풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 항산화 활성 및 품질 특성

김현정 · 김명현 · 한영실
숙명여자대학교 식품영양학과

Antioxidant Activities and Quality Characteristics of Sponge Cake Added with Premature Mandarin Peel Powder

Hyeon-Jeong Kim, Myung-Hyun Kim, and Young-Sil Han

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

ABSTRACT The purpose of this study was to investigate the possibility of using premature mandarin peel powder, a by-product of citrus fruits, for making sponge cakes with the addition of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12% of premature mandarin peel powder and analyzing the resultant antioxidative properties and quality characteristics. The study showed that the height, batter yield, and loss rate of sponge cakes decreased as higher amounts of premature mandarin peel powder were added but the weight and specific gravity increased. The moisture content of the sponge cake prepared with 12% premature mandarin peel powder showed the highest values, but the pH was the highest in the control group at 8.12. In terms of color, the L and a values were the highest in the control group, but the b value was highest in the 12% group. There was no significant difference between samples in terms of springiness and cohesiveness, although the study showed a significant increase in the hardness, chewiness, and gumminess as the proportion of premature mandarin peel powder in the sponge cake increased. The total polyphenol content, total flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, and ABTS radical scavenging activity all increased significantly as more premature mandarin peel powder was added to the sponge cake. The sensory evaluation results showed that the 6% group had the highest preference in overall acceptability including the color, flavor, taste, and texture. The results of this study proved that the groups with premature mandarin peel powder had better antioxidant activity and sensory properties than the control group and it is therefore judged to have a high potential for use as a food material.

Key words: premature mandarin peel, sponge cake, antioxidant activities, quality characteristics

서론

스펀지케이크는 케이크의 기본 형태로 거품형 반죽을 이용하여 달걀 단백질의 변성과 신장성에 의해 만들어진다(Woo 등, 2006). 일반 제과점뿐만 아니라 식품 산업에서도 대량생산이 되고 있으며, 글루텐의 점탄성에 의한 영향이 크지 않아 부재료를 첨가하여 만들기 용이하다(Kim 등, 2014; Park 등, 2008a). 특히 스펀지케이크는 맛이 단순하기 때문에 그 자체로 판매하는 경우보다 모양이나 맛을 향상시켜 판매하며 최근에는 기능성 부재료를 첨가하여 판매하고 있다(Kim과 Kim, 2017). 기능성 부재료를 첨가한 스펀지케이크의 선행연구로는 당유자 껍질 분말(O 등, 2017), 석류 껍질 분말(Zhang 등, 2017), 아로니아 분말(Jang 등, 2018),

연잎과 연근 분말(Kim 등, 2011), 바나나 분말(Park 등, 2010) 등이 있다.

우리나라에서 감귤류는 만다린에 속하는 한라봉, 천혜향, 온주밀감 등이 생산되고 있다(Kim과 Kim, 2011). 감귤류는 운향목 운향과, 감귤나무아과 중에서 금감속(*Fortunella*), 감귤속(*Citrus*), 탕자나무속(*Poncirus*)에 속하거나 이들로 부터 파생된 품종을 지칭하는 것으로 다른 과실류에 비해 독특한 향미, 고유한 색 및 풍부한 과즙을 가지고 있다(Chung 등, 2000; Lee 등, 2009b). 감귤에는 여러 기능성 성분들이 함유되어 있으며, naringin과 hesperidin 등과 같은 폴리페놀 성분 및 tangeretin, nobiletin 같은 60여 종 이상의 생리활성 물질이 밝혀져 있다(Hyun 등, 2015). 특히 과육보다 감귤果皮에 다양한 생리활성 물질이 많이 함유되어 있으며,

Received 25 June 2021; Revised 12 July 2021; Accepted 16 July 2021

Corresponding author: Young-Sil Han, Sookmyung Women's University, 100, Cheongpa-ro 47-gil, Yongsan-gu, Seoul 04310, Korea, E-mail: hd1401@sookmyung.ac.kr

Author information: Hyeon-Jeong Kim (Graduate student), Myung-Hyun Kim (Instructor), Young-Sil Han (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

플라보노이드, 카로티노이드 색소와 식이섬유 등이 높아 항산화 및 항균 효과가 우수하다고 알려져 있다(Ahn 등, 2007). 동의보감에서는 감귤 과피를 건조시켜 약재로 사용하였으며, 이를 진피(陳皮)라 하고 가루로 만들어 생강차에 넣어 마시거나 차로 끓여 마셨다고 알려져 있다(Lee 등, 2012). 이러한 감귤 과피에는 다양한 생리활성 물질이 함유되어있지만 대부분 폐기되고 있다(Song 등, 2013). 현재 진피 가루 첨가 마들렌(Kang과 Chung, 2020), 생면 파스타(Ko와 Kim, 2011), 양갱(Choi와 Lee, 2015), 식빵(Lee 등, 2012), 설기떡(Kim과 Kim, 2011) 등의 연구가 진행되었으며, 감귤 부산물의 다양한 활용성을 확인할 수 있었다.

감귤류의 부산물은 가공 공정에서 많이 발생하지만 생육 과정에서 미숙 감귤인 풋귤의 형태로도 발생한다(Choi 등, 2019a). 제주 지역에서는 감귤의 품질 고급화 및 생산량 감축을 위해서 매년 8~10월에 약 5~10만톤의 풋귤을 나무에서 딴 후 폐기하는 수상 적과를 실시하며, 폐기처분 되는 대부분의 풋귤이 과수원의 주변 환경을 오염시킨다(Kang 등, 2005). 이러한 풋귤은 완숙과에 비해 높은 유기산, 폴리페놀 및 플라보노이드(hesperidin, rutin, naringin) 등을 함유한 것으로 알려져 있으며, 특히 플라보노이드의 주요성분 중 hesperidin은 수확시기가 빠를수록 높은 함량을 나타낸다고 보고하였다(Kang 등, 2005; Kim 등, 2009a; Ye 등, 2016). 풋귤의 과피에는 플라보노이드, 에센셜 오일, 식이섬유 등 다양한 생리활성 성분이 함유되어 있으며 이를 청피(靑皮)라고 한다(Park 등, 2020; Kim, 2009). 현재까지 풋귤에 관한 연구로는 청귤의 항산화 및 항균 활성(Choi 등, 2019b), 청귤의 유효 성분 분석(Choi 등, 2019a), 수확 시기 및 원료 조건에 따른 풋귤 식초의 항산화 활성(Park 등, 2020), 청피의 항염증 효과(Ye 등, 2016) 등이 보고되었으며 연구가 더 필요한 상황이다. 감귤과 진피를 이용한 연구에 비해 풋귤과 풋귤 껍질(청피)의 기능성에 대한 연구 및 식품에 활용한 연구는 부족한 상황으로 특히 풋귤 껍질을 식품에 활용한 연구는 거의 보고되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 폐기되는 풋귤의 껍질을 이용하여 영양성, 품질 및 기호도가 우수한 기능성 스펀지케이크를 개발하고자 하였으며, 품질 특성과 항산화 활성에 대해 연구하였다. 이러한 연구를 통해 다양한 생리활성을 지닌 풋귤

껍질을 제과·제빵 및 기능성 식품의 재료로서 가능성을 확인하고 활용도를 높이하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 풋귤 껍질은 2020년 제주도에서 재배하여 8월에 수확한 풋귤을 구입하여 깨끗하게 세척한 뒤 과육을 제거하고 껍질만 동결건조기(MCFD 8505, Ilshin Bio Base Co., Gyeonggi, Korea)에 건조하였다. 건조된 풋귤 껍질은 분쇄기(HR2056, Philips, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하고 40 mesh(Chung Gye Industrial MFG., Seoul, Korea)의 체로 친 후 시료로 사용하였다. 박력분(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 달걀(Pulmuone Co., Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co.), 버터(Seoul Milk Co., Seoul, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co.)은 시장에서 구입한 후 사용하였다. 시약 Folin&Ciocalteu's phenol reagent, 2,2'-azino-bis diammonium salt, potassium persulfate, gallic acid, rutin는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, NaOH, Na₂CO₃는 Duksan Pharmaceutical Co.(Ansan, Korea), 그 외 시약은 1급을 사용하였다.

