

귤피 분말 첨가 마들렌의 품질 특성과 항산화 활성

윤진아[†]

강서대학교 식품영양학과 교수

Quality Characteristics and Antioxidative Activity of Madeleine Added with Citrus Peel Powder

Jin A Yoon[†]

Professor, Dept. of Food and Nutrition, Gangseo University, Seoul 07661, Republic of Korea

ABSTRACT

In this study, the quality characteristics of madeleine prepared with the addition of citrus peel powder were investigated. Citrus peel (Cp) is a by-product of tangerines, a specialty of Jeju Island in South Korea. The basic formulation of madeleine was prepared by adding 0, 5, 10, 20, and 40% of the Cp powder to the flour. The weight and dough yield were the highest, and the loss rate was the lowest in the 40% Cp powder formulation. The height and volume tended to decrease as the amount of Cp powder increased. The brightness (L) of the muffins decreased with increasing concentration of the Cp powder, while the yellow (b) and red (a) colors were the lowest in the control group and increased as the amount of Cp powder increased. The total polyphenol and total flavonoid contents of madeleines increased significantly with the addition of increasing amounts of Cp powder. When the antioxidant activities were measured with the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-dulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity assays, the antioxidant activities of the madeleines increased with the addition of Cp powder in a dose-dependent manner. Sensory evaluation was the lowest in the control with respect to the texture of the madeleines prepared using Cp powder. Appearance, flavor, texture, taste, and overall acceptance were the highest with the addition of 5, 10, and 20% Cp powder. In conclusion, the results show that the addition of 20% Cp powder while making madeleine would result in a product of higher quality.

Key words: citrus peel, quality characteristics, madeleine, antioxidant activities, sensory evaluation

서론

최근 배달 어플의 성행으로 포장 음식 배달서비스가 성장하고 있으며 거래금액이 2020년 6조 원을 넘어 2026년은 10조원을 넘길 것으로 예상하고 있으며(Choi EJ 2021), 이러한 포장 음식의 경우 패스트푸드, 제과제빵, 한식의 순서로 높은 이용률을 보이고 있는데(Ministry of Agriculture 2020), 그중 제과제빵의 성장을 살펴보면 제과점 평균 매출액이 2018년 2억 4백만 원에서 2023년 2억 4천 9백만 원으로 약 20% 이상의 성장을 이루고 있다(KREI Repository 2018; KREI Repository 2023). 또한, 채소류를 첨가하거나 건강에 좋은 기능성 성분 등을 첨가하여 다양한 맛과 영양적 가치를 높인 제과를 개발하기 위한 시도가 되고 있으며, 간편한 제조방법으로 손쉽게 만들어 간식은 물론 식사 대용으로 이용되고 있다(Kim EJ & Lee JH 2012). 제과류 중에서 마들렌은 간

단하게 조리할 수 있으며, 달걀이 혼합되어 있어 영양적으로도 우수하여 많이 소비되고 있다(Kim WJ 등 2014). 마들렌의 연구에는 진피가루 첨가(Kang JH & Chung CH 2020), 강황분말 첨가(Jun KS 2019), 렌틸콩분말 첨가(Bae DB 등 2016), 잣잎분말 첨가(Baek JJ 등 2022), 볶음 검정콩가루 첨가(Jeon JE & Lee IS 2022), 생강청 첨가(Lee HJ 등 2022) 등이 있다.

운향과(Rutaceae)에 속하는 귤나무속(Citrus)에는 광귤나무(*Citrus aurantium* L.), 당귤나무(*Citrus sinensis* Engler), 홍귤나무(*Citrus deliciosa* Tenore) 등이 있으며, 우리나라에서 재배되는 감귤나무(*Citrus mandarin*)의 익은 열매의 껍질을 말린 것을 진피 또는 귤피라고 부르는데, 오래 묵인 것일수록 동양의학 치료에 좋다고 보고되었다(Mun KS 1984). 귤껍질은 과실의 약 25%를 차지하고 리모넨이 주성분인 정유를 0.3%~0.4% 포함하여 방향을 띄며, 4%~4.5% 펙틴과 비타민 C 등이 들어 있다(Heo CG 2000). 귤피에는 헤스페리딘(hesperidin), 플라보노이드(flavonoid), 퀘르세틴(quercetin),

[†] Corresponding author : Jin A Yoon, Tel: +82-2-2600-2598, Fax: +82-2-2600-2518, E-mail: yoonjina@gangseo.ac.kr

이소르함네티(isorhamnetin), 루테올린(luteolin), 아피제닌(apigenin), 디오스메틴(diosmetin), 크리소에리올(chrysoeriol), 에리오딕티올(eryodictiol) 등의 성분이 있고(Brito A 등 2014), 껍피 추출물은 노화된 세포에서 ROS 수치 증가를 억제하며, 심혈관 질환 예방과 항암, 고혈압 예방과 항당뇨, 고지혈증 및 동맥경화 예방, 장관면역 등의 효과가 있다고 보고되었다(Jeong TS 등 2000; Yang HS 등 2004; Benavente-Garcia O & Castillo J 2008; Patil JR 등 2010; Buachan P 등 2014). 제주도에서 2024년 5월 현재 재배 중인 감귤량은 124,600톤에 달하며(Public Data Portal 2024), 과육보다 껍피의 여러 기능성 성분과 효과가 우수함에도 소비되는 양은 현저히 적고 대부분 폐기물로 버려지고 있다(Kang JH & Chung CH 2020). 껍피를 이용한 연구에는 감귤 과피 분말 첨가 머핀(Oh SW & Chung KH 2014), 껍피 분말 첨가 쿠키(Choi JH 2021), 껍피가루를 첨가한 모닝빵(Lee HN 등 2016), 감귤 분말을 첨가한 파운드케이크(Park YS 등 2008), 감귤과피 분말을 첨가한 식빵(Lee EJ 등 2012), 진피 분말 첨가량을 달리한 설기떡(Ahn GJ & Lee YJ 2014), 감귤 과피 분말을 첨가한 스펀지케이크(Shin GM 2015), 감귤과피를 함유한 유과(Bae HS 등 2002), 감귤 농축액 첨가 영양바(Park SJ 등 2014) 등이 있다.

이에 본 연구에서는 기능성이 우수하나 다량 폐기되고 있는 껍피의 이용을 증가시키기 위해 첨가량을 달리하여 마들렌을 제조하고, 품질 특성과 항산화 활성을 확인하여 껍피의 기능성 소재로서의 적합성을 확인하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 껍피(Citrus peel)는 2022년 12월에서 2023년 3월 제주도 서귀포시 귤을 구입하여 식품건조기(MEF-K306S, Magic Chef Co., Gyeonggi-do, Korea)로 건조 후 후드믹서(SHMF-3450S, Hanil Electric Co., Seoul, Korea)로 분쇄하여 사용하였다. 그 밖의 재료인 박력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea), 백설탕(Beksul Co., Seoul, Korea), 버터(Galimfood Co., Incheon, Korea), 달걀(Haemil Farming Association Co., Gyeonggi-do, Korea), 베이킹파우더(Breadgarden Co., Seoul, Korea), 소금(CJ CheilJedang Co., Seoul, Korea)은 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 마들렌의 제조

마들렌의 제조는 선행연구인 Yoon JA(2022)와 Yoon JA 등(2024)의 연구를 참고하여 껍피 분말을 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 비율로 첨가하였다(Table 1). 버터를 믹싱볼에

넣고 반죽기(BS-201, Busung Co., Seoul, Korea)에서 1단으로 교반하여 녹인다. 설탕은 3회에 나누어 녹은 버터에 섞어준 후 달걀을 3회에 나누어 첨가하면서 1단에서 1분, 2단에서 2분, 3단에서 3분 교반하여 크림의 형태를 유지하도록 한다. 박력분, 껍피 분말, 베이킹파우더, 소금은 100 mesh 체에 쳐서 섞는다. 반죽은 마들렌 틀에 25 g씩 나누어 담고 아랫불 온도 170℃, 윗불 온도 180℃ 오븐(BS-023, Busung Co., Seoul, Korea)에서 25분간 굽는다. 구워진 마들렌은 실온에서 1시간 방냉하여 실험에 사용하였다.

