

## 농축유청단백질 첨가 버터 스폰지케이크의 품질특성

최다은<sup>1</sup> · 김경희<sup>2†</sup> · 전은레<sup>3†</sup><sup>1</sup>목포대학교 대학원 식품영양학과, 학생, <sup>2†</sup>목포대학교 식품영양학과, 교수, <sup>3†</sup>원광대학교 가정교육과 초빙교수 · 전남대학교 가정교육과 강사

## Quality Characteristics of Butter Sponge Cakes Added with Whey Protein Concentrate (WPC)

DaEun Choi<sup>1</sup> · KyungHee Kim<sup>2†</sup> · EunRaye Jeon<sup>3†</sup><sup>1</sup>Major in Food and Nutrition, Graduate School, Mokpo National University, Graduate student · <sup>2†</sup>Department of Food and Nutrition, Mokpo National University, Professor · <sup>3†</sup>Department of Home Economics Education, WonKwang University, Visiting Professor · Department of Home Economics Education, Chonnam National University, Lecturer

HER

Human  
Ecology  
Research

## Abstract

This study investigated the quality characteristics of butter sponge cakes added with whey protein concentrate (WPC)(0%, 10%, 30%, 50%, 100%) added as a fat substitute. The density of the dough of butter sponge cakes significantly increased with higher levels of added WPC and the pH decreased ( $F=248.38, p<.001$ ). The moisture content also decreased significantly ( $F=3.151, p < .05$ ). However, the volume ( $F=9.556, p<.01$ ) and specific volume ( $F=11.15, p<.001$ ) significantly increased. With respect to color, there was no significant difference in the lightness (L) value of the crumb, but the redness (a) value increased significantly with higher levels of added WPC ( $F=12.616, p < .001$ ), while the yellowness (b) value decreased significantly ( $F=4.550, p<.01$ ). Regarding the crust, the L values ( $F=3.791, p<.01$ ) and b values ( $F=7.000, p<.001$ ) decreased significantly with higher levels of added WPC, while the (a) values increased significantly ( $F=4.706, p<.01$ ). The DPPH radical scavenging ability of the raw WPC used in the manufacture of butter sponge cakes was found to be 27.45%, but this increased significantly as the amount of WPC added to butter sponge cakes increased ( $F=45.237, p<.001$ ). In a consumer preference test, the flavor, appearance, texture, odor, and overall acceptability were highest in the case of WPC-10 when taking advantage of the functional advantages of WPC as a lowfat substitute, confirming the development potential and optimal amount of WPC that should be added to butter sponge cakes.

## Keywords

quality characteristics, butter sponge cake, whey protein concentrate (WPC)

Received: November 27, 2023

Revised: January 8, 2024

Accepted: January 9, 2024

This article is a part of DaEun Choi  
masters thesis submitted in 2023.

## Corresponding Author:

Kyung Hee Kim

Department of Food and Nutrition,  
National Mokpo University, 1666,  
Yeongsan-ro, Cheonggye-myeon,  
Muan-gun, Jeollanam-do, 58554, Korea  
Tel: +82-61-450-2521  
Fax: +82-61-450-2529  
E-mail: [kyunghee@mokpo.ac.kr](mailto:kyunghee@mokpo.ac.kr)

## Eun Raye Jeon

Department of Home Economics  
Education, Chonnam National University,  
77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju  
61186, Korea  
Tel: +82-62-530-2520  
Fax: +82-62-530-2529  
E-mail: [eunyeaj@naver.com](mailto:eunyeaj@naver.com)

## 서론

최근 맞벌이 부부와 1인 가구의 증가로 식생활 소비 형태는 간편함을 추구하고 배달과 포장 판매가 가능한 식품을 선호하면서도 특히 코로나-19가 유행하는 동안 가정 내 식사가 증가했기 때문에(Lee & Huh, 2023), 저열량 식품에 대한 관심이 증가하고 있다(Oh & Jeong, 2014). 2021년 식품산업 통계의 자료에 따르면 국내 빵류 소비 규모는 약 4조 원으로 밝혀졌으며, 2026년에는 4조 5,000억 원 이상의 소비 규모가 될 것으로 예측하였다(Food Information Statistics System, 2021). 이러한 국내 빵류 소비의 꾸준한 성장에 유지와 설탕의 함량이 높아 고열량이며 식이섬유가 부족한 빵을 자주 섭취한 소비자들에게 당뇨병과 비만 등의 발병률이 증가될 수 있다는 문제점을 가지고 있다(Lee et al., 2017).

스펀지케이크는 달걀의 기포성을 이용한 케이크로서, 녹인 버터를 넣어 만든 것을 버터 스펀지케이크라고 한다. 일반적으로 달걀 양의 20~50% 버터를 사용하여 풍미가 좋아 용도가 매우 다양하다(Jang, 1992). 그러나 버터는 포화지방산을 많이 함유하고 있고, 이로 인해 고혈압, 고지혈증, 당뇨, 동맥경화 등 생활습관병의 원인이 될 수 있으므로(Kannel et al., 2002; Ronda, et al., 2005; Woo & Ahn, 2004) 버터 스펀지케이크를 제조할 때 품질 특성은 그대로 유지하면서 열량을 낮출 수 있는 버터 스펀지케이크의 선행 연구로 기능성 식용유를 이용한 저열량 버터 스펀지 케이크의 제조(Moon et al., 1995)와 Whey protein isolate가 첨가된 저지방 버터 스펀지 케이크의 품질 특성(Kim, 2010)이 있다.

우유의 유청(whey)은 치즈 제조 과정 중 얻어지는 부산물로서 치즈를 제외한 나머지 수용성 부분을 총칭하며(Suh, et al., 2017), 카제인을 제외한 대부분의 유효성분인 단백질, 유당, 무기질, 비타민, 무기성분들을 함유하는 부산물로서 영양적 또는 생리학적으로 높이 평가되고 있다(Kim, 2015b; Kimball & Jefferson, 2001). 유청 단백질이 대장암, 간의 해독, 통풍, 혈중 콜레스테롤, 면역력 및 어린이의 뼈 성장 촉진 등에 대한 생리활성 효과가 있다고 보고되어 관심이 더욱 증가하고 있다(Hayes & Cribb, 2008; Pal et al., 2010). 유청 단백질은 우수한 단백질 보충제로서의 영양학적 기능뿐만 아니라 뛰어난 용해성, 기포성, 유화성, 보수성, 겔 성, 분산성, 점성을 가지고 있고, 열량도 1~4 Kcal/g로 지방의 1/3 정도만 제공된다는 잇점(Kim, 2010)이 있어 제과제빵에서 중요한 원료가 될 수 있다(Kim & Ahn, 2007; Lee, 2001). 그러나 유청 단백질은 수분함량이 높아 저장성이 낮기 때문에, 주로 농축·분말화한 형태인 WPI (Whey Protein Isolate : 추출 유청 단백질)와 WPC (Whey Protein Concentrates : 농축 유청 단백질)로 식품산업에 이용되고 있다(Ha, 1995). WPI는 지방이나 탄수

