

칼슘 함량이 높은 손가락조 ‘핑거1호’와 그 가공품의 영양 및 품질 특성

추지호¹ · 고지연² · 최명은¹ · 김지영³ · 이병원¹ · 주영광¹ · 서효섭⁴ · 김춘송² · 한상익^{2,†}

Evaluation of Nutritional Content and Quality Attributes of Cookies Utilizing Calcium-Enriched Finger Millet Variety (Finger1ho)

Ji Ho Choo¹, Jee-Yeon Ko², Meyong Eun Choe¹, Ji Young Kim³, Byong Won Lee¹, Young Kwang Ju¹, Hyoseob Seo⁴, Choon-Song Kim², and Sang-Ik Han^{2,†}

ABSTRACT The nutrient-rich and climate-resilient finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) is a relatively new crop on the agricultural landscape. The present study explores the agronomic characteristics and antioxidant activities of grains and cookies produced from ‘Finger1ho,’ which was the first finger millet variety developed in South Korea. With heightened calcium content (314 mg/100 g) and polyphenol levels, ‘Finger1ho’ exhibited superior radical scavenging activities compared to other millets. The investigation assessed the impact of whole finger millet flour at varying concentrations (0, 10, 30, 50, and 100%) on cookie properties. Increasing the substitution of finger millet flour in the cookie formulation resulted in a notable rise in calcium content, ranging from 1.8 times at 10% to an impressive 10.8 times at 100%, surpassing the levels found in conventional wheat cookies. Conversely, the sodium (Na) levels in finger millet cookies demonstrated minimal variations, presenting a potentially favorable aspect in addressing the high Na intake prevalent in the South Korean diet. Notably, the antioxidant activity, assessed through ABTS and DPPH radical scavenging assays, exhibited a significant elevation compared to the control. This increase in antioxidant activity was directly proportional to the quantity of finger millet incorporated ($p < 0.001$), indicating the potential health benefits associated with higher levels of finger millet in the cookie formulation. This study highlights finger millet’s potential as a beneficial ingredient, enhancing both consumer acceptability and the functional attributes of cookies. Notably, cookies with 10% to 50% added finger millet exhibited significantly superior quality characteristics compared to controls, suggesting promising avenues for health-functional cookie development.

Keywords : antioxidant activity, cookie, Finger1ho, finger millet

손가락조(*Eleusine coracana* (L.) Gaertn)는 밀렛(millet)류에 속하는 화본과 소립곡물의 하나로서 원산지는 동부 아프리카지역이다. 주요 재배지는 반건조지역인 동부 및 중앙 아프리카와 인도 남부에서 주로 재배되고 있으며, 인도는 1.19백만 ha의 재배면적을 가지고 있어 세계 손가락조

생산량의 85%를 차지하고 있다(Sakamma *et al.*, 2018). 밀렛류 중에서 세계 4번째의 생산량을 나타내며 수량은 지역과 시기에 따라 매우 변이가 커서 아프리카에서는 0.3~1.6 t/ha, 인도의 건기에는 1 t/ha, 우기 2 t/ha의 수량을 나타낸다(Dida *et al.*, 2008). 손가락조는 환경적응성이 뛰어나 연평

¹국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 농업연구사 (Associate Researcher, Upland Crop Breeding Research Division, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Korea)

²국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 농업연구관 (Research Officer, Upland Crop Breeding Research Division, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Korea)

³국립식량과학원 기술지원과 농업연구사 (Associate Researcher, Planning and Coordination Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

⁴국립식량과학원 남부작물부 발작물개발과 전문연구원 (Ph.D. Researcher, Upland Crop Breeding Research Division, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Korea)

†Corresponding author: Sang-Ik Han; (Phone) +82-55-350-1231; (E-mail) han0si@korea.kr

<Received 13 November, 2023; Revised 15 November, 2023; Accepted 16 November, 2023>

균 11~27°C, 연강수량 290~4,290 mm, 토양 pH 5.0~8.2의 넓은 범위에서 적응 가능한 작물이고(Duke, 1979), 다른 Millet 류와 마찬가지로 밀, 벼과 같은 주된 곡물이 자라기 힘든 열악한 환경에서도 잘 견디는 ‘Marginal crop’으로서 벼의 30% 강수량으로도 재배가 가능하다(Sakamma *et al.*, 2018).

손가락조는 칼슘 0.38%, 단백질 6~13%, 식이섬유 18% 및 탄닌 0.61%, 폴리페놀과 같은 페놀성 화합물 0.3~3%에 해당하는 높은 영양 및 생리 활성적 특성을 가지고 있다. 외국의 경우, 특히 아프리카나 인도 등의 국가에서는 값비싼 우유의 대안으로 유유보다 칼슘함량이 3배 이상 높은 손가락조를 이용한 가공품이나 전통 식사로 칼슘의 보충이 가능하다. 또한 어린이들을 대상으로한 메타분석을 통해서도 손가락조를 이용한 칼슘 섭취가 성장기 어린이의 칼슘 공급에 효과적임을 나타내었다(Anitha *et al.* 2021). 우리나라 국민건강통계(KDCA, 2021)에 의하면 칼슘은 주요 영양소중 가장 섭취수준이 낮은 영양소로서 권장섭취량 기준 남성 69%, 여성 56%의 섭취비율 수준으로 매우 부족한 실정이다. 연령별로 보았을 때 섭취비율은 65세 이상과 12~18세군에서 각각 50.8%, 52.1%로 가장 낮았다. 더욱이 칼슘을 부족하게 섭취하는 국민의 비율은 2012년 69.9%, 2014년 71.2%에서 2016년 74.2%로 증가하여 우리나라 국민들의 칼슘 부족 현상은 점차 악화되고 있는 실정이다. 이와 같은 현상을 고려해 볼 때 손가락조와 같이 칼슘함량이 높은 식품원은 새로운 식품소재로서 가치가 있다. 손가락조에서 칼슘이 집적되어 있는 부분은 호분층이고 다음으로 과피의 순으로 나타났다(Nath *et al.*, 2013).