3. 마들렌의 무게, 높이 및 부피 측정

마들렌의 무게, 높이 및 부피는 각 처리군당 3개의 머핀을 사용하여 소수점 둘째자리까지 3반복 측정하여 평균값±표준편차값으로 나타냈다. 무게는 전자저울(IB-410, Innotem Co., Gyeonggi, Korea)을 이용하여 측정하였고, 높이는 마들렌의 가장 높은 부위를 vernier caliper(150 × 0.05 mm, Eagle Co., Beijing, China)로 측정하였으며, 부피는 종자치환법(Kim WM 2018)을 변형하여 측정하였다.

4. 마들렌의 pH 측정

마들렌의 pH는 분쇄한 마들렌 5 g과 증류수 50 mL를 섞은 후 여과지(8 μm filter paper; 1002 150, Whatman Co., Incheon, Korea)로 여과하여 pH meter(pH7110, InoLab Co., Mexico City, Mexico)로 3회 반복 측정하였다.

5. 굽기 손실율, 반죽 수율 및 수분함량

굽기 손실율(%)과 반죽 수율(%)은 다음 식으로 계산하였다.

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

$$\text{Dough yield (\%)} = \frac{\text{Weight of madeleine}}{\text{Weight of madeleine dough}} \times 100$$

마들렌의 수분함량은 AOAC(AOAC 2000)법을 이용하여 105℃ 건조기(KC0-150, Kuk Je Eng Co., Goyang, Korea)에서 항량이 되도록 건조하여 측정하였다. 모든 실험은 3개의 시료를 3회 반복하여 측정하였다.

6. 색도 측정, 외관 및 단면 관찰

색도는 마들렌의 단면을 색차계(CR-400, Konica Minolta,

Table 1. Formula for the madeleines made with citrus peel powder

Ingredients (g)	Citrus peel powder content (%)				
	0 ¹⁾	5	10	20	40
Wheat flour	200	190	180	160	120
Citrus peel powder	0	10	20	40	80
Sugar	200	200	200	200	200
Butter	200	200	200	200	200
Egg	200	200	200	200	200
Baking powder	4	4	4	4	4
Salt	1	1	1	1	1

¹⁾ 0%: flour without citrus peel powder, 5%: flour with 5% citrus peel powder, 10%: flour with 10% citrus peel powder, 20%: flour with 20% citrus peel powder, 40%: flour with 40% citrus peel powder.

Osaka, Japan)로 명도인 L값(lightness), 황색도인 b값(yellow-ness), 적색도인 a값(redness)을 3회 반복 측정하였다. 표준색의 표준값이 L값 87.5, a값 0.31, b값 0.32인 백색의 calibration plate로 보정하여 사용하였다.

마들렌의 외관과 단면 관찰은 처리군별 일렬배열하여 카메라(Galaxy Z Flip 4, Samsung Co., Seoul, Korea)로 촬영한 후 관찰하였다.

7. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

총 폴리페놀 함량 분석은 Folin Denis법(Folin O & Denis W 1912)으로 측정하였다. 시료는 95% 에탄올 20 mL에 마들렌 10 g을 넣고 10,000 rpm에서 2분간 homogenizer(VM96-A, Lab Companion, Daejeon, Korea)로 균질화한 후 3,000 rpm 15분간 원심분리하고 여과지(8 µm filter paper; 1002 150, Whatman Co., Kent, England)로 여과하여 사용하였다. 96 Well plate에 시료 10 µL, 증류수 90 µL, 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co., Missouri, USA) 10 µL를 혼합한 후 상온에서 5분 반응시키고, 7% sodium carbonate solution 100 µL, 증류수 40 µL를 넣고 암실에서 90분 반응시킨 후, 750 nm에서 MMR(Multifunction microplate reader; MMR SPARK®, Tecan Co., Mannedorf, Switzerland)로 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였고, 총 폴리페놀 함량은 mg GAE/g로 나타냈다.

총 플라보노이드 함량 분석은 Moreno법(Moreno MIN 등 2000)으로 측정하였다. 시료의 주제조방법은 총 폴리페놀 함량과 동일하게 제조하여 사용하였다. 96 Well plate에 시료 20 µL, 증류수 80 µL, 5% sodium nitrite solution 6 µL를 혼합한 후 상온에서 5분 반응시키고, 10% AlCl₃ · 6H₂O(aluminium chloride solution) 6 µL를 첨가하고 실온에서 6분 반응시킨

후 1 M sodium hydroxide 40 µL, 증류수 48 µL를 혼합하고 510 nm에서 MMR(MMR SPARK®, Tecan Co.)로 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 quercetin(Sigma-Aldrich Co)을 사용하였고, 총 플라보노이드 함량은 mg QE/g로 나타내었다.

8. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정

DPPH 및 ABTS 측정용 sample은 10 g의 시료를 95% ethanol 20 mL에 혼합하여 10,000 rpm에서 2분간 균질화한 후 3,000 rpm에서 15분 원심분리하고 상층액을 여과하여 사용하였다. DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co., Missouri, USA) 라디칼 소거 활성은 Blois MS(1958)의 방법을 변형하여 Sample 100 µL와 0.2 mM DPPH 용액 100 µL를 96 well plate에 혼합한 후 빛이 없는 상온에서 30분 동안 반응시킨 후 multifunction microplate reader(MMR SPARK®, Tecan Co., Switzerland)를 사용하여 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 비타민 C(ascorbic acid; Sigma-Aldrich Co., Missouri, USA)를 사용하였고, 다음의 식으로 계산하여 DPPH 라디칼 소거능을 산출하였다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

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

항산화 활성인 ABTS(2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-dulfonic acid, Sigma-Aldrich Co., USA) 라디칼 소거능은 Arnao MB 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 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 ± 0.02 가 되도록 조정하여 ABTS working solution으로 사용하였다. ABTS working solution 800 μ L와 sample 200 μ L를 혼합하여 빛이 없는 상온에서 10분간 반응시킨 후 파장 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 비타민 C(ascorbic acid; Sigma-Aldrich Co., USA)를 사용하였고, 다음의 식으로 계산하여 ABTS 라디칼 소거능을 산출하였다.

ABTS radical scavenging activity (%) =

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

9. 기호도 검사

마들렌의 기호도 검사는 서울 소재 식품영양학과 4학년 학생과 대학원생으로, 관능검사 교과목을 수강한 학생들 중 지원자 35명을 대상으로 5점 척도법을 이용하여 매우 싫음(1점), 싫음(2점), 보통(3점), 좋음(4점), 매우 좋음(5점)으로 평가하였고, 기호도 검사용 마들렌은 가로 \times 세로 \times 높이를 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 크기로 잘라 하얀 접시에 담아 제공하였다. 측정항목은 5가지(외관, 향, 맛, 조직감과 전반적인 기호도)로 측정하였고, 기호도 검사는 시료 간의 영향을 최소화하도록 한 시료의 검사가 끝날 때마다 생수로 입을 깨끗하게 행구도록 하였다(Yoon JA 등 2024).