화물 함량이 적고 단백질 함량이 90% 이상이며 WPC는 단백질 함량이 70~80% 정도로 지방과 탄수화물이 함유되어 있는데, WPI가 더 정제되어 있어 생산과정이 더 정교하고 복잡하기 때문에 제조 비용이 더 비싸 단가가 더 높다. WPC는 영양적 및 생리 활성적 기능을 가지는 단백질이 풍부한 혼합물로서 주로 측쇄 아미노산과 tryptophan이 풍부하여 스포츠 영양제(Smith et al., 1996), 콜레스테롤 조절(Anonymous, 1994) 및 면역 증강(Bounous et al., 1993) 등의 생리활성 효과가 있어 식품의 기능성 원료로서의 이용 가치가 높다. 그러나 국내에서는 WPC (Whey Protein Concentrate: 농축 유청 단백질)를 이용한 식품개발에 관한 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 저지방 대체재인 WPC를 이용하여 버터 스펀지케이크를 제조하고 WPC 첨가에 따른 품질특성 및 항산화 활성을 분석하여 저열량 버터 스펀지 케이크 개발 가능성을 알아 보고 WPC 활용도를 높이는 기초자료를 제시하고자 하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 박력분(Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 흰설탕(Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 달걀(생생행복대란), 소금(수입 토판 천일염, SAS Bourdic Co., Ltd, France), 바닐라향(Poongjeon food Co., Ltd, Incheon, Korea), 버터(Pure nonsalted, and /cream 100% Anchor butter, Ponterra Co., Ltd, New Zealand), WPC는 단백질 함량 80%인 분말형태의 제품으로 WPC80 (Hillmar ingredients Co., Ltd, CA, U.S.A.) 등이다. 시약은 특급시약(Sigma Co., Ltd, St.

Table 1. Basic Formula for Butter Sponge Cakes Added with WPC (Unit: %)

Ingredients	Sample <sup>1)</sup>				
	Control	WPC-10	WPC-30	WPC-50	WPC-100
Flour	100	100	100	100	100
Sugar	120	120	120	120	120
Whole egg	180	180	180	180	180
Salt	1	1	1	1	1
Vanilla powder	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Butter	20	18	14	10	0
WPC	0	2	6	10	20

Note. <sup>1)</sup>Control: Butter 20g, No WPC, WPC- 10: Butter 18g, WPC 2g, WPC- 30: Butter 14g, WPC 6g, WPC- 50: Butter 10g, WPC 10g, WPC-100: No Butter, WPC 20g.

Louis, MO, USA)을 사용하였다.

**2. 버터 스펀지케이크의 제조**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 제조방법은 Kim (2022)과 Kim 등(2012)의 방법을 참고하여 예비실험을 거쳐 제조하였으며 그 배합률은 Table 1과 같다. 버터 스펀지케이크는 전란을 이용한 공립법을 사용하였으며, 달걀은 켄우드 테이블믹서(KM020, Tricom industrial Co., Ltd, China)을 사용하여, 1단에서 1분 믹싱하여 달걀의 알끈을 풀어주고 설탕, 소금을 넣어 3단에서 5분 혼합한 후 스텐볼의 양옆을 고무주걱으로 정리하고 2단에서 2분, 1단에서 1분 믹싱하여 거품을 형성하였다. 체에 친 박력분, 바닐라향, WPC(버터량에 대해 0%, 10%, 30%, 50%, 100%)를 넣고 1분간 고무 주걱으로 섞은 후 중탕한 60℃ 버터를 골고루 혼합하였다. 원형팬(1호, 150 mm 140 mm 70 mm)에 유산지를 깔고, 반죽 190 g을 팬닝한 후, 예열된 우녹스 오븐(XEFTHS-ETDP, Unox Co., Ltd, Seoul, Korea)을 이용하여 윗불, 아랫불 각각 180℃에서 20분간 구워 팬에서 분리하고 상온에서 2시간 냉각 후 폴리에틸렌 포장지에 밀봉하여 시료로 사용하였다.

**3. 버터 스펀지케이크 반죽의 비중 측정**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크 반죽의 비중은 AACC (2000a) 방법에 따라 측정하였다. 반죽이 완성되면 저울(CS5010, Acuba Co., Ltd, China)을 이용하여 100 mL 동일한 물컵에 물과 반죽의 중량을 측정하고, 물의 무게에 대한 반죽의 무게의 비로 계산하여 반죽의 비중(Specific gravity)을 구하고, 각 시료는 5회 반복하여 측정한 후 평균값을 구하였다.

$$\text{반죽의 비중(g/g)} = \frac{\text{반죽의 무게(g)}}{\text{물의 무게(g)}}$$

**4. 버터 스펀지케이크의 이화학적 특성 측정**

**4.1. 버터 스펀지케이크 pH 측정**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 pH는 AACC method (2000b)의 방법으로 측정하였다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 속질 15 g을 100 mL의 증류수에 넣고 믹서로 갈아 현탁액을 만들어 상온에서 30분간 방치 한 후 상등액을 취해 pH meter(Orion TM Star A211, Thermo Scientific Co., Ltd, U.S.A.)를 이용하여 각 시료를 5회 반복 측정하고 평균값을 구하였다.

**4.2. 버터 스펀지케이크 굽기손실률 측정**

굽기 손실률은 굽기 전 케이크 반죽의 중량과 구운 후 실온에서 냉각한 케이크의 중량을 각 7회 측정하고, 다음의 식을 이용하여 굽기 손실률(Baking loss rate)을 계산하여 평균값으로 나타내었다.

$$\text{굽기 손실률 (\%)} = \frac{\text{굽기 전 케이크 반죽(g)} - \text{구운 후 냉각한 케이크(g)}}{\text{굽기 전 케이크 반죽(g)}} \times 100$$

**4.3. 버터 스펀지케이크 수분함량 측정**

수분함량은 WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 정중앙에서 속질 1 g을 취하고, 122 ℃의 수분 측정기(XM60, Precisa Co., Ltd, Swiss)를 이용하였으며, 각 시료는 7회 반복 측정하고 평균값을 구하였다.

