



레드비트 분말을 첨가한 쌀 쿠키의 품질 특성

황수정¹ · 최현욱^{2,*}

¹전주대학교 환경생명식품과학과, ²전주대학교 식품영양학과

Quality characteristics of rice cookies with red beet powder

Su-Jeong Hwang¹ and Hyun-Wook Choi^{2,*}

¹Department of Environmental Science and Biotechnology, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

²Department of Food and Nutrition, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

Abstract

In this study, freeze-dried red beet powder was characterized for its physicochemical properties and functional components and subsequently incorporated into rice cookies at levels of 0%, 2%, 4%, 6%, and 8% to assess its effects on quality characteristics and antioxidant activity. As the level of red beet powder increased, moisture content decreased, whereas both the diameter and thickness of the rice cookies increased, resulting in a reduced spread ratio. In terms of color parameters, lightness and yellowness decreased, whereas redness significantly increased with increasing red beet powder content, indicating a distinct visual change in the cookies. Antioxidant activity increased proportionally with red beet powder levels. These findings demonstrate that incorporating red beet powder effectively enhances the antioxidant activity and functional properties of rice cookies.

Keywords: Red beet, Rice cookies, Antioxidant activity, Functional component analysis, Quality characteristics

서 론

식품의 다양한 감각적 요소는 소비자의 선택과 선호에 중요한 영향을 미친다. 특히, 식품의 색상은 신선도와 예상되는 맛을 시작적으로 판단하는 주요 단서로 작용한다(Delwiche, 2012). 최근 소비자들은 식품, 음료, 화장품 등에 사용되는 색소에서 합성 성분보다 안전하다고 여겨지는 천연 성분을 선호하고 있다(Rodríguez Mena et al., 2023). 이에 따라 식품 산업은 천연 색소의 밝기와 안정성을 개선하는 한편, 새로운 천연 색소의 특성을 규명하고 안전성을 평가하는 기술 개발에 주력하고 있다(De Mejia et al., 2020).

천연색소는 구조적 특성에 따라 베타레이인(betalains), 안토시아닌(anthocyanin), 플라보노이드(flavonoids), 카로티노이드(carotenoids) 등으로 분류할 수 있으며, 식물, 동물, 미생물을 포함한 모든 자연계

에 널리 분포되어 있다(Lyu et al., 2022).

레드비트는 명아주과(Chenopodiaceae)에 해당하는 약용식물로 잎과 뿌리가 모두 식용이 가능한 두해살이풀 작물이다(Yi et al., 2017). 레드비트는 전 세계적으로 중요한 채소로 재배되며, 최근 생산량의 증가와 안정적인 공급이 가능해지면서 연구와 활용이 더욱 활발해졌다(Neelwarne & Halagur, 2012; Jeon et al., 2023). 레드비트는 다양한 영양소와 생리활성 화합물을 풍부하게 포함하고 있으며 (Wootton Beard & Ryan, 2011), 특히 가용성 및 불용성 섬유질, 베타레이인, 플라보노이드를 다량 함유하고 있다(De Oliveira et al., 2023).

베타레이인에 대한 연구는 자연에서 드물게 발견되는 특성 때문에 다른 색소에 비해 상대적으로 적게 이루어졌으며, 주요 그룹으로는 적색 계열의 베타시아닌과 황색 계열의 베타잔틴이 있다(Polturak & Aharoni, 2018). 베타레이인은 활성산소 제거를 통해 심혈관 질환

Received: Aug 01, 2025 / Revised: Sep 24, 2025 / Accepted: Oct 27, 2025

Corresponding author: Hyun-Wook Choi, Department of Food and Nutrition, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea
E-mail: hwchoi96@jj.ac.kr

Copyright © 2025 Korean Society for Food Engineering.

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.

을 예방할 수 있으며, 항말라리아 및 항균 효과와 함께 부작용이 적은 천연 항산화제로 주목받고 있다(Gengatharan et al., 2015). 베타레인은 선인장(*Opuntia ficus-indica*), 분꽃(*Mirabilis jalapa*), 레드비트(*Beta vulgaris L.*) 및 부겐빌레아(*Bougainvillea glabra*)와 같은 천연자원에 존재한다(Pérez Ramírez et al., 2015). 특히 천연색소는 제과·제빵 제품개발에 활발히 응용되고 있으며(Luzardo-Ocampo et al., 2021), 이는 최근 밀가루를 대체한 쌀가루 기반 가공식품 개발에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