그 외에도 손가락조는 항염, 항당뇨, 항균, 지사작용 등 다양한 생리적 활성을 나타내는 것으로 알려져 있는데, 이러한 건강적 기능의 우수성은 풍부한 페놀성 화합물(0.3~3%)과 높은 식이섬유 함량에 기인하는 것으로 알려져 있다(Chandra *et al.*, 2016; Chethan & Malleshi, 2007). 손가락조의 페놀성화합물은 유리형태, 용해성 및 비용해성 화합물의 다양한 형태로 존재하는데, 주된 bound 페놀성 화합물은 ferulic acid (64~96%)과 p-coumaric acid (50~99%)이며, proanthocyanidins의 축합형 탄닌 및 flavan-3-ol과 flavan-3,4-dio의 고분자 폴리페놀도 함유하고 있다(Dykes & Rooney, 2007). 손가락조 종피의 외피부분에 집적된 탄닌은 곰팡이성 병원균의 침입을 막는 물리적 방어막으로도 작용하는 것으로 알려져 있을 뿐 아니라(Gull *et al.*, 2014) 생리활성효과도 우수한 것으로 밝혀지고 있다. pro-anthocyanidins과 같은 축합형 탄닌은 초기에는 단백질, 탄수화물 등과 결합하여 단백질 분자의 흡수를 저해하는 체내 소화흡수 기작과 관련된 영양학적 분야에서 관심의 대상이었

지만(Butler, 1992; Nguz *et al.*, 1998), HIV-1 Virus의 저해 효과(Chan & Kim, 1998), 면역력 증진을 통한 항암효과(Ferreira & Slade, 2002) 등 축합형 탄닌의 여러 가지 생리적 활성들이 밝혀지면서 새로이 주목받고 있다(Dicko *et al.*, 2006). 강력한 항산화활성을 일으키는 이러한 페놀성 물질들은 주로 종자의 과피 및 호분층에 집적되어 있어 과피 추출물에서 전체 분말 추출액의 3.2배의 항산화활성을 나타내는 것으로 조사되었으며 과피 추출물은 손가락조 분말 추출물에 비하여 *Bacillus cereus* and *Aspergillus flavus*에 보다 더 강력한 항균효과를 나타내는 것으로 조사되었다(Viswanath *et al.*, 2009). 또한 손가락조 추출물은 항당뇨 활성이 우수한 것으로 나타났다. Hegde *et al.* (2002)의 보고에 따르면 손가락조 추출물은 당뇨병 및 합병증 발생에 영향을 미치는 물질인 당 분해산물인 glycation과 glycation cross linking of collagen를 억제하는 것으로 보고하였는데, 3 mg의 손가락조 메탄올 추출액은 125 mg의 glycation 생성 억제제인 aminoguanidine와 유사한 효과를 나타내었다고 한다.

손가락조는 인도 등 남부아시아와 중앙아프리카에서 주요한 영양 공급원으로서 이용되고 있지만, 우리나라에서는 거의 이용되고 있지 않다. 따라서, 한국인에게 부족한 영양소인 칼슘과 생리활성이 우수한 곡물자원인 손가락조 ‘핑거1호’의 영양적 특성과 가공방법에 대한 연구로서 핑거1호 분말을 이용한 쿠키의 영양 및 품질특성 및 항산화성을 조사하고 적정 함유 비율에 대하여 고찰함으로써 국내에서의 손가락조 이용 증진을 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

연구 재료

본 연구에 사용된 핑거1호는 농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부에서 개발된 품종으로 2012년 농업유전자원센터로부터 도입된 84계통 중 국내에서 재배가 가능한 출수기가 빠르고 도복 저항성이 높은 IT136282자원을 2012~2014년간 순계분리 과정과 2015~2018년 생산력검정시험 및 지역적응 시험을 거쳐 2019년 품종 출원 및 등록되었다(KSVS, 2021).

일반성분 분석

원료곡과 핑거1호 혼합비율에 따른 가공품의 일반성분은 수분, 회분, 단백질 및 칼슘 등 무기성분을 조사하였다. 수분은 105°C 상압가열건조방법으로 측정하였으며, 회분은 550°C에서 24시간 가열하여 측정하였다. 조단백은 처리별 시료를 동결건조(Operon FDT-8612, Korea)하여 분쇄기(Vibrating sample mill, CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)를

이용하여 분쇄 후 분석용 시료로 사용하였다. 조단백질 함량은 켈달(Kjeldahl) 분석기(Kjeltec 2300 Analyzer Unit, FOSS Tecator)를 이용하여 정량하였다. 무기성분은 550°C에서 회화한 시료에 0.5 N 질산을 가하여 녹이고 필터 여과지로 여과한 다음 ICP (Optima-3300DV, Inductively Coupled Plasma, Perkin-Elmer, USA)로 Ca, Mg, K, Na 등의 성분을 분석하였다. 천립중은 완전립 1,000개를 선별하여 무게를 측정하여 비교하였다.

