pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 30. No. 3, 578~590 (2017)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2017.30.3.578

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 특성, 노화도 분석 및 항산화 활성

장양양 · 송가영 · 오현빈 · 정기영 · 신소연 · †김영순
고려대학교 식품영양학과

Effect of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Peel Powder on the Quality Characteristics, Retrogradation and Antioxidant Activities of Sponge Cake

Yangyang Zhang, Ka-Young Song, Hyeonbin O, Ki Youeng Joung, So Yeon Shin and †Young-Soon Kim
Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

Abstract

An agricultural waste, pomegranate (*Punica granatum* L.) peel is known to be rich in total phenolics, which are flavonoids having strong antioxidant effects. In this study, pomegranate peel sponge cakes were prepared with varying ratios of freeze dried pomegranate peel powder (0, 1, 3, 5, 7% (w/w)) to examine their effect on quality characteristics, retrogradation and antioxidant activities. The specific gravity and moisture contents of 3, 5, and 7% pomegranate peel powder showed higher values than the control and 1% group. Addition of pomegranate peel powder increased the batter yield, while there was a significant decrease in baking loss. Increasing pomegranate peel powder content significantly decreased the lightness (*L*) (from 75.03 to 57.04) and pH values, whereas redness (*a*), yellowness (*b*) and ΔE were increased. Increasing concentration of the peel powder also increased the hardness and chewiness, while the springiness and cohesiveness decreased. Considering the Avrami equation, Avrami exponene (*n*) decreased from 1.8055 (control) to 0.9199 (7% pomegranate peel powder). Time constant (*1/k*) was lowest in control (at 17.64) and highest in the 7% group (39.84). Total polyphenol, flavonoid content, DPPH and ABTS radical scavenging activities significantly increased with increments in the content of pomegranate peel powder. A sensory evaluation by the 7-point scaling method showed that the sponge cake containing 7% pomegranate peel powder had the highest scores in color, flavor, sweetness, chewiness and overall acceptability. Hence, it is considered that sponge cake supplemented with 7% pomegranate peel powder is the most appropriate for quality characteristics, retrogradation and antioxidant activities.

Key words: antioxidant activities, pomegranate peel powder, quality characteristics, retrogradation, sensory evaluation, sponge cake

서 론

석류(*Punica granatum* L.)는 Punicaceae과에 속하는 낙엽소목으로서 원산지는 인도의 북서부 및 이란을 중심으로 한 아시아 서남부로 알려져 있으며(Kim HY 2010), 우리나라에서 본격적인 석류의 재배는 2000년부터 시작되었으며, 고흥을 비롯한 전남지역에서 집중적으로 재배되고 있다(Kim & Cho 2016). 석류는 주로 생과일주스로 소비되거나, 잼, 차, 과즙농축액 등으로 가공되어 이용된다(Park 등 2008). 그러나 석류 가공식품은 씨나 껍질을 이용하지 않기 때문에, 가공부산물의 함량이 70~80%로 매우 높은 편이다(Jin SY 2011). 석류 부위별 항산화 활성에 관한 연구에 따르면, 석류 껍질에는 씨와

† Corresponding author: Young-Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7209, E-mail: kteresa@korea.ac.kr

과육에 비하여 total phenolics, flavonoids 등 천연 항산화 물질이 풍부하고, 이 중에 tannin은 58~60 g/kg의 수준으로 함유되며 *in vitro*와 *in vivo* 항산화 효과가 있다고 보고되고 있다(Guo 등 2003; Kwak 등 2005; Seeram 등 2005; Li 등 2006; Jin SY 2011). 석류 껍질은 항암, 항염증, 항감염, 항미생물활성 등의 약리효과가 있다고 보고되었으며(Lansky & Newman 2007; Al-Zoreky NS 2009; Ismail 등 2012), 그 외에 알레르기 반응에 있어, 칼슘 유입을 억제하여 인간호염구의 탈과립 억제효과, 비만 억제효과, 이상지질혈증 개선효과와 항돌연변이 효과가 있다고 보고되었다(Negi 등 2003; Lei 등 2007; Park 등 2008; Sadeghipour 등 2014).

현대 사회의 식생활은 빠르게 변화하여 우리나라 식생활의 주식인 쌀의 비중은 점점 감소하고, 밀가루 제품의 소비는 점점 증가하고 있으며, 소비자들은 건강지향적 기능성 식품에 관심이 점점 증대되어 밀가루만을 사용한 식품보다는 건강 기능성 부재료를 첨가하여 제조한 건강 지향적 식품에 대한 선호도가 증가하고 있는 추세이다. 스펀지 케이크는 달걀 단백질의 변성을 이용한 거품형 케이크 제품이며(Song 등 2016), 다른 케이크들을 제조하기 위한 기본적인 형태로 시중에서 대량 생산되고 있는 대표적인 제과 제빵 품목이다. 건강 기능성 천연 재료를 첨가한 제품에 대한 요구에 부응하여 진행된 제과제빵 선행연구로는 나문재를 첨가한 스펀지 케이크(An 등 2016), 오미자를 첨가한 스펀지 케이크(Shin GM 2016), 감귤 외피를 첨가한 스펀지 케이크(Shin GM 2015a), 연잎 분말을 첨가한 스펀지 케이크(Song YK 2013) 등이 있다. 석류 껍질을 이용한 연구에는 석류 껍질 분말을 첨가한 쿠키(Ismail 등 2014), 석류 껍질 분말을 첨가한 크림스프(Park KT 2010), 석류 껍질 분말을 첨가한 생면(Park 등 2009), 석류 껍질 분말을 첨가한 해바라기 기름(Iqbal 등 2008), 석류 껍질 분말 추출물을 첨가한 chicken patties(Naveena 등 2008) 등이 있으나, 석류 껍질 분말을 제과제빵 제품에 적용한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우수한 기능성을 가진 석류 껍질을 효율적으로 이용하기 위하여 석류 껍질 분말로 밀가루의 일부를 대체하고, 스펀지 케이크를 제조하였으며, 석류 껍질 스펀지 케이크의 품질 특성과 항산화 활성을 측정하고, Avrami 방정식을 통해 저장기간에 따라 석류 껍질이 스펀지 케이크 노화에 미치는 영향을 분석하여 석류 껍질 첨가 스펀지 케이크의 최적 첨가수준을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 석류는 전라남도 고흥에서 2015년 11월 수확한 것을 구입하여 알맹이를 제거한 후, 깨끗이 씻어 동결건조기(FD8508, ilShinBioBase Co., Ltd. Gyeonggi, Korea)를 이용하여 동결건조시킨 후에 고속분쇄기(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd. Taipei, Taiwan)를 이용하여 분쇄한 후, 40 mesh의 체(Chung Gye Industrial Mfg Co., Ltd. Seoul, Korea)를 통과시킨 후에 시료로 사용하였다. 박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd. Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd. Seoul, Korea), 무가염버터(Seoul milk Co., Ltd. Seoul, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Ltd. Seoul, Korea) 및 달걀을 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 스펀지 케이크의 제조