스펀지케이크 제조

풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 배합비는 Table 1에 나타내었으며, 제조방법 및 배합비는 Zhang 등(2017)의 레시피를 참고하여 예비실험을 거쳐 제조하였다. 풋귤 껍질 분말은 박력분 중량의 0%, 3%, 6%, 9%, 12%를 첨가하였다. 달걀은 반죽기(5K45SS, KitchenAid Co., Benton Harbor, MI, USA)의 믹싱볼에 넣어 2단에서 30초간 작동한 후 설탕, 소금을 넣어 6단에서 4분간 휘핑하였다. 고무주걱으로 믹싱볼의 옆면을 긁어내고 6단에서 4분간, 1단에서 30초간 믹싱하여 거품을 형성하였다. 체에 친 박력분과 풋귤 껍질 분말을 넣고 혼합한 후, 녹인 버터를 첨가하여 균일하게 혼합하였다. 원형 팬(직경 15 cm)에 유산지를 깔고 반죽을 350 g씩 팬닝하여 180°C로 미리 예열된 오븐(ML32AW1, LG, Seoul, Korea)에서 25분간 구웠다. 구워

Table 1. Formulations of sponge cakes with premature mandarin peel powder

Ingredients (g)	Premature mandarin peel powder content (%) ¹⁾				
	Control	3	6	9	12
Premature mandarin peel powder	0	3	6	9	12
Wheat flour	100	97	94	91	88
Whole egg	180	180	180	180	180
Butter	20	20	20	20	20
Sugar	100	100	100	100	100
Salt	1	1	1	1	1

¹⁾Control: flour without premature mandarin peel powder, 3: flour with 3% premature mandarin peel powder, 6: flour with 6% premature mandarin peel powder, 9: flour with 9% premature mandarin peel powder, 12: flour with 12% premature mandarin peel powder.

진 스펀지케이크를 실온에서 1시간 방랭하고 polyethylene bag에 보관하여 시료로 사용하였다.

스펀지케이크의 높이 및 무게 측정

스펀지케이크의 높이와 무게 측정은 각 처리군별 3개의 시료를 사용하여 시료 당 3회씩 반복 측정한 후 평균값으로 나타내었다. 스펀지케이크의 높이는 중앙을 잘라 시료의 가장 높은 부분을 Caliper(CD-15CPX, Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정한 후 평균값과 표준편차로 나타내었다.

반죽의 비중, 수율 및 굽기 손실률 측정

반죽의 비중(specific gravity)은 AACC(2000)법을 사용하여 완성된 스펀지케이크 반죽의 무게를 측정하여 구하였으며, 반죽 수율(batter yield, %) 및 굽기 손실률(baking loss rate, %)은 스펀지케이크를 굽기 전후의 중량을 측정하여 값의 차이를 통해 구하였다.

Specific gravity = weight of cake batter / weight of water

Batter yield = (weight of cake batter / weight of cake) × 100

Baking loss rate = {(weight of cake batter - weight of cake) / weight of cake batter} × 100

수분함량 측정

수분함량은 스펀지케이크를 알루미늄 접시에 0.5 g씩 칭량한 후 적외선 수분측정기(MB45, Ohaus Corporation, Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 온도는 105 °C에서 진행되었으며 각 실험은 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

pH 측정

pH는 스펀지케이크 5 g을 증류수 45 mL와 혼합한 후 homogenizer(PT-MR 2100, KINEMATICA AG, Malzers, Switzerland)로 균질화해서 3,000 rpm, 4°C에서 10분간 원심분리(COMBI-514R, Hanil Science Industrial Co., Gimpo, Korea)한 시료액의 상층액을 사용하였다. pH meter(F-51, HORIBA, Kyoto, Japan)를 사용하여 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

색도 측정

색도는 스펀지케이크의 내부 부분을 측정하였으며, 색도계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)을 3회 반복하여 측정하였다. 측정 시 사용한 표준 백색판의 L값은 93.72, a값은 -0.14, b값은 3.72였다.

조직감 측정

조직감은 스펀지케이크 내부를 3.0×3.0×3.0 cm의 정사각형 조각으로 일정하게 잘라 texture analyzer(TA-XT2 Express, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 사용하였다. TPA(texture profile analysis) 분석으로 스펀지케이크의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)을 측정하였으며, 각 시료 당 10회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 측정조건의 probe는 4.0×5.0 cm의 직사각형 probe를 사용했으며, pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 3.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, test distance 7.0 mm, trigger force 5 g으로 하였다.

Scanning Electron Microscope(SEM) 관찰

스펀지케이크의 내부구조 관찰을 위해서 케이크의 중심부를 0.5×0.5×0.5 cm 이하로 절단한 후 동결건조하였다. 시료는 Sputter coater(108Auto Coater, Cressington Scientific Instruments, Watford, UK)로 60초간 도금한 후 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-7600F, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 전압 15.0 KV 조건에서 50배율로 측정하였다.

추출물 제조

팥글 껍질 분말 25 g에 70% 에탄올 20배를 가한 뒤 25°C에서 24시간 동안 100 rpm으로 shaking incubator(SI-900R, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 추출하여 여과지(Whatman No. 3, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과한 후 동일한 방법으로 3회 반복하여 추출액을 얻었다. 추출액은 rotary vacuum evaporator(NVC-2100, EYELA, Tokyo, Japan)로 농축하여 동결건조 후 시료로 사용하였다. 팥글 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크는 5 g에 70% 에탄올 45 mL를 가한 후, shaking incubator에서 24시간 동안 100 rpm, 25°C로 추출하였다. 추출한 시료는 여과지로 여과하였고 25°C에서 20분간 3,000 rpm으로 원심분리한 후 상등액을 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

팥글 껍질 분말 및 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Siwan과 Hillis, 1959)에 준하여 측정하였으며, gallic acid를 표준물질로 이용하여 검량선을 작성하여 값을 구하였다. 시료액 150 µL에 증류수 2,400 µL, 2 N Folin-Ciocalteu(Sigma Chemical Co.) 시약 50 µL를 시험관에 넣고 교반한 후 반응시킨 뒤 1 N sodium carbonate(Na₂CO₃, Duksan Pharmaceutical Co.) 300 µL를 가하여 2시간 동안 어두운 곳에서 반응시켰다. 그 후 UV/VIS spectrophotometer(T60UV, PG Instruments Ltd., Wibtoft, England)로 725 nm에서 측정하였으며 실험은 각 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구했다.

