



## 열매마(*Dioscorea bulbifera*) 분말을 첨가한 스펀지케이크의 품질 특성

김명현\*

숙명여자대학교 식품영양학과

### Quality Characteristics of Sponge Cakes made with Air Potato (*Dioscorea bulbifera*) Powder

Myunghyun Kim\*

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the possibility of using air potato (*Dioscorea bulbifera*) powder to make sponge cakes. The sponge cake batter was made by adding 0, 10, 20, 30, and 40% of air potato powder, and the resultant anti-oxidative properties and quality characteristics were analyzed. The study showed that the height, batter yield, and loss rate of sponge cakes decreased as increasing amounts of air potato powder were added, but the weight, viscosity, moisture content, and specific gravity increased. An evaluation of the color showed that the L and b values were highest in the control group but the a value was highest in the 40% group. There was no significant difference between samples in terms of cohesiveness, although the study showed a significant increase in the hardness, chewiness, and gumminess as the quantity of air potato powder in the sponge cakes increased. The total polyphenol content and DPPH radical scavenging activity increased noticeably as more air potato powder was added to the sponge cakes. The results thus showed that the study groups with the addition of air potato powder showed higher antioxidant activity than the control group.

**Key Words** : Air potato, sponge cake, quality characteristics, antioxidant activity.

#### 1. 서론

사회적인 변화로 인해 소비자들은 간편함과 편리성을 추구하면서 식품에도 변화가 나타나 식사대용으로 빵을 선호하게 되어 우리나라 빵류 시장 규모가 확대되고 있다. 국내 빵류 시장은 2021년 기준 3조 9,100억원 시장규모로 빵을 찾는 소비자가 늘어나면서 2026년은 4조 5,384억원 규모로 예상되고 있으며 그중 케이크가 40.1%로 높은 점유율을 가지고 있다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2021). 스펀지케이크는 케이크의 기본이 되는 재료로 달걀흰자의 기포성을 이용하여 팽창시킨 제품이다(Park et al. 2017). 스펀지케이크는 맛이 단순하기 때문에 부재료의 혼합이 비교적 쉬우며 그 자체로 제조하기보다는 모양이나 맛, 기능성을 향상시켜 제품의 다양화가 이루어지고 있다. 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 기능성 추가된 더 건강한 베이커리 제품을 찾는 수요가 늘어나 관련 연구와 제품개발이 진행중이다. 스펀지케이크에 기능성 재료를 첨가한 선행연구는 레몬그라스 분말(Ju et al. 2016), 풋갈 껌질 분말(Kim et al. 2021), 당유자 껌질 분말(O et al. 2017), 흑마

늘 농축액(Lee et al. 2009) 및 모링가 분말(Choi 2018) 등이며 다양한 재료를 활용하였다.

마과(*Dioscoreaceae*) 식물은 여러해살이 덩굴식물로 현재 까지 10속 650여 종이 알려져 있으며 마는 잎과 덩이뿌리의 모양에 따라 단마, 장마, 부채마, 둥근마 등으로 다양하게 분류되고 있다(Ahn et al. 2005; Yang et al. 2009; Kim & Lee 2013b). 열매마(*Dioscorea bulbifera*)는 하늘마 또는 우주마로도 불리우며 아열대 식물로 인도, 미얀마, 중국, 캄보디아, 베트남 등 아시아와 호주, 아프리카에서도 분포되고 지구온난화로 인해 우리나라에서도 청양군, 진안군, 정읍시, 화성시 등에서 2017년부터 시험 재배되기 시작해 소득작물로 주목받고 있다(Chi 2012). 마를 수확할 때 땅속에서 캐는 마와 달리 열매마는 넝쿨성 줄기에 열린 마를 따서 수확하므로 비교적 재배가 쉽고 병해에도 강해 친환경 재배가 가능하며 수확량이 많다(Nguyen et al. 2021). 열매마는 찌거나 구워서 익혀 먹을 수 있고 주스로도 만들어 섭취할 수 있다. 마의 점질물과 여러 기능성 성분에 의해 밝혀진 효능으로 진통 및 항염증(Mbiantcha et al. 2011), 항고혈당(Zabeer et al. 2009), 항균(Teponno et al. 2006), 항암(Wang et al.

\*Corresponding author: Myunghyun Kim, Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea  
Tel: +82-2-710-9471 Fax: +82-2-710-9479 E-mail: kimmh@sookmyung.ac.kr

2012), 향산화(Mainasara et al. 2021) 활성 등이 있다. 마를 첨가하여 식품개발 연구는 국수(Park & Cho 2006), 소시지(Jang & Lee 2014), 어묵(Kim & Byun 2009), 백설기(Kim 2011), 양갱(Hwang 2021) 등 다양하게 활용되었으며 대부분 땅속에서 자란 마를 활용하였고 열매마를 활용한 연구는 아직 진행되지 않아 연구가 필요하다. 마는 알카리성 식품이며 가열하지 않아도 여러 소화효소에 의해 소화가 잘 되는 식품이고 가공식품 제조 시 물성 개량제로도 사용이 가능해 밀가루 대신하여 열매마를 첨가한 제과 및 제빵에 활용한 다양한 연구가 진행되어야 한다(Choi 2012).

따라서 본 연구에서는 국내에서 재배중인 열매마를 이용하여 품질 및 우수한 기능성 스펀지케이크를 개발하고자 품질특성과 향산화 활성에 대해 연구하였다. 본 연구를 통해 다양한 생리활성을 지닌 열매마의 제과·제빵 및 기능성 식품 재료로서 사용 가능성을 확인하고 활용도를 높이고자 하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에서 사용된 열매마는 화성시 소재 농장에서 2020년 11월에 구입하여 깨끗하게 세척한 뒤 껍질을 제거하고 동결건조(MCFD 8505, Ilshin Bio Base Co., Yangju, Korea) 하였다. 건조된 열매마는 분쇄기를 이용하여 분말을 만들었고 40 메시(mesh) 체로 통과시킨 후 -40°C 냉동고에 보관하며 시료로 사용하였다. 박력분(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 달걀(Pulmuone Co., Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 버터(Seoul Milk Co., Seoul, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co.)은 시중에서 구입한 후 사용하였다.