석류 껍질 분말 스펀지 케이크의 배합비는 Table 1에 나타내었다. 석류 껍질 분말은 박력분 중량의 0, 1, 3, 5 및 7%를 대체하여 첨가하였다. 스펀지 케이크의 제조는 선행연구(Song 등 2016)를 참조하여 전란을 사용하는 공립법을 이용하였으며, Fig. 1과 같이 제조하였다. 전란을 반죽기(KM400, Kenwood, Havant, Britain)의 볼(bowl)에 넣고 1단에서 30초간 저은 후 소금, 설탕을 넣어 3단에서 5분간, 휘핑하였다. 고무주걱으로 볼의 옆면을 긁어내리고, 다시 3단에서 5분간 1단에서 30초간 휘핑하여 거품을 형성하였다. 체에 친 밀가루와 석류 껍질 분말을 넣고 혼합한 후, 실온에 녹인 버터를 첨가해 균일하게 혼합하여 반죽을 완성하였다. 완성된 반죽은 8 inch의 원형 팬에 350 g씩을 담아 170℃로 미리 예열된 오븐(Zippel DE68-04072D, Samsung, Seoul, Korea)에서 20분간 구워 실온(20℃)에서 1시간 방냉 후 polyethylene bag에 보관하며 시료로 사용하였다.

Table 1. Formula for sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Ingredients (g)	Pomegranate peel powder (%)				
	0[1)]	1	3	5	7
Pomegranate peel power	0	1	3	5	7
Cake flour	100	99	97	95	93
Butter	20	20	20	20	20
Whole egg	180	180	180	180	180
Sugar	120	120	120	120	120
Salt	1	1	1	1	1

[1)] 0, 1, 3, 5, and 7: prepared with 0, 1, 3, 5, and 7% replacement of cake flour with pomegranate peel powder, respectively.

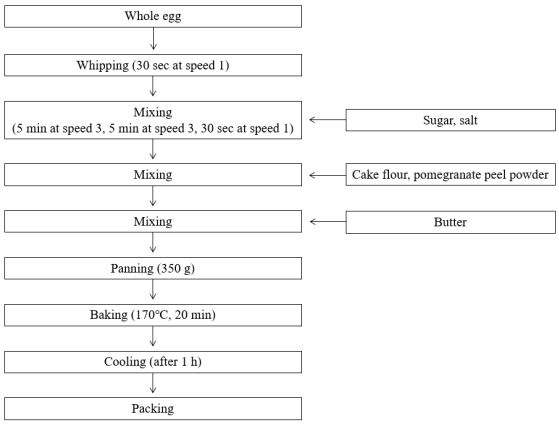

Fig.1. Preparation process for sponge cake including pomegranate peel powder.

3. 반죽 비중, 반죽 수율 및 굽기 손실률 측정

반죽의 비중(Specific gravity), 반죽 수율(Batter yield) 및 굽기 손실률(Baking loss)은 American Association of Cereal Chemists(AACC) method 10-15에 따라 케이크 반죽이 완성된 직후의 무게와 구운 후 1시간 실온에서 방냉한 케이크의 무게를 각 3회 측정하였으며, 아래 식으로 각각 구하였다.

$$\text{Specific gravity} = \frac{\text{Weight of cake batter}}{\text{Weight of water}}$$

$$\text{Batter yield (\%)} = \frac{\text{Weight of cake}}{\text{Weight of cake batter}} \times 100$$

$$\text{Baking loss (\%)} = \frac{\text{Weight of cake batter} - \text{Weight of cake}}{\text{Weight of cake batter}} \times 100$$

4. 수분 함량 측정

수분 함량은 케이크의 중심부 5.0 g을 취하고, 적외선 수분 측정기(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)로 105℃에서 90초 동안 시료의 무게가 변하지 않을 때까지 각 시료의 수분 함량을 측정하였다. 수분을 제거하기 전후의 무게를 시료별 3회 반복하여 측정한 후 아래 공식에 의하여 구하였다.

$$\text{Moisture content (\%)} = \frac{\text{Wet weight} - \text{Weight after drying}}{\text{Wet weight}} \times 100$$

5. pH 측정

케이크의 pH는 pH meter(SP-701, Suntex instruments Co., Ltd. Taipei, Taiwan)로 시료별 3회 반복하여 측정하였다. 스펀지 케이크의 crumb 부분 10 g을 취한 후, 증류수 90 mL를 가하고, 균질기(Unidrive 1000D, Ingenieurburo CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)를 사용하여 1분간 균질화시켜 시료로 사용하였다.

6. 색도 측정

스펀지 케이크의 crumb와 crust 부분의 색도를 색차색도계(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)로 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 시료별 3회 반복하여 측정하였다. 색차값($\triangle E$)은 아래 공식에 따라 산출하였으며, 이때 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 95.51, 0.31, 2.12이었다.

$$\triangle E = \sqrt{(L_{sample} - L_{standard})^2 + (a_{sample} - a_{standard})^2 + (b_{sample} - b_{standard})^2}$$

7. 조직감 측정

케이크의 조직감 측정은 케이크의 crumb를 3×3×3 cm로 절단하여 시료로 사용하였으며, Rheometer(Compac-100Ⅱ, Sun scientific Co., Ltd. Tokyo, Japan)를 이용하여 texture profile analysis(TPA) 분석으로 케이크의 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 씹힘성(Chewiness)을 3회 반복하여 측정하였다. Rheometer의 측정조건은 Table 2와 같다.

