

천심련 분말을 첨가한 머핀의 이화학적 품질 특성

김도희¹ · 신경옥^{2*}

¹삼육대학교 식품생명산업학과 석사과정, ²삼육대학교 식품영양학과 교수

Physicochemical Quality Characteristics of Muffins Prepared with the Addition of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees Powder

Do-Hui Kim¹ 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 muffins prepared using *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder. Compared to the control group, as the amount of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder added to the muffins increased, the moisture and crude protein contents increased, but the crude fat content decreased ($p < 0.05$). As the amount of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder added increased, calcium, magnesium, manganese, and selenium content increased. Muffins prepared with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder had the highest glutamic acid and lowest methionine content. The color values of these muffins showed significantly decreased L (lightness) and b (yellowness) values. As the amount of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder added to the muffins increased, the total phenol content and total flavonoid content significantly increased from 38.97 to 52.23 mg GAE/g and 24.83 to 269.50 mg QE/g, respectively. Addition of 2% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder to the muffins resulted in the best flavor, taste, texture, and overall acceptability. Currently, *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder is not commonly used in processed foods. However, based on the results of this study, the utilization of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder in the manufacture of functional foods can be expected to increase.

Key words: *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees, muffin, antioxidant, sensory evaluation

서론

최근 건강에 대한 소비자들의 관심이 급증하면서 제과 및 제빵에도 영양학적 가치뿐 아니라, 식품의 기능적인 측면을 요구하는 수요가 높아지고 있다(Park HJ & Chung HJ 2014). 최근 빵에 대한 선호도가 높으며(Yoon JA & Shin KO 2023), 제품에 대한 질적인 구매 경향이 강화된 고급화 현상 및 건강에 대한 관심이 증가하면서 생리활성 성분들을 첨가한 건강기능식품을 선호하고 있는 추세이다(Roh BJ 2023).

특히 화학요법제는 생체 내에 암세포뿐만 아니라, 정상세포에도 손상을 입혀 골수 기능 저하, 위장장애, 탈모 등의 부작용을 일으킨다(Gilman AG 등 1975; Jones M 등 1986). 따라서 천연물로부터 면역기능을 높여주고, 정상세포에 대한 독성이 암세포만을 선택적으로 파괴할 수 있는 이상적인 치료제에 대한 연구가 많이 시도되고 있다(Bum HB 2007). 이

에 따라 제과 제빵 분야를 포함한 식품업계도 건강증진과 질병 예방 기능을 가진 천연물을 이용하여 건강기능식품을 개발하기 위해 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다(Lee SH 등 2011; Lee YS & Chung HJ 2013).

머핀은 소비자들에게 선호도가 높은 제과류 중 하나이며, 우유와 달걀 등을 혼합하여 구워내기 때문에 영양가가 우수하며 비교적 만들기 쉬운 편리성으로 인해 주로 간식이나 아침 식사 대용으로 활용되고 있다(Park HJ & Chung HJ 2014). 또한 머핀 제조 시 식빵만큼 글루텐의 영향을 받지 않으며, 다른 부재료의 첨가가 비교적 쉬운 다양한 종류의 제품 생산이 가능하다(Jeon SY 등 2003). 머핀은 첨가하는 재료에 따라 부재료의 이름을 앞에 붙여서 블루베리 머핀, 바나나 머핀, 크랜베리 머핀, 초코 머핀, 아몬드 머핀 및 땅콩 머핀 등 다양한 제품들로 제조가 가능하여 맛과 향의 개선뿐 아니라, 제품의 다양화를 이룰 수 있다(Im JG 등 1998). 또한 다양한 기능성 재료들을 첨가한 머핀에 대한 연구가 진행됨에 따라 현재 소비자들이 추구하는 건강과 기호에 맞는 머핀을 개

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

발할 수 있다. 국내 머핀에 대한 연구에는 시금치(Joo SY 등 2006), 버찌(Kim KH 등 2009), 흑마늘(Yang SM 등 2010), 밀웬(Hwang SY & Choi SK 2015), 홍삼박(Jung YM 등 2015), 마늘껍질(Yoon JC 등 2023) 및 오디(Yoon JA & Shin KO 2024) 분말 등을 첨가하여 머핀의 부재료로 품질 특성에 관한 논문들이 보고되었다.

천심련(*Andrographis Herba*)은 쥐꼬리망초과(가시과, Acanthaceae) 식물로 학명은 *Andrographis paniculata*(Burm. f.) Nees이며, 아직 소비자들에게는 생소한 천연의 기능성 원료이다. 중국의 약전에 의하면 초가를 줄기와 잎이 무성할 때 채취한 후 햇볕에 말려 사용한다고 기록되어 있다(Jung JY & Park CA 2020). 예부터 천심련은 열을 내리고, 해독작용을 하며, 이뇨 작용 및 붓기 감소에 효능이 있으며, 감기와 발열, 인후통, 입과 혀의 통증, 기침과 피로, 설사, 고열, 옹종(癰腫), 종창 및 독사 물림 등의 증상에 사용된다고 보고되었다(Bum HB 등 2010). 천심련의 잎에는 andrographolide, neo-andrographolide, deoxy-andrographolide, homo-andrographolide, panicolide, andrographan, andrographon, andrographosterin과 andrograpanin 등이 함유되어 있고, 뿌리에는 andrographolide 외에 mono-o-methylwightin, andrographin, panicolin, apigenin-7 등이 함유되어 있으며, 전초에는 이외에도 14-deoxy-11-oxoandrographolide가 함유되어 있다(Jung JY & Park CA 2020). 최근 천심련의 약리작용으로는 간 보호효능(Handa SS & Sharma A 1990; Ram VJ 2001), 항산화 효능(Trivedi NP & Rawal UM 2001), 항염 작용(Gabrielian ES 등 2002; Coon JT & Ernst E 2004), 항바이러스 작용(Gabrielian ES 등 2002), 항미생물 작용(Singha PK 등 2003), 면역 조절 작용(Puri A 등 1993; Kumar RA 등 2004) 및 항당뇨 효능(Borhanuddin M 등 1994; Reyes BA 등 2006)이 있으며, 천심련 뿌리에서 분리된 xanthone계 성분에서 anti-malarial 효능(Dua VK 등 2004), 간 보호제로 임상적으로 사용되고 있는 silymarin보다 andrographolide의 최담 효과가 더욱 유효하다고 보고하였다(Shukla B 등 1992). 또한 천심련의 항염과 피부장벽 보호 효과에 대한 연구(Hwang UK 2023), 한방제제의 레닌 안지오텐신계 조절에 대한 문헌 연구(Kim JM 2024), 천심련의 항암효과에 대한 연구(Bum HB 2007), 합병증이 없는 상기도 감염의 증상적 치료에서 *Andrographis paniculata* 연구(Poolsup N 등 2004) 등의 연구가 보고되었다. 이처럼 천심련에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 천심련을 기능성 원료로 한 식품의 개발은 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 천심련 분말을 활용하여 머핀을 제조하였으며, 머핀의 이화학적 특성을 분석하여 기능성식품 제조 시 천심련 분말의 활용도를 높이는 기초 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

다른 성분이 혼합되지 않은 100% 천심련 재료를 동결건조(freeze-drying)시킨 분말을 제품으로 사용하였으며, 덕산종합과학(Duksan General Science, Seoul, Korea)을 통해 구매하였다. 그 외에 머핀 제조 시 필요한 실험 재료는 박력분(CJ, Incheon, Korea), 설탕(CJ, Incheon, Korea), 버터(Lotte Co., Seoul, Korea), 달걀(Chakhan Co, Gyeonggi, Korea), 베이킹 파우더(Sungjin Co, Gyeonggi, Korea) 및 소금(CJ, Incheon, Korea) 등을 사용하였다.

2. 천심련 분말을 첨가한 머핀의 제조 및 제조 방법

머핀의 천심련 분말 첨가 비율은 Yoon JA & Shin KO (2023)의 연구 방법을 응용하였으며, 천심련 분말의 특유의 어두운 색상과 강한 쓴맛을 고려하여 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 등 총 여섯 가지로 구분하여 제조하였다. 박력분 및 천심련 분말 함량 외에 모든 재료는 동일하게 첨가하였다. 박력분의 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5%를 천심련 분말로 대체하여 머핀을 제조하였으며, 재료의 배합비는 Table 1과 같다.

