 황색도는 감소하고 적색도가 증가하여 본 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 아로니아에 함유된 안토시아닌 색소는 flavylum 양이온을 함유하고 있어 pH, 유기산, 당류, 산소 등에 따라 매우 불안정하다(Markakis, 1974). 특히, 산성 pH 조건에서 flavylum 이온으로 존재하여 적색을 나타내고, 중성 또는 염기성 pH에서는 quinidal base를 형성하여 불안정한 청색을 나타낸다(Hwang과 Ki, 2013; Markakis, 1974). 따라서 본 실험에서 제조한 스틱형 젤리와 같은 산성 pH를 갖는 식품에 적용하면 안정한 적색을 지속적으로 유지할 수 있는 긍정적인 측면이 있다.

Table 4. Changes in Hunter's color value of stick jelly made with different amount of aronia juice

Measurement	Aronia juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
L*	43.47±0.04 ^a	35.23±0.16 ^b	33.60±0.15 ^c	20.83±0.14 ^d
a*	0.14±0.02 ^d	17.79±0.10 ^b	25.47±0.07 ^a	15.39±0.17 ^c
b*	10.23±0.03 ^a	-3.41±0.02 ^d	-0.17±0.03 ^c	2.35±0.05 ^b

¹⁾Aronia juice (25, 50 and 100%) was added based on the total volume of distilled water.

Data were the mean±SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with different superscripts within the same row are significantly different at p<0.05.

3.4. 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 함량

아로니아즙 첨가 젤리의 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 함량 분석결과는 Table 5와 같다. 아로니아즙을 첨가하지 않은 젤리의 총폴리페놀 함량은 1 g당 gallic acid를 기준으로 9.20 μg 으로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량에 비례해 총폴리페놀 함량도 증가하였다. 즉, 아로니아즙을 25, 50 및 100% 첨가한 젤리에서 총폴리페놀 함량은 58.97 μg , 102.96 μg , 200.24 μg 으로 대조군에 비해 각각 6.41배, 11.19배 및 21.77배 증가하였다. 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리의 총플라보노이드 함량은 1 g당 quercetin을 기준으로 0.18 μg 이었고, 아로니아즙 첨가량이 증가할수록 젤리에 포함된 총플라보노이드 함량도 증가하였다. 즉, 아로니아즙을 25-100% 첨가함에 따라 총플라보노이드 함량은 24.79-108.45 μg 으로 증가하였다. 아로니아즙을 첨가하지 않고 제조한 젤리에서는 안토시아닌이 검출되지 않았다. 아로니아즙을 25% 첨가한 젤리 1 g당 총안토시아닌 함량은 cyanin-3-glucoside를 기준으로 16.37 μg 이었고, 아로니아즙을 50 및 100% 첨가한 젤리에서는 각각 35.83 및 64.12 μg 으로 총안토시아닌 함량이 증가하였다.

아로니아는 다른 베리류에 비해 폴리페놀 함량이 높고, 전체 폴리페놀의 약 25%는 안토시아닌으로 알려져 있다 (Jurendic과 Scetar, 2021). 아로니아의 주요 폴리페놀 물질은 epicatechin, chlorogenic acid, neochlorogenic acid, protocatechuic acid, rosmarinic acid 등이며, 이들의 함량은 숙성도와 깊은 관련이 있으며, 성숙도에 비

해 미숙한 아로니아에 다량 함유되어 있다(Gralec, 2019). 아로니아가 함유된 주요 플라보노이드 성분들은 quercetin, quercetin 유도체, kaempferol 등이다(Gralec, 2019; Jakobek 등, 2007). 아로니아는 짙은 자줏빛을 띠고 cyanidin-3-O-galactoside, cyanidin-3-O-glucoside, cyanidin-3-O-arabinoside, cyanidin-3-O-xyloside 등의 안토시아닌 성분들이 풍부하다(Kulling과 Rawel, 2008). 따라서 아로니아즙 첨가량이 증가함에 따라 젤리의 총안토시아닌 함량도 높아진 것으로 사료된다. 선행연구에서도 아로니아즙 첨가량이 증가함에 따라 요구르트 드레싱 (Park 등, 2015), 양갱(Hwang과 Lee, 2013), 막걸리(Lee 등, 2015), 식초(Hwang과 Thi, 2020) 등의 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 함량도 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

