



Research Article

Quality characteristics and antioxidant activity of rice muffins added with *Orostachys japonicus* powder

와송 분말을 첨가한 쌀머핀의 품질 특성 및 항산화 활성

Ye-Ji Kim^{1†}, Jin-Hee Choi^{2†}, Soo-Bin Kim¹, Jung-Min Hwang¹, Hae-Yeon Choi^{1*}

김예지^{1†} · 최진희^{2†} · 김수빈¹ · 황정민¹ · 최해연^{1*}

¹Department of Food Service Management and Nutrition, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, Pocheon 11159, Korea

¹공주대학교 외식식품학과, ²대진대학교 식품영양학과

Abstract This study aimed to suggest the usability and optimal amount of *Orostachys japonicus* in foods. *Orostachys japonicus* powder was added at 0% (Con), 3% (O3), 5% (O5), 7% (O7), and 9% (O9) to rice muffins and the quality and antioxidant characteristics of the muffins were determined. The moisture content and pH of the muffins decreased as the amount of *Orostachys japonicus* powder added increased. The weight increased as the amount of *Orostachys japonicus* powder added increased, but the volume, specific volume, and baking loss rate decreased. The L- and b-values of the muffins decreased as the a-value increased. The texture, hardness, gumminess, and chewiness of muffins increased while adhesiveness, springiness, and cohesiveness decreased. Polyphenol, flavonoid, DPPH, and ABTS⁺ radical scavenging activity, as well as reducing power, increased as the amount of *Orostachys japonicus* powder added increased. In the sensory test, the 5-7% addition group showed high scores in appearance, flavor, taste, texture, and overall preference. The degree of flavor and astringency of muffins, which are evaluation items for characteristic strength, increased as the amount of *Orostachys japonicus* powder added increased, and the level of moistness decreased. Therefore, the addition of 5-7% of *Orostachys japonicus* powder is thought to have a positive effect on the muffins. The purpose of this study was to suggest the usability and optimal addition amount of *Orostachys japonicus* powder and to provide basic data on foods with *Orostachys japonicus* added.

Keywords *Orostachys japonicus*, rice flour, muffin, quality characteristics, antioxidant activity



OPEN ACCESS

Citation: Kim YJ, Choi JH, Kim SB, Hwang JM, Choi HY. Quality characteristics and antioxidant activity of rice muffins added with *Orostachys japonicus* powder. Food Sci. Preserv., 31(4), 660-672 (2024)

Received: June 11, 2024
Revised: July 08, 2024
Accepted: July 08, 2024

[†]These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**

Hae-Yeon Choi
Tel: +82-41-330-1505
E-mail: prochoi@kongju.ac.kr

Copyright © 2024 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

쌀(*Oryza Sativa* L.)은 세계 3대 곡물 중 하나로 우리나라에서 주식으로 약 95%가 밥의 형태로 소비되며 떡류, 제면, 주류 등에서도 다양하게 이용되고 있다(Shin 등, 2017; Um과 Yoo, 2013). 최근 식품산업의 변화와 소득의 증가로 인해 쌀 소비량이 꾸준히 감소하고 있어(Choi와 Kim, 2024), 이를 해결하기 위한 쌀을 활용한 기능성 식품에 대한 개발 연구가 진행되고 있다(Kim 등, 2018). 쌀은 높은 소화력과 낮은 알러젠 특성(hypoallergenicity), 저나트륨, 저지방, 맛없는 맛(bland taste), 백색 등의 특성을 가지고 있어 글루텐프리 제품 제조에 바람직한 원료 중 하나이다(Kim 등, 2020). 쌀가루를 이용해 쌀 파운드 볼 케이크(Park, 2021), 쌀 식빵(Jun 등, 2019), 쌀 스펀지케이크(Lee와 Hwang, 2016), 쌀 잉글리시 머핀(Lee 등, 2023) 등 쌀을 활용한 다양한 제품들이 많이 개발되고 있다. 그러나 쌀가루는 글루텐 형성을 통해 가스 보유력을 가지는 밀가루의 단백질과 다르게, 프롤라

민 비율이 낮아 그물망 구조 형성이 어려워 가스 보유력이 떨어져 제빵에 이용되기 어렵다는 단점이 있다(Oh 등, 2018). 이를 해결하기 위해 가공된 박력쌀가루는 일반 쌀가루의 아밀로오스와 아밀로펙틴을 부분적으로 저분자화해 수분흡수력을 높여 단점을 개선한 것으로 다양한 제과·제빵에 이용되고 있다(Kim 등, 2020).

머핀은 프랑스어로 부드러운 빵이라는 의미인 *moufflet*와 독일어로 cake 중 하나인 *muffe*에서 유래되었으며, 간단한 제조법, 높은 편리성을 가지고 달걀과 우유 등을 주원료로 하여 영양가가 우수해 간단한 식사나 간식 대용으로 많이 섭취하는 제품이다(Lee와 Lee, 2014). 또한, 첨가되는 재료에 따라 다양한 종류의 머핀 제조가 가능하고 글루텐 발효과정을 거치지 않기 때문에 제조시간이 짧다는 장점을 가지고 있다(Lee, 2023). 머핀에 다양한 기능성 소재를 첨가한 연구에는 도토리묵 분말(Kim 등, 2012), 대추분말(Kim과 Lee, 2012), 뜰보리수 분말(Hong, 2019), 후지 사과박 분말(Kim 등, 2019), 마늘껍질 분말(Yoon 등, 2023) 첨가 머핀 등이 있지만, 쌀가루로 만든 글루텐프리 머핀에 다양한 기능성 소재를 첨가한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 쌀가루에 기능성 소재를 첨가한 글루텐프리 머핀을 개발하고자 하였다.

와송(*Orostachys japonicu*)은 돌나물과(Crassulaceae)의 여러해살이 식물로 산 위의 바위나 오래된 기와지붕 위에서 자라며 그 모양이 소나무 잎이나 꽃을 닮아 와송, 기와솔, 바위솔, 암송, 옥송 등으로 불린다(Lim 등, 2017). 와송은 여름부터 가을까지 한국, 일본, 중국 등에서 주로 채취하여 뿌리를 제외하고 말린 전초를 약용으로 사용한다(Lee와 Jin, 2021). 와송의 다양한 생리활성 성분으로는 friedelanol, friedelin, glutinol과 같은 triterpenoid류와 campesterol, β -sitosterol 등의 스테롤(sterol) 계열 물질이 있으며 kaempferol, quercetin과 같은 flavonoid, aromatic acid과 fatty acid ester류 등이 함유되어 있어 항암, 항균, 항비만, 항염증, 세포자멸사 유도 효과 등이 보고되어, 건강기능성 식품에 적합한 식품으로도 알려져 있다(Choi 등, 2008; Jun 등, 2018). 와송의 생리활성에 관한 선행 연구에는 건조 온도에 따른 와송의 항산화 및 항당뇨 활성(Yu 등, 2022), 와송 추출물의 항산화 활성 및 항노화 효과(Jung과 Choe, 2016), 와송 추출물의 총페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성 비교(Jin 등, 2016), 와송 잎, 줄기 및 뿌리 추출물의 항산화 활성과 열 및 pH 안정성(Lee 등, 2009), 채취 시기에 따른 와송 추출물의 항산화 활성 연구(Choi 등, 2008) 등이 진행되고 있다. 이를 식품에 적용한 연구에는 와송 생즙 첨가 설기떡(Kim, 2013), 와송 첨가 식빵(Kim, 2018), 와송 분말 첨가 돈육패티(Yu, 2020), 와송 첨가 젤리(Lee와 Jin, 2021) 등으로 와송을 활용한 제품에 관한 연구는 미비한 실정이며 계속해서 식품 소재로서 새로운 제품 개발 시도가 진행되고 있다. 따라서

본 연구에서는 와송 분말을 첨가한 쌀머핀의 건강식으로서 기능성을 확인하고, 첨가량을 달리한 쌀머핀의 품질 특성과 항산화 특성 및 기호도를 측정함으로써 최적의 첨가량을 제시하고 와송 첨가 식품에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에서 사용한 와송분말(Gimcheon Wasong, Gimcheon, Korea)은 와송명가 김천와송, 박력쌀가루(Daedoo, Gunsan, Korea)는 햇살마루를 통해 구매하였고, 버터(Butter, Lotte Food Co., Cheonan, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang, Seoul, Korea), 소금(CJ Cheiljedang), 우유(Seoul Milk, Seoul, Korea), 달걀(Seyang Co., Anseong, Korea), 베이킹파우더(Sungjin Food, Gwangju, Korea)는 시중에서 구매하여 사용하였다. Folin Cio calteau's phenol reagent, 2,2-di-phenyl-1-picrylhydrazyl, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid), quercetin, gallic acid, diethylene glycol, ferric chloride, potassium ferricyanide 등의 시약은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (Seoul, Korea)의 제품을 사용하였고, NaOH, Na_2CO_3 , potassium persulfate는 Daejung Chemicals&Metals Co.(Siheung, Korea)의 제품을 사용했으며, 그 외의 시약은 1급을 사용하였다.

