



## 안정화 미강 첨가에 따른 마들렌의 품질 특성

정하연<sup>1</sup> · 심도현<sup>1</sup> · 한나련<sup>2</sup> · 이경미<sup>1</sup> · 신정규<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>전주대학교 조리-식품산업학과, <sup>2</sup>전주대학교 한식조리학과

## Quality characteristics of madeleines with added stabilized rice bran

Hayeon Jeong<sup>1</sup>, Do Hyun Shim<sup>1</sup>, Na Ryeon Han<sup>2</sup>, Gyeong Mi Lee<sup>1</sup> and Jung-Kue Shin<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Culinary and Food Industry, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

<sup>2</sup>Department of Korean Cuisine, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

### Abstract

In this study, we aimed to compare the quality characteristics of madeleines prepared by substituting wheat flour with stabilized rice bran (SRB) at levels of 0-40%, and evaluated physicochemical properties and consumer acceptability to investigate sensory characteristics. Volume and baking loss significantly increased, whereas the moisture content significantly decreased with increasing SRB substitution levels ( $p < 0.05$ ). Concerning color, the  $L^*$  value significantly decreased, whereas the  $a^*$  and  $b^*$  values significantly increased with an increasing SRB content ( $p < 0.05$ ). In the texture profile analysis, hardness significantly decreased with higher SRB levels. Moreover, both gumminess and chewiness displayed significant reduction in proportion to the SRB content. In the consumer acceptability test, the control group exhibited the highest score for appearance (7.91±1.25), while the appearance scores of SRB-added samples decreased with an increasing SRB content, suggesting that darker colors negatively influenced consumer preference. However, the SRB 30% group yielded the highest scores in grain flavor and overall acceptability (6.00±2.16 and 6.53±1.68, respectively). Based on the combined results of quality characteristics and consumer evaluation, we determined 30% SRB substitution the most suitable level for madeleine formulation.

**Keywords:** Madeleines, Stabilized rice bran, Upcycling, Quality characteristics

## 서론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물로 불리는 데 옥수수는 주로 사료용으로 소비되고 쌀과 밀은 주식으로 삼는 곡물이며 그 중 쌀은 아시아에서 가장 높은 소비량을 보이고 있다. 쌀은 탄수화물로서 에너지 공급뿐만 아니라 단백질, 비타민, 미네랄을 함유하고 있어 영양적으로도 우수하다. 도정(搗精)은 곡식의 겉질을 벗겨 낱알을 얻는 과정으로 일반적으로 소비되는 쌀 형태인 백미는 벼에서 겨층을 제거하는 도정 과정을 거쳐야 하는데 비타민 B<sub>1</sub>의 경우 주로 배아와 겨층에 상당량 함유되어 있어 전반적으로 쌀에 있는 영양소는 도정 시 제거된다(Shin et al., 2021). 이러한 쌀

은 도정율에 따라 쌀을 부르는 이름이 달라지는데 과피, 종피, 쌀눈, 호분층이 남아있는 정도에 따라 현미, 5분 도미, 7분 도미, 9분 도미, 백미로 분류되며(Lee et al., 2016) 도정 과정 중 발생하는 부산물은 미강이라 부른다.

미강은 비타민, 단백질, 식이섬유 등의 주요성분으로 이루어져 있으며 항산화성이 우수하여(Ham et al., 2016) 건강식품으로도 이용되며 미강을 가공하여 만드는 미강유는 발연점이 높아 산패에 강하고, oryzanols, vitamin E, phenolics이 다량 함유되어(Gyeong et al., 2013) 고급 식용유로 분류되기도 한다. 그러나 식품 소재로서의 활용도가 낮아 미강의 국내 연간 생산량은 약 40만 톤임에도 불구하고 이 중 30%는 미강유로 소비되며 나머지는 가축의 사료나 비

Received: Nov 05, 2025 / Revised: Nov 08, 2025 / Accepted: Nov 10, 2025

Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

E-mail: sorilove@jj.ac.kr

Copyright © 2025 Korean Society for Food Engineering.

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

료로 사용되거나 폐기 처리되고 있다(Park, 2013). 곡식의 겨층에는 주로 지방이 다량 존재하는데 미강의 경우, lipase에 의한 산패로 인하여 저장이 어렵고 이를 방지하기 위해 압출성형(Kim et al., 1997)이나 건열처리를 통해 냉각시켜 지질 가수분해효소의 활성을 억제한 후 안정화하여 제조하는 방법(Humeal, 2015) 등이 연구되고 있다. 본 연구에서 사용된 안정화 미강은 110~115℃에서 30분간 건열처리를 통해 안정화시켰다. 미강을 적용한 연구로는 쿠키(Jang et al., 2010), 가래떡(Choi, 2013), 바게트(Hwang et al., 2014), 식빵(Shin et al., 2017), 절편(Jeon et al., 2019), 브라우니(Baek et al., 2023) 등이 있으나 안정화 미강에 대한 연구는 미비한 실정이다.

마들렌은 프랑스 북동부에서 유래한 디저트로 식사대용이나 간식으로 소비되며(Jun, 2019) 정확한 유래에 대해 밝혀진 바는 없으나 조개 모양의 외형과 중심이 볼록한 타원 모양이 특징으로 특유의 버터향과 촉촉한 질감을 가지고 있는 제과류이다(Song et al., 2023). 그리고 식감이 부드러워 노인층에서도 선호되며 선물용으로도 판매되고 있다(Kim et al., 2016a). 마들렌에 대한 연구는 지속적으로 진행되고 있으며 약재를 활용한 연구로는 유기농 인삼 잎을 첨가한 마들렌(Kim et al., 2016b), 진피가루를 첨가한 마들렌(Kang & Chung, 2020)이 있으며 기능성 부재료를 첨가한 연구로는 렌틸콩 분말을 첨가한 마들렌(Bae et al., 2016), 강황분말을 첨가한 마들렌(Jun, 2019), 홍계 다릿살 분말을 첨가한 마들렌(Kim et al., 2016a)이 있고 과일 유래 부재료를 첨가한 연구로는 굴피 분말을 첨가한 마들렌(Yoon, 2024), 타트체리 분말을 첨가한 마들렌(Yoon et al., 2024a) 등 제품 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 다양한 기능성 이점을 가지고 있지만 활용되지 못하여 폐기되는 미강의 이용을 증진시키기 위해 제과 제품 중 수요가 많은 마들렌에 접목시켜 첨가량을 달리하여 제조하고, 안정화 미강 함량에 따른 마들렌의 품질 특성, 항산화성, 소비자 기호도를 확인하여 미강의 식품 소재로서의 활용성을 평가하고 베이커리 제품으로서의 부가가치를 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 안정화 미강은 아이엔비솔루션즈(INB, Jeonju, Korea)에서 제공한 것을 사용하였다. 마들렌의 재료는 버터(Seoul Dairy Co-op., Ansan, Korea), 박력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Incheon, Korea), 계란(Poonglim Food Co., Ltd., Jincheon, Korea), 베이킹 파우더(Kitora Foods Co., Ltd., Yangsan, Korea), 소금(Hanju Salt Co., Ltd., Ulsan, Korea)을 사용하였다.

### 마들렌의 제조

마들렌의 제조는 한국산업인력공단에서 주관하는 제과기능사의 마들렌 제조법을 참고하였으며, 예비 실험을 통해 안정화 미강의 첨가율을 정하였다(Song et al., 2023). 안정화 미강은 0%, 10%, 20%, 30% 및 40% 비율로 첨가하였다. 안정화 미강을 첨가한 마들렌의 배합비는 Table 1, 제조방법은 Fig. 1과 같다. 계란에 설탕을 3차례에 나누어 넣어 핸드믹서(SKHM5110EWH, KitchenAid, Co. Ltd., Benton Harbor, MI, USA)를 이용하여 2단에서 2분간 섞어주고 2회 반복하였다. 설탕을 섞은 후 3단에서 2분간 교반하고, 35℃의 중탕한 버터를 넣어 1단에서 1분간 혼합하였다. 박력분, 베이킹 파우더, 소금은 35 mesh 표준망 체(Cheonggye Industrial, Mfg. Co., Seoul, Korea)에 내려 혼합물에 넣고 1단에서 1분간 혼합하였다. 완성된 반죽은 짚주머니에 넣어 4℃의 냉장고에서 1시간 휴지하였다. 휴지가 끝난 반죽은 마들렌 틀에 23 g씩 담아 윗불 165℃, 아랫불 150℃로 예열한 오븐(DHO2-21, Daehung Softmill Co. Ltd., Gwangju, Korea)에 12분 구운 후 팬을 뒤집어 6분간 구워 완성하였다. 완성된 마들렌은 실온에서 1시간 방냉한 후 식품 포장용 폴리에틸렌 백에 담아 실험에 사용하였다.

### 무게, 부피 및 비용적 측정

마들렌의 무게는 오븐에서 굽고 난 후 실온에서 1시간 방냉한 후 디지털 저울(MWII-3000N, CAS, Yangju, Korea)을 사용하여 측정하였으며 각 시료 당 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

부피는 종자치환법으로 측정하였다. 플라스틱 용기에 좁쌀을 채워 부피를 측정하고, 플라스틱 용기에 마들렌을 넣고 좁쌀로 채운 뒤 수평이 되게 깎은 후 남은 좁쌀은 메스실린더에 담아 부피를 측정하였으며 각 시료 당 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

비용적은 마들렌의 부피를 무게로 나눈 값(mL/g)으로 각 시료 당 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Table 1. Preparation of madeleine with stabilized rice bran addition

Ingredient (g)	Control	SRB 10 <sup>1)</sup>	SRB 20	SRB 30	SRB 40
Soft flour	100	90	80	70	60
SRB <sup>2)</sup>	0	10	20	30	40
Butter	100	100	100	100	100
Egg	100	100	100	100	100
Baking powder	2	2	2	2	2
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total (g)			302.5		

<sup>1)</sup>SRB n, madeleine with n% SRB.

<sup>2)</sup>SRB, stabilized rice bran.

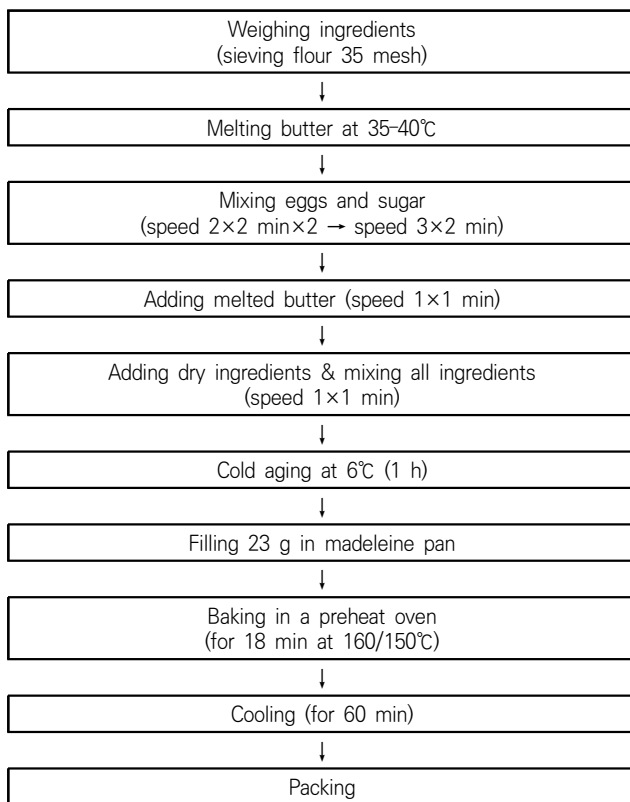


Fig. 1. Process of making madeleines with varying amounts of stabilized rice bran.