쿠키제조 방법

가공특성 검정을 위한 처리방법은 밀가루(박력분, 백설 밀가루)에 핑거1호 알곡을 도정하지 않고 통곡 상태로 핀 밀 분쇄한 가루를 0%, 10%, 30%, 50% 첨가하고 대조구로서 밀가루 100%로 만든 쿠키를 사용하였다.

쿠키 재료의 배합비는 밀가루 500 g, 버터 100 g, 설탕 200 g, 계란 120 g, 베이킹파우더 8 g, 우유 60 g, 소금 3 g을 배합하여 대조구 이외의 나머지 재료는 모두 동일한 조성으로 고정된 후 손가락조 핑거1호 가루 첨가량만 밀가루 대신 10%, 30%, 50%, 100%로 달리하여 배합하였다. 제조 방법은 반죽기에 버터를 넣고 부드럽게 한 후 설탕, 소금 조금씩 넣고 2분 반죽한 후, 체질한 가루와 베이킹파우더를 넣고 가볍게 섞어준 후 우유를 넣고 섞어준다. 반죽한 비닐은 비닐에 싸서 15분간 냉장휴지하고, sheet 이용하여 1cm 두께로 펴고 틀을 이용하여 찍어낸다. 오븐에 구울 때는 180°C에서 20분간 굽고 1시간동안 실온 식힌 후 쿠키 특성 분석을 분석하였다.

조리 및 품질 특성

대조 및 핑거1호 첨가 쿠키의 조직감은 물성측정기(Texture analyzer TA1, AMETEK, LLOYD Instruments, USA)를 이용하여 경도(hardness)와 바삭거림(crispiness)를 각 처리당 5반복 측정하였다. 조직감의 측정 조건은 2 mm probe를 사용하여 pre test speed 3.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post speed 5.0 mm/s, distance 5.0 mm로 하였다. 쿠키의 퍼짐성은 두께에 대한 직경의 비로 나타낸 것으로 AACC method 10-50D의 방법을 이용하여 다음과 같이 측정된 후 평균값을 나타내었다.

$$\text{Spread factor} = (\text{쿠키 6개의 평균 너비(mm)} / \text{쿠키 6개의 평균 두께(mm)}) \times 10$$

쿠키의 색도는 색차계(Minolta CR-300, Osaka, Japan)를 이용하여 밝기와 명암을 나타내는 L값(lightness), 적색을 나

타내는 a값(redness), 황색을 나타내는 b값(yellowness) 값을 측정하였다. 분석에 사용된 표준 백색 대조의 L은 98.9, a는 -0.1, b는 -0.36이었다.

항산화성분 및 항산화활성

원료곡과 처리별 핑거1호 첨가 쿠키의 항산화 성분 및 활성을 측정하기 위하여 원료곡은 분쇄된 시료를 사용하였다. 쿠키는 동결건조한 분쇄 시료 5 g에 80% 에탄올 50 mL을 첨가하였고 50°C 조건에서 24시간 동안 진탕추출기(JEIO SK-71 Shaker, Korea)로 2회 추출한 후 여과하여 감압농축기(Eyela N-1000, Japan)로 용매를 40°C에서 완전히 제거하였다. 이 시료에 80% 에탄올로 다시 용해한 후 50 mL로 정용하였으며 에탄올 추출물은 분석을 위해 -20°C 냉동고에 보관하여 분석 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto *et al.* 2002). 추출물 50 μ L을 용기에 담고 2% Na_2CO_3 용액을 1 mL 가한 후 3분간 상온에 방치한 후 50% Folin-Ciocalteu 용액(Sigma-Aldrich, USA) 50 μ L를 가하였다. 30분간 반응시킨 후, 반응액의 흡광도를 750 nm에서 측정하였다. 검량선은 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 이용하여 mg GAE (gallic acid equivalent)/g (dry basis)로 나타내었다. 탄닌 함량은 분석 용액 1 mL에 1 mL의 95% ethanol과 1 mL의 증류수를 가하여 흔들어 주고 Na_2CO_3 용액 1 mL (5%)과 Folin-ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 용액 0.5 mL (1N)을 첨가한 후 상온에서 60분간 발색시킨 후 725 nm의 흡광도를 측정하였으며, 검량선은 표준물질로 tannic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고 mg TAE (tannic acid equivalent)/g (dry basis)로 나타내었다. 플라보노이드 함량은 에탄올 추출물 250 μ L에 5% NaNO_2 75 μ L와 증류수 1 mL을 가한 다음, 5분간 상온에 방치한 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 용액 150 μ L를 가하여 다시 6분 동안 방치하고 NaOH 500 μ L (1N)를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Dewanto *et al.*, 2002). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, mg catechin equivalent (CE)/g (dry basis)로 나타내었다. 항산화활성은 ABTS (2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich)와 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 라디칼(radical) 소거 활성을 Joo & Choi (2012)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH radical에 대한 소거 활성은 0.8 mL의 0.2 mM DPPH에 분석할 시료 0.2 mL를 가한 후 파장 520 nm에서 30분 이후

에 흡광도가 감소하는 정도 값을 측정하였다. ABTS radical에 대한 소거 활성은 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulphate을 24시간 동안 냉암소에 방치한 후 흡광도(735 nm) 값이 1.4에서 1.5 사이가 되도록 에탄올로 희석하였다. 농도를 정량한 ABTS 용액 1 mL에 에탄올 추출액 50 µL를 첨가하여 흡광도 변화를 30분 후에 측정하였다. ABTS 및 DPPH radical의 소거활성은 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/g (dry basis)로 표현하였다.

통계분석

시험 결과의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System 9.2, Institute Inc., USA)를 이용하여 분산분석하였고 던컨의 다중검정(Duncans' multiple range test. P<0.05)을 실시하여 분석하였다.

결과 및 고찰

원료곡의 품질 특성

핑거1호와 대조인 삼다찰과 삼다메 품종의 종자 특성 검정 분석결과, 핑거1호의 단백질 함량은 8.9%로서 삼다메의 10.5%와 삼다찰의 11.2%에 비해 낮음을 보였고 회분 함량

은 2.34%로서 두 대조 품종에 비해서는 높음을 보였다. 조의 주요 영양성분 중에 하나인 무기성분 분석 결과, 핑거1호는 칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨 등 모든 성분에서 함량이 다 높음을 보였다. 이중 특히 칼슘 함량은 314.0 mg/100 g으로 대조로 사용된 일반 조가 9 mg인 것에 비하면 약 35배 높음을 보였고, 국가표준식품성분표의 백미 칼슘 함량이 7 mg (RDA, 2023)인 것과 비교해서도 45배 이상 높음을 보였다(Table 1).

원료곡의 폴리페놀 및 항산화 활성 분석

품종별 폴리페놀 함량은 핑거1호가 204.9 mgGAE/100 g으로 삼다메(65.7 mg)와 삼다찰(64.1 mg)에 비해서 3배 이상 높음을 나타내었고, 항산화 활성을 나타내는 DPPH radical 소거활성은 핑거1호가 246.7 mgTE/100 g으로 삼다메의 65.7과 삼다찰의 64.1에 비해서 약 4배 높음을 나타내었다. 또한 ABTS radical 소거활성도 핑거1호가 255.3 mgTE/100 g으로 삼다메의 104.9과 삼다찰의 112.6에 비해서 2배 가량 높음을 나타내었다(Table 2).

핑거1호 가루 첨가 쿠키의 일반 성분

핑거1호 첨가 쿠키의 수분, 조단백 및 무기성분 함량은

Table 1. Proximate and minerals compositions of finger millet, 'Finger1ho', and foxtail millet varieties.

Varieties	Protein (%)	Ash (%)	Minerals compositions (mg/100 g)			
			Ca	Mg	K	Na
Finger1ho (finger millet)	8.9±0.33 ^{1) b2)}	2.34±0.14 ^a	314.0±6.59 ^a	117.0±10.7 ^a	303.0±4.2 ^a	24.2±2.23 ^a
Samdamae (foxtail millet)	10.5±0.95 ^{ab}	1.43±0.08 ^b	9.0±0.72 ^b	115.0±2.6 ^b	198.0±9.2 ^b	12.6±0.98 ^b
Samdachal (foxtail millet)	11.2±0.69 ^a	1.60±0.13 ^b	9.5±0.98 ^b	82.0±5.9 ^c	149.0±14.9 ^c	7.0±0.94 ^c

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at P ≤ 0.05 according to the Duncan's multiple range test.

Table 2. Comparison of total polyphenol contents and anti-oxidant activities on finger millet and foxtail millet varieties.

Varieties	Polyphenol (mgGAE/100 g)	DPPH radical (mgTE/100 g)	ABTS radical (mgTE/100 g)
Finger1ho (finger millet)	204.9±3.69 ^a	246.7±1.10 ^a	255.3±2.77 ^a
Samdamae (foxtail millet)	65.7±1.22 ^b	33.0±1.58 ^c	104.9±2.35 ^c
Samdachal (foxtail millet)	64.1±0.68 ^b	45.5±1.58 ^b	112.6±3.17 ^b

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at P ≤ 0.05 according to the Duncan's multiple range test.

Table 3. Proximate and minerals compositions of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

Finger millet flour Addition rate (%) (w/w)	Proximate compositions (g/100 g)			Minerals compositions (mg/100 g)		
	Moisture	Protein	K	Ca	Mg	Na
control	3.5±0.01 ^{1)a2)}	10.6±0.21 ^a	65.0±5.70 ^c	24.4±4.51 ^c	15.3±2.86 ^c	287.4±14.09 ^d
10	3.0±0.04 ^b	10.3±0.10 ^{ab}	85.4±4.56 ^d	44.9±1.25 ^d	26.2±0.83 ^d	291.7±14.57 ^d
30	2.9±0.02 ^b	10.0±0.10 ^{abc}	115.8±3.75 ^c	101.4±4.38 ^c	57.4±2.30 ^c	347.3±15.26 ^c
50	2.8±0.07 ^b	9.4±0.06 ^d	150.2±12.52 ^b	152.1±1.31 ^b	84.6±0.64 ^b	373.7±11.51 ^b
100	2.0±0.01 ^c	8.7±0.14 ^c	193.0±18.61 ^a	262.7±12.2 ^a	144.8±7.30 ^a	396.7±20.81 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

Table 4. Spread factor and texture profile of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

Finger millet flour Addition rate (%) (w/w)	Spread factor	Hardness (kgf)	Crispiness peaks (Number)
control	45.2±2.78 ^c	5.89±0.529 ^{1)a2)}	32.6±3.21 ^a
10	50.6±2.47 ^b	5.41±0.520 ^{ab}	20.4±3.13 ^b
30	53.0±3.94 ^{ab}	5.13±0.709 ^{ab}	21.2±4.27 ^b
50	56.4±2.35 ^a	4.15±0.647 ^b	23.0±2.45 ^b
100	57.8±3.37 ^a	2.07±0.364 ^c	19.0±2.12 ^b

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to the Duncan's multiple range test.