10. 통계 처리

실험결과의 통계 처리는 SPSS 22.0 package program(IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA)을 사용하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었고, 시료 간의 차이는 ANOVA(분산분석; One-way Analysis of Variance)를 사용하였으며, 실험군 간의 유의성은 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 사용하여 유의수준 $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 마들렌의 무게, 높이, 부피 및 pH

굴피 분말을 첨가하여 제조한 마들렌의 무게, 높이, 부피, pH 측정 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 마들렌의 무게는 굴피 분말을 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 21.33 ± 0.74 , 21.44 ± 0.91 , 22.40 ± 0.90 , 22.27 ± 0.98 , 22.95 ± 0.81 g으로 굴피 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 이는 솔잎 분말을 첨가한 쌀 마들렌의 선행 연구와 비슷하게 분말 첨가량이 증가할수록 마들렌의 무게가 증가하는 경향을 나타냈고(Kim WJ 등 2014), 반대로 발효 장군차 분말을 첨가한 마들렌에서는 분말첨가량이 증가할수록 중량이 감소하는 경향을 나타냈다(Choi YJ 등 2022). 마들렌 무게의 변화는 재료의 특성에 영향을 받는데, Yoon JA(2022)의 선행연구에 의하면 첨유소는 수분을 보유하는 능력이 우수하여 무게의 증가를 보인다고 하였고, 굴피 분말의 첨유소가 수분을 보유하여 굴피 분말 첨가량이 증가할수록 무게의 증가를 보인 것으로 사료된다.

마들렌의 높이는 굴피 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 2.36 ± 0.10 , 2.41 ± 0.16 , 2.26 ± 1.14 , 2.21 ± 0.15 , 1.91 ± 0.18 cm로 굴피 분말 첨가량이 증가할수록 높이는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 마들렌의 부피는 굴피 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 밀가루 단백질인 gluten은 빵을 구울 때 부풀어 올라 빵의 폭신한 질감을 만드는 데 중요한 성분인데(Bae JH & Jung IC 2013), 굴피 분말 첨가량이 증가하면 밀가루 첨가량은 감소하고 그 결과로 밀가루의 수분 흡수력은 감소하게 되며, gluten 형성에 필요한 수분 부족이 발생하여 마들렌의 구조는 약화되고 팽창하게 된다(Lim EJ 2023). 굴피 분말 첨가량이 증가함에도 마들렌의 부피 변화가 없었던 이유로 글루텐 형성이 약화되어 옆으로 퍼져 팽창한 때문일 것으로 사료된다.

Table 2. Baking properties of madeleines with citrus peel powder

Property	Citrus peel powder content (%)				
	0	5	10	20	40
Weight (g)	$21.33 \pm 0.74^{1) b2)}$	21.44 ± 0.91^b	22.40 ± 0.90^b	22.27 ± 0.98^{ab}	22.95 ± 0.81^a
Height (cm)	2.36 ± 0.10^{ab}	2.41 ± 0.16^a	2.26 ± 0.14^{ab}	2.21 ± 0.15^b	1.91 ± 0.18^c
Volume (mL)	40.83 ± 3.76^a	40.71 ± 3.45^a	40.43 ± 4.61^a	40.00 ± 5.77^a	39.29 ± 4.50^a
pH	7.30 ± 0.04^a	7.20 ± 0.05^b	7.16 ± 0.01^c	6.97 ± 0.04^d	6.82 ± 0.05^c

1) Each value in mean \pm S.D.

2) Value with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

마들렌의 pH는 귤피 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 7.30 ± 0.04 , 7.20 ± 0.05 , 7.16 ± 0.01 , 6.97 ± 0.04 , 6.82 ± 0.05 로 귤피 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 이러한 경향은 생강청을 첨가한 마들렌(Lee HJ 등 2022), 볶음 검정콩가루 첨가 마들렌(Jeon JE & Lee IS 2022), 인삼 잎 첨가 마들렌(Kim KP 등 2016), 복숭아즙 첨가 마들렌(Lim YT 등 2012), 렌틸콩분말 첨가 마들렌(Bae DB 2016), 골드키위 유산균 발효물을 첨가한 마들렌(Ryu JY 등 2018)에서도 비슷하게 시료의 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하였다. 반면 강황분말을 첨가한 마들렌(Jun KS 2019)과 홍게 다릿살 분말을 첨가한 마들렌(Kim BM 등 2016)에서는 시료 첨가량이 증가할수록 pH도 증가하였다. 귤피 분말의 연구에서는 머핀(Oh SW & Chung KH 2014), 쿠키(Choi JH 2021), 식빵(Lee EJ 등 2012)에서 귤피 분말 첨가량이 늘어날수록 pH는 감소하는 경향을 보여 마들렌의 연구와 비슷한 경향을 보였다. 이러한 결과는 첨가된 시료의 pH에 영향을 받았기 때문에 귤피의 pH가 밀가루의 pH보다 낮기 때문에 판단된다.

2. 굽기 손실율, 반죽 수율 및 수분함량

귤피 분말 첨가 마들렌의 굽기 손실율, 반죽 수율 및 수분함량은 Table 3에 표시한 바와 같다. 굽기 손실율은 귤피 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 14.69 ± 2.94 , 14.22 ± 3.64 , 10.41 ± 3.60 , 10.94 ± 3.93 , $8.21 \pm 3.26\%$ 로 나타나 40% 첨가군에서 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 마들렌의 반죽은 열에 의해 팽창하면서 수율이 달라지는데 귤피 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 85.31 ± 2.94 , 85.78 ± 3.64 , 89.59 ± 3.60 , 89.06 ± 3.93 , $91.79 \pm 3.26\%$ 로 나타나 귤피 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 마들렌의 굽기 손실률과 반죽 수율은 마들렌 무게로 계산해서 얻어지는 값으로 귤피 분말 첨가량이 증가할수록 무게가 증가하여 굽기 손실률은 감소하고 반죽 수율은 증가한 것이다. 즉, 밀가루보다 첨가한 시료의 수분 흡수력이 크면 굽기

손실률은 저하되며, 수율은 증가한다(Kim SJ & Kim H 2019). 이와 유사한 결과는 귤피 분말을 첨가한 머핀과 쿠키에서 대조군과 비교해 귤피 첨가가 낮은 굽기 손실률을 보였다(Oh SW & Chung KH 2014; Choi JH 2021). 이와 반대의 경향으로는 렌틸콩(Bae DB 2016), 생강청(Lee HJ 등 2022), 인삼 잎(Kim KP 등 2016), 복숭아즙(Lim YT 등 2012) 첨가 마들렌에서 시료 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률은 높아지는 것으로 나타났다.

마들렌의 수분함량은 대조군이 $11.20 \pm 1.30\%$ 로 가장 낮았고, 5% 첨가군 $12.40 \pm 1.34\%$, 10% 첨가군 $13.00 \pm 0.71\%$, 20% 첨가군 $13.20 \pm 1.10\%$, 40% 첨가군 $14.20 \pm 0.45\%$ 로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이러한 유사한 경향은 검정콩 분말 첨가(Jeon JE & Lee IS 2022), 생강청 첨가(Lee HJ 등 2022), 홍게 다릿살 분말 첨가(Kim BM 등 2016), 강황분말 첨가(Jun KS 2019) 및 진피가루 첨가(Kang JH & Chung CH 2020) 마들렌에서 시료 첨가량이 증가할수록 수분함량은 증가하였다. 수분함량은 재료의 수분 친화성과 관련이 깊어 첨가한 시료가 물을 얼마나 잘 흡수하는지에 따라 달라지는데(Jeong EJ 등 2013), 오히려 밀가루 함량과 비교해 상대적으로 시료의 첨가량이 너무 많아지면서 글루텐의 구조가 약해져 수분 친화성이 낮아지기도 한다(Park SH & Lim SI 2007). 즉, 수분함량 결과에 의하면 귤피 분말은 수분 친화성이 우수하여 수분을 흡수하기 때문에 귤피 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하였고, 귤피 분말의 최고 첨가 비율인 40%는 글루텐의 구조를 약화시킨 것으로 보아 20%까지의 귤피 분말 첨가비율이 적절한 것으로 사료된다.