**4.4. 버터 스펀지케이크의 높이, 무게, 부피, 비용적 측정**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 높이는 A.A.C.C. method 10-91(2000c)의 방법을 응용하였고, 측정 부분은 Figure 1과 같다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 정중앙(C), 양쪽 가장자리(A, E), 케이크의 정중앙과 가장자리 가운데 부분의 양쪽(B, D)을 측정하여 더한 후 5로 나누어 평균을 나타내었다. 무게는 반죽 190 g을 오븐에 구운 후 실온에 2시간 냉각한 후 저울을 이용해 측정하고, 각 시료는 7회 반복하여 평균값을 구하였다. 부피는 Campbell의 종자치환법(Campbell et al., 1979), 비용적(mL/g)은 WPC 첨가 버터 스펀지케이크 무게의 대한 부피의 비(mL/g)로써 각각 3회 반복 측정하고 평균값을 표시하였다.

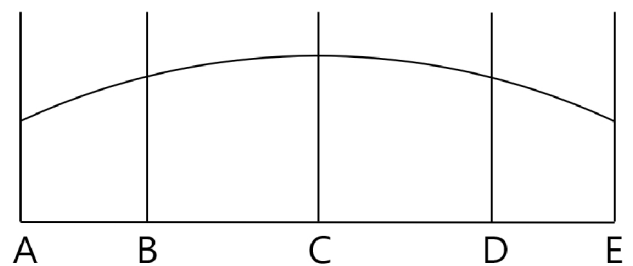


Figure 1. Measuring height of butter sponge cakes added with WPC.

**4.5. 버터 스펀지케이크의 색도 측정**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 색도는 속질(Crumb)과 껍질(Crust)을 Petri Dish (3510 mm)에 넣어 색차계(CR-400, Minolta Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 L (lightness), a (redness), 및 b (yellowness) 값을 측정하였다. 각 시료는 10회

반복 측정, 평균값을 구하였다. 측정할 때 사용한 표준 백색판은 L 값은 82.11, a 값은 -5.85, b 값은 22.03 이었다.

### 5. 버터 스펀지케이크의 DPPH free radical 소거능 측정

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 DPPH free radical 소거능 (Blois, 1958) 방법을 변형하여 실험하였다. 0.2 mL 시료에 100  $\mu$ M DPPH용액(dissolved in 99% methanol) 1.8 mL를 가한 후 vortex로 mixing하여 호일로 윗면을 덮고 암소(暗笑)에서 15분간 반응시킨 후, 분광광도계(US-20, Thermo Co., Ltd, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH용액을 대신하여 methanol을 사용하였으며 아래의 식을 이용하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하고 평균값을 나타내었다. 실험에 사용된 원재료 WPC의 DPPH 라디칼 소거능은 27.45%였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

### 6. 소비자 기호도 검사

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 소비자 기호도 검사는 00대학교 생명윤리심의위원회 승인을 받아 수행하였다(IRB No MNUIRB-230609-SB-011-01). 검사방법과 평가 특성에 대해 20대에서 30대까지 40명의 panel에게 충분히 교육 시킨 후 소비자 기호도 검사를 실시하였다. 시료는 WPC 첨가 버터 스펀지케이크를 가로, 세로, 높이를 각각 2 cm의 일정한 크기로 자르고, 세 자리 난수표의 시료번호를 표시하여 일회용 접시에 담아 생수와 함께 제공하였다. 기호도는 7점 척도법(1점: 매우 나쁘다, 4점 보통이다, 7점: 매우 좋다)으로 평가하였다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 소비자 기호도 평가항목은 향미(flavor), 외관(appearance), 조직감(texture), 냄새(odor), 전체적인 기호도(overall acceptability) 등이었다.

### 7. 통계처리

본 연구의 실험 결과는 SPSS 18.0 Program (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 통하여 실험값의 평균(mean, *M*), 표준편차(standard deviation, *SD*)를 계산하였고,  $p < .05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료 간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 버터 스펀지케이크 반죽의 비중

비중은 값이 작을수록 낮음을 의미하고, 완성된 케이크 반죽에 공기가 많이 포함되어 있으면 비중이 낮음을 의미한다(Ahn & Lee, 2014). 비중이 낮을수록 제품의 기공이 커져 스펀지케이크 조직이 거칠게 되며, 무겁고 촘촘한 조직이 된다. 비중은 달걀의 온도, 거품에 혼합되는 공기의 양, 밀가루의 종류, 화학팽창제 사용 유무 등의 영향을 받으며(Song, 2023), 제품의 외부적인 특성인 부피뿐 아니라 내부 특성인 기공과 조직에도 결정적인 영향을 미친다.

WPC 첨가 버터 스펀지케이크 반죽의 비중은 대조군이 0.46으로 가장 낮았고, WPC-10는 0.48, WPC-30은 0.48, WPC-50은 0.51, WPC-100은 0.55로 유의한 차이( $F=58.34, p < .001$ )가 나타났다. WPC 첨가량이 증가할수록 반죽의 비중이 높게 나타났으며, WPC-100의 비중이 가장 높았다. 다이아실글리세롤 오일을 첨가한 레이어 케이크(Moon & Jang, 2008), Waxy Maize Starch를 이용한 레이어 케이크(Song & Kang, 2004), 폴리텍 스트로스를 이용한 레이어 케이크(Song et al., 2001) 등의 연구 결과에서 반죽의 비중은 대체지방의 첨가량이 증가할수록 비중이 높아진다고 하여 본 연구결과와 같은 경향이었는데, 지방의 함량과 비중의 상관관계(Berglund & Hertsgaard, 1986; Ruth & Elsie, 1966)때문으로 보여진다. 모든 케이크의 비중이 적정 비중인 0.45 ~ 0.55사이(An et al., 2016)에 해당되는 것을 확인할 수 있어 WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

### 2. 버터 스펀지케이크의 pH

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 pH는 Table 2와 같다. 대조군이 7.59로 가장 높았고 WPC-10는 7.65, WPC-30은 7.21, WPC-50은 6.96, WPC-100은 6.83으로, WPC 첨가량이 증가할수록 pH는 유의적으로 감소( $F=248.38, p < .001$ )하였다. 이것은 실험에서 사용한 WPC의 pH가 6.2의 약산성으로 WPC 증가량에 따른 감소로 보여진다. 솔잎분말을 첨가한 스펀지케이크(Lee & Lee, 2013)와 레몬글라스를 첨가한 스펀지케이크(Han et al., 2016) 연구에서도 솔잎분말의 pH가 4.6, 레몬글라스의 pH가 5.01로 약산성을 띄기 때문에 대조군에 비해 솔잎분말과 레몬글라스를 첨가한 첨가군의 pH가 낮아지는 경향을 보였다고 하여 본 연구와 같은 경향이였다. 스펀지케이크의 일반적인 pH는 7.3 ~ 7.6이라는 연구결과가 있다(Lee et al., 2009). 스펀지케이크