### pH, 수분함량 및 굽기손실을 측정

pH는 filter sterilization pack (BNF-1523FW, BNF Korea, Co., Ltd., Kimpo, Korea)에 마들렌 5 g과 증류수 45 mL를 넣어 stomacher lab blender (Bagmixer 400VW, Interscience, Saint Nom, France)로 speed 4에서 2분간 균질화시킨 후 pH meter (Docu-pH Meter, Sartorius, Gottingen, Germany)를 이용하여 각 시료 당 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

수분함량은 시료 1 g을 수분측정기(MA34, Sartorius AG., Laupheim, Germany)를 이용하여 측정하였고, 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

굽기손실률(baking loss rate)은 굽기 전 반죽의 무게와 완성된 마들렌 무게를 측정한 후 아래의 식을 이용하여 계산하였다. 각 시료 당 총 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \left( \frac{W_d - W_b}{W_d} \right) \times 100$$

$W_d$  = Weight of batter before baking (g)

$W_b$  = Weight of madleine after baking (g)

### 색도 측정

마들렌의 색도는 색차계(CM-5, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L값(명도, lightness), a값(적색도, redness)과 b값(황색도, yellowness)을 측정하였다. 이때 사용된 표준 백색판(standard plate)의 값은  $L=96.86$ ,  $a=0.67$ ,  $b=1.44$ 이었으며, 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

### DPPH 및 ABTS free radical 소거 활성 측정

DPPH 라디칼 소거 활성(radical scavenging activity) 측정 방법은 다음과 같이 진행하였다(Yoon, 2024) 시료는 마들렌 10 g과 95% 에탄올 20 mL을 filter bag에 담아 stomacher로 speed 4에서 2분간 균질화한 후 4,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 4  $\mu\text{m}$  정성여과지에 여과하여 사용하였다. Snap tube에 시료 2,000  $\mu\text{L}$ , 0.2 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액 2,000  $\mu\text{L}$ 을 반응시킨 후 상온의 암실 조건에서 30 분간 반응시켰다. 분광광도계(Optizen 2020UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 517 nm 파장에서 측정하였으며, 아래 식을 통하여 DPPH 라디칼 소거능 값을 산출하였다.

$$\text{DPPH RSA (\%)} = 1 - \left( \frac{\text{OD of sample}}{\text{OD of control}} \right) \times 100$$

ABTS (2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-dulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.) 라디칼 소거 활성은 다음과 같이 진행하였다(Arnao et al., 1999; Yoon, 2024). 시료는 마들렌 5 g과 증류수 30 mL을 filter bag에 담아 stomacher로 speed 4에서 2분간 균질화한 후 4,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 4  $\mu\text{m}$  정성여과지에 여과하여 사용하였다. 7.4 mM ABTS와 2.6 mM potassium persulfate 용액을 동일 비율로 혼합하여 빛이 없는 상온에서 24시간 반응시켜 ABTS stock solution을 제조하였다. Phosphate buffer saline (PBS, pH 7.4)으로 희석한 ABTS stock solution을 734 nm에서 흡광도가  $0.70 \pm 0.02$ 가 되도록 조정한 이후 ABTS working solution으로 사용하였다. ABTS working solution 3,200  $\mu\text{L}$ 와 시료 640  $\mu\text{L}$ 를 혼합하여 상온의 암실 조건에서 20분간 반응시킨 후 파장 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 다음의 식으로 산출하였다.

$$\text{ABTS RSA (\%)} = 1 - \left( \frac{\text{OD of sample}}{\text{OD of control}} \right) \times 100$$

### 조직감 측정

마들렌의 조직감은 texture analyzer (TAXT Express-Enhanced,

Stable Microsystems Ltd., Godalming, UK)를 이용하여 측정하였다. 마들렌의 가로, 세로, 높이 길이가 2×2×2 cm인 정육면체가 되도록 자른 후 경도(hardness), 탄력성(springiness), 겉성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 탄성(resilience)을 측정하였다. 사용한 probe는 SMS P/25이었으며, 측정 조건은 option TPA (texture profile analysis), pre-test speed 3.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, distance 50 mm, strain 30.0%, time 3.0 s, trigger Force 4.0 g으로 하여 측정하였다. 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

## 기호도 평가

소비자 기호도 평가는 감각 평가를 희망하는 조리 전공의 학부생 31명을 대상으로 진행하였다. 마들렌에 세가지 난수표를 랜덤으로 부여한 뒤 흰색 일회용 접시에 담아 제시하였다. 기호도 평가를 진행하기 전 실험의 목적과 주의사항에 대해 설명하였으며 평가 시 시료 간의 혼동을 방지하기 위해 입안을 헹굴 수 있는 생수를 제공하여 진행하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 향(flavor), 질감(texture), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptability)였으며 9점 척도법을 이용하여 평가하였다(1: 매우 싫다, 9: 매우 좋다). 본 연구는 전주대학교 생명윤리위원회의 심의를 받아 실시하였다(IRB no: jjIRB- 250925-HR-2024-0701).