3.5. 항산화 활성

아로니아즙을 첨가하여 제조한 젤리의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능과 환원력을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 아로니아즙을 첨가하지 않은 대조군에서 5.14%로 나타났고, 아로니아즙을 25, 50 및 100% 첨가한 젤리에서는 각각 5.23%, 32.16% 및 59.11%로 증가했다. 아로니아즙을 첨가하여 제조한 젤리의 DPPH 라디칼 소거활성은 아로니아즙을 첨가하지 않은 젤리에 비해 4.91-11.50배 증가함을 확인하였다. ABTS 라디칼 소거활성의 경우, 대조군은 2.43%로 가장 낮았고, 아로니아즙 함량이 25-100%까지

Table 5. Total polyphenol and total flavonoid contents of stick jelly made with different amount of aronia juice

Measurement	Aronia juice (%) ¹⁾			
	0	25	50	100
Total polyphenol (μg GAE ²⁾ /g)	9.20 \pm 0.52 ^d	58.97 \pm 1.43 ^c	102.96 \pm 1.82 ^b	200.24 \pm 2.13 ^a
Total flavonoid (μg QE ³⁾ /g)	0.18 \pm 0.14 ^d	24.79 \pm 0.82 ^c	53.36 \pm 1.01 ^b	108.45 \pm 1.91 ^a
Total anthocyanin (μg C3G ⁴⁾ /g)	ND ⁵⁾	16.37 \pm 0.34 ^c	35.83 \pm 0.73 ^b	64.12 \pm 1.02 ^a

¹⁾Aronia juice (25, 50 and 100%) was added based on the total volume of distilled water.

²⁾GAE, gallic acid equivalent.

³⁾QE, quercetin equivalent.

⁴⁾C3G, cyanin-3-glucoside equivalent.

⁵⁾ND, not detected.

Data were the mean \pm SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with different superscripts within the same row are significantly different at $p < 0.05$.

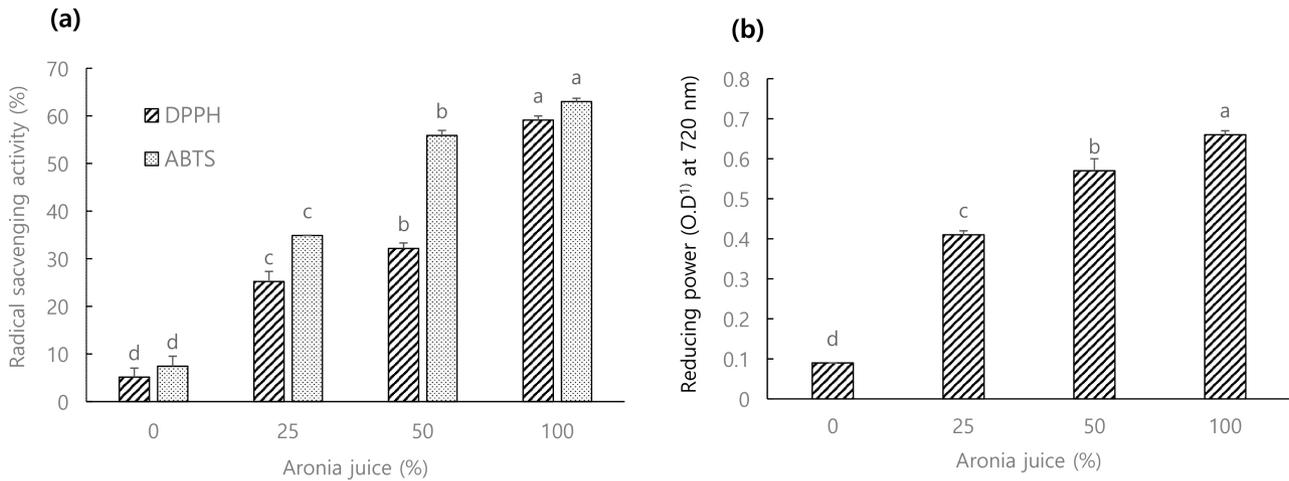


Fig. 1. Antioxidant activities of stick jelly made with different amount of aronia juice. (a) DPPH and ABTS radical scavenge activities and (b) reducing power. Bars with different letters (a-d) are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. ¹OD, optical density.

증가함에 따라 34.87-62.99%로 증가하였고, 이는 대조군에 비해 4.69-8.48배 증가한 수치였다. 환원력도 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과 유사한 경향을 보였다. 아로니아즙을 첨가하지 않은 대조군의 환원력은 0.09로 가장 낮았고, 아로니아즙 첨가량이 25-100%로 증가함에 따라 환원력을 나타내는 흡광도값은 0.41에서 0.66으로 높아졌다.