### 2. 스펀지 케이크 제조방법

열매마 분말을 첨가한 스펀지케이크의 배합비는 <Table 1>에 나타내었으며, Zhang et al. (2017)의 제조방법을 참고하여 여러 번의 예비실험을 거쳐 배합비와 제조방법을 설정하였다. 열매마 분말은 박력분 중량 대비 0, 10, 20, 30, 40%

를 첨가하였다. 달걀은 반죽기(5K45SS, KitchenAid Co., Benton Harbor, MI, USA)의 믹싱볼에 넣어 2단에서 30초간 작동시킨 후 설탕과 소금을 넣어 6단에서 4분간 휘핑하였다. 믹싱볼의 옆면을 고무주걱으로 긁어내고 6단에서 4분간, 1단에서 30초간 믹싱하여 거품을 형성하였다. 체에 친 박력분과 열매마 분말을 넣고 혼합한 후, 녹인 버터를 첨가하여 균일하게 가볍게 혼합하였다. 원형팬(직경 15 cm)에 유산지를 깔고 350 g씩 반죽을 팬닝하고 180°C로 미리 예열된 오븐(ML32AW1, LG, Seoul, Korea)에서 25분간 구웠다. 구워진 스펀지케이크를 실온에서 1시간 식힌 후 시료로 사용하였다.

### 3. 반죽의 비중, 수율 및 굽기 손실을 측정

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

$$\text{Specific gravity} = \text{weight of cake batter} / \text{weight of water}$$

$$\text{Batter yield} = \text{weight of cake batter} / \text{weight of cake} \times 100$$

$$\text{Baking loss rate} = ((\text{weight of cake batter} - \text{weight of cake}) / \text{weight of cake batter}) \times 100$$

### 4. 반죽의 점도 측정

점도는 반죽이 완료된 직후 회전식 점도계(RM100, Romy Rheology Instrument, Champagne Montd'Or, France)를 이용하여 250 mL 비이커에 100 g을 담은 후 spindle은 No. R7을 사용하였고, 10 rpm에서 1분간 특성을 분석하여 mPa·s로 표기하였다.

### 5. 스펀지케이크의 높이 및 무게 측정

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

<Table 1> Formulations of sponge cakes with air potato powder

Ingredients (g)	Air potato powder powder content (%)				
	Control	10	20	30	40
Air potato powder	0	10	20	30	40
Wheat flour	100	90	80	70	60
Egg	180	180	180	180	180
Butter	20	20	20	20	20
Sugar	100	100	100	100	100
Salt	1	1	1	1	1

## 6. 수분함량 측정

수분함량은 열매마 분말 첨가 스펀지케이크를 0.5 g씩 무게를 잰 뒤 적외선 수분측정기(MB45, Ohaus Corporation, Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 온도는 105°C에서 진행되었으며 각 실험은 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

## 7. pH 측정

pH는 스펀지케이크 5 g을 증류수 45 mL와 혼합한 후 homogenizer (PT-MR 2100, KINEMATICA AG, Malter, 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.

## 8. 색도 및 표면 측정

색도는 스펀지케이크의 내부와 외부를 측정하였으며, 색도계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L값(lightness), a값(red), b값(yellow)을 3회 반복하여 측정하였다. 측정 시 사용한 표준 백색판의 L값은 93.72, a값은 -0.14, b값은 3.72였다. 스펀지케이크의 내부 구조는 디지털현미경(SMTUSCOPE, Shenzhen Qi Yao Technology Co., Shenzhen, Guangdong, China)을 이용하여 관찰하였다.

## 9. 조직감 측정

조직감은 스펀지케이크 내부를 30×30×30 mm의 정사각형으로 일정하게 자른 뒤 texture analyzer (TA-XT2 Express, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 사용하여 측정하였다. TPA(texture profile analysis) 분석으로 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)을 측정하였으며, 각 시료 당 10회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 측정조건의 probe는 40×50 mm의 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.

## 10. 추출물 제조

열매마 분말을 첨가한 스펀지케이크 10 g에 70% 에탄올 90 mL를 가한 후, shaking incubator (SI900R, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 24시간 동안 100 rpm, 25°C로 추출하였다. 추출한 시료는 여과지로 여과하였고 25°C에서 20분간 3,000 rpm으로 원심분리한 후 상등액을 사용하였다.

## 11. 총 폴리페놀 함량 측정

열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량은

Folin-Ciocalteu 방법(Siwan & Hillis 1959)에 준하여 측정하였으며, 표준물질은 gallic acid로 검량선을 작성하여 값을 구하였다. 시료액 150 μL에 증류수 2,400 μL, 2 N Folin-Ciocalteu (Sigma Chemical Co., St.Louis, MO, USA) 시약 50 μL를 시험관에 넣고 교반한 후 반응시킨 뒤 1 N sodium carbonate (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Duksan Pharmaceutical Co., Ansan, Korea) 300 μL를 가하여 2시간 동안 어두운 곳에서 반응시켰다. 그 후 UV/VIS spectrophotometer (T60UV, PG Instruments Ltd., Wibtotf, England)로 725 nm에서 측정하였으며 실험은 각 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구했다.