3. 마들렌의 색도 및 단면 관찰

귤피 분말을 첨가한 마들렌의 내부 단면 색도는 Table 4와 같다. 마들렌의 명도인 L값(lightness)은 대조군에서 78.88 ± 0.31 로 가장 높았고, 5% 첨가군 $78.46 \pm 0.86\%$, 10% 첨가군 $77.11 \pm 0.81\%$, 20% 첨가군 $76.21 \pm 1.57\%$, 40% 첨가군에서 $73.48 \pm 0.78\%$ 로 가장 낮아 귤피 첨가량이 증가할수록 감소하

Table 3. Specific gravity, baking loss rate, dough yield and moisture content of madeleines prepared with different level with citrus peel powder

Property	Citrus peel powder content (%)				
	0	5	10	20	40
Loss rate (%)	$14.69 \pm 2.94^{1(a2)}$	14.22 ± 3.64^{ab}	10.41 ± 3.60^{ab}	10.94 ± 3.93^{ab}	8.21 ± 3.26^b
Dough yield (%)	85.31 ± 2.94^c	85.78 ± 3.64^{bc}	89.59 ± 3.60^{ab}	89.06 ± 3.93^{abc}	91.79 ± 3.26^a
Moisture (%)	11.20 ± 1.30^c	12.40 ± 1.34^{bc}	13.00 ± 0.71^{ab}	13.20 ± 1.10^{ab}	14.20 ± 0.45^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Value with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Color values of madeleines prepared with different level with citrus peel powder

Property	Citrus peel powder content (%)					
	0	5	10	20	40	
L (lightness)	78.88±0.31 ^{1)a2)}	78.46±0.86 ^{ab}	77.11±0.81 ^{bc}	76.21±1.57 ^c	73.48±0.78 ^d	
Inside	a (redness)	0.04±0.17 ^c	-0.07±0.14 ^c	0.39±0.18 ^{bc}	0.84±0.58 ^b	2.49±0.39 ^a
	b (yellowness)	39.68±0.19 ^{ab}	39.76±0.73 ^{ab}	38.36±0.47 ^b	39.13±1.19 ^b	41.36±2.04 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

였다. 껍피 분말을 첨가한 유사한 연구를 살펴보면 식빵, 머핀, 쿠키에서도 L값은 껍피 첨가량이 증가할수록 감소하여 마들렌과 유사한 결과를 보였다(Lee EJ 등 2012; Oh SW & Chung KH 2014; Choi JH 2021). 또한, 복숭아, 렌틸콩, 검정콩가루, 홍게살 분말 첨가 마들렌에서도 시료 첨가량이 증가할수록 명도인 L값은 감소하여 어두워지는 경향을 보였다(Lim YT 등 2012; Bae DB 2016; Kim BM 등 2016; Jeon JE & Lee IS 2022). 반면 골드키위 유산균 발효물을 첨가한 마들렌은 시료의 첨가가 L값에 영향을 미치지 않았다(Ryu JY 등 2018).

적색도인 a값(redness)은 대조군 0.04±0.17과 5% 첨가군 -0.07±0.14로 가장 낮았고, 40% 첨가군이 2.49±0.39로 가장 높아 L값과 반대로 껍피 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 강황 분말(Jun KS 2019), 복숭아즙(Lim YT 등 2012), 렌틸콩(Bae DB 2016), 검정콩(Jeon JE & Lee IS 2022), 검은콩 청국장(Jang JO 2007) 및 홍게살 분말(Kim BM 등 2016)을 첨가한 마들렌의 연구와 감귤 과피를 첨가한 머핀(Oh SW & Chung KH 2014) 등에서도 유사하게 나타났다. 그러나 반대의 결과를 나타낸 오디분말(Lee MA 등 2013), 골드키위 유산균 발효물(Ryu JY 등 2018)을 첨가한 마들렌은 시료 첨가량이 증가할수록 적색도인 a값이 감소하였다.

황색도인 b값(yellowness)은 껍피 분말 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가군에서 각각 39.68±0.19, 39.76±0.73, 38.36±0.47, 39.13±1.19, 41.36±2.04로 10%, 20% 첨가군과 40% 첨가군에서만 유의적인 증가를 보였다($p<0.05$). 감귤 과피 분말을 첨가한 머핀에서도 껍피 첨가량이 증가할수록 황색도인 b값이 증가하였으며(Oh SW & Chung KH 2014), 게살(Kim BM 등 2016)과 강황(Jun KS 2019) 분말 첨가 마들렌에서도 유사한 결과를 보였다. 반면 검정콩(Jeon JE & Lee IS 2022), 렌틸콩(Bae DB 2016), 오디(Lee MA 등 2013), 복숭아즙(Lim YT 등 2012), 검은콩 청국장(Jang JO 2007) 첨가 마들렌에서는 시료 첨가량이 증가할수록 황색도인 b값이 감소하여 본 연구와 반대의 경향을 보였다.

색도는 재료에 들어 있는 당이 마들렌을 굽는 과정에서 caramelization에 의한 갈변을 일으키거나(Lim YT 등 2012), 첨가하는 재료가 가지고 있는 고유의 색소에 의해 마들렌의 색도에 영향을 미친다(Kim DY & Yoo SS 2017). 즉, 껍피 분말의 첨가량이 증가할수록 명도는 어두워졌고, 붉은색은 증가했으며, 황색은 큰 차이가 없었는데 이는 주황색인 껍피의 색상이 가지고 있는 고유의 색소에 의한 특성 때문으로 사료된다.

껍피 분말을 첨가한 마들렌의 외관은 윗면 및 단면을 잘라 사진으로 찍어 나타내었다(Fig. 1). 껍피의 첨가량이 증가할수록 마들렌의 색은 어두워지고 마들렌의 단면 높이가 감소하는 것을 관찰할 수 있었는데, Lim EJ(2023)의 연구에 따르면 밀가루 첨가량 감소는 gluten 형성에 필요한 수분의 부족으로 마들렌의 구조는 약화되고 옆으로 팽창하게 되어 부피의 감소는 차이가 없었으나 결과적으로 높이의 감소를 일으킨 것으로 사료된다.

4. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

껍피 분말을 첨가한 마들렌의 항산화 물질 함량 검사를 위한 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 Table 5와 같다. 총 폴리페놀 함량은 대조군 0.73±0.03, 5% 첨가군 0.93±0.08, 10% 첨가군 1.25±0.04, 20% 첨가군 1.53±0.03, 40% 첨가군 3.33±0.16 mg GAE/g로 껍피 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 총 폴리페놀 화합물은 주로 식물에 존재하면서 aromatic phenolic hydroxyl기를 가지고 있어 라디칼을 소거하는 항산화 활성과 관계가 있다는 연구 결과를 보고하였다(Kim KP 등 2016). 풋귤 껍질을 첨가한 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량은 12% 첨가군에서 100.31±0.71 mg GAE/100 g으로 풋귤 껍질 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량도 유의적으로 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다($p<0.05$, Kim HJ 등 2021). 감귤류 품종간 폴리페놀 함량을 분석한 Park GH 등(2011)의 연구에 따르면 과육의 총 폴리페놀 함량은 평균 8.306 mg/g이고, 과피의 경우는 33.192 mg/g으로 감귤류는 과육보다 과피의 폴리페놀 함량

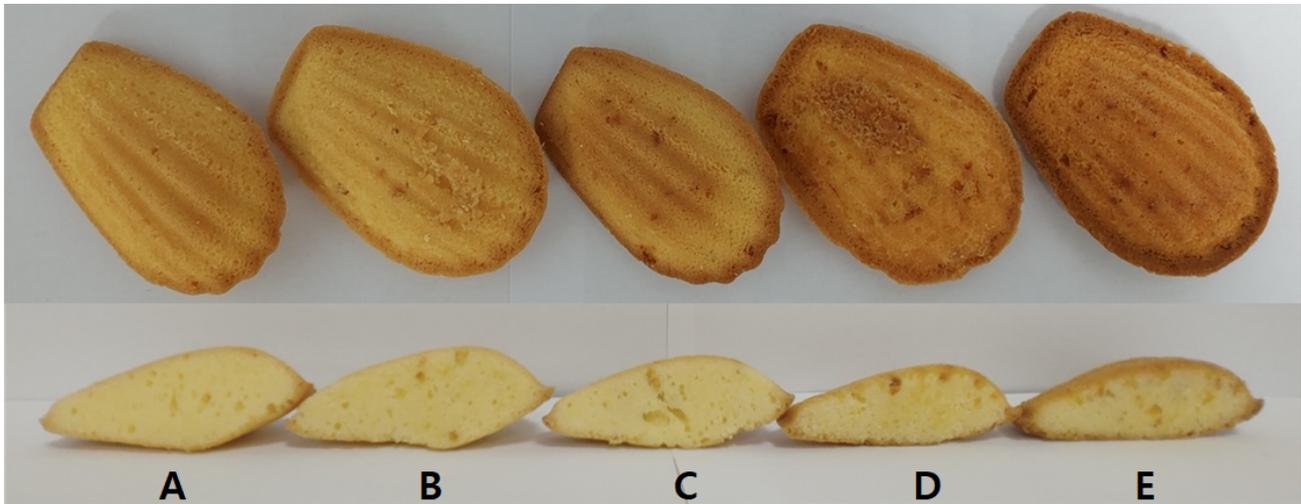


Fig. 1. Madeleines with various levels of supplemental citrus peel powder.