총 플라보노이드 함량 측정

풋귤 껍질 분말 및 스펀지케이크의 총 플라보노이드 함량은 Davis 변법(1947)에 준하여 측정하였으며, 표준물질은 rutin(Sigma Chemical Co.)을 이용하여 검량선을 구한 후 값을 계산하였다. 시료액 1 mL에 90% diethyleneglycol (Samchun Chemical Co., Pyeongtaek, Korea) 10 mL, 1 N NaOH 1 mL를 가한 후, 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시켰다. 그 후 420 nm에서 흡광도를 측정하고, 실험은 각 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구했다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

풋귤 껍질 분말 및 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958) 방법에 준하여 실험을 진행하였다. 희석한 시료액 3 mL에 DPPH solution 1 mL를 가하여 교반한 후, 30분간 암소에 방치하고 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험은 각 3회 반복한 후 평균과 표준편차로 나타냈다.

DPPH free radical scavenging activity (%) =

$$(1 - \text{Sample absorbance} / \text{Control absorbance}) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능 측정

풋귤 껍질 분말 및 스펀지케이크의 ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999) 방법을 변형하여 실험을 진행하였다. 7 mM ABTS(Sigma Chemical Co.)와 2.45 mM potassium persulfate(Sigma Chemical Co.)를 혼합하여 16시간 동안 반응시켜 ABTS 라디칼을 생성시켰다. 제조된 ABTS 용액을 PBS buffer에 희석하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.02 가 되도록 하였다. 희석한 시료액 100 μ L에 ABTS⁺ solution 900 μ L를 혼합한 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험은 각 3회 반복을 실시하였으며, 다음 식을 사용하여 소거 활성을 백분율로 표시하여 평균값과 표준편차로 나타냈다.

ABTS radical scavenging activity (%) =

$$(1 - \text{Sample absorbance} / \text{Control absorbance}) \times 100$$

관능검사

관능검사는 숙명여자대학교 식품영양학 전공자 15명의 패널을 대상으로 제품의 기호도 및 강도 평가를 7점 척도법으로 평가를 진행하였다. 모든 시료를 동시에 일회용 플라스

틱 접시(지름 6 cm, 높이 1 cm)에 일정한 크기로 잘라 담은 후, 난수표를 이용한 시료 번호 3자리를 표시하여 관능 평가 패널들에게 제공하였다. 기호도 평가는 색(color), 맛(taste), 향미(flavor), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptability)를 평가하였으며, 매우 좋다 7점, 매우 나쁘다 1점으로 나타내었다. 강도 평가는 색(color intensity), 풋귤 껍질의 향(premature mandarin peel flavor), 쓴맛(bitter taste), 촉촉함(moistness)을 평가하였으며, 매우 강하다 7점, 매우 약하다 1점으로 나타내었다. 본 연구의 관능검사는 숙명여자대학교 생명윤리위원회의 승인(SMWU-2105-HR-027)을 받아 진행되었다.

통계처리

본 연구의 모든 실험은 3회 이상 반복하여 측정하였으며, 결과는 SPSS 프로그램 25.0(Statistical Analysis Program, IBM Co., New York, NY, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 유의수준 5%에서 차이가 나타난 항목에 대해서는 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다. 풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 상관관계는 Pearson 상관분석을 통해 유의성을 검증하여 결과를 나타내었다.

결과 및 고찰

풋귤 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 높이 및 무게

풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 높이와 무게를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 높이는 대조군과 풋귤 껍질 분말을 3%, 6%, 9%, 12% 첨가군에서 6.50 cm, 5.80 cm, 5.71 cm, 5.07 cm, 4.92 cm로 첨가량이 증가할수록 높이가 낮아지는 유의적인 결과를 나타냈다($P < 0.001$). 이는 풋귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 제조 과정 중에 반죽 가스 보유력이 감소했기 때문이라고 판단되며(Pomeranz 등, 1977) 이와 같은 현상은 레몬그라스를 첨가한 스펀지케이크(Ju 등, 2016), 번행초 첨가 스펀지케이크(Yoon, 2020)에서도 유사하게 나타났다.

무게 측정 결과는 대조군이 329.50 g으로 가장 낮고, 12% 첨가군이 333.60 g으로 가장 높아 첨가량이 증가할수록 무게가 증가하는 경향을 나타냈다($P < 0.001$). 이는 구기

Table 2. Height, weight, specific gravity, batter yield, and loss rate of sponge cakes with premature mandarin peel powder

Property	Premature mandarin peel powder content (%)					F-value
	Control	3	6	9	12	
Height (cm)	6.50±0.44 ^{a1)2)}	5.80±0.09 ^b	5.71±0.10 ^b	5.07±0.32 ^c	4.92±0.90 ^c	18.645 ^{***}
Weight (g)	329.50±0.50 ^c	331.67±0.76 ^b	332.67±0.76 ^{ab}	332.67±0.76 ^{ab}	333.60±0.36 ^a	17.268 ^{***}
Specific gravity	0.44±0.08 ^c	0.47±0.17 ^{bc}	0.49±0.13 ^b	0.54±0.22 ^a	0.57±0.27 ^a	24.267 ^{***}
Batter yield (%)	106.30±0.11 ^a	106.18±0.01 ^a	105.33±0.33 ^b	105.34±0.12 ^b	105.28±0.42 ^b	19.104 ^{**}
Loss rate (%)	5.93±0.09 ^a	5.82±0.07 ^a	5.06±0.30 ^b	5.07±0.11 ^b	5.02±0.35 ^b	18.691 ^{**}

¹⁾ All values are mean±SD.

²⁾ Values with different letters (a-c) within a row are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

자를 첨가한 스펀지케이크의 연구 결과와 같이 구운 후 무게의 변화는 굽는 과정 중 기포 팽창이 억제되어 수분 증발이 잘되지 않아서 무게가 증가한 것으로 판단된다(Shin, 2015).

풋갈 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 반죽의 비중, 수율 및 굽기 손실률

풋갈 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 반죽 비중, 수율 및 굽기 손실률은 Table 2와 같다. 반죽의 비중은 텍스처와 기공 형성에 중요한 요소로 비중이 증가할수록 기공 형성이 감소하며, 스펀지케이크의 부피가 작아지고 조직이 거칠어진다(Cho와 Kim, 2013). 풋갈 껍질 분말 스펀지케이크의 반죽 비중은 대조군이 0.44로 가장 낮았으며, 3%, 6%, 9%, 12% 첨가군이 0.47, 0.49, 0.54, 0.57로 풋갈 껍질 분말을 첨가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈다($P<0.001$). 본 연구는 새싹보리 분말(Park과 Chung, 2020), 아로니아 분말(Jang 등, 2018), 석류 껍질 분말(Zhang 등, 2017) 및 레몬그라스 분말(Ju 등, 2016)을 첨가한 스펀지케이크에 대한 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 이는 풋갈 껍질 분말이 달걀 거품의 표면에 붙어 벽을 두껍게 하여 기포 형성을 방해하여 망상구조의 형성을 어렵게 한 것으로 판단된다(Cho와 Kim, 2013). 하지만, 3%, 6%, 9% 첨가군은 0.47~0.54 이므로 적정 비중 범위인 0.45~0.55 내에 있어 풋갈 껍질 분말을 스펀지케이크에 활용 가능한 것으로 판단된다(Kim 등, 2014).