## 통계 처리

실험 결과는 SPSS Version 29.0 package program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 유의성 검정은 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 각 평균값의 유의성은 모두  $p<0.05$  수준으로 Duncan's multiple range test에 의해 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 무게, 부피 및 비용적 측정

안정화 미강의 함량을 달리한 마들렌의 무게, 부피 및 비용적 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 마들렌의 무게는 대조군이  $21.26\pm0.56$ 으로 가장 높은 값을 나타냈고 SRB 40이  $20.20\pm0.55$ 으로 가장 낮은 값을 띄었으며 안정화 미강의 함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $p>0.05$ ). 이는 미강이 글루텐의 결합을 방해하여 수분 보유 능력을 감소시켰기 때문에 무게 또한 감소되었다고 생각된다(Shim et al., 2019).

반죽의 부피는 오븐에서 굽는 과정 중 고열에 의해 반죽의 팽창과 반죽 내부의 수분이 증발되며 구조적인 변화가 일어나게 되는데 팽창하는 정도와 굽기손실률에 영향을 받는다(Jeong & Yoo, 2010). 안정화 미강 함량이 제일 높은 SRB 40이  $47.67\pm0.58$ 으로 가장 높은 값을 띄었으며 함량에 비례하여 유의적으로 증가하여 미강 분말을 첨가한 파운드 케이크(Jang et al., 2010), 렌틸콩 분말을 첨가한 마들렌(Bae et al., 2016)과 유사한 경향을 나타냈는데 이는 미강이 밀가루에 비해 질량 당 단위부피가 큰데(Begum et al., 2018), 본 연구에서는 밀가루 함량 대비 안정화 미강을 첨가하여 마들렌을 제조하였고 결과적으로는 함량에 비례하여 마들렌의 부피가 증가하였다고 판단된다. 또한 비용적은 반죽 1 g당 필요한 면적을 말하는데 안정화 미강 함량에 따라 높아지는 결과를 나타냈으며 부피와 같은 이유로 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다.

### pH, 수분함량, 굽기손실률 측정

안정화 미강의 함량을 달리한 마들렌의 pH, 수분함량 및 굽기손실률의 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. pH는 대조군, 10%, 20%, 30% 및 40% 첨가군에서 각각  $7.53\pm0.05$ ,  $7.11\pm0.01$ ,  $6.90\pm0.01$ ,  $6.83\pm0.01$ ,  $6.76\pm0.02$ 로 유의적인 차이를 나타내었다. 이러한

Table 2. Weight, volume, specific volume, pH, moisture contents, and baking loss rate of madeleines with different levels of stabilized rice bran<sup>1)</sup>

	Control	SRB 10	SRB 20	SRB 30	SRB 40
Weight (g)	$21.26\pm0.56^{NS}$	$20.90\pm0.60$	$20.40\pm0.26$	$20.36\pm0.30$	$20.20\pm0.55$
Volume (mL)	$43.00\pm3.00^a$	$44.33\pm1.52^{ab}$	$46.66\pm1.15^{bc}$	$47.33\pm0.57^{bc}$	$47.67\pm0.58^c$
Specific volume (mL/g)	$2.02\pm0.09^a$	$2.12\pm0.14^{ab}$	$2.24\pm0.05^{ab}$	$2.32\pm0.12^b$	$2.36\pm0.57^b$
pH	$7.53\pm0.05^e$	$7.11\pm0.01^d$	$6.90\pm0.01^c$	$6.83\pm0.01^b$	$6.76\pm0.02^a$
Moisture contents (%)	$19.21\pm0.10^c$	$18.89\pm0.19^c$	$17.59\pm0.34^b$	$16.91\pm0.21^b$	$16.52\pm0.17^a$
Baking loss rate (%)	$7.53\pm2.47^{NS}$	$9.13\pm2.64$	$11.30\pm1.15$	$11.44\pm1.32$	$12.17\pm1.56$

<sup>1)</sup>Mean±standard deviation.

<sup>a-c</sup>Means are significantly different within the same row at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

NS, not significant.



경향은 미강을 첨가한 머핀의 품질특성(Jang et al., 2012), 볶은 미강을 첨가한 식빵(Shin et al., 2017)에서도 보고한 결과로 이는 미강에 함유되어 있는 단백질 중 약 10% 정도가 유리 아미노산으로 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 pH가 낮아졌다고 판단된다(Bae & Jang, 1999).

수분함량은 대조군의 경우  $19.21 \pm 0.10$ 으로 가장 높은 값을 나타냈으며 안정화 미강의 함량에 비례하여 수분이 감소하는 경향을 보였다. Jung & Kang (2011)의 연구에 따르면 흑임자 분말에 함유되어 있는 지질이 글루텐의 형성을 저해하여 제품 간의 결합을 방해한다고 보고하였는데 미강 또한 지질 성분이 다량 함유되어 있는 소재(Lee & Chae, 2000)로 안정화 미강이 밀가루 함량 대비로 첨가되면서 마들렌 내의 글루텐 형성을 방해하여 결합에 영향을 끼쳤고 이로 인해 수분도 감소하였다고 판단된다.

굽기손실률은 대조군의 경우  $7.53 \pm 2.47$ , SRB 40이  $12.17 \pm 1.56$ 로 첨가량이 증가함에 따라 굽기손실률이 증가하였다. 굽기손실률은 주로 오븐 열로 인한 수분 증발에 의한 것이며(Berglund & Herts-gaard, 1986) 본 실험에서도 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 수분함량이 감소하였기에 굽기손실률 또한 증가하였다고 판단된다.