2.2. 머핀 제조

머핀의 제조 배합비는 Table 1에 나타내었다. 와송 분말의 비율은 예비실험을 통해 쓴맛이 강해 기호도가 낮아지는 10% 이상을 제외한 가루대비 0%(Con), 3%(O3), 5%(O5), 7%(O7), 9%(O9) 비율로 설정하여 실험하였다. 반죽기(GF-0519H, M.Y.K Electrical Co., Dongguan, China)로 버터를 크림상태로 풀어 준 뒤 설탕과 소금을 넣어 섞은 다음 달걀을 3회에 걸쳐 넣고 믹싱하였고, 이후 가루류를 체에 내려 크림화한 반죽과 혼합한 뒤 우유를 넣고 다시 섞은 후 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽을 70 g씩 계량하여 윗불 180°C, 아랫불 175°C로 설정된 오븐(FDO-7103, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 25분간 구운 후 실온에 30분간 방랭 후 시료로 사용하였다.

2.3. pH 및 수분함량 측정

머핀의 pH는 시료 20 g에 증류수 180 mL를 혼합하여 분쇄기(BL642KR, Hai Xin Technology Co., Ltd., Schenzhen, China)로 분쇄한 후, paper filter(Whatman No. 2, Whatman Ltd., Piscataway, NJ, USA)에 여과해 pH meter(FEP-20, Mettler Toledo, Zurich, Switzerland)로 측정하였다. 머핀의 수분함량은 시료의 속 부분에서 1 g 잘라내어 적외선 수분 측정기(MJ-33, Mettler Toledo)로 측정하였다.

Table 1. Formula for muffin preparation with various levels of *Orostachys japonicus* powder

	Con ¹⁾	O3	O5	O7	O9
Soft rice flour (g)	300	291	285	279	273
Wasong powder (g)	0	9	15	21	27
Butter (g)	200	200	200	200	200
Sugar (g)	200	200	200	200	200
Salt (g)	4	4	4	4	4
Egg (g)	200	200	200	200	200
Milk (mL)	90	90	90	90	90
Baking powder (g)	6	6	6	6	6
Total amount (g)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

¹⁾Con, muffin with 0% *Orostachys japonicus* powder; O3, 3% muffin with 3% *Orostachys japonicus* powder; O5, muffin with 5% *Orostachys japonicus* powder; O7, muffin with 7% *Orostachys japonicus* powder; O9, muffin with 9% *Orostachys japonicus* powder.

2.4. 비체적 및 굽기 손실을 측정

머핀의 비체적(specific volume)은 머핀의 중량과 부피를 이용하여 아래의 식을 통해 계산하였으며, 머핀의 부피는 종자치환법(AACC, 2000)을 통해 측정하였다. 굽기 손실률(baking loss rate)은 굽기 전 무게와 구운 후 무게를 측정하여 아래의 식을 통해 계산한 후 나타내었다.

$$\text{Specific volume (mL/g)} = \frac{\text{Volume (mL)}}{\text{Weight (g)}} \quad (1)$$

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \frac{\text{Batter weight (g)} - \text{Muffin weight (g)}}{\text{Batter weight (g)}} \times 100 \quad (2)$$

2.5. 색도 측정

머핀의 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L값(lightness), a값(+red/-green), b값(+yellow/-blue)을 측정하였으며, 사용한 standard white surface은 L=94.65, a=-0.43, b=4.12였다.

2.6. 조직감 측정

머핀의 조직감은 시료의 속 부분을 2×2×2 cm³ 크기인 정육면체 모양으로 잘라 texture analyser(TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, UK)로 직경 75 mm ϕ plunger를 이용하여 strain 70%, test speed 1.0 mm/s, pre-test speed 2.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, trigger force 5.0 g의 조건에서 경도

(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

2.7. 페놀화합물 및 항산화 활성 분석

2.7.1. 시료액 조제

추출물의 제조는 와송 분말 20 g에 70% ethanol 180 mL를 가하여 shaking incubator(SI-900R, Jeio Tech, Kimpo, Korea)를 이용하여 25°C 실온에서 130 rpm에서 24시간 동안 추출한 후 여과하여 실험에 사용하였다. 또한, 머핀의 시료액은 와송 머핀 20 g에 70% ethanol 180 mL를 가하여 와송 분말과 같은 방식으로 추출하여 여과하여 사용하였다.

2.7.2. 총폴리페놀 화합물 함량 측정

총폴리페놀 화합물 함량은 Go 등(2023)의 연구 방법을 참고하여 100 μ L 시료액에 2 mL 증류수와 200 μ L 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 가하여 3분간 암소에서 반응시킨 후, 2 mL 1 N Na₂CO₃를 가하여 암소에서 1시간 동안 반응시켰다. 분광광도계(Libra S22, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 사용해 765 nm 조건에서 흡광도를 측정하였고 사용한 표준 물질은 Gallic acid로 표준곡선을 작성하였다. 총폴리페놀 함량은 시료 g 중 mg gallic acid equivalents(mg GAE/g)로 표기하였다.

2.7.3. 총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량은 Davis 방법을 변형한 Um과 Im (2007)의 연구 방법을 참고하여 측정하였다. 100 μ L 시료액에 1 mL 90% diethylene glycol과 100 μ L 1 N NaOH를 가하여

37°C의 water bath(SB-1200, Eyela, Siheung, Korea)에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm 조건에서 흡광도를 측정하였고 사용한 표준물질은 quercetin으로 표준곡선을 작성하였다. 총 플라보노이드 함량은 시료 g 중 quercetin equivalents(mg QE/g)로 표기하였다.

2.7.4. DPPH radical 소거 활성 측정

DPPH radical 소거 활성은 Lee 등(2007)의 방법을 참고하여 측정하였다. 4 mL 시료액에 1 mL DPPH 용액(1.5×10^{-4} M)을 가한 뒤 암소에서 30분간 반응시킨 후 517 nm 조건에서 흡광도를 측정한 후 아래 식을 통해 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging ability (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample group absorbance after 30 min}}{\text{Control group absorbance}}\right) \times 100 \quad (3)$$

2.7.5. ABTS⁺ radical 소거 활성 측정

ABTS⁺ radical 소거 활성은 Siddhuraju와 Becker(2007)의 방법을 참고하여 측정하였다. ABTS⁺ 용액은 증류수에 용해하여 2.45 mM potassium persulfate 시약과 7.0 mM ABTS⁺ 시약을 각각 제조한 후 섞어주고 암소에서 16시간 동안 방치한 후 사용하였다. ABTS⁺ 용액이 radical이 형성되면 용액을 ethanol로 희석하여 734 nm 흡광도에서 0.70 ± 0.02 로 설정하여 실험에 사용하였다. 100 μ L 시료액에 900 μ L ABTS⁺ 용액을 넣고 측정하였으며 대조군은 시료액 대신 ethanol을 넣어 측정하였고 ABTS⁺ radical 소거 활성은 아래 식을 통해 계산하였다.

$$\text{ABTS}^+ \text{ radical scavenging ability (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Sample group absorbance after 6 min}}{\text{Control group absorbance}}\right) \times 100 \quad (4)$$