## 12. DPPH free radical 소거활성 측정

열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 DPPH free radical 소거활성은 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 (%)

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

## 13. 통계처리

본 연구의 모든 실험은 3회 이상 반복하여 측정하였으며, 결과는 SPSS 프로그램 25.0 (Statistical Analysis Program, IBM Co., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 유의수준 5%에서 차이가 나타난 항목에 대해서는 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크 반죽의 비중, 수율, 굽기 손실률 및 점도

열매마 스펀지케이크에 대한 반죽의 비중, 수율, 굽기 손실률 및 점도는 <Table 2>에 표시하였다. 스펀지케이크의 비중은 대조군 0.41, 열매마 분말 첨가군의 비중은 0.41-0.54로 (p<0.001) 적정 비중 범위인 0.45-0.55에 포함되므로 열매마 분말을 스펀지케이크에 활용 가능할 것으로 판단된다(Kim et al. 2014). 반죽의 비중은 제품의 부피와 조직감 등 품질 특성에 영향을 주는데 비중이 높으면 기공이 조밀해지고 조직이 치밀해져서 무겁고 부피가 작은 제품이 되지만 비중이 낮으면 내부가 약해져 부서지기 쉽다(Joung et al. 2017). 대조군의 비중이 가장 낮았던 결과는 공기 포집량이 가장 많았기 때문이며 대조군보다 첨가군에서 글루텐 함량이 줄어들어 부피와 공기 포집량이 감소되었기 때문이다(Kwon & Lee 2015). 새싹보리 분말(Park & Chung 2020), 함초 분말(An et al. 2010)과 검은콩(Jung 2012)을 첨가한 스펀지케이

<Table 2> Specific gravity, batter yield, and loss rate of viscosity sponge cake batters with air potato powder

	Air potato powder content (%)					F-value
	Control	10	20	30	40	
Specific gravity	0.41±0.02 <sup>dl)</sup>	0.41±0.01 <sup>cd</sup>	0.43±0.01 <sup>c</sup>	0.47±0.02 <sup>b</sup>	0.54±0.02 <sup>a</sup>	48.808***
Batter yield (%)	105.97±0.40 <sup>a</sup>	105.2±0.09 <sup>b</sup>	104.32±0.22 <sup>c</sup>	104.23±0.43 <sup>c</sup>	104.11±0.38 <sup>c</sup>	17.640***
Loss rate (%)	5.63±0.36 <sup>a</sup>	5.01±0.09 <sup>b</sup>	4.14±0.20 <sup>c</sup>	4.19±0.39 <sup>c</sup>	4.22±0.35 <sup>c</sup>	14.544***
Viscosity (mPa·s)	2,100±80 <sup>e</sup>	14,010±1310 <sup>d</sup>	23,050±2600 <sup>c</sup>	37,485±825 <sup>b</sup>	40,820±60 <sup>a</sup>	427.000***

All values are mean±SD.

<sup>l)</sup>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.

크 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 비중이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

반죽 수율은 대조군이 105.97%이며 열매마 분말 첨가군은 104.11-105.20%로 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다 (p<0.001). 아스파라거스 분말(Zhang et al. 2015)과 함초 분말(An et al. 2010)첨가 스펀지케이크에서도 반죽 수율이 감소하여 유사한 결과를 보였으며 시료 간의 함량 차이에 의한 것으로 판단된다.

굽기 손실률은 반죽이 구워질 때 열에 의하여 부푸는 과정에서 수분이 기체로 증발하게 되어 발생한다(Shin 2015). 열매마 스펀지케이크의 굽기 손실률은 대조군 5.63%, 첨가군 4.22-5.01%로 측정되었다(p<0.001). 풋굴껍질 분말을 첨가한 스펀지케이크의 굽기 손실률도 풋굴껍질 분말을 첨가할수록 감소하였는데 기포 형성을 억제하여 수분 증발을 방해한 것으로 보고하였으며 열매마 스펀지케이크 결과와 유사한 경향을 나타냈다(Kim et al. 2021).

점도는 대조군이 2,100 mPa·s, 첨가군이 14,010-40,820 mPa·s로 열매마 첨가량이 증가할수록 높은 점도로 측정되었다(p<0.001). 스펀지 케이크 반죽에 마 분말을 첨가하였을 때 달걀거품의 점도가 증가하였고 마의 점질 성분인 glycoprotein의 일종인 mucin이 있어 점성이 높아져 점도가 상승되었다고 판단된다(Yi et al. 2001; Choi 2012). 반죽의 점도가 높으면 달걀 거품을 구울때까지 안정적으로 유지할 수 있어 점도를 높이는 것은 유리하다고 하였다(Lee et al. 2001). 바나나 분말(Park et al. 2010)과 새송이버섯 분말(Chang & Shim 2004)을 스펀지 케이크 반죽에서도 첨가량이 증가할수록 반죽의 점도는 높아져 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

2. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 높이 및 무게

열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 높이와 무게 측정결과는 <Table 3>에 나타내었다. 스펀지케이크의 높이는 부피를 나타내는 지표로 대조군 65.44 mm, 10%첨가군 61.22 mm, 20%첨가군 58.78 mm, 30%첨가군 56.83 mm, 40%첨가군 53.18 mm로 열매마 첨가량이 증가함에 따라 높이가 낮아졌다(p<0.001). Suh & Kim(2014)의 연구에 따르면 케이크 제

조 시 밀가루의 일부를 곡물분말 또는 식이섬유로 대체하는 경우 부피가 줄어든다고 하였다. 마 분말에 5.8%의 식이섬유가 함유되어 있다고 보고(Oh et al. 2002)되었는데 밀가루 대신 열매마 분말로 대체하였기 때문에 식이섬유가 늘어나 높이가 감소한 것으로 생각된다.