## 색도

안정화 미강 마들렌의 색도 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 명도는 밝고 어두운 정도를 나타내는 지표로 대조군이  $78.95 \pm 0.02$ 으로 가장 높은 값을 띄었고, 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며 SRB 40이  $66.61 \pm 0.02$ 로 가장 낮은 값을 띄었다. 적색도와 황색도는 함량에 비례하여 증가하는 결과를 나타냈다. 명도는 박력분( $90.39 \pm 0.20$ )에 비해 안정화 미강의 명도가 더 낮기 때문에( $72.29 \pm 0.00$ ) 함량에 비례하여 더 어두워지는 경향을 보였다고 판단되며 레드비트 분말을 첨가한 마들렌(Lee & Lee, 2024), 타트체리 분말을 첨가한 마들렌(Yoon et al., 2024a), 땅콩

새싹 분말을 첨가한 마들렌(Lee et al., 2024), 강황분말을 첨가한 마들렌(Jun, 2019)에서도 마들렌의 첨가물 함량이 늘어날수록 첨가물 고유의 색으로 인해 명도가 낮아지는 경향을 나타냈으며 본 연구에서도 미강 고유의 색으로 인해 명도가 낮아졌다고 생각된다. 본 연구에서 사용한 안정화 미강은 박력분에 비해 적색도( $3.86 \pm 0.01$ )와 황색도( $20.28 \pm 0.02$ )가 높기 때문에 함량에 따라 높아지는 경향을 보였으며 제과제품 중 다량의 설탕이 첨가되는 제품군의 색도 변화는 환원당에 의한 비효소적 갈변 반응과 오븐 속 고열에서의 카라멜화 반응으로 인한 영향을 받는다 보고하였다(Purilis, 2010). 따라서 본 연구의 미강 첨가 마들렌의 어두운 색상은 미강 고유의 색이 가장 큰 영향을 미쳤지만, 미강에 함유된 단백질 및 일부 환원성 당이 굽기 과정 중 마이러드 및 카라멜화 반응을 촉진시켜 대조군보다 더 어두운 색상을 나타냈을 것으로 판단된다.

## DPPH 및 ABTS free radical 소거활성

DPPH 라디칼 소거 활성은 분자 내 홀전자의 소거 정도에 따라 자유 라디칼의 색인 짙은 보라색에서 무색 또는 옅은 노란색을 띄게 되는 원리를 이용한 측정법이다(Blois, 1958). 마들렌의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Table 4에 나타내었다. 대조군이  $24.92 \pm 0.14$ 로 가장 낮았고 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 첨가량이 가장 많은 SRB 40이  $80.00 \pm 0.01$ 로 가장 높은 값을 보였다. 미강을 첨가한 절편의 연구(Jeon et al., 2019)에서도 미강 함량이 높아질수록 활성산소 소거능이 우수해져 본 연구와 일치하는 결과를 나타냈다. 쌀의 항산화 물질은 배아층보다 미강층에 다량 존재하기에(Moon et al., 2015) 안정화 미강의 함량에 따라 증가하였다고 생각된다. 안정화 미강 마들렌의 ABTS 라디칼 소거 활성은 Table 4에 나타내었다. 대조군의 경우,  $34.91 \pm 0.04$ 로 가장 낮은 값을 나타내었으며 SRB 10은  $40.42 \pm 0.06$ 으로 대조군과 큰 차이를 보이지 않았으나, 가장 높은 함량인 SRB 40이  $75.10 \pm 0.06$ 으로 높은 라디칼 소거 활성 능력을 보였다. 이는 DPPH 라디칼 소거

Table 3. Color value of madeleines with different levels of stabilized rice bran<sup>1)</sup>

	Color		
	L	a	b
Control	$78.95 \pm 0.02^e$	$-0.36 \pm 0.02^a$	$25.29 \pm 0.04^a$
SRB 10	$74.03 \pm 0.01^d$	$1.63 \pm 0.46^b$	$25.29 \pm 0.01^a$
SRB 20	$71.22 \pm 0.04^c$	$3.32 \pm 0.02^c$	$25.54 \pm 0.02^b$
SRB 30	$69.23 \pm 0.03^b$	$4.12 \pm 0.01^d$	$25.84 \pm 0.03^c$
SRB 40	$66.61 \pm 0.02^a$	$4.73 \pm 0.01^e$	$25.89 \pm 0.01^d$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>a-e</sup>Means are significantly different within the same column at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities of madeleines with different levels of stabilized rice bran<sup>1)</sup>

	DPPH RSA (%)	ABTS RSA (%)
Control	$24.92 \pm 0.13^a$	$34.91 \pm 0.04^a$
SRB 10	$53.88 \pm 0.27^b$	$40.42 \pm 0.06^b$
SRB 20	$67.06 \pm 0.24^c$	$46.66 \pm 0.02^c$
SRB 30	$72.35 \pm 0.14^d$	$62.10 \pm 0.01^d$
SRB 40	$80.95 \pm 0.01^e$	$75.10 \pm 0.05^e$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>a-e</sup>Means are significantly different within the same column at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

활성 결과와 같은 이유로 미강층에 다량 존재하는 항산화 물질로 인하여 이러한 결과가 나타났다고 판단된다.