Table 3과 같다. 처리별 쿠키의 수분과 단백질 함량은 수분 2.0~3.5%, 단백질 8.7~10.6%로 핑거1호 가루 첨가량이 많을수록 수분함량과 단백질 함량이 낮았다. 무기성분 함량도 단백질 함량과 마찬가지로 핑거1호 가루가 첨가되지 않은 대조구에 비하여 핑거1호 가루함량이 증가할수록 모든 무기성분에서 유의적으로 증가하였다. 이는 핑거1호 분말 제조시 종피와 호분층을 제거하는 도정의 과정을 거치지 않고 통곡 상태로 분말화 하였기 때문에 미네랄 함량이 높은 핑거1호 원료곡의 영양성분 특성이 쿠키를 만들고 난 이후에도 그대로 반영된 결과로 볼 수 있다. Nath *et al.* (2013)은 손가락조 5개 유전자원을 대상으로 종피, 호분층, 배유 부분으로 나누어 칼슘 함량을 조사한 결과 모든 자원에서 칼슘함량은 호분층 52.8~64.9%, 종피 30.7~43.0%, 배유 4.0~11.2%가 집적되어 있다고 보고하였다.

핑거1호 분말 첨가 쿠키의 미네랄 함량 변화를 살펴보았을 때, 무기성분 중 칼슘과 마그네슘의 함량은 첨가량의 증가에 따라 대조구에 비하여 100% 핑거1호 쿠키에서는 칼슘 10.8배, 마그네슘 9.5배, 50% 첨가시에는 칼슘 6.3배, 마그네슘 5.5배로 현저히 증가하였고, 칼륨과 나트륨은 100%

첨가시 3.0배, 1.4배, 50% 첨가시 2.3배, 1.3배로 증가폭이 높지 않아 쿠키에서 핑거1호 가루 첨가시 밀가루에 부족하기 쉬운 칼슘 및 마그네슘성분이 강화되면서도 나트륨 함량의 증가는 크지 않은 것으로 나타났다.

핑거1호 첨가 쿠키의 품질 특성

핑거1호 분말 첨가 쿠키의 품질특성을 살펴보기 위하여 쿠키의 퍼짐성과 단단함, 바삭거림의 조직감을 조사하였다. 퍼짐성은 쿠키를 반죽, 성형하여 오븐에서 굽는 과정에서 쿠키의 두께가 감소하고 직경이 커지는 현상으로서 퍼짐성이 크거나 직경이 넓은 쿠키가 좋은 제품으로 인식되고 있다(Doescecheret *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 2008). 본 실험에서는 핑거1호 분말 첨가량이 증가할수록 밀가루 글루텐의 희석효과 등으로 쿠키의 퍼짐성이 증가함으로써 핑거1호 분말의 첨가는 쿠키의 품질 향상에 바람직한 영향을 나타내는 것으로 나타났다. 쿠키의 퍼짐성은 첨가하는 물질의 수분함량과 첨가하는 물질의 입자크기 등에 따라 대조구에 비하여 퍼짐성이 증가하거나 낮아지는 등 서로 다른 반응을 나타내는데, 압출 쌀가루나 옥수수 저장전분을 첨가한

Table 5. Changes of hunter's color values of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

Finger millet flour Addition rate (%) (w/w)	L-value (Lightness)	a-value (Redness)	b-value (Yellowness)	ΔE (L*,a*,b*) ³⁾
control	82.7±1.34 ^{1)a2)}	5.4±0.99 ^c	33.7±1.54 ^a	
10	70.7±0.87 ^b	8.5±0.41 ^b	28.7±1.49 ^b	13.3 ^a
30	62.4±1.07 ^c	9.1±0.57 ^a	23.3±0.90 ^c	9.9 ^b
50	56.6±1.03 ^d	9.3±0.24 ^a	20.9±0.28 ^d	6.3 ^c
100	53.7±0.78 ^e	8.6±0.51 ^b	16.5±1.09 ^e	5.3 ^d

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at P ≤ 0.05 according to the Duncan's multiple range test.

³⁾Color difference is $\Delta E(L^*, a^*, b^*) = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$. The color difference value means between the treatment and upper one.

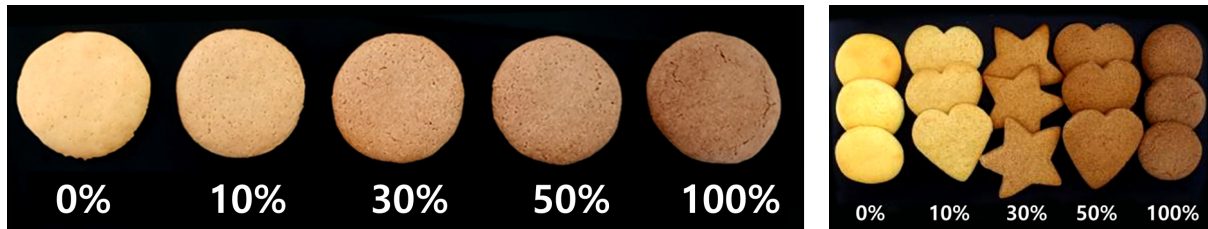


Fig. 1. Appearance of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

쿠키의 경우 첨가량이 많을수록 대조구에 비하여 쿠키의 퍼짐성이 낮아진다고 보고하였고(We *et al.*, 2011; Bae *et al.*, 2013), 클로렐라 분말 첨가 및 흑미 미강 첨가시에는 첨가량이 많을수록 퍼짐성 지수가 커진다는 결과가 보고되어 있다(Bang *et al.*, 2013; Joo & Choi, 2012)