**Table 2.** Physicochemical Properties of Butter Sponge Cakes Added with WPC

Sample <sup>1)</sup>	pH	Baking loss	Moisture
Control	7.59±0.06 <sup>a2)3)</sup>	10.58±0.59 <sup>a</sup>	28.83±1.16 <sup>a</sup>
WPC-10	7.65±0.15 <sup>a</sup>	10.58±0.72 <sup>a</sup>	28.34±1.26 <sup>ab</sup>
WPC-30	7.21±0.24 <sup>b</sup>	10.74±0.78 <sup>a</sup>	27.01±0.44 <sup>b</sup>
WPC-50	6.96±0.05 <sup>c</sup>	10.75±2.47 <sup>a</sup>	27.01±1.44 <sup>b</sup>
WPC-100	6.83±0.09 <sup>d</sup>	11.01±0.84 <sup>a</sup>	26.78±2.08 <sup>b</sup>
F-value	248.38 <sup>***</sup>	0.352	3.151 <sup>*</sup>

Note. <sup>1)</sup>See the legend of the Table 1. <sup>2)</sup>Each value is mean±S.D. of triplicate experiments. <sup>3)</sup>Means with different capital letter within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<.05$ ). <sup>\*</sup> $p<.05$ , <sup>\*\*\*</sup> $p<.001$

의 pH가 산성에 가까워지면 스펀지케이크의 기공이 작아지고, 여린 껍질색, 연한 향, 특소한 신맛, 빈약한 제품, 부피의 특징이 나타나고, 알칼리성에 가까워지면 기공이 거칠고, 진한색, 강한 향, 소다 맛의 특징이 나타나기 때문에 적절한 pH를 유지하는 것이 중요하다(Ash & Colmey, 1973). WPC 첨가 스펀지케이크의 제조에서 대조군과 WPC-10이 일반적인 스펀지케이크의 pH농도 범위에 있어 WPC 첨가 수준으로 10%가 적절하다고 사료된다.

**3. 버터 스펀지케이크의 굽기 손실률과 수분함량**

굽기 손실률은 구워지는 동안 반죽 내에 수분이 증발한 비율을 의미한다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 굽기 손실률과 수분함량은 Table 2와 같다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 굽기 손실률은 대조군과 WPC-10이 10.58로 가장 낮았으며, WPC-30은 10.74, WPC-50은 10.75, WPC-100은 11.01로 WPC의 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률은 증가하였지만 유의적 차이는 없었다. 무청분말을 첨가한 스펀지케이크의 연구결과(Kim, 2015a)에서는 굽기 손실률이 16%로 본 연구결과보다 굽기 손실률이 높게 나타났는데, 이는 WPC보다 고수용성 식이섬유 함유 무청분말의 수분흡착력으로 인해 글루텐의 결합력이 약화되어 글루텐 망상구조가 튼튼하지 못하게 되므로, 가스보유력이 감소하여 가열시 기체로 증발하는 수분의 손실량이 커졌기 때문으로 보여진다. WPC는 고단백 물질로서, 단백질은 아미노산이 연결된 구조로, 카복실기, 아미노기, 수산기 등의 친수성기가 있어서 물과 수소결합을 형성함으로써 유사한 경향이 나타난 것으로 사료된다(Wikipedia, 2024). 굽기 손실율은 케이크의 품질에 영향을 미치고, 케이크 반죽에서 수분을 충분히 보유하는 것은 케이크가 구워지는 동안 수증기의 팽창으로 인해 부피가 증가 되기도 하고, 촉촉한 질감이

유지되어지기도 한다(Kim, 2015a).

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 수분함량은 대조군이 28.83으로 가장 높았으며, WPC-10는 28.34, WPC-30과 WPC-50은 27.01, WPC-100은 26.78로 WPC 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소( $F=3.151, p<.05$ )하였다. 뽕잎분말을 첨가한 스펀지케이크(Choi et al., 2006), 바나나 분말을 첨가한 스펀지케이크(Park & Lee, 2010)의 연구결과와 같은 경향이었고, 이는 전분 호화에 사용될 수분의 양이 대체재 결합을 위해 사용되어 상대적으로 케이크의 수분함량이 낮아졌기 때문으로 사료된다. WPC 첨가 스펀지케이크의 제조에서 WPC-10가 대조군과 유사한 수분함량을 보여 케이크의 적절한 보수력을 갖는 WPC 첨가 수준으로 10%가 적절하다고 사료된다.

**4. 버터 스펀지케이크의 높이, 무게, 부피, 비용적**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 높이, 무게, 부피, 비용적 측정 결과는 Table 3과 같다. 높이의 경우 대조군은 4.19로 가장 낮았고 WPC-10은 4.28, WPC-30은 4.29, WPC-50은 4.31, WPC-100은 4.36으로 WPC의 첨가량이 많을수록 높이가 증가하였으나 유의적 차이는 없었다. 무게의 경우 WPC-100은 169.60으로 가장 낮았고, 대조군, WPC-10, WPC-50 및 WPC-30은 순서대로 각각 169.70, 170.13, 170.13 및 170.20이었다. 부피의 경우 대조군은 758.34, WPC-10은 759.15, WPC-30은 762.51, WPC-50은 778.01, WPC-100은 796.19로 WPC의 첨가량이 많을수록 유의적으로 증가( $F=9.556, p<.01$ )하였다. 비용적의 경우 대조군은 3.57로 가장 낮았고, WPC-10은 3.61, WPC-30은 3.63, WPC-50은 3.69, WPC-100은 3.37로 첨가량이 많을수록 유의적으로 증가( $F=11.15, p<.001$ )하였다. WPC는 기포성을 가지고 있어 첨가량이 증가할수록 달걀의 기포 형성에 상승효과(Yoon, 2020)를 부여한다고 보고되었는데, 버터 스펀지케이크를 굽는 동안 수증기가 팽창하기 때문에 대조군이 WPC를 첨가한 것 보다 기포 형성이 떨어져 부피가 작아지며, WPC의 첨가량이 증가할수록 기포 포집 능력이 상승되어 높이, 부피 및 비용적이 증가하는 것으로 사료된다. WPI를 첨가한 스펀지케이크(Kim, 2010), 유청 분말을 첨가한 머핀(Chung, 2006), 쇼트닝 대신 maltodextrin을 대체하여 제조한 스펀지케이크(Choi & Yoon, 2021)에서 각각 첨가물질의 첨가량이 증가할수록 높이나 부피가 증가하였다고 하여, 본 연구결과와 같았다. 케이크의 부피는 공기의 혼입, 구울 때 케이크 골격을 형성하는 글루텐의 양, 밀가루 내의 전분에 의한 반죽 점성 유지 및 굽는 동안