## 조직감

마들렌의 조직감 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. 경도는 식품을 눌렀을 때 들어가는 힘에 대한 정도로 대조군이  $295.66 \pm 28.61$  g으로 가장 높은 값이었으며 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내는데 안정화 미강이 함량이 늘어나고 밀가루 함량이 줄어들며 미강 속 다량 함유된 지질 성분이 글루텐 형성을 방해하고, 밀가루 대비 미강이 첨가됨에 따라 상대적으로 글루텐 함량이 낮아지는 '희석 효과(dilution effect)'가 발생하여 경도가 약해지는 경향을 보였다고 생각된다. 마들렌은 식빵과 달리 강한 글루텐 구조에 의존하는 제품은 아니나, 기본적인 골격을 형성하는 글루텐 망이 약화되면서 조직이 부드러워진 것으로 판단된다. 붉은 미강 첨가 식빵(Shin et al., 2017)과 미강 분말을 첨가한 쿠키(Jang et al., 2010)에서는 미강의 첨가량이 증가함에 따라 경도 또한 높아진

다고 보고하여 본 연구와는 상반된 결과를 나타냈다. 탄력성은 유의적인 차이는 없었으나 안정화 미강의 함량이 늘어날수록 다소 감소하여 탄력성이 낮아지는 결과를 나타냈다. 점성은 대조군이  $213.13 \pm 10.39$ 으로 가장 높은 값을 나타냈으며 안정화 미강 함량에 따라 유의적으로 감소하였다. 씹힘성은 대조군의 경우  $203.98 \pm 8.84$ 으로 가장 높은 값을 띄었으며 이후 점성과 유사하게 감소하였다. 이는 미강을 첨가한 파운드케이크, 머핀의 측정 결과와 동일하였다(Jang et al., 2010; Jang et al., 2012).

## 기호도 평가

마들렌의 소비자 기호도 평가에 대한 결과는 Table 6에 나타내었다. 마들렌의 외관과 향은 안정화 미강 함량이 높아짐에 따라 기호도가 낮아지는 경향을 보이는데 이는 패널이 인식하는 마들렌 고유의 색, 향과 다소 차이가 느껴져 이러한 결과가 나타난 것으로 판단되며 미강을 첨가한 머핀과 동일한 결과였다(Kang & Chung, 2020; Jang et al., 2012). 곡물향은 유의적인 차이는 없었으나 함량

Table 5. Texture profile analysis of madeleines with different levels of stabilized rice bran<sup>1)</sup>

Attribute	Control	SRB 10	SRB 20	SRB 30	SRB 40
Hardness (g)	$295.66 \pm 28.61^d$	$246.96 \pm 6.67^c$	$234.67 \pm 9.14^{bc}$	$214.16 \pm 11.14^{bc}$	$198.47 \pm 11.87^a$
Springiness	$0.95 \pm 0.03^{NS}$	$0.95 \pm 0.05$	$0.91 \pm 0.03$	$0.91 \pm 0.03$	$0.87 \pm 0.05$
Gumminess	$213.13 \pm 10.39^c$	$168.53 \pm 3.98^b$	$162.51 \pm 10.03^b$	$154.87 \pm 16.98^b$	$129.65 \pm 11.16^a$
Chewiness	$203.98 \pm 8.84^c$	$161.48 \pm 12.78^b$	$149.55 \pm 14.89^b$	$141.78 \pm 10.01^b$	$113.43 \pm 14.62^a$
Resilience	$0.36 \pm 0.02^c$	$0.32 \pm 0.02^c$	$0.30 \pm 0.31^{ab}$	$0.31 \pm 0.09^{ab}$	$0.28 \pm 0.03^a$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>a-d</sup>Means are significantly different within the same row at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

NS, not significant.

Table 6. Acceptability of madeleines with different levels of stabilized rice bran<sup>1)</sup>

Attribute	Control	SRB 10	SRB 20	SRB 30	SRB 40
Appearance	$7.91 \pm 1.25^{d1)}$	$6.69 \pm 1.75^c$	$5.50 \pm 2.06^b$	$4.59 \pm 1.52^a$	$3.94 \pm 1.88^a$
Flavor	$6.63 \pm 1.77^b$	$6.59 \pm 1.62^b$	$6.50 \pm 1.72^b$	$4.63 \pm 1.90^a$	$5.16 \pm 2.13^a$
Nutty aroma	$5.56 \pm 1.90^{NS}$	$5.78 \pm 1.64$	$5.41 \pm 1.64$	$6.00 \pm 2.16$	$6.00 \pm 2.51$
Chewiness	$5.84 \pm 2.11^{NS}$	$5.72 \pm 1.82$	$5.47 \pm 1.72$	$6.31 \pm 1.69$	$5.13 \pm 1.95$
Moisture	$5.22 \pm 2.20^{ab}$	$5.34 \pm 2.03^{ab}$	$4.88 \pm 1.84^b$	$6.00 \pm 1.88^a$	$4.41 \pm 1.76^b$
After feel	$6.09 \pm 1.69^{NS}$	$5.31 \pm 1.94$	$5.47 \pm 1.74$	$5.84 \pm 1.80$	$5.50 \pm 1.85$
Nutty flavor	$5.44 \pm 2.21^{NS}$	$5.84 \pm 1.72$	$6.09 \pm 1.40$	$6.31 \pm 1.62$	$5.69 \pm 2.13$
After taste	$6.41 \pm 1.93^{NS}$	$5.97 \pm 1.62$	$6.09 \pm 1.57$	$6.34 \pm 2.03$	$5.41 \pm 2.06$
Overall acceptability	$6.34 \pm 2.25^a$	$6.25 \pm 1.85^a$	$6.00 \pm 1.55^a$	$6.53 \pm 1.68^a$	$6.03 \pm 1.88^b$

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>a-d</sup>Means are significantly different within the same row at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

NS, not significant.