국내 1인당 쌀 소비량은 간편 식품 소비증가, 다이어트 및 아침 결식 등에 두드러지게 감소하고 있으며, 최근에는 쌀 가공식품의 소비를 확대하기 위해 다양한 빵 제품의 개발이 필요해지고 있다(Kim & Chung, 2018). 쌀가루는 부드러운 맛, 저자극성 특성으로 인해 인기가 높다(Luo et al., 2021). 쌀쿠키에 기능성 성분을 사용한 연구로 석류 분말(Sa et al., 2023), 마늘분말(Lee, 2022), 배 과파 분말(Nam et al., 2023), 건자두 분말(Na et al., 2022), 노루궁뎅이 분말(Park et al., 2021) 등 다양한 연구가 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 천연 색소로 활용 가능한 레드비트를 동결건조 분말 형태로 이화학적 특성과 기능성 물질을 분석한 후, 이를 활용하여 쌀쿠키의 혼합비율에 따른 품질 특성과 항산화 활성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 레드비트는 제주특별자치도 제주시산으로 떠앗 농장에서 재배 및 수확하는 제품을 인터넷으로 구입하였다. 레드비트는 세척하여 껍질 제거한 후 일정 크기 절단하여 동결건조기(FDS 8508, IlShinBioBase, Seoul, Korea)를 사용하여 72시간 건조한 후 시료들을 100 mesh 체로 걸러 -20°C에 냉동보관 하였다. 쌀쿠키 제조에 사용된 재료인 박력 쌀가루(Daedoo Foods, Gunsan, Korea), 버터(Butter, Fonterra Limited, Auckland, New Zealand), 달걀(Deliljoy, Seoul, Korea), 백설탕(Samyang, Ulsan, Korea), 소금(Hanju, Ulsan, Korea)을 구입하여 쌀쿠키를 제조하였다.

레드비트 분말 첨가 쌀쿠키 제조

레드비트 분말 첨가 쌀쿠키를 제조하기 위해 Table 1과 같은 배합비로 제조하였다. 실온 상태의 버터를 반죽기(SKPM5EWH, Whirlpool Corp., Benton Harbor, MI, USA)에 넣고 3단 속도로 5분간 풀어 준 후, 설탕을 추가하여 4단 속도로 5분간 혼합하였다. 혼합이 완료된 후 소금을 넣고, 실온 계란을 3회에 나누어 3단 속도로 각 30초씩 섞어주었다. 체에 거른 레드비트 분말과 쌀가루는 순서대로 혼합하

Table 1. Ingredients for rice cookies with freeze-dried red beet (*Beta vulgaris L.*) powder

Ingredients (g)	Concentration of red beet powder (%) ¹⁾				
	Control	2%	4%	6%	8%
Rice powder	200	196	192	188	184
Red beet powder	0	4	8	12	16
Butter	120	120	120	120	120
Sugar	80	80	80	80	80
Egg	40	40	40	40	40
Salt	1	1	1	1	1
Total	441	441	441	441	441

¹⁾Control: Rice cookies added with 0% red beet (*Beta vulgaris L.*) powder.

2%: Rice cookies added with 2% red beet (*Beta vulgaris L.*) powder.

4%: Rice cookies added with 4% red beet (*Beta vulgaris L.*) powder.

6%: Rice cookies added with 6% red beet (*Beta vulgaris L.*) powder.

8%: Rice cookies added with 8% red beet (*Beta vulgaris L.*) powder.

여 반죽을 완성하였다. 준비된 반죽은 4°C에서 1시간 동안 냉장 휴지 시킨 후, 1 cm 두께로 균일하게 밀어 지름 8.5 cm 원형 쿠키 틀로 찍어 팬닝하였다. 이후, 180°C로 예열된 오븐(XEFT-04HS-ELDP-K, UNOX S.p.A, Cadoneghe, Italy)을 160°C로 설정하여 15분간 구웠다. 구워진 쌀쿠키는 식험망에서 실온에서 1시간 동안 방냉한 뒤, 4°C 냉장고에 보관하여 실험에 사용하였다.

레드비트 분말의 이화학적 특징

동결건조한 레드비트 분말의 수분함량은 적외선 수분측정기 (MA37-1, Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Goettingen, Germany)를 이용하여 130°C에서 시료 2 g을 칭량하여 측정하였고, pH 와 당도는 분말 3 g에 증류수 27 mL에 섞어 pH meter (STAR2115, ThermoFisher Scientific, Waltham, MA, USA)와 200 μL 씩 당도계 (Portable Brix Meter, Kyoto Electronics Manufacturing Co., Ltd, Kyoto, Japan)를 이용해 측정하였다.

레드비트의 betalain 함량 측정

레드비트 분말의 betalain의 측정은 Nilsson (Nilsson, 1970)의 방법을 사용하여 측정하였다. 시료 0.1 g을 증류수 10 mL에 녹인 후 10초간 교반 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 후 상등액을 채취해 0.45 μm filter (GVS Filter Technology, Sanford, ME, USA)로 여과 후 측정하였다. 476, 538, 600 nm 파장에서의 흡광도 측정은 세종대학교 바이오파리미 첨단소재 핵심연구지원센터의 분광광도계(Genesys 180, ThermoFisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 수행하였다(NFEC-2023-07-289066). 첫 번째 식에 대입하여 불순물 제거된 betacyanins과 betaxanthins의 함량을 구해서 두

번째 식에 대입하여 총 베타레인 함량을 구하였다.

$$x = 1.095 \times (a - c)$$

$$y = b - z - \frac{x}{3.1}$$

$$z = a - x$$

a = Absorbance of the sample at 476 nm

b = Absorbance of the sample at 538 nm

c = Absorbance of the sample at 600 nm

x = Absorbance corresponding to betacyanins

y = Absorbance attributed to betaxanthins

z = Absorbance linked to impurities present in the sample

$$\text{Total betalain contents (mg/kg)} = \frac{A \times DF \times MW \times 1000}{\epsilon \times L}$$

A = absorbance

DF = dilution factor

MW = molecular weight (550 g/mol for betacyanin, 308 g/mol for betaxanthin)

ϵ = extinction coefficient (60,000 L/cm·mol for betacyanin, 48,000 L/cm·mol for betaxanthin)

L = cuvette length (1 cm)

레드비트의 vitamin B군 측정

Vitamin B(1, 2, 3, 6)군의 측정을 위해 표준물질로 thiamine hydrochloride (B1), riboflavin (B2), nicotinic acid (B3), pyridoxine hydrochloride (B6)를 사용하였다. 레드비트 분말 1 g에 0.1 M KOH 용액 2 mL를 첨가한 후, 250 mM H₃PO₄ 용액 18 mL를 추가하여 15분간 초음파 추출하였다. 추출된 용액은 0.45 μm 필터(GVS filter)로 여과한 뒤 HPLC 분석에 사용하였다. HPLC 분석은 Agilent 1100 기기(Agilent Technologies, California, USA)와 Luna C18 컬럼 (250×4.6 mm, 5 μm, Torrance, CA, USA)을 이용하였다. 이동상 A는 10 mM H₃PO₄, 이동상 B는 acetonitrile을 사용하였으며, 그라디언트 조건은 0분: 100% A, 5분: 70% A, 10.0분: 70% A, 10.1분: 100% A로 설정하였다. 유속은 1.0 mL/min, 컬럼 온도는 30°C, 시료 주입량은 5 μL로 설정하였으며, UV-Vis 분석은 다중파장검출기 (MWD, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 254 nm에서 검출하였다.

레드비트의 vitamin E 측정

비타민 E 분석을 위해 표준물질로 DL-α-토코페롤을 사용하였다.

레드비트 분말 0.5 g에 methanol과 ethanol 혼합 용매(1:1, v/v) 5 mL를 첨가하여 초음파 추출을 10분간 수행한 후, 0.45 μm 필터(GVS filter)로 여과하여 분석에 사용하였다. HPLC 분석은 비타민 B군 분석과 동일한 프로그램, 컬럼(Luna C18, 250×4.6 mm, 5 μm) 및 기본 조건을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 설정하였다. 이동상 A는 methanol과 acetonitrile (8:2, v/v), 이동상 B는 ethanol과 acetonitrile (1:1, v/v)로 구성되었으며, 분석은 다음 조건으로 진행하였다. 0분: 90% A, 3분: 70% A, 7분: 50% A, 12분: 30% A, 15분: 90% A. 검출은 UV-Vis 다중파장검출기(MWD)를 사용하여 292 nm에서 수행하였다.

레드비트 쌀쿠키의 수분함량 및 pH 측정

레드비트 분말을 첨가한 쌀쿠키의 수분함량은 시료를 마쇄한 후 적외선 수분측정기(MA37-1)를 이용하여 130°C에서 시료 2 g씩 측정하였다. pH 측정은 증류수 50 mL에 마쇄한 쿠키 가루 5 g을 첨가한 뒤, 막자사발로 30초 동안 균질화하고 여과지(No. 2, Toyo, Japan)를 사용하여 여과한 후, pH meter (STARA2115, Thermo-Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

레드비트 쌀쿠키의 퍼짐성 지수

레드비트 쌀쿠키의 퍼짐성 지수는 AACC method 10-52 (AACC, 2000)에 따라 3회 반복 측정하였다. 직경 측정은 쿠키 5개를 수평으로 배치한 후, 길이를 측정하고 90° 회전하여 동일한 방법으로 다시 측정하여 각 쿠키에 대한 평균 직경을 계산하였다. 두께는 쿠키 5개를 쌓아 수직 높이를 측정한 뒤, 쿠키 순서를 바꾸어 동일한 방식으로 측정하여 각 쿠키의 평균 두께를 산출하였다.

$$\text{퍼짐성 지수} = \frac{\text{쌀쿠키 1개에 대한 평균 직경(cm/개)}}{\text{쌀쿠키 1개에 대한 평균 두께(cm/개)}}$$

색도 측정

레드비트 쌀쿠키의 표면을 색차계(CR-400/410, Konica Minolta, Tokyo, Japan)로 명암도(L*: lightness), 적색도(a*: redness), 황색도(b*: yellowness)의 값을 3번 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 사용한 표준백판의 L*값, a*값, b*값은 93.36, -0.14, 4.41로 각각 보정한 후 실시하였다.

레드비트 쌀쿠키 추출물 제조

쌀쿠키 분말 20 g에 70% 메탄올(v/v) 80 mL을 첨가하여 vortex mixer로 혼합 후 1시간 정지하였다. 0.45 μm filter (GVS filter)로 필터 후 50 mL conical tube에 넣어 -20°C 냉동고에 보관하여 사용하였다.

레드비트 쌀 쿠키의 DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 시료는 추출물을 농도별로 증류수로 시료 0.5 mL과 0.2 mM DPPH 용액 0.5 mL를 혼합 후 암실에서 30분 동안 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 ascorbic acid을 사용하였다. 무첨가구는 0.2 mM DPPH 용액 0.5 mL와 70% 메탄올(v/v) 0.5 mL을 혼합하여 측정하였다. 결과는 [1-(시료첨가군-시료 blank)/시료 무첨가구]×100으로 구해서 백분율 (%)로 나타내었고, 3회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

레드비트 쌀 쿠키의 총 폴리페놀 측정

총 폴리페놀 함량은 추출된 시료를 농도별로 희석하여 분석하였다. 희석 샘플 0.5 mL에 2 N, Folin-Ciocalteu 용액 0.5 mL를 첨가한 후 3분 동안 정치하고, 2% sodium carbonate (w/v) 용액 1 mL를 추가하여 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였으며, 검량선을 작성하여 총 폴리페놀 함량을 산출하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하였으며, 결과는 mg gallic acid equivalent (GAE)/g으로 환산하여 평균값으로 나타내었다.

통계처리

모든 실험은 독립적으로 3회 반복 수행하였으며, 결과값은 평균(mean)±표준편차(SD)로 나타내었다. 유의성 검증은 SPSS (Version 18.0 for Windows, Chicago, IL, USA)를 사용하여 Tukey's test를 통해 분석하였다. 실험값 간의 유의한 차이는 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

레드비트의 이화학적 특징

동결건조한 레드비트 분말의 수분함량, pH, 당도는 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 $5.22\pm0.07\%$, pH는 6.18 ± 0.01 , 당도는 8.20 ± 0.36 °Brix로 나타났다. 본 연구에서 사용한 레드비트의 수분함량은

Table 2. Basic quality characteristics of red beet powder

Sample ¹⁾	Basic quality characteristics		
	Moisture content (%)	pH	°Brix
FD72	$5.22\pm0.07^2)$	6.18 ± 0.01	8.20 ± 0.36

¹⁾FD72: freeze drying for 72 hours.

²⁾Values are mean±SD.

83.54%로 나타났으며 동결건조 과정을 통해 효과적으로 수분이 제거되었음을 확인할 수 있었다. 레드비트 첨가 설기떡(Ko & Jeong, 2018)에서 레드비트의 수분함량은 $7.46\pm0.05\%$, pH는 6.10 ± 0.17 , 당도는 6.66 ± 1.78 °Brix로 나타났다. 본 연구에서 수분함량은 낮고, 당도는 높은 값을 보였는데 이는 사용된 레드비트의 품종이나 건조 과정의 차이가 영향을 미친 것으로 판단된다.

레드비트 betalain 측정

레드비트의 betalain 함량은 Table 2에 나타내었다. Nilsson (Nilsson, 1970) 방법을 이용하여 betacyanin과 betaxanthin의 함량을 구한 후, 이를 합쳐서 betalain의 함량을 산출하였다. 동결건조된 분말에서 betacyanin과 betaxanthin의 함량은 각각 49.62 ± 2.62 mg/kg, 23.74 ± 1.31 mg/kg로 나타났으며, 총 betalain의 함량은 73.36 ± 3.93 mg/kg으로 나타났다. 레드비트는 주로 betacyanin (betanin)으로 구성되어 있으며, 이와 함께 소량의 betaxanthin (vulgaxanthin I)이 포함되어 있다. 베타레인은 온도, pH, 빛 등의 환경 변화에 따라 쉽게 분해되거나 변형될 수 있다(Herbach et al., 2004). 한편 베타레인 출 효율을 높이기 위한 연구(Kaba et al., 2024)에서는 betacyanin의 함량은 $23.68\sim702.17$ mg/kg, betaxanthin은 $21.49\sim467.77$ mg/kg, 총 betalain의 함량은 $45.17\sim1,169.94$ mg/kg의 범위를 보였다. 이러한 결과는 본 연구의 결과와 유사한 값을 나타냈다.

레드비트의 비타민 함량

레드비트의 비타민 분석을 진행한 결과는 Table 3에 나타내었다. 본 실험에서는 비타민 B₁, B₂, B₃, B₆ 및 E를 분석한 결과, B₃와 E는 검출되지 않았다. 비타민 B₁ 함량은 0.09 ± 0.02 mg/g, B₂ 함량은 1.12 ± 0.02 mg/g, B₆ 함량은 27.36 ± 0.94 mg/g로 측정되었다. 레드비트 품종들을 측정하였을 때 비타민 B₁과 E를 측정결과로 B₃, B₅는 검출되지 않았으며 비타민 E 같은 경우에 소량으로 검출되었다(Park et al., 2020). 비트에는 비타민 B₁이 $0.31\sim31$ µg/100 g, 비타민 B₂ $0.27\sim42$ mg/100 g, 비타민 B₃ 0.334 mg/100 g, 비타민 B₆ $0.067\sim0.07$ mg/100 g, 비타민 E의 경우에 0.04 mg/100 g 함유되어 있는 것으로 보고되었다(Székely & Máté, 2022). 본 실험과 비교하였을 때 비타민 B₁은 범위에 속하지만 상대적으로 낮은 수준을 보였고, B₂와 B₆은 높은 수준을 보였다. 비타민 E의 경우 소량으로 존재하여 검출되지 않은 것으로 판단된다. 결과에 대한 차이는 시료 처리 방식에 따른 차이나 품종 및 재배환경, 처리 방법에 따른 차이로 보인다.

레드비트 쌀쿠키의 수분함량 및 pH

쿠키의 수분함량 및 pH 결과는 Table 4에 나타내었다. 수분함량

Table 3. Betalain content and vitamins contents of red beet powder

Sample ¹⁾	Betalain (mg/kg)	Vitamin B group (mg/g)				Vitamin E (mg/g)
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₆	
FD72	73.36±3.93 ²⁾	0.09±0.02	1.12±0.02	ND ³⁾	27.36±0.94	ND

¹⁾FD72: freeze drying for 72 hours.²⁾Values are mean±SD.³⁾ND: not detected.

의 경우 대조군(control)은 4.76±0.29%로 가장 높았으며, 레드비트 분말을 첨가한 2%부터 4.27±0.10%, 4%는 4.16±0.08%, 6%는 3.96±0.06%, 8%는 3.91±0.08%로 나타났다. 쿠키 제조 시 첨가된 부재료에 함유된 섬유소가 반죽의 수분흡수율을 증가시켜 당의 용해성 및 보습성이 낮아져 반죽의 건조도가 높아 수분함량이 줄어드는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2021). 레드비트에 포함된 섬유소로 인해 강한 수분 결합 능력을 가지는 것으로 보인다(Mitrevski et al., 2023). 본 연구에서는 수분함량은 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

pH의 경우 대조군(control)에서 6.81±0.02로 가장 높게 측정되었 다. 2%의 경우 6.77±0.02, 4%는 6.76±0.01, 6%는 6.65±0.02, 8%는 6.63±0.02로 나타났다. 레드비트 분말 함량이 증가할수록 pH가 감 소하였다($p<0.05$). 이는 레드비트에 함유된 구연산(citric acid), 사 과산(malic acid), 아스코르브산(ascorbic acid) 등 다양한 유기산이 첨가량 증가에 따라 pH가 산성으로 변화하는데 기여한 것으로 판 단된다(Casciano et al., 2022).

레드비트 쌀쿠키의 퍼짐성

쌀쿠키의 퍼짐성 지수는 Table 4에 나타내었다. 쿠키의 직경과 퍼 짐성이 높은 쿠키는 상품성이 좋은 쿠키로 평가된다. 자유수의 비율 이 클수록 점성이 낮아 퍼짐성 지수가 증가하며, 반면 결합수는 점성 감소에 기여하지 못하기 때문에 퍼짐성 지수를 낮추고 직경을 증가

Table 4. Rice cookies moisture content, pH, width, thickness and spread factor with different content of red beet powder

Sample ¹⁾	Cookies				
	Moisture content (%)	pH	Width (cm)	Thickness (cm)	Spread factor
Control	4.76±0.29 ²⁾	6.81±0.02 ^a	8.40±0.04 ^b	0.62±0.01 ^c	13.62±0.36 ^a
2%	4.27±0.10 ^b	6.77±0.02 ^a	8.38±0.08 ^b	0.64±0.00 ^c	13.02±0.22 ^{ab}
4%	4.16±0.08 ^b	6.76±0.01 ^a	8.43±0.01 ^b	0.68±0.01 ^b	12.40±0.23 ^{bc}
6%	3.96±0.06 ^b	6.65±0.02 ^b	8.60±0.05 ^a	0.69±0.02 ^{ab}	12.38±0.47 ^b
8%	3.91±0.08 ^b	6.63±0.02 ^b	8.62±0.04 ^a	0.72±0.00 ^a	11.90±0.03 ^c

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p<0.05$) by Tukey test range test.²⁾Values are mean±SD.

시킬 수 있다(Lee & Jeong, 2009). 쌀쿠키의 직경은 대조군(control)이 8.40±0.04 cm, 2%, 4%, 6%, 8%는 각각 8.38±0.08 cm, 8.43±0.01 cm, 8.60±0.05 cm, 8.62±0.04 cm로 나타났다. 대조군과 2%, 4% 첨가군과의 유의적인 차이가 없었으나($p>0.05$) 6%부터 유의적인 차이가 나타났다($p<0.05$). 두께는 대조군이 0.62±0.01 cm, 2%, 4%, 6%, 8%는 각각 0.64±0.00 cm, 0.68±0.01 cm, 0.69±0.02 cm, 0.72±0.00 cm로 첨가량이 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다. 퍼짐성의 경우는 대조군이 13.62±0.36, 2%, 4%, 6%, 8%는 각각 13.02±0.22, 12.40±0.23, 12.38±0.47, 11.90±0.03으로 나타났다. 레드비트 분말이 들어갈 수록 퍼짐성이 감소하는 경향이 나타났다. 이는 비트가루를 첨가한 발아현미 쿠키(Joo & Kim, 2010)에서의 비트 가루가 증가할수록 퍼짐성이 감소한 결과와 일치한다.

퍼짐성 감소 현상은 식이섬유 함량이 높은 재료가 반죽 내 수분 흡수율을 증가시키면서 반죽의 건조도를 높이고 결과적으로 퍼짐성을 감소시킨다(Boz, 2019). Nemzer 등(Nemzer et al., 2011)에 따르면, 동결건조한 레드비트는 식이섬유가 17.2~21.8%로 나타났다. 섬유질이 수분을 흡수해 반죽을 단단하게 반죽이 위로 팽창하며 두께의 증가와 열로 인한 일정 부분 수평 팽창으로 직경이 증가하는 것으로 판단된다(Turkut et al., 2016). 또한 섬유질이 자유수를 결합 수로 전환해 퍼짐성을 감소시킨 것으로 보인다.

레드비트 쌀쿠키의 색도 및 외관

쌀쿠키의 색도 측정은 Table 5와 Fig. 1에 나타내었다. 밝기를 나타내는 명도 L*값은 대조군(control)이 83.53±0.35로 가장 높은

Table 5. Color of rice cookies according to red beet powder content

Sample ¹⁾	Color				
	Control	2%	4%	6%	
L*	83.53±0.35 ²⁾	66.69±0.57 ^b	60.27±0.22 ^c	55.33±0.37 ^d	50.09±0.62 ^e
Color a*	4.11±0.07 ^e	18.74±0.33 ^d	24.33±0.58 ^c	26.83±1.00 ^b	28.68±0.31 ^a
b*	31.48±0.51 ^a	22.14±0.48 ^b	21.88±0.15 ^b	22.76±0.49 ^b	22.00±0.19 ^b

¹⁾The values with different superscripts within a row significantly different ($p<0.05$) by Tukey test range test.²⁾Values are mean±SD.

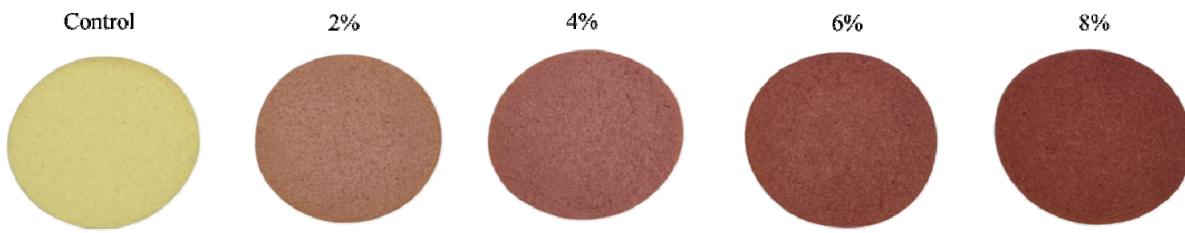


Fig. 1. Photos of rice cookies with added red beet powder. Control: rice cookies with 0% red beet powder; 2%: rice cookies with 2% red beet powder; 4%: rice cookies with 4% red beet powder; 6%: rice cookies with 6% red beet powder; 8%: rice cookies with 8% red beet powder.

값을 보였다. 첨가량이 증가할수록 L^* 값은 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 적색도를 나타내는 a^* 값은 대조군이 4.11 ± 0.07 로 가장 낮았으며 첨가량이 증가할수록 8%에서 쿠키는 28.68 ± 0.31 로 가장 높은 값을 나타냈다. 황색도를 나타내는 b^* 값은 대조군이 31.48 ± 0.51 로 가장 높은 값을 보였으며 8%에서 22.00 ± 0.19 로 첨가량이 증가할수록 b^* 값은 감소하였다($p<0.05$).

쿠키의 색은 주로 굽는 과정에서 오븐의 고온에 의해 반죽 내당이 maillard 반응 및 caramelization 반응 결과로 쿠키의 표면의 색에 영향을 받으며 쿠키 제조 시 부재료에 의해서도 영향을 받는다(Lee et al., 2007). 비트가루를 첨가한 머핀(Seo & Ko, 2014) 연구에서 첨가량이 증가할수록 L^* 값, b^* 값은 감소하고 a^* 값은 증가하는 결과를 나타냈으며, 강황과 비트를 첨가한 젤리(Cho & Choi, 2010) 등의 결과도 본 실험과 유사한 경향이 관찰되었다.

레드비트 쌀쿠키의 항산화 활성 및 폴리페놀 함량 분석

레드비트 분말 첨가 쌀 쿠키의 DPPH radical 소거능 측정 결과는 Fig. 2에 나타내었다. DPPH radical 소거능 결과 대조군(control)

은 $1,000 \mu\text{g/mL}$ 농도에서 $23.42\pm2.27\%$ 로 가장 낮은 값을 보였다. 8%의 경우 $36.43\pm1.86\%$ 로 나타내며 첨가량이 증가할수록 소거능이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 마찬가지로 $8,000 \mu\text{g/mL}$ 농도에서 대조군은 $41.26\pm3.13\%$ 를 나타냈으며 8%의 경우 $96.97\pm1.02\%$ 로 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하였다. 이러한 결과는 레드비트 분말이 첨가된 두부(Lee et al., 2019)에서도 첨가량 증가에 따라 소거능이 증가한 결과와 일치하며, 레드비트의 우수한 항산화 작용에 기인한 것으로 판단된다.

레드비트 분말 첨가 쌀쿠키의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 대조군(control)의 경우 $29.88\pm0.41 \text{ mg GAE/g}$ 로 나타났으며, 2%는 $30.00\pm0.94 \text{ mg GAE/g}$, 4%의 경우 31.79 ± 0.36 , 6%의 경우 $33.81\pm0.74 \text{ mg GAE/g}$, 8%는 $35.48\pm0.74 \text{ mg GAE/g}$ 로 나타났으며, 레드비트 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량도 증가하는 것으로 나타났다. 레드비트는 페놀산과 플라보노이드를 포함한 활성 페놀 화합물을 다량 함유하고 있으며(Zayachkovskaya et al., 2021), 이와 같은 성분이 강력한 항산화 활성을 통해 건강 증진에 기여할 수 있다. 이러한 결과는 레드비트 분말의 항산화 성분이 쌀 쿠키의 항산화 활성 증가에 긍정적으로 작용했음을 시사한다.

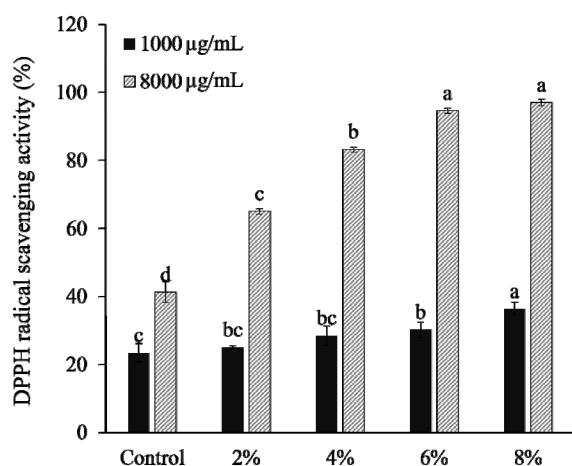


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of rice cookies prepared with red beet powder.

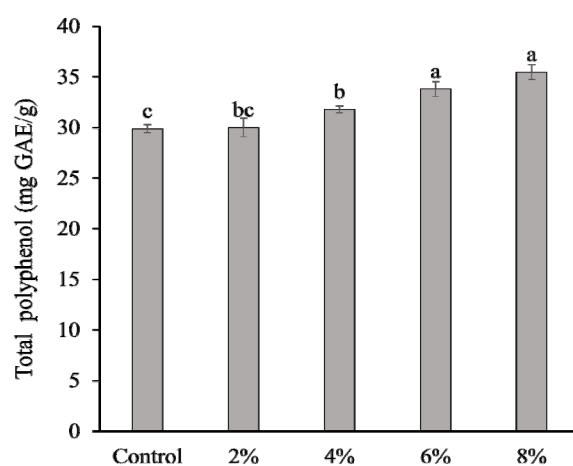


Fig. 3. Total polyphenol contents of rice cookies prepared with different levels of red beet powder.

요약

본 연구는 레드비트를 천연 색소 및 기능성 식품 소재로 활용할 가능성을 평가하기 위해 동결건조 분말을 사용하여 주요 기능성 성분을 분석하였다. 또한, 동결건조 레드비트 분말을 각각 2%, 4%, 6%, 8% 첨가하여 쌀 쿠키를 제조한 후, 이들의 품질 특성과 항산화 활성을 평가하였다. HPLC를 이용한 비타민 B₁, 2, 3, 6군 및 비타민 E 분석 결과, 비타민 B₃와 E는 검출되지 않았다. 레드비트 분말이 첨가된 쌀 쿠키의 수분 함량과 pH는 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 또한, 첨가량이 증가함에 따라 쿠키의 직경과 두께는 증가하였으나 퍼짐성은 감소하였다. 색도 분석 결과, L*값과 b*값은 감소한 반면, a*값은 증가하는 경향을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거능 및 총 폴리페놀 함량은 첨가량이 증가할수록 유의미하게 증가하였다. 본 연구를 통해 레드비트 분말을 적정량 첨가함으로써 쿠키에 다양한 항산화 활성 및 기능성 성분을 부여할 수 있음을 확인하였다. 이는 레드비트가 건강 증진 및 기능성 식품 개발을 위한 천연 색소 소재로 활용 가능성이 높음을 시사한다.

ORCID

Su-Jeong Hwang	https://orcid.org/0009-0005-7130-6263
Hyun-Wook Choi	https://orcid.org/0000-0002-1056-6441

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (No. RS-2024-00404730 and No.RS-2024-00402781).

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Choi HW.
Data curation: Hwang SJ.
Formal analysis: Hwang SJ.
Methodology: Choi HW.

Validation: Hwang SJ.

Investigation: Hwang SJ.

Writing - original draft: Hwang SJ, Choi HW.

Writing - review & editing: Hwang SJ, Choi HW.

Ethics approval

Not applicable.

References

- Boz HS. 2019. Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. Czech. J. Food Sci. 37: 120-127.
- Casciano F, Mayr H, Nissen L, Putti A, Zoli F, Gianotti A, Conterno L. 2022. Red beetroot fermentation with different microbial consortia to develop foods with improved aromatic features. Foods. 11: 3055.
- Cho Y, Choi MY. 2010. Quality characteristics of jelly containing added turmeric (*Curcuma longa* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). Korean J. Food Cook. Sci. 26: 481-489.
- De Mejia EG, Zhang Q, Penta K, Eroglu A, Lila MA. 2020. The colors of health: chemistry, bioactivity, and market demand for colorful foods and natural food sources of colorants. Annu. Rev. Food Sci. Technol. 11: 145-182.
- De Oliveira SPA, De Albuquerque TM, Rodrigues Massa NML, Rodrigues NPA, Sampaio KB, Do Nascimento HMA, Dos Santos Lima M, Da Conceição ML, De Souza EL. 2023. Investigating the effects of conventional and unconventional edible parts of red beet (*Beta vulgaris* L.) on target bacterial groups and metabolic activity of human colonic microbiota to produce novel and sustainable prebiotic ingredients. Food Res. Int. 171: 112998.
- Delwiche JF. 2012. You eat with your eyes first. Physiol Behav. 107: 502-504.
- Gengatharan A, Dykes GA, Choo WS. 2015. Betalains: natural plant pigments with potential application in functional foods. LWT-Food Sci. Technol. 64: 645-649.
- Herbach KM, Stintzing FC, Carle RH. 2004. Impact of thermal treatment on color and pigment pattern of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations. J. Food Sci. 69: 491-498.
- Jeon KW, Yu JH, Kim JS, Boo KH, Kim CS. 2023. Cultivation time affects the physicochemical properties of different varieties of red beetroot (*Beta vulgaris* L.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 52: 798-804.
- Joo N, Kim S. 2010. Optimizing production conditions of

- germinated brown rice cookie prepared with beet powder. J. Korean Diet. Assoc. 332-340.
- Kaba B, Zannou O, Ali Redha A, Koca I. 2024. Enhancing extraction of betalains from beetroot (*Beta vulgaris* L.) using deep eutectic solvents: optimization, bioaccessibility and stability. Food Prod. Process. Nutr. 6: 38.
- Kim NM, Choi JH, Choi HY. 2021. Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with cacao bean husk (*Theobroma cacao* L.) powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 50: 45-53.
- Kim SS, Chung HY. 2018. Characteristics of bread-making and quality of rice bread with different percentages of dietary fiber, enzymes and egg. J. Korean Soc. Food Cult. 33: 580-587.
- Ko SH, Jeong HC. 2018. Quality characteristics of redbeet powder and sulgidduk by redbeet powder of different ratios. Cul. Sci. Hosp. Res. 24: 13-21.
- Lee JA. 2022. Antioxidant activity and quality characteristics of rice cookies with garlic powder. Cul. Sci. Hosp. Res. 28: 86-93.
- Lee JS, Jeong SS. 2009. Quality characteristics of cookies prepared with button mushroom (*Agaricus bisporous*) powder. Korean J. Food Cook. Sci. 25: 98-105.
- Lee SJ, Shin JH, Choi DJ, Kwon O. 2007. Quality characteristics of cookies prepared with fresh and steamed garlic powders. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1048-1054.
- Luo SJ, Yan XD, Fu YT, Pang M, Chen RY, Liu YF, Chen J, Liu CM. 2021. The quality of gluten-free bread made of brown rice flour prepared by low temperature impact mill. Food Chem. 348: 129032.
- Luzardo-Ocampo I, Ramírez-Jiménez AK, Yañez J, Mojica L, Luna-Vital DA. 2021. Technological applications of natural colorants in food systems: a review. Foods. 10: 634.
- Lyu XM, Lyu Y, Yu HW, Chen WN, Ye LD, Yang RJ. 2022. Biotechnological advances for improving natural pigment production: a state-of-the-art review. Bioresour. Bioprocess. 9: 8.
- Mitrevski J, Pantelić ND, Dodevska MS, Kojić JS, Vulić JJ, Zlatanović S, Gorjanović S, Laličić-Petronijević J, Marjanović S, Antić VV. 2023. Effect of beetroot powder incorporation on functional properties and shelf life of biscuits. Foods. 12: 322.
- Na Y, Song YJ, Lee JJ. 2022. Quality characteristics and antioxidant effects of rice cookies enriched with dried plum (*Prunus domestica* L.) powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 499-512.
- Nam JK, Park JY, Jang HB, Jang HW. 2023. Quality characteri-
- stics and antioxidant activities of rice cookies prepared with pear peel powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 52: 95-102.
- Neelwarne B, Halagur SB. 2012. Red beet: an overview. Red Beet Biotechnol. Food Pharm. Appl. 1-43.
- Nemzer B, Pietrzkowski Z, Spórna A, Stalica P, Thresher W, Michałowski T, Wybraniec S. 2011. Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. Food Chem. 127: 42-53.
- Nilsson T. 1970. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). Lantbr. Ann. 36: 179-219.
- Park SY, Lee JH, Kim BM, Baik SJ, Lee SH, Nam JS. 2020. Comparison of nutritional components of beets from three different *Beta vulgaris* L. cultivars in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 49: 969-976.
- Park YJ, Park SB, Lee JJ. 2021. Antioxidant activity and quality characteristics of rice cookies added with *Hericium erinaceus* powder. Korean J. Commu. Living Sci. 32: 215-230.
- Pérez Ramírez E, Lima E, Guzmán A. 2015. Natural betalains supported on γ -alumina: a wide family of stable pigments. Dyes Pigment. 120: 161-168.
- Polturak G, Aharoni A. 2018. "La Vie en Rose": biosynthesis, sources, and applications of betalain pigments. Mol. Plant. 11: 7-22.
- Rodríguez Mena A, Ochoa Martínez LA, González Herrera SM, Rutiaga Quiñones OM, González Laredo RF, Olmedilla Alonso B. 2023. Natural pigments of plant origin: classification, extraction and application in foods. Food Chem. 398: 133908.
- Sa SH, Lim SH, Jang HW. 2023. Quality characteristics and antioxidant activity of dodam rice cookies prepared with pomegranate powder. Korean J. Food Sci. Technol. 55: 470-476.
- Seo EO, Ko SH. 2014. Quality characteristics of muffins containing beet powder. Cul. Sci. Hosp. Res. 20: 27-37.
- Székely D, Máté M. 2022. Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.). IntechOpen, London, UK.
- Turkut GM, Cakmak H, Kumcuoglu S, Tavman S. 2016. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. J. Cereal Sci. 69: 174-181.
- Wootton Beard PC, Ryan L. 2011. A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. J. Funct. Foods. 3: 329-334.
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. 2017. Antioxidant and anti-inflammatory activity of extracts from red beet (*Beta vulgaris*) root. Korean J. Food Preserv. 24: 413-420.