반죽 수율은 대조군이 106.30%이며 풋갈 껍질 분말 첨가군은 105.28~106.18%로 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($P<0.01$). 이는 구기자를 첨가한 Shin(2015)의 연구 결과와 같이 시료 간의 함량 차이에 의한 것으로 판단된다.

굽기 손실률은 반죽이 굽는 과정 중에 열에 의하여 부푸는 과정에서 수분이 기체로 증발하게 되어 발생하게 된다(Shin, 2015). 풋갈 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 굽기 손실률을 대조군이 5.93%로 가장 높았으며, 풋갈 껍질 분말을 첨가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다($P<0.01$). 이는 석류 껍질 분말 첨가 스펀지케이크 결과와 같이 굽는 과정 중 풋갈 껍질 분말이 기포 형성을 억제하여 수분 증발을 방해한 것으로 판단된다(Zhang 등, 2017).

풋갈 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 수분함량

풋갈 껍질 분말 스펀지케이크의 수분함량은 Table 3와 같다. 대조군의 수분함량은 33.87%로 가장 낮았으며, 12% 첨가군이 38.42%로 가장 높았다($P<0.001$). 풋갈 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하는 경향을 보였으며, 이는 풋갈 껍질 분말에 들어있는 식이섬유가 높은 수분 결합력으로 호화전분의 수분이 증발하는 것을 억제시켰기 때문인 것으로 판단된다(Kim, 2015). 풋갈 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 무게 측정 결과에서도 수분이 증발되지 않아 무게가 증가한다고 보고하였다(Table 2). 새싹보리 분말 첨가 스펀지케이크에서도 새싹보리의 높은 수분 결합력으로 첨가량이 증가할수록 수분함량이 높아지는 결과를 나타냈다(Park과 Chung, 2020). 스펀지케이크의 수분함량은 케이크의 저장성과 부드러운 식감을 결정하는 중요한 요인으로 보고되었다(Yook 등, 2000). 본 연구에서는 스펀지케이크에 풋갈 껍질 분말을 첨가 시 수분함량을 증가시키는 경향을 보여 이는 조직을 부드럽게 하고, 노화를 지연시켜 스펀지케이크의 품질 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

풋갈 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 pH

풋갈 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 pH는 Table 3과 같다. 대조군의 pH는 8.12로 가장 높았고, 풋갈 껍질 분말 12% 첨가군의 pH는 6.89로 가장 낮았다. 풋갈 껍질 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH는 유의적으로 감소하였다($P<0.001$). 이는 본 연구에서 사용된 풋갈 껍질의 pH가 5.59로 약산성을 띄며, 감귤류에 있는 다량의 유기산 함량으로 인한 결과로 보여진다(An 등, 2014). 감귤 분말을 첨가한 파운드케이크와 감귤 인절미의 연구에서도 대조군에 비해 감귤 분말 첨가군의 pH가 낮아지는 경향을 보였다(Park 등, 2008b; Kim과 Song, 2010). 스펀지케이크의 적절한 pH는 7.3~7.6으로 본 연구에서 풋갈 껍질 분말 6% 첨가군은 7.65로 적절한 pH를 나타내었다(Lee 등, 2009a). pH가 적정 범위를 벗어나 산성으로 치우칠 경우 스펀지케이크는 미세한 기공이 생기고 부피가 작아지며, 알칼리로 치우칠 경우 거친 기공이 생기고 부피가 커지게 된다고 보고하였다(Zhang 등, 2017; Yoon, 2020).

Table 3. Moisture content, pH, color values of sponge cakes with premature mandarin peel powder

Property	Premature mandarin peel powder content (%)					F-value
	Control	3	6	9	12	
Moisture content (%)	33.87±0.20 ^{d1)2)}	34.63±1.46 ^{cd}	35.64±0.26 ^{bc}	36.73±0.56 ^b	38.42±0.94 ^a	14.064 ^{***}
pH	8.12±0.02 ^a	7.92±0.03 ^b	7.65±0.04 ^c	7.17±0.01 ^d	6.89±0.05 ^e	855.406 ^{***}
L	77.86±0.35 ^a	70.56±0.77 ^b	68.10±0.34 ^c	65.53±0.75 ^d	65.65±1.64 ^d	95.561 ^{***}
a	-5.22±0.03 ^a	-5.76±0.06 ^b	-5.77±0.10 ^b	-7.12±0.21 ^c	-7.07±0.18 ^c	118.542 ^{***}
b	27.78±0.81 ^e	32.39±0.96 ^d	35.32±0.36 ^c	37.88±1.01 ^b	43.62±0.35 ^a	185.241 ^{***}

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Values with different letters (a-e) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{***} $P<0.001$.

꽃굴 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 색도

꽃굴 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 색도는 Table 3과 같다. 스펀지케이크의 명도를 나타내는 L값은 대조군이 77.86으로 가장 높고, 12% 첨가군이 65.65로 가장 낮은 값을 보여 어두워지는 경향을 나타냈으며, 꽃굴 분말 첨가량이 증가할수록 L값은 유의적으로 감소하였다($P<0.001$). 적색도를 나타내는 a값은 대조군이 -5.22로 가장 높은 값을 보였으며, 꽃굴 분말 첨가군에서 -5.76~-7.12로 유의적으로 감소하여 녹색의 경향이 강해지는 결과를 보였다($P<0.001$). a값은 (+) 값이 커질수록 붉은색을 나타내고, (-) 값이 커질수록 녹색이 증가하는 것을 의미한다(Kang과 Chung, 2020). 이는 꽃굴 껍질색인 녹색으로 인해 나타난 결과로 보이며, 레몬밤을 첨가한 스펀지케이크 연구에서도 a값은 낮아져 본 연구와 유사하였다(Kim 등, 2019). 황색도를 나타내는 b값은 대조군이 27.78을 나타냈고, 꽃굴 분말 첨가군에서 32.39~43.62로 유의적으로 증가하였다($P<0.001$). 이는 브로콜리를 첨가한 Lim 등(2010) 연구와 같이 꽃굴 껍질 분말이 첨가된 제품 제조 시 고온으로 가열처리 과정에서 클로로필 색소의 변화가 일어났기 때문으로 보인다.

꽃굴 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 조직감

꽃굴 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 조직감 측정 결과는 Table 4와 같다. 스펀지케이크의 경도(hardness)는 대조군이 118.05 g으로 가장 낮았고, 12% 첨가군이 368.35 g으로 가장 높게 나타나 꽃굴 껍질 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높아짐을 확인하였다($P<0.001$). 스펀지케이크의

경도는 케이크의 부피, 수분함량, 내부 기공의 발달 등에 의해 영향을 받으며, 기공이 잘 발달되지 않을 경우 부피가 작아지며 경도가 증가한다(Cho, 2010). 본 연구는 당유자 껍질 분말 첨가 스펀지케이크 연구 결과와 같이 꽃굴 껍질 분말의 첨가가 스펀지케이크의 네트워크 형성에 방해하여 기공의 발달이 감소하고 경도가 증가된 것으로 보인다(O 등, 2017). 케이크의 탄력성(springness)은 대조군이 1.02로 가장 높았지만, 꽃굴 껍질 분말 첨가군들은 대조군보다 모두 낮은 값을 보였고 유의적인 차이는 없었다.