에 비례하여 점차 증가하는 경향을 띄었으며 미강 특유의 고소한 향이 영향을 끼친 것으로 판단된다. 씹힘성은 안정화 미강 함량이 증가함에 따라 감소하는 추세를 보였으나 SRB 30이 대조군보다 높은 값인  $6.31 \pm 1.69$ 을 나타내었으며 유의적인 차이는 없었다. 촉촉함은 식품의 수분을 나타내며 식감이나 질감뿐만 아니라 외관에도 영향을 끼치는 요소 중 하나로(Devina & Elizabeth, 2013), SRB 10와 SRB 30이 대조군에 비해 더 높은 값을 나타냈으며 그 중 SRB 30이 가장 기호도가 높게 나타났다. 잔여감과 후미는 안정화 미강 함량에 비례하여 다소 감소하는 경향을 나타냈으며 곡물맛은 안정화 미강 함량에 따라 점차적으로 증가하였으나 SRB 30이  $6.31 \pm 1.62$ 로 가장 높은 기호도를 나타냈다. 전반적인 기호도에서는 SRB 30이  $6.53 \pm 1.68$ 로 가장 높은 수치를 보였으나, 대조군 및 10%, 20% 첨가군과 통계적으로 유의미한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 기호도는 사용된 재료의 특성이나 개인에 식성에 의해 나뉘어지는데 미강은 다른 부재료들과 달리 고소한 맛과 향이 특징이며 이로 인해 기호도 평가 시 거부감 없이 느낄 수 있었다고 생각된다(Choi, 2013; Shin et al., 2017; Yoon et al., 2024b). 외관에서는 안정화 미강을 첨가한 실험군이 감소하는 경향을 보였으나 곡물향, 촉촉함, 곡물맛, 전반적인 기호도를 고려하였을 때 SRB 30이 가장 적절한 첨가량이라고 판단된다.

## 요약

본 연구는 안정화 미강(SRB)을 0~40% 첨가한 머핀의 품질 특성을 비교하였다. 부피는 SRB 첨가량이 가장 높은 SRB 40이 47.67 mL로 가장 높았으며, 대조군이 43.00 mL로 낮은 값을 나타냈다. 비용적은 SRB 함량에 비례하여 SRB 40이 2.36%로 가장 컸고, 무게는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 마들렌의 pH는 SRB 함량에 비례하여 유의적으로 감소하였으며( $p < 0.05$ ), 수분함량은 대조군이 19.21%로 가장 높았으며 SRB 함량에 비례하여 유의적으로 감소하였다. 굽기손실률은 수분함량의 결과와 반비례하여 SRB 함량이 가장 높은 SRB 40이 12.17%로 높은 값을 나타냈다. 색도 측정 결과 L\*값은 SRB 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며, a\*값과 b\*값은 증가하였다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 대조군이 각각 24.92%, 34.91%로 가장 낮았으며 SRB 40은 각각 80.95%, 75.10%로 높은 라디칼 소거활성을 나타냈다. 물성 측정 결과 경도, 씹힘성, 씹힘성, 복원성은 대조군이 가장 높게 나타났으며, SRB 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고 탄력성은 유의적인 차이는 없었으나 감소하는 경향을 보였다. 기호도 평가 결과 외관, 향, 촉촉함, 후미는 대조군이 가장 높았으며 곡물향, 곡물맛은 유의적인 차이는 보이지 않으나 SRB 30이 가장 높았고, 잔향과 잔여감은 대조군이 가장 높은 값을 나타냈다. 전체적인 기호도는

SRB 30이 가장 높았고, 대조군이 그 다음으로 높았으며 SRB 40이 가장 낮았다. 마들렌의 품질과 기호도를 고려하였을 때 마들렌에 첨가하는 SRB의 양은 30%가 적절하다고 판단된다.

## ORCID

Hayeon Jeong	<a href="https://orcid.org/0009-0003-9953-6402">https://orcid.org/0009-0003-9953-6402</a>
Do Hyun Shim	<a href="https://orcid.org/0009-0005-6076-1404">https://orcid.org/0009-0005-6076-1404</a>
Na Ryeon Han	<a href="https://orcid.org/0009-0005-8217-7081">https://orcid.org/0009-0005-8217-7081</a>
Gyeong Mi Lee	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3077-2370">https://orcid.org/0000-0003-3077-2370</a>
Jung-Kue Shin	<a href="https://orcid.org/0000-0002-7303-7483">https://orcid.org/0000-0002-7303-7483</a>

## Conflict of interests

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

## Acknowledgements

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (No. RS-2024-00403001).

## Data availability

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

## Authorship contribution statement

Conceptualization: Jeong H, Shim DH, Lee GM, Shin JK.  
 Data curation: Jeong H, Lee GM, Shin JK.  
 Formal analysis: Jeong H, Lee GM.  
 Methodology: Jeong H, Han NR, Lee GM, Shin JK.  
 Software: Jeong H, Lee GM, Shin JK.  
 Validation: Jeong H, Shin JK.  
 Investigation: Jeong H, Shim DH, Han NR, Shin JK.  
 Writing - original draft: Jeong H, Lee GM.  
 Writing - review & editing: Jeong H, Shim DH, Han NR, Lee GM, Shin JK.

## Ethics approval

The study was conducted with approval from the Jeonju University Institutional Review Board (IRB No.: jjIRB-250925-HR-2024-0701).