0%: Control (flour without citrus peel powder).

5%: Flour with 5% citrus peel powder.

10%: Flour with 10% citrus peel powder.

20%: Flour with 20% citrus peel powder.

40%: Flour with 40% citrus peel powder.

Table 5. Total polyphenol and total flavonoid contents of madeleines prepared with citrus peel powder

Property	Citrus peel powder content (%)				
	0	5	10	20	40
Total polyphenol (mg GAE/g)	0.73±0.03 ^{1)e2)}	0.93±0.08 ^d	1.25±0.04 ^e	1.53±0.03 ^b	3.33±0.16 ^a
Total flavonoid (mg QE/g)	2.97±0.31 ^e	3.81±0.64 ^d	4.39±0.28 ^e	5.88±0.30 ^b	6.67±0.28 ^a

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Value with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

이 높아 전자공여능 활성이 우수하여 기능성 성분으로 유용하다고 한다. 생강청을 첨가한 마들렌 연구(Lee HJ 등 2022)에서 대조군의 총 폴리페놀 함량은 301.67 mg/mL로 가장 낮은 값을 나타냈고, 생강청 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량도 증가하여 20% 첨가군에서 497.70 mg/mL로 가장 높은 값을 나타냈다. 또한, 골드키위 유산균 발효물을 첨가한 마들렌 연구(Ryu JY 등 2018)에서는 3% 첨가군에서 총 폴리페놀 함량이 0.31±0.04 mg GAE/g로 대조군보다 2배 정도 높았으며, 강황분말 첨가 마들렌의 연구(Jun KS 2019)에서는 대조군의 총 폴리페놀 함량 172.34±7.95 mg/100 g에 비교하여 20% 첨가군에서 191.70±7.95 mg/100 g로 높게 측정되었고, 솔잎 분말을 첨가한 마들렌의 연구(Kim WJ 등 2014)에서도 솔잎 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량도 증가해 5% 첨가군에서 뚜렷한 증가를 보여 시료의 첨가량이 증가할수

록 총 폴리페놀 함량도 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

총 플라보노이드 함량은 대조군, 5%, 10%, 20% 및 40%에서 각각 2.97±0.31, 3.81±0.64, 4.39±0.28, 5.88±0.30 및 6.67±0.28 mg QE/g으로 곶피 첨가량이 증가할수록 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). 팟갈 껍질을 첨가한 스펀지케이크 연구(Kim HJ 등 2021)에서 총 플라보노이드 함량은 12% 첨가군에서 92.02±0.66 mg RE/100 g으로 팟갈 껍질 첨가량이 증가할수록 총 플라보노이드 함량도 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다($p < 0.05$). 10% 진피가루 첨가 마들렌의 총 플라보노이드 함량은 1.38 mg/g으로 대조군(0.77 mg/g)에 비해 높았으며, 진피가루의 총 플라보노이드 함량은 17.98 mg/g으로 높게 나타났다(Kang JH & Chung CH 2020). 폴리페놀은 플라보노이드계와 비플라보노이드계로 나뉘며, 플라보노이드 함량은 총 폴리페놀의 함량과 관련이 있다(Gu YR

등 2017). 플라보노이드는 항산화, 항고혈압, 항균, 항암, 항염 등의 생리적 활성을 가지고 있다(Benavente-Garcia O & Castillo J 2008).

결과적으로 감귤 분말을 첨가한 마들렌은 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량이 높아 항산화 등의 기능성 성분으로의 가치를 기대할 만하다.

5. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성

귤피 분말을 첨가한 마들렌의 항산화 검색을 위한 DPPH 라디칼 소거의 활성은 Fig. 2에 제시한 바와 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 대조군이 15.16±0.35%로 가장 낮았고, 5% 첨가군 32.17±7.24%, 40% 첨가군 45.29±7.42%로 유의하게 증가하였으나($p<0.05$), 10%와 20% 첨가군은 5%와 40% 첨가군과 유의적인 차이를 보이지 않았고, 귤피 분말을 첨가한 마들렌의 DPPH 라디칼 소거 활성은 positive control인 비타민 C(82.75±0.31%)보다 낮은 값을 보였다. 풋귤 껍질을 첨가한 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 소거 활성은 12% 첨가군에서 86.70±2.13%로 풋귤 껍질 첨가량이 증가할수록 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다($p<0.05$, Kim HJ 등 2021). Kang JH & Chung CH(2020)의 연구에서는 진피가루를 10% 첨가한 마들렌의 DPPH radical 소거능이 83.45%로 높게 측정되었으며, 진피가루 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였다.

감귤 품종별 DPPH 라디칼 소거 활성은 과육이 41.9%~58.2%와 과피가 70.5%~76.8%의 범위를 보여 감귤은 과육보다 과피의 활성이 높은 것으로 나타났다(Park GH 등 2011). 마들렌의 DPPH 라디칼 소거 활성 선행연구들을 살펴보면 강황 분말 20% 첨가군 28.86±1.59%로서 강황 분말 첨가 비율이 증가함에 따라 높아졌고(Jun KS 2019), 잣잎 분말 7% 첨가군이 40.11%로 가장 높은 값을 보였고 분말 첨가량이 증가함에 따라 활성은 높아졌으며(Kim WJ 등 2014), 생강청 20% 첨가군이 34.89%로 높은 값을 나타냈고 생강청의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거 활성은 증가하였다(Lee HJ 등 2022). 이 외에도 인삼 잎, 렌틸콩, 솔잎 첨가 마들렌에서도 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거 활성은 증가하는 경향을 보였다(Kim WJ 등 2014; Bae DB 등 2016; Kim KP 등 2016). 인체는 체내 대사경로에서 노화 등을 일으키는 자유 라디칼이 형성되는데 항산화 물질은 이 유해한 자유 라디칼을 제거한다(Ryu JY 등 2018). 자유 라디칼에는 DPPH와 ABTS 라디칼이 포함되며 이러한 라디칼들은 비타민 C, butylated hydroxy anisole(BHA) 등의 항산화 물질과 반응하여 변색되는데, 이러한 색깔의 변화로 항산화 활성을 측정한다(Chung HJ 등 2015).