씹힘성(chewiness)과 검성(gumminess)은 대조군에서 각각 103.15, 100.87로 가장 낮았으며, 12% 첨가군에서 각각 296.17, 309.20으로 가장 높게 나타났다($P<0.001$). 이는 변형조 첨가 스펀지케이크 연구 결과와 유사하였으며, 꽃굴 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 케이크 내부의 기공이 감소하면서 케이크가 조밀해져 경도가 단단해짐으로 인해 씹힘성과 검성도 증가한 것으로 판단된다(Yoon, 2020; Lee와 Lee, 2013). 응집성(cohesiveness)은 대조군에서 0.85, 꽃굴 껍질 분말 첨가군에서 0.83~0.86을 나타냈으며 유의적인 차이는 없었다.

꽃굴 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 SEM 관찰

주사전자현미경을 이용하여 꽃굴 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 단면을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군의 경우 비교적 균일한 조직을 보이지만 꽃굴 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 불규칙한 조직을 보였다. 오디 분말을 첨가한 스펀지케이크와 모시대 분말을 첨가한 스펀지케이크의 연구에서도 본 연구와 유사한 결과를 나타냈으며, 대조

Table 4. Texture characteristics of sponge cakes with premature mandarin peel powder

Texture	Premature mandarin peel powder content (%)					F-value
	Control	3	6	9	12	
Hardness (g)	118.05±0.92 ^{d1)2)}	135.13±3.10 ^{cd}	171.83±31.71 ^c	222.40±11.52 ^b	368.35±27.22 ^a	56.964 ^{***}
Springiness	1.02±0.05	0.98±0.03	0.98±0.03	0.96±0.02	0.96±0.01	1.839 ^{NS3)}
Chewiness	103.15±6.98 ^d	114.79±2.96 ^{cd}	143.02±26.12 ^{bc}	177.98±17.39 ^b	296.17±37.44 ^a	35.289 ^{***}
Gumminess	100.87±1.52 ^d	116.75±3.15 ^{cd}	145.38±26.11 ^c	185.06±14.41 ^b	309.20±34.10 ^a	47.869 ^{***}
Cohesiveness	0.85±0.02	0.86±0.02	0.85±0.01	0.83±0.03	0.84±0.02	1.147 ^{NS}

1) All values are mean±SD.

2) Values with different letters (a-d) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

3) NS: not significant.

*** $P<0.001$.

Fig. 1. Scanning electron micrographs of the sponge cake with premature mandarin peel powder ($\times 50$). Control: flour without premature mandarin peel powder, 3: flour with 3% premature mandarin peel powder, 6: flour with 6% premature mandarin peel powder, 9: flour with 9% premature mandarin peel powder, 12: flour with 12% premature mandarin peel powder.

Table 5. Antioxidant activities of premature mandarin peel powder

Antioxidant activities	Premature mandarin peel powder
Total polyphenol (mg GAE/g)	96.43±0.59 ¹⁾
Total flavonoid (mg RE/g)	78.95±1.49
DPPH radical scavenging activity (IC ₅₀)	85.90±0.53
ABTS radical scavenging activity (IC ₅₀)	155.97±0.76

¹⁾Each values represented means±SD (n=3).

군에 비해 첨가군에서 불규칙한 구조를 보이고 첨가량이 증가할수록 조직이 더 불규칙해지는 경향을 보였다(Park 등, 2011; Choi 등, 2009). 이는 부재료에 들어있는 식이섬유가 글루텐 형성을 방해하고 조직을 이루는 물질을 희석하여 air cell 수의 감소 및 불규칙한 구조 형성을 나타낸 것으로 보고하였다(Choi 등, 2009).

꽃굴 껍질 분말과 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량

꽃굴 껍질 분말의 총 폴리페놀 함량은 96.43 mg GAE/g으로 측정되었다(Table 5). Chang 등(2011)의 연구에서 감귤 과피 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 84.39 mg/g으로 나타났으며, 꽃굴 과피보다 낮은 페놀 함량을 보였다. Lee 등(2012)의 연구에서는 귤껍질과 오렌지 껍질의 총 폴리페놀 함량은 각각 44.9, 44.1 mg GAE/g을 나타내었다. 다른 시트러스류의 껍질과 비교해 보았을 때, 꽃굴 껍질에는 높은 폴리페놀 함량이 함유되어 있는 것으로 나타났다.

꽃굴 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량은 Table 6에 나타내었다. 스펀지케이크 대조군의 총 폴리페놀 함량은 24.26 mg GAE/100 g이며, 꽃굴 껍질 첨가군은 51.63~100.31 mg GAE/100 g으로 꽃굴 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.001$). 페놀 화합물은 자연계에 널리 분포하는 2차 대사산물의 하나로 항산화, 항암, 항균 등의 다양한 생리활성을 나타내며, 단순 페놀, 플라보노이드, 리그난, 탄닌 등의 형태로 식물에 존재한다(Lee, 2007; Kim 등, 2006). 대조군의 총 폴리페놀 함량은 밀가루에 함유되어 있는 phytochemical 성분에서 기인된 것이며, 밀가루에 함유된 플라보

노이드, 페놀산, 루테인 등이 항산화 활성에 영향을 주어 대조군에서도 페놀 화합물을 확인할 수 있었다(Adom 등, 2005; Kim 등, 2021). 총 폴리페놀 함량이 증가하는 것은 폴리페놀이 풍부한 꽃굴 껍질 분말을 첨가함에 의한 것으로 판단된다. 꽃굴 착즙액 첨가 젤리 연구에서도 대조군인 25.00 mg TAE/100 g에 비해 꽃굴 착즙액 첨가량이 증가함에 따라 37.80~58.86 mg TAE/100 g으로 증가하는 유사한 경향을 나타냈다(Yi 등, 2021).

꽃굴 껍질 분말과 스펀지케이크의 총 플라보노이드 함량

꽃굴 껍질 분말의 플라보노이드 함량은 78.95 mg RE/g으로 측정되었다(Table 5). Hwang 등(2013)의 연구에서 영귤, 진귤 과피의 플라보노이드 함량은 각각 30.3, 25.5 mg/g으로 나타났으며, 꽃굴 과피보다 낮은 플라보노이드 함량을 보였다.

꽃굴 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 총 플라보노이드 함량은 Table 6에 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 대조군에서는 플라보노이드의 함량이 측정되지 않았으며, 꽃굴 껍질 분말 첨가군은 21.31~92.02 mg RE/100 g으로 첨가량에 비례하여 증가하는 경향을 보였다($P<0.001$). 감귤류의 과피에는 과육보다 페놀산 및 플라보노이드와 같은 페놀 화합물이 더 많이 함유되어 있다고 보고하였으며, 플라보노이드 함량이 증가하는 것은 hesperidin과 naringin이 풍부한 꽃굴 껍질 분말을 첨가했기 때문으로 판단된다(Kim 등, 2006; Choi 등, 2019a). 진피 분말 첨가 생면(Ko와 Kim, 2011), 양갱(Choi와 Lee, 2015) 연구에서도 부재료 첨가량이 증가할수록 플라보노이드 함량이 증가하는 경향을 보였으며, 진피 가루를 3~10% 첨가한 마들렌 연구에서는 0.95~1.38 mg/g을 나타내 본 연구와 유사한 경향을 보였다(Kang과 Chung, 2020).