2.7.6. 환원력 측정

환원력은 Oyaizu(1986)의 방법을 참고하여 측정하였다. 2.5 mL 시료액에 2.5 mL 1% potassium ferricyanide와 pH 6.6의 0.2 M sodium phosphate buffer를 2.5 mL 혼합한 후 50°C의 water bath에서 20분간 반응시켰다. 반응시킨 후 2.5 mL 10% trichloroacetic acid를 넣고 10분간 1,935 \times g에서 원심분리(Combi-514R, Hanil, Daejeon, Korea)한 후 상층액 5 mL에 증류수 5 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.8. 기호도 검사 및 특성 강도 평가

와송 쌀머핀의 관능검사는 일반인 26명의 일반인을 대상으로 실시 전 실험목적 및 평가 항목에 관한 설명과 사전교육 후 진행하였다. 시료는 제조 후 30분간 방냉해 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 크기로

잘라 흰색 폴리에틸렌 접시에 난수표를 이용한 3자리 숫자를 표시해 제공하였다. 소비자 기호도 평가항목은 외관(appearance), 향(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall preference) 5가지 항목으로 설정하였으며, 각 항목의 평가는 7점 척도를 이용하여(1점: 매우 나쁨, 4점: 보통, 7점: 매우 좋음)으로 평가하였다. 특성강도 평가는 평정법의 7도 척도법(1점: 매우 약함, 4점: 보통, 7점: 매우 강함)을 이용하여 외송의 향(flavor of *Orostachys japonicus*), 촉촉함 정도(moistness), 떫은맛(astringency) 3가지의 정도가 높을수록 높은 점수로 평가하였다. 본 연구의 관능검사는 공주대학교 생명윤리위원회의 승인을 받고 그 규정에 맞게 진행하였다(KNU_IRB_2024-002).

2.9. 통계처리

본 연구의 실험결과는 IBM SPSS Statistics(Ver 25.0, SPSS Institute Inc., IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하여 One-way ANOVA를 $p < 0.05$ 수준에서 실시하고, 시료 간의 유의차를 Duncan's multiple range test로 검정하였으며, 상관관계는 Pearson의 적률상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수분함량 및 pH

와송 분말을 첨가한 쌀머핀의 수분함량과 pH를 측정한 결과는 Table 2에 나타내었다. 쌀가루와 와송 분말의 수분함량은 각각 12.18%, 7.85%로 측정되었으며, 와송 머핀의 수분함량은 대조군 CON이 26.18%, 와송 분말 첨가군이 24.54-25.76%로 나타나 와송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 수분함량이 감소하였으나, 5% 이상 첨가군에서는 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.01$). 칠면초 분말(Yoon, 2021), 비트 분말(Seo와 Go, 2014), 대추분말 첨가 머핀(Kim과 Jun, 2012)에서도 부재료 분말의 첨가량이 증가할수록 수분함량이 감소하여 본 연구와 유사한 결과가 나타났으며, 이는 머핀에 첨가되는 재료의 수분함량 차이에 의한 것으로 보고되었다. 따라서 본 연구에서도 와송 분말의 수분함량이 박력쌀가루에 비해 낮아, 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 수분함량이 감소하였다고 생각된다.

본 연구에서 사용한 쌀가루와 와송 분말의 pH는 각각 6.75, 5.75로 측정되었으며, 와송 머핀의 pH는 CON 7.34, 와송 분말 첨가군 6.89-7.25로 측정되어 와송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 pH가 유의적으로 감소하였다($p < 0.001$). 와송 분말을 첨가한 다른 연구인 소시지 연구(Kim 등, 2018)와 설기떡 연구(Kim, 2013)에서도 첨가량이 증가함에 따라 pH가 감소하였다고 보고하였다. Lee 등(2009) 와송의 잎, 줄기, 뿌리 추출물 연

Table 2. Moisture content, pH, cooking loss, specific and color value of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder

	Con ¹⁾	O3	O5	O7	O9	F-value
Moisture content (%)	26.18±0.83 ^{a2)3)}	25.76±0.39 ^a	24.72±0.27 ^b	24.68±0.36 ^b	24.54±0.47 ^b	6.598 ^{**}
pH	7.34±0.03 ^a	7.25±0.04 ^b	7.12±0.01 ^c	7.05±0.01 ^d	6.89±0.02 ^c	187.218 ^{***}
Weight (g)	64.31±0.10 ^c	65.09±0.07 ^b	65.27±0.07 ^{ab}	65.44±0.18 ^a	65.46±0.30 ^a	23.735 ^{***}
Volume (mL)	157.33±2.52 ^a	151.00±1.73 ^b	146.33±1.15 ^c	146.00±3.61 ^c	141.33±1.53 ^d	21.135 ^{***}
Specific volume (mL/g)	2.45±0.04 ^a	2.32±0.03 ^b	2.24±0.02 ^c	2.23±0.06 ^c	2.16±0.02 ^d	26.355 ^{***}
Baking loss rate (%)	8.13±0.15 ^a	7.02±0.14 ^b	6.75±0.10 ^{bc}	6.51±0.25 ^c	6.49±0.43 ^c	23.735 ^{***}
Color						
L	81.39±1.00 ^a	68.27±1.07 ^b	64.95±1.07 ^c	62.83±0.91 ^d	58.96±1.40 ^c	1,734.493 ^{***}
a	-4.98±0.09 ^e	1.20±0.17 ^d	2.45±0.17 ^c	3.37±0.14 ^b	3.96±0.17 ^a	15,892.553 ^{***}
b	22.39±0.48 ^a	18.24±0.48 ^b	18.21±0.43 ^b	18.15±0.30 ^b	18.03±0.48 ^b	529.555 ^{***}

¹⁾Con, muffin with 0% *Orostachys japonicus* powder; O3, 3% muffin with 3% *Orostachys japonicus* powder; O5, muffin with 5% *Orostachys japonicus* powder; O7, muffin with 7% *Orostachys japonicus* powder; O9, muffin with 9% *Orostachys japonicus* powder.

²⁾All values are mean±SD (n≥5).

³⁾Different superscript letters (^{a-d}) within the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test (p<0.05) ^{**}p<0.01, ^{***}p<0.001.

구에서 외송 추출물의 pH는 잎, 줄기, 뿌리 순으로 산성 영역의 낮은 값으로 나타났다고 보고하였고, 본 연구에서 사용된 외송 분말의 경우 줄기와 잎, 꽃 부분을 건조시킨 후 분말화한 것으로 산성을 띠는 외송 분말이 머핀의 pH 감소에 영향을 주었다고 생각된다.

3.2. 무게, 부피, 비체적 및 굽기 손실

외송 쌀머핀의 무게, 부피, 비체적과 굽기 손실률을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 외송 쌀머핀의 무게는 CON 64.31 g, 외송 분말 첨가군이 65.09-65.46 g으로 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였지만, 7%와 9% 첨가군 간에 유의적인 차이는 없었다(p<0.001). Yoon(2022)의 잇바디돌김 분말 첨가 머핀 연구에서는 시료에 함유된 섬유소가 수분보유력에 영향을 주어 무게가 증가한다고 보고하였으며, Lee와 Jin(2008)의 외송 첨가 젤리 연구에 따르면 외송의 조섬유 함량은 15.8%로 본 연구에서도 외송 분말에 함유된 섬유소가 무게 증가에 영향을 주었다고 생각된다. 복분자 분말(Lee와 Hong, 2011) 첨가 머핀 연구에서도 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 무게가 증가하여 본 연구와 유사한 결과가 나타났다. 외송 머핀의 부피는 CON 157.33 mL, 외송 분말 첨가군은 141.33-151.00 mL로 측정되어 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다(p<0.001). 뜰보리수(Hong, 2019), 흰 민들레(Kim, 2022) 분말 첨가 머핀 연구에서도 분말의 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하여 본 연구와 유사한 결과가 나타났다. 머핀의 부피 감소에 영향을 주는 요인으로 섬유소 무게가 팽화율에 영향을 미치기 때문이라 보고되었으며