열매마 분말을 첨가한 스펀지케이크의 무게는 대조군 330.30 g, 첨가군 332.70-336.20 g으로 열매마 분말이 증가함에 수분 흡수율이 높아져 무게가 증가하였다(p<0.001). 아마씨 분말(Park et al. 2017)과 자색고구마 분말(Kim & Lee 2014)을 첨가한 스펀지케이크에서도 무게가 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 열매마 분말의 첨가에 따라 반죽은 글루텐 형성이 잘 되지 못하여 팽창이 억제되고 수분 증발이 감소하여 무게는 증가하고 높이는 감소하는 결과를 나타낸 것으로 보인다.

3. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 수분함량 및 pH

열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 수분함량과 pH 측정결과는 <Table 3>에 나타내었다. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 수분함량은 대조군 34.68%, 첨가군 35.26-38.53%로 첨가량이 증가함에 따라 높아졌다(p<0.001). 열매마와 밀가루 수분함량은 각각 9.22, 12.57% 함유되어 밀가루가 수분함량이 더 높았지만 열매마의 수분 흡착력이 밀가루보다 큰 것으로 생각된다. Park & Cho(2006)은 밀가루와 마분말의 수분결합능력을 측정 한 결과 마분말 200.43%, 밀가루 157.45%로 시료입자에 수분과의 흡수나 흡착이 밀가루보다 마분말에서 친화성이 더 높다고 하였다. 천마 분말을 첨가한 스펀지케이크에서도 첨가량이 증가함에 따라 수분함량이 많아졌는데 천마의 높은 수분 흡수력에 의한 것으로 보고하였다(Kang 2007). 열매마 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 수분함량이 높아져 노화를 지연시킬 수 있어 품질 향상에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 pH는 열매마 분말의 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p<0.001). 열매마 pH는 5.90, 밀가루 pH는 5.98로 측정되어 열매마가 밀가루보다 pH가 낮아 첨가량이 증가할수록 낮아졌으며 마에 함유된 유기산은 oxalic acid, citric acid,

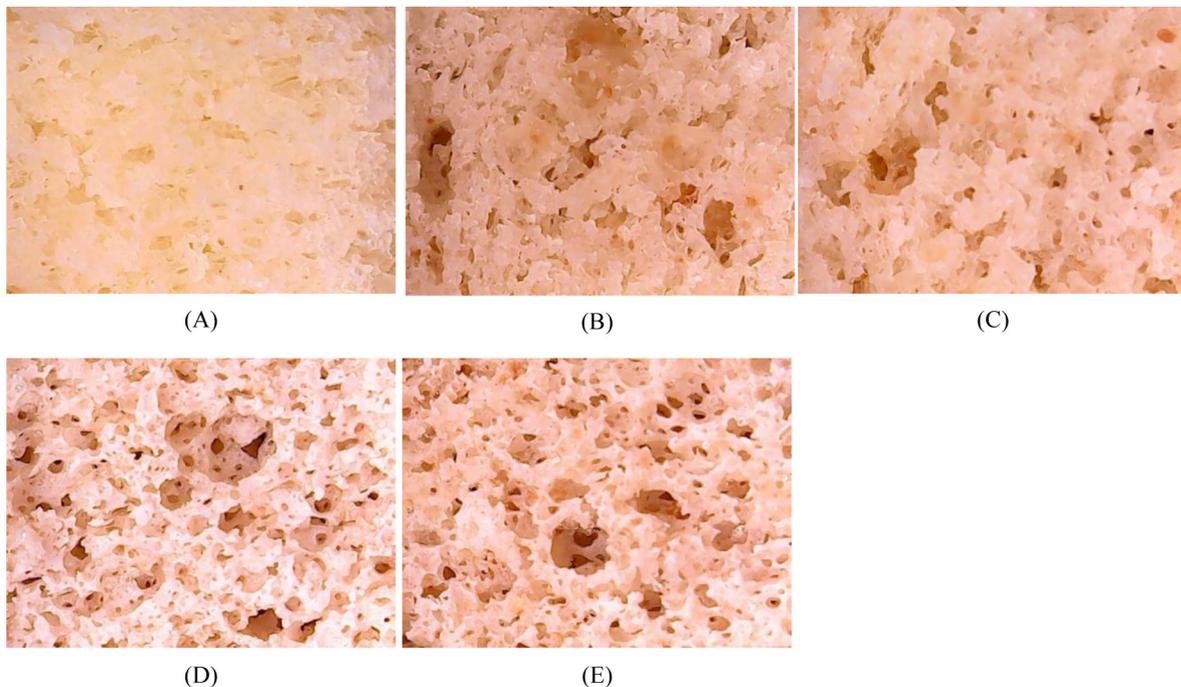
<Table 3> Height, weight, moisture content, pH, and color values of sponge cakes with air potato powder