핑거1호 분말 첨가 쿠키의 조직감을 살펴본 결과, 첨가량이 증가할수록 경도가 유의적으로 감소하고 바삭거림이 줄어드는 것으로 나타나 핑거1호 분말 첨가시 쿠키가 부드러운 조직감을 나타내는 것으로 나타났다. 쿠키의 경도는 혼입되는 부재료의 종류에 크게 영향을 받는데, 청국장 분말 및 옥수수 저항전분 첨가시 쿠키의 경도는 감소하는 경향이었으나, 일반적으로 기능성을 증진시키기 위한 부재료의 첨가는 쿠키의 경도를 증가시키는 경향이 많아서, 클로렐라 분말, 연근 분말, 연잎 분말, 구기자 분말 및 커피 추출 잔여물의 첨가시에는 경도가 증가하는 경향을 나타내었다(We *et al.*, 2011; Bae *et al.*, 2013; Bang *et al.*, 2013; Joo & Choi, 2012). 이러한 품질 특성을 살펴볼 때 핑거1호 분말 첨가시 대조구에 비하여 쿠키가 잘 퍼지고 경도가 감소하여 부드러운 조직감을 나타내는 것으로 나타났다(Table 4).

핑거1호 첨가 쿠키의 색도

핑거1호 분말을 첨가 및 밀가루 100%의 대조구 쿠키의 색

도를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 대조구의 명도(L-value), 적색도(a-value), 황색도(b-value) 값은 각각 82.7, 5.4 및 33.7으로 나타났으며, 핑거1호를 첨가한 쿠키의 L, a, b 값은 각각 70.7~53.7, 9.3~8.5 및 28.7~16.5로 대조구와 비교해서 모든 처리에서 유의적으로(p<0.05) 차이를 보였다. 핑거1호 분말 첨가량이 증가할수록 쿠키의 명도와 황색도는 감소하는 경향을 이었고, 적색도는 증가는 하였으나 처리량에 따라 농도 의존적으로 증가하지는 않는 경향을 보였다. 이는 핑거1호 분말이 적색 계열보다 어두운 갈색을 띠고 있어 명도 및 황색도 감소가 더 뚜렷이 나타난 결과로 보이며 적은 양의 첨가 시에도 첨가에 따른 색깔변화가 현저하였다. 미국표준국 색차(ΔE) 기준에 따르면 색차값이 0.5이하 trace, 0.5~1.5 slight, 1.5~3.0 noticeable, 3.0~6.0 appreciate, 6~12 much, 12이상은 very much로 나눌 수 있다고 하는데, 대조구와 10% 첨가구 사이 색차는 13.3으로 10% 첨가시에도 색차가 뚜렷함을 알 수 있었다. 이러한 색차는 첨가량이 증가함에 따라 처리간 차이는 점차 줄어들어 50% 첨가와 100% 첨가 사이 색차는 5.3으로 대조구와 10% 첨가시보다 차이가 낮은 것으로 나타났다. 따라서 핑거1호 분말이 가지고 있는 본연의 색은 가열 등의 조리 처리에 크게 영향을 받지 않고 첨가량이 크지 않아도 뚜렷한 차이를 나타내는 것으로 조사되었다(Fig. 1).

Table 6. Polyphenol and Flavonoid contents of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

Finger millet flour Addition rate (%) (w/w)	Polyphenol (mg gallic acid eq./100 g sample)	Flavonoid (mg catechin eq./100 g sample)
control	87.1±3.32 ^{1)(e2)}	37.4±2.02 ^e
10	94.5±3.05 ^d	45.6±1.25 ^d
30	109.2±3.14 ^c	59.5±0.38 ^c
50	126.0±2.85 ^b	84.5±0.75 ^b
100	170.4±6.31 ^a	160.1±5.99 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=4).

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at P ≤ 0.05 according to the Duncan's multiple range test.

핑거호 분말 첨가 쿠키의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

핑거1호 가루 첨가 정도에 따른 쿠키의 폴리페놀 및 플라보노이드 함유량을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 폴리페놀 및 플라보노이드 모두 대조구에 비하여 핑거1호 분말을 첨가한 처리에서 첨가율이 높을수록 증가하는 경향으로서, 분말 10% 첨가시 대조구에 비하여 폴리페놀의 함량은 1.09배, 30% 첨가시 1.25배, 50% 첨가시 1.45배, 100% 첨가시 1.96배가 증가하였다. 플라보노이드 함량은 더욱 증가 추세가 뚜렷하여 분말 10% 첨가시 1.22배, 30% 첨가시 1.59배, 50% 첨가시 2.26배, 100% 쿠키는 대조구에 비하여 4.28배 증가하였다. Viswanath *et al.* (2009)에 따르면 손가락조의 주된 페놀화합물은 Diadzene, gallic acids, coumaric acids, syringic acids, vanillic acids 등이며, 손가락조 1% HCL 메탄올 추출물은 폴리페놀 함량이 높을 뿐 아니라 pH 4, 7 그리고 9의 buffer 용액에 48시간 두었을 때도 산성 및 알칼리성에도 안정성이 높다고 보고하였다. Dykes & Rooney (2007)에 따르면 손가락조의 페놀 및 탄닌함량은 품종에 따라 다양하고 주된 bound phenolics은 ferulic acid (64%~96%)과 p-coumaric acid (50%~99%)라고 하였다. 이러한 폴리페놀 및 플라보노이드의 생리적 활성의 영향으로 손가락조는 항염, 항당뇨에 효과가 높은 것으로 나타났다(Chethan & Malleshi, 2007).