귤피 분말을 첨가한 마들렌의 ABTS 라디칼 소거 활성은 Fig. 3에 제시한 바와 같다. ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군(21.18%)과 5% 첨가군(20.87%)에서는 유의적 차이가 나

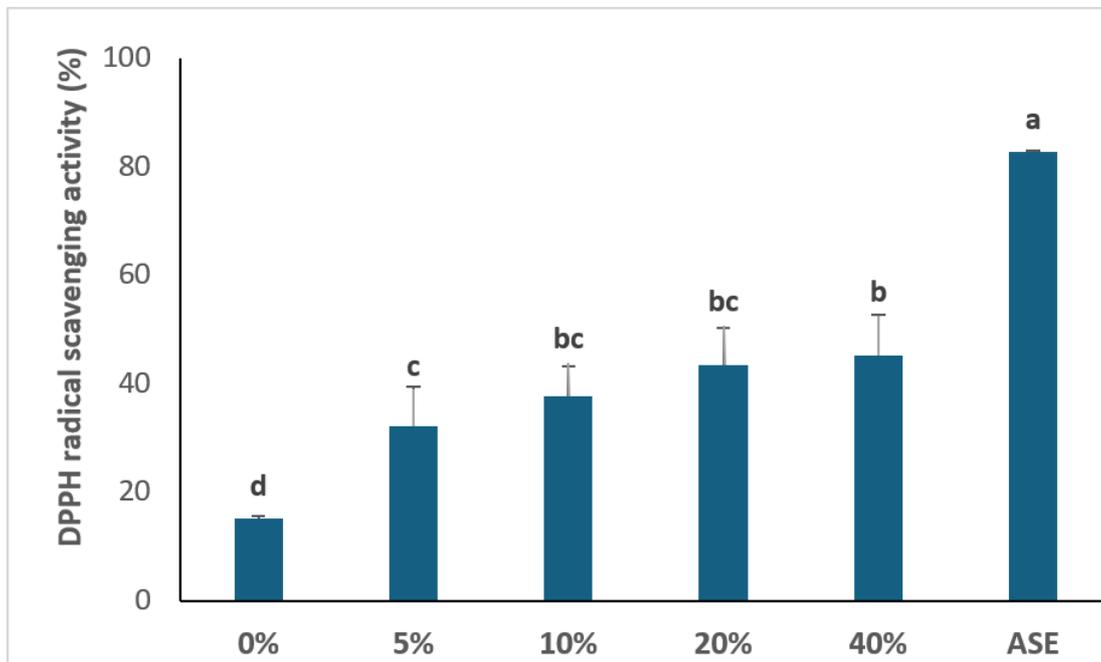


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities in extract with madeleine added with citrus peel powder.

Each value in mean±S.D. ASE: ascorbic acid.

Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

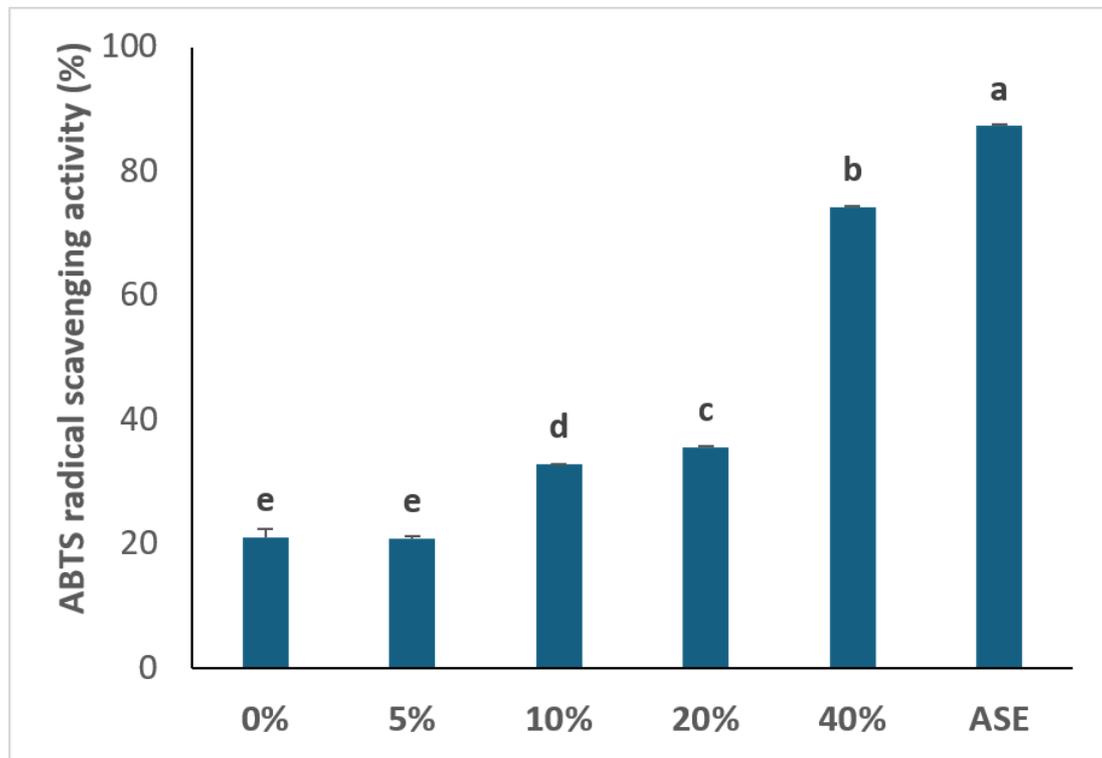


Fig. 3. ABTS radical scavenging activities in extract with madeleine added with citrus peel powder.

Each value in mean±S.D. ASE: ascorbic acid.

Value with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

타나지 않았으며, 10% 첨가군 32.87%, 20% 첨가군 35.59%, 40% 첨가군 74.35%로 껌피 첨가량이 증가할수록 증가하였고, positive control인 비타민 C(87.37%)와 유사하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 껌피 껌질을 첨가한 스핀지케이크의 ABTS 라디칼 소거 활성은 12% 첨가군에서 $58.86 \pm 1.57\%$ 로 껌피 첨가량이 증가할수록 증가하여 본 연구와 유의적으로 유사한 경향을 나타냈다($p < 0.05$, Kim HJ 등 2021). 감귤 품종별 ABTS 라디칼 소거 활성은 과육이 5.26%~9.58%와 껌피가 48.23~78.03 mg trolox eq/g의 범위를 보여 감귤은 과육보다 껌피가 높게 나타났다(Park GH 등 2011). 마들렌의 선행연구에서 생강청 20% 첨가군 28.29%로 높은 값을 나타냈고(Lee HJ 등 2022), 잣잎 7% 첨가군 78.23%(Kim WJ 등 2014), 골드키위 유산균 발효물 3% 첨가군 61.85%(Ryu JY 등 2018)로 시료의 첨가량이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거 활성도 증가하였다. Chain breaking antioxidants와 hydrogen donating antioxidants를 모두 측정할 수 있는 ABTS 라디칼(청록색)은 항산화 물질과 만나면 하늘색으로 변색되는데 이러한 변색 정도로 측정할 수 있다(Chung HJ 등 2015). 껌피에는 flavonoid 60여종 및 carotenoids계 색소 115종을 함유하고 있고 항알러지, 항염, 항바이러스, 항암 등의 효과가 있으며, 환원력을 갖는 naringin,

naringenin, hesperidin과 비타민 C가 있어 항산화 작용에 의한 라디칼 소거능이 우수한 것으로 판단된다(Moon SW 등 2004; Lee JH & Kim GH 2010).

껌피에 함유되어 있는 폴리페놀과 플라보노이드 성분이 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능에 영향을 준 것으로 사료되며, 껌피를 활용한 기능성 식품 개발에 소재로 사용할 가치가 있는 것으로 판단된다.