		Air potato powder content (%)					F-value
		Control	10	20	30	40	
Height (mm)		65.44±1.07 <sup>a1)</sup>	61.22±0.33 <sup>b</sup>	58.78±1.22 <sup>c</sup>	56.83±0.37 <sup>d</sup>	53.18±0.62 <sup>e</sup>	97.508***
Weight (g)		330.30±1.25 <sup>c</sup>	332.70±0.30 <sup>b</sup>	335.50±0.70 <sup>a</sup>	335.80±1.37 <sup>a</sup>	336.20±1.21 <sup>a</sup>	17.464***
Moisture content (%)		34.68±0.97 <sup>c</sup>	35.26±0.70 <sup>bc</sup>	36.10±0.56 <sup>bc</sup>	37.09±1.62 <sup>ab</sup>	38.53±1.43 <sup>a</sup>	5.455*
pH		8.12±0.02 <sup>a</sup>	8.13±0.01 <sup>a</sup>	8.06±0.03 <sup>b</sup>	7.97±0.03 <sup>c</sup>	7.91±0.02 <sup>d</sup>	66.869***
Crust	L	69.86±0.53 <sup>a</sup>	65.16±1.38 <sup>b</sup>	65.22±0.82 <sup>b</sup>	61.42±1.78 <sup>c</sup>	58.58±2.42 <sup>d</sup>	23.040***
	a	8.12±0.33 <sup>c</sup>	8.19±0.26 <sup>c</sup>	7.40±1.37 <sup>c</sup>	10.28±1.18 <sup>b</sup>	13.31±1.15 <sup>a</sup>	18.119***
	b	37.12±0.91 <sup>a</sup>	34.74±1.09 <sup>b</sup>	34.35±0.32 <sup>b</sup>	34.17±0.63 <sup>b</sup>	34.24±1.01 <sup>b</sup>	6.631**
Inner	L	79.16±0.67 <sup>a</sup>	68.35±0.58 <sup>b</sup>	65.82±1.65 <sup>c</sup>	66.79±0.74 <sup>bc</sup>	64.05±0.40 <sup>d</sup>	126.868***
	a	-5.49±0.03 <sup>e</sup>	-1.60±0.30 <sup>d</sup>	-0.43±0.44 <sup>c</sup>	0.31±0.18 <sup>b</sup>	1.91±0.27 <sup>a</sup>	295.929***
	b	32.18±1.10 <sup>a</sup>	28.65±0.84 <sup>c</sup>	28.38±0.30 <sup>c</sup>	30.21±0.33 <sup>b</sup>	32.08±0.61 <sup>a</sup>	19.649***

All values are mean±SD.

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-e) within a row are significantly different at p<0.05 by Duncan’s multiple range test.

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.



<Figure 1> Inner structure of sponge cake with air potato powder.

(A) flour without air potato powder, (B) flour with air potato peel powder, (C) flour with 20% air potato powder, (D) flour with 30% air potato powder, (E) flour with 40% air potato powder.

succinic acid, fumaric acid로 보고되어 유기산의 영향으로 pH가 낮아졌다(Kim et al. 2015). 솔잎 분말(Lee & Lee 2013)과 프리카 분말(Kim et al. 2020)을 첨가한 스펀지케이크에서도 부재료 첨가량이 증가함에 따라 pH가 감소하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

4. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 색도 및 내부 구조

열매마 분말을 첨가한 스펀지케이크의 외부와 내부의 색

도는 <Table 3>, 내부 구조는 <Figure 1>에 나타내었다. 스펀지케이크의 외부 색도를 측정된 결과, 명암을 나타내는 L 값은 대조군이 69.86으로 가장 밝았고 각 첨가군에서도 낮아지는 유의적인 차이를 보였다(p<0.001). Yi et al. (2001)은 마 분말의 환원당과 배합비의 아미노 화합물이 구워지면서 아미노카르보닐 반응에 의해 갈색화가 나타나 명도가 낮아졌다고 하였다. 적색도를 나타내는 a값은 대조군 8.12, 첨가군 8.19-13.31로 열매마 분말이 첨가될수록 높아졌다

( $p<0.001$ ). 황색도를 나타내는  $b$ 값은 대조군 37.12로 가장 높았으며 첨가군간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ( $p<0.01$ ). 마 분말을 첨가한 팬 케이크 표면의 색도 결과에서도 적색도는 마 분말의 첨가량이 증가할수록 높아졌고 황색도는 감소하여 본 연구결과와 같았다(Kang et al. 2016). 스펀지케이크의 내부 색도에서는  $L$ 값은 대조군이 79.16, 첨가군은 64.05-68.35로 열매마 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 낮아졌다( $p<0.001$ ).  $a$ 값은 대조군이 가장 낮았고 40% 첨가군에서 가장 높은 값을 보였다( $p<0.001$ ). 스펀지케이크 표면의  $a$ 값은 모두 양의 값을 보였지만 내부의  $a$ 값은 대조군, 10, 20% 첨가군에서는 음(-)의 값을 보여 차이를 보였다. 스펀지케이크 내부  $b$ 값의 결과 대조군을 제외한 첨가군에서 열매마 분말을 첨가할수록 황색도는 높아졌다( $p<0.001$ ). 케이크의 색을 결정하는 중요한 요인은 첨가되는 분말의 종류, 색, 굵은 과정 중의 아미노카르보닐 반응, 갈변 효소의 작용, 열분해에 의한 갈변 등에 의해서이다(Lee et al. 2012).

스펀지케이크의 내부 구조는 열매마 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크 내부의 기공이 불규칙하고 허물어지면서 기공이 합쳐져 커지는 경향을 보였다. 자색 고구마분말을 첨가한 머핀에서도 첨가량이 증가함에 따라 글루텐 함량이 줄어 두꺼운 세포벽과 거친 기공을 보였는데 첨가량이 많을수록 머핀의 내부 조직이 거칠다고 보고하여 본 연구결과와 일치하는 경향이였다(Ko & Seo 2010). 참마를 첨가한 스펀지 케이크에서도 첨가량이 증가할수록 기포벽이 두껍고 기공이 크게 형성되어 커다란 tunnel이 있다고 보고하였다(Lee et al. 2001). 부재료에 의해 글루텐 형성을 방해하고 조직을 이루는 물질을 희석하여 air cell 수의 감소 및 불규칙한 구조 형성을 나타낸 것으로 보고하였다(Choi et al. 2009).

5. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 조직감

열매마 분말을 첨가하여 제조한 스펀지케이크의 경도(hardness), 탄력성(springness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)을 측정결과는 <Table 4>에 표시하였다. 경도는 대조군이 71.75 g으로 가장 낮았고,

40% 첨가군이 181.63 g으로 가장 높게 나타나 열매마 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 단단해짐을 확인하였다 ( $p<0.001$ ). 양배추 분말을 첨가한 스펀지 케이크에서도 부재료 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하여 조직감이 단단해지는 유사한 경향을 보였다(Kim & Kim 2017). 경도는 재료의 수분함량, 기공의 양과 크기 및 부피 등에 영향을 받으며, 경도가 높아지면 조직의 치밀도가 증가하고 반면 기공 발달이 증가할수록 부피는 증가하고, 경도는 감소한다(Park et al. 2017). 따라서 열매마 분말 첨가량이 증가할수록 반죽 내에 공기 포집과 기공의 발달이 적어져 반죽의 비중이 커지고, 스펀지 케이크의 높이가 감소하면서 경도가 증가하는 것으로 판단된다. 씹힘성과 검성은 대조군에서 각각 113.33, 60.72로 가장 낮았으며, 40% 첨가군에서 각각 207.33, 147.75로 가장 높게 나타났었다( $p<0.001$ ). 참마를 첨가한 스펀지케이크에서도 첨가량이 증가함에 따라 경도, 씹힘성, 검성이 높아지는 결과를 보였는데 마의 점질 물질이 기포의 얇은 막 형성과 기포의 팽창을 방해시켜 단단하게 만들었기 때문이며 케이크의 형태를 유지하기 유리하다고 하였다(Lee et al. 2001). 열매마 첨가 스펀지 케이크의 탄력성과 응집성은 유의적인 차이가 없었다. 풋갈 껍질을 첨가한 스펀지케이크에서도 탄력성과 응집성에서 유의적인 차이를 보이지 않아 본 연구결과와 같았다(Kim et al. 2021)

6. 열매마 분말 첨가 스펀지케이크의 총 폴리페놀 함량 및 DPPH free radical 소거활성

열매마 분말을 첨가한 스펀지케이크의 항산화 활성은 <Table 5>에 표시하였다. 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과 열매마 분말 40% 첨가한 스펀지케이크에서 36.50 mg GAE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다( $p<0.001$ ). 마 종류별 메탄올 추출물의 평균 총 폴리페놀 함량은 49.82 mg/g으로 함유되어 폴리페놀이 함유 되어있음을 확인할 수 있었다(Kwon et al. 2010). DPPH free radical 소거활성을 측정된 결과 대조군 5.61%, 첨가군은 열매마 첨가량에 따라 33.26-62.75%의 활성을 나타내었다( $p<0.001$ ). 마의 종류에 따라 DPPH free radical 소거활성  $IC_{50}$ 은 142.30-486 g/mL으로

<Table 4> Texture characteristics of sponge cakes with air potato powder

Texture characteristics	Air potato powder content (%)					F-value
	Control	10	20	30	40	
Hardness (g)	71.75±5.38 <sup>1)</sup>	101.58±10.50 <sup>d</sup>	119.40±1.53 <sup>e</sup>	144.00±11.97 <sup>b</sup>	181.63±14.31 <sup>a</sup>	71.211***
Springiness	1.87±0.13	1.33±0.35	1.92±0.05	1.59±0.41	1.42±0.50	2.429
Chewiness	113.33±13.43 <sup>b</sup>	113.85±30.26 <sup>b</sup>	193.16±7.08 <sup>a</sup>	191.96±59.65 <sup>a</sup>	207.33±62.09 <sup>a</sup>	5.019**
Gumminess	60.72±4.62 <sup>e</sup>	85.89±7.26 <sup>d</sup>	100.44±2.32 <sup>e</sup>	120.85±12.96 <sup>b</sup>	147.75±10.26 <sup>a</sup>	62.494***
Cohesiveness	0.85±0.01	0.85±0.02	0.84±0.01	0.84±0.04	0.82±0.01	1.484

All values are mean±SD.

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-e) within a row are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

\*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$ .

&lt;Table 5&gt; Antioxidant activities of sponge cakes with air potato powder

Antioxidant activities	Air potato powder content (%)					F-value
	Control	10	20	30	40	
Total polyphenol content (mg GAE/100 g)	18.85±2.22 <sup>e1)</sup>	28.17±2.00 <sup>d</sup>	23.17±1.72 <sup>c</sup>	32.28±3.41 <sup>b</sup>	36.50±1.28 <sup>a</sup>	29.414***
DPPH radical scavenging activity (%)	5.61±11.14 <sup>e</sup>	33.26±2.40 <sup>b</sup>	37.86±1.48 <sup>b</sup>	54.3±3.82 <sup>a</sup>	62.75±5.62 <sup>a</sup>	41.000***

All values are mean±SD.

<sup>1)</sup>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.

보고하였다(Kwon et al. 2010). 참마를 첨가한 양갱의 DPPH free radical 소거활성은 대조군 5.84%, 첨가군 14.51-63.78%로 첨가량이 증가함에 따라 활성이 높아져 본 연구 결과와 같은 경향을 나타내었다(Hwang 2021). 전분이 함유된 자색 고구마 분말(Kim & Lee 2013a)과 야콘 분말(Lee & Son 2011)을 첨가한 스펀지 케이크에서도 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 높아져 기능성 식품으로 가능성을 확인하였다. 열매마 분말을 스펀지케이크에 첨가 시 총 폴리페놀 함량 증가와 DPPH free radical 소거 활성을 보여 항산화 활성이 향상된 제품을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 요약 및 결론