꽃굴 껍질 분말과 스펀지케이크의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

꽃굴 껍질 분말의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀는 각각 85.90 µg/mL, 155.97 µg/mL로 측정되었다(Table 5). Hyon 등(2010) 연구에서는 진귤과 온주밀감 과피 DPPH

Table 6. Antioxidant activities of sponge cakes added with premature mandarin peel powder

Antioxidant activities	Premature mandarin peel powder content (%)					F-value
	Control	3	6	9	12	
Total polyphenol content (mg GAE/100 g)	24.26±4.06 ^{d1)2)}	51.63±4.03 ^c	75.89±9.73 ^b	91.78±1.42 ^a	100.31±0.71 ^a	111.014 ^{***}
Total flavonoid content (mg RE/100 g)	—	21.31±1.85 ^d	53.33±2.48 ^c	70.96±2.66 ^b	92.02±0.66 ^a	1,207.298 ^{***}
DPPH radical scavenging activity (%)	10.70±0.98 ^c	35.44±4.47 ^d	46.96±3.52 ^c	64.24±1.61 ^b	86.70±2.13 ^a	186.562 ^{***}
ABTS ⁺ radical scavenging activity (%)	10.33±2.30 ^c	31.92±2.22 ^d	43.98±0.78 ^c	51.65±1.31 ^b	58.86±1.57 ^a	290.613 ^{***}

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Values with different letters (a-e) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{***} $P<0.001$.

Table 7. Correlation between phenolic contents and antioxidant activity of sponge cakes added with various concentration of premature mandarin peel powder

	TPC	TFC	DPPH	ABTS
TPC ¹⁾	1			
TFC ²⁾	0.976**	1		
DPPH	0.945**	0.972**	1	
ABTS	0.982**	0.971**	0.958**	1

¹⁾TPC: total phenolic content.²⁾TFC: total flavonoid content.** $P<0.01$.

의 IC₅₀는 각각 0.25, 0.23 mg/mL로 보고했으며, ABTS의 IC₅₀는 각각 0.76, 0.56 mg/mL로 보고하였다. 풋귤 껍질의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

풋귤 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능에 대한 결과는 Table 6과 같다. DPPH 실험 결과, 풋귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다. 대조군의 DPPH 라디칼 소거능은 10.70%인데 비해 풋귤 껍질 분말 첨가군은 35.44~86.70%로 높은 소거능을 나타내어 풋귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 활성이 증가하였다($P<0.001$). DPPH 라디칼 소거능은 항산화 활성을 측정할 때 보편적으로 사용되며, 페놀 화합물과 같은 항산화 물질을 만나면 라디칼이 소거되고 보라색이 노란색으로 탈색된다(Bondet 등, 1997). 청귤 분말을 첨가한 스펀 연구에서는 대조군에서 0.00%의 활성을 나타내고, 감귤 껍질을 첨가한 스펀에서는 0.70~92.96%로 대조군보다 높은 활성을 보여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다(Lee와 Joo, 2021).

ABTS 라디칼 소거능은 대조군에서 10.33%로 가장 낮게 나타났고, 12% 첨가군에서 58.86%로 가장 높게 나타나 풋귤 껍질 분말을 첨가할수록 소거능이 유의적으로 증가하였다($P<0.001$). ABTS 라디칼을 이용한 항산화 활성의 측정 방법은 potassium persulfate와 반응하여 생성된 ABTS 자

유라디칼이 항산화 물질에 의해 제거되면 라디칼의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용하는 것으로 보고하였다(Kim 등, 2009b). 본 연구 결과를 통해 풋귤 껍질 분말은 항산화 활성이 우수하며, 스펀지케이크에 첨가함으로써 기능성이 향상된 스펀지케이크 개발을 할 수 있을 것으로 기대된다.

풋귤 껍질 분말 첨가 스펀지케이크의 항산화 활성 간의 상관관계

풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 풋귤 껍질 분말 첨가량에 비례하여 증가하였다. 상관관계 분석에 대한 결과는 Table 7에 나타내었으며, $r=0.945\sim 0.982$ 로 높은 양의 상관관계를 보였다($P<0.01$). 감귤 미숙 과를 식초에 첨가한 연구에서도 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 간의 상관성이 있다고 보고되었으며(Yi 등, 2014), Lee 등(2012)의 연구에서도 과일 껍질에서 총 페놀 함량은 ABTS 라디칼 소거능과 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 이에 스펀지케이크에 풋귤 껍질 분말을 첨가할 경우 항산화 활성을 증가시켜 기능성 식품으로 활용하여 부가가치를 향상시킬 것으로 판단된다.

관능검사

풋귤 껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 관능 평가 결과는 Table 8과 같다. 케이크의 색에 대한 선호도는 대조군이 4.07로 가장 낮게 나타났고, 풋귤 껍질 분말 6% 첨가군이 5.53으로 가장 높았다($P<0.001$). 이는 풋귤의 특유한 색인 녹색의 강도가 커지면서 대조군보다 선호된 것으로 보인다. 향에 대한 선호도는 대조군에서 3.67로 가장 낮은 점수를 보였으며, 풋귤 껍질 분말 6% 이상 첨가군들이 5.53~5.87의 높은 점수를 나타냈다($P<0.001$). 이는 풋귤 껍질 분말의 향의 강도가 증가하면서 나타난 결과로 보이며, 감귤류가 가진 성분인 6-methyl-5-hepten-2-one, limonene으로 인

Table 8. Sensory evaluation of sponge cakes added with premature mandarin peel powder

Sensory characteristics		Premature mandarin peel powder content (%)					F-value
		Control	3	6	9	12	
Acceptability	Color	4.07±0.96 ^{b1)2)}	4.47±0.99 ^b	5.53±0.74 ^a	5.40±0.99 ^a	5.47±0.99 ^a	7.726***
	Flavor	3.67±1.23 ^c	4.87±1.41 ^b	5.87±0.74 ^a	5.53±0.83 ^{ab}	5.53±0.99 ^{ab}	10.047***
	Taste	4.47±0.83 ^{bc}	5.00±1.07 ^b	5.80±0.86 ^a	4.73±1.03 ^{bc}	4.00±1.19 ^c	6.116***
	Texture	5.20±0.77 ^a	5.20±0.67 ^a	5.33±0.62 ^a	4.60±0.99 ^b	4.00±0.53 ^c	8.781***
	Overall acceptability	4.60±0.83 ^{bc}	5.00±1.25 ^b	6.00±0.76 ^a	5.07±1.03 ^b	3.93±0.88 ^c	9.103***
Intensity	Color intensity	1.40±0.51 ^c	2.93±0.80 ^d	4.80±0.68 ^c	5.60±0.74 ^b	6.67±0.72 ^a	138.098***
	Premature mandarin peel flavor	1.06±0.26 ^d	3.93±1.10 ^c	4.07±1.39 ^c	5.33±0.72 ^b	6.53±0.52 ^a	78.161***
	Bitter taste	1.13±0.35 ^d	2.20±0.77 ^c	2.60±0.83 ^c	4.20±0.77 ^b	5.60±0.99 ^a	77.850***
	Moistness	4.53±1.25 ^a	4.87±0.35 ^a	4.67±0.62 ^{ab}	4.07±0.59 ^b	4.00±0.65 ^b	3.794**

¹⁾All values are mean±SD.²⁾Values with different letters (a-e) within a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

한 시트러스 향과 꽃굴 껍질의 향이 달걀의 비린 냄새를 감소시켜 선호도가 증가한 것으로 보인다(Jeon과 Choi, 2011). 맛에 대한 선호도는 꽃굴 껍질 6% 첨가군이 5.80으로 가장 높은 경향을 보였고, 12% 첨가군이 4.00으로 가장 낮았다($P<0.001$). 꽃굴 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 쓴맛의 강도가 강해져 9% 첨가군부터 맛에 대한 선호도가 감소한 것으로 판단된다. 이는 감귤 과피에 있는 리모노이드로 인한 쓴맛으로 인해 꽃굴 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 쓴맛의 강도가 증가하여 나타난 결과로 보인다(Cha와 Cho, 2001). 텍스처에 대한 기호도는 0%, 3%, 6% 첨가군에서 각각 5.20, 5.20, 5.33이었으며, 12% 첨가군에서 4.00으로 기호도가 감소하였다($P<0.001$). 이는 꽃굴 껍질 분말의 첨가로 꽃굴 껍질 분말이 씹히는 경향과 12% 첨가군에서 촉촉함의 강도가 낮게 나타나 텍스처에 대한 기호도가 감소한 것으로 보인다($P<0.01$). 전반적인 기호도는 6% 첨가군에서 가장 높았으나 모든 결과를 종합하였을 때 대조군과 비교하여 관능적인 품질을 떨어트리지 않는 꽃굴 껍질의 첨가 범위는 9%까지 가능할 것으로 판단된다($P<0.001$).

요 약

본 연구에서는 감귤류의 부산물인 꽃굴 껍질의 활용 가능성을 알아보기 위해서 꽃굴 껍질 분말을 0%, 3%, 6%, 9%, 12%를 첨가한 스핀지케이크를 제조하여 스핀지케이크의 항산화 활성과 품질 특성을 분석하였다. 품질 특성은 꽃굴 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 스핀지케이크의 높이는 감소하였으나 무게는 증가하는 경향을 나타내었다($P<0.001$). 비중은 대조군이 0.44로 가장 낮았으며, 3%, 6%, 9%, 12%는 각각 0.47, 0.49, 0.54, 0.57로 점차 증가하였다($P<0.001$). 반죽 수율과 굽기 손실률은 꽃굴 껍질 분말을 첨가할수록 감소하는 경향을 보였다($P<0.01$). 수분은 대조군이 33.87%로 가장 낮았으나($P<0.001$), pH는 대조군이 8.12로 가장 높았다($P<0.001$). 색도는 L값과 a값은 대조군에서 가장 높았으나 b값은 12% 첨가군에서 가장 높았다($P<0.001$). 조직감은 꽃굴 껍질 첨가량이 증가할수록 경도, 씹힘성, 겹섬이 유의적으로 증가하였으나($P<0.001$) 탄력성과 응집성에서 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. 스핀지케이크의 항산화 활성을 나타내는 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능은 꽃굴 껍질 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 결과를 나타내었다($P<0.001$). 스핀지케이크의 관능평가 결과, 색, 향미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에서 6% 첨가군이 가장 높은 선호도를 나타내었다($P<0.001$). 본 연구 결과에서 꽃굴 껍질 첨가군이 대조군보다 항산화 활성 및 관능적 특성이 우수해지는 것을 확인할 수 있었으며, 꽃굴 껍질이 제과 및 기능성 식품 소재로서 활용 가능성이 높다고 판단된다.

감사의 글

본 논문(저서)은 교육부 및 한국연구재단의 4단계 두뇌한국 21 사업(4단계 BK21 사업)으로 지원된 연구임.

REFERENCES

- AACC. Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 2000. Method 10-50D.
- Adom KK, Sorrells ME, Liu RH. Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. J Agric Food Chem. 2005. 53:2297-2306.
- Ahn MS, Kim HJ, Seo MS. A study on the antioxidative and antimicrobial activities of the *Citrus Unshju* peel extracts. Korean J Food Cult. 2007. 22:454-461.
- An HJ, Park KJ, Kim SS, Hyun JM, Park JH, Park SM, et al. Antioxidative activities of new citrus hybrid 'Hamilgam' peel extracts. Korean J Med Crop Sci. 2014. 22:442-448.
- Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature. 1958. 181:1199-1200.
- Bondet V, Brand-Williams W, Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. LWT—Food Sci Technol. 1997. 30:609-615.
- Cha JY, Cho YS. Biofunctional activities of citrus flavonoids. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol. 2001. 44:122-128.
- Chang MS, An SJ, Jeong MC, Kim DM, Kim GH. Effects of antioxidative activities and antibrowning of extracts from onion, apple, mandarin orange peel as natural antibrowning agents. Korean J Food Nutr. 2011. 24:406-413.
- Cho AR, Kim NY. Quality characteristics of sponge cake containing *Beaknyuncho* (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) powder. J East Asian Soc Diet Life. 2013. 23:107-118.
- Cho KR. Quality characteristics of sponge cake added with leek (*Allium tuberosum* Rottler) powder. Korean J Food Nutr. 2010. 23:478-484.
- Choi JY, Lee JH. Physicochemical and antioxidant properties of yanggaeng incorporated with orange peel powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2015. 44:470-474.
- Choi MH, Kim KH, Yook HS. Analysis of active components of premature mandarin. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2019a. 48:557-566.
- Choi MH, Kim KH, Yook HS. Antioxidant and antibacterial activity of premature mandarin. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2019b. 48:622-629.
- Choi YH, Bae SH, Park JW, Cho NJ, Han MR, Kim YH, et al. Quality characteristics of yellow layer cake prepared with different levels of *Adenophora remotiflora* powder. J East Asian Soc Diet Life. 2009. 19:736-742.
- Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. Status of citrus fruit production and view of utilization in Cheju. Food Industry and Nutrition. 2000. 5:42-52.
- Davis WB. Determination of flavanones in citrus fruits. Anal Chem. 1947. 19:476-478.
- Hwang JH, Park KY, Oh YS, Lim SB. Phenolic compound content and antioxidant activity of citrus peels. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:153-160.
- Hyon JS, Kang SM, Senevirathne M, Koh WJ, Yang TS, Oh MC, et al. Antioxidative activities of extracts from dried *Citrus sunki* and *C. unshiu* peels. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2010. 39:1-7.
- Hyun JM, Park KJ, Kim SS, Park SM, Lee YJ, An HJ. Antiox-