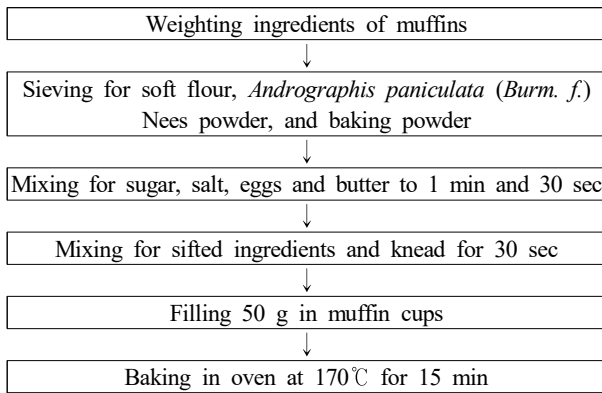
머핀은 일반적인 머핀 제조 방법(Yoon JA & Shin KO 2023)을 적용하여 제조하였으며, 천심련 분말의 첨가량을 달리한 머핀의 제조에 사용된 제조 방법은 Fig. 1과 같다. 박력분, 천심련 분말, 베이킹파우더는 체질하였으며, 설탕, 버터, 달걀, 소금을 넣고 크림상이 되도록 hand mixer(DretechHM-706, Guangdong Xinbao Electrical Appliances Holdings Co., LTD, Seoul, Korea)로 1분 30초간 반죽한 다음, 40 mesh에서 체질한 재료(박력분, 천심련 분말, 베이킹파우더)들을 넣고 30초간 반죽하였다. 머핀 반죽은 50 g씩 머핀 틀에 담고, 예열된 오븐(SPS43K, Smeg, Seoul, Korea)에서 15분간 170℃에서 구운 다음 꺼내어 상온에서 1시간 방랭한 후, 시료로 사용하였다.

3. 일반성분 분석

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 일반성분 분석은 AOAC법(AOAC 2000)에 의하여 실시하였다. 수분 함량은 drying oven(BF-150C, Biofree Co., Seoul, Korea)을 사용하여 105℃에서 상압 가열 건조하여 측정하였다. 조회분 함량은 직접 회화법을 이용하여 진행하였으며 시료를 향량 시킨 회화 도가니에 담은 후, 550~600℃로 예열된 회화로(KL-160, ADVANTEC Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 시료 전체가 회백색이 되도록 4시간 이상 회화시킨 후 데시케이터에서 방랭하고, 향량을 구하여 시료 무게에 대한 백분율로 나타내었

Table 1. Formula for the muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Ingredients (g)	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Wheat flour	32	31.84	31.68	31.52	31.36	31.2
<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder	0	0.16	0.32	0.48	0.64	0.8
Sugar	19	19	19	19	19	19
Butter	21	21	21	21	21	21
Egg	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
Baking powder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Salt	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	100					

**Fig. 1. Making processes of muffin by cream method.**

다. 조단백질 함량 분석은 조단백 분석기(Kjeltec TM 2300, FOSS, Hoganas, Sweden)를 사용하였으며, Kjeldahl 질소정량법을 이용하여 단백질 환산계수인 6.25를 곱하여 단백질 함량을 측정하였다. 조지방 함량 분석은 Soxhlet 추출법을 활용하여 조지방 분석기(SOX606, LABTECH, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였다.

4. 무기질 함량 분석

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

5. 아미노산 조성 분석

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 아미노산 성분 분석은 한국기초과학지원연구원에 분석의뢰하였다. 시료는 일정량을 취한 다음, 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 다음, 그중에서 10 μ L를 취하여 RP-HPLC (Waters 510, Milford, MA, USA)에 주입하여 분석하였다. Waters Pico-tagcolumn(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).

6. pH, 당도 및 경도 측정

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 pH 측정은 시료의 중앙 부위에서 10 g을 취하여 증류수 90 mL에 1분간 균일하게 분산한 후, pH meter(MP 220, Mettler Toledo Co., LTD, Urdorf, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 머핀의 % 별로 시료를 취하여 각 시료 당 3회 반복 측정하였다. 당도 측정은 brix refractometer(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다. 경도 측정은 Kim JY 등(2021)의 방법을 활용하여 측정하였다. 머핀을 2 \times 2 \times 2 cm로 잘라서 texture analyser(TAXT plus/50 Stable Micro Systems, Buccoon, Korea)를 이용하여 실온에서 3회 반복 측정 후 평균값을 비교하였다. 측정 조건은 pre-test speed는 2.0 mm/s, test speed는 1.0 mm/s, post test speed는 2.0 mm/s였으며, 높이와 지름이 각각 50.00 mm, 12.45 mm인 원기둥형 탐침(probe)을 사용하였다.

7. 반죽의 비중, 무게, 높이, 부피, 비용적 및 굽기 손실률 측정

천심련 분말을 첨가한 머핀 반죽의 비중은 AACC 방법(AACC 2000)에 따라 측정하였다. 반죽의 혼합이 끝난 직후 미리 무게를 측정한 비중 컵에 반죽을 가득 담아 무게를 측정한 후, 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{Specific gravity (\%)} = \frac{\text{Weight of batter and cup} - \text{Weight of empty cup}}{\text{Weight of water and cup} - \text{Weight of empty cup}}$$

머핀의 무게는 전자저울(IB-410, Innotem Co., Gyeonggi, Korea)을 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정하였으며, 높이는 머핀의 정중앙을 잘라 vernier caliper(150 × 0.05 mm, Eagle Co., Beijing, China)로 최고 높이를 측정하였다. 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법(Pylar EJ 1979)으로 측정하였다. 머핀의 비용적과 굽기 손실률은 Sumnu G 등(2005)의 방법으로 측정하였다. 비용적은 머핀의 부피(mL)를 제품의 중량(g)으로 나누어 아래와 같은 식으로 산출하였다.

$$\text{Specific volume (mL/g)} = \frac{\text{Volume of muffin (mL)}}{\text{Weight of muffin (g)}}$$

또한 굽기 손실률은 천심련 분말을 % 별로 첨가한 머핀을 굽고 난 다음 실온에서 1시간 동안 냉각 후 다음 식에 의해 %로 나타내었고, 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 반죽의 무게와 머핀의 무게 차이로 굽는 동안에 손실된 무게의 비율인, 즉 굽기 손실률(%)은 다음과 같은 식으로 산출하였다.

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \frac{\text{Weight of muffin dough} - \text{Weight of muffin}}{\text{Weight of muffin dough}} \times 100$$

8. 메탄올 추출물 제조

천심련 분말을 첨가한 머핀의 추출물 제조는 실험실용 분쇄기(NSG-100 2SS, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하였으며, 이를 70% 메탄올에 침지하여 초음파파쇄기(UCP10, JeioTech, Daejeon, Korea)를 사용하여 60℃에서 1시간 동안 균질화시켰다. 이후 4℃에서 10분 동안 6,000 ×g에서 원심분리하여

상층액을 0.45 μm 필터(Minisart, Sartorius, Goettingen, Germany)에 여과한 후, 메탄올 추출물을 -18℃에서 보관하였으며, 이를 총 페놀, 총 플라보노이드, DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 측정의 시료로 사용하였다.

9. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 총 페놀 함량은 AOAC 공인 방법인 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-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 시약 10 μL를 분주하여 혼합한 후 상온에서 5분간 반응시켰다. 여기에 7% sodium carbonate 용액 100 μL와 증류수 40 μL를 혼합하여 암실에서 90분간 방치시킨 후, 파장 750 nm에서 multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량을 정량하기 위한 표준물질로는 gallic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 실험하고, 검량선을 작성하여 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 mg GAE/g로 나타내었다(Park SJ 등 2024). 천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 총 플라보노이드 함량은 Moreno MI 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 quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 실험하고 검량선을 작성하여 추출물의 총 플라보노이드 함량을 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 mg QE/g로 나타냈다(Park SJ 등 2024).

10. DPPH 및 ABTS Radical 소거 활성 측정

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거 활성은 Blois MS(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 96 Well plate에 시료 45 μL, 0.2 mM DPPH 용액 45 μL, 에탄올 45 μL를 혼합한 다음, 30분간 상온의 암소에서 반응시켰다. 반응이 끝난 후에 multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan, Switzerland)를 사용하여 파장 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 대한 대조군으로는 ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. Park SJ 등(2024)의 연구에서 제시한 방

법으로 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

천심련 분말을 첨가한 머핀에 대한 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거 활성은 Re R 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS 7.4 mM와 potassium persulfate 2.6 mM 용액을 동일한 비율로 혼합하여 ABTS stock solution을 제조하였으며, 암소에서 24 시간 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 다음, ABTS working solution으로 사용하였다. ABTS working solution 950 μL 와 시료 50 μL 를 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-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. Park SJ 등(2024)의 연구에서 제시한 방법으로 ABTS radical 소거 활성은 시료 용액을 첨가한 첨가구와 첨가하지 않은 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

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

S : 시료 첨가구의 흡광도

C : Control (시료 무첨가구)의 흡광도

11. 색도 측정 및 머핀의 외관 및 단면 관찰

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. 머핀의 외관 및 단면 관찰은 카메라(Galaxy Z Flip 4, Samsung Co., Seoul, Korea)를 이용하여 첨가군별 일렬로 배치하고 촬영하여 관찰하였다.