8. 경도 변화를 Avrami kinetics에 적용한 노화도 분석

스펀지 케이크의 노화도 분석은 Kim & Chung(2010)의 방법을 일부 수정하여 분석하였다. 제조된 스펀지 케이크는 20℃에서 5일간 저장하면서 제조일, 제조 후 1~4일에 Rheometer를 이용하여 경도를 측정하였다. Kim & Chung(2010)에 기술된 Avrami 방정식에 따라 저장기간에 따른 경도 변화를 분석하여 스펀지 케이크의 노화속도를 계산하였다. Avrami 방정식은 다음과 같다.

$$\theta = e^{-kt^n} \quad (1)$$

θ = 일정시간(t) 경과 후 남아있는 비결정부분
k = 속도상수(rate constant)
n = Avrami 지수
t = 저장시간

Table 2. Operating conditions for rheometer

Type	TPA (Texture Profile Analysis) test
Cylinder probe	No.1 Φ 20 mm
Sample size	3×3×3 cm
Table speed	120 mm/min
Distance	50%
Max weight	2 kg

$$(E_L - E_t)/(E_L - E_0) = e^{-kt^n} \quad (2)$$

E_0 = 초기시간(t=0)의 경도
E_t = 일정시간(t) 경과 후의 경도
E_L = 이론적으로 도달할 수 있는 최고의 경도

$$\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\} = \log k + n\log t \quad (3)$$

식 (2)에서 상용로그를 취하면 식 (3)과 같으며, Avrami 지수(n)는 식 (3)로부터 log t 와 log{$-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_o)$}을 축으로 한 그래프의 기울기로 구하였다.

$$\ln(E_L - E_t) = -kt^n + \ln(E_L - E_0) \quad (4)$$

식 (2)에서 상용로그를 취하여 정리하면 식 (4)와 같다. Avrami 지수(n)는 1일 때 최고의 속도상수(k)를 구할 수 있다 (Kim SK 등 1976). 즉, 식 (4)를 식 (5)로 변환하여 최고의 속도상수(k)를 얻을 수 있다.

$$\ln(E_L - E_t) = -kt + \ln(E_L - E_0) \quad (5)$$

속도상수(k)는 식 (5)에서 $\ln(E_L - E_t)$와 t를 축으로 한 그래프의 기울기로 구하였다. 시간상수는 속도상수(k)의 역수($1/k$)로 나타내었다.

9. 항산화 활성 측정

1) 석류 껍질 스펀지 케이크 추출물의 제조

스펀지 케이크 분말 1 g을 증류수 10 mL와 혼합하고, 25℃, 150 rpm에서 24시간 동안 추출하여 25℃, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 후, Whatman No.1 여과지로 여과하여 석류 껍질 스펀지 케이크 추출물을 제조하였다.

2) 총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 방법을 응용하여 측정하였다(Akay 등 2011). 스펀지 케이크 추출물 10 μL에 증류수 790 μL를 넣어 희석한 후, 희석된 추출물에 0.9 N Folin-Cicocalteu's phenol reagent (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) 50 μL를 가하고, 20% sodium carbonate solution(Merck KGaA, Darmstadt, Germany) 50 μL를 가한 후, 햇빛을 차단하여 상온에서 2시간 동안 반응시켰다. 분광광도계(Infinite 200PRO, Tecan, Männedorf, Switzerland)로 750 nm에서 반응물의 흡광도를 3회 반복하여 측정하였다. Gallic acid(Merck KGaA, Darmstadt, Germany)은 표준물질로 검량선을 작성하고, 그에 따라 총 폴리페놀 함량을 gallic acid equivalents (μg GAE/mg extract)로 환산하였다.

3) 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 Lee & Hong(2016)의 방법을 응용하여 분석하였다. 케이크 추출물 1 mL에 5% sodium nitrite 150 μL를 가하여 6분간 암실에서 반응시킨 후, 10% aluminium chloride methanolic solution 300 μL를 혼합하여 5분간 암실에서 반응시키고, 1N NaOH 1 mL를 가하였다. 520 nm에서 흡광도를 3회 반복하여 측정하였다. 스펀지 케이크에 함유된 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 사용하여 검량선을 작성하고, 그에 따라 quercetin equivalents(μg QE/mg extract)로 나타내었다.

4) DPPH 라디칼 소거능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Wang 등(2005)의 방법에 따라 측정하였다. 케이크 추출물에 증류수를 넣어 농도별로 추출물을 희석하여 시료액으로 사용하였다. 각 농도별 시료액 100 μL에 0.2 mM DPPH 용액 100 μL를 가하여 암실에서 30분간 반응시킨 후, 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 3회 반복하여 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 DPPH 용액 대신 에탄올을 이용하여 대조군의 흡광도를 측정한 후 아래의 식과 같이 산출하였다.

$$\text{Radical scavenging capacity (\%)} = \left[-1\left(\frac{\text{O.D of sample}}{\text{O.D of control}}\right)\right] \times 100$$

IC_{50}값(μg/mL)은 농도에 대한 DPPH 라디칼 소거능 그래프의 기울기를 a, y절편을 b로 하여 다음 식에 따라 산출하였다.

$$IC_{50}\ (\mu g/mL) = \frac{50 - b}{a}$$

5) ABTS 라디칼 소거능

ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) 라디칼 소거능은 Choi 등(2006)의 방법에 따라 측정하였다. 14 mM ABTS 2 mL에 4.9 mM potassium persulfate 2 mL를 가하고, 빛을 차단한 후, 12시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 생성시켰다. 제조된 ABTS 용액을 증류수로 희석하여 414 nm에서 흡광도가 1.47~1.50가 되도록 맞추었다. 추출물 10 μL에 희석된 ABTS 용액 200 μL를 가하고, 암실에서 1시간 반응시킨 후, 414 nm에서 흡광도를 3회 반복하여 측정하였다. ABTS 용액 대신 증류수를 이용하여 대조군의 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능 값과 IC_{50}값(μg/mL)은 DPPH 라디칼 소거능과 동일한 계산식에 따라 산출하였다.

10. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 30명의 패널들을 대상으로 실시하였다. 스펀지 케이크를 2×2×2 cm로 잘라 세자리 난수표의 시료번호로 표시된 백색접시에 담아 생수와 함께 제공하였다. 스펀지 케이크의 평가항목은 색(color), 향미(flavor), 촉촉함(moistness), 단맛(sweetness), 씹힘성(chewiness), 전체적인 기호도(overall acceptability)이며, 7점 척도법을 이용하여 '매우 싫다'는 1점, '매우 좋다'는 7점으로 평가하였다(Lu 등 2010).

11. 통계 처리

실험 결과는 SPSS 12.0 프로그램(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(One-way ANOVA)을 통해 각 실험값의 평균(mean, M)과 표준편차(standard deviation, SD)를 계산하였으며, $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료 간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 반죽 비중, 반죽 수율 및 굽기 손실률

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크 반죽 비중, 반죽 수율 및 굽기 손실률 측정결과는 Table 3과 같다. 반죽 비중은 달걀 거품 형성 정도를 알아보는 지표로 케이크의 부피와 조직감에 영향을 미친다(Lim 등 2010). 반죽의 기포 함유량이 감소할수록 비중이 증가하여 케이크의 부피가 작아지고 조직이 거칠어지며(Cho & Kim 2013), 반죽 비중은 밀가루의 종류, 믹싱속도, 온도, 화학팽창제 유무 등에 영향을 받는다(Kwon & Lee 2015). 석류 껍질 스펀지 케이크 반죽 비중은 대조군이 0.44로 가장 낮게 나타났고, 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 반죽의 비중도 증가하는 경향을 보였으나, 3% 첨가군, 5% 첨가군과 7% 첨가군 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p<0.05$). 홍삼 분말(Seo 등 2015), 구운 검은콩 분말(Jung HC 2012), 청경채 분말(Chung & Kim 2009), 단호박퓨레(Park ID 2008)를 첨가한 스펀지 케이크에 대한 연구에서도 부재료 첨가량이 증가할수록 반죽의 비중이 증가하였고, 이는 본 연구결과와 유사하였다. 이는 석류 껍질 분말이 달걀 거품의 겉 표면과 결합함으로써 얇은 막을 두껍게 하여 거품형성을 억제한 것으로 사료된다(Lee & Son 2011b). 스펀지 케이크 제조하기 적절한 비중의 범위는 0.45~0.55이라고 보고되어 있으며(Kim 등 2014), 본 연구의 반죽 비중은 0.44~0.48의 범위로 나타나, 본 연구에 적용된 석류 껍질 분말 첨가량 모두 적절한 것으로 판단된다.

반죽 수율의 경우, 대조군이 93.14%로 가장 높았으며, 석류 분말 첨가군들이 93.31~93.64%의 범위로 석류 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 이는 구기자 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 연구결과(Shin GM 2015b)와 같이, 스펀지 케이크의 무게가 시료 간 차이에 의한 것으로 사료된다. 브로콜리 분말(Lim 등 2010), 부추 분말(Cho KR 2010)을 첨가한 스펀지 케이크의 결과와도 일치하였다.

반죽은 굽는 과정 중 열에 의하여 부풀게 되고, 이때 반죽 내 기공에서 수분이 기체로 증발함에 따라 굽기손실이 발생하게 된다(Park 등 2008; Shin GM 2015b). 석류 껍질 분말 스펀지 케이크의 굽기 손실률은 대조군이 6.86%로 가장 높았으며, 석류 껍질 분말을 첨가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 이는 석류 껍질 분말이 굽기 과정 중 기포 형성을 억제하여 수분 증발을 방지한 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 감귤 외피 분말(Shin GM 2015a), 함초 분말(An 등 2010)을 첨가한 스펀지 케이크의 연구결과와도 유사하였다.

2. 수분 함량

석류 껍질 분말 첨가한 스펀지 케이크의 수분 함량은 Table 4와 같다. 대조군과 1% 첨가군은 31.73, 31.98%로 낮게 나타났으며, 3% 첨가군, 5% 첨가군, 7% 첨가군은 32.70, 32.92, 32.97%로 높게 나타났다. 석류 분말 첨가량이 증가할수록 전반적으로 수분 함량이 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 이는 석류 껍질 분말에 함유되고 있는 식이섬유소의 수분 결합력

Table 3. Specific gravity, batter yield and baking loss of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Properties	Pomegranate peel powder (%)					*F*-value
	0[1)]	1	3	5	7	
Specific gravity	0.44±0.01[c2)3)]	0.45±0.00[b]	0.47±0.00[a]	0.47±0.00[a]	0.48±0.01[a]	32.40[***]
Batter yield (%)	93.14±0.01[e]	93.31±0.02[d]	93.35±0.01[c]	93.40±0.03[b]	93.64±0.01[a]	431.15[***]
Baking loss (%)	6.86±0.01[a]	6.69±0.02[b]	6.65±0.01[c]	6.60±0.03[d]	6.36±0.01[e]	431.15[***]

[1)] See the legend of the Table 1.
[2)] Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
[3)] Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
[***] $p<0.001$.

이 높아, 호화전분의 수분증발을 억제시키기 때문인 것으로 사료된다(Kim CH 2015). Cho KR(2010)의 연구에서도 부추 분말을 첨가할수록 스펀지 케이크의 수분 함량이 유의적으로 증가하였으며, 이는 반죽 내 식이섬유 함량 증가로 수분 흡수율이 증가하기 때문인 것으로 보고되어 있다. 또한 백년초 분말 첨가 스펀지 케이크의 연구에서도 수분 결합 능력이 높은 백년초의 첨가량이 증가할수록 수분 함량이 유의적으로 증가하였다는 보고되어 있다(Cho & Kim 2013).

수분은 케이크 조직감과 저장성에 크게 영향을 미치며, 초기 수분 함량을 증가시키면 노화가 지연되고, 노화를 감소시킬 수 있다는 연구가 보고되어 있다(Kwon & Lee 2015). 본 연구에서는 석류 껍질 분말을 첨가할수록 수분 함량이 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 스펀지 케이크에 석류 껍질 분말 첨가 시 노화속도를 감소시키는 효과가 있을 것으로 판단된다.

3. pH

석류 껍질 분말 케이크의 pH는 Table 4에 나타내었다. 본 연구에서 사용된 석류 껍질 분말의 pH는 3.19이었으며, 석류 껍질 분말의 첨가량의 증가에 따라 스펀지 케이크의 pH가 8.78에서 6.58으로 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 석류 껍질 분말 7% 첨가군의 pH는 6.58로 가장 낮았다($p<0.05$). 케이크의 pH는 팽창형태와 주재료의 영향을 받으며, 케이크 재료 중 베이킹 파우더, 설탕 등은 영향을 미치지 않으며, 이외의 재료에 따라 pH가 결정된다(Kim 등 2014). 본 연구에서는 석류 껍질 분말 자체의 낮은 pH가 케이크의 pH에 영향을 준 것으로 판단된다. 부재료의 첨가량이 증가할수록 케이크의 pH가 감소한 경향은 오미자 분말(Shin GM 2016), 계피 분말(Lee & Lee 2013), 연잎 분말(Song YK 2013)을 첨가한 스펀지 케이크의 연구에서도 보고된 바 있다. 일반적으로 스펀지 케이크의 적절한 pH의 범위는 7.3~7.6이며(Lee 등 2009), 본 연구에서 3% 첨가군이 적절한 pH 범위를 나타내었다. 대조군과 1% 첨가군은 8.78, 8.36으로 적정 pH보다 높은 값을 나타내었고, 5% 첨가군과 7% 첨가군은 적정 pH보다 다소 낮은 값을 나타내었다. 반죽의 pH는 케이크의 조직감, 색깔 및 부피에 영향을 미치며, 산성에 가까울수록 케이크의 기공이 작고, 표피의 색깔이 옅고, 부피가 작게 나타난 반면, 알칼리에 가까울수록 케이크의 기공이 거칠고, 표피의 색깔이 진하고, 부피가 크게 나타난다는 보고가 있다(Oldham 등 2000; Lee & Son 2011b; Cho & Kim 2013).

4. 색도

케이크의 색도는 Table 5, 단면 촬영사진은 Fig. 2에 나타내었다. 모든 색도 값은 Hunter's value로 나타내었다. *L*값(명도)의 경우, 케이크의 외부(crust)와 내부(crumb) 모두 대조군(47.41, 75.03)에서 가장 높게 나타났으며, 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 *L*값이 유의적으로 감소하여 어두워지는 경향이 나타났다($p<0.05$). 이는 무청(Kim CH 2015), 녹차(Lu 등 2010)를 첨가한 스펀지 케이크의 연구결과와 유사하였다. *a*값(적색도)은 외부에서는 유의적인 차이가 나타나지 않은 반면, 내부에서는 a값은 −6.28~0.82의 범위로 석류 껍질 분말의 첨가비율이 증가할수록 *a*값이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). *b*값(황색도)의 경우, 스펀지 케이크의 외부의 *b*값은 석류 껍질 분말의 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 내부의 *b*값은 대조군보다 낮게 나타나지만, 석류 껍질 분말의 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). ΔE(Total color difference, 색차값)은 외부와 내부 모두 대조군에서 가장 낮았으며, 석류 껍질 분말을 첨가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 홍국 분말(Song 등 2016), 아스파라거스 분말(Zhang 등 2015), 로즈마리 분말(Kang & Moon 2010), 감잎 분말(Choi

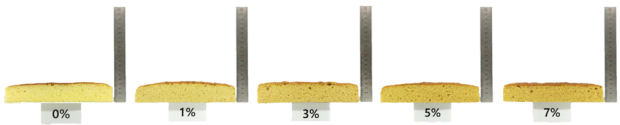

Fig. 2. Photograph of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder.

Table 4. Moisture content and pH of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Properties	Pomegranate peel powder (%)					*F*-value
	0[1)]	1	3	5	7	
Moisture (%)	31.73±0.46[b2)3)]	31.98±0.37[b]	32.70±0.40[a]	32.92±0.16[a]	32.97±0.33[a]	7.46**
pH	8.78±0.03[a2)3)]	8.36±0.04[b]	7.52±0.05[c]	7.01±0.04[d]	6.58±0.05[e]	1,440.27***

1) See the legend of the Table 1.
2) Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
3) Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

Table 5. Color values of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Hunter's color values		Pomegranate peel powder (%)					*F*-value
		0[1)]	1	3	5	7	
L[2)]	Crust	47.41±0.49[a5)6)]	45.77±0.50[b]	44.03±0.39[c]	40.54±0.60[d]	37.77±0.48[e]	187.50[***]
	Crumb	75.03±0.37[a]	62.57±1.29[b]	60.59±0.65[c]	59.10±0.72[d]	57.04±0.75[e]	228.24[***]
a[3)]	Crust	11.33±0.37	10.93±0.66	10.62±0.55	11.26±0.20	11.00±0.30	1.20[NS]
	Crumb	−6.28±0.27[e]	−1.57±0.21[d]	0.13±0.08[c]	0.46±0.11[b]	0.82±0.14[a]	847.70[***]
b[4)]	Crust	19.88±0.30[a]	18.30±0.25[b]	17.43±0.40[c]	16.69±0.15[d]	14.35±0.28[e]	154.26[***]
	Crumb	24.36±0.32[a]	19.16±0.26[d]	21.09±0.13[c]	21.70±0.43[bc]	21.81±0.49[b]	85.40[***]
ΔE	Crust	52.44±0.38[e]	53.37±0.33[d]	54.69±0.53[c]	57.91±0.57[b]	59.98±0.46[a]	141.16[***]
	Crumb	30.95±0.18[e]	37.14±1.18[d]	39.74±0.53[c]	41.34±0.46[b]	43.22±0.89[a]	126.00[***]

1) See the legend of the Table 1.
2) Degree of lightness (white+100↔0 black).
3) Degree of redness (red+100↔−80 green).
4) Degree of yellowness (yellow+70↔−80 blue).
5) Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
6) Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
*** $p<0.001$, NS Not significant.

등 2007)을 첨가한 스펀지 케이크에서도 부재료가 첨가됨에 따라 ΔE값이 증가하는 연구결과와 일치하였다. 석류 껍질 분말을 첨가한 식빵 연구(Altunkaya 등 2013)에서 석류 껍질 분말의 첨가량에 따라 식빵의 *L*값이 감소하고, *a*값과 *b*값이 모두 증가하는 경향을 보여 본 연구결과와 일치하였다. 이는 석류 껍질 분말의 *L*, *a*, *b*값이 74.35, −8.24, 20.00으로 스펀지 케이크의 색도에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 사료된다. 스펀지 케이크 제조 시 밀가루를 대체하여 다른 부재료를 첨가할 경우, 스펀지 케이크의 색도에 영향을 미치는 주요 요인으로는 첨가되는 분말의 종류와 색, 제조 과정 중의 비효소적인 갈변반응인 마이얄 반응, 케러멜화 반응, 굽는 온도로 보고되고 있다(Shin 등 2007a, Shin 등 2007b). Fig. 2에서 보는 바와 같이 석류 껍질 분말의 첨가량의 증가에 따라 스펀지 케이크의 색이 밝은 색에서 진한 색으로 변하는 것을 육안으로도 확인할 수 있었다. 또한 석류 껍질 분말 첨가량 증가에 따라 스펀지 케이크의 부피가 줄어드는 모습을 볼 수 있었는데, 이는 구기자 분말의 첨가로 망상 구조가 약화되어 스펀지 케이크의 팽창이 억제되었다는 연구 결과(Shin GM 2015b)와 유사하였으며, 글루텐이 없는 석류 껍질 분말로 인해 스펀지 케이크의 조직 팽창이 억제되어 부피가 줄어든 것으로 판단된다.

5. 조직감

조직감 측정결과는 Table 6에 나타내었다. 대조군의 경도는 1.60 N으로 가장 낮게 나타났으며, 1% 첨가군(1.93 N) < 3% 첨가군(2.07 N) < 5% 첨가군(2.25 N) < 7% 첨가군(2.58 N)의 순으로 석류 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 경도가 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 이는 감귤 외피(Shin GM 2015a), 청경채(Chung & Kim 2009), 흑마늘(Lee 등 2009)을 첨가한 스펀지 케이크의 연구결과와 일치하였다. 케이크의 경도에 영향을 미치는 요인으로는 케이크의 부피, 내부 기공의 발달 정도, 수분 함량으로 보고되어지며, 기공이 잘 형성될수록 부피가 커지면서 경도가 낮아지고 부드러워진다고 보고되었다(Chabot 1979; Lee & Lee 2013). 본 연구에서 석류 분말을 첨가할 경우, 얇은 막 형성을 억제하여 기공이 잘 발달되지 못하기 때문에, 내부 조직이 조밀해짐에 따라 반죽의 비중이 증가하고, 케이크의 경도도 증가하는 것으로 사료된다. 한편, 7% 첨가군 케이크가 잘 부풀지 못하고 단단한 것은 7% 첨가군의 pH가 6.58로 산성 쪽에 가까워 케이크 조직의 작은 기공으로 인해 부피가 감소하였기 때문인 것으로 사료된다. 탄력성의 경우, 대조군이 13.83 mm로 가장 높게 나타났고, 석류 껍질 분말 첨가군들은 13.76~13.23 mm로 석류 껍질 분말 첨가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 응집성은 대조군(0.82)에 비하여 석류 껍질 분말 첨가군들이 0.79~0.75으로 낮게 나타났으며, 석류 껍질 분말 첨가량의 증가에 따라 응집성이 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 석류 껍질 분말 첨가 시 탄력성과 응집성이 낮게 나타난 것은 석류 껍질 분말이 달걀로 형성된 얇은 막과 결합 후 막을 파괴하여 기포형성이 잘 이루어지지 못한 것으로 사료된다(Shin GM 2015b). 씹힘성은 대조군이 18.17 N · mm로 가장 낮게 나타났으며, 석류 껍질 분말을 첨가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 구기자

Table 6. Textural characteristics of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Textural characteristics	Pomegranate peel powder (%)					*F*-value
	0[1)]	1	3	5	7	
Hardness (N)	1.60±0.02[e2)3)]	1.93±0.04[d]	2.07±0.03[c]	2.25±0.03[b]	2.58±0.05[a]	307.17***
Springiness (mm)	13.83±0.11[a]	13.76±0.02[a]	13.58±0.04[b]	13.43±0.11[c]	13.23±0.05[d]	29.24***
Cohesiveness	0.82±0.01[a]	0.79±0.01[b]	0.77±0.01[c]	0.76±0.01[c]	0.75±0.01[d]	54.81***
Chewiness (N · mm)	18.17±0.07[e]	20.97±0.28[d]	21.63±0.18[c]	23.06±0.04[b]	25.54±0.50[a]	300.76***

1) See the legend of the Table 1.
2) Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
3) Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
*** $p<0.001$.

분말을 첨가한 스펀지 케이크의 연구에서 구기자 분말을 첨가할수록 경도는 증가하고, 탄력성과 응집성은 감소하는 유사한 결과를 나타내었다(Shin GM 2015b). 나문재를 첨가한 스펀지 케이크의 연구에서 나문재의 첨가량이 증가함에 따라 경도와 응집성이 모두 증가하고, 탄력성과 씹힘성이 감소하는 유사한 결과를 나타내었다(An 등 2016). 조직감 측정의 결과를 종합하면, 석류 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 경도와 씹힘성이 모두 유의적으로 증가한 반면, 탄력성과 응집성은 모두 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$).

6. 경도 변화를 Avrami kinetics에 적용한 노화도 분석

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 노화 분석한 결과는 Table 7과 같다. Avrami 지수(n)는 결정화 상태를 나타내는 값으로, 결정 핵 형성 시간 및 결정체 형성 속도에 의하여 결정된다(Collar 등 1999). 속도상수(k)는 노화속도이며, 시간상수($1/k$)는 속도상수의 역수로 나타난다. Avrami 지수가 작을수록 결정 핵 형성이 느리게 일어나고, 노화 억제 효과가 있다(Kim 등 2006). 속도상수가 낮을수록 시간상수가 높을수록 노화 억제 효과가 있다(Kim & Chung 2010). Avrami 지수는 대조군에서 1.8055로 가장 높게 나타났으며, 석류 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 Avrami 지수가 감소하여 결정체 형성이 지연되는 것을 나타내었다. 7% 첨가군은 0.9199로 가장 낮은 Avrami 지수 값을 나타내었으며, 노화가 가장 천천히 발생하는 것을 의미한다. 시간상수의 경우, 대조군(17.64) < 1% 첨가군(19.01) < 3% 첨가군(19.84) < 5% 첨가군(28.17) < 7% 첨가군(39.84)으로 석류 껍질 분말을 첨가할수록 시간상수가 증가하여 노화가 지연되는 것을 나타내었다. 석류 껍질을 첨가한 해바라기 기름의 연구에서 강력한 산화방지제로 석류 껍질이 해바라기 기름을 안정화시킨다고 보고하였으며(Iqbal 등 2008), 느타리 버섯을 첨가한 떡에서 느타리버섯의 첨가량이 증가함에 따라 Avrami 지수가 낮아지고, 시간상수가 높아져 노화속도가 감소하였다(Chung & An 2012). 식이섬유는 케이크의 냉장 저장기간 동안 케이크의 경도 변화를 작게 하여 노화를 지연시키며(Gomez 등 2010; Lee 등 2014), 효모와 젖산균으로 제조된 sourdough를 첨가한 제빵의 연구에서 sourdough를 첨가할수록 시간상수가 커지고, 노화속도를 감소시킨다고 보고하였다(Chung HC 2008). 항산화 물질은 유지식품의 산화를 방지하고, 노화 지연 효과가 있다(Jin SY 2011; Lee 등 2014). 본 연구에서 석류 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 노화속도가 지연되는 것은 석류 껍질에 있는 식이섬

Table 7. Avrami exponent (n), rate constant (k) and time constant ($1/k$) of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Avrami equation analysis	Pomegranate peel powder (%)				
	0[1)]	1	3	5	7
Avrami exponent (n)[2)]	1.8055	1.5709	1.4396	1.3444	0.9199
Rate constant (k)[3)]	5.67×10^{-2}	5.26×10^{-2}	5.04×10^{-2}	3.55×10^{-2}	2.51×10^{-2}
Time constant (h) ($1/k$)	17.64	19.01	19.84	28.17	39.84

1) See the legend of the Table 1.
2) Values obtained from slop of plot $\{-\ln(E_L-E_t)/(E_L-E_o)\}$ vs log t.
3) Values obtained from slop of plot $\ln(E_L-E_t)$ vs time.

유, 항산화 물질 등 때문인 것으로 사료된다.

7. 총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량

케이크의 총 페놀화합물의 함량은 Table 8과 같다. 스펀지 케이크의 총 페놀화합물의 함량은 대조군(0.83 μg GAE/mg) < 1% 첨가군(0.97 μg GAE/mg) < 3% 첨가군(1.09 μg GAE/mg) < 5% 첨가군(1.23 μg GAE/mg) < 7% 첨가군(1.56 μg GAE/mg)의 순서로 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 총 페놀화합물의 함량이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 대조군의 총 페놀화합물 함량은 밀가루에 가지고 있는 phytochemical 성분에 기인된 것으로 보고되고 있다(Lee & Son 2011b). 총 페놀화합물의 함량이 증가하는 것은 페놀화합물이 풍부하게 함유된 석류 껍질 분말을 첨가함에 의한 것으로 여겨진다(Jin SY 2011). 계피 분말(Lee & Lee 2013), 솔잎 분말(Lee & Lee 2013), 꾸지뽕잎 분말(Lee & Son 2011a)을 첨가한 스펀지 케이크에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 페놀화합물의 함량이 증가하는 경향이 나타났다. 식물의 2차 대사산물인 페놀화합물은 분자 내 phenolic hydroxyl이 효소 단백질과 같은 거대분자들과 결합하는 성질을 갖고 있어서 항염, 항암, 항균 활성 등 여러 가지 생리활성 효과를 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Kang 등 2010). 따라서 석류 껍질 분말을 첨가하여 스펀지 케이크 제조 시 생리활성 기능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 플라보노이드의 함량은 Table 8에 나타났다. 대조군의 플라보노이드의 함량은 0.41 μg QE/mg이었으며, 1% 첨가군은 0.60 μg QE/mg, 3% 첨가군은 0.79 μg QE/mg, 5% 첨가군은 0.94 μg QE/mg, 7% 첨가군은 1.08 μg QE/mg으로 석류 껍질 분말 첨가량이 증가함에 따라 플라보노이드의 함량이 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). Jin SY(2011)의 연구에서 석류 껍질의 플라보노이드 함량이 171.80 mg/g으로 높게 측정되었다고 보고되었으며, Li 등(2006)의 연구에서도 석류 껍질의 플라보노이드 함량이 높게 나타났다고 보고된 바 있다. 따라서 플라보노이드가 풍부하게 함유된 석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 플라보노이드 함량을 높이는 것으로 사료된다.

8. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정결과는 Table 8에 나타내었다. IC_{50}은 라디칼 50%를 제거 시 필요한 시료의 농도인데, 일차함수 관계식에 의해 산출하였다. DPPH 라디칼 소거능의 경우, IC_{50}값은 7% 첨가군(54.31 μg/mL) < 5% 첨가군(85.36 μg/mL) < 3% 첨가군(146.72 μg/mL) < 1% 첨가군(237.87 μg/mL) < 대조군(324.90 μg/mL)의 순으로 석류 껍질 첨가량이 증가할수록 IC_{50} 값이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). IC_{50} 값이 낮을수록 DPPH 라디칼 소거능이 높다는 것을 의미한다. 따라서 석류 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 높아지고, 항산화능력이 증가하는 경향을 보였으며, 대조군과 비교하여 7% 첨가군의 항산화 능력이 약 6배로 높게 나타났다.

ABTS 라디칼 소거능의 경우, IC_{50}값은 7% 첨가군(97.87 μg/mL) < 5% 첨가군(134.89 μg/mL) < 3% 첨가군 (195.17 μg/mL) < 1% 첨가군(261.51 μg/mL) < 대조군(373.89 μg/mL)의 순으로 석류 껍질 첨가량이 증가할수록 IC_{50}값이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 이는 석류 껍질 첨가량에 따라 ABTS 라디칼 소거능이 커지는 것을 의미하며, 석류 껍질 분말 첨가 시 항산화 능력이 증가하는 것은 석류 껍질에 많이 함유되는 안토시아닌 등 강한 항산화활성을 가지고 있는 물질에 의한 것으로 사료된다. 석류 껍질 분말을 첨가하는 쿠키의 연구에서도 석류 껍질 분말을 첨가함에 따라 항산화 능력이 증가하는 유사한 경향을 나타내었으며(Ismail 등 2014), 자색고구마 분말(Kim & Lee 2013), 솔잎 분말(Lee & Lee 2013),

Table 8. Total polyphenol, flavonoid levels, DPPH-radical and ABTS-radical scavenging effects of sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Content	Pomegranate peel powder (%)					*F*-value
	0[1)]	1	3	5	7	
Total polyphenol (μg GAE/mg)	0.83±0.05[e2)3)]	0.97±0.05[d]	1.09±0.3[c]	1.23±0.03[b]	1.56±0.07[a]	106.23***
Flavonoid (μg QE/mg)	0.41±0.03[e]	0.60±0.02[d]	0.79±0.01[c]	0.94±0.03[b]	1.08±0.03[a]	441.24***
DPPH (IC_{50}, μg/mL)	324.90±7.86[a2)3)]	237.87±18.94[b]	146.72±12.76[c]	85.36±4.48[d]	54.31±5.09[e]	295.56***
ABTS (IC_{50}, μg/mL)	373.89±2.99[a]	261.51±3.18[b]	195.17±9.98[c]	134.89±2.19[d]	97.87±8.23[e]	940.36***

1) See the legend of the Table 1.
2) Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
3) Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
*** $p<0.001$.

녹차 분말(Lu 등 2010)을 첨가한 스펀지 케이크에서도 본 결과와 유사하게 부재료 첨가량의 증가할수록 항산화 능력이 증가하는 연구결과를 나타내었다.

9. 소비자 기호도 조사

석류 껍질 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 색(color), 향미(flavor), 촉촉함(moistness), 단맛(sweetness), 씹힘성(chewiness) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대한 관능적 특성을 7점 척도법을 이용하여 조사하였다(Table 9). 색은 1% 첨가군이 대조군(4.65)에 비하여 3.95로 가장 낮게 나타났으며, 3% 첨가군, 5% 첨가군 및 7% 첨가군 사이에 유의적인 차이는 없었지만, 대조군에 비하여 4.90~5.50으로 높게 나타났다. 향미는 대조군(3.95)에 비하여 석류 껍질 첨가군들이 모두 5.00~ 5.25의 범위로 높게 나타났다. 이는 석류 껍질 분말의 첨가가 케이크 제조 원재료인 달걀의 비린 맛과 향을 감소시킨 것으로 사료된다(An 등 2016). 촉촉함은 대조군과 석류 껍질 분말 첨가군들 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않은 반면, 3% 첨가군(5.05) 및 7% 첨가군(5.05)은 대조군(4.55)보다 높은 기호도를 나타내었다. 단맛은 대조군이 4.75로 가장 낮게 나타났으며, 석류 껍질 분말 첨가군들 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p<0.05$). 씹힘성은 3% 첨가군, 5% 첨가군 및 7% 첨가군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않은 반면, 대조군(4.65)과 비교하여 5.20~5.30의 범위로 높게 나타났다. 전반적인 기호도는 대조군(4.15) < 1% 첨가군(4.80) < 5% 첨가군(5.00) < 3% 첨가군(5.30) < 7% 첨가군(5.35)의 순이었으며, 석류 껍질 분말 첨가군들 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p<0.05$).

요약 및 결론

본 연구에서는 석류를 효율적으로 활용하기 위하여 석류 껍질 분말을 첨가하여 스펀지 케이크를 제조하고, 스펀지 케이크의 품질 특성, 노화도 분석 및 항산화 활성을 살펴보았다. 밀가루의 0, 1, 3, 5 및 7% (w/w)을 석류 껍질 분말로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하였다. 그 결과, 석류 껍질 분말 첨가한 스펀지 케이크의 비중은 3, 5, 7% 첨가군이 대조군과 1% 첨가군에 비해 높게 나타났으며, 반죽 수율은 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다. 7% 첨가군의 반죽 수율은 93.64%로 가장 높게 나타났으며, 굽기 손실률은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 스펀지 케이크의 내부 색도는 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 L값(명도)은 감소한 반면, a값(적색도), b값(황색도)과 $\triangle E$(색차값)은 모두 증가하는 경향을 나타내었다. 수분 함량은 3, 5, 7% 첨가군이 32.70~32.97%의 범위로 대조군과 1% 첨가군에 비해 높게 나타나는 경향을 보였다. pH 측정결과, 석류 껍질 분말 첨가량의 증가에 따라 pH는 유의적으로 감소하였으며, 7% 첨가군에서 6.58로 가장 낮게 나타났다. 조직감에서 경도와 씹힘성은 석류 껍질 분말을 첨가함에 따라 증가하였으며, 탄력성과 응집성은 감소하는 경향을 나타내었다. Avrami 방정식에 따른 노화도 분석에서 Avrami 지수(n)는 석류 껍질 분말 첨가군들이 0.9199~1.5709의 범위로 대조군(1.8055)에 비해 낮게 나타나는 경향을 보였다. 시간상수($1/k$)는 대조군이 17.64로 가장 낮게 나타났으며, 7% 첨가군이 39.84로 가장 높게 나타났다. 이는 석류 껍질 분말 첨가량의 증가에 따라 스펀지 케이크의 노화속도가 지연되는 것을 나타내었다. 총 페놀화합물 및 플라보노이드 함량은 석류 껍질 분말을 첨가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 석류 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 IC_{50}값이 감소하는 경향을 나타내어 항산화 능력이 높

Table 9. Sensory preference scores for sponge cakes at various levels of pomegranate peel powder

Sensory properties	Pomegranate peel powder (%)					F-value
	0[1)]	1	3	5	7	
Color	4.65±1.09[b2)3)]	3.95±0.83[c]	4.90±0.91[ab]	5.50±1.10[a]	5.50±0.95[a]	8.77[***]
Flavor	3.95±0.60[b]	5.20±0.95[a]	5.00±0.86[a]	5.15±1.14[a]	5.25±1.16[a]	6.38[***]
Moistness	4.55±0.83	4.90±0.72	5.05±0.69	4.80±0.70	5.05±0.76	1.59[NS]
Sweetness	4.75±0.64[b]	5.25±0.72[a]	5.30±0.80[a]	5.30±0.66[a]	5.35±0.59[a]	2.64[*]
Chewiness	4.65±0.75[b]	4.55±0.51[b]	5.20±0.70[a]	5.30±0.66[a]	5.20±0.77[a]	5.31[**]
Overall acceptability	4.15±0.67[b]	4.80±0.77[a]	5.30±0.73[a]	5.00±1.03[a]	5.35±0.88[a]	6.95[***]

1) See the legend of the Table 1.
2) Each value is mean±S.D. of triplicate experiments.
3) Means with different capital letter within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
[*] $p<0.05$, [**] $p<0.01$, [***] $p<0.001$, [NS] Not significant.
Rate using a scale of 1~7, 7: excellent, 6: very good, 5: good, 4: fair, 3: poor, 2: very poor, 1: bad.

아지는 것을 나타내었다. 7점 척도법을 이용한 소비자 기호도 조사 결과, 전반적인 기호도는 대조군(4.15)에 비해 석류 껍질 분말 첨가군들이 4.80~5.35의 범위로 모두 높게 나타났다. 7% 첨가군은 색(5.50), 향미(5.25), 단맛(5.35), 씹힘성(5.20), 전반적인 기호도(5.35)에서 모두 높게 나타났다. 이상의 결과로 미루어 볼 때, 석류 껍질 분말 스펀지 케이크 제조 시 케이크의 품질을 개선할 수 있는 최적 석류 껍질 분말 첨가량은 7%인 것으로 사료된다.

References

AACC. 2000. Approved Methods of Analysis. 10th ed. Method 10-15

Akay S, Alpak I, Yesil-Celiktas O. 2011. Effects of process parameters on supercritical CO_2 extraction of total phenols from strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: an optimization study. *J Sep Sci* 34:1925-1931

Al-Zoreky NS. 2009. Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *Int J Food Microbiol* 134:244-248

Altunkaya A, Hedegaard RV, Brimer L, Gökmen V, Skibsted LH. 2013. Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. Food Funct 4:722-727

An HK, Cho SG, Hong GJ. 2016. The characteristics of sponge cake added with *Suaeda asparagoides*. *Cul Sci & Hos Res* 22:1-10

An HK, Hong GJ, Lee EJ. 2010. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicorni aherbacea* L.). *J Korean Soc Food Cult* 25:47-53

Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy* 3:279-286

Cho AR, Kim NY. 2013. Quality characteristics of sponge cake containing *Baeknyeