



Research Article

Effects of aronia powder on the quality characteristics and antioxidant activity of cookies

아로니아 분말 첨가 쿠키의 품질 특성 및 항산화 활성

Eun-Sun Hwang*, Soyeon Kim

황은선* · 김소연

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

한경국립대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학 전공

Abstract This study was conducted to determine the quality properties, phytochemical compounds, and antioxidant activities of cookies prepared by replacing wheat flour with 0%, 2%, 4%, and 6% aronia powder. The moisture content of the cookies decreased as the amount of aronia powder added increased. In contrast, the ash, crude protein, and crude fat content of the cookies did not differ between the control cookie and the cookies prepared with 2-6% aronia powder. The spreadability, leavening rate, loss rate and pH decreased with increasing aronia powder content. Compared to the control cookie, the lightness of the cookies decreased, but the redness and yellowness of the cookies increased as the amount of aronia powder added increased. The total polyphenol content of the cookies increased with increasing aronia powder content. The antioxidant activity of the cookies increased significantly as to the amount of aronia powder added increased compared to that of control cookie. Based on the these results, it is concluded that adding aronia powder to cookies increases antioxidant activity.

Keywords aronia, cookies, quality characteristics, anthocyanin, antioxidant activity



OPEN ACCESS

Citation: Hwang ES, Kim S. Effects of aronia powder on the quality characteristics and antioxidant activity of cookies. Korean J Food Preserv, 30(4), 642-653 (2023)

Received: June 04, 2023
Revised: August 02, 2023
Accepted: August 02, 2023

***Corresponding author**
 Eun-Sun Hwang
 Tel: +82-31-671-5182
 E-mail: ehwang@hknu.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

쿠키는 설탕과 계란을 넣고 크림화한 버터에 밀가루, 화학적 팽창제를 넣고 고온에서 구운 과자류로 맛과 식감이 좋아 남녀노소가 좋아하는 대중적인 간식류이다(Kim과 Chung, 2011). 식생활의 변화로 간단히 섭취할 수 있는 제과류에 대한 관심이 높아지고 있으며, 제조법이 비교적 간단하고 저장성이 우수한 쿠키에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다(Lee 등, 2011; Nam 등, 2023). 최근에는 쿠키 반죽의 주재료인 밀가루의 일정 비율을 표고버섯분말(Kim과 Chung, 2017), 자색당근(Cho와 Chung, 2019), 비타민나무 잎(Park과 Joo, 2021), 갯기름나물(Cha와 Lee, 2016) 등과 같은 기능성이 입증된 식재료로 대체하여 제조한 쿠키들이 소개되고 있다.

장미과에 속하는 아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 짙은 자주색의 작은 열매로 북아메리

카가 원산지이며, 아로니아 베리(Aronia berry), 킹스베리(King's berry), 블랙 초크베리(Black chokeberry) 등으로 불린다(Bussires 등, 2008). 아로니아는 척박한 기후나 토양에서도 비교적 잘 자라고 병해충에 강하고 까다로운 영농기술이 필요하지 않아 폴란드, 체코, 우크라이나 등지에서 널리 지배되고 있다(Kulling과 Rawel, 2008). 약 10여년 전에 아로니아가 우리나라에 도입된 초기에는 고소득 작물로 각광을 받았으나, 재배면적이 늘면서 해마다 수확량이 증가하여 판로개척 및 가격 하락을 방지하기 위한 적절한 대책이 필요하다(Jeon 등, 2018). 아로니아에는 다른 베리류에 비해 항산화 활성이 높고 건강에 유용한 안토시아닌, 플라보노이드, 페놀산과 같은 폴리페놀 화합물 함량이 월등히 높은 것으로 알려져 있다(Kulling과 Rawel, 2008). 다양한 연구를 통해 아로니아가 지닌 항산화(Banach 등, 2020), 항당뇨(Banjari 등, 2017), 면역증진(Lackner 등, 2022), 각종 암세포 성장 억제(Efenberger-Szmechtyk 등, 2020), 노화억제(Daskalova 등, 2015), 눈 건강(Xing 등, 2021) 등에 대한 효능들이 보고되고 있다. 그러나, 아로니아 열매에는 탄닌을 포함한 페놀화합물들이 다량 함유되어 있어 떫은맛이 강하고, 단단한 질감을 지니고 있어 생과로 소비되기 보다는 분말, 엑기스, 주스의 형태로 다른 식품재료와 혼합하여 가공품을 제조하거나 천연염료, 화장품, 의약품 등 식품 이외의 용도로도 널리 이용되고 있다(Kim과 Mai, 2020).

아로니아를 활용한 다양한 제품개발이 이루어지고 있으며, 아로니아를 제과 제빵, 음료제조 등에 활용하여 다양한 제품들이 소개되고 있다. 선행연구에서는 아로니아 분말을 파운드케이크(Jang 등, 2018), 설기떡(Hwang과 Hwang, 2015), 모닝빵(Sim 등, 2019) 등에 활용하여 품질특성 및 항산화 활성을 탐색하고 제품개발을 위해 아로니아의 첨가량 및 형태에 대한 연구들이 보고된 바 있으나, 아로니아 분말을 쿠키 제조에 활용한 다양한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

이에 본 연구에서는 항산화력이 우수하고 건강기능성이 입증된 아로니아 분말을 첨가한 쿠키를 제조하여 품질특성을 규명하고, 항산화물질 함량과 항산화 활성을 측정함으로써 품질과 기능성이 보강된 쿠키를 개발하고 아로니아의 활용도를 넓히고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

쿠키 제조에는 박력분 밀가루는 삼양식품(Seoul, Korea), 버터는 서울우유(Seoul, Korea), 베이킹파우더는 큐원(Asan, Korea), 백설탕은 CJ 제일제당(Incheon, Korea), 달걀은 CJ 프레시웨이(Yongin, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 아로니아는 경상북도 영천의 농장에서 2022년 수확한 것을 구입하였다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)는 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 에탄올, ethyl ether, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)는 Fluka(Hekdelberg, Germany)에서 구입하였다. 그 외 분석용 시약들은 Jencei chemical Co. Ltd.(Tokyo, Japan)에서 구입하였다.

2.2. 아로니아 분말 및 쿠키 제조

흐르는 물에 세척한 아로니아의 물기를 제거하고 동결건조(FDU-1200, EYELA, Tokyo, Japan)한 후에 분쇄기로 곱게 마쇄하고 표준체(No. 20)를 통과시켜 균일화된 입자 크기가 되도록 하였다.

쿠키는 선행연구(Hwang과 Park, 2021)를 참고하여 몇 번의 예비실험을 거쳐 Table 1과 같은 배합비를 결정하고 제조하였다. 밀가루 대신 첨가한 아로니아 분말 함량이 7% 이상이 되면 쿠키 반죽의 수분감이 낮아 질감이 거칠고 반죽의 갈라짐을 확인하여 아로니아 분말은 최대 6%까지 첨가하였다. 대조군은 아로니아 분말을 첨가하지 않았고, 실험군은 밀가루 대신 아로니아 분말을 각각 2, 4 및 6% 첨가하여 쿠키를 제조하였다. 반죽기(MUM54420, BOSCH, Munich, Germany)에 실온에 꺼내둔 버터를 넣고 설탕을 서서히 넣으면서 크림 상태가 되도록 혼합한 후에 달걀을 조금씩 가하여 크림이 분리되지 않도록 하였다. 밀가루, 베이킹파우더, 소금, 아로니아 분말과 같은 가루 재료를 체에 2분 쳐서 덩어리진 것을 풀어준 후에 크림화된 반죽에 넣고 고무주걱으로 잘 혼합하였다. 위의 방법으로 대조군과 아로니아 분말 함량에 따른 세 가지 실험군에 해당하는 쿠키 반죽을 완성하였다. 쿠키 반죽은 지름 5 cm의 원통형으로 길

Table 1. Formula for cookies containing different amounts of aronia powder

Ingredients (g)	Aronia powder (%)			
	0	2	4	6
Wheat flour	100	98	96	94
Aronia powder	0	2	4	6
Butter	35	35	35	35
Sugar	25	25	25	25
Egg	25	25	25	25
Baking powder	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Total (g)	186	186	186	186

게 성형하여 마르지 않도록 랩에 싸서 4℃에서 1시간 동안 휴지시켰다. 휴지가 끝난 쿠키 반죽은 5 mm 두께로 잘라 예열시킨 오븐(윗불 160℃, 아랫불 150℃)에서 15분간 구워 완성하였다. 완성된 쿠키는 1시간 동안 실온에서 식혀 플라스틱 지퍼백에 넣어 냉장고에서 보관하면서 각종 분석에 사용하였다.

2.3. 쿠키의 퍼짐성, 손실을 및 팽창률 측정

쿠키의 퍼짐성 지수는 AACC법(AACC, 2000)에서 명시한 바와 같이 쿠키의 직경과 두께를 측정하고 아래 식에 대입하여 계산하였다. 쿠키의 직경은 6개의 쿠키를 나란히 옆으로 붙여 전체 길이를 측정하고, 각각의 쿠키를 90° 회전시킨 후 같은 방법으로 전체 길이를 측정하여 평균 직경으로 하였다. 쿠키의 두께는 6개의 쿠키를 위로 쌓은 후에 높이를 측정하였고, 동일한 쿠키를 쌓는 순서를 바꾸어 전체 높이를 측정하여 평균 두께로 하였다.

퍼짐성 지수(spread factor) =

$$\frac{\text{6개 쿠키의 평균 직경 (mm)}}{\text{6개 쿠키의 평균 두께 (mm)}}$$

손실률은 쿠키를 굽기 반죽의 무게를 측정하고 쿠키를 오븐에서 구운 후의 무게를 각각 측정하고 아래의 식에 대입하여 구하였다.

손실률(loss rate, %) =

$$\frac{\text{쿠키를 굽기 전 반죽 무게(g)} - \text{구운 후의 쿠키 무게(g)}}{\text{쿠키를 굽기 전 반죽 한 개의 무게 (g)}} \times 100$$

팽창률은 오븐에 쿠키 반죽을 굽기 전과 오븐에서 구운 후에 아로니아 분말을 첨가하지 않은 대조군과 아로니아 분말을 첨가한 실험군의 무게 차이를 측정한 후에 아래 계산식에 대입하여 구하였다.

팽창률(leavening rate, %) =

$$\frac{\text{실험군 쿠키를 굽기 전과 구운 후의 무게 차 (g)}}{\text{대조군 쿠키를 굽기 전과 구운 후의 무게 차 (g)}} \times 100$$

2.4. 일반성분 함량 측정

쿠키를 분쇄기(Supreme Electric Co. Ltd., PGR 002M, Guangzhou, China)에 넣고 균일한 크기의 분말로 균질화하여 일반성분을 측정하였다(AOAC, 1995). 수분 함량은 시료를 105℃ dry oven(EYELA, Tokyo, Japan)에서 건조시켜 건조 전과 건조 후의 무게 차이를 계산하여 구하였고, 조회분은 시료를 600℃로 맞춰진 회화로(Jeil, Seoul, Korea)에 넣어 회화 전과 회화 후의 무게 차이를 계산하여 정량하였다. 단백질 분석장치(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 시료에 함유된 조단백질 함량을 정량하였고, 속슬렛 추출기(Soxtec

System HT 1043, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 diethyl ether로 시료 중에 함유된 함량을 측정하였다.

2.5. 당도, pH, 산도 및 경도 측정

쿠키는 분쇄기(Supreme Electric Co. Ltd., PGR 002M)를 이용하여 분말화하였고, 아로니아와 밀가루는 분말 상태의 시료를 이용하였다. 각 시료에 2배 중량의 95% 에탄올을 첨가하여 40°C에서 초음파로 30분 동안 추출하고 원심분리(13,500 ×g, Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 얻은 상등액으로 당도, pH 및 산도를 측정하였다. 당도와 당도계(PR-201α, Atago Co., Tokyo, Japan)로 pH는 pH 미터(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 산도는 10 mL의 시료 추출액이 pH 8.3까지 도달하는 데 소요된 0.1 N 수산화나트륨의 양(mL)을 구연산 함량(%)으로 환산하여 나타내었다(AOAC, 1995).

경도(hardness)는 쿠키를 제조한 당일 상온에서 물성 측정기(Texture Analyzer, CT3 10K, Brookfield., Middleboro, MA, USA)로 측정하였다. 측정에 사용한 probe는 TA25/1000, target type은 % deformation, target value는 60%였고, pre-test speed는 2.0 mm/sec과 test speed는 10.0 mm/sec으로 설정하였고, load cell은 100 g을 이용하였다.

2.6. 색도 측정

쿠키 제조에 사용한 밀가루와 아로니아 분말 및 제조한 쿠키의 색도는 색도계(CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)로 측정하고 L*(명도, lightness), a*(적색도, redness) 및 b*(황색도, yellowness)로 나타냈다.

2.7. 총안토시아닌, 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량 측정

분말화한 시료 5 g에 95% 에탄올 20 mL를 넣고 15초 동안 혼합한 후 원심분리(13,500 ×g, 10 min)하여 얻은 상등액으로 생리활성 물질의 양을 측정하였다. 총안토시아닌 함량을 측정하기 위하여 100 μL의 시료액에 pH 1 buffer와 pH 4.5 buffer를 각각 1,900 μL씩 첨가한 후에 520 nm에서 흡광도(Infinite M200 Pro, Tecan Group

Ltd.)를 측정하였다. 동일한 혼합액의 700 nm에서 흡광도를 측정한 후, Meyers 등(2003)이 제시한 계산식에 대입하여 cyanidin-3-glucoside(C3G) 함량으로 나타냈다.

시료에 함유된 총폴리페놀은 Singleton과 Rossi(1965)의 방법에 준하여 측정하였다. 시료 추출액과 2 N Folin 시약을 각각 0.5 mL씩 혼합하여 실온에서 3분간 반응시킨 후에 2% sodium carbonate 1.5 mL를 넣고 빛이 차단된 어두운 곳에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 혼합액을 760 nm에서 흡광도를 측정하고, 시료에 들어있는 총폴리페놀은 gallic acid를 표준물질로 하여 검량선을 작성한 후에 gallic acid equivalent(GAE)로 표시하였다.

Zhishen(1999)의 방법에 준하여 총플라보노이드 함량을 측정하였다. 시료 추출액과 메탄올에 용해시킨 2% aluminium chloride를 각각 1 mL씩 혼합하여 실온에서 15분 동안 반응시킨 후에 430 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 들어있는 총플라보노이드는 quercetin을 표준물질로 하여 검량선을 작성한 후에 quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

2.8. 항산화 활성 측정

분말화한 시료 5 g과 95% 에탄올 20 mL를 혼합한 후 13,500 ×g에서 15분 동안 원심분리하여 얻은 상등액으로 항산화 활성을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거활성을 측정하기 위해 시료 100 μL와 0.2 mM DPPH 용액 100 μL를 혼합한 후에 37°C에서 30분간 반응시켜 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 DPPH 라디칼 소거활성은 Cheung 등(2003)의 방법에 따라 계산하였다.

ABTS 라디칼 소거활성을 측정하기 위해 7.0 mM ABTS와 2.45 mM 과황산칼륨을 빛을 차단한 곳에서 18시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후에 735 nm에서 측정된 흡광도 값이 0.70±0.03 범위가 되도록 에탄올로 희석하였다. 시료와 ABTS 용액을 각각 100 μL씩 취하여 37°C로 맞춰진 항온기에 넣고 30분간 반응시킨 후에 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거활성은 Re 등(1999)의 방법에 따라 계산하였다.

환원력은 Oyaizu(1986) 방법으로 측정하였다. 시료 0.5 mL에 pH 6.6으로 맞춘 20 mM 인산 완충액 0.5 mL와

1%의 페리시안화칼륨(potassium ferricyanide) 0.5 mL를 차례로 첨가하고 50°C에서 20분 동안 반응시켰다. 반응액에 10% 트리클로로아세트산(trichloroacetic acid) 용액 1 mL를 넣고 13,500 × g에서 10분 동안 원심분리하여 얻은 상등액에 증류수 1 mL와 염화제2철(ferric chloride) 1 mL를 첨가하여 720 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력으로 하였다.

2.9. 통계 분석

모든 분석값은 3회 이상 반복 측정하여 평균±표준편차로 제시하였고, R-Studio(Version 3.5.1, Boston, MA, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 통해 유의성을 검증하였다. 각 시료들 간의 유의성이 확인된 경우에는 Duncan's multiple range test를 실시하였다($p < 0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. 퍼짐성, 손실률 및 팽창률

아로니아 분말 함량을 달리하여 제조한 쿠키의 퍼짐성, 손실률 및 팽창률을 측정한 결과는 Table 2에 제시하였다. 퍼짐성의 경우, 아로니아 분말을 첨가하지 않은 대조군에서 3.54로 가장 높았고, 아로니아 분말을 2-6% 첨가함에 따라 3.44에서 3.22까지 감소하였다($p < 0.05$). 쿠키의 퍼짐성은 성형한 쿠키 반죽을 오븐에서 굽는 과정에서 오븐 속의 온도가 증가함에 따라 반죽이 옆으로 퍼지면서 두께가 얇아지고 직경이 커지는 현상으로(Yang 등, 1997), 밀가루 반죽 내에 함유된 수분량과 직접적인 관계가 있다(Doescher 등, 1987; Hwang과 Park, 2021). 일반적으로 쿠키의 퍼짐성은 밀가루 반죽의 수분 함량이 높으면 증가하다가 반죽 내의 수분이 증발하여 건조해지면 퍼짐성이 감소하는 경향을

보인다(Hwang과 Park, 2021). 아로니아 분말은 동결건조의 과정을 거쳐 수분을 제거하였기 때문에 밀가루에 비해 수분이 적고, 이에 따라 아로니아 분말 함량이 많은 반죽은 부드러움이 감소하고, 반죽의 건조도가 증가함을 확인하였고, 이는 퍼짐성의 감소로 나타난 것으로 사료된다. 선행연구에서도 블루베리 분말(Ji와 Yoo, 2010)을 0-7% 첨가한 쿠키, 아사이베리 분말을 0-8% 첨가한 쿠키(Choi 등, 2014), 메리골드 분말을 0-7% 첨가한 쿠키(Lee와 Park, 2020)에서도 이들 부재료의 함량이 증가함에 따라 완성된 쿠키의 퍼짐성이 감소한 것을 확인하여 본 연구 결과와 유사한 경향성을 나타냈다.

손실률은 쿠키 반죽을 오븐에서 굽는 과정 중에 증발되는 수분함량을 측정한 것으로 대조군에서 16.11로 가장 높았고, 아로니아 분말 2% 처리군에서는 16.06으로 대조군과 유사했으나, 아로니아 분말을 4% 및 6% 첨가군에서는 손실률이 각각 15.33에서 14.83으로 감소하였다($p < 0.05$). 선행연구에서도 배과피 분말(Nam 등, 2023), 모링가잎 분말(Go와 Choi, 2021), 아사이베리 분말(Choi 등, 2014), 메리골드 분말(Lee와 Park, 2020) 첨가 쿠키에서도 본 연구 결과와 유사하게 이들 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 손실률이 감소하였다.

제조한 쿠키의 팽창률은 아로니아 분말을 첨가하지 않은 대조군 쿠키의 팽창률을 100%로 하여 측정하였다. 아로니아 분말을 2-6% 첨가함에 따라 쿠키의 팽창률은 99.67%에서 92.22%로 감소하였다($p < 0.05$). 쿠키 반죽에 첨가한 아로니아 분말 함량이 증가함에 따라 제조된 쿠키의 팽창률이 낮아졌는데, 이는 아로니아에 들어있는 섬유소가 쿠키 반죽의 수분을 흡착하여 팽창에 필요한 수분량이 대조군에 비해 부족하여 나타난 현상(Doescher 등, 1987; Hwang과 Park,

Table 2. Spread factor, loss rate, and leavening rate of cookies containing different amounts of aronia powder

Measurement	Aronia powder (%)			
	0	2	4	6
Spread factor	3.54±0.04 ^{a1)}	3.44±0.12 ^a	3.38±0.09 ^b	3.22±0.14 ^c
Loss rate (%)	16.11±0.96 ^a	16.06±0.92 ^a	15.33±0.60 ^b	14.83±1.04 ^c
Leavening rate (%)	100.00±0.00 ^a	99.67±0.58 ^a	95.56±9.67 ^b	92.22±7.13 ^c

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{a-c}Means with the same superscript within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

2021)으로 아시아베리 분말(Choi 등, 2014), 미역분말(Jung 과 Lee, 2011)과 배과피 분말(Nam 등, 2023)을 첨가하여 제조한 쿠키에서도 이들 부재료의 함량이 증가함에 따라 팽창률이 감소하는 것을 확인하였다.

3.2. 일반성분

실험에 사용된 밀가루, 아로니아 분말 및 아로니아 분말 함량을 달리하여 제조한 쿠키의 수분, 회분, 조단백질 및 조지방 함량을 측정하여 Table 3에 제시하였다. 아로니아 분말의 수분은 1.55%로 밀가루에 함유된 수분(10.70%)에 비해 낮았고, 아로니아 분말의 회분은 4.55%로 밀가루의 회분 함량인 0.64%에 비해 높게 나타났다. 아로니아 분말의 조단백질은 0.53%였고, 조지방은 0.62%로 밀가루에 비해 낮았다.

아로니아 분말을 첨가하지 않고 제조한 쿠키의 수분은 2.83%로 가장 높았고, 아로니아 분말을 밀가루 중량 대비 2-6% 첨가함에 따라 쿠키의 수분은 2.43%에서 2.25%로 감소하는 경향을 나타냈다($p < 0.05$). 이는 아로니아 분말의 수분이 밀가루의 수분에 비해 적어 아로니아 분말 첨가 비율이 높을수록 쿠키의 수분 함량이 낮아진 것으로 사료된다. 쿠키에 함유된 회분은 대조군에서는 0.63%로 가장 낮았고, 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 0.67-0.77%로 증가하였는데, 이는 밀가루에 비해 아로니아 분말에 더 많은 회분이 포함되어 있어 나타난 결과로 생각된다. 쿠키에 함유된 조단백질은 1.28-1.30%였고, 조지방은 20.78-21.55%로 대조군과 아로니아 분말 첨가군에서 통계적인 차이는 관찰되지 않았다($p > 0.05$). 아로니아 분말과 밀가루에 함유된 조단백질과 조지방 함량의 차이가 크지 않아서 아로니아 분말 첨

가량에 따른 쿠키의 조단백질과 조지방 함량에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

3.3. 당도, pH, 산도 및 경도

아로니아 분말을 0-6%까지 첨가하여 제조한 쿠키의 당도, pH, 산도 및 경도를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 실험에 사용한 아로니아 분말의 당도는 22.2 °Brix로 나타났다. 아로니아를 첨가하지 않은 대조군의 당도는 18.4 °Brix였고, 아로니아 분말 첨가량이 2-6%로 증가함에 따라 쿠키 추출물의 당도가 19.8-21.3으로 증가하는 것을 확인하였다. 선행연구를 통해 아로니아에 함유된 당 성분을 분석한 결과, sorbitol이 가장 많았고, fructose, glucose, sucrose 순으로 함량이 높은 것을 확인하였다(Denev 등, 2018). 따라서 아로니아 분말 첨가량이 증가함에 따라 쿠키 내에 이들 유리당 함량도 높아져 당도가 증가한 것으로 판단된다.

본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말의 pH는 각각 6.13과 4.77로 아로니아 분말의 pH가 밀가루에 비해 더 낮게 나타났다. 제조한 쿠키의 pH를 측정된 결과, 대조군의 pH는 6.05로 가장 높았고, 아로니아 분말 첨가량이 2-6%까지 증가함에 따라 pH는 6.01에서 5.61까지 감소하였다. 이는 밀가루에 비해 pH가 낮은 아로니아 분말을 첨가한 결과로 사료된다. 본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말의 산도는 각각 0.01%와 0.04%로 밀가루에 비해 아로니아 분말의 산도가 더 높게 나타났다. 쿠키의 산도는 대조군에서 0.01%로 나타났고, 아로니아 분말 첨가량이 2-4%까지 증가하여도 0.01%를 유지하여 변화가 없었으나, 아로니아 분말을 6% 첨가한 쿠키에서는 0.02%로 산도가 증가하였

Table 3. Proximate analysis of wheat flour, pumpkin sweet potato powder, and cookies containing various amounts of aronia powder

Measurement	Wheat flour	Aronia powder	Cookies with aronia powder (%)			
			0	2	4	6
Moisture (%)	10.70±0.33 ^{a1)}	1.55±0.04 ^b	2.83±0.11 ^c	2.43±0.12 ^{cd}	2.37±0.09 ^d	2.25±0.08 ^d
Crude protein (%)	1.40±0.08 ^a	0.53±0.16 ^c	1.29±0.11 ^b	1.30±0.01 ^b	1.29±0.01 ^b	1.28±0.07 ^b
Crude fat (%)	0.22±0.30 ^c	0.62±0.03 ^b	21.55±0.15 ^a	20.78±0.06 ^a	21.39±0.23 ^a	20.79±1.42 ^a
Ash (%)	0.64±0.05 ^b	4.55±0.21 ^a	0.63±0.17 ^b	0.67±0.10 ^c	0.72±0.02 ^d	0.77±0.01 ^e

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{a-e}Means with the same superscript letters within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 4. Sugar content, pH, total acidity, and hardness of cookies containing different amounts of aronia powder

Measurement	Wheat flour	Aronia powder	Cookies with aronia powder (%)			
			0	2	4	6
Sugar content (°Brix)	-	22.2±0.1 ^a	18.4±0.1 ^e	19.8±0.0 ^d	20.4±0.1 ^c	21.3±0.0 ^b
pH	6.13±0.01 ^{a1)}	4.77±0.03 ^d	6.05±0.00 ^b	6.01±0.04 ^b	5.79±0.00 ^c	5.61±0.01 ^c
Total acidity (%)	0.01±0.00 ^c	0.04±0.00 ^b	0.01±0.00 ^c	0.01±0.00 ^c	0.01±0.00 ^c	0.02±0.00 ^b
Hardness (g)	- ²⁾	-	10,181.67±432.53 ^c	10,227.33±471.19 ^c	10,900.67±544.84 ^b	11,856.00±443.72 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾-, not measured.

^{a-e}Means with the same superscript letters within the same row are not significantly different at p<0.05.

다. Denev 등(2018)은 23종의 HPLC 분석을 통해 신선한 아로니아에 함유된 주요 유기산은, quinic acid와 malic acid이며, 이외에도 ascorbic acid, shikimic acid, citric acid, oxalic acid, and succinic acid의 7가지 유기산이 함유되어 있음을 확인하였다. 따라서 쿠키에 첨가한 아로니아 분말 함량이 증가함에 따라 이들 유기산으로 인해 pH가 감소한 것으로 사료된다.

아로니아 분말을 첨가하여 제조한 쿠키의 경도를 측정된 결과, 아로니아 분말을 첨가하지 않은 대조군의 경도는 10,181.67 g으로 아로니아 분말 2%를 첨가한 쿠키의 경도인 10,227.33 g과 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 그러나 아로니아 분말 함량을 4% 및 6%까지 늘려 제조한 쿠키에서는 경도가 각각 10,900.67 g 및 11,856.00 g으로 대조군과 아로니아 분말 2% 첨가군에 비해 증가하였다. 쿠키의 경도는 수분함량, 반죽의 밀도, 첨가하는 부재료 등에 따라 달라지며, 특히나 부재료의 수분 및 섬유소 함량과 밀접한 연관성이 있다(Choi 등, 2014). 밀가루보다 수분 함량이 적고 섬유소가 많은 부재료를 첨가한 쿠키에서 경도가 증가하고 밀가루에 비해 수분이 많은 재료를 첨가하면 경도가 감소하는 것으로 알려져 있다(Choi 등, 2014; Lee와 Park, 2020). 본 연구에서 쿠키 제조에 사용한 동결건조 아로니아 분말(1.55% 수분)은 밀가루(10.70% 수분)에 비해 수분 함량이 적고 불용성 및 수용성 식이섬유소가 함유되어 있어, 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 쿠키의 경도가 증가한 것으로 사료된다.

3.4. 색도

본 실험에 사용한 밀가루, 아로니아 분말 및 아로니아 분

말을 첨가하여 만든 쿠키의 색도는 Table 5와 같다. 밝기를 나타내는 명도(L*)는 밀가루와 아로니아 분말에서 각각 65.47과 14.73으로 아로니아 분말이 밀가루에 비해 더 낮게 나타났다. 쿠키의 경우, 대조군의 명도가 40.33으로 가장 높았고, 아로니아 분말 함량이 2-6%로 증가함에 따라 명도는 38.63에서 28.21로 감소하였다(p<0.05). 적색도를 나타내는 a*값은 밀가루와 아로니아 분말에서 각각 -0.70과 9.03으로 아로니아 분말이 밀가루에 비해 더 짙은 적색을 나타냈다. 아로니아 분말을 첨가하지 않고 제조한 쿠키의 적색도는 3.63으로 가장 낮았고, 아로니아 분말 함량에 비례하여 a*값이 4.95-7.98까지 증가함을 확인하였다. 황색도를 나타내는 b*값은 밀가루와 아로니아 분말에서 각각 6.08과 2.98로 아로니아 분말이 밀가루에 비해 더 낮게 나타났다. 아로니아 분말을 첨가하지 않고 제조한 쿠키의 황색도는 14.32로 가장 높았고, 아로니아 분말을 2% 및 4% 첨가한 쿠키에서는 11.02 및 9.84로 감소하였고, 아로니아 분말을 8% 첨가한 쿠키의 황색도는 7.65로 가장 낮았다. 아로니아는 짙은 보라색의 안토시아닌 색소는 pH, 유기산, 금속이온, 공존하는 색소 등에 따라 영향을 받으며(Hwang과 Ki, 2013), 아로니아 분말 함량이 증가함에 따라 안토시아닌 색소의 영향으로 적색도는 증가한 반면에 황색도는 감소하였다.

3.5. 총안토시아닌, 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량

아로니아 분말을 첨가하지 않고 제조한 쿠키의 총안토시아닌, 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량을 측정하고 그 결과를 Table 6에 제시하였다. 쿠키의 총안토시아닌 함량을 측정된 결과, 대조군에서는 검출되지 않았으나, 아로니아

Table 5. Changes in Hunter's color value of cookies containing different amounts of aronia powder

Measurement	Wheat flour	Aronia powder	Cookies with aronia powder (%)			
			0	2	4	6
L*	65.47±4.75 ^{a1)}	14.73±1.24 ^f	40.33±3.63 ^b	38.63±3.57 ^c	36.79±4.89 ^d	28.21±0.60 ^e
a*	-0.70±0.06 ^f	9.03±0.93 ^a	3.63±0.39 ^e	4.95±0.57 ^d	6.51±0.99 ^c	7.98±0.24 ^b
b*	6.08±0.61 ^e	2.98±0.20 ^f	14.32±1.19 ^a	11.02±1.46 ^b	9.84±0.99 ^c	7.65±0.18 ^d

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{a-f}Means with the same superscript letters within the same row are not significantly different at p<0.05.

Table 6. Total anthocyanin, total polyphenol, and total flavonoid contents of cookies containing different amounts of aronia powder

Measurement	Wheat flour	Aronia powder	Cookies with aronia powder (%)			
			0	2	4	6
Total anthocyanins (mg C3G/g)	ND ¹⁾	39.28±0.54 ^{a2)}	ND	0.67±0.01 ^d	1.05±0.13 ^c	1.87±0.24 ^b
Total polyphenols (μg GAE/g)	4.89±0.68 ^f	87.74±1.60 ^a	13.63±0.52 ^e	18.43±0.49 ^d	37.66±0.68 ^c	47.87±0.52 ^b
Total flavonoids (μg QE/g)	1.98±2.33 ^f	52.45±2.34 ^a	8.12±4.66 ^e	12.95±2.71 ^d	14.84±1.74 ^c	20.56±1.08 ^b

¹⁾ND, not detected.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

^{a-f}Means with the same superscript letters within the same row are not significantly different at p<0.05.

아 분말 첨가량이 2-6%로 증가함에 따라 쿠키에 포함된 총 안토시아닌 함량도 증가하였다(p<0.05). 즉, 아로니아 분말을 2, 4 및 6% 첨가한 쿠키의 총안토시아닌 함량은 0.67 mg C3G/g, 1.05 mg C3G/g, 1.87 mg C3G/g으로 나타났다. 본 연구에 사용한 아로니아 분말에는 39.28 mg C3G/g이 함유되었으며, 밀가루를 아로니아 분말로 대체하여 제조한 쿠키에서도 쿠키 반죽에 첨가한 아로니아 분말이 많아짐에 따라 제조한 쿠키에 함유된 총안토시아닌 함량이 증가하였다. 아로니아는 안토시아닌이 건물 중량당 약 0.6-2.0% 정도 함유하고 있으며(Kokotkiewicz 등, 2010), 특히나 안토시아닌은 배당체의 형태로 cyanidin과 결합하여 존재하며, 가장 함량이 많은 cyanidin-3-galactoside를 포함하여 cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-arobnoside, cyanidin-3-xyloside의 4종류의 안토시아닌을 함유하는 것으로 알려져 있다(Kokotkiewicz 등, 2010; Meng 등, 2019).

총폴리페놀 함량은 대조군 쿠키의 경우, gallic acid를 기준으로 13.63 μg GAE/g이었고, 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 쿠키에 포함된 총폴리페놀 함량도 증가하였다(p<0.05). 즉, 아로니아 분말을 2, 4 및 6% 첨가함에 따라

총폴리페놀 함량은 18.43 μg GAE/g, 37.66 μg GAE/g, 47.87 μg GAE/g으로 대조군 대비 1.35-3.51배까지 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말의 에탄올 추출물 중에 함유된 총폴리페놀 함량은 각각 4.89 μg 및 87.74 μg으로 밀가루에 비해 아로니아 분말에 함유된 총폴리페놀이 약 17.94배 높았기 때문에 쿠키 제조에 첨가한 아로니아 분말 함량이 많아짐에 따라 제조된 쿠키의 총폴리페놀 함량도 증가하였다. 아로니아에 함유되어 있는 주요 페놀화합물은 chlorogenic acid와 neochlorogenic acid이며, 그 외에도 epicatechin, quercetin-3-rutinoside, quercetin-3-glucoside, quercetin 등을 포함하고 있으며, 이들 페놀 화합물의 함량은 아로니아의 품종, 숙성도, 재배환경, 온도, 유전적인 요인 및 분석방법 등에 따라 달라진다(Denev 등, 2012; Denev 등, 2018; Kim과 Mai 2020).

총플라보노이드 함량은 대조군 쿠키의 경우, 시료 1 g당 quercetin을 기준으로 8.12 μg QE/g이었고, 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 쿠키에 포함된 총플라보노이드 함량도 증가하였다(p<0.05). 즉, 아로니아 분말을 2, 4 및 6% 첨가함에 따라 총플라보노이드 함량은 12.95 μg QE/g, 14.84 μg QE/g, 20.56 μgQE/g으로 대조군 대비 1.59-

2.53배까지 증가하였다. 본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말의 에탄올 추출물 중에 함유된 총플라보노이드 함량은 각각 1.98 μg 및 52.45 μg 으로 밀가루에 비해 아로니아 분말에 함유된 총플라보노이드가 약 26.49배 높았기 때문에 쿠키 제조에 첨가한 아로니아 분말이 많아짐에 따라 제조한 쿠키의 총플라보노이드 함량도 증가하였다. 아로니아 열매에는 flavanone eriodictyol 7-O- β -glucuronide, quercetin 3-vicianoside, quercetin 3-robinobioside 및 quercetin glycosides 등의 플라보노이드 성분이 함유되어 있고 총플라보노이드 함량은 신선한 아로니아 열매 1g당 약 71 mg이 함유되어 있다(Slimestad 등, 2005)

3.6. 항산화 활성

본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말 및 제조한 쿠키의 항산화 활성을 측정하고 Table 7에 그 결과를 제시하였다. 밀가루와 아로니아 분말의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 12.38% 및 72.65%로 밀가루에 비해 아로니아 분말의 DPPH 라디칼 소거능이 약 5.87배 높게 나타났다. 아로니아 분말 첨가 쿠키의 DPPH 라디칼 소거능은 대조군에서 23.57%로 나타났고, 아로니아 분말을 2, 4 및 6% 첨가한 쿠키에서 각각 32.44%, 52.25% 및 64.07%까지 증가하였고($p < 0.05$), 이는 대조군 쿠키에 비해 약 1.38-2.72배 높은 활성을 나타냈다.

ABTS 라디칼 소거능의 경우, 아로니아 분말을 첨가하지 않은 쿠키에서는 14.71%로 가장 낮았고, 아로니아 분말 첨가량 비율에 따라 각각 30.83-58.03%로 이는 대조군 쿠키에 비해 약 2.10-3.94배 높은 활성을 나타내 아로니아 분말 첨가량이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거능도 높아짐을 확인하였다($p < 0.05$). 본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분

말의 에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 각각 4.36% 및 68.52%로 밀가루에 비해 아로니아 분말의 ABTS 라디칼 소거능이 약 15.72배 높았기 때문에 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 쿠키의 ABTS 라디칼 소거능도 증가한 것으로 사료된다.

환원력은 720 nm에서 흡광도로 측정하였는데, 대조군 쿠키에서 0.14로 가장 낮았고, 아로니아 분말 첨가량이 2-6%로 증가함에 따라 환원력은 0.15-0.24로 높아졌다($p < 0.05$). 본 연구에 사용한 밀가루와 아로니아 분말의 에탄올 추출물의 환원력은 각각 0.08 및 1.03으로 밀가루에 비해 아로니아 분말이 높았고, 이로 인해 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 쿠키의 환원력도 증가한 것으로 사료된다.

아로니아에는 강력한 항산화 활성을 지닌 안토시아닌, 폴리페놀, 플라보노이드 성분들이 풍부하며(Denev 등, 2018; Meng 등, 2019), 이들 생리활성 성분의 함량과 항산화 활성은 양의 상관관계를 지닌 것으로 보고되고 있다(Denev 등, 2018). 따라서, 아로니아 분말 함량이 증가함에 따라 아로니아에 함유된 항산화물질의 함량도 증가하고 이를 통해 항산화 활성도 증가한 것으로 사료된다. 선행연구에서도 아로니아 분말을 첨가하여 제조한 설기떡(Hwang과 Hwang, 2015), 스펀지케이크(Jang 등, 2018), 모닝빵(Sim 등, 2019) 등에서도 부재료로 첨가한 아로니아 분말 함량이 증가함에 따라 본 연구 결과와 유사하게 유리라디칼인 DPPH와 ABTS를 소거하는 활성이 증가하였다.

4. 요약

본 연구에서는 밀가루 중량 대비 아로니아 분말을 2, 4

Table 7. Antioxidant activities of cookies containing different amounts of aronia powder

Measurement	Wheat flour	Aronia powder	Cookies with aronia powder (%)			
			0	2	4	6
DPPH radical scavenging activity (%)	12.38±2.35 ^{f1)}	72.65±1.10 ^a	23.57±1.51 ^e	32.44±2.11 ^d	52.25±1.02 ^c	64.07±1.27 ^b
ABTS radical scavenging activity (%)	4.36±0.61 ^f	68.52±0.28 ^a	14.71±0.37 ^e	30.83±0.90 ^d	43.40±1.59 ^c	58.03±1.26 ^b
Reducing power (absorbance at 720 nm)	0.08±0.00 ^f	1.03±0.01 ^a	0.14±0.00 ^e	0.15±0.01 ^d	0.22±0.001 ^c	0.24±0.00 ^b

¹⁾values are mean±SD (n=3).

^{a-f}Means with the same superscript letters within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

및 6%로 첨가한 쿠키 반죽의 팽창률, 손실률, 퍼짐성을 측정하고, 제조한 쿠키의 당도, pH, 경도, 색도와 항산화에 관여하는 활성 물질 및 항산화 활성을 측정하여 아로니아를 쿠키 제조에 활용하기 위한 기초자료를 마련하고자 하였다. 쿠키의 수분은 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 감소하였고, 회분은 증가하는 경향을 나타냈다. 쿠키의 조단백질과 조지방 함량도 대조군과 아로니아 분말을 6%까지 첨가한 쿠키에서 통계적인 차이를 나타내지 않았다. 쿠키에 첨가한 아로니아 분말 함량에 비례하여 쿠키의 퍼짐성, 팽창률, 손실률은 감소하였고, 쿠키의 경도는 증가하였다. 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 쿠키의 명도와 황색도는 감소하였으나 적색도는 증가하였다. 쿠키 반죽에 첨가한 아로니아 분말 함량이 많아짐에 따라 쿠키의 총안토시아닌 함량도 증가하였고, 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량도 아로니아 분말 첨가량에 비례하여 증가하였다. 아로니아 분말 첨가 비율이 증가함에 따라 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성과 환원력도 높아졌다. 이상의 결과를 통해 쿠키에 아로니아 분말을 첨가하면 항산화 활성을 높일 수 있으며, 쿠키의 질감, 생리활성 물질, 항산화 활성 등을 고려할 때 아로니아 분말을 4% 수준에서 첨가하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

Acknowledgements

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. Methodology: Hwang ES. Formal analysis: Hwang ES, Kim S. 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>

Soyeon Kim

<https://orcid.org/0009-0001-5918-3759>

References

- AACC. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, p 10-50 (2000)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, p 1-26 (1995)
- Banach M, Wiloch M, Xawada K, Cyplik W, Kujawski W. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activity of anthocyanin-rich water-soluble aronia dry extracts. *Molecules*, 25, 4055 (2020)
- Banjari I, Misir A, Savikin K, Jokic S, Molnar M, De Zoysa HKS, Waisundara VY. Antidiabetic effects of *Aronia melanocarpa* and its other therapeutic properties. *Frontiers Nutr*, 4, 53 (2017)
- Bussires J, Boudreau S, Clment-Mathieu G, Dansereau B, Rochefort L. Growing black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) in cut-over Peatlands. *Hort Sciences*, 43, 494-499 (2008)
- Cha SS, Lee JJ. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Peucedanum japonicum* Thunb powder. *Korean J Human Ecol*, 25, 595-606 (2016)
- Cheung LM, Cheung PC, Ooi VE. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem*, 81, 249-255 (2003)
- 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 YS, Kim SK, Mo EK. Quality characteristics of cookies with acai berry (*Euterpe oleracea* Mart.) powder added. *Korean J Food Preserv*, 21, 661-667 (2014)
- Daskalova E, Delchev S, Peeva Y, Vladimirova-Kitova L, Kratchanova M, Kratchanov C, Denev P. Antiatherogenic and cardioprotective effects of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) juice in aging rats. *Evid Based Compl Alternat Med*, 2015, 717439 (2015)
- Denev P, Kratchanova M, Petrova I, Klisurova D, Georgiev Y, Ognyanov M, Yanakieva I. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) fruits and functional drinks differ significantly in their chemical composition and antioxidant activity. *Hindawi J Chem*, 2018, 9574587 (2018)
- Denev PN, Kratchanov CG, Ciz M, Lojek A, Kratchanova M. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: *In vitro* and *in vivo* evidences and possible mechanisms of action: A review. *Comp Rev Food Sci Food Safety*, 11, 471-489 (2012)
- Doescher LC, Hosney RC, Milliken GA, Rubenthaler GL. Effect of sugars and flours on cookie spread evaluated by time-lapse photography. *Cereal Chem*, 64, 163-167 (1987)
- Efenberger-Szmechtyk M, Nowak A, Nowak A. Cytotoxic and DNA-damaging effects of aronia melanocarpa, cornus mas, and chaenomeles superba leaf extracts on the human colon adenocarcinoma cell line Caco-2. *Antioxidants*, 9, 1030 (2020)
- Go ES, Choi JH. Quality characteristics and antioxidant activity of rice cookies prepared with moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf powder. *Korean J Food Cook Sci*, 37, 389-398 (2021)
- 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, Park TY. Quality characteristics, antioxidant activity, and acrylamide content of cookies made with powdered green tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 50, 1082-1090 (2021)
- 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 NH, Roh HS, Kang ST. Quality characteristics of sponge cake made with aronia powder. *Korean J Food Sci Technol*, 50, 69-75 (2018)
- Jeon JA, Choi JS, Jung EH, Kim CW, Bae EJ, Jeong ST. The quality characteristics of aronia by cultivation region. *Korean J Food Preserv*, 25, 804-810 (2018)
- Ji JR, Yoo SS. Quality characteristics of cookies with varied concentrations of blueberry powder. *J East Asian Soc Dietary Life*, 20, 433-438 (2010)
- Jung KJ, Lee SJ. Quality characteristics of rice cookies prepared with sea mustard (*Undaria pinnatifida* Suringer) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1453-1459 (2011)
- Kim H, Mai TTH. Variations in total phenols, total anthocyanins, and antioxidant activity levels in black chokeberry (*Arnoia melanocarpa*) fruits subjected to dry and moist heat treatments. *Korean J Food Sci Technol*, 52, 503-509 (2020)
- Kim MJ, Chung HJ. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies added with *Lentinus edodes* powder. *Korean J Food Preserv*, 24, 421-430 (2017)
- Kim SY, Chung HJ. Quality characteristics of cookies made with flaxseed powder. *Food Eng Prog*, 15, 235-242 (2011)
- 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)
- Kulling SE, Rawel HM. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*): A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med*, 74, 1625-1634 (2008)
- Lackner S, Sconocchia T, Ziegler T, Passegger C, Meier-Allard N, Schwarzenberger E, Wonisch W, Lahousen

- T, Kohlhammer-Dohr A, Morkl S, Derler M, Strobl H, Holasek SJ. Immunomodulatory effects of aronia juice polyphenols-Results of a randomized placebo-controlled human intervention study and cell culture experiments. *Antioxidants*, 11, 1283 (2022)
- Lee EJ, Kim HI, Hong GJ. Quality characteristics of cookies added with *Nelumbo nucifera* G. powder. *J Korean Soc Food Cult*, 26, 394-399 (2011)
- Lee JJ, Park YJ. Benefits of the addition of marigold (*Tagetes erecta* L.) powder on quality characteristics and antioxidant properties of rice cookies. *Korean J Community Living Sci*, 31, 585-599 (2020)
- Meng L, Zhu J, Ma Y, Sun X, Li D, Li L, Bai H, Xin G, Meng X. Composition and antioxidant activity of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* cultivated in Haicheng, Liaoning, China. *Food Biosci*, 30, 100413 (2019)
- Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP, Liu RH. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J Agric Food Chem*, 51, 6887-6892 (2003)
- Nam JK, Park JY, Jang HB, Jang HW. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies prepared with pear peel powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 52, 96-102 (2023)
- Oyaizu M. Studies on product of browning reaction: Antioxidative activities of product of browning reaction prepared from glucosamine. *Jap J Nutri*, 44, 307-315 (1986)
- Park MG, Joo SY. Quality characteristics and antioxidant activity of rye cookies supplemented with sea buckthorn leaf powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 50, 464-475 (2021)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad Biol Med*, 26, 1231-1237 (1999)
- Sim S, Park YJ, Lee JH, Jeong SY, Lim JJ, Yu GH, Km EG, Suh HJ. Quality characteristics and antioxidant activities of morning bread-containing aronia sourough starter. *J Food Hyg Saf*, 34, 463-472 (2019)
- Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16, 144-158 (1965)
- Slimestad R, Torskangerpoll K, Nateland HS, Johannessen T, Giske NH. Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*. *J Food Comp Anal*, 18, 61-68 (2005)
- Xing Y, Liang S, Zhao Y, Yang S, Ni H, Li H. Protection of *Aronia melanocarpa* fruit extract from sodium-iodate-induced damages in rat retina. *Nutrients*, 13, 4411 (2021)
- Yang SY, Kim SY, Jang KS, Oh DK. Gas production of chemical leavening agents and effects on textures of cookies. *Korean J Food Sci Technol*, 29, 1131-1137 (1997)
- 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)