12. 기호도 검사

천심련 분말을 첨가한 머핀의 관능검사는 삼육대학교 식품생명산업학과 24~28세의 여자 대학원생 11명을 대상으로 실시하였다. 검사 요원들에게 실험 목적과 평가 방법을 설명한 다음, 관능 평가에 참여하도록 하였다. 시료로 사용된 머핀은 동일한 온도(20°C) 및 크기(1 × 1 × 1 cm)로 제공하였다. 천심련 분말의 함량을 달리하여 제조한 머핀 총 6개에 대한 색(color), 외관(appearance), 냄새(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)를 차례대로 7점 기호도 척도를 이용하여 평가하였다.

13. 통계분석

천심련 분말 첨가 머핀의 품질 특성에 대한 실험 자료를 SPSS 22.0(IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 각 시료에 대한 Mean±S.D.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. 일반성분

천심련 분말의 첨가량을 달리한 머핀의 일반성분 분석 결과는 Table 2에 제시하였다. 대조군 머핀의 수분 함량은 $18.38 \pm 0.38\%$ 이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서 각각 $18.86 \pm 0.22\%$, $20.38 \pm 0.16\%$, $20.42 \pm 0.20\%$, $21.55 \pm 0.47\%$ 및 $22.44 \pm 0.39\%$ 로 천심련 분말의 첨가량이 높을수록 수분의 함량이 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 조희분 대조군은 $0.29 \pm 0.15\%$ 이며, 천심련 분말 첨가군에서는 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 조단백질 함량은 대조군은 $5.23 \pm 0.07\%$ 이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서 각각 $7.96 \pm 0.01\%$, $8.79 \pm 0.13\%$, $9.24 \pm 0.10\%$, $9.76 \pm 0.18\%$ 및 $9.82 \pm 0.17\%$ 로 천심련 분말의 첨가량이 많을수록 조단백질 함량도 증가하였다($p < 0.05$). 대조군의 조지방 함량은 $23.84 \pm 0.17\%$ 이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군은 첨가량이 증가할수록 $22.40 \pm 0.16\%$, $22.31 \pm 0.18\%$, $21.79 \pm 0.14\%$, $20.38 \pm 0.50\%$ 및 $18.40 \pm 0.30\%$ 로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 오디를 첨가한 머핀의 경우 일반분석 결과 수분 23.24%~24.75%, 조희분 0.53%~0.81%, 조단백질 3.71%~7.56%, 조지방 16.54%~18.32%로 나타났다(Yoon JA & Shin KO 2024). Ahn CS & Yuh CS(2004)의 연구에서 빵잎 분말 0%, 1%, 2% 및 3% 첨가군 순으로 빵잎 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 수분(24.00 ± 3.94) 및 조단백(8.56 ± 2.11)의 함량이 유의하게 증가

Table 2. Proximate composition of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Composition (%)	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Moisture	18.38±0.38 ^{1)d2)}	18.86±0.22 ^d	20.38±0.16 ^c	20.42±0.20 ^e	21.55±0.47 ^b	22.44±0.39 ^a
Crude ash	0.29±0.15 ^c	0.48±0.02 ^a	0.40±0.04 ^a	0.43±0.02 ^a	0.34±0.27 ^b	0.21±0.10 ^c
Crude protein	5.23±0.07 ^d	7.96±0.01 ^c	8.79±0.13 ^b	9.24±0.10 ^a	9.76±0.18 ^a	9.82±0.17 ^a
Crude fat	23.84±0.17 ^a	22.40±0.16 ^b	22.31±0.18 ^b	21.79±0.14 ^c	20.38±0.50 ^d	18.40±0.30 ^e

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

하였으나, 조지방(29.75±4.96)의 함량은 유의하게 감소한 보고와 비교했을 때, 본 연구와 비슷한 경향을 나타내었다.

2. 무기질 함량

천심련 분말을 첨가한 머핀의 무기질 함량 분석 결과는 Table 3에 제시하였다. 전체적인 무기질 중 칼슘의 함량이 가장 높았으며, 100 g 당 대조군은 287.40±6.73 mg, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서 각각 252.73±54.65 mg, 287.12±55.65 mg, 301.57±11.15 mg, 309.48±18.49 mg 및 375.35±20.97 mg로써 천심련 분말의 첨가량이 증가함에 따라 천심련 분말 1.5% 첨가군부터 유의하게 칼슘 함량도 증가하였다($p<0.05$). 마그네슘 함량은 대조군 100 g 당 129.15±8.74 mg이며, 천심련 분말 2.5% 첨가군에서 100 g 당 133.23±2.24 mg으로써 마그네슘의 함량이 가장 높게 측정되었다($p<0.05$). 망간 함량은 대조군 100 g 당 0.48±0.13 mg이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및

2.5% 첨가군에서 각각 4.19±0.21 mg, 4.31±0.09 mg, 4.51±0.14 mg, 5.63±0.05 mg 및 6.36±0.17 mg으로서 천심련 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 아연 함량은 100 g 당 4.85~5.84 mg이었으며, 구리와 납은 대조군과 첨가군 모두에서 검출되지 않았다. 무기질의 생리적 기능은 체내 혈액 pH를 7.3~7.5의 적정수준으로 유지, 대사 관여 효소 반응 촉진 및 활성화, 체액의 삼투압 조절 및 용해성 부여 등의 다양한 생리적 기능을 가지고 있다(Gaman PM & Sherrington KB 1990). 오디 분말을 첨가한 머핀 연구(Yoon JA & Shin KO 2024)에서 칼슘과 마그네슘은 머핀에 오디 분말의 첨가량이 증가할수록 높은 수치가 나타났으며, 밀웜 분말을 첨가한 머핀 연구(Yoon JA & Shin KO 2023)에서도 칼슘, 마그네슘, 아연의 함량이 높았다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 같은 양상을 보였다. 또한 땅콩 새싹 분말(Lee YK 등 2024)을 첨가한 마들렌에서는 칼슘의 함량이 높았으며, 갯잎 분말(Yoon JA 등 2024)을 첨가한 마들렌에

Table 3. Minerals composition of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Composition (mg/100 g)	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Calcium	287.40±6.73 ^{1)d2)}	252.73±54.65 ^c	287.12±55.65 ^d	301.57±11.15 ^c	309.48±18.49 ^b	375.35±20.97 ^a
Copper				ND ³⁾		
Iron				ND		
Magnesium	129.15±8.74 ^b	120.20±17.79	125.85±1.51 ^c	127.37±0.74 ^b	127.62±4.48 ^b	133.23±2.24 ^a
Manganese	0.48±0.13 ^d	4.19±0.21 ^c	4.31±0.09 ^c	4.51±0.14 ^c	5.63±0.05 ^b	6.36±0.17 ^a
Selenium	2.98±0.46 ^c	6.29±0.60 ^d	8.00±1.45 ^c	13.99±2.65 ^b	15.02±1.77 ^a	15.14±2.28 ^a
Lead				ND		
Zinc	5.84±0.45 ^a	4.85±0.70 ^c	4.87±0.70 ^c	5.24±0.26 ^a	5.27±0.31 ^a	5.78±0.68 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

³⁾ ND: Not detected.

서는 망간과 셀레늄 함량이 높았다고 보고하였다. 이는 제빵 시 부재료의 첨가량에 따라 제품의 무기질 함량 변화가 발생하는 것으로 사료된다.