6. 기호도 검사

껌피 분말을 첨가한 마들렌의 기호도 검사는 외관, 향, 맛, 텍스처 및 전반적인 기호도 항목을 측정하였고 그 결과는 Table 6과 같다. 껌피 분말을 첨가한 마들렌의 외관(appearance)은 대조군 4.36 ± 0.80 , 5% 첨가군 4.31 ± 0.82 , 10% 첨가군 4.08 ± 0.87 로 세 군간에는 유의차가 없었고, 40% 첨가군 3.61 ± 1.02 로 감소하여 외관에 대한 선호도는 낮아지는 경향을 보였다($p < 0.05$). 향(flavor)도 외관과 비슷한 경향을 보여 대조군 4.22 ± 1.07 , 5% 첨가군 3.89 ± 0.78 , 10% 첨가군 3.78 ± 1.05 , 20% 첨가군 3.92 ± 1.08 , 40% 첨가군 3.42 ± 1.08 로 껌피 분말 첨가량이 증가함에 따라 낮아졌다($p < 0.05$). 맛(taste)은 대조군 3.94 ± 1.19 , 40% 첨가군 3.47 ± 1.16 으로 분말 첨가량이 증가할수록 낮아졌으나 유의적인 차이는 없었으며,

Table 6. Sensory evaluation of preference test of madeleines prepared with citrus peel powder

	Citrus peel powder content (%)				
	0	5	10	20	40
Appearance	4.36±0.80 ^{1)a2)}	4.31±0.82 ^a	4.08±0.87 ^a	4.00±0.89 ^{ab}	3.61±1.02 ^b
Flavor	4.22±1.07 ^a	3.89±0.78 ^{ab}	3.78±1.05 ^{ab}	3.92±1.08 ^{ab}	3.42±1.08 ^b
Taste	3.94±1.19 ^a	3.92±0.81 ^a	3.97±0.94 ^a	3.94±0.98 ^a	3.47±1.16 ^a
Texture	3.47±1.17 ^b	3.86±0.99 ^a	3.78±1.05 ^{ab}	4.00±0.96 ^a	3.92±0.84 ^a
Overall acceptance	4.03±1.18 ^a	3.83±0.86 ^a	3.94±1.06 ^a	3.71±0.96 ^{ab}	3.26±1.04 ^b

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Value with different letters were significantly different at $p<0.05$ by Ducan's multiple range test.

텍스처(texture)는 대조군 3.47±1.17로 가장 낮았고, 굽피 분말 첨가량이 증가할수록 텍스처에 대한 선호도는 큰 변화를 보이지 않았다($p<0.05$). Lim EJ(2023)의 선행연구에서 텍스처는 함유된 부재료의 특성 및 비율, 수분함량 등에 영향을 받는다고 보고했는데, 굽피 분말이 증가할수록 수분 함량이 증가해 마들렌의 촉촉한 정도가 높아져 선호도에 있어서 큰 변화를 보이지 않은 것으로 사료된다.

전반적인 기호도(overall preference)는 대조군, 5%, 10% 첨가군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 시료의 첨가량이 증가할수록 낮아져 40% 첨가군에서 3.26±1.04로 감소를 보였다($p<0.05$). 마들렌의 제조 시 굽피 분말을 첨가하는 것은 관능적 기호도면에서 첨가하지 않은 마들렌보다 상승되는 효과를 보여 굽피 마들렌의 제조는 바람직하다고 판단되며, 굽피 분말의 적정 함량은 마들렌의 외관, 맛, 향, 텍스처 및 종합적인 기호도면에서 5%, 10% 및 20% 첨가군이 비슷하게 높은 선호도를 보였다.

Oh SW & Chung KH(2014)의 감귤 과피 분말을 첨가한 머핀에서는 외관, 텍스처, 향, 맛, 전반적인 만족도에서 10% 첨가군이 가장 선호되는 것으로 나타났고, Lee EJ 등(2012)의 감귤과피 분말을 첨가한 식빵에서는 속질색, 텍스처, 향, 맛, 전반적인 만족도에서 9% 첨가군이 가장 선호되는 것으로 나타났으며, Choi JH(2021)의 굽피 분말 첨가 쿠키에서는 외관, 향, 맛, 텍스처, 색, 전반적인 만족도면에서 3% 첨가군이 가장 선호되는 것으로 나타났고, Lim EJ(2023)의 진피 분말 첨가 쿠키에서는 색에 대한 선호도는 10%, 15%, 20%, 향에 대한 선호도는 5%, 10%, 15%, 맛과 조직감에 대한 선호도는 10%와 15%를 선호하는 것으로 나타났는데, 일반적으로 굽피 첨가량이 증가하면 신맛과 쓴맛이 증가하여 기호도가 저하된다고 했다. 진피가루를 첨가한 마들렌의 경우 외관, 색상, 향기, 맛, 텍스처, 부드러움, 전반적인 만족도에서 3% 첨가군이 가장 높은 값을 보였다(Kang JH & Chung CH 2020). 렌틸콩을 첨가한 마들렌의 연구에서는 외관, 색, 향,

텍스처, 맛, 전반적인 기호도를 0%, 20%, 40% 및 60% 첨가군에서 측정하였는데, 모든 기호도에서 20% 첨가군이 가장 선호되는 결과를 보였다(Bae DB 등 2016). Kim KP 등(2016)의 연구에서는 인삼 잎을 첨가한 마들렌의 건강 이미지, 색상, 촉촉한 정도, 부드러운 정도, 텍스처, 향 및 전반적인 기호도를 7점 척도법으로 측정할 결과 3%와 5% 첨가군의 기호도가 6.00±0.73과 5.80±0.89로 높게 나타났다. 선행연구들의 결과에 비추어 볼 때 3%~20%의 시료 첨가량이 선호되는 것으로 나타났는데, 시료의 특성에 의해 그 함량은 차이가 있는 것으로 보인다.

요 약

굽피 분말을 0%, 5%, 10%, 20% 및 40% 첨가하여 제조한 마들렌의 품질 특성을 조사하였다. 굽피의 첨가량이 증가할수록 마들렌의 무게는 증가하였고, 높이는 감소하였으며, 부피는 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 굽기 손실율은 40% 첨가군에서 유의적으로 낮았으며, 수율은 굽피 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 마들렌의 수분함량은 대조군이 11.20%로 가장 낮았고, 40% 첨가군 14.20%로 굽피 첨가량이 증가할수록 증가하였다($p<0.05$). 색도는 주황색인 굽피 첨가량이 증가할수록 명도(L값)는 낮아졌고, 적색도인 a값은 증가하였으나, 황색도(b값)는 10%, 20%와 40% 첨가군에서만 증가를 보였다($p<0.05$). 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 40% 첨가군이 각각 3.33 mg GAE/g과 6.67 mg QE/g로 굽피 첨가량이 증가할수록 증가하였으며, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 40% 첨가군이 각각 45.29%와 74.35%로 굽피 첨가량에 따라 증가하였다($p<0.05$). 기호도 검사는 외관, 향, 맛, 텍스처 및 전반적인 기호도면에서 5%, 10% 및 20% 첨가군이 비슷하게 높았다($p<0.05$). 결과들을 종합해 보면 항산화 활성과 기호도 등에서 굽피 분말을 10%~20% 첨가하여 마들렌을 제조하는 것이 가장 이

상적이라고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2023년도 강서대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn GJ, Lee YJ (2014) Quality characteristics of *Sulgidduk* with different amounts of dried tangerine peel powder. Korean J Food Cook Sci 30(3): 284-290.
- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. pp 33-36.
- Arnao MB, Cano A, Acosta M (2001) The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem 73(2): 239-244.
- Bae DB, Kim KH, Yook HS (2016) Quality characteristics of madeleine added with lentil (*Lens culinaris*) powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(12): 1816-1822.
- Bae HS, Lee YK, Kim SD (2002) Quality characteristics of *Yukwa* with citrus peel powder. J East Asian Soc Diet Life 12(5): 388-396.
- Bae JH, Jung IC (2013) Quality characteristics of muffin added with buckwheat powder. J East Asian Soc Diet Life 23(4): 430-436.
- Baek JJ, Park EB, Ryu SI, Paik JK (2022) Quality characteristics of madeleine with leaves powder of *Pinus koraiensis*, newtro dessert. Korean J Food Nutr 35(4): 253-258.
- Benavente-Garcia O, Castillo J (2008) Update on uses and properties of citrus flavonoids: New findings in anticancer, cardiovascular, and anti-inflammatory activity. J Agric Food Chem 56(15): 6185-6205.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181(4617): 1199-1200.
- Brito A, Ramirez JE, Areche C, Sepúlveda B, Simirgiotis MJ (2014) HPLC-UV-MS profiles of phenolic compounds and antioxidant activity of fruits from three citrus species consumed in Northern Chile. Molecules 19(11): 17400-17421.
- Buachan P, Chularojmontri L, Wattanapitayakul SK (2014) Fruits on human endothelial cells: Enhancing cell migration and delaying cellular aging. Nutrients 6(4): 1618-1634.
- Choi EJ (2021) Current situation of food delivery O2O platform industry and policy suggestions. J Channel Retail 26(1): 171-197.
- Choi JH (2021) Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with citrus peels powder. Culi Sci & Hos Res 27(8): 77-86.
- Choi YJ, Kim MH, Park MH, Mun GR, Ryu HS, Han DH, Lee B, Cho BS, Park YJ, Park SY, Park YJ, Jung KI (2022) Physiological activity of fermented Jangguntea and its quality characteristics in madeleine. J Korean Soc Food Sci Nutr 51(5): 448-456.
- Chung HJ, Kim CJ, Choi YS (2015) Comparison of antioxidant and nitrite scavenging activities of different colored kiwis cultivated in Korea. J Korean Soc Food Cult 30(2): 220-226.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12(2): 239-243.
- Gu YR, Kim SW, Son YW, Hong JH (2017) Antioxidant activities of solvent extracts from different *Glehnia Radix* parts and their inhibitory effect against nitric oxide production in Raw 264.7 cell. Food Sci Preserv 24(1): 116-124.
- Heo CG (2000) North Korea Donguibogam. Creative Culture of Book Publishing, Korea. p 165.
- Jang JO (2007) Quality properties of madeleine added with black bean *Chungkukjang* flour. J East Asian Soc Diet Life 17(6): 840-845.
- Jeon JE, Lee IS (2022) Quality characteristics of madeleines made with the addition of roasted black soybean flour. J Korean Soc Food Cult 37(6): 529-539.
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH (2013) Quality characteristics of cookies added with *Hongkuk* powder. Korean J Food Nutr 26(2): 177-183.
- Jeong TS, Choi MS, Park YB, Bok SH (2000) Cholesterol-lowering or antiatherogenic effects of citrus bioflavonoids and their mechanisms. Food Industry And Nutrition 5(2): 21-26.
- Jun KS (2019) Quality characteristics of madeleine adding with *Curcuma aromatica* powder. Culi Sci & Hos Res 25(11): 114-123.
- Kang JH, Chung CH (2020) Quality characteristics of madeleine with added citrus mandarin peel powder. Culi Sci & Hos Res 26(1): 135-145.
- Kim BM, Jung MJ, Jun JY, Kim DS, Jeong IH (2016) The

- quality characteristics and processing of madeleine containing red snow crab *Chionoecetes japonicus* leg-meat powder. Korean J Fish Aquat Sci 49(3): 277-284.
- Kim DY, Yoo SS (2017) Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Gochujang*. J East Asian Soc Diet Life 27(2): 148-158.
- Kim EJ, Lee JH (2012) Qualities of muffins made with jujube powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(12): 1792-1797.
- Kim HJ, Kim MH, Han YS (2021) Antioxidant activities and quality characteristics of sponge cake added with premature mandarin peel powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 50(9): 981-991.
- Kim KP, Kim KH, Yook HS (2016) Quality characteristics of madeleine added with organic ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) leaf. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(5): 717-722.
- 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 WJ, Kim JM, Cheong HS, Huh YR, Shin MS (2014) Antioxidative activity and quality characteristics of rice madeleine added with pine needle powder and extract. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(3): 446-453.
- KREI Repository (2018) 2018 Foodservice Management Survey Statistic Report. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea. p 190.
- KREI Repository (2023) 2023 Foodservice Management Survey Statistic Report. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea. p 164.
- Lee EJ, Ju HW, Lee KS (2012) Quality characteristics of pan bread added with citrus mandarin peel powder. Culi Sci & Hos Res 18(1): 27-39.
- Lee HJ, Park EB, Ryu SI, Paik JK (2022) Quality and characteristics of madeleine that is helpful for hypercholesterolemia using ginger syrup. Korean J Food Nutr 35(4): 231-238.
- Lee HN, Park TS, Yu OK, Byun MS, Cha YS (2016) Development of morning bread fortified citrus peels powders and its evaluation of biological activity by human trial. J Nutr Health 49(3): 144-152.
- Lee JH, Kim GH (2010) Evaluation of antioxidant and inhibitory activities for different subclasses flavonoids on enzymes for rheumatoid arthritis. J Food Sci 75(7): H212-H217.
- Lee MA, Park ML, Byun GI (2013) Quality characteristics of madeleine added with mulberry powder according to drying conditions. Culi Sci & Hos Res 19(4): 13-24.
- Lim EJ (2023) Study of the quality characteristics of cookies made with the addition of *Citrus unshiu* Markovich peel powder. J East Asian Soc Diet Life 33(6): 503-511.
- Lim YT, Kim DH, Ahn JB, Choi SH, Han GP, Kim GH, Jang KI (2012) Quality characteristics of madeleine with peach (*Prunus persica* L. Batsch) juice. Korean J Food Nutr 25(3): 664-670.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2020) 2020 A Study on the Trends of Food Service at Home and Abroad. Sejong, Korea. pp 38-39.
- Moon SW, Kang SH, Jin YJ, Park JG, Lee YD, Lee YK, Park DB, Kim SJ (2004) Fermentation of *Citrus unshiu* Marc. and functional characteristics of the fermented products. Korean J Food Sci Technol 36(4): 669-676.
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA (2000) Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J Ethnopharmacol 71(1-2): 109-114.
- Mun KS (1984) Ingredients and Use of Medicinal Herbs. Science and Encyclopedia Publishers, Korea. p 363.
- Oh SW, Chung KH (2014) Physicochemical and sensory properties of muffins with added powdered tangerine peel. Food Eng Prog 18(3): 177-185.
- Park GH, Lee SH, Kim HY, Jeong HS, Kim EY, Yun YW, Nasm SY, Lee BJ (2011) Comparison in antioxidant effects of four citrus fruits. J Food Hyg Saf 26(4): 355-360.
- Park SH, Lim SI (2007) Quality characteristics of muffin added red yeast rice flour. Korean J Food Sci Technol 39(3): 272-275.
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY (2014) Quality evaluation of the nutritional cereal bar with citrus fruit extract. Culi Sci & Hos Res 20(6): 245-253.
- Park YS, Shin S, Shin GM (2008) Quality characteristics of pound cake with *Citrus mandarin* powder during storage. J East Asian Soc Diet Life 18(6): 1022-1031.
- Patil JR, Jayaprakasha GK, Murthy KNC, Chetti MB, Patil BS (2010) Characterization of *Citrus aurantifolia* bioactive compounds and their inhibition of human pancreatic cancer cells through apoptosis. Microchem J 94(2): 108-117.
- Public Data Portal (2024) Jeju Special Self-Governing Province -Annual Citrus Production Area. <https://www.>

- data.go.kr (accessed on 12. 8. 2024).
- Ryu JY, Park HJ, Lee SL, Koh SY, Lim HJ, Kim HA, Cho SK (2018) Quality characteristics of madeleine added with halla gold kiwifruit fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 25(2): 205-211.
- Shin GM (2015) Quality characteristics of sponge cake added with *Citrus peel* powder. *Culi Sci & Hos Res* 21(5): 88-97.
- Yang HS, Yu KW, Choi YM (2004) Isolation of polysaccharides modulating mouse's intestinal immune system from peels of *Citrus unshiu*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33(9): 1476-1485.
- 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 *Periplla frutescens* (L.) Britton powder. *J East Asian Soc Diet Life* 34(3): 143-153.
-

Date Received Jul. 5, 2024

Date Revised Jul. 30, 2024

Date Accepted Aug. 12, 2024