

차전자피 분말(*Psyllium husk* Powder)의 영양성분 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 이화학적 특성

주 영 은¹ · 신 경 옥^{2*}

¹삼육대학교 식품생명산업학과 석사과정, ²삼육대학교 식품영양학과 교수

Nutrient Components of *Psyllium husk* Powder and Physicochemical Properties of Muffins Added with *Psyllium husk* Powder

Young-Eun Ju¹ and Kyung-Ok Shin^{2*}

¹Master Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

²Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

ABSTRACT

This study analyzed the physicochemical properties of *Psyllium husk* powder and the quality characteristics for developing of muffins containing *Psyllium husk* powder. The moisture, ash, and mineral contents increased as the amount of *Psyllium husk* powder added increased, while the crude protein content tended to decrease. There was no significant difference in the crude fat content. As the content of *Psyllium husk* powder increased, the color L value decreased; the a value increased, and the b value decreased. The hardness tended to decrease as the amount of powder added increased. In the group with 5% *Psyllium husk* powder, amino acids, such as glutamic acid, leucine, aspartic acid, serine, valine, lysine, and histidine, showed the highest content. The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activities significantly increased as the *Psyllium husk* powder content increased. The overall preference for the group with 5% *Psyllium husk* powder added was high. Hence, adding less than 5% *Psyllium husk* powder is effective in terms of nutrition and sensory aspects when making muffins with *Psyllium husk* powder.

Key words: *Psyllium husk*, muffin, general analysis, antioxidant, sensory evaluation

서 론

최근 개인의 생활 양식에 따른 식단의 자유로움을 중요시하고 있으며, 현대화 및 서구화된 식생활 변화로 인해 쌀 중심의 식생활이었던 과거와는 달리 빵과 면에 대한 선호도가 높은 식생활이 큰 비중을 차지하고 있다(Yoon JA & Shin KO 2023). 이는 식생활 패턴의 다양성에 따라 주식의 패턴 역시 바뀌어 식사를 간편하게 해결하려는 사람들과 간식 대용으로 사용하는 소비자들의 증가로 제과 및 제빵류에 대한 소비가 증가하고 있는 추세이다(Lee YS & Chung HJ 2013).

그중 기본적인 품목 중 하나인 머핀은 밀가루, 달걀이 주 재료로 사용되며, 젤리롤, 카스텔라 등의 소비자들이 많이 섭취하는 대표적인 제과 제품이다(Park YU & Yoon HH

2022; Yoon JA & Shin KO 2023) 머핀은 비교적 만들기 쉬운 제과류 중 하나로서 첨가 재료에 따라 그 종류가 다양하다(Lee YS & Chung HJ 2013). 최근 머핀은 전 연령대에 걸쳐서 선호도가 높으며, 특히 영양가가 풍부하여 아침 대용이나 간식으로 많이 활용되고 있다(Yoon JA & Shin KO 2024). 머핀에 첨가하는 재료에 따라 부재료의 이름을 앞에 붙여서 크랜베리 머핀, 아몬드 머핀, 바나나 머핀, 초코 머핀, 땅콩 머핀 및 블루베리 머핀 등 다양한 제품들을 제조할 수 있다(Choi SM 2015). 국내 머핀에 대한 연구에는 아사이베리 분말(Kim HS 2012), 살구 분말(Lee YS & Chung HJ 2013), 비트 분말(Seo EO & Ko SH 2014), 홍삼박 분말(Jung YM 등 2015), 마늘겉질(Yoon JC 등 2023) 및 밀웜 분말(Yoon JA & Shin KO 2023) 등을 첨가하여 다양하게 연구되고 있다. 다양한 재료들을 첨가한 머핀에 대한 연구가 이어지고 있는 만큼 건강에 도움을 줄 수 있는 기능성 재료를 활용하여 머핀을 개발할 수 있다.

일반적으로 제과 및 제빵류 등은 설탕과 유지함량이 높아

* Corresponding author : Kyung-Ok Shin, Tel: +82-2-3399-1657, Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: skorose@syu.ac.kr

고열량 식품이므로 잘못된 섭취로 인해 영양상의 불균형을 초래할 수 있으며(An SH 2014), 밀가루의 단백질인 글루텐은 장 내 염증을 일으키고 두통, 호흡곤란, 구토, 설사와 피부 장애, 소화 장애 및 비염과 천식 등을 유발할 가능성이 있지만(Lee OJ 2022), 머핀에 차전자피 첨가가 수분 흡착력이 높아 이를 밀가루 대체제로 제과 및 제빵 제품에 활용할 수 있어 이러한 효능이 알려져 미국과 유럽 등에서 널리 사용되고 있다(Yu EA 2021).

차전자피(*Psyllium husk*)는 다년초 초본식물인 차전자(*Plantago ovata*) 씨앗의 껍질로서 질경이과(*Plantaginaceae*) 질경이속(*Plantago*)에 속한다(Kim HN 2019). 차전자는 성숙한 질경이의 종자를 건조시킨 것을 의미하며, 질경이는 전국 산과 습기가 있는 텃밭, 풀밭, 길가에서 자란다. 또한 차전자는 주로 서아시아 및 남아시아에서 서식하며, 식이섬유가 풍부하고 열량이 낮다고 알려져 있다(Kim HN 2019). 차전자의 전초에는 geniposidic acid, aucubin, acetoside, plantagoside, honoplantagin, plataginin 및 ursolic acid 등의 성분과 그 외 P-sitosterol, choline, palmitic acid, stigmasterol 및 vitamin C 등의 성분이 함유되어 각종 항염증, 항균 및 항종양 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Hong SS 2002; Park SJ 등 2011). 한방에서는 차전초와 차전자로 구분하여 사용되고 있는데, 차전초는 강심, 요혈, 태독, 임질, 난산 및 열독에 의한 응종 치료에 효과적이고, 늑막염, 심장염, 부인병 및 변비 등에도 효과가 있는 것으로 보고되었다(Park SJ 등 2011). 또한 우리나라뿐만 아니라, 대만, 유럽 및 아시아에서는 민간요법에 사용되었는데, 특히 상처치유, 호흡기 질환, 소화기계에서 나타나는 문제성 질환이나 항염제로 사용되어 왔으며, 이외에도 이뇨, 해열, 간암, 결막염 및 유방염을 예방하는 등의 효능이 밝혀졌다(Samuelsen AB 2000; Kim HN 2019). 차전자피에 함유된 풍부한 식이섬유는 고지혈증 및 당뇨 개선 등의 혈당조절 기능을 하며, 식욕 조절에도 도움을 준다는 연구 결과도 보고되었다(Park SJ 등 2011). 차전자피를 이용한 연구에는 차전자피 분말을 활용한 딸기잼(Yu EA & Yoon HH 2021), 식빵과 질편(Jeon SH & Kim MR 2020), 스펀지 케이크(Park YU & Yoon HH 2022) 등이 있으나, 아직까지 차전자피 분말을 첨가한 제과 및 제빵류에 대한 국내 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 차전자피 분말의 이화학적 분석을 실시하였으며, 이를 바탕으로 차전자피 분말을 첨가한 머핀을 제조하여 영양적인 특성을 확인하여 제품에 대한 차전자피 분말의 기능성 식품 재료로 활용 가능성을 확인하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 차전자피(*Psyllium husk*)는 동결건조(freeze-drying)시킨 분말 제품을 사용하였으며, 덕산종합과학(Duksan General Science, Seoul, Korea)을 통하여 구매하였다.