3. 아미노산 함량

천심련 분말을 첨가한 머핀의 아미노산 함량 분석 결과는 Table 4에 제시하였다. 천심련 분말을 첨가한 머핀의 필수 아미노산은 leucine, phenylalanine, lysine, threonine 순이었으며, 그 중에서 대조군에 비해 천심련 분말 1.0% 첨가군에서 100 g 당 leucine 546.4±0.01 mg, phenylalanine 386.9±0.01 mg, lysine 329.5±0.01 mg, threonine 272.0±0.01 mg의 순으로 높았다($p<0.05$). 천심련 분말을 첨가한 머핀의 비필수 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, proline, serine 순이었으며, 대조군에서 100 g 당 glutamic acid 1,578.9±0.01 mg, proline 503.8±0.01 mg, aspartic acid 503.1±0.01 mg, serine 426.7±0.01 mg의 순으로 나타났다. 아미노산은 glucose, purine 및 pyrimidine 등 다양한 생체분자의 합성을 위한 전구물질이며, 단백질 합성의 기질이 되는 기능을 가진 체내 필수 영양소

중 하나이다(Kim HY 등 2009). 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 선행연구(Lee YJ 등 2023)에서 밀웜 분말 100 g 당 glutamic acid 함량이 4.16 mg로 가장 높은 수치를 보였으며, methionine 함량이 0.21 mg으로 가장 낮은 수치를 보였는데, 이는 본 연구와 비슷한 양상을 보였다.

4. pH, 당도 및 경도

천심련 분말을 첨가한 머핀의 pH, 당도 및 경도 측정 결과는 Table 5에 제시하였다. 천심련 분말을 첨가하지 않은 대조군의 pH는 8.58±0.01이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군의 pH는 각각 8.52±0.01, 8.43±0.01, 8.29±0.01, 8.24±0.01 및 7.56±0.02 순으로 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 이는 칠면초(Yoon JA 2021), 홍국(Choi HS & Nam HY 2018), 히비스쿠스 분말(Kim SJ & Kim HY 2019), 천도복숭아 분말(Kim JY & An SH 2021), 아사이베리(Park JB 등 2021) 및 오디 분말(Yoon JA & Shin KO 2024)을 첨가한 머핀에서 비슷한 경향을 보였으며, 부재료의 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하는 경향을 보였다. 당도의 경우 대

Table 4. Amino acid composition of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Variety (mg/100 g)	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)						
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
Essential amino acid	Threonine	268.2±0.01 ^{1) b2)}	265.1±0.01 ^b	272.0±0.01 ^a	248.1±0.01 ^d	270.9±0.01 ^a	259.2±0.01 ^c
	Valine	317.6±0.01 ^b	311.4±0.01 ^b	318.1±0.01 ^b	287.9±0.01 ^c	326.7±0.01 ^a	314.8±0.01 ^b
	Leucine	544.3±0.01 ^a	529.4±0.01 ^b	546.4±0.01 ^a	505.7±0.01 ^c	543.5±0.01 ^a	529.7±0.01 ^b
	Methionine	103.4±0.01 ^c	104.0±0.01 ^c	108.2±0.01 ^b	89.8±0.01 ^d	141.4±0.01 ^a	97.2±0.01 ^d
	Isoleucine	264.2±0.01 ^b	255.1±0.01 ^c	262.3±0.01 ^b	241.1±0.01 ^d	270.1±0.01 ^a	261.7±0.01 ^b
	Phenylalanine	386.8±0.01 ^a	365.7±0.01 ^b	386.9±0.01 ^a	334.4±0.01 ^c	381.5±0.01 ^a	365.0±0.01 ^b
	Lysine	326.3±0.01 ^b	332.9±0.01 ^b	329.5±0.01 ^a	311.2±0.01 ^c	339.3±0.01 ^a	329.1±0.01 ^a
	Histidine	145.3±0.01 ^a	142.3±0.01 ^b	144.6±0.01 ^b	135.7±0.01 ^c	146.4±0.01 ^a	143.0±0.01 ^b
	Arginine	262.4±0.01 ^b	260.7±0.01 ^c	265.5±0.01 ^b	248.0±0.01 ^d	269.0±0.01 ^a	262.6±0.01 ^b
Non-essential amino acid	Serine	426.7±0.01 ^b	426.0±0.01 ^b	439.9±0.01 ^a	404.7±0.01 ^c	428.6±0.01 ^b	417.2±0.01 ^c
	Glutamic acid	1,578.9±0.01 ^a	1,535.1±0.01 ^b	1,567.4±0.01 ^a	1,493.9±0.01 ^c	1,515.0±0.01 ^b	1,535.8±0.01 ^b
	Proline	503.8±0.01 ^a	479.9±0.01 ^c	483.4±0.01 ^b	476.9±0.01 ^c	480.1±0.01 ^b	494.9±0.01 ^b
	Glycine	225.3±0.01 ^b	222.8±0.01 ^b	228.8±0.01 ^a	209.4±0.01 ^c	223.7±0.01 ^b	218.4±0.01 ^c
	Alanine	285.6±0.01 ^b	286.4±0.01 ^b	296.1±0.01 ^a	268.8±0.01 ^c	291.4±0.01 ^a	278.6±0.01 ^c
	Tyrosine	211.6±0.01 ^a	188.5±0.01 ^b	203.6±0.01 ^a	187.6±0.01 ^b	196.9±0.01 ^a	187.3±0.01 ^b
Aspartic acid	503.1±0.01 ^b	501.4±0.01 ^b	518.0±0.01 ^a	460.5±0.01 ^c	511.9±0.01 ^a	476.5±0.01 ^c	

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

Table 5. pH, sugar content and hardness of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Variables	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
pH	8.58±0.01 ^{1)a2)}	8.52±0.01 ^a	8.43±0.01 ^b	8.29±0.01 ^c	8.24±0.01 ^c	7.56±0.02 ^d
Sugar content (°Brix)	2.88±0.08 ^a	2.88±0.08 ^a	3.04±0.05 ^b	2.64±0.05 ^c	2.62±0.04 ^c	2.44±0.05 ^d
Hardness	13.33±1.53 ^c	9.00±1.00 ^d	9.33±0.58 ^c	10.67±0.5 ^b	11.00±1.0 ^a	19.33±0.5 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

조군과 천심련 분말 0.5% 첨가군이 2.88±0.08로써 대조군과 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 천심련 분말 1.0% 첨가군이 3.04±0.05 °Brix로 당도가 가장 높았고, 천심련 분말 1.0% 첨가군부터 당도의 함량이 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 오디 분말을 첨가한 머핀의 당도는 대조군(2.90±0.07 °Brix) 보다 오디 분말 첨가군에서 3.14~3.54 °Brix 범위로 나타났다고 보고하였다(Yoon JA & Shin KO 2024). 경도의 경우 대조군은 13.33±1.53이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군의 경도는 각각 9.00±1.00, 9.33±0.58, 10.67±0.58, 11.00±1.00 및 19.33±0.58%로 나타났으며, 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 경도도 증가하였다($p<0.05$).

5. 반죽의 비중, 무게, 높이, 부피, 비용적 및 굽기 손실률

천심련 분말을 첨가한 머핀 반죽의 비중, 무게, 높이, 부피, 비용적 및 굽기 손실률 측정 결과는 Table 6에 제시하였다. 반죽의 비중은 대조군 및 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군의 비중은 각각 0.82, 0.84, 0.86, 0.88, 0.91 및 0.92 순으로 증가하였다($p<0.05$). 천심련 분말을 첨

가하지 않은 대조군의 무게는 45.53±0.06 g이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서는 44.30±0.04 g, 43.05±0.07 g, 42.48±0.04 g, 41.18±0.19 g 및 40.84±0.10 g 순으로 천심련 분말의 증가량이 늘어날수록 무게는 감소하였다($p<0.05$). 그러나 본 연구의 결과는 천도복숭아 분말(Kim JY & An SH 2021), 잇바디돌김 분말(Yoon JA 2022), 오디 분말(Yoon JA & Shin KO 2024)을 첨가한 연구와 반대의 결과를 보였다. 이는 이미 선행연구(Yoon JA 2022; Yoon JA & Shin KO 2024)에서 지적했듯이 머핀의 무게 변화는 첨가한 시료의 특성에 따라 차이를 보이는 것이며, 식이섬유의 함량이 많은 시료는 수분 보유력이 높아 머핀의 무게가 증가하는 것으로 판단된다고 보고하였다. 높이의 경우 대조군 5.60±0.10 cm로 가장 높았으며, 천심련 분말 0.5% 첨가군 5.33±0.06 cm, 1.0% 첨가군 5.13±0.15 cm, 1.5% 첨가군 4.87±0.15 cm, 2.0% 첨가군 4.60±0.10 cm, 및 2.5% 첨가군 4.40±0.17 cm로써 대조군에 비하여 첨가군에서 첨가 높이가 감소하였다($p<0.05$). 이는 오디 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 높이는 낮아지는 경향을 보인 연구(Yoon JA & Shin KO 2024)와 유사한 경향을 보였다. 부피의 경우 대조군

Table 6. Specific gravity, weight, height, volume, specific volume of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Variables	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Specific gravity	0.82±0.00 ^{1)d2)}	0.84±0.00 ^c	0.86±0.00 ^c	0.88±0.00 ^c	0.91±0.00 ^b	0.92±0.00 ^a
Weight (g)	45.53±0.06 ^a	44.30±0.04 ^b	43.05±0.07 ^c	42.48±0.04 ^d	41.18±0.19 ^e	40.84±0.10 ^f
Height (mm)	5.60±0.10 ^a	5.33±0.06 ^b	5.13±0.15 ^c	4.87±0.15 ^d	4.60±0.10 ^e	4.40±0.17 ^f
Volume (mL)	150.63±0.12 ^a	149.60±0.10 ^b	147.57±0.06 ^c	146.33±0.21 ^d	145.57±0.06 ^e	144.90±0.10 ^f
Specific volume (mL/g)	3.31±0.00	3.38±0.00	3.43±0.01	3.44±0.01	3.53±0.01	3.55±0.01
Loss rate (%)	7.02±0.67 ^d	8.39±0.53 ^c	9.29±0.48 ^b	9.49±0.41 ^b	9.70±0.65 ^b	10.07±0.32 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

150.63±0.12 mL로 가장 높았으며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서는 149.60±0.10, 147.57±0.06, 146.33±0.21, 145.57±0.06 및 144.90±0.10 mL 순으로 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 부피는 감소하였으며, 이는 카레 분말(Kim SY 2020)을 첨가한 머핀에서도 같은 결과를 확인할 수 있었다. 천심련 분말을 첨가하지 않은 대조군과 천심련 분말을 첨가한 첨가군의 비용적은 3.31~3.55였다. 굽기 손실률의 경우 대조군 7.02±0.67%로 가장 낮았으며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서 8.39±0.53, 9.29±0.48, 9.29±0.48, 9.49±0.41, 9.70±0.65 및 10.07±0.32% 순으로 굽기 손실률이 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 그러나 오디 분말을 첨가한 머핀에서는 굽기 손실률이 감소하였다고 보고하였는데(Yoon JA & Shin KO 2024), 이는 부재료의 종류에 따라 구워지는 과정에서 반죽이 열에 의해 팽창하는 정도에 차이가 있는 것으로 사료된다.

6. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

천심련 분말을 첨가한 머핀의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석 결과는 Table 7에 제시하였다. 총 페놀 함량은 대조군(38.97±0.15 mg GAE/g)에 비해 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군은 각각 40.48±0.15, 41.93±0.10, 45.47±0.31, 48.13±0.08 및 52.23±0.50 mg GAE/g 순으로 천심련 분말의 함량이 높을수록 증가하였다($p<0.05$). 총 페놀 함량은 물엿경귀 분말을 첨가한 머핀의 선행연구(Jeon JY 등 2022)에서 100 g 당 물엿경귀 분말 0%, 2%, 4%, 6% 및 8% 첨가군에서 20.94, 27.96, 36.11, 45.94 및 74.80 mg GAE/g로 유의하게 증가하였으며, 딸보리수(Hong JY 2019),

마늘껍질 분말(Yoon JC 등 2023), 오디 분말(Yoon JA & Shin KO 2024) 및 차전자피 분말(Ju YE 2024)을 첨가한 머핀 연구에서도 본 연구와 비슷한 양상을 보였다. 페놀 화합물은 자연계에 널리 분포되어 있는 방향족 화합물의 총칭이며(Joo SY 2013), 그중 총 페놀 함량은 식품의 항산화력을 결정짓는 데 매우 중요한 인자로 작용하는 것으로 보고되고 있다(Dragsted LO 2003; Perron NR & Brumaghim JL 2009). 페놀화합물은 대사산물로 수소 공여체, 환원제 및 활성산소 소거제 등의 다양한 생리활성으로 작용, 항염증, 항암, 항심혈관계질환 등 다양한 기능을 가지고 있으며, 이는 항산화 활성과 관계가 있다고 보고되었다(Guo DJ 등 2008).

총 플라보노이드 함량은 대조군(24.83±1.89 mg QE/g)에 비해 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군은 각각 81.00±2.60, 135.67±4.86, 184.33±4.07, 204.50±3.00 및 269.50±9.76 mg QE/g 순으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 총 플라보노이드 함량은 오디 분말을 첨가한 머핀의 선행연구(Yoon JA & Shin KO 2024)에서 오디 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 57.42~393.17 mg QE/g로 유의하게 증가하였는데, 이는 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다. Han YL 등(2013)의 보고에 의하면, 플라보노이드는 식물체에서 광합성을 통한 탄소고정 반응 후에 여러 합성 과정을 거쳐 생성된다. 플라보노이드 섭취 시 조직 세포의 표적 단백질과의 특이적 반응을 통해 인체에 유용한 생리활성을 보이기 때문에 항산화 효과를 가지고 있으며, 세포의 신호 전달 과정에 관여하는 인산화 효소의 활성을 저해함으로써 염증 반응, 뉴런의 기능 조절 및 암세포 확산억제 등 다양한 효과를 가지고 있는 물질로 보고되었다(Han YL 등 2013).

Table 7. Total phenolic and total flavonoid contents of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Variables	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)	
	Total phenolic content (mg GAE/g)	Total flavonoid content (mg QE/g)
0	38.97±0.15 ^{1) f2)}	24.83±1.89 ^f
0.5	40.48±0.15 ^e	81.00±2.60 ^e
1.0	41.93±0.10 ^d	135.67±4.86 ^d
1.5	45.47±0.31 ^c	184.33±4.07 ^c
2.0	48.13±0.08 ^b	204.50±3.00 ^b
2.5	52.23±0.50 ^a	269.50±9.76 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

7. DPPH 및 ABTS Radical 소거 활성

천심련 분말을 첨가한 머핀의 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성 분석 결과는 Fig. 2와 Fig. 3에 제시하였다. DPPH radical 소거 활성 분석에서 positive control로는 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, 91.86±0.21%로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다. 이에 비해 대조군과 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5%를 첨가한 군에서는 각각 14.26±0.16, 15.37±0.06, 16.98±0.15, 24.79±0.35 및 26.94±0.29% 순으로 나타났으며, 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성도 증가하였다($p<0.05$). Yoon MH 등(2011)의 연구에서 들깨잎 분말 0%, 3%, 6% 및 9% 첨가군에서 각각 14.65, 33.84, 57.74 및 67.06%로 머핀에 들깨잎 분말 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성이 유의하게 증가했다고 보고하였다. 또한 여주 분말(An SH 2014), 인삼잎 분말(Cheon SY 등 2014), 홍삼박 분말(Jung

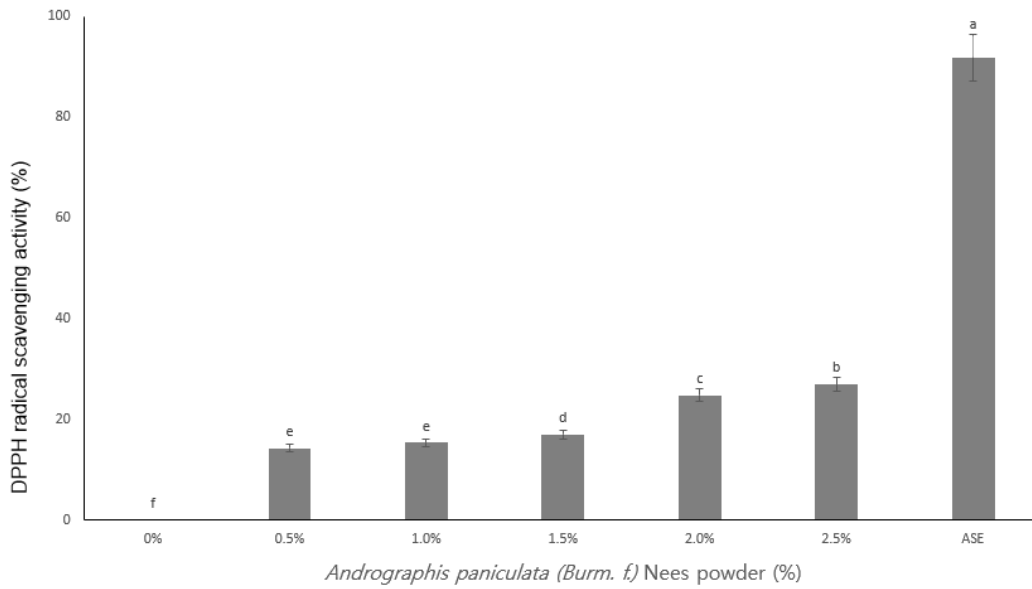


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder. Each value in mean±S.D. Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Ducan's multiple range test. ASE: ascorbic acid.