핑거호 분말 첨가 쿠키의 ABTS 및 DPPH radical 소거활성

핑거1호 첨가 쿠키의 ABTS 및 DPPH radical 소거활성을 측정하였다(Fig. 2). 대조구인 밀가루 쿠키의 경우 ABTS radical 소거능 37.9 mg TE/100 g을 나타낸 것에 비하여 핑거1호 분말 10% 첨가시 60.3 mg TE/100 g, 30% 첨가시

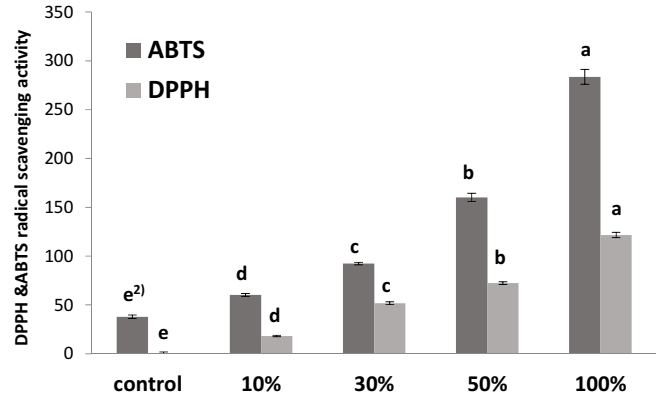


Fig. 2. ABTS and DPPH radical scavenging activities¹⁾ of cookies added with finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn) flour.

¹⁾mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)/100 gram sample.

²⁾Values followed by the same letter (s) are not significantly different at P ≤ 0.05 according to the Duncan's multiple range test.

92.4 mg TE/100 g, 50% 첨가시 160.2 mg TE/100 g, 100% 첨가시 283.5 mg TE/100 g으로 증가하여 핑거1호 첨가량의 증가에 따라 1.6~7.5배 증가함으로써 처리에 따른 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌 함량과 같은 경향이였다. DPPH radical 소거능도 ABTS radical 소거능과 같은 경향이였으며, 라디컬 소거능은 ABTS 소거활성이 DPPH 보다 높게 나타났다. 이러한 천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다고 한다(Kim *et al.*, 2001). 핑거1호 쿠키의 항산화활성은 Table 6에서 나타난 바와 같이 풍부한 폴리페놀 및 플라보노이드와 같은 페놀성 화합물로부터 기인하는데, 이러한 곡물의 경우 채소와 과일이 나타내는 항산화활성에 비하여 상대적으로 열과 산에 안정적인 경향을 나타낸다. Woo *et al.* (2009)은 손가락조와 마찬가지로 항산화활성이 우수한 곡물인 수수 가루를 첨가한 두부 제조연구에서 수수의 첨가량이 증가할 수록 항산화 활성도 유의적으로 증가하였다고 하였다. Ko *et al.* (2009)은 볶음시간 조건에 따른 수수차의 ABTS 및 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과, 5에서 7분까지는 볶는 시간이 증가할수록 항산화 활성도 같이 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하여서 본 연구 결과와 유사하게 수수가 가지고 있는 항산화 활성도 손가락조와 마찬가지로 열에 매우 안정적인 특성을 보였고, 오히려 더 증가하는 결

과를 나타내었다. 따라서 손가락조와 수수와 같이 폐놀성 화합물로부터 항산화활성을 나타내는 곡물은 가공제품 개발에 유리한 특성으로 나타났다.

적 요

우리나라 국민들에게 부족하기 쉬운 영양소인 칼슘함량이 풍부하고 항산화 활성이 높은 손가락조의 기능성 식품 소재로서의 가능성을 확인하고자 손가락조 ‘핑거1호’를 이용하여 쿠키 가공을 하였을 때 품질 특성 및 칼슘 함량 등의 변화를 평가하여 신작물인 손가락조를 이용한 가공품 개발에 활용 여부를 판단하였다.

- 1) 밀가루 100%를 대조로하여 핑거1호 통곡 분말 10%, 30%, 50%, 100%를 첨가하여 쿠키를 제조하고 가공 특성과 이화학 특성 등, 품질과 항산화 활성 등을 조사하였다.
- 2) 핑거1호 분말 첨가량이 증가함에 따라 칼슘 함량은 10% 첨가시 1.8배에서 100%시 10.8배에 이르기까지 현저하게 증가하였다.
- 3) 반면, 나트륨의 경우 10% 첨가시 1.01배에서 100%시 1.38배로 증가량의 변화가 크지 않아 칼슘이 부족하고 나트륨은 과다섭취하는 우리나라 국민들의 식습관을 고려할 시 영양학적으로 바람직한 쿠키의 제조가 가능할 것으로 판단되었다.
- 4) 항산화활성도 칼슘 등 무기성분 함량증가와 마찬가지로 핑거1호 첨가량의 증가에 ABTS radical 소거활성 1.6~7.5배, DPPH radical 소거활성 2.8~18.7배 증가하였다.
- 5) 쿠키의 품질특성에서 핑거1호 분말첨가가 증가할수록 쿠키의 퍼짐성은 증가하고 경도가 감소되어 부드러운 조직감의 쿠키제조가 가능하였고, 색상도 10%의 첨가만으로도 뚜렷한 차이를 나타내었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(사업번호: PJ015056032 023)의 지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

인용문헌(REFERENCES)

Anitha, S., D. I. Givens, R. Botha, J. Kane-Potaka, N. L. B. Sulaiman, T. W. Tsusaka, K. Subramaniam, A. Rajendran, D. J. Parasannanavar, and R. K. Bhandari. 2021. Calcium from Finger Millet—A Systematic Review and Meta-Analysis on

Calcium Retention, Bone Resorption, and In Vitro Bio-availability. *Sustainability*. 13 : 8677.

Bae, C. H., G. H. Park, W. W. Kang, and H. D. Park. 2013. Quality characteristics of cookies added with RS4 type resistant corn starch. *Korean Journal of Food Preservation*. 20(4) : 539-545.

Bang, B. H., E. J. Jeong, and K. P. Kim. 2013. Quality characteristics of cookies that contain different amounts of chlorella powder. *Korean Journal of Food Preservation*. 20(6) : 798-804.

Butler, L. G. 1992. Antinutritional effects of condensed and hydrolysable tannins. In *Plant Polyphenol : Synthesis, properties and significance*. Plenum press: New York. pp. 693-698.

Chan, D. C. and P. S. Kim. 1998. HIV entry and its inhibition. *Cell*. 93 : 681-684.

Chandra, D., S. Chandra, A. Pallavi, and K. Sharma. 2016. Review of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn): A powerhouse of health benefiting nutrients. *Food Science and Human Wellness*. 5 : 149-155.

Chethan, S. and N. G. Malleshi. 2007. Finger Millet Polyphenols: Characterization and their Nutraceutical Potential. *American Journal of Food Technology*. 2 : 582-592.

Dewanto, V., W. Xianzhong, and R. H. Liu. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem*. 50 : 4959-4964.

Dicko, M. H., H. Guppen, A. S. Traore, and A. G. V. Voragen. 2006. Berkel WJH. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnol. Mol. Bio. Review*. 1 : 21-38.

Dida, M. M., N. Wanyera, M. H. Dunn, J. Bennetzen, and K. M. Devos. 2008. Population structure and diversity in finger millet (*Eleusine coracana*) germplasm. *Tropical Plant Bio*. 1 : 131-141.

Doescecher, L. C., R. C. Hosney, G. A. Milken, and G. I. Rubenthaler. 1987. Effect of sugar and flours on cookies spread evaluated by time-lapse photography. *Cereal Chem*. (64) : 163-167.

Duke, J. A. 1979. Ecosystematic data on economic plant. *Quarterly Journal of Crude Drug Research*. 17 : 91-110.

Dykes, L. and L. W. Rooney. 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*. 52(3) : 105-111.

Ferreira, D. and D. Slade. 2002. Oligomeric proanthocyanidins: naturally occurring O-heterocycles. *Nat. Prod. Rep*. 19 : 517-541.

Gull, A., R. Jan, G. A. Nayik, K. Prasad, and P. Kumar. 2014. Significance of finger millet in nutrition, health and value added products: a review. *J. Environ. Sci. Comput. Sci. Eng. Technol*. 3(3) : 1601-1608.

Hegde, P. S., G. Chandrakasan, and T. S. Chandraa. 2002. Inhibition of collagen glycation and crosslinking in vitro by methanolic extracts of Finger millet (*Eleusine coracana*) and Kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*). *The Journal of Nutritional Biochem*. 13(9) : 517-521.

Joo, S. Y. and H. Y. Choi. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. *J. Korean Sci. Nutr*.

- 40 : 1453-1459.
- KDCA (Korea Disease Control and Prevention Agency). 2021. Korea National Health and Nutrition Examination Survey.
- Kim, S. M., Y. S. Cho, and S. K. Sung. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33 : 626-632.
- Ko, J. Y., K. S. Woo, S. B. Song, H. I. Seo, H. Y. Kim, J. I. Kim, J. S. Lee, T. W. Jung, K. Y. Kim, D. Y. Kwak, and I. S. Oh. 2009. Physicochemical characteristics of sorghum tea according to milling type and pan-fried time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41 : 1546-1553.
- KSVS (Korea Seed and Variety Service). 2021. Grant of plant variety. <https://www.seed.go.kr/>. Finger1ho. Grant No. 8617.
- Lee, Y. R., S. T. Kim, M. G. Choe, and K. D. Moon. 2008. Effect of different types of cutting on the quality of fresh-cut sweet pumpkin (*Cucurbita maxima Duchesne*), *Korean. J. Food Preserv.* 15(1) : 191-196.
- Nath, M., P. Roy, A. Shukla, and A. Kumar. 2013. Spatial distribution and accumulation of calcium in different tissues, developing spikes and seeds of finger millet genotypes. *Journal of Plant Nutrition.* 36(4) : 539-550.
- Nguz, K., D. van Gaver, and A. Huyghebaert. 1998. In vitro inhibition of digestive enzymes by sorghum condensed tannins (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Sci. de Aliments* 18 : 507-514.
- RDA (Rural Development Administration). 2023. The Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean Food Composition Table*, 10th Edition.
- Sakamma, S., K. B. Umesh, M. R. Girish, S. C. Ravi, M. Satishkumar, and V. Bellundagi. 2018. Finger Millet (*Eleusine coracana* L. Gaertn.) Production System: Status, Potential, Constraints and Implications for Improving Small Farmer's Welfare. *Journal of Agricultural Science.* 10(1) : 162-179.
- Viswanath, V., A. Urooj, and N. G. Malleshi. 2009. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of finger millet polyphenols(*Eleusine coracana*). *Food Chem.* 114(1) : 340-346.
- We, G. J., T. Y. Kang, J. H. Min, W. S. Kang, and S. H. Ko. 2011. Physicochemical properties of extruded rice flours and wheat flour substitute for cookie application. *Food Engineering Progress.* 15(4) : 404-412.
- Woo, K. S., Y. Y. Ko, M. C. Seo, S. B. Song, B. G. Oh, J. S. Lee, J. R. Kang, and M. H. Nam. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean Curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 : 1746-1752.