- idant and anti-inflammatory effects of solvent fractions from the peel of the native Jeju citrus 'Hongkyool' and 'Pyunkyool'. J Life Sci. 2015. 25:1132-1138.
- Jang NH, Roh HS, Kang ST. Quality characteristics of sponge cake made with aronia powder. Korean J Food Sci Technol. 2018. 50:69-75.
- Jeon JY, Choi SH. Aroma characteristics of dried citrus fruits-blended green tea. J Life Sci. 2011. 21:739-745.
- Ju T, Oh HS, Kim MJ, Kang ST. Quality characteristics of sponge cake with lemon grass powder. Korean J Food Sci Technol. 2016. 48:347-353.
- Kang JH, Chung C. Quality characteristics of madeleine with added *Citrus Mandarin* peel powder. Culi Sci & Hos Res. 2020. 26:135-145.
- Kang YJ, Yang MH, Ko WJ, Park SR, Lee BG. Studies on the major components and antioxidative properties of whole fruit powder and juice prepared from premature mandarin orange. Korean J Food Sci Technol. 2005. 37:783-788.
- Kim CH. Quality characteristics of sponge cakes with radish leaf powder. J East Asian Soc Diet Life. 2015. 25:502-512.
- Kim CW, Song E. Quality characteristics of *Gamyul-Injeulmi* with *Citrus* mandarin powder during storage. Korean J Food Nutr. 2010. 23:247-257.
- Kim E, Kang N, Park Y, Kim H. Physicochemical and antioxidative properties of sponge cake with added *Melissa officinalis*. J Korean Soc Food Cult. 2019. 34:793-800.
- Kim HS, Lee CH, Oh JW, Lee JH, Lee SK. Quality characteristics of sponge cake with added lotus leaf and lotus root powders. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2011. 40:1285-1291.
- Kim JH, Kim MY. Quality characteristics of *Sulgidduck* supplemented with citrus peel powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2011. 40:993-998.
- Kim JH, Kwon S, Kim JK, Kim MK. Effects of different mandarin formulations on antioxidative capacity and oxidative DNA damage in fifteen-month aged rats. J Nutr Health. 2006. 39:610-616.
- Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. J Korean Soc Appl Biol Chem. 2006. 49:328-333.
- Kim MK, Lee EJ, Kim KH. Effects of *Helianthus tuberosus* powder on the quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cakes. Korean J Food Cult. 2014. 29:195-204.
- Kim NM, Choi JH, Choi HY. Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with cacao bean husk (*Theobroma cacao* Linn.) powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2021. 50:45-53.
- Kim SY, Kim KJ. Quality characteristics and antioxidant activity of sponge cake with cabbage powder. Korean J Food Preserv. 2017. 24:294-302.
- Kim YD, Ko WJ, Koh KS, Jeon YJ, Kim SH. Composition of flavonoids and antioxidative activity from juice of Jeju native citrus fruits during maturation. Korean J Nutr. 2009a. 42:278-290.
- Kim YD. Study on the composition of flavonoids and biological activities from Jeju citrus fruits. Dissertation. Jeju National University, Jeju, Korea. 2009.
- Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK. ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing. (pine mushroom). J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009b. 38:555-560.
- Ko HC, Kim JS. Quality characteristics of fresh pasta noodles containing added citrus peel powder. J East Asian Soc Diet Life. 2011. 21:250-256.
- Lee EJ, Ju HW, Lee KS. Quality characteristics of pan bread added with citrus mandarin peel powder. Korean J Culi Res. 2012. 18:27-39.
- Lee J, Seong Y, Jeong B, Yoon S, Lee I, Jeong Y. Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2009a. 38:1222-1228.
- Lee JH, An HJ, Lee SY, Choi YH, Lim BS, Kang YJ. Changes in quality characteristics of 'Setoka' (*Citrus* spp.) using different storage methods. Korean J Food Preserv. 2009b. 16:644-649.
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean J Food Sci Technol. 2012. 44:540-544.
- Lee S, Lee JH. Quality of sponge cakes supplemented with cinnamon. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:650-654.
- Lee SL, Joo SY. Effects of premature mandarin powder on the quality characteristics and antioxidant activities of scone. Korean J Food Preserv. 2021. 28:231-239.
- Lee YS. Antioxidative and physiological activity of extracts of *Angelica dahurica* leaves. Korean J Food Preserv. 2007. 14:78-86.
- Lim EJ, Lee HS, Lee YH. Physical and sensory characteristics of sponge cake with added broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* plenck) powder. J East Asian Soc Diet Life. 2010. 20:873-880.
- O HB, Jung KY, Shin SY, Kim YS. Quality properties of sponge cake containing *Dangyuja* (*Citrus grandis* Osbeck) powder. Culi Sci & Hos Res. 2017. 23(8):83-89.
- Park B, Choi JW, Kim SH, Yun YR, Lee Y, Lee Y, et al. Antioxidant activity of premature mandarin vinegar according to harvest period and raw material conditions. Korean J Food Sci Technol. 2020. 52:333-341.
- Park HM, Hwang SY, Kang KO. Quality characteristics of yellow layer cake with mulberry powder during storage. J East Asian Soc Diet Life. 2011. 21:830-837.
- Park HR, Chung CH. Quality characteristics of sponge cake with added barley sprouts powder. Culi Sci & Hos Res. 2020. 26(7):151-162.
- Park JS, Lee YJ, Chun SS. Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2010. 39:1509-1515.
- Park YR, Han IJ, Kim MY, Choi SH, Shin DW, Chun SS. Quality characteristics of sponge cake prepared with red ginseng marc powder. Korean J Food Cook Sci. 2008a. 24:236-242.
- Park YS, Shin S, Shin GM. Quality characteristics of pound cake with *Citrus mandarin* powder during storage. J East Asian Soc Diet Life. 2008b. 18:1022-1031.
- Pomeranz Y, Shogrem MD, Finney KF, Bechtel DB. Fiber in bread making effects on functional properties. Cereal Chem. 1977. 54:25-41.
- Re R, Pellegrini N, Protegente A, Panala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999. 26:1231-1237.
- Shin GM. Quality characteristics of *Lycii fructus* powder added sponge cake. Korean J Culi Res. 2015. 21(6):63-75.
- Siwan T, Hillis WE. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. - The quantitative analysis of phenolic constituents. J Sci Food Agric. 1959. 10:63-68.
- Song YW, Moon KS, Kim SM. Antioxidant activity and nutrient content of ethanol and hot-water extracts of *Citrus unshiu* pomace. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2013. 42:1345-1350.
- Woo IA, Kim YS, Choi HS, Song TH, Lee SK. Quality characteristics of sponge cake with added dried sweet pumpkin

- powders. Korean J Food Nutr. 2006. 19:254-260.
- Ye YJ, Kim YS, Kang MS. Effects of *Citri reticulatae viride* pericarpium on 4-hydroxynonenal-induced inflammation in PC12 cells. J Korean Med Obes Res. 2016. 16:79-84.
- Yi HY, Cha ES, Chun JY. Quality characteristics of immature *Citrus unshiu* juice jelly. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2021. 50:410-419.
- Yi MR, Hwang JH, Oh YS, Oh HJ, Lim SB. Quality characteristics and antioxidant activity of immature *Citrus unshiu* vinegar. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2014. 43:250-257.
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. Korean J Food Sci Technol. 2000. 32:387-395.
- Yoon JA. Quality characteristics and antioxidant activity of sponge cake added with *Tetragonia tetragonides* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2020. 49:953-960.
- Zhang Y, Song KY, O H, Joung KY, Shin SY, Kim YS. Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the quality characteristics retrogradation and antioxidant activities of sponge cake. Korean J Food Nutr. 2017. 30:578-590.