**Table 3.** Height, Weight, Volume, Specific Volume of Butter Sponge Cakes Added with WPC

Sample <sup>1)</sup>	Height (cm)	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)
Control	4.19±0.11 <sup>a2)3)</sup>	169.70±0.46 <sup>a</sup>	758.34±7.90 <sup>c</sup>	3.57±0.04 <sup>c</sup>
WPC-10	4.28±0.25 <sup>a</sup>	170.13±0.35 <sup>a</sup>	759.15±9.14 <sup>c</sup>	3.61±0.04 <sup>bc</sup>
WPC-30	4.29±0.15 <sup>a</sup>	170.20±0.50 <sup>a</sup>	762.51±1.16 <sup>bc</sup>	3.63±0.00 <sup>bc</sup>
WPC-50	4.31±0.03 <sup>a</sup>	170.13±0.06 <sup>a</sup>	778.01±5.49 <sup>b</sup>	3.69±0.03 <sup>b</sup>
WPC-100	4.36±0.07 <sup>a</sup>	169.60±0.62 <sup>a</sup>	796.19±15.39 <sup>a</sup>	3.78±0.07 <sup>a</sup>
F-value	0.586	1.208	9.556 <sup>**</sup>	11.15 <sup>***</sup>

Note. <sup>1)</sup>See the legend of the Table 1. <sup>2)</sup>Each value is mean±S.D. of triplicate experiments. <sup>3)</sup>Means with different capital letter within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < .05$ ).

<sup>\*\*</sup> $p < .01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < .001$

전분의 호화가 영향을 미친다고 하였다(Kim, 2005). 케이크의 품질특성에서 중요한 최적의 부피를 갖기 위해서는 굽기 과정에서의 케이크의 팽화와 더불어 구운 후에 팽창된 구조의 안정성이 중요하다. 특히 스펀지 케이크는 난백만을 사용하여 거품 반죽을 형성하는 별립법과 달리 전란을 이용하는 공립법에 의해 제조되는데, 공립법은 기공이 미세하며, 크림형태의 기포로 축축하고 윤기 있는 느낌을 준다(Chae, 1997). WPI 대체 케이크에서 버터 대신 WPI의 양이 증가함으로써 혼입된 기포의 양이 증가하고 공기 포집 능력이 상승되어 부피가 증가(Kim, 2010)하였다고 보고한 바, WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 경우에서도 높이, 부피 및 비용적 증가를 볼 수 있었다. 이는 대조군보다 더 스펀지한 구조를 가져 기호성이 증대될 수 있을 것으로 보여 WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

### 5. 버터 스펀지케이크의 색도

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 속질(Crumb)과 껍질(Crust)의 색도 결과는 Table 4와 같다. 버터 스펀지케이크의 색도는 자른 속질의 단면을 보면 줄무늬, 반점 등이 없고, 색은 전체적으로 균일하며, 밝고 생동감이 있으면 좋은 제품이라고 하였다(Kim et al., 2012). 색도는 속질의 경우 명도인 L 값은 대조군 75.99에서 WPC-100은 79.67로 증가하여 더 밝아졌으나 유의한 차이는 보이지 않았다. 적색도인 a 값은 대조군은 -5.69, WPC-10은 -5.61, WPC-30은 -5.54, WPC-50은 -5.37, WPC-100은 -5.14로 WPC 첨가량이 많을수록 유의적으로 증가( $F=12.616$ ,  $p < .001$ )하였다. 황색도인 b 값은 대조군 21.67에서 WPC-100은 20.13으로 WPC의 첨가량이 많을수록 유의적으로 감소( $F=4.550$ ,  $p < .01$ )하였다. 껍질의 경우 WPC 첨가량이 많을수록 L 값은 대조군 42.27, WPC-10 40.65, WPC-30 40.12, WPC-

50 39.61, WPC-100 37.64로 유의적으로 감소( $F=3.791$ ,  $p < .01$ )하였고, b 값도 대조군이 18.35에서 WPC-100은 14.85로 같이 유의적으로 감소( $F=7.000$ ,  $p < .001$ )하였다. a 값은 대조군이 11.86, WPC-10은 12.50, WPC-30은 12.53, WPC-50은 12.62, WPC-100은 12.70으로 유의적으로 증가( $F=4.706$ ,  $p < .01$ )하였다. 자색당근을 첨가한 케이크(Jung & Yoon, 2022), 풋굴껍질분말을 첨가한 스펀지케이크(Kim et al., 2021), 당유자를 첨가한 스펀지케이크(Oh et al., 2017)연구 결과에서는 대체제로 사용한 첨가물의 종류와 색, 첨가량에 따라 속질과 껍질의 색도는 유의적인 차이가 나타나, 이는 첨가소재 자체의 색에 기인한 것으로 보여진다. 케이크, 빵류를 굽는 과정에서 나타나는 아미노카르보닐 반응과 열분해에 의한 갈변화 정도는 케이크의 껍질 색도에 중요한 영향을 미친다(Chun et al., 1986; Lagrange, 1998). 색도는 기호도에 크게 영향을 미치는 인자로, WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 속질과 껍질의 적색도인 a 값의 증가로 인해 식욕을 촉진함으로써, WPC 첨가가 기호도를 높일 수 있음을 확인할 수 있었다.