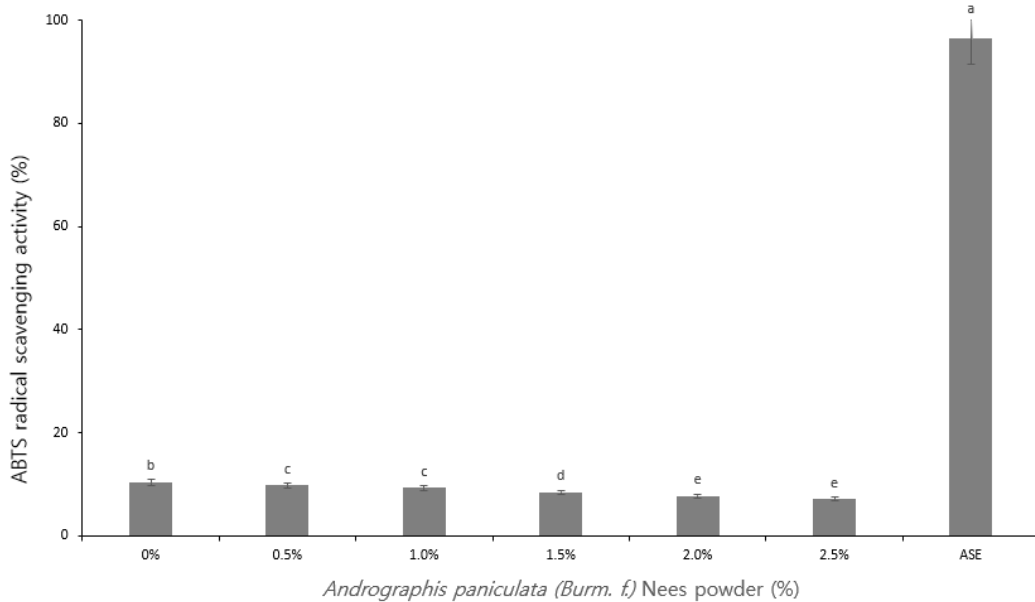


Fig. 3. ABTS radical scavenging activity of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder. Each value in mean±S.D. Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Ducan's multiple range test. ASE: ascorbic acid.

YM 등 2015), 히비스커스 분말(Kim SJ & Kim HY 2019) 및 와송 분말(Kim YJ 등 2024)을 첨가한 머핀 연구도 본 연구 결과와 비슷한 양상을 보였다.

ABTS radical 소거 활성에서 positive control로는 ascorbic acid(1 mg/mL)를 사용하였으며, 96.41±6.13%로 유의적으로

가장 높은 활성을 보였다. 이에 비해 대조군과 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5%를 첨가한 군에서는 순서대로 10.37±0.22, 9.81±0.04, 9.28±0.05, 8.47±0.11, 7.78±0.06 및 7.14±0.14%로 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 ABTS radical 소거 활성은 감소하였다($p<0.05$). 본 연구에서 ABTS

radical 소거 활성은 대조군과 천심련 분말 첨가군에서는 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 ABTS radical 소거 활성은 감소하였는데, 이는 실험 과정에서 가열 등에 의해 쉽게 산화되거나 열 분해되어 증발하기 때문에 항산화 효능을 충분히 발휘하지 못한 것으로 판단된다(Lee YJ 등 2023). 일반적으로 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 항산화 활성을 측정하는데, 가장 많이 간편하게 사용하는 방법이며, 폐놀성 물질에 대한 항산화 효과의 지표로서 환원력이 큰 물질일수록 소거 활성이 높다고 보고되었다(Kang YH 등 1995).

8. 색도 및 머핀의 외관 및 단면 관찰

천심련 분말을 첨가한 머핀의 색도 측정은 Table 8에 제시하였다. L값은 대조군, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 2.5% 첨가군에서 각각 75.40±1.06, 74.57±0.81, 71.13±1.39, 68.93±0.64, 63.60±1.40 및 62.33±2.46 순으로 유의하게 낮아졌다($p<0.05$). a값은 대조군 1.90±0.10이며, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5% 및 2.0% 첨가군에서 각각 1.33±0.12, 1.33±0.15, 1.43±0.15 및 1.67±0.06 순으로 유의하게 증가하다가, 천심련 분말 2.5% 첨가군에서 1.33±0.15로 낮아졌다($p<0.05$). b값은 대조군, 천심련 분말 0.5%, 1.0%, 1.5% 및 2.0% 첨가군에서 각각 28.40±1.23, 24.90±1.18, 21.47±0.35, 20.47±0.21 및 18.33±0.74 순으로 유의하게 낮아졌다($p<0.05$). 이는 천심련 분말의 색상 특성 때문인 것으로 사료된다. 본 연구 결과는 감귤 과피 분말(Oh SW & Chung KH 2014), 주박(Yun CS 등 2015), 칠펜초 분말(Yoon JA 2021) 및 차전자피 분말(Ju YE 2024)을 첨가한 머핀에서도 시료의 첨가량이 증가할수록 L값과 b값이 유의하게 감소하는 경향을 보였다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 유사한 양상을 보였다. 그러나 진피 가루를 첨가한 마들렌 연구(Kang JH & Chung CH 2020)에서는 L값은 감소하고 a값과 b값은 증가했다는 경향을 보여서 본 연구와 상반된 결과를 보였는데, 이는 첨가한 부재료의 색상이 머핀의 색도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

천심련 분말을 첨가한 머핀의 외관은 윗면, 옆면, 단면을

잘라 사진으로 찍어 Fig. 4에 제시하였다. 본 연구에서 외관 및 단면을 살펴보면, 대조군은 천심련 분말을 첨가한 첨가군에 대비해 부피가 좀 더 크고 색이 밝으며 기공이 좀 더疏松 퍼져있는 반면에, 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 색이 진한 녹색색으로 변화하면서 기공이 조밀해져 부피와 높이가 역시 감소하는 경향을 보였다.

9. 기호도 검사

천심련 분말을 첨가한 머핀의 색, 향, 맛, 외관, 조직감 및 전반적인 기호도의 6가지 항목을 측정한 기호도 검사 결과는 Table 9와 같다. 색은 천심련 분말 1.0% 첨가군이 7점 만점에 6.10±0.99로 가장 높은 것으로 나타났으며, 천심련 분말 1.5%와 2.0% 첨가군이 5.60±1.26으로 동일하게 나타났고, 천심련 분말 0.5% 첨가군이 4.70±1.42, 대조군이 4.40±1.35, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 4.00±1.89 순으로 나타났다. 향은 천심련 분말 1.0%와 2.0% 첨가군이 6.00±1.05로 동일하게 가장 높게 나타났으며, 천심련 분말 1.5%와 0.5% 첨가군이 5.80±1.32와 5.60±1.58, 대조군이 5.40±1.71, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 4.50±2.17 순으로 나타났다. 맛은 천심련 분말 2.0% 첨가군이 5.90±1.20로 가장 높게 나타났으며, 천심련 분말 1.0%와 1.5% 첨가군이 5.70±1.06과 5.50±1.43, 대조군과 천심련 분말 0.5% 첨가군이 4.50±1.58로 동일했으며, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 3.10±1.52로 가장 낮은 평가를 받았다. 외관은 천심련 분말 1.0% 첨가군이 5.60±1.17로 가장 높게 나타났으며, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 3.40±2.32로 가장 낮은 평가를 받았다. 조직감 또한 천심련 분말 1.0% 첨가군이 5.40±0.84로 가장 높게 나타났으며, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 3.10±1.37로 가장 낮은 점수를 받았다. 전반적인 기호도는 천심련 분말 2.0% 첨가군이 5.90±0.88로 가장 높은 평가를 받았으며, 천심련 분말 2.5% 첨가군이 3.30±1.49로 가장 낮은 평가를 받았다. 기호도 검사 결과는 선행연구(Yoon JA & Shin KO 2023)에서 사용된 재료의 특성과 개인의 식성 등 기호도에 따라 달라진다고 보고되었다. 따라서 식품에 천심련 분말을 활용할 경우에 2.0% 첨가군이 가장

Table 8. Color values of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Variables	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
L (lightness)	75.40±1.06 ^{1)a2)}	74.57±0.81 ^b	71.13±1.39 ^c	68.93±0.64 ^d	63.60±1.40 ^e	62.33±2.46 ^f
a (redness)	1.90±0.10 ^a	1.33±0.12 ^d	1.33±0.15 ^d	1.43±0.15 ^c	1.67±0.06 ^b	1.33±0.15 ^d
b (yellowness)	28.40±1.23 ^a	24.90±1.18 ^b	21.47±0.35 ^c	20.47±0.21 ^d	18.33±0.74 ^c	18.83±0.90 ^f

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

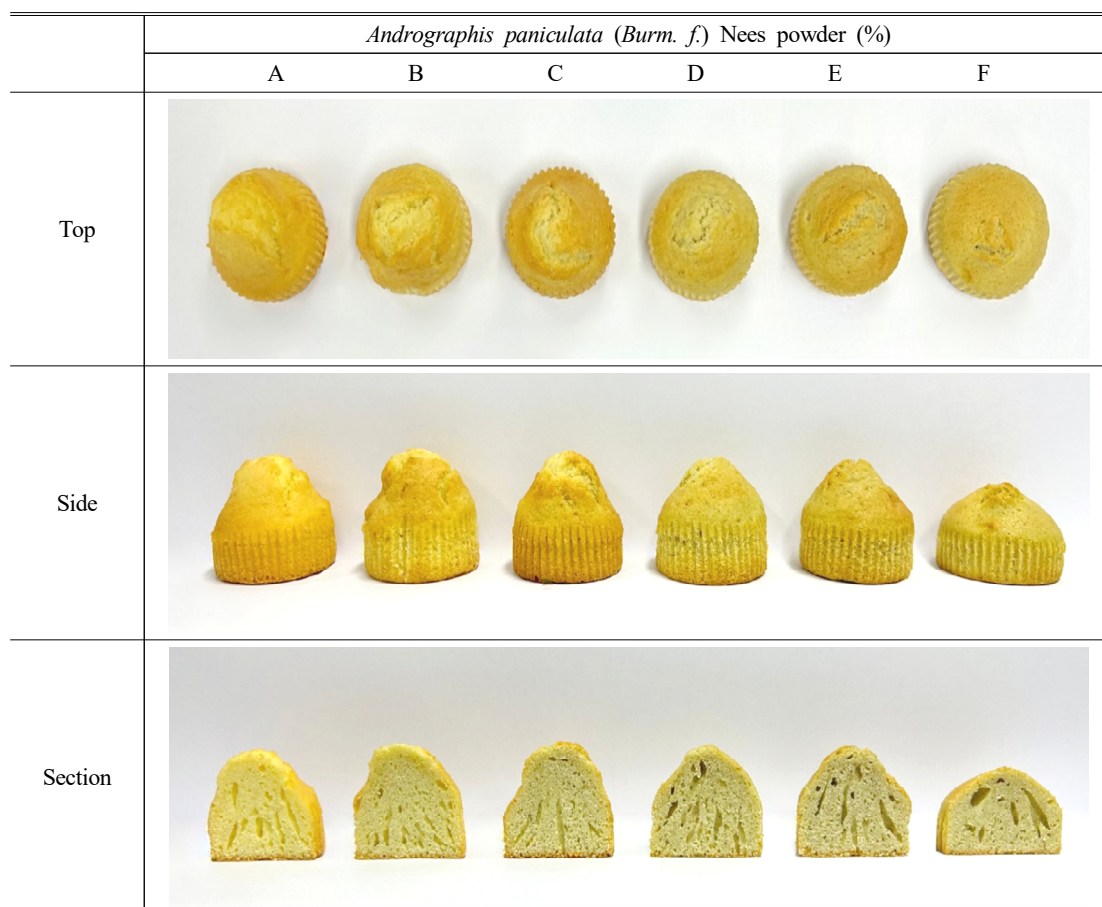


Fig. 4. Overall shape of muffin according to *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.

- A: Control (flour without *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder).
 B: Flour with 0.5% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.
 C: Flour with 1.0% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.
 D: Flour with 1.5% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.
 E: Flour with 2.0% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.
 F: Flour with 2.5% *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder.

Table 9. Sensory test of muffin with *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees powder

Sensory	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm. f.) Nees powder (%)					
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Color	4.40±1.35 ^{1)c2)}	4.70±1.42 ^c	6.10±0.99 ^a	5.60±1.26 ^b	5.60±1.07 ^b	4.00±1.89 ^d
Flavor	5.40±1.71 ^c	5.60±1.58 ^b	6.00±1.05 ^a	5.80±1.32 ^b	6.00±1.05 ^a	4.50±2.17 ^d
Taste	4.50±1.58 ^c	4.50±1.84 ^c	5.70±1.06 ^b	5.50±1.43 ^b	5.90±1.20 ^a	3.10±1.52 ^d
Appearance	4.50±1.35 ^c	4.70±1.77 ^c	5.60±1.17 ^a	5.50±1.58 ^b	5.50±1.08 ^b	3.40±2.32 ^d
Texture	4.60±1.26 ^c	5.20±1.23 ^b	5.40±0.84 ^a	5.20±1.23 ^b	5.30±0.82 ^b	3.10±1.37 ^d
Overall acceptability	4.20±1.14 ^c	4.20±1.48 ^c	5.30±1.25 ^b	5.80±1.23 ^a	5.90±0.88 ^a	3.30±1.49 ^d

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values with a same letter in a row are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

적합한 첨가 비율인 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 천심련을 첨가한 머핀의 이화학적인 특성을 분석하였다. 대조군에 비해 머핀의 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 수분과 조단백질 함량은 증가하였으나, 조지방 함량은 감소하였다($p < 0.05$). 머핀의 천심련 분말의 첨가량이 증가할수록 무기질 함량 중 칼슘, 마그네슘, 망간 및 셀레늄 함량은 증가하였다. 천심련 분말을 첨가한 머핀은 glutamic acid 함량이 가장 높았으며, methionine 함량은 가장 낮은 수치를 보였다. 천심련 분말을 첨가한 머핀의 색도는 L값과 b 값은 유의하게 감소하였다. 머핀의 천심련 분말 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 각각 38.97~52.23 mg GAE/g과 24.83~269.50 mg QE/g으로 유의하게 증가하였다. 머핀에 천심련 분말을 2.0% 첨가한 경우 향, 맛, 질감 및 전체적인 기호도가 가장 높았다. 현재 천심련 분말을 활용하여 가공식품을 제조한 경우는 많지 않으며, 식재료로 천심련 분말의 활용도가 낮다. 그러나 본 연구 결과를 바탕으로 건강기능성식품 제조 시 천심련 분말의 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- AACC (2000) Approved Methods of the AACC. 10th ed. Method 10-15. American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN, USA. pp 10-15.01.
- Ahn CS, Yuh CS (2004) Sensory evaluation of the muffins with mulberry leaf powder and their chemical characteristics. J East Asian Soc Dietary Life 14(6): 576-581.
- 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 Method of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. pp 1-26.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181(4617): 1199-1200.
- Borhanuddin M, Shamsuzzoha M, Hussain AH (1994) Hypo-glycaemic effects of *Andrographis paniculata* Nees on non-diabetic rabbits. Bangladesh Med Res Counc Bull 20(1): 24-26.
- Bum HB (2007) Studies of anti-cancer effects of *Andrographis herba*. MS Thesis Kyungwon University, Seongnam. pp 1-2.
- Bum HB, Han HS, Lee YJ (2010) Effects of *Andrographitis Herba* in A549 lung cancer cells. Kor J Herbology 25(2): 107-116.
- Cheon SY, Kim KH, Yook HS (2014) Quality characteristics of muffins added with ginseng leaf. Korean J Food Cook Sci 30(3): 333-339.
- Choi HS, Nam HY (2018) Quality characteristics of muffin added with red yeast rice and white rice. Journal of the Korean Applied Science and Technology 35(4): 1442-1455.
- Coon JT, Ernst E (2004) *Andrographis paniculata* in the treatment of upper respiratory tract infections: A systemic review of safety and efficacy. Planta Med 70(4): 293-298.
- Dragsted LO (2003) Antioxidant actions of polyphenols in humans. Int J Vitam Nutr Res 73(2): 112-119.
- Dua VK, Ojha VP, Roy R, Joshi BC, Valecha N, Devi CU, Bhatnagar MC, Sharma VP, Subbarao SK (2004) Antimalarial activity of some xanthenes isolated from the roots of *Andrographis paniculata*. J Ethnopharmacol 95(2-3): 247-251.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12(2): 239-243.
- Gabrielian ES, Shukarian AK, Goukasova GI, Chandanian GL, Panossian AG, Wikman G, Wagner H (2002) A double blind, placebo-controlled study of *Andrographis paniculata* fixed combination Kan Jang in the treatment of acute upper respiratory tract infections including sinusitis. Phytomedicine 9(7): 589-597.
- Gaman PM, Sherrington KB (1990) Mineral Elements and Water. The Science of Food. 3rd ed. Permon Press, England. pp 103-115.
- Gilman AG, Good LS, Gilman A (1975) The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6th ed. Macmillan Co., Inc., New York. pp 110-115.
- Guo DJ, Cheng HL, Chan SW, Yu PH (2008) Antioxidative activities and the total phenolic contents of tonic Chinese medicinal herbs. Inflammopharmacology 16(5): 201-207.
- 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.
- Handa SS, Sharma A (1990) Hepatoprotective activity of andrographolide from *Andrographis paniculata* against carbontetrachloride. Indian J Med Res 92: 276-283.
- Hong JY (2019) Quality characteristics of muffin added with *Elaeagnus multiflora* powder. Food Sci Preserv 26(1): 74-82.
- Hwang SY, Choi SK (2015) Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). Culi Sci & Hos Res 21(3): 104-115.
- Hwang UK (2023) Anti-inflammatory and skin barrier protective effect of *Andrographis paniculata*; Comparison of constituents by extraction solvents. Ph D Dissertation Daegu Hanny University, Gyeongsan. p 7.
- Im JG, Kim YS, Ha TY (1998) Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffins. Korean J Food Sci Technol 30(5): 1158-1162.
- Jeon JY, Kim MH, Han YS (2022) Antioxidant activity and quality characteristics of muffins prepared with the addition of *Cirsium nipponicum* powder. J Korean Soc Food Cult 37(2): 162-172.
- Jeon SY, Kim HC, Kim MR (2003) Quality characteristics of functional muffins containing Hesperetin. Korean J Soc Food Cook Sci 19(3): 324-327.
- Jones M, d'Arcy Doherty M, Cohen GM (1986) Antitumour activity of 1-naphthol against L1210 leukaemia *in vivo* and Ehrlich ascites tumour cells *in vivo* and *in vitro*. Cancer lett 33(3): 347-354.
- Joo SY (2013) Antioxidant activities of medicinal plant extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(4): 512-519.
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo NM, Han YS (2006) Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. Korean J Food Cook Sci 22(1): 45-55.
- Ju YE (2024) Quality characteristics and antioxidant effects of muffins added with *Psyllium husk* powder. MS Thesis Sahmyook University, Seoul. p 4.
- Jung JY, Park CA (2020) Anti-inflammatory effects of *Andrographis Herba* MeOH extract on LPS-induced Raw 264.7 cells. Herb Formula Sci 28(2): 147-155.
- 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.
- Kang JH, Chung CH (2020) Quality characteristics of madeleine with added *Citrus Mandarin* peel powder. Culi Sci & Hos Res 26(1): 135-145.
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD (1995) Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. Korean J Food Sci Technol 27(6): 978-984.
- 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 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 JM (2024) A literature study on the regulation of the renin-angiotensin system by Korean traditional medicine. MS Thesis Wonkwang University. Iksan, p 12.
- Kim JY, An SH (2021) Quality characteristics of muffin added with nectarine powder. Culi Sci & Hos Res 27(12): 83-94.
- Kim JY, Hwang HJ, Shin KO (2021) Development of a alternative meat patty using leghemoglobin extracted from soybean root nodules. J East Asian Soc Diet Life 31(4): 258-267.
- Kim KH, Lee SY, Yook HS (2009) Quality characteristics of muffins prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(6): 750-756.
- Kim SJ, Kim HY (2019) Effect of hibiscus powder (*Hibiscus sabdariffa* L.) on the quality of muffins. Korean J Community Living Sci 30(4): 517-527.
- Kim SY (2020) Quality characteristics and antioxidant activities of muffins with curry powder. Culi Sci & Hos Res 26(12): 197-204.
- Kim YJ, Choi JH, Kim SB, Hwang JM, Choi HY (2024) Quality characteristics and antioxidant activity of rice muffins added with *Orostachys japonicus* powder. Food Sci Preserv 31(4): 660-672.
- Kumar RA, Sridevi K, Kumar NV, Nanduri S, Rajagopal S (2004) Anticancer and immunostimulatory compounds from *Andrographis paniculata*. J Ethnopharmacol 92(2-3): 291-295.
- Lee SH, Kim TW, Bae JH (2011) Palatability traits of muffin prepared with red wine. Food Sci Preserv 18(6): 869-874.
- Lee YJ, Ju YE, Cho EH, ParkSJ, Kim DH, Hwang HJ, Yoon JA, Shin KO (2023) Quality characteristics and nutritional

- functions of bread added with *Tenebrio molitor* Linnaeus (mealworm) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 33(4): 251-263.
- Lee YK, Jung YS, Cho EC, Kim DH, Shin KO (2024) Quality characteristics of madeleines prepared with the addition of peanut sprout powder. *J East Asian Soc Diet Life* 34(4): 298-309.
- 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 MI, 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, Chung KH (2014) Physicochemical and sensory properties of muffins with added powdered tangerine peel. *Food Eng Prog* 18(3): 177-185.
- 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 JB, Lee KY, Lee HG (2021) Physicochemical and antioxidant properties of muffins with acai berry concentrate-loaded nanocapsules. *Korean J Food Sci Technol* 53(2): 181-186.
- 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.
- Perron NR, Brumaghim JL (2009) A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem Biophysics* 53(2): 75-100.
- Poolsup N, Suthisisang C, Prathantururug S, Asawamekin A, Chanchareon U (2004) *Andrographis paniculata* in the symptomatic treatment of uncomplicated upper respiratory tract infection: Systematic review of randomized controlled trials. *J Clin Pharm Ther* 29(1): 37-45.
- Puri A, Saxena R, Saxena RP, Saxena KC, Srivastava V, Tandon JS (1993) Immunostimulant agents from *Andrographis paniculata*. *J Nat Prod* 56(7): 995-999.
- Pylar EJ (1979) Physical and chemical test methods. *Baking Science and Technology* 2(6): 834-897.
- Ram VJ (2001) Herbal preparations as a source of hepatoprotective agents. *Drug News Perspect* 14(6): 353-363.
- 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.
- Reyes BA, Bautista, ND, Tanquilut NC, Anunciado RV, Leung AB, Sanchez GC, Magtoto RL, Castronuevo P, Tsukamura H, Maeda KI (2006) Anti-diabetic potentials of *Momordica charantia* and *Andrographis paniculata* and their effects on estrous cyclicity of alloxan-induced diabetic rats. *J Ethnopharmacol* 105(1-2): 196-200.
- Roh BJ (2023) Quality characteristics of muffins using sucralose. MS Thesis Sejong University, Seoul. p 4.
- Shukla B, Visen PK, Patnaik GK, Dhawan BN (1992) Choleric effect of andrographolide in rats and guinea pigs. *Planta Med* 58(2): 146-149.
- Singha PK, Roy S, Dey S (2003) Antimicrobial activity of *Andrographis paniculata*. *Fitoterapia* 74(7-8): 692-694.
- Sumnu G, Sahin S, Sevimli M (2005) Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes. *J Food Eng* 71(2): 150-155.
- Yang SM, Kang MJ, Kim SH, Shin JH, Sung NJ (2010) Quality characteristics of functional muffins containing black garlic extract powder. *Korean J Food Cook Sci* 26(6): 737-744.
- Trivedi NP, Rawal UM (2001) Hepatoprotective and antioxidant property of *Andrographis paniculata* (Nees) in BHC induced liver damage in mice. *Indian J Exp Biol* 39(1): 41-46.
- Yoon JA (2021) Quality characteristics of muffins added with *Suaeda japonica* powder. *J East Asian Soc Diet Life* 31(5): 311-319.
- Yoon JA (2022) Quality characteristics of muffins supplemented with *Porphyra dentata* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51(10): 1066-1073.
- Yoon JA, Park SJ, Kim DH, Lee JM, Shin KO (2024) Quality characteristics and antioxidant effects of madeleines added with *Peripla frutescens* (L.) Britton powder. *J East Asian Soc Diet Life* 34(3): 143-153.
- 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.
- Yoon MH, Kim KH, Kim NY, Byun MW, Yook HS (2011) Quality characteristics of muffin prepared with freeze dried-perilla leaves (*Perilla frutescens* var. *japonica* HARA) powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(4): 581-585.
- Yun CS, Kim HA, Kim YS (2015) Quality characteristics of muffin added with *Makgeolli Lees*. Culi Sci & Hos Res 21(3): 198-211.
-

Date Received Jan. 13, 2025
Date Revised Feb. 19, 2025
Date Accepted Feb. 27, 2025