차전자피 분말의 분석에서 시료 조제는 80% 에탄올 10 mL에 차전자피 동결건조 분말(1 g)을 가하고, 1시간 초음파 처리하여 용해시켜 상온에서 24시간 방치 후, 원심분리(8,000 rpm, 10 min, 4°C)하여 조제 시료(100 mg/mL)를 제조하였으며, 이를 24시간 이내에 사용하였다. 차전자피 분말의 분석에 사용된 시약들은 각각 Folin-Ciocalteu reagent(FC reagent), gallic acid, ascorbic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) diammonium salt는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품, sodium carbonate, sodium nitrite, aluminium chloride, aluminium chloride, sodium hydroxide, potassium persulfate는 Riedel de Haën(Selze, Germany) 제품을 사용하였으며, 기타 시약과 용매는 analytical grade를 사용하였다(Lee KW 등 2017).

차전자피 분말 첨가 머핀 제조에 필요한 실험 재료는 박력분(CJ, Incheon, Korea), 설탕(CJ, Incheon, Korea), 소금(CJ, Incheon, Korea), 베이킹 파우더(Sungjin Co, Gyeonggi, Korea), 달걀(Chakhan Co, Gyeonggi, Korea), 버터(Lotte Co., Seoul, Korea) 등을 사용하였다.

2. 머핀의 제조 배합비 및 제조방법

머핀의 차전자피 분말 첨가 비율은 색상과 기호도를 고려하여 0%, 5%, 10%, 15% 및 20% 등 총 다섯 가지로 구분하여 제조하였다(Yoon JA & Shin KO 2024). 박력분 및 차전자피 분말 함량 외에 모든 재료는 동일하게 첨가하였다. 강력분의 0%, 5%, 10%, 15% 및 20%를 차전자피 분말로 대체하여 머핀을 제조하였으며, 재료의 배합비는 Table 1과 같다. 머핀은 일반적인 머핀 제조 방법(Yoon JA & Shin KO 2023)을 적용하여 제조하였다. 박력분, 차전자피 분말, 베이킹 파우더는 체질하여 넣고 설탕, 소금, 달걀, 버터를 넣고 크림상이 되도록 Hand mixer(DretecHM-706, Guangdong Xinbao Electrical Appliances Hold-ings Co., Ltd, Seoul, Korea)로 1분 30초간 반죽한 후 체질(40 mesh)한 재료들을 넣고 30초간 반죽하였다. 머핀 반죽은 머핀 틀에 50 g씩 담고 예열된 오븐(SPS43K, Smeg, Seoul, Korea)으로 170°C에서 15분간 구운 후 꺼내어 상온에서 1시간 방랭한 후 시료로 사용하였다.

Table 1. Muffin recipe with *Psyllium husk* powder

Ingredients (g)	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
Soft flour	32	30.4	28.8	27.2	25.6
<i>Psyllium husk</i> powder	0	1.6	3.2	4.8	6.4
Egg	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
Butter	21	21	21	21	21
Sugar	19	19	19	19	19
Baking powder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total			100		

3. 일반성분 분석

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 일반성분 분석은 AOAC법(AOAC 2000)에 의하여 실시하였다. 수분함량은 Drying oven(BF-150C, Biofree Co., Seoul, Korea)을 사용하여 105°C에서 상압 가열 건조하여 측정하였다. 조회분 함량은 550°C로 예열된 회화로(KL-160, Toyo Seisakusho Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 직접 회화법으로 분석하였다. 조단백질 함량은 조단백 분석기(Kjeltec TM 2300, FOSS, Hoganas, Sweden)를 사용하였으며, Kjeldahl법을 이용하여 단백질 환산계수인 6.25를 곱하여 단백질 함량을 측정하였다. 조지방 함량은 조지방 분석기(SOX606, LABTECH, Seoul, Korea)를 사용하여 분석하였으며, Soxhlet 추출법을 활용하여 측정하였다.

4. 무기질 함량 분석

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 칼슘, 구리, 철, 마그네슘, 망간, 셀레늄, 납 및 아연의 무기질 함량은 Kim HR 등(2007)이 제시한 방법을 활용하여 분석하였다. 건식 분해법에 따라 시료의 전처리 분해 및 여과하여 증류수로 50 mL까지 정용한 후, 시험용액으로 사용하였으며, 시료를 첨가하지 않은 공시험도 동일한 방법으로 실시하였다. 전처리한 시험용액은 원자흡광광도계(Analyst 700, Perkin Elmer, Norwalk CT, USA)에 주입하여 분석하였다. 각 무기질의 함량은 mg/100 g로 나타내었다.

5. 총 폴리페놀(Polyphenol) 함량 측정

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Folin O & Denis W 1912)을 변형하여 분석하였다. 96 Well plate에 시료 10 µL, 증류수 90 µL, 1 M Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma, USA) 시

약 10 µL를 분주하여 혼합한 후 상온에서 5분간 반응시킨다. 여기에 7% sodium carbonate 용액 100 µL와 증류수 40 µL를 혼합하여 암소에서 90분간 방치시킨 후, Multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 파장 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량을 정량하기 위한 표준물질로는 gallic acid(Sigma, USA)를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 실험하고 검량선을 작성하여 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량(gallic acid equivalent, GAE)을 계산하여 mg GAE/g으로 표시하였다.

6. 총 플라보노이드(Flavonoid) 함량 측정

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 총 플라보노이드 함량은 Moreno MIN 등(2000)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96 Well plate에 시료 20 µL, 증류수 80 µL, 5% sodium nitrite 용액 6 µL를 혼합한 후, 5분간 상온에서 반응시킨다. 여기에 10% aluminium chloride 용액 6 µL를 첨가하고 6분간 실온에서 반응시킨 후 1 M sodium hydroxide 40 µL와 증류수 48 µL를 혼합한 다음, Multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 파장 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량을 정량하기 위한 표준물질로 catechin(Sigma, USA)를 사용하였으며, 총 플라보노이드 함량(catechin equivalent, CE)을 계산하여 mg CE/g로 나타냈다.

7. DPPH Radical 소거 활성

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거 활성은 Blois MS(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96 Well plate에 시료 45 µL, 0.2 mM DPPH 용액 45 µL, ethanol 45 µL를 혼합한 후 30분간 상온의 암소에서 반응시켰다. 반응

이 끝난 후에 Multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 파장 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 대한 대조군으로는 ascorbic acid(Sigma, USA)를 사용하였으며, DPPH radical 소거 활성은 시료 용액을 첨가한 첨가구와 첨가하지 않은 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거 활성 (\%)} = \left[1 - \frac{S-B}{C} \right] \times 100$$

S : 시료 첨가구의 흡광도

B : Blank의 흡광도

C : Control(시료 무첨가구)의 흡광도

8. ABTS Radical 소거 활성

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거 활성은 Re R 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate 용액을 동일한 비율로 혼합하여 ABTS stock solution을 제조하였으며, 암소에서 24시간 동안 반응시켜 활성화된 상태로 만들어 사용하였다. 활성화된 ABTS stock solution을 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)으로 희석하여 파장 732 nm에서 측정된 흡광도 값이 0.70 ± 0.03 이 되도록 한 후, ABTS working solution으로 사용하였다. ABTS working solution 950 μ L와 시료 50 μ L를 혼합하여 10분 동안 암소에서 반응시킨 후, Multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 파장 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 대한 대조군은 ascorbic acid(Sigma, USA)를 사용하였으며, ABTS radical 소거 활성은 시료 용액을 첨가한 첨가구와 첨가하지 않은 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거 활성 (\%)} = \left[1 - \frac{S}{C} \right] \times 100$$

S : 시료의 흡광도

C : Control(시료 무첨가구) 흡광도

9. 색도 측정

차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 색도 분석은 색차계(CR-400 Koica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. 측정 전에 기기에 표준백판(L=93.97, a=-0.63, b=3.85)을 사용하여 보정하였고, 절단된 시료를 원형 cell에 넣어 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness) 값을

측정하였다.

10. pH 및 경도 측정

차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 pH 측정은 시료 10 g를 취하여 증류수 90 mL에 균일하게 용해 후 pH meter(MP 220, Mettler Toledo Co., Ltd, Urdorf, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 경도 측정은 $2 \times 2 \times 2$ cm의 크기로 절단한 시료를 texture analyser(TAXT plus/50 Stable Micro Systems, Bucheon, Korea)를 사용하여 측정하였다. 분석 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post test speed 2.0 mm/s이었으며, 높이와 지름이 각각 50.00 mm, 12.45 mm인 원기둥형 탐침(probe)을 사용하여 측정하여 경도를 평가하였다.

11. 아미노산 조성

차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 아미노산 성분 분석은 한국기초과학지원연구원에 분석 의뢰하였다. 시료는 일정량을 취한 후 PICO-Tag법에 의하여 phenyl isothiocyanate (PITC) labeling을 실시하였다. PITC labeling된 시료를 400 μ L의 buffer(1.4 mM NaHAc+0.1% Triethylamine+6% CH₃CN; pH 6.1)에 녹인 후, 그 중 10 μ L를 취하고 RP-HPLC(Waters 510)에 주입하여 분석하였다. Waters Pico-tag column(3.9 \times 300 mm, 4.0 μ m)을 이용하여 용매 A{140 mM sodium acetate(6% acetonitrile)}와 용매 B(60% acetonitrile)를 1 mL/min 유속으로 사용하였다. Waters 2487 UV detector (Youngseong Techpia, Incheon, Korea)를 이용하여 254 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다(Yoon JA & Shin KO 2023).

12. 관능검사

차전자피 분말을 첨가한 머핀의 관능검사는 식품영양학과 대학원생 11명을 대상으로 실시하였다. 검사 요원들에게 실험 목적과 평가 방법을 설명한 후, 관능검사에 참여하도록 하였다. 시료로 사용된 머핀은 동일한 온도(20°C) 및 크기(1 \times 1 \times 1 cm)로 제공하였다. 차전자피 분말의 함량을 달리하여 제조한 머핀 총 5개에 대한 색(color), 외관(appearance), 냄새(odor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)를 차례대로 7점 기호도 척도를 이용하여 평가하였다.

13. 통계처리

차전자피 분말 및 차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 영양적인 특성에 대한 실험 자료는 SPSS(Statistical Package for Social Science, version 23.0, IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 3회 반복한 후, 각

시료에 대한 Mean±S.E.M.로 나타내었다. 시료 간의 차이 분석을 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적 차이($p<0.05$)를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 차전자피 분말의 일반성분, 무기질 함량, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, DPPH 및 ABTS Radical 소거 활성

차전자피 분말에 차전자피 분말의 차전자피 분말의 일반성분, 무기질 함량, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 결과는 Table 2에 제시하였다. 수분은 $7.11\pm 0.02\%$, 조회분 $3.19\pm 0.09\%$, 조단백 $14.22\pm 0.20\%$ 및 조회분 $6.85\pm 0.10\%$ 의 함량을 보였다. 100 g 당 칼슘은 836.0 ± 9.98 mg, 구리 3.06 ± 0.7 mg, 철 7.93 ± 0.32 mg, 마그네슘 909.92 ± 3.48 mg, 망간 25.85 ± 0.89 mg, 셀레늄 392.60 ± 25.09 mg 및 아연 30.48 ± 0.54 mg의 함량을 보였으며, 납은 검출되지 않았다. 차전자(질경이) 생것의 경우 가식부 100 g 당 수분 83.8 g 단백질 3.0 g, 지방 0.2 g, 회분 2.2 g이었으며, 칼슘 119 g, 철 1.5 g, 칼륨 383 g로 제시하였다(Rural Development Administration 2006). 차전자피 분말의 총 폴리페놀 함량은 4.24 ± 1.29 mg GAE/g이며, 총 플라보노이드 함량은 2.56 ± 0.34 mg CE/g로 나타났다. DPPH radical 소거 활성을 확인하기 위해 positive control로는 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, $95.05\pm 0.00\%$ 로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다. 이에 대비하여 차전자피 분말은 $71.34\pm 0.00\%$ 의 활성으로 나타났다. ABTS radical 소거 활성에서도 동일

하게 positive control로 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, $89.29\pm 0.00\%$ 로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다. 이에 대비하여 차전자피 분말은 $77.97\pm 0.00\%$ 의 활성을 나타내었다. 따라서 위에 제시한 차전자피 분말의 영양성분 분석을 통해 차전자피 분말의 기능성 식품 재료로 활용 가능성을 확인하였다.

2. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 일반성분

차전자피 분말의 첨가량을 달리한 머핀의 일반분석 결과는 Table 3에 제시하였다. 수분함량은 대조군이 $18.11\pm 0.30\%$ 이며, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군에서는 각각 $18.66\pm 0.06\%$, $20.41\pm 0.04\%$, $20.92\pm 0.11\%$ 및 $20.95\pm 0.08\%$ 로서 20% 첨가군에서 가장 높은 함량을 보였다($p<0.05$). 조회분은 대조군에서 $0.40\pm 0.01\%$, 차전자피 분말 5% 첨가군 $0.41\pm 0.03\%$, 10% 첨가군 $0.51\pm 0.01\%$, 15% 첨가군 $0.55\pm 0.06\%$, 20% 첨가군에서 $0.60\pm 0.00\%$ 로서 차전자피 분말의 첨가량이 높을수록 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 조단백질은 대조군, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군으로 갈수록 $9.80\pm 0.09\%$, $9.22\pm 0.10\%$, $8.19\pm 0.15\%$, $6.74\pm 0.14\%$ 및 $6.55\pm 0.03\%$ 로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 특히 대조군(9.85 ± 0.08) 비해 차전자피 분말 15% 첨가군(6.74 ± 0.14)에서 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 조지방은 대조군이 $22.76\pm 0.09\%$, 차전자피 분말 20% 첨가군이 $22.45\pm 0.33\%$ 로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 수분을 제외한 나머지 성분들에 대한 연구로 차전자피 원물에 대한 일반분석은 진행되었으나, 차전자피를 첨가한 기능성 식품에 대한 일반성분 분석 연구는 부족한 실정이라고 판단된다. 선행연구(Jeon SH

Table 2. General analysis, mineral content and antioxidant activity of *Psyllium husk* powder

Composition		<i>Psyllium husk</i> powder		
General analysis (%)	Moisture	$7.11\pm 0.01^{1)}$	Crude protein	14.22 ± 0.20
	Crude ash	3.19 ± 0.09	Crude fat	6.85 ± 0.10
Mineral content (mg/100 g)	Calcium	836.0 ± 9.98	Manganese	25.85 ± 0.89
	Copper	3.06 ± 0.71	Selenium	392.60 ± 25.09
	Iron	7.93 ± 0.32	Lead	ND ²⁾
	Magnesium	909.92 ± 3.48	Zinc	30.48 ± 0.54
Antioxidant activity	Total phenolic (mg GAE/g)	4.24 ± 1.29	Total flavonoid (mg CE/g)	2.56 ± 0.34
	DPPH radical cation scavenging activity (%)	71.34 ± 0.00	ABTS radical scavenging activity (%)	77.97 ± 0.00

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ ND: Not detected.

Table 3. General analysis of muffin with *Psyllium husk* powder

Composition (%)	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
Moisture	18.11±0.30 ^{1) b2)}	18.66±0.06 ^b	20.41±0.04 ^a	20.92±0.11 ^a	20.95±0.08 ^a
Crude ash	0.40±0.01 ^c	0.41±0.03 ^c	0.51±0.01 ^b	0.55±0.06 ^b	0.60±0.00 ^a
Crude protein	9.80±0.09 ^a	9.22±0.10 ^a	8.19±0.15 ^b	6.74±0.14 ^c	6.55±0.03 ^c
Crude fat	22.76±0.09 ^b	22.06±0.09 ^b	21.49±0.14 ^c	23.33±0.17 ^a	22.45±0.33 ^b

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ a-c Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

& Kim MR 2020)에 따르면, 차전자피 분말을 첨가한 식빵과 절편에서 차전자피 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가했다는 결과와 본 연구 결과가 유사한 경향을 나타내었다. Beikzadeh S 등(2016)의 연구에서는 스펀지 케이크에 차전자피 껍질 분말 비율을 높일수록 회분과 섬유질 함량이 상당히 증가하고, 단백질 함량도 증가한다고 보고하였다.

3. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 무기질 함량

차전자피 분말을 첨가한 머핀의 무기질 함량 분석 결과는 Table 4에 제시하였다. 전체적인 무기질 중 칼슘의 함량이 가장 높았으며, 차전자피 분말의 첨가량이 증가함에 따라 차전자피 분말 20% 첨가군에서 100 g 당 472.18±18.30 mg로 가장 높은 함량을 보였다. 철은 100 g 당 대조군에서 417.70±263.01 mg로 가장 높았으며, 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 마그네슘은 100 g 당 대조군에서 124.57±1.80 mg로 가장 낮았고, 차전자피 분

말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군에서 100 g 당 각각 144.35±0.51, 157.48±0.32, 169.61±4.62 및 195.93±0.85 mg로 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 망간은 대조군(0.95±0.17 mg/100 g)에 비해 차전자피 분말 20% 첨가군에서 100 g 당 6.98±1.09 mg로 가장 높은 함량을 나타내었다. 셀레늄은 100 g 당 대조군이 7.70±1.91 mg이며, 차전자피 분말 15% 첨가군에서부터 13.25±0.77 mg로 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 아연은 차전자피 분말의 첨가량이 증가함에 따라 함량이 점차 증가하는 경향을 보였으나, 구리와 납은 모든 군에서 검출되지 않았다. 무기질은 체액의 삼투압 조절 및 용해성 부여, 인체 내 혈액의 pH를 7.3~7.5의 적정수준으로 유지 시켜주는 작용, 대사 관여 효소 반응 촉진 및 활성화 등의 다양한 생리적 기능을 가지고 있다(Park SJ 등 2024). 본 연구의 차전자피 분말의 첨가량을 달리한 머핀의 무기질 함량은 전체적인 무기질 중 칼슘의 함량이 가장 높았다. 선행연구(Cho IS 등 2016)에서는 질경이 분말 100 g 당 무기질

Table 4. Mineral content of muffin with *Psyllium husk* powder

Composition (mg/100 g)	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
Calcium	277.54±3.42 ^{1) d3)}	339.38±6.37 ^c	370.16±6.65 ^b	424.98±1.40 ^a	472.18±18.30 ^a
Copper	ND ²⁾				
Iron	417.70±263.01 ^a	171.63±205.90 ^b	154.63±48.12 ^c	77.29±6.66 ^d	50.08±17.96 ^c
Magnesium	124.57±1.80 ^e	144.35±0.51 ^d	157.48±0.32 ^c	169.61±4.62 ^b	195.93±0.85 ^a
Manganese	0.95±0.17 ^e	1.22±0.05 ^d	2.80±1.20 ^c	4.69±0.66 ^b	6.98±1.09 ^a
Selenium	7.70±1.91 ^c	7.89±0.75 ^c	8.41±0.64 ^b	13.25±0.77 ^a	13.50±0.40 ^a
Lead	ND				
Zinc	10.99±0.25 ^d	11.16±0.82 ^c	11.79±0.74 ^c	12.60±1.01 ^b	13.62±0.34 ^a

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ ND: Not detected.

³⁾ a-c Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

함량에서 칼슘이 다른 무기질보다 276.75±19.76 mg로 높은 함량을 보였다는 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

4. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

차전자피 분말을 첨가한 머핀의 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량에 대한 결과는 Table 5에 제시하였다. 총 폴리페놀 함량은 대조군(0.87±0.15 mg GAE/g)에 비해 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군은 각각 1.04±0.36, 1.11±0.03, 1.11±0.99 및 1.19±0.53 mg GAE/g 순으로 차전자피 분말의 함량이 높아질수록 증가하였다($p<0.05$). Wojciechowicz-Budzisz A 등(2023)의 연구에서는 호밀 스펀지 케이크에 차전자피 씨앗 분말(*Psyllium fiber*) 첨가 시 총 폴리페놀 함량은 57.3~149.6 mg GAE/100 g으로 증가하였으며, 식품의 항산화 능력은 총 폴리페놀 함량과 밀접한 관련이 있다고 보고하였다(Guo L 등 2023). 밀웬 분말을 첨가한 머핀 연구(Yoon JA & Shin KO 2023)에서도 총 폴리페놀 함량은 대조군, 밀웬 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군이 각각 29.69±0.00, 30.64±0.01, 36.83±0.01, 53.02±0.01, 68.26±0.02 및 80.17±0.02 mg GAE/g 순으로 측정되었으며, 이는 본 연구와 같은 양상을 보였다. 총 플라보노이드 함량은 대조군(0.12±0.06 mg CE/g)에 비해 차전자피 분말 5% 첨가군에서부터 0.32±0.06 mg CE/g으로 유의적으로 증가하였으며, 차전자피 분말 10%, 15% 및 20% 첨가군은 0.35±0.10, 0.41±0.10 및 0.43±0.15 mg CE/g로 점차 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 플라보노이드는 식물체에서 광합성을 통한 탄소 고정 반응 후에 복잡한 생화학 합성 경로를 거쳐 생성되며, 섭취하게 되면 조직 세포의 표적 단백질과의 특이적 상호작용을 통해 인체에 유용한 생리적 활성을 보이기 때문에 항산화 효과를 가지고 있으며, 세포의 신호 전달 과정에 관여하는 인산화 효소의 활성을 저해함으로써 뉴런의 기능 조절, 염증 반응 및 암세포 확산 억제 등 다양한 효과를 가지고 있는 물질이다(Han YL 등 2013). 선행연구(Kim KB 등 2006; Park HJ & Chung HJ 2014; Yoon JA & Shin KO 2023)에서도 지적했듯이 식물 내 폴리페놀성 물질 및 플라보노이드

등은 분자 내에 phenolic hydroxyl기를 가진 화합물로 항암 및 항염 효과가 뛰어난 것으로 보고하였다.

5. DPPH 및 ABTS Radical 소거 활성

차전자피 분말을 첨가한 머핀의 DPPH radical 소거 활성 결과는 Fig. 1에 제시하였다. Positive control로는 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, 95.05±0.00%로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다. 이에 비해 대조군과 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20%를 첨가한 군에서는 각각 20.88±0.00%, 23.18±0.00%, 27.02±0.00%, 30.41±0.00% 및 32.60±0.00% 순으로 나타났으며, 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성이 증가하였다($p<0.05$). DPPH radical 소거 활성은 radical을 갖는 물질 중에서도 비교적 안정한 화합물로 항산화 활성 물질이 DPPH radical을 소거시켜 보라색에서 황색으로 변한다는 점을 이용해 비교적 간단하게 항산화 효과에 대한 측정이 가능하다(Kim HN 2019). 선행연구(Kim HN 2019)의 결과에 따르면, 차전자피 분말을 첨가하지 않은 대조군(81.23%)에 비해 차전자피 분말 8.3%를 첨가한 석류 젤리의 DPPH radical 소거 활성이 82.34%로 증가한다는 유사한 결과를 보였다. 선행연구(Park GS 2020)를 보면, 루바브 분말을 첨가하여 머핀을 만들었을 때, 분말을 첨가하지 않은 대조군의 DPPH radical 소거 활성은 18.25±1.52%이며, 루바브 분말을 첨가한 머핀의 DPPH 소거 활성은 82.81±4.81%로 유의적으로 증가한 것을 확인하였다. 이외에도 살구 분말(Lee YS & Chung HJ 2013), 아사이베리 분말(Kim HS 2012), 레몬그라스 분말(Lee JW 등 2015), 그라비올라 분말(Yang SW 2018), 오디 분말(Yoon JA & Shin KO 2024)을 첨가한 머핀에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 ABTS radical 소거 활성 결과는 Fig. 2에 제시하였다. Positive control로는 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, 89.29±0.00%로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다. 이에 비해 대조군과 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20%를 첨가한 군에서는 순서

Table 5. Total phenolic and total flavonoid contents of muffin with *Psyllium husk* powder

Variables	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
Total phenolic (mg GAE/g)	0.87±0.15 ^{1(d2)}	1.04±0.36 ^c	1.11±0.03 ^b	1.11±0.99 ^b	1.19±0.53 ^a
Total flavonoid (mg CE/g)	0.12±0.06 ^c	0.32±0.06 ^b	0.35±0.10 ^b	0.41±0.10 ^a	0.43±0.15 ^a

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ a-d Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

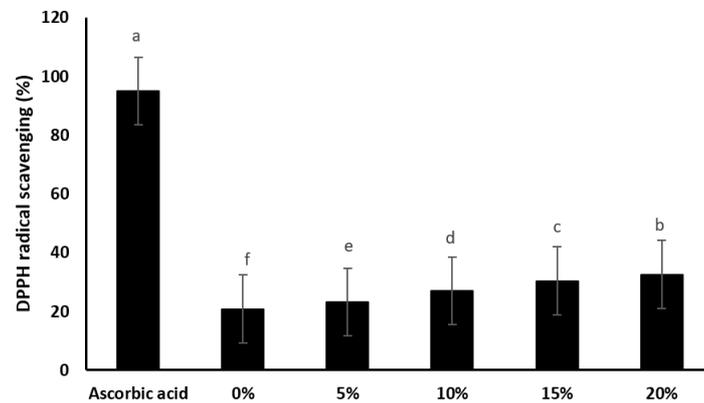


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of muffin with *Psyllium husk* powder.

Each value in mean±S.D. Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Ducan's multiple range test. ASE: ascorbic acid.

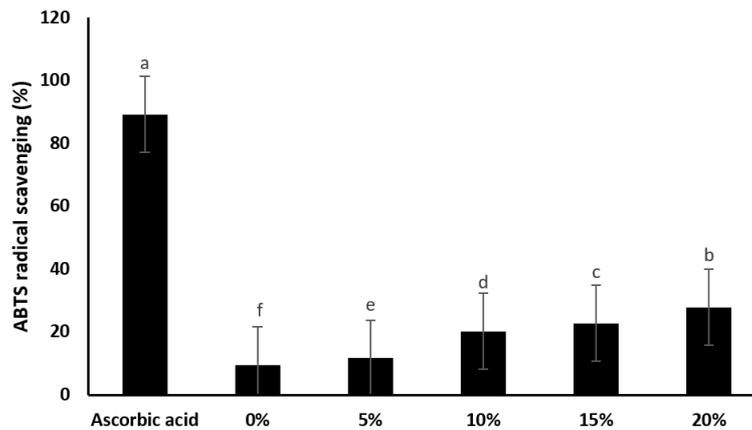


Fig. 2. ABTS radical scavenging activity of muffin with *Psyllium husk* powder.

Each value in mean±S.D. Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Ducan's multiple range test. ASE: ascorbic acid.

대로 $9.48\pm 0.00\%$, $11.68\pm 0.00\%$, $20.28\pm 0.00\%$, $22.82\pm 0.00\%$ 및 $27.85\pm 0.00\%$ 로 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 ABTS 라디칼 소거 활성이 증가하였다($p<0.05$). ABTS radical 소거 활성은 ABTS를 생성시키기 위해 사용되는 potassium persulfate에 반응하여 생성된 ABTS free radical이 시료 내 항산화 물질로부터 수소를 제공받아 안정한 물질로 변화됨에 따라 푸른색이 소멸되는 성질을 활용한 항산화 활성 측정 방법이다(Yoon JC 등 2023). 호밀 스폰지 케이크에 차전자피 씨앗 분말(*Psyllium fiber*)의 첨가량이 0%~15%로 증가할수록 ABTS radical 소거 활성은 $197.2\sim 331.5 \mu\text{M TE}/100 \text{ g}$ 로 증가하였으며, 이는 ABTS radical 소거 활성의 경우 베이킹 방법과 차전자피 씨앗 분말의 상호작용이 유의한 영향을 준 것으로 보고하였다(Wojciechowicz-Budzisz A 등 2023). 또한 선행연구(Yoon JC 등 2023)에 따르면, 머핀에 마늘 대조군 (0.11%)에 비해 마늘껍질 첨가량이 많을수록 ABTS radical

소거 활성이 높아져 마늘껍질 분말 24% 첨가군에서 49.60% 로 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

6. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 전체면 관찰 및 색도
차전자피 분말을 첨가하여 만든 머핀의 전체면 관찰 및 색도 측정 결과는 Fig. 3과 Table 6에 제시하였다. 머핀의 전체면은 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 진한 황색으로 변화하였다. L값은 대조군, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군에서 각각 75.40 ± 0.61 , 63.83 ± 0.62 , 60.81 ± 0.50 , 57.03 ± 0.03 및 52.80 ± 0.12 순으로 유의하게 낮아졌다($p<0.05$). a값은 대조군, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군에서 각각 1.90 ± 0.06 , 3.27 ± 0.03 , 4.10 ± 0.12 , 5.43 ± 0.03 및 6.83 ± 0.03 순으로 차전자피 분말의 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). b값은 대조군, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군에서 각각 28.40 ± 0.71 ,



Fig. 3. Overall shape of muffin according to *Psyllium husk* powder

Table 6. Color value of muffin with *Psyllium husk* powder

Variables	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
L	75.40±0.61 ^{1)a2)}	63.83±0.62 ^b	60.81±0.50 ^c	57.03±0.03 ^d	52.50±0.12 ^e
a	1.90±0.06 ^c	3.27±0.03 ^d	4.10±0.12 ^c	5.43±0.03 ^b	6.83±0.03 ^a
b	28.40±0.71 ^a	19.90±0.06 ^b	18.97±0.87 ^c	17.37±0.07 ^d	13.20±0.06 ^e

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

19.90±0.06, 18.97±0.87, 17.37±0.07 및 13.20±0.06 순으로 차전자피 분말의 첨가량이 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 본 연구의 결과는 자색 고구마 분말(Ko SH & Seo EO 2010), 감귤 분말(Oh SW 2012), 레몬그라스 분말(Lee JW 등 2015) 및 와송 분말(Bea JY 2021)을 첨가한 머핀에서는 첨가량이 증가할수록 L값과 b값은 감소하고 a값은 증가하는 경향을

보였다는 연구 결과와 유사하였다. 그러나 살구 분말(Lee YS 2013), 꽃게 분말(Sun SY 2017)을 첨가한 머핀에서는 L값은 감소하고 a값과 b값은 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다. 따라서 첨가 부재료의 색상이 머핀의 색도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

7. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 pH 측정 및 경도

차전자피 분말을 첨가한 머핀의 pH 및 경도 측정은 Table 7에 제시하였다. 차전자피 분말을 첨가하지 않은 대조군의 pH는 8.56 ± 0.01 이며, 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군의 pH는 각각 8.16 ± 0.00 , 7.82 ± 0.00 , 7.58 ± 0.00 및 7.24 ± 0.00 으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 선행연구(Cho IS 등 2016)에 따르면 질경이 분말을 첨가하여 만든 양갱의 pH가 대조군 6.66, 질경이 분말 20% 첨가군 6.31로서 질경이 분말의 첨가량이 높을수록 pH가 낮아진다는 결과와 유사한 경향을 보였다. 경도의 경우 대조군은 95.67 ± 2.60 이고 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군은 각각 68.33 ± 2.19 , 63.00 ± 5.77 , 41.33 ± 2.03 및 33.33 ± 1.20 으로 나타났으며, 차전자피 분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 감소하였다($p < 0.05$). 선행연구(Jeon SH & Kim MR 2020)에 따르면, 식빵의 경도가 대조군이 68.74, 차전자피 분말 15% 첨가군이 39.88로서 차전자피 분말의 첨가량이 많을수록 낮아지는 경향을 보인다는 결과와 유사하였으며, 이는 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 식이섬유의 수분 결합력이 높아져서 겔화됨에 따라 저장 시 보습을 유지하고 수분의 감소를 저하시킴에 따라 경도가 감소한 것으로 사료된다.

8. 차전자피 분말을 첨가한 머핀의 아미노산 조성

차전자피 분말이 첨가된 머핀의 아미노산 분석 결과는 Table 8에 제시하였다. 차전자피 분말 첨가 머핀의 100 g당 필수아미노산 함량은 leucine, phenylalanine, lysine 및 valine 순으로 높았다. 특히 대조군에 비해 차전자피 분말 20% 첨가군에서 100 g당 필수아미노산인 isoleucine(270.2 ± 0.01 g)과 arginine(278.0 ± 0.01 g)의 함량이 가장 높았다($p < 0.05$). 차전자피 분말 첨가 머핀의 100 g당 비필수아미노산 함량은 glutamic acid, aspartic acid, proline 및 serine 순으로 높았다. 또한 차전자피 분말 5% 첨가군에서 필수아미노산인 valine(335.4 ± 0.01 g), leucine(555.2 ± 0.01 g), lysine(346.0 ± 0.01 g), histidine(153.3 ± 0.01 g) 및 비필수아미노산인 aspartic acid(503.1 ± 0.01 g), serine(439.4 ± 0.01 g), glutamic acid($1,591.9 \pm$

0.01 g)는 유의하게 높았다($p < 0.05$). 차전자피 분말을 첨가한 기능성 식품에 대한 선행연구(Jeon SH & Kim MR 2020; Park YU & Yoon HH 2022)에서는 아미노산 조성에 대한 연구가 부족한 실정이라고 판단하여 본 연구에서는 아미노산 조성을 분석하였다. 아미노산은 단백질 합성의 기질이 되는 기능 외에도 glucose, purine 및 pyrimidine 등 다양한 생체분자들의 합성을 위한 전구물질이 되므로 인체 내 필수 영양소 중 하나이다(Kim HY 등 2009). 최근 노화로 인한 신체 내 면역력 감소와 근감소증 등의 이유로 아미노산의 중요성이 사회적인 이슈로 대두되고 있는데(Park SK 등 2011; Yoon JA & Shin KO 2023), 차전자피를 활용한 제품의 생산은 아미노산 함량과 관련하여 큰 의미가 있는 것으로 사료된다.

9. 관능적 검사

차전자피 분말을 첨가한 머핀에 대한 관능적 검사 결과는 Table 9에 제시하였다. 색(color)은 차전자피 분말 5% 첨가군이 6.00 ± 0.40 으로 가장 높은 평가를 받았으며, 다음으로 차전자피 분말 10% 첨가군(5.50 ± 0.37), 대조군(5.40 ± 0.27), 차전자피 분말 15% 첨가군(5.00 ± 0.33) 및 차전자피 분말 20% 첨가군(4.00 ± 0.47) 순으로 높았다. 냄새(odor)는 대조군과 차전자피 분말 5%, 10%, 15% 및 20% 첨가군이 각각 순서대로 5.70 ± 0.33 , 5.50 ± 0.34 , 5.20 ± 0.33 , 5.20 ± 0.33 및 4.80 ± 0.59 의 평가를 받았다. 맛(taste)은 차전자피 분말 5% 첨가군이 5.80 ± 0.33 으로 가장 높은 점수를 받았으며, 차전자피 분말 20% 첨가군은 3.50 ± 0.56 으로 가장 낮은 평가를 받았다. 외관(appearance)과 조직감(texture)은 차전자피 분말 5% 첨가군, 대조군, 차전자피 분말 10% 첨가군, 차전자피 분말 15% 첨가군 및 차전자피 분말 20% 첨가군 순으로 높은 평가를 받았다. 전반적인 기호도(overall acceptability)도 마찬가지로 5% 첨가군을 가장 선호하였으며, 그 다음으로 대조군, 차전자피 분말 10% 첨가군, 차전자피 분말 15% 첨가군 및 차전자피 분말 20% 첨가군 순으로 나타났다. 따라서 식품에 차전자피 분말을 활용할 경우에 5% 첨가가 가장 적합한 첨가 비율인 것으로 판단된다.

Table 7. pH and hardness of muffin added with *Psyllium husk* powder

Variables	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
pH	$8.56 \pm 0.01^{1)a2}$	8.16 ± 0.00^a	7.82 ± 0.00^b	7.58 ± 0.00^b	7.24 ± 0.00^b
Hardness	95.67 ± 2.60^a	68.33 ± 2.19^b	63.00 ± 5.77^b	41.33 ± 2.03^c	33.33 ± 1.20^d

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ a~d Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 8. Amino acid composition of muffin with *Psyllium husk* powder

Variety (g/100 g)	<i>Psyllium husk</i> powder (%)					
	0	5	10	15	20	
Essential amino acid	Valine	317.60±0.01 ^{1)a2)}	335.40±0.01 ^a	312.50±0.01 ^a	311.10±0.01 ^b	300.80±0.01 ^b
	Leucine	544.30±0.01 ^a	555.20±0.01 ^a	520.40±0.01 ^b	526.00±0.01 ^b	529.10±0.01 ^b
	Isoleucine	264.20±0.01 ^b	276.80±0.01 ^a	259.40±0.01 ^c	262.10±0.01 ^b	270.20±0.01 ^a
	Threonine	268.20±0.01 ^b	273.90±0.01 ^a	261.60±0.01 ^b	268.00±0.01 ^b	255.40±0.01 ^c
	Phenylalanine	386.80±0.01 ^a	381.30±0.01 ^b	360.90±0.01 ^c	348.30±0.01 ^c	353.70±0.01 ^d
	Methionine	103.40±0.01 ^b	103.40±0.01 ^b	117.40±0.01 ^a	113.80±0.01 ^a	105.40±0.01 ^b
	Lysine	326.30±0.01 ^c	346.00±0.01 ^a	331.90±0.01 ^b	345.00±0.01 ^a	326.30±0.01 ^c
	Arginine	262.40±0.01 ^c	277.90±0.01 ^b	269.40±0.01 ^c	284.80±0.01 ^a	278.00±0.01 ^b
	Histidine	145.30±0.01 ^b	153.30±0.01 ^a	143.50±0.01 ^b	144.50±0.01 ^b	137.60±0.01 ^c
Non-essential amino acid	Aspartic acid	503.10±0.01 ^b	526.30±0.01 ^a	494.90±0.01 ^c	502.60±0.01 ^b	480.00±0.01 ^d
	Serine	426.70±0.01 ^b	439.40±0.01 ^a	409.90±0.01 ^c	417.60±0.01 ^b	389.50±0.01 ^d
	Glutamic acid	1,576.90±0.01 ^a	1,591.90±0.01 ^a	1,482.10±0.01 ^b	1,507.10±0.01 ^a	1,397.40±0.01 ^c
	Proline	503.80±0.01 ^a	497.90±0.01 ^b	461.70±0.01 ^d	476.50±0.01 ^c	423.40±0.01 ^e
	Glycine	225.30±0.01 ^b	237.30±0.01 ^a	227.30±0.01 ^b	233.50±0.01 ^a	224.90±0.01 ^b
	Alanine	285.60±0.01 ^b	299.70±0.01 ^a	269.40±0.01 ^d	286.70±0.01 ^b	273.40±0.01 ^c
	Tyrosine	211.60±0.01 ^a	194.60±0.01 ^b	192.80±0.01 ^b	206.30±0.01 ^a	195.30±0.01 ^b

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 9. Sensory test of muffin with *Psyllium husk* powder

Measurement	<i>Psyllium husk</i> powder (%)				
	0	5	10	15	20
Color	5.40±0.27 ^{1)b2)}	6.00±0.40 ^a	5.50±0.37 ^b	5.00±0.33 ^b	4.00±0.47 ^c
Odor	5.70±0.33 ^a	5.50±0.34 ^a	5.20±0.33 ^a	5.20±0.33 ^a	4.80±0.59 ^b
Taste	5.70±0.33 ^a	5.80±0.33 ^a	5.10±0.31 ^a	4.80±0.36 ^b	3.50±0.56 ^c
Appearance	5.70±0.30 ^b	5.80±0.29 ^a	5.50±0.31 ^b	4.80±0.39 ^c	4.20±0.57 ^c
Texture	4.80±0.25 ^a	4.90±0.28 ^a	4.40±0.27 ^b	4.50±0.48 ^b	3.20±0.44 ^c
Overall acceptability	5.60±0.34 ^a	5.70±0.40 ^a	4.90±0.31 ^b	4.70±0.52 ^b	3.50±0.50 ^c

¹⁾ Mean±S.E.M.

²⁾ ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

요 약

본 연구에서 차전자피 분말(*Psyllium husk*)의 이화학적 특성을 분석한 결과를 가지고, 차전자피 분말을 첨가한 머핀을 제조하여 영양학적인 특성을 조사하였다. 차전자피 분말의

조단백질 함량은 14.22±0.20%였으며, 100 g당 마그네슘 함량은 909.92±3.48였고, DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 각각 71.34±0.00% 및 77.97±0.00%로 조사되었다. 차전자피 분말을 첨가한 머핀 경우 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 수분, 조회분의 함량은 증가하였다. 머핀에 차전자피

분말의 첨가량이 높을수록 칼슘, 마그네슘, 셀레늄, 망간, 아연 등의 무기질 함량은 증가하였으며, 총 플라보노이드, DPPH 및 ABTS radical 소거 활성이 유의적으로 증가하였다. 차전자피 분말을 머핀에 첨가할 경우, 차전자피 분말의 함량이 증가할수록 색도 L값은 감소, a값은 증가, b값은 감소하였으며, 경도는 분말의 첨가량이 증가함에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 차전자피 분말 5% 첨가군에서 glutamic acid, leucine, aspartic acid, serine, valine, lysine, histidine 등의 아미노산이 가장 높은 함량을 보였다. 차전자피 분말을 첨가하지 않은 대조군에 비해 분말 5% 첨가군에 대한 전반적인 기호도가 높았다. 따라서 차전자피 분말을 식품에 적용하였을 경우, 영양적 기능에 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인하였다. 차전자피는 수분 보수력이 높을 뿐만 아니라, 아미노산이 풍부하고 항산화 효과가 뛰어나 건강 증진에 도움을 줄 것으로 기대된다. 본 연구를 종합해 볼 때, 차전자피 분말을 첨가한 머핀 제조 시, 차전자피 분말을 5%로 첨가하는 것이 영양학적 및 관능적인 면에서 효과적이라고 판단되며, 차전자피 분말 첨가 기능성 제품이 더 많은 연구를 통해 식품 분야에서 다양한 활용 방안이 모색되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2024년 삼육대학교 식품생명산업학과 주영은 학생의 석사학위 논문의 일부를 발췌하여 재구성한 것입니다.

REFERENCES

- An SH (2014) Quality characteristics of muffin added with bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder. Korean J Food Cook Sci 30(5): 499-508.
- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. pp 33-36.
- Bea JY (2021) Quality characteristics and antioxidant activity of muffincake added with *Orostachys japonicus* (Maxim) berger powder. MS Thesis Hansung University, Seoul. pp 28-40.
- Beikzadeh S, Peighambaroust SH, Beikzadeh M, Javar-Abadi MA, Homayouni-Rad A (2016) Effect of *Psyllium husk* on physical, nutritional, sensory, and staling properties of dietary prebiotic sponge cake. Czech J Food Sci 34(6): 534-540.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181(4617): 1199-1200.
- Cho IS, Moon JH, Hong KW, Park IS (2016) Quality characteristics of yanggaeng according to the addition of plantain (*Plantago asiatica* L.) powder. Culi Sci & Hos Res 22(8): 226-234.
- Choi SM (2015) Quality characteristics of muffins added with *sasa quelpaertensis nakai* powder. MS Thesis Seoul National University of Science and Technology, Seoul. pp 7-8.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12(2): 239-243.
- Guo L, Li W, Gu Z, Wang L, Guo L, Ma S, Li C, Sun J, Han B, Chang J (2023) Recent advances and progress on melanin: From source to application. Int J Mol Sci 24(5): 4360.
- Han YL, Lee SY, Lee JH, Lee SJ (2013) Cellular flavonoid transport mechanisms in animal and plant cells. Korean J Food Sci Technol 45(2): 137-141.
- Hong SS, Cha JY, Kim DJ (2002) Effect of *Psyllium husk*, pectin and cellulose on the lipid concentrations and hemobiochemical enzymes in rats. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(5): 808-813.
- Jeon SH, Kim MR (2020) Quality characteristics of white bread added with *Psyllium husk* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 49(8): 855-865.
- Jung YM, Oh HS, Kang ST (2015) Quality characteristics of muffins added with red ginseng marc powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(7): 1050-1057.
- Kim HN (2019) Quality characteristics of pomegranate jelly prepared with *Psyllium husk* powder. MS Thesis Sejong University, Seoul. pp 10-16.
- Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM (2007) Chemical characteristics and enzyme activities of Icheon Ge-Geol radish, Gangwha turnip, and Korean radish. Korean J Food Sci Technol 39(3): 255-259.
- Kim HS (2012) Quality characteristics and antioxidant activities of muffins with the acaiberry (*Euterpe oleracea* Mart.) powder. MS Thesis Sejong University, Seoul. pp 21-49.
- Kim HY, Kim IH, Nam TJ (2009) Effects of capsosiphon fulvescens extracts on essential amino acids absorption in rats. J Life Sci 19(11): 1591-1597.
- Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM (2006) Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. Appl Biol Chem 49(4): 328-333.

- Ko SH, Seo EO (2010) Quality characteristics of muffins containing purple colored sweetpotato powder. *J East Asian Soc Diet Life* 20(2): 272-278.
- Lee JW, Kim GJ, Rho KA, Chung KH, Yoon JA, An JH (2015) Quality characteristics and antioxidant activity of muffins containing lemongrass powder. *Korean J Food Nutr* 28(5): 794-801.
- Lee KW, Kim YH, Shin KO (2017) *In vitro* antioxidant activities and antimicrobial activity of lotus (leaf, stem, and seed pod) extracts. *Korean J Food Nutr* 30(4): 771-779.
- Lee OJ (2022) A study on the sensory characteristics of rice muffins with freeze-dried powder of unripe apples. MS Thesis Nambu University, Gwangju. pp 1-21.
- Lee YS (2013) Quality characteristics of muffin added with apricot powder. MS Thesis Daejin University, Pocheon. pp 21-33.
- Lee YS, Chung HJ (2013) Quality characteristics of muffins supplemented with freeze-dried apricot powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(6): 957-963.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA (2000) Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71(1-2): 109-114.
- Oh SW (2012) Quality characteristics of muffin added with tangerine peel powder. MS Thesis Seoul National University of Science and Technology, Seoul. pp 16-31.
- Park GS (2020) The research about quality characteristics of muffins with Rhubarb powder. MS Thesis Kyonggi University, Suwon. pp 87-88.
- Park HJ, Chung HJ (2014) Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. *Food Sci Preserv* 21(5): 668-675.
- Park SJ, Bae HG, Shin KO (2024) Nutritional function, antioxidant activity and stimulating effect of *Alpinia galanga* extract. *J East Asian Soc Diet Life* 34(1): 30-38.
- Park SJ, Sihn EH, Kim CA (2011) Component analysis and antioxidant activity of *Plantago asiatica* L. *Food Sci Preserv* 18(2): 212-218.
- Park SK, Park JK, Kwon YC, Kim EH (2011) The effect of combined training on self-reliance physical fitness, IL-6, TNF- α and carotid artery in older women with sarcopenia. *Journal of Sport and Leisure Studies* 45(2): 771-781.
- Park YU, Yoon HH (2022) Quality characteristics of sponge cake supplemented with *Psyllium husk* powder. *J East Asian Soc Diet Life* 32(3): 149-158.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10): 1231-1237.
- Rural Development Administration (2006) Food Composition Table. 7th Revision. National Rural Resources Development Institute, Suwon, Korea. pp 150-151.
- Samuelsen AB (2000) The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. A review. *J Ethnopharmacol* 71(1-2): 1-21.
- Seo EO, Ko SH (2014) Quality characteristics of muffins containing beet powder. *Culi Sci & Hos Res* 20(1): 27-37.
- Sun SY (2017) Quality characteristics of muffins containing crab powder. MS Thesis Sangmyung University, Seoul. pp 8-17.
- Wojciechowicz-Budzisz A, Pejcz E, Szychaj R, Harasym J (2023) Mixed *Psyllium* fiber improves the quality, nutritional value, polyphenols and antioxidant activity of rye bread. *Foods* 12(19): 3534.
- Yang SW (2018) The research about quality characteristics of muffins with *Annona muricata* powder. MS Thesis Kyonggi University, Suwon. pp 79-83.
- Yoon JA, Shin KO (2023) Nutritional functionality and quality characteristics of muffins supplemented with *Tenebrio molitor* Linne (mealworm) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 52(9): 938-946.
- Yoon JA, Shin KO (2024) Quality characteristics of muffins produced using mulberry (*Morus alba* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53(4): 410-417.
- Yoon JC, Park HS, Han JH (2023) Quality characteristics of muffins with garlic peel powder and antioxidant. *Culi Sci & Hos Res* 29(5): 43-53.
- Yu EA (2021) Sensory characteristics of strawberry jam sweetened with fructooligosaccharide added with *Psyllium husk* powder. MS Thesis Kyunghee University, Seoul. pp 6-14.
- Yu EA, Yoon HH (2021) Sensory characteristics of strawberry jam sweetened with fructooligosaccharide added with *Psyllium husk* powder. *Culi Sci & Hos Res* 27(3): 133-141.