### 6. 버터 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 소거능

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 DPPH 라디칼 소거능 결과는 Table 5와 같다. 대조군은 7.42%, WPC-10은 7.85%, WPC-30은 8.85%, WPC-50은 8.45%, WPC-100은 9.16%로 나타났으며, WPC 첨가량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능은 유의적으로 증가( $F=45.237$ ,  $p < .001$ )하였다. 이는 WPC 자체의 높은 활성 능력때문으로 보여진다. 유청 분말을 첨가한 브라우니의 특성(Shin et al., 2021)연구 결과 유청 첨가량이 증가할수록 소거능이 높아졌고, 유청을 첨가한 막걸리로 제조한 식초와 유청을 첨가하지 않은 일반 막걸리로 제조한 식초를 비교하였을 때 유청 막걸

**Table 4.** Color Values of Butter Sponge Cakes Added with WPC

Sample <sup>1)</sup>	Control	WPC-10	WPC-30	WPC-50	WPC-100	F-value	
Crumb	L	75.99±3.12 <sup>b2)3)</sup>	77.58±4.21 <sup>ab</sup>	77.89±1.76 <sup>ab</sup>	79.50±2.17 <sup>a</sup>	79.67±3.44 <sup>b</sup>	2.23
	a	-5.69±0.24 <sup>c</sup>	-5.61±0.18 <sup>c</sup>	-5.54±0.19 <sup>bc</sup>	-5.37±0.24 <sup>b</sup>	-5.14±0.16 <sup>a</sup>	12.616 <sup>***</sup>
	b	21.67±1.10 <sup>a</sup>	21.34±0.64 <sup>ab</sup>	20.87±0.69 <sup>abc</sup>	20.83±0.69 <sup>bc</sup>	20.13±1.35 <sup>c</sup>	4.550 <sup>**</sup>
Crust	L	42.27±3.05 <sup>a</sup>	40.65±2.61 <sup>ab</sup>	40.12±2.89 <sup>abc</sup>	39.61±2.18 <sup>bc</sup>	37.64±3.75 <sup>c</sup>	3.791 <sup>**</sup>
	a	11.86±0.57 <sup>b</sup>	12.50±0.46 <sup>a</sup>	12.53±0.70 <sup>a</sup>	12.62±0.47 <sup>a</sup>	12.70±0.33 <sup>a</sup>	4.706 <sup>**</sup>
	b	18.35±1.71 <sup>a</sup>	17.45±1.54 <sup>ab</sup>	16.73±1.68 <sup>b</sup>	16.63±1.29 <sup>b</sup>	14.85±1.79 <sup>c</sup>	7.000 <sup>***</sup>

Note. <sup>1)</sup>See the legend of the Table 1. <sup>2)</sup>Each value is mean±S.D. of triplicate experiments. <sup>3)</sup>Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < .05$ ).  
<sup>\*\*</sup> $p < .01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < .001$

**Table 5.** DPPH Free Radical Scavenging Activity of Butter Sponge Cakes Added with WPC

Sample <sup>1)</sup>	DPPH free radical scavenging activity (%)
Control	7.43±0.95 <sup>b2)3)</sup>
WPC-10	7.87±0.06 <sup>ab</sup>
WPC-30	8.87±0.97 <sup>ab</sup>
WPC-50	8.43±0.76 <sup>ab</sup>
WPC-100	9.17±0.78 <sup>a</sup>
F-value	2.504

Note. <sup>1)</sup>See the legend of the Table 1. <sup>2)</sup>Each value is mean±S.D. of triplicate experiments. <sup>3)</sup>Means with different capital letter within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < .05$ ).

리 식초도 항산화능력이 높다고 보고(Park et al., 2018)하였는데, 본 연구 결과와 같은 경향이었다. 이는 5~11개의 친수성 아미노산, histidin, proline, tryptophan 및 tyrosine으로 이루어진 우유 유래 단백질의 항산화 활성을 보고한 연구(Pihlanto, 2006)에서처럼 유청 분말에 함유된 단백질이 버터 스펀지케이크의 항산화 활성을 높인 것으로 사료 된다. WPC 첨가로 항산화 활성이 향상된 버터 스펀지케이크의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

**7. 소비자 기호도 조사**

WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 소비자 기호도 조사 결과는 Table 6과 같다. 향미는 WPC-10가 5.35, 대조군이 5.23 순으로 가장 높았으며, WPC-30, WPC-50, WPC-100의 경우는 4.95에서 4.35로 유의적으로 감소( $F=3.045, p < .05$ )하였다. 외관은 단면과 기공의 모양, 겉면의 색 등을 확인하여 WPC-10이 5.90으로 가장 높은 값을 보였으며 WPC 첨가량이 많을수록 유의적으로 감소( $F=5.318, p < .001$ )하였다. 유청을 첨가한 식빵(Lee &

Lee, 2021)에서도 유청 첨가량이 증가함에 따라 식빵의 외관 관능평가가 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 같은 경향이었다. 조직감은 부드러운 정도, 수분감 등을 확인하여 대조군이 가장 기호도가 좋았으며 다음은 WPC-10 5.25에서 WPC-100 4.35로 WPC 첨가량이 많을수록 유의적으로 감소( $F=4.184, p < .01$ )하였다. 냄새는 WPC-10이 5.53, 대조군이 5.43순으로 가장 높았으며, WPC 첨가량이 많을수록 유의적으로 감소( $F=5.318, p < .001$ )하였는데, 이는 달걀의 비린내, 특히 WPC의 가공으로 생기는 특유의 향 때문으로 보여진다. 전체적인 기호도는 WPC-10, 대조군, WPC-30, WPC-50, WPC-100 순으로 높은 값을 보였으며, 유의적으로 감소( $F=4.919, p < .001$ )하였다. Whey protein isolate (WPI)가 첨가된 저지방 버터스펀지 케이크(Kim, 2010)에서도 WPI 대체량이 많을수록 버터 스펀지케이크의 수분함량이 감소하여 저지방 버터 스펀지케이크의 질감이 메마르고 거칠게 보이며, WPI 40% 이상 대체할 때 전반적인 기호도가 감소하여 본 연구 결과와 같은 경향이었다. 이는 버터 첨가량이 감소함으로써 지용성 향미 성분들의 포집 능력이 저하되어 맛의 저하가 나타나기 때문으로 보여진다(Hippleheuser et al., 1995). 기능성 식용유를 이용한 저열량 버터 스펀지 케이크의 제조(Moon et al., 1995)에서도 40%의 일반 식용유 첨가군과 기능성 식용유 첨가군이 촉촉하다고 평가되었고, 달걀분말 제조 조건에 따른 스펀지케이크의 특성 변화(Yang et al., 2010)에서도 신선한 달걀액을 탈당시킨 후 70°C에서 분무 건조시켜 만든 분말이 스펀지케이크를 만드는데 있어서 가장 적합한 소재로 확인되었다. 따라서 WPC-10가 향미, 외관, 조직감, 냄새 및 전체적인 기호도에서 가장 높은 값을 보여 WPC의 기능적 이점을 활용하면서 소비자의 기호도를 높일 수 있는 WPC 첨가 수준으로 10%가 적절하다고 사료된다.