열매마 분말의 첨가량을 0, 10, 20, 30, 40%로 달리하여 스펀지 케이크를 제조하고 품질특성과 항산화 활성을 분석하였다. 열매마 분말을 첨가한 반죽의 비중과 점도는 대조군이 가장 낮았으며 첨가량에 따라 높아졌고 반죽 수율과 굽기 손실률은 첨가할수록 감소하는 경향을 보였다. 열매마 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 무게는 증가하였고 높이는 감소하였다. 조직감은 열매마 분말 첨가량이 증가할수록 경도, 씹힘성, 검성이 유의적으로 높아졌으나 탄력성과 응집성에서는 유의적인 차이가 없었다. 열매마 분말의 첨가량이 증가할수록 L값은 유의적으로 낮아졌고, a값은 높아졌다. b값의 외부는 첨가군에서 유의적인 차이가 없었으며 첨가군의 내부는 첨가량이 증가할수록 황색도가 높아졌다. 스펀지케이크의 항산화 활성을 나타내는 총 폴리페놀 함량은 대조군 18.85 mg GAE/10 g, 40%첨가군 32.28 mg GAE/100 g으로 2배 높은 함량을 보였다. DPPH 라디칼 소거활성은 열매마 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 대조군보다 첨가군에서 항산화 활성을 나타내어 열매마 분말을 첨가한 건강 기능성 스펀지케이크 개발을 통해 제과제빵 분야에 기초자료가 될 것으로 기대된다.

본 연구 결과에서 열매마 분말 첨가군이 대조군보다 항산화 활성이 높았으며, 열매마 분말이 기능성 식품 소재로서 다양한 식품 연구에 활용된다면 기능성 식품으로서 그 가치가 더 높아질 것으로 생각된다.

#### 저자정보

김명현(숙명여자대학교 식품영양학과, 시간강사, 0000-0002-7278-1841)

#### Conflict of Interest

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

#### References

- AACC. 2000. Approved method of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists. Washington DC, USA, pp 10-52
- Ahn JH, Son KH, Sohn HY, Kwon ST. 2005. In vitro culture of adventitious roots from *Dioscorea nipponica* Makino for the production of steroidal saponins. Korean J. Plant Biotechnol., 32(3):217-223
- An HK, Hong GJ, Lee EJ. 2010. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicornia herbacea* L.). J. Korean Soc. Food Cult., 25(1):47-53
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181(1):1191-1200
- Chang HJ, Shim KH. 2004. Quality characteristics of sponge cake with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33(4):716-722
- Chi VV. 2012. Dictionary of medicinal plants in Vietnam, Vietnam Publ. Med., 4(1):1207-1208
- Choi HI. 2018. The characteristics of sponge cake with moringa powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 24(3):188-195
- Choi WS. 2012. Development of functional beverage using Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). Food Ind. Nutr., 17(2):20-22
- Choi YH, Bae SH, Park JW, Cho NJ, Han MR, Kim YH, Yoon SJ, Kim MH, Kim AJ. 2009. Quality characteristics of yellow layer cake prepared with different levels of *Adenophora remotiflora* powder. J. East Asian Soc. Diet. Life, 19(5):736-742
- Hwang SJ. 2021. Antioxidant activities and quality characteristics of *Yanggaeng* added with yam (*Dioscorea japonica*

- Thumb) powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 27(4):178-188
- Jang DH, Lee KT. 2014. Quality and storage characteristics of frankfurter sausages with added yam (*Dioscorea japonica*) powder. Korean J. Food Preserv., 21(5):636-645
- Joung KY, Song KY, Zhang Y, Shin SY, Kim YS. 2017. Study on the quality characteristics and retarding retrogradation of pound cakes containing teff (*Eragrostis tef*) flour. J. East Asian Soc. Diet. Life, 27(1):41-49
- Ju T, Oh HS, Kim MJ, Kang ST. 2016. Quality characteristics of sponge cake with lemon grass powder. Korean J. Food Sci. Technol., 48(4):347-353
- Jung HC. 2012. Quality characteristics of sponge cake with added baked black soybean powder. J. East Asian Soc. Diet. Life, 22(3):401-407
- Kang CS. 2007. Qualitative characteristics of sponge cakes with addition of *Gastrodiae rhizoma* powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 13(4):211-219
- Kang MK, Kim JS, Kim GC, Choi SY, Kim KM. 2016. Quality characteristics of pancake premix with *Dioscorea batatas* powder by steaming process. Korean J. Food Cook. Sci., 32(5): 593-599
- Kim HJ, Kim MH, Han YS. 2021. Antioxidant activities and quality characteristics of sponge cake added with premature mandarin peel powder. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 50(9):981-991
- Kim JH, Lee KJ. 2013a. Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. East Asian Soc. Diet. Life, 23(6): 750-759
- Kim JH, Lee KJ. 2014. Quality characteristics of sponge cake added with purple sweet potato depending on various shelf-life. Korean J. Food Nutr., 27(4):558-569
- Kim JS, Byun GI. 2009. Making fish paste with yam (*Dioscorea japonica* Thumb) powder and its characteristics. Culin. Sci. & Hosp. Res., 15(2):57-69
- Kim KM, Kang MK, Kim JS, Kim GC, Choi SY. 2015. Physicochemical composition and antioxidant activities of Korean *Dioscorea* species. J. East Asian Soc. Diet. Life, 25(5): 880-886
- Kim MK, Lee EJ, Kim KH. 2014. Effects of *Helianthus tuberosus* powder on the quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cakes. J. Korean Soc. Food Cult., 29(2):195-204
- Kim MK, Lee KK. 2013b. Screening of physiological activities of *Dioscorea japonica* extracts. J. Korean Soc. Cosmetol., 19(3):509-515
- Kim SY, Kim KJ. 2017. Quality characteristics and antioxidant activity of sponge cake with cabbage powder. Korean J. Food Preserv., 24(2):294-302
- Kim SY, O HB, Lee PR, Kim YS. 2020. Quality characteristics and retarding retrogradation effect of sponge cake with freekeh powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 26(1):177-185
- Kim YK. 2011. The quality characteristics of backsulgi prepared with yam (*Dioscorea japonica*) powder. Korean J. Community Living Sci., 23(1):31-39
- Ko SH, Seo EO. 2010. Quality characteristics of muffins containing purple colored sweet potato powder. J. East Asian Soc. Diet. Life, 20(2):272-278
- Kwon JB, Kim MS, Sohn HY. 2010. Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and antithrombin activities of the rhizome of various *Dioscorea* species. Korean J. Food Preserv., 17(3): 391-397
- Kwon MS, Lee MH. 2015. Quality characteristics of sponge cake added with rice bran powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 21(3):168-180
- Lee JH, Son SM. 2011. Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. Food Eng. Prog., 15(3):269-275
- Lee JS, Seong YB, Jeong BY, Yoon SJ, Lee IS, Jeong YH. 2009. Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38(9): 1222-1228
- Lee SE, Lee JH. 2013. Quality and antioxidant properties of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. Korean J. Food Sci. Technol., 45(1):53-58
- Lee SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 30(1):48-55
- Lee YJ, Lee HJ, Kim YS, Ahn CB, Shim SY, Chun SS. 2012. Quality characteristics of sponge cake with *Omija* powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 41(2):233-238
- Mainasara MM, Abu Bakar MF, Md Akim A, Linatoc AC, Abu Bakar FI, Ranneh YKH. 2021. Secondary metabolites, antioxidant, and antiproliferative activities of *Dioscorea bulbifera* leaf collected from Endau Rompin, Johor, Malaysia. Evid. Based Complement. Alternat. Med., 2021:8826986
- Mbiantcha M, Kamanyi A, Teponno R, Tapondjou A, Watcho P, Nguielefack TB. 2011. Analgesic and anti-inflammatory properties of extracts from the bulbils of *Dioscorea bulbifera* L. var sativa (*Dioscoreaceae*) in mice and rats. Evid. Based Complement. Alternat. Med., 2011:912935
- Nguyen TTN, Nguyen HH, Vu VT, Nguyen TH, Nguyen NL, Nguyen VT, Pham T MH, Hyuncheol O, Tran HQ. 2021. Quang. Anti-inflammatory norclerodane diterpenoids and tetrahydrophenanthrene from the leaves and stems of *Dioscorea bulbifera*. Fitoterapia, 153:104965
- O HB, Jung KY, Shin SY, Kim YS. 2017. Quality properties of sponge cake containing dangyuja (citrus grandis osbeck) powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 23(8):83-89
- Oh SC, Nam HY, Cho J S. 2002. Quality properties and sensory characteristics of sponge cakes as affected by additions of *Dioscorea japonica* flour. Korean J. Food Cook. Sci., 18(2): 185-192
- Park BG, Lee SY, Lee MH. 2017. Quality and antioxidant properties of sponge cake added with flaxseed powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 23(3):207-215
- Park BH, Cho HS. 2006. Quality characteristics of dried noodle