아로니아즙 첨가량이 증가함에 따라 폴리페놀, 안토시아닌, 플라보노이드 등의 기능성 물질들의 함량이 높아져 자연스럽게 항산화 활성이 증가하였다. 아로니아를 첨가하여 제조한 쿠키(Lee와 Choi, 2016), 막걸리(Lee 등, 2015), 식초(Hwang과 Thi, 2020), 양갱(Hwang과 Lee, 2013) 등의 연구에서도 아로니아 첨가량이 증가함에 따라 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성을 높여 항산화 활성을 증가시키는 것으로 보고하고 있다. 이상의 결과를 통해 젤리 제조 시, 사용하는 물을 아로니아즙으로 100% 대체해도 젤리의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않고, 폴리페놀, 안토시아닌, 플라보노이드 등 유용한 생리활성물질이 풍부하고, 항산화 활성이 우수한 젤리를 제조할 수 있음을 확인할 수 있었다.

4. 요약

본 연구에서는 젤리 제조 시 사용한 물 대신 아로니아즙을 25-100%까지 첨가하여 스틱형 젤리를 제조하고 젤리의

이화학적 품질 특성, 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 측정하여 아로니아즙 첨가 젤리의 최적 배합비를 선정하고자 하였다. 젤리의 수분함량은 81.88-88.22%로 아로니아즙을 첨가하지 않은 젤리에서 가장 높았고, 아로니아즙 첨가량에 비례하여 수분함량이 감소하였다. 젤리의 조지방과 회분은 아로니아즙 첨가량에 비례하여 증가하는 경향을 보였다. 젤리에 첨가한 아로니아즙 함량에 비례하여 당도와 경도는 증가하였고, pH는 감소하였다. 아로니아즙 첨가량에 비례하여 젤리의 명도와 황색도는 감소하였고, 적색도는 증가하였다. 젤리에 함유된 총폴리페놀, 총플라보노이드 및 총안토시아닌 함량은 대조군에 비해 아로니아즙 첨가량에 비례하여 증가하였다. 또한, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성과 환원력으로 측정된 항산화 활성도 아로니아즙 첨가량이 증가할수록 높은 값을 보였다. 이상의 결과로 볼 때, 젤리 제조에 사용하는 물을 아로니아즙으로 25-100% 대체하여 젤리를 제조하면 생리활성물질의 함량 및 항산화 활성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업(과제번호 2021R1F1A1060605)의 지원에 의해 이루어진 것이며 그 지원에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Hwang ES. Data curation: Hwang ES, Shon EM. Formal analysis: Shon EM. Methodology: Shon EM. Validation: Hwang ES. Writing - original draft: Hwang ES. Writing - review & editing: Hwang ES.

Ethics approval

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

ORCID

Eun-Sun Hwang (First & Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-6920-3330>

EunMyeong Shon

<https://orcid.org/0000-0002-6304-9309>

References

- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, Ch 3, p 1-26 (1995)
- Banach M, Wiloch M, Zawada K, Cyplik W, Kujawski W. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activity of anthocyanin-rich water-soluble aronia dry extracts. *Molecules*, 25, 4055 (2020)
- Cebova M, Klimentova J, Janega P, Pechanova O. Effect of bioactive compound of *Aronia melanocarpa* on cardiovascular system in experimental hypertension. *Oxid Med Cell Longevity*, 2017, 8156594 (2017)
- Cheung LM, Cheung PC, Ooi VE. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem*, 81, 249-255 (2003)
- Choi EJ, Lee JH. Quality and antioxidant properties of jelly incorporated with purple sweet potato concentrate. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 47-52 (2013)
- 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)
- Gill NK, Rios D, Osorio-Camacena E, Mojica BE, Kaur B, Soderstrom MA, Gonzalez M, Plaat B, Poblete C, Kaur N, Singh H, Forester SC. Anticancer effects of extracts from three different chokeberry species. *Nutr Cancer*, 73, 1168-1174 (2021)
- Gralec M, Wawer I, Zawada K. Aronia melanocarpa berries: Phenolics composition and antioxidant properties changes during fruit development and ripening. *Emir J Food Agric*, 31, 214-221 (2019)
- Hwang ES, Ki KN. Stability of the anthocyanin pigment extracted from aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol*, 45, 416-421 (2013)
- 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 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)
- Jakobek L, Seruga M, Medvidovic-Kosanovic M, Novak I. Antioxidant activity and polyphenols of *Aronia* in comparison to other berry species. *Agric Conspec Sci*, 72, 301-306 (2007)
- Jeong JS, Kim ML. Quality evaluation of citrus jelly prepared using concentrated citrus juice. *Korean J Food Cookery Sci*, 24, 174-181 (2008)
- Jurendic T, Scetar M. *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: A

- review. *Antioxidants*, 10, 1052 (2021)
- Kang NE, Lee IS, Cho MS. 2006. Physicochemical and sensory quality characteristics of jelly prepared with various levels of resistant starch. *Korean J Food Nutr*, 19, 532-538 (2006)
- Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park HY, Lee GS. An investigation the preparation and physicochemical properties of *Oddi* jelly using mulberry fruit powder. *Korean J Food Nutr*, 20, 27-33 (2007)
- Kim HH. The Jelly Market has Grown 2.5 Times in 5 Years. Available from: <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2020/12/1244946>. Accessed date Jul. 20, 2021.
- Kim JY, Park CH. Hair dyeing properties using extracts of *Aronia melanocarpa*. *Kor J Aesthet Cosmetol*, 12, 663-668 (2014)
- Kim YM, Kim JM, Youn KS. Quality and textural properties of jelly prepared with different gelling agents. *Korean J Food Preserv*, 27, 566-573 (2020)
- Kulling SE, Rawel H. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) —A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med*, 74, 1625-1634 (2008)
- Lee AR, Oh EY, Jeong YJ, Noh JG, Yoon HS, Lee KY, Kim YG, Eom HJ. Quality characteristics and antioxidant activity of aronia (*Aronia melanocarpa*) *Makgeolli* prepared with the additive methods. *Korean J Food Nutr*, 28, 602-611 (2015)
- Lee JH, Choi JE. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies supplemented with aronia powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1071-1076 (2016)
- Lee JY, Yoon HY, Kim MR. Quality characteristics of jelly with black garlic. *Korean J Food Culture*, 25, 832-838 (2010)
- Lee S, Kim JK. Quality characteristics of *Aronia melanocarpa* by different drying method. *Korean J Food Preserv*, 22, 56-62 (2015)
- Lee TW, Lee YH, Yoo MS, Rhee KS. Instrumental and sensory characteristics of jelly. *Korean J Food Sci Technol*, 23, 336-340 (1991)
- Lyu HJ, Oh MS. Quality characteristics of *Omija* jelly prepared with various starches. *Korean J Soc Food Cookery Sci*, 18, 534-542 (2002)
- Markakis P. Anthocyanins and their stability in foods. *Crit Rev Food Sci*, 4, 437-456 (1974)
- Mayer-Miebach E, Adamiuk M, Behnlian D. Stability of chokeberry bioactive polyphenols during juice processing and stabilization of a polyphenol-rich material from the by-product. *Agriculture*, 2, 244-258 (2012)
- Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP, Liu RH. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J Agric Food Chem*, 51, 6887-6892 (2003)
- Milutinovic M, Radovanovic RV, Savikin K, Radenkovic S, Arvandi M, Pesic M, Kostic M, Miladinovic B, Brankovic S, Kitic D. Chokeberry juice supplementation in type 2 diabetic patients—impact on health status. *J Appl Biomed*, 17, 218-224 (2019)
- Min JH, Eun JB. Physicochemical and sensory characteristics of persimmon jelly added with different levels of *Daebong* persimmon puree. *Korean J Food Sci Technol*, 48, 54-58 (2016)
- Moon HK, Lee SW, Moon JN, Yoon SJ, Lee S, Kim GY. Quality characteristics of jelly added with mulberry juice. *Korean J Food Cookery Sci*, 28, 797-804 (2012)
- Na JY. Consumer recognition and intake status of jelly-type health functional food. MS Thesis, Chung-Ang University, Seoul, Korea (2015)
- Nho HJ, Jang SY, Park JJ, Yun HS, Park S. Browning prevention of black carrot extract and the quality characteristics of jelly supplemented with black carrot extract. *Korean J Food Culture*, 28, 293-302 (2013)
- Ochmian I, Grajkowski J, Smolik M. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Not Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca*, 40, 253 (2012)

- Oh HJ, Back JW, Lee JY, Oh YJ, Lim SB. Quality characteristics of jelly added with pressed kiwi (*Actinidia chinensis* var. 'Halla Gold') juice. Korean J Culin Res, 19, 110-120 (2013)
- Oyaizu M. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. Jap J Nutri, 44, 307-315 (1986)
- Park HJ, Chung HJ. Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. Korean J Food Preserv, 21, 668-675 (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)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol Med, 26, 1231-1237 (1999)
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic, 16, 144-158 (1965)
- Skupien K, Oszmianski J. The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. Agric Food Sci, 16, 46-55 (2007)
- Won AY, Kim J. Analysis of naturally dyed textile fabrics by using aronia extract. J Fash Bus, 22, 124-134 (2018)
- Yi HY, Kang S, Chun JY. Physicochemical and texture properties of commercial stick-type jelly. Food Eng Prog, 25, 24-33 (2021)
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem, 64, 555-559 (1999)