**Table 6.** Consumer Preference Test of Butter Sponge Cakes Added with WPC

Samples <sup>1)</sup>	Flavor	Appearance	Texture	Odor	Overall acceptability
Control	5.23±1.37 <sup>a2)3)4)</sup>	4.98±1.67 <sup>b</sup>	5.28±1.22 <sup>a</sup>	5.43±1.24 <sup>ab</sup>	5.45±1.26 <sup>a</sup>
WPC-10	5.35±1.14 <sup>ab</sup>	5.90±1.13 <sup>a</sup>	5.25±1.03 <sup>a</sup>	5.53±1.06 <sup>a</sup>	5.52±0.82 <sup>a</sup>
WPC-30	4.95±1.34 <sup>ab</sup>	4.90±1.15 <sup>b</sup>	4.95±1.18 <sup>ab</sup>	5.25±1.06 <sup>ab</sup>	5.25±1.06 <sup>a</sup>
WPC-50	4.70±1.62 <sup>ab</sup>	4.60±1.41 <sup>b</sup>	4.55±1.50 <sup>bc</sup>	4.88±1.28 <sup>bc</sup>	4.93±1.64 <sup>ab</sup>
WPC-100	4.35±1.76 <sup>b</sup>	4.70±1.64 <sup>b</sup>	4.35±1.42 <sup>c</sup>	4.35±1.76 <sup>c</sup>	4.38±1.71 <sup>b</sup>
F-value	3.045 <sup>*</sup>	5.318 <sup>***</sup>	4.184 <sup>**</sup>	5.396 <sup>***</sup>	4.919 <sup>***</sup>

Note. <sup>1)</sup>See the legend of the Table 1. <sup>2)</sup>Each value is mean±S.D. of triplicate experiments. <sup>3)</sup>Means with different capital letter within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p<.05$ ).

<sup>4)</sup>7-point scale (1:very bad, 7:very good)

<sup>\*</sup> $p<.05$ , <sup>\*\*</sup> $p<.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p<.001$

## 요약 및 결론

본 연구에서는 저지방 대체재인 WPC를 이용하여 버터 스펀지 케이크를 제조하고 WPC 첨가에 따른 품질특성과 항산화활성 특성을 조사하여 저열량 버터 스펀지 케이크 개발 가능성을 알아보고 WPC 활용도를 높이는 기초자료를 제시하고자 하였으며, 그 결과는 다음과 같다. WPC 첨가 버터 스펀지케이크 반죽의 비중은 WPC 첨가량이 증가할수록 반죽의 비중이 높게 나타났고, pH는 유의적으로 감소( $F=248.38$ ,  $p<.001$ )하였다. 수분함량 결과는 대조군이 28.83으로 가장 높고, WPC-10은 28.34, WPC-30과 WPC-50은 27.01, WPC-100은 26.78로 WPC 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소( $F=3.151$ ,  $p<.05$ )하였으나 부피( $F=9.556$ ,  $p<.01$ )와 비용적( $F=11.15$ ,  $p<.001$ )의 경우 각각 유의적으로 증가하였다. 색도는 속질의 경우 명도인 L 값은 유의한 차이는 보이지 않았으나 적색도인 a 값은 WPC 첨가량이 많을수록 유의적으로 증가( $F=12.616$ ,  $p<.001$ )하였고, 황색도인 b 값은 유의적으로 감소( $F=4.550$ ,  $p<.01$ )하였다. 껍질의 경우 WPC 첨가량이 많을수록 L 값( $F=3.791$ ,  $p<.01$ )과 b 값( $F=7.000$ ,  $p<.001$ )은 유의적으로 감소하였다. 반면에 a 값은 유의적으로 증가( $F=4.706$ ,  $p<.01$ )하였다. 버터 스펀지케이크 제조에 사용된 WPC의 원재료의 DPPH 라디칼 소거능은 27.45%로 나타났으며, WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 경우 첨가량이 증가할수록, DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 증가( $F=45.237$ ,  $p<.001$ )하였다. 소비자 기호도 조사에서는 WPC-10의 경우 향미, 외관, 조직감, 냄새 및 전체적인 기호도가 가장 높게 나타나 WPC의 기능적 이점을 활용하면서 WPC 첨가 버터 스펀지케이크의 개발 가능성과 최적의 첨가량을 확인할 수 있었다.

## Declaration of Conflicting Interests

The author declares no conflict of interest with respect to the authorship or publication of this article

## References

- Ahn, H. G., & Lee, E. J. (2014). *Baking and Pastry Skills*. Seoul, Korea: Gyomoonsa.
- An, H. K., Cho, S. G., & Hong, G. J. (2016). The characteristics of sponge cake added with suaeda asparagoides. *Culinary Science and Hospitality Research*, 22(3), 1-10. <https://doi.org/10.20878/cshr.2016.22.3.001>
- Ash, D. J., & Colmey, J. C. (1973). Role of pH in cake baking. *Baker's Digest*, 47, 36-42.
- Berglund, P. T., & Hertsgaard, D. M. (1986). Use of vegetable oils at reduced levels in cake, pie crust, cookies and muffins. *Journal of Food Science*, 51(3), 640-644. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb13899.x>
- Campbell, A. M., Penfield, M. P., & Griswold, R. M. (1979). *The experimental study of food* (2<sup>nd</sup> ed., p. 459). Boston MA : Houghton Mifflin.
- Chae, Y. C. (1997). The role of baking and eggs. *Culinary Science & Hospitality Research*, 3, 367-383.
- Choi, G. Y., Bae, J. H., & Han, G. J. (2007). The quality characteristics of sponge cake containing a functional and natural product (1. Mulberry leaf powder). *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 17(5), 703-709.
- Choi, H. J., & Yoon, H. H. (2021). Quality characteristics of rice muffin added with nondigestible maltodextrin. *Korean Journal of Food and*