## References

- Arnao MB, Cano A, Acosta M. 1999. Methods to measure the antioxidant activity in plant Material. A comparative discussion. *Free Radic. Res.* 31: 89-96.
- Bae D, Jang IS. 1999. Development of new food protein through chemical modification of rice bran proteins. *J. Appl. Biol. Chem.* 42: 180-185.
- Bae DB, Kim KH, Yook HS. 2016. Quality characteristics of madeleine added with lentil (*Lens culinaris*) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1816-1822.
- Baek MH, Lee KA, Moon SH. 2023. Characteristics of brownies prepared using rice bran protein. *Korean J. Food Cook. Sci.* 39: 34-40.
- Begum R, Ahmed S, Hakim ML, Sen J. 2018. Comparative study among composite breads incorporated with full fatted and defatted rice bran. *J. Environ. Sci. Nat. Resour.* 11: 43-52.
- Berglund PT, Hertsgaard DM. 1986. Use of vegetable oils at reduced levels in cake, pie crust, cookies and muffin. *J. Food Sci.* 51: 640-644.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Choi EH. 2013. Quality characteristics of Garaedduk with defatted rice bran. *Culi. Sci. Hos. Res.* 19: 130-141.
- Devina W, Elizabeth D. 2013. A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eat. Behav.* 15: 132-143.
- Gyeong YN. 2014. Analysis of functional compounds and physicochemical characteristics in commercial rice bran oils. Ph.D. thesis, Chungbuk Univ., Chungju, Korea.
- Ham H, Woo KS, Lee YY, Park JY, Lee B, Choi YH, Kim IH, Lee J. 2016. Comparison of antioxidant activities of rice bran extracts by different extraction methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1691-1695.
- Humeal. 2015. Stabilization method of rice bran. Korea patent NO. 1020130053578.
- Hwang GH, Yun HR, Jung HN, Choi OJ. 2014. Quality characteristics of baguette using fermented rice bran sourdough. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 307-316.
- Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2010. The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. *Food Sci. Preserv.* 17: 250-255.
- Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2012. Quality characteristics of muffin added with rice bran powder. *J. East Asian Soc. Diet Life.* 22: 543-549.
- Jeon SH, Jung MJ, Chung KH, Yoon JA, An JH. 2019. Quality characteristics and biological activities of Jeolpyeon added with rice bran. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 630-639.
- Jeong HC, Yoo SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake by black soybean powder of different ratios. *J. East Asian Soc. Diet Life.* 20: 909-915.
- Jun KS. 2019. Quality characteristics of madeleine adding with *Curcuma aromatica* powder. *Culi. Sci. Hos. Res.* 25: 114-123.
- Jung S, Kang WW. 2011. Quality characteristics of cookies prepared with flour partly substituted by used coffee grounds. *Food Sci. Preserv.* 18: 33-38.
- Kang JH, Chung CH. 2020. Quality characteristics of madeleine with added citrus mandarin peel powder. *Culi. Sci. Hos. Res.* 26: 135-145.
- Kim BM, Jung MJ, Jun JY, Kim DS, Jeong IH. 2016a. The quality characteristics and processing of madeleine containing red snow crab *Chionoecetes japonicus* leg-eat powder. *Korean J. Fish Aquat. Sci.* 49: 277-284.
- Kim KP, Kim KH, Yook HS. 2016b. Quality characteristics of madeleine added with organic ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) leaf. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 717-722.
- Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 502-508.
- Lee RS, Kim CH, Choi EJ, Sung JM, Choi HO, Choi YS, Keum JS, Park JD. 2016. Effect of degree of milling on physico-chemical properties of rice flour and rice noodles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1762-1768.
- Lee SK, Chae BJ. 2000. Influence of dietary rancid rice bran on the oxidative and color stability of ground chicken and pork during frozen storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 20: 296-302.
- 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: 298-309.
- Lee YK, Lee IS. 2024. Effect of red beetroot powder addition on quality characteristics of madeleine. *Foodserv. Ind. J.* 20: 163-175.
- Lim SD, Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. *Korean J. Dairy Sci. Technol.* 27: 45-51.
- Moon EW, Park HJ, Na HS, Park JS. 2015. Quality properties of rice cake containing bamboo sprout powder. *J. Korean Soc. Food Cult.* 30: 650-655.
- Park JD. 2013. Emerging technology-application of rice by-products for food industry. *Bulletin Food Technol.* 26: 35-40.
- Purlis E. 2010. Browning development in bakery products: a review. *J. Food Eng.* 99: 239-249.
- Shin HG, Lee JH, Lee SK. 2017. Characteristics of white pan



- bread with roasted rice bran. Korean J. Food Sci. Technol. 49: 401-407.
- Shin JK, Park YH, Kim HJ, Woo N, Choi EJ, Jeong JH. 2021. Food Science. Changjisa, Seoul, Korea. pp. 228-230.
- Shim EY, Park HY, Lee JY, Kwak J, Lee JY, Jeon YH, Lee KC, Hong Hc, Choi ID. 2019. Quality characteristics of soft morning roll bread with different ratios of high yield tongil-type rice flours. Food Sci. Preserv. 26: 650-658.
- Song CH, Lee GM, Lee YR, Cha GH. 2023. Quality characteristics of madeleine prepared with different vegetable oils & fats. J. East Asian Soc. Diet Life. 33: 29-39.
- Yoon JA. 2024. Quality characteristics and antioxidative activity of madeleine added with citrus peel powder. J. East Asian Soc. Diet Life. 34: 249-261.
- Yoon JA, Jeong J, Kim DH, Shin KO. 2024a. Physicochemical quality characteristics of madeleines made with the addition of *Prunus cerasus* L. powder. J. East Asian Soc. Diet Life. 34: 239-248.
- Yoon JA, Park SJ, Kim DH, Lee JM, Shin KO. 2024b. Quality characteristics and antioxidant effects of madeleines added with *Peripla frutescens* (L.) britton powder. J. East Asian Soc. Diet Life. 34: 143-153.