- made with *Dioscorea japonica* flour. Korean Soc. Food Cook. Sci., 22(2):173-180
- Park HR, Chung CH. 2020. Quality characteristics of sponge cake with added barley sprouts powder. Culin. Sci. & Hosp. Res., 26(7):151-162
- Park JS, Lee YJ, Chun SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 39(10):1509-1515
- Shin GM. 2015. Quality characteristics of *Lycii fructus* powder added sponge cake. Culin. Sci. & Hosp. Res., 21(6):63-75
- Shin SR. 2004. Changes on the components of yam snack by processing methods. Korean J. Food Preserv., 11(4):516-521
- Siwan T, Hillis WE. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. J. Sci. Food Agric., 10:63-68
- Suh KH, Kim KH. 2014. Quality characteristics of sponge cake added with *Helianthus tuberosus* powder. J. East Asian Soc. Diet. Life, 24(1):126-135
- Teponno RB, Taponjoul AL, Gatsing D, Djoukeng JD, Abou-Mansour E, Tabacchi R, Tane P, Stoekli-Evans H, Lontsi D. 2006. Bafoudiosbulbins A, and B, two anti-salmonellal clerodane diterpenoids from *Dioscorea bulbifera* L. var *sativa*. Phytochemistry, 67(17): 1957-1963
- Wang JM, Ji LL, Branford-White CJ, Wang ZY, Shen KK, Liu H, Wang ZT. 2012. Antitumor activity of *Dioscorea bulbifera* L. rhizome in vivo. Fitoterapia, 83(2) 388-394
- Yang MH, Yoon KD, Chin YW, Kim JW. 2009. Phytochemical and pharmacological profiles of *Dioscorea* species in Korea, China and Japan. Korean J. Pharmacogn., 40(4): 257-279
- Yi SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 30(1):48-55
- Zabeer A, Mohd ZC, Rakesh KJ, Asha B, Kuldeep KG, Gandhi R. 2009. Antihyperglycemic and antidyslipidemic activity of aqueous extract of *Dioscorea bulbifera* tubers, Diabetol. Croat., 38(3):63-72
- Zhang Y, Song KY, O H, Joung KY, Shin SY, Kim YS. 2017. Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the quality characteristics retrogradation and antioxidant activities of sponge cake. Korean J. Food Nutr., 30(3): 578-590
- Zhang YY, Song KY, O HB, Choi BB, Kim YS. 2015. Quality and antioxidant characteristics of sponge cake with asparagus (*Asparagus officinalis* L.) powder. Korean J. Food Cook. Sci., 31(5):642-651
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2021 Available from: [www.atfis.or.kr/home/board/FB0002.do?act=read&bpoId=3842](http://www.atfis.or.kr/home/board/FB0002.do?act=read&bpoId=3842) [accessed 2021.11.18]

---

Received June 20, 2022; revised July 18, 2022; revised August 11, 2022; accepted August 23, 2022