(Yun 등, 2015), 이에 본 연구에서도 외송 분말의 함량이 증가할수록 섬유소에 의해 팽화율이 낮아져 부피가 감소하였다고 생각된다. 외송 머핀의 비체적은 CON 2.45 mL/g, 첨가군은 2.16-2.32 mL/g으로 측정되어 외송 분말을 첨가할수록 유의적으로 감소하였다(p<0.001). Giri 등(2023) 석류껍질가루 머핀 연구의 비체적도 본 연구와 유사한 결과가 나타났으며, 식이섬유 함량이 증가함에 따라 기포의 부피가 줄고 밀도가 증가해 비체적이 감소하였다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 외송 분말 첨가에 따른 무게 증가와 외송이 함유한 식이섬유가 머핀의 비체적 감소에 영향을 주었다고 생각된다. 굽기손실률은 반죽에 열이 침투해 수증기압이 증가되어 비점이 낮은 물과 액체의 팽창으로 인해 기체로 빠져나가면서 발생한다(Song 등, 2016). 외송 머핀의 굽기손실률은 CON 8.13%, 외송 분말 첨가군 6.49-7.02%로 나타나 외송 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(p<0.001). 이는 식이섬유 함량이 증가할수록 수분보유력이 높아져 결합수가 증가하고, 외송 분말 첨가량 증가에 따른 고형분 양 증가의 결과로 생각된다. 쌀겨 섬유질 첨가 빵(Bagheri와 Seyedein, 2011), 김치 부산물 머핀(Heo 등, 2019) 등 식이섬유가 많이 함유된 재료를 사용한 다른 연구와도 유사한 결과가 나타났다.

3.3. 색도

외송 쌀머핀의 색도를 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 머핀의 L값(lightness)은 CON 81.39, 외송 분말 첨가 머핀은 58.96-68.27로 측정되어 외송 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 L값이 유의적으로 감소하였다(p<0.001). a값(+red/-green)은

CON -4.98, 와송 분말 첨가군 1.20-3.96으로 와송 분말 첨가량이 증가할수록 머핀의 적색도가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.001$). b 값(+yellow/-blue)은 CON 22.39, 와송 분말 첨가군 18.03-18.24로 와송 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였지만, 와송 분말 첨가군 사이에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p<0.001$). 와송 분말과 비슷한 갈색을 띠는 카니와 분말(Kim 등, 2020)과 밀웬 분말(Yoon과 Shin, 2023) 첨가 머핀 연구에서도 분말의 첨가량이 증가함에 따라 L 값과 b 값은 감소하고 a 값은 증가해 본 연구와 유사한 결과가 나타났으며, 이는 첨가 재료의 색이 색도에 영향을 준 것으로 보고하였다. 본 연구에 사용된 박력쌀가루의 색도는 $L=95.62$, $a=-1.24$, $b=3.35$, 와송 분말의 색도는 $L=58.63$, $a=4.78$, $b=17.18$ 로 나타나, 박력쌀가루에 와송 분말을 대체하여 첨가하였을 때 분말의 첨가량이 증가할수록 L 값과 b 값은 감소하고 a 값은 증가한 것으로 생각된다.

머핀의 외관을 사진으로 찍어 Fig. 1에 나타내었다. 와송 분말 첨가량이 증가할수록 머핀의 색이 어두워진 것을 관찰할 수 있었다.

3.4. 조직감

와송 첨가 머핀의 조직감을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 머핀의 경도는 CON이 751.96 g, 와송 분말 첨가군이 1,053.40-1,364.08 g으로 측정되어 와송 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으나, 7%와 9% 첨가군 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p<0.001$). 자색 고구마가루(Go와 Seo, 2010), 뜰보리수 분말(Hong, 2019), 마늘껍질 분말(Yoon 등, 2023) 첨가 머핀 연구에서도 분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가해 본 연구와 유사한 결과가 나타났다. 머핀의 경도에 영향을 주는 요인에는 수분함량, 부피, 기공 등이 있으며(Bae 등, 2012), 부피와 반비례하여 머핀의 부피가 작을

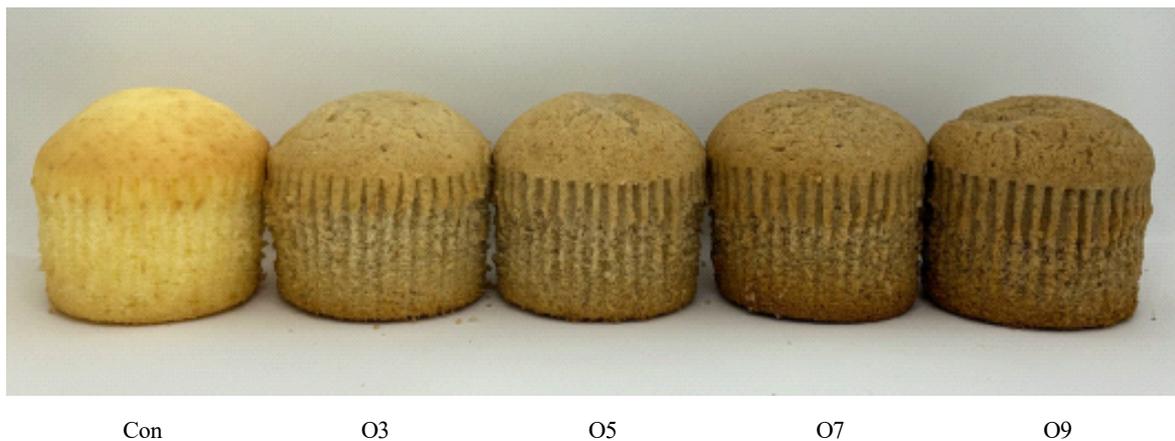


Fig. 1. Muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder. Con, muffin with 0% *Orostachys japonicus* powder; O3, 3% muffin with 3% *Orostachys japonicus* powder; O5, muffin with 5% *Orostachys japonicus* powder; O7, muffin with 7% *Orostachys japonicus* powder; O9, muffin with 9% *Orostachys japonicus* powder.

Table 3. Texture profile analysis of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder

	Con ¹⁾	O3	O5	O7	O9	F-value
Hardness (g)	751.96±123.29 ^{d2)3)}	1,053.40±137.40 ^c	1,198.18±146.52 ^b	1,254.11±159.83 ^a	1,364.08±182.15 ^a	63.067 ^{***}
Adhesiveness (g·sec)	-2.04±0.87 ^a	-3.34±1.11 ^b	-3.99±1.55 ^{bc}	-4.47±1.53 ^c	-4.62±1.67 ^c	15.348 ^{***}
Springiness	0.83±0.02 ^a	0.81±0.02 ^b	0.80±0.02 ^{bc}	0.79±0.02 ^{cd}	0.79±0.02 ^d	23.444 ^{***}
Cohesiveness	0.49±0.02 ^a	0.45±0.03 ^b	0.43±0.04 ^c	0.42±0.04 ^{cd}	0.41±0.04 ^d	22.002 ^{***}
Gumminess (g)	365.45±65.93 ^c	477.77±71.99 ^b	517.25±83.81 ^{bc}	528.30±75.86 ^a	556.55±92.79 ^a	23.325 ^{***}
Chewiness (g)	304.75±53.86 ^c	387.77±59.89 ^b	416.42±70.42 ^{ab}	419.90±61.61 ^{ab}	442.14±79.93 ^a	17.165 ^{***}

¹⁾Con, muffin with 0% *Orostachys japonicus* powder; O3, 3% muffin with 3% *Orostachys japonicus* powder; O5, muffin with 5% *Orostachys japonicus* powder; O7, muffin with 7% *Orostachys japonicus* powder; O9, muffin with 9% *Orostachys japonicus* powder.

²⁾All values are mean±SD (n=25).

³⁾Different superscript letters (^{a-d}) within the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p<0.05$) ^{***} $p<0.001$.

수록 단단한 식감을 가지게 된다고 보고하였다(Cevera 등, 2013). 따라서 본 연구에서는 외송 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량과 부피가 감소해 경도가 증가하였다고 생각된다. 부착성은 CON -2.04, 외송 분말 첨가군은 -3.34~4.62로 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 7%와 9% 첨가군 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.001$). 울피 가루 첨가 찐머핀(Choi 등, 2024) 연구에서도 첨가량이 증가함에 따라 부착성이 증가하여 본 연구와 유사한 결과가 나타났다. 탄력성은 CON 0.83, 첨가군은 0.79-0.81로 측정되었으며($p < 0.01$), 응집성은 CON 0.49, 첨가군 0.41-0.45로 측정되어 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 탄력성의 경우 첨가되는 시료의 특성에 따라 달라진다고 보고되었으며(Yoon, 2022), 본 연구에서는 외송 분말이 머핀의 탄력성 감소에 영향을 주었다고 생각된다. 겉섬성은 CON 365.45, 첨가군 477.77-556.55로 나타나 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 매생이 가루(Seo 등, 2012), 현미분말(Jung과 Cho, 2011) 첨가 머핀 연구에서도 첨가량이 증가함에 따라 겉섬성이 증가하여 본 연구와 유사한 결과가 나타났다. 씹힘성은 CON 304.75, 첨가군 387.77-442.14로 나타나 외송 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 경도, 탄력성, 응집성의 3개의 기본 변수로부터 파생되는 이차적 특성인 씹힘성은 특히 경도와 깊은 상관관계를 가지고 있다고 보고되었으며(Kim 등, 2020), 본 연구에서 외송 분말 첨가량 증가에 따라 경도가 증가하는 경향을 보인 것과 같이 씹힘성도 증가하는 경향을 보였다.

3.5. 페놀화합물 및 항산화 활성

3.5.1. 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포된 2차 대사산물로 phenolic hydroxy기를 가져 단백질 등과 같은 거대분자들과 결합하는 성질을 가지고 있어 항산화와 항균 효과 등 생리활성 기능을 한다(Ahn 등, 2015). 페놀화합물은 수산기의 존재로 공명 안정화된 구조를 가져 항산화 반응에 직접적으로 기여한다고 보고되었다(Jang 등, 2008). 본 연구에 사용된 외송 분말의 항산화 활성은 Table 4에 나타내었다. 총폴리페놀과 총플라보노이드 함량은 각각 49.39 mg GAE/g, 24.09 mg QE/g이고, 외송 머핀의 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 2에 나타내었다. 머핀의 총폴리페놀 함량은 대조군인 CON이 64.45 mg GAE/100 g이고, 외송 분말 첨가군은 O3, O5, O7, O9순으로 79.78, 90.12, 100.95, 111.85 mg GAE/100 g으로 측정되었

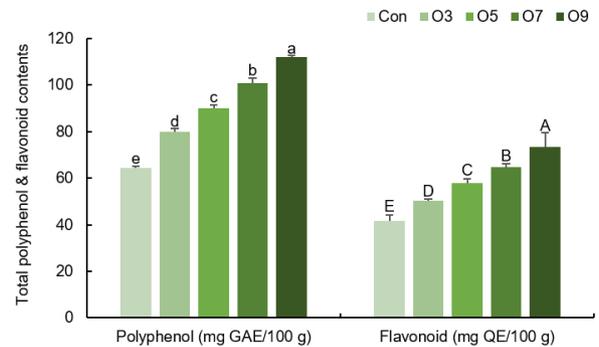


Fig. 2. Total polyphenol and flavonoid contents of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder. Values (mean±SD, n=3) with different letters (a-c) (A-E) on the bars of polyphenol (mg TAE/100 g) and flavonoid (mg QE/100 g) contents indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.001$).

고($p < 0.001$), 총플라보노이드 함량은 100 mg/mL에서 CON이 41.78 mg QE/100 g, 외송 분말을 첨가한 O3, O5, O7, O9에서 각각 50.45, 57.78, 64.78, 73.28 mg QE/100 g으로 나타나, 첨가량이 증가함에 따라 총폴리페놀 및 총플라보노이드 함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 외송에서 구조가 밝혀진 polyphenol류에는 gallic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, 4-hydroxybenzoic acid, methyl gallate와 같은 4종류의 벤조산 유도체와 4종의 페놀산류가 있으며, flavonoid류에는 quercetin, kaempferol, kaempferol-3-O-β-D-galactoside, kaempferol-3-O-β-D-glucoside 등 8종이 있다고 보고되었다(Yu 등, 2006). 따라서 본 연구에서는 외송에 함유된 polyphenol 및 flavonoid 화합물이 머핀의 항산화 반응에 직접적으로 기여해 외송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 총폴리페놀 및 플라보노이드의 함량이 증가한 것으로 생각된다.

3.5.2. DPPH-ABTS⁺ radical 소거활성 및 환원력

DPPH는 안정한 free radical로 산화방지 물질로부터 수소나 전자를 제공받으면 비라디칼로 전환되어 흡광도가 변화하는 원리이다(Lee 등, 2007). DPPH radical 소거활성은 짙은 보라색에서 노란색으로 탈색되는 항산화능 측정법으로 환원되는 능력이 클수록 높은 항산화 활성을 나타낸다(Blois, 1958; Gulcin 등, 2005). 외송 머핀의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3에 나타내었다. 외송 분말의 DPPH radical 소거활성은 0.05 mg/mL에서 53.43%로 나타났으며, 머핀은 10 mg/mL에서

Table 4. Total polyphenol content, total flavonoid content and DPPH-ABTS⁺ radical scavenging activities of *Orostachys japonicus* powder

Polyphenol (mg GAE/g)	Flavonoid (mg QE/g)	DPPH (%)	ABTS ⁺ (%)	Reducing power
49.39±2.19	24.09±0.70	53.43±2.27	52.83±0.36	0.58±0.01

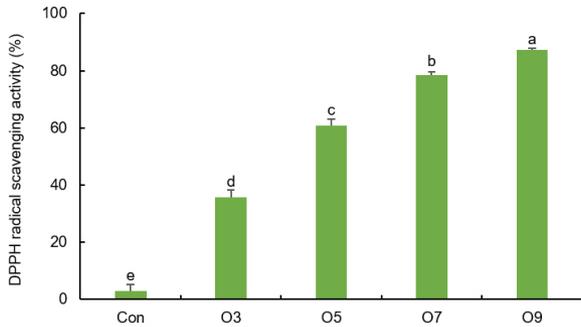


Fig. 3. DPPH radical scavenging activities of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder. Values (mean±SD, n=3) with different letters (^{a-c}) on the bars indicate significant differences of DPPH radical scavenging activities by Duncan's multiple range test ($p<0.001$).

CON 2.84%, 와송 분말 첨가군 O3, O5, O7, O9은 각각 35.60, 60.92, 78.35, 87.34%로 와송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 와송 머핀의 DPPH radical 소거활성이 유의적으로 증가하였다 ($p<0.001$). Polyphenol 함량의 증가에 따라 free radical 소거능이 증가된다고 알려져 있으며(Jin 등, 2016), 본 연구에서도 총 페놀 화합물의 결과와 DPPH radical 소거활성의 결과가 같은 경향을 보이며 증가한 것으로 생각된다.

ABTS⁺ radical 소거활성은 추출물의 항산화력에 의해 ABTS⁺가 소거되면서 radical의 색인 청록색이 탈색되는데 이를 흡광도 값으로 나타내는 측정법으로 반응이 빠르고 극성과 비극성 물질에 모두 반응한다(Huang 등, 2005; Yu 등, 2006). 와송 머핀의 ABTS⁺ radical 소거활성은 Fig. 4에 나타내었다. 와송 분말의 ABTS⁺ radical 소거활성은 0.05 mg/mL에서 52.83%로 나타났다. 머핀은 50 mg/mL에서 CON 9.52%, 와송 분말 첨가군 O3, O5, O7, O9는 각각 16.70, 30.89, 55.73, 68.83%로 3% 첨가군은 대조군과 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 첨가량이 증가함에 따라 ABTS⁺ radical 소거활성이 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거활성은 polyphenol 화합물의 양에 따라 증가하여 DPPH radical 소거활성과 ABTS⁺ radical 소거활성은 서로 상관관계를 갖는다고 알려져 있다(Jang 등, 2012). 본 연구에서도 머핀의 폴리페놀 화합물의 양이 증가함에 따라 DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거활성이 같은 경향을 보이며 증가한 것으로 확인되었다.

와송 머핀의 환원력은 Fig. 5에 나타내었다. 환원력은 항산화 활성 중 유기기와 활성산소종에 전자를 공여하는 능력으로 Fe³⁺를 Fe²⁺로 환원시키는 능력을 측정하고 환원력이 높은 경우 짙은 녹색과 높은 흡광도 값을 보인다(Go 등, 2023). 와송 분말의 환원력은 1 mg/mL에서 0.58로 측정되었고, 머핀의 환원력은 10 mg/mL에서 CON 0.06, 와송 분말 첨가군 O3, O5,

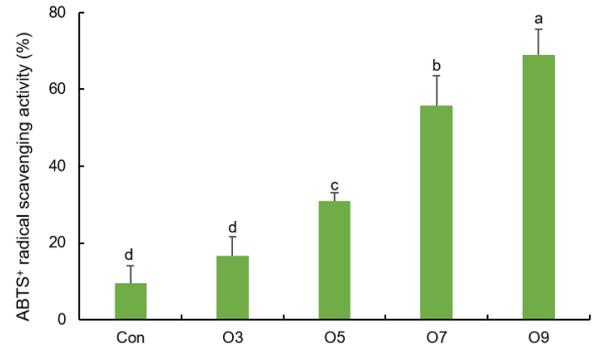


Fig. 4. ABTS⁺ radical scavenging activities of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder. Values (mean±SD, n=3) with different letters (^{a-c}) on the bars indicate significant differences of ABTS⁺ radical scavenging activities by Duncan's multiple range test ($p<0.001$).

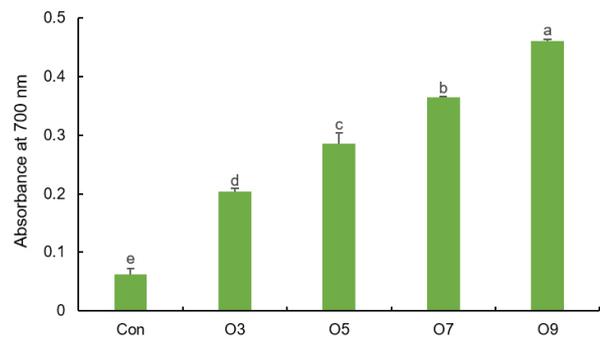


Fig. 5. Reducing power of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder. Values (mean±SD, n=3) with different letters (^{a-c}) on the bars indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p<0.001$).

O7, O9는 각각 0.20, 0.29, 0.36, 0.46으로 와송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). Lee 등 (2009) 연구에서 환원력과 페놀 함량은 상관관계가 높으며, 와송에 있는 페놀 성분이 활성산소에 전자 및 수소를 공여하여 활성산소 사슬을 파괴해 환원력이 높게 측정된다고 보고하였고, 본 연구에서도 환원력과 페놀 화합물의 결과가 유사한 경향을 보여 환원력이 페놀 성분의 영향을 받아 높아진 것으로 생각된다.

3.5.3. 항산화 활성 간의 상관관계

와송 분말 첨가 썰머핀의 항산화 활성 간의 상관관계 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 총폴리페놀 함량은 총플라보노이드 함량과 $r=0.954(p<0.01)$, DPPH와 $0.982(p<0.01)$, ABTS⁺와 $0.941(p<0.01)$, 환원력과 $0.990(p<0.01)$ 로 정(+)의 상관관계가 나타났다. 총플라보노이드 함량은 DPPH와 $r=0.950(p<0.01)$,

Table 5. The correlation coefficients between antioxidant activities and muffins added with *Orostachys japonicus* powder

	Polyphenol	Flavonoid	DPPH	ABTS+	Reducing power
Polyphenol	1.000				
Flavonoid	0.954** ¹⁾	1.000			
DPPH	0.982**	0.950**	1.000		
ABTS+	0.941**	0.929**	0.919**	1.000	
Reducing power	0.990**	0.970**	0.984**	0.942**	1.000

¹⁾Significant differences among groups by linear regression analysis and correlation coefficient at **p<0.01.

ABTS⁺와 0.929(p<0.01), 환원력과 0.970(p<0.01)로 정(+)
의 상관관계가 나타났다. DPPH는 ABTS⁺와 r=0.919(p<0.01), 환
원력과 0.984(p<0.01)로 정(+)
의 상관관계가 나타났다. ABTS⁺
는 환원력과 r=0.942(p<0.01)로 정(+)
의 상관관계가 나타나 본
실험의 항산화 실험들은 모두 0.900 이상의 유의한 정(+)
의 상
관관계가 나타났다. 페놀성 물질은 항산화 활성과 다양한 생리
적 효능을 나타내며, 높은 상관관계를 가지고 있다고 보고하였
다(Kim 등, 2013). Park과 Jung(2014) 아로니아 분말 첨가 머
핀 연구에서도 머핀 항산화 활성의 주된 성분은 폴리페놀과 플
라보노이드의 작용으로 강한 상관성을 보여주고 있다고 보고
하였다. 따라서 와송 분말은 높은 항산화 활성을 가진 소재로
이를 첨가하여 항산화 활성과 기능성 성분을 증가시킨 제품을
개발할 수 있을 것으로 판단된다.

3.6. 기호도 및 특성 강도 평가

와송 쌀머핀의 기호도와 특성 강도 검사의 결과를 Table 6에
나타내었으며, 기호도 검사에서 외관 및 색, 향, 맛, 조직감, 기
호도 항목을 평가하였다. 외관은 제품의 색과 형태 등 외적의
모습을 통해 판단되는 것으로 5%와 7% 첨가군에서 각각 5.27,
5.15로 가장 높은 기호도 점수를 보였으며, 9% 첨가군이 4.38
로 가장 낮은 결과가 나타났다(p<0.05). 이는 와송 분말 함량이
9% 이상 첨가 시 머핀의 색도가 어두워지고 짙은 갈색빛을 나타
내며, 부피의 감소 등 외적 품질 감소에 따른 결과로 생각된다.
향과 맛은 와송 특유의 향과 맛이 영향을 주었을 것으로 생각되
며, 5%와 7% 첨가군에서 가장 높은 점수가 나타났다(p<0.01).
또한, 와송 분말을 9% 이상 첨가 시 머핀의 향과 맛에 부정적
인 영향을 줄 것으로 생각된다. 조직감은 기계로 측정된 경도와
씹힘성이 증가한 결과와 관련이 있으며, 가장 선호하는 정도는
5%와 7% 첨가군인 것으로 판단되며, 와송 분말이 9% 이상 첨
가된 머핀 섭취 시 단단한 식감을 느껴 낮은 선호도를 보인 것
으로 생각된다.

특성 강도 검사에서는 와송의 향, 촉촉함 정도, 떫은맛을 평
가하였다. 첨가량이 증가함에 따라 와송의 향과 떫은맛 정도가
높게 측정되었으나, 3% 첨가군까지는 유의적인 차이를 보이지

않았고, 5%와 7% 시료 간에서도 유의적인 차이는 나타나지 않
다가 O9에서 가장 높게 측정되었다(p<0.001). 머핀의 촉촉함
정도는 첨가량이 증가함에 따라 감소하였지만, O3까지는 유의
적인 차이가 없었으며 O9에서 가장 낮은 정도를 보였다. 와송
분말 첨가량이 증가함에 따라 와송의 향과 떫은맛 정도가 강해
지며, 수분감이 없고 단단한 식감을 형성해 와송 분말의 첨가량
이 높은 머핀에 대한 선호도가 떨어진 것으로 생각된다.

와송 첨가 콤포차(Jeon 등, 2022), 와송 차죽액 첨가 젤리
(Lee와 Jim, 2021) 연구에서도 와송의 첨가 시 전반적인 기호도
가 높아지는 경향을 보였으며, 본 실험에서도 쌀머핀에 와송을
첨가하였을 때 기호도가 증가하였다. 하지만, 와송 분말을 9%
이상 첨가하면 수분감 없이 단단한 식감을 가지고 와송 특유의
향과 떫은맛이 강하게 느껴 다시 기호도가 감소되었다고 생각
된다. 따라서 본 연구에서는 기능성 성분의 활용과 기호도 특성
을 고려했을 때 와송 분말을 5-7% 첨가가 우수한 품질의 머핀
을 만들 수 있을 것으로 판단된다.

4. 요약

본 연구에서는 와송 분말을 첨가한 머핀의 건강식으로서 기
능성을 확인하고 첨가량을 0%(Con), 3%(O3), 5%(O5), 7%
(O7), 9%(O9)로 달리하여 머핀의 품질 특성과 항산화 활성 및
기호도를 측정함으로써 최적의 첨가량을 제시하고 와송 첨가
식품에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 와송 쌀 머핀의 수
분함량은 와송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 수분함
량이 감소하였으나, O3은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않
았으며, O5, O7 및 O9는 시료 간 유의적인 차이가 나타나지
않았다. pH는 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으
며, 무게는 와송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가
하였지만, O7과 O9 시료 간 유의적인 차이는 없었다. 부피는
와송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향
이 나타났고, 비체적과 굽기손실률은 와송 분말 첨가량이 증가
할수록 유의적으로 감소하였다. 머핀의 색도는 첨가량이 증가할
수록 L값이 유의적으로 감소하였고(p<0.001), a값(+red/-green)

Table 6. Sensory evaluation of muffin with various levels of *Orostachys japonicus* powder

	Con ¹⁾	O3	O5	O7	O9	F-value
Acceptability						
Appearance	4.46±1.33 ^{b2)3)}	4.81±1.27 ^{ab}	5.27±0.67 ^a	5.15±0.73 ^a	4.38±1.33 ^b	3.349 [*]
Aroma	4.23±0.65 ^b	4.58±0.99 ^{ab}	4.85±0.54 ^a	4.81±0.98 ^a	4.12±0.91 ^b	4.104 ^{**}
Taste	4.42±0.50 ^b	4.77±1.07 ^{ab}	5.08±1.06 ^a	5.04±0.87 ^a	4.31±1.05 ^b	3.637 ^{**}
Texture	4.23±1.18 ^b	4.77±1.31 ^{ab}	5.23±0.99 ^a	5.08±1.26 ^a	4.12±0.95 ^b	4.891 ^{**}
Overall preference	4.46±1.17 ^{ab}	4.69±1.23 ^{ab}	5.08±1.13 ^a	5.00±1.39 ^a	4.08±1.13 ^b	2.963 [*]
Intensity						
Aroma of <i>Orostachys japonicus</i>	2.52±1.94 ^d	3.40±1.35 ^c	3.96±1.14 ^{bc}	4.72±1.06 ^b	5.76±1.33 ^a	19.619 ^{***}
Moistness	5.76±1.33 ^a	5.44±1.16 ^a	4.32±1.07 ^b	4.16±1.34 ^b	3.04±1.02 ^c	28.414 ^{***}
Astringency	1.68±1.03 ^c	2.32±0.90 ^c	3.60±1.53 ^b	3.88±1.51 ^b	5.36±1.60 ^a	20.858 ^{***}

¹⁾Con, muffin with 0% *Orostachys japonicus* powder; O3, 3% muffin with 3% *Orostachys japonicus* powder; O5, muffin with 5% *Orostachys japonicus* powder; O7, muffin with 7% *Orostachys japonicus* powder; O9, muffin with 9% *Orostachys japonicus* powder.

²⁾All values are mean±SD (n=26).

³⁾Different superscript letters (^{a-c}) within the same row indicate significant differences by Duncan's multiple range test (p<0.05) *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Rating scale: 1 (bad or weak) ↔ 7 (good or strong).

은 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, b값(+yellow/-blue)은 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하였지만, 외송 분말 첨가군 사이에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 조직감을 측정된 결과, 경도, 검성, 씹힘성은 유의적으로 증가하였고, 부착성, 탄력성, 응집성은 유의적으로 감소하였다. 폴리페놀, 플라보이드, DPPH 및 ABTS⁺ radical 소거활성, 환원력은 외송 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. 관능검사는 외관, 색, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서 5-7% 첨가군에서 높은 점수가 나타났으며, 9% 첨가군에서 가장 낮게 측정되었다. 특성강도 평가 항목인 외송의 향과 쓴맛의 정도에서는 외송 분말의 첨가량이 증가함에 따라 증가하였으며, 촉촉함 정도에서 감소하였다. 따라서 외송 분말을 5-7% 첨가하는 것이 머핀의 품질 특성과 기호도에 긍정적인 영향을 주고, 항산화 활성을 증가시킬 수 있어 바람직한 것으로 생각된다. 또한, 본 연구를 통해 외송 분말의 활용 가능성과 쌀 가공제품의 개발 가능성을 확인하였다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kim YJ, Choi JH. Methodology: Kim YJ, Choi JH, Choi HY. Formal analysis: Kim YJ, Choi JH, Kim SB, Hwang JM. Validation: Choi HY. Writing - original draft: Kim YJ. Writing - review & editing: Choi JH, Choi HY.

Ethics approval

This research was approved by IRB from the Kongju National University (KNU_IRB_2024-002).

ORCID

Ye-Ji Kim (First author)

<https://orcid.org/0009-0005-2511-3858>

Jin-Hee Choi (First author)

<https://orcid.org/0000-0001-9337-9272>

Soo-Bin Kim

<https://orcid.org/0009-0006-5254-970X>

Jung-Min Hwang

<https://orcid.org/0009-0000-7921-0841>

Hae-Yeon Choi (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-4569-7924>

References

AACC. Approved Methods of the AACC. 10th ed. American

- Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, Method 10-50D (2000)
- Ahn HY, Choe DJ, Cho YS. Antioxidant activity and chemical characteristics of *Orostachys malacophyllus* and fermented *Orostachys malacophyllus*. *J Life Sci*, 25, 557-584 (2015)
- Bae HJ, Ryu BM, Woo KS, Seo MC, Kim CS. Quality characteristics of muffins added with whole waxy sorghum flour. *Korean J Food Cookery Sci*, 28, 473-478 (2012)
- Bagheri R, Seyedein SM. The effect of adding rice bran fibre on wheat dough performance and bread quality. *World Appl Sci J*, 14, 121-125 (2011)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Cevera SM, Hera EDL, Sanz T, Gómez M, Salvador A. Effect of nutriose on rheological, textural and sensorial characteristics of Spanish muffins. *Food Bioprocess Technol*, 6, 1990-1999 (2013)
- Choi HY, Kim IB, Kin SB. Quality characteristics and antioxidant activity of rice muffins added with chestnut inner shell powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 53, 400-409 (2024)
- Choi KS, Kim SY. Quality characteristics and antioxidant activities of rice cookies with added black ginger (*Kaempferia parviflora*). *Culi Sci Hos Res*, 30, 18-27 (2024)
- Choi SY, Chung MJ, Sung NJ. Studies on the antioxidative ability of methanol and water extracts from *Orostachys japonicus* A. Berger according to harvest times. *Korean J Food Nutr*, 21, 157-164 (2008)
- Choi SY, Kim JG, Sung NJ. Studies on physicochemical characteristics and NDMA formation of *Orostachys japonicus* A. Berger. *Korean J Food Nutr*, 21, 148-156 (2008)
- Giri NA, Gaikwad P, Gaikwad NN, Manjunatha N, Krishnakumar T, Kad V, Raigond P, Suryavanshi S, Marathe RA. Development of fiber-enriched muffins using pomegranate peel powder and its effect on physico-chemical properties and shelf life of the muffins. *J Sci Food Agric*, 104, 2346-2358 (2024)
- Go ES, Choi HY, Choi JH. Quality characteristics and antioxidant activity of jeungpyeon prepared with cheese pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 52, 403-413 (2023)
- Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* Decne. *J Ethnopharmacol*, 101, 287-293 (2005)
- Heo YN, Kim NJ, Lee JW, Moon BK. Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical-chemical properties, and consumer acceptance. *Food Sci Nutr*, 7, 1778-1785 (2019)
- Hong JY. Quality characteristics of muffin added with *Elaeagnus multiflora* powder. *Korean J Food Preserv*, 26, 74-82 (2019)
- Huang D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J Agric Food Chem*, 53, 1841-1856 (2005)
- Hwang SY, Choi SK. Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). *Korean J Culin Res*, 21, 104-115 (2015)
- Jang MR, Hong EY, Cheong JH, Kim GH. Antioxidative components and activity of domestic *Cirsium japonicum* extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 739-744 (2012)
- Jang SH, Yu EA, Han KS, Shin SC, Kim HK, Lee SG. Changes in total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity of *Agrimonia pilosa* according to harvest time and various part. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 16, 397-401 (2008)
- Jeon JY, Kim MH, Han YS. Quality characteristics and antioxidant activities of kombucha added with *Orostachys japonicus* during fermentation. *Food Eng Prog*, 26, 247-256 (2022)
- Jin DH, Kim HS, Seong JH, Chung HS. Comparison of total phenol, flavonoid contents, and antioxidant activities of *Orostachys japonicus* A. Berger extracts. *J Environ Sci Int*, 25, 695-703 (2016)
- Jun HI, Oh HH, Ga DS, Jo SW, Yim EJ, Jeong DY, Kim YS, Song GS. Quality characteristics and functional evaluation of *Cheonggukjang* added with *Orostachys japonicus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 47, 536-542 (2018)
- Jun HI, Yoo SH, Song GS, Kim YS. Bread-making properties of rice bread added with naked oat flours. *Korean J Food Preserv*, 26, 68-73 (2019)
- Jung DJ, Choe TB. Antioxidant activities and anti-aging effects of *Orostachys japonicus* A. berger extracts. *KOCS*, 33, 361-373 (2016)
- Jung KI, Cho EK. Effect of brown rice flour on muffin quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 986-992 (2011)
- Kim BD. Physiological characteristics and baking properties of *Orostachys japonicus* A. berger extract. MS Thesis, Daegu Catholic University, Korea (2011)
- Kim DS, Choi BB, Kim YS. The Effect of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) flour addition on physical properties and retarding retrogradation by shelf-life of muffin. *Culi Sci Hos Res*, 26, 150-163 (2020)
- Kim EJ, Lee JH. Qualities of muffins made with jujube powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1792-1797 (2012)
- Kim HS, Kim MS, Kim SH, Yun KW, Song JH. Analysis of total phenolic content and antioxidant activity from fruits of *Vaccinium oldhamii* Miq. *J Korean For Soc*,

- 102, 566-570 (2013)
- Kim JM, Lee MH, Lee JS. Quality characteristics of sausage prepared with *Orostachys japonicus* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 47, 1036-1043 (2018)
- Kim MH. Quality characteristics of muffin added with *Taraxacum coreanum* powder. Culi Sci Hos Res, 28, 13-21 (2022)
- Kim OH. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Orostachys japonicus* juice. MS Thesis, Woosong University, Daejeon, Korea, p 21-31 (2013)
- Kim SH, Lee WK, Choi CS, Cho SM. Quality characteristics of muffins with added acorn jelly powder and acorn ethanol extract powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 369-375 (2012)
- Kim WM, Yoon KH, LEE GH. Properties of gluten-free rice muffins with added processed rice flour. J Korean Soc Food Sci Nutr, 49, 502-210 (2020)
- Kim YK, Jeong SL, Cha SH, Yi JY, Kim DI, Yoo DI, Hyun TK, Jang KI. Quality and antioxidant properties of muffin added with 'Fuji' apple pomace powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 48, 319-327 (2019)
- Kim YY, Jeong DY, Chung HJ. Effect of processing method on quality characteristics of gluten-free rice cookies containing legume flours. Korean J Food Sci Technol, 50, 504-510 (2018)
- Ko DY, Hong HY. Quality characteristics of muffins containing bokbunja (*Rubus coreus* Miquel) Powder. J East Asian Soc Dietary Life, 21, 863-870 (2011)
- Ko SH, Seo EO. Quality characteristics of muffins containing purple colored sweetpotato powder. J East Asian Soc Dietary Life, 20, 272-278 (2010)
- Lee JA. Quality characteristics and antioxidant properties of muffin added with freeze dried ramie leaf powder. Culi Sci Hos Res, 29, 1-8 (2023)
- Lee JE, Shin GM, Jeong HS. The quality characteristics of rice English muffin added with *Tenebrio molitor* powder. Culi Sci Hos Res, 29, 61-69 (2023)
- Lee JY, Jin SY. Quality and antioxidant properties of jelly according to addition of *Orostachys japonicus*. Korean J Food Nutr, 34, 15-25 (2021)
- Lee MJ, Hwang ES. Quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cake with added green tea powder. Korean J Food Sci Technol, 48, 354-360 (2016)
- Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, Lee CJ, Ahn DH. Antioxidant activity of leaf, stem and root extracts from *Orostachys japonicus* and their heat and pH stabilities. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1571-1579 (2009)
- Lee WG, Lee JA. Quality characteristics of muffins prepared with yacon powder. Korean J of Culinary Res, 20, 14-26 (2014)
- Lee YU, Huang GW, Liang ZC, Mau JL. Antioxidant properties of three extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. LWT-Food Sci Technol, 40, 823-833 (2007)
- Lim SM, Park HJ, Cho YJ. Antioxidative and biological activity of extracts from *Orostachys japonicus*. J Appl Biol Chem, 60, 293-300 (2017)
- Oh HA, Kim MY, Lee YJ, Song MS, Lee CK, Lee YR, Lee J, Jeong HS. Quality characteristics of rice bread with different cultivars and milling methods. Korean J Food Sci Technol, 50, 492-498 (2018)
- Oyaizu M. Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn J Nutr, 44, 307-315 (1986)
- Park HJ, Chung HJ. Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. Korean J Food Preserv, 21, 668-675 (2014)
- Park JH. Quality characteristics of rice pound ball cake according to addition of chickpea powder. Culi Sci Hos Res, 27, 94-103 (2021)
- Seo EO, Kim KO, Ko SH, Park JH, Han EJ, Cha KO, Ko EH. Quality characteristics of muffins containing maesangi powder abstract. J East Asian Soc Dietary Life, 22, 414-421 (2012)
- Seo EO, Ko SH. Quality characteristics of muffins containing beet powder. Culi Sci Hos Res, 20, 27-37 (2014)
- Shin DS, Lee EC, Choi JY, Oh SK, Park HY. Comparative analysis of quality properties by the particle size of rice flours according to cultivars. Korean J Food Nutr, 30, 635-643 (2017)
- Siddhuraju P, Becker K. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. Food Chem, 101, 10-19 (2007)
- Song KY, O H, Zhang Y, Joung KY, Kim YS. Effects of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf powder on quality characteristics, antioxidant activities, and retarding retrogradation by shelf-life of sponge cake. Korean J Food Nutr, 29, 930-937 (2016)
- Swain T, Hillis WE. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. J Sci Food Agric, 10, 63-68 (1959)
- Um HJ, Kim GH. Studies on the flavonoid compositions of *Elsholtzia* spp. Korean J Food Nutr, 20, 103-107 (2007)
- Um IC, Yoo YJ. Mechanical properties of rice noodles when adding cellulose ethers. Curr Res Agric Life Sci, 31, 177-181 (2013)
- Yoon JA. Quality characteristics of muffins added with *Suaeda japonica* powder. J East Asian Soc Diet Life, 31, 311-319 (2021)
- Yoon JA. Quality characteristics of muffins supplemented with *Porphyra dentata* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 51, 1066-1073 (2022)
- Yoon JC, Park HS, Han JH. Quality characteristics of

- muffins with garlic peel powder and antioxidant. Culi Sci Hos Res, 29, 43-53 (2023)
- Yu EA, Lee SJ, Lee SG, Kang JH, Shin SC. Total phenol contents and antioxidant activity in *Orostachys japonicus* A. berger grown under various cultivation conditions, Korean J Medicinal Crop Sci, 14, 234-238 (2006)
- Yu MY. Antioxidant activities and quality characteristics of pork patties added with *Orostachys japonicus* powder. MS Thesis, Sookmyung Women's University, Korea, p 56-57 (2020)
- Yu MY, Kim MH, Han YS. Effects of drying temperature on antioxidant and antidiabetic activities of *Orostachys japonicus*. Korean J Food Cook Sci, 38, 227-234 (2022)
- Yun CS, Kim HA, Kim YS. Quality characteristics of muffin added with Makgeolli lees. Culi Sci Hos Res, 21, 198-211 (2015)