- Cookery Science*, 37(3), 210-219.
- Chun, Y. H., Kim, C. K., & Kim, W. J. (1986). Effect of temperature, pH and sugar on kinetic property of maillard reaction. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 18(1), 55-60.
- Chung, H. J. (2006). Quality characteristics of low-fat muffins containing whey protein concentrate. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 22(6), 890-897.
- Ha, W. G. (1995). Immunity-enhancing effect of whey protein. *Journal of Dairy Science and Biotechnology*, 12(2), 17-21.
- Han, T. J., Oh, S. U., Kim, M. J., & Kang, S. T. (2016). Quality characteristics of sponge cake with lemon grass powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 347-353. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2016.48.4.347>
- Hayes, A., & Cribb, P. J. (2008). Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic*, 11(1), 40-44. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3282f2a57d>
- Hippleheuser, A. L., Landberg, L. A., & Turnak, F. L. (1995). A system approach to formulating a low-fat muffin. *Food Technology (Chicago)*, 49(3), 92-95.
- Jang, S. W. (1992). *Encyclopaedia dictionary of bread and cakes* (pp. 174, 272-273). Seoul: Minumsa Publishing Group.
- Jung, C. L., & Yoon, H. H. (2022). Quality properties and sensory characteristics of sponge cakes added with purple carrot powder. *Culinary Science & Hospitality Research*, 28(3), 1-12. <https://doi.org/10.20878/cshr.2022.28.3.001>
- Kim, C. H. (2010). Quality characteristics of low-fat butter sponge cakes prepared with Whey Protein Isolate. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 42(2), 165-174.
- Kim, C. H. (2015a). Quality characteristics of sponge cakes with radish Leaf powder. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 25(3), 502-512. <https://doi.org/10.17495/easdl.2015.6.25.3.502>
- Kim, C. H. (2015b). Quality characteristics of Seolgiddeok added with whey protein concentrate (WPC) powder. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 28(3), 436-445.
- Kim, J. U., Song, K. Y., Seo, K. H., & Yoon, Y. C. (2012). Effects of added WPC and WP on the quality and shelf life of Tofu. *Journal of Dairy Science and Biotechnology*, 30(2), 93-109.
- Kim, H. J., Kim, M. H., & Han, Y. S. (2021). Antioxidant activities and quality characteristics of sponge cake added with premature mandarin peel powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 50(9), 981-991.
- Kimball, S. R., & Jefferson, L. S. (2001). Regulation of protein synthesis by branched-chain amino acids. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 4(1), 39-43.
- Kim, Y. A. (2005). Effects of lycium chinese powders on the quality characteristics of yellow layer cake. *Journal of the Korean Society of Food Science Nutrition*, 34(3), 403-407. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.3.403>
- Lagrange, V. (1998). U.S. whey proteins and new fractions as ingredients in functional dairy products and innovative nutraceuticals. *Journal of Dairy Science and Biotechnology*, 16(2), 106-118.
- Lee, S. L., & Huh, E. J. (2023). Changes in dietary life and dietary life satisfaction in one-person households during the COVID-19 pandemic. *Human Ecology Research*, 61(1), 29-38. <http://dx.doi.org/10.6115/her.2023.003>
- Lee, J. S., Seong, Y. B., Jeong, B. Y., Yoon, S. J., Lee, I. S., & Jeong, Y. H. (2009). Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38(9), 1222-1228. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.9.1222>
- Lee, K. H., & Lee, M. H. (2021). The palatability and quality characteristics of whey added pan bread. *Culinary Science & Hospitality Research*, 27(12), 34-44.
- Lee, S. E., & Lee, J. H. (2013). Quality and antioxidant properties of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 53-58. <https://doi.org/10.20878/cshr.2021.27.12.004>
- Moon, S. J., Oh, H. S., & Lee, M. H. (1995). Physical and sensory characteristics of butter sponge cakes prepared with soybean oil and hicook. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 11(4), 323-329.
- Moon, S. L., & Jang, M. S. (2008). Quality properties of yellow layer cake prepared with diacylglycerol oil. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37(6), 775-783. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2008.37.6.775>
- Oh, H. B., Jung, K. Y., Shin, S. N., & Kim, Y. S. (2017). Quality properties of sponge cake containing Dangyuja (*citrus grandis osbeck*) powder. *Culinary Science and Hospitality Research*, 23(8), 83-89. <https://doi.org/10.20878/cshr.2017.23.8.008>
- Pal, S., Ellis, V., & Dhaliwal, S. (2010). Effects of whey protein isolate on body composition, lipids, insulin and glucose in over- weight and obese individuals. *British Journal Nutrition*, 104(5), 716-723.
- Park, J. K., Huh, C. K., Gim, D. W., Kim, Y. J. Kim, S. H., Kwon, Y. K. et al. (2018). Quality characteristics of whey Makgeolli vinegar produced using *Acetobacter Pomorum* IWV-03. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 61-68. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2018.50.1.61>
- Park, J. S., Lee, Y. J., & Chu, S. S. (2010). Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 39(10), 1509-1515.
- Pihlanto, A. (2006). Antioxidative peptides derived from milk proteins. *International Dairy Journal*, 16(11), 1306-1314. <https://doi.org/10.1016/j.idj.2006.08.003>

- org/10.1016/j.idairyj.2006.06.005
- Raidle, M. A., & Klein, B. P. (1983). Effect of soy or field pea flour substitution on physical and sensory characteristics of chemically leavened quick breads. *Cereal Chemistry*, 60, 367-370.
- Ruth, H., & Elsie, H. D. (1966). Performance of fats in white cake. *Cereal Chemistry*, 43, 538-546.
- Shin, J. H., Chae, M. J., & Han, J. A. (2021). Physical and sensory characteristics of brownies containing whey powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 321-328. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2021.53.3.321>
- Song, E. S., & Kang, M. H. (2004). The properties of yellow layer cakes made by different substituting levels of waxy maize starch for shortening. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 14(1), 39-46.
- Song, E. S., Kang, M. H., & Kim, S. J. (2001). Characteristics of low calorie layer cake by adding different levels of polydextrose. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 17(4), 367-372.
- Song, J. H. (2023). *Tigernuts powder, gluten free, sponge cake, quality characteristics* (Unpublished master's thesis). Gyounghee University, Seoul, Korea.
- Suh, H. J., Shin, J. C., Kim, J. H., Jang, J. H., & Han, S. H. (2017). Optimal enzyme selection for organic whey protein hydrolysis. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 30(6), 1359-1363. <https://doi.org/10.9799/ksfan.2017.30.6.1359>
- Protein. (2024). Retrieved January 2, 2024, from <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8B%A8%EB%B0%B1%EC%A7%88>
- Yang, H. Y., Lee, J. S., & Park, K. H. (2010). Effect of whole egg spray-drying conditions on physical and sensory properties of sponge cake. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 310-316.
- Yoon, C. H., An, S. I., Jeong, A. R., Han, S. E., Kim, M. H., & Lee, C. W. (2010). Characteristics of whey protein (WPC-30) hydrolysate from cheese whey. *Journal of Animal Science and Technology*, 52(5), 435-440. <https://doi.org/10.5187/JAST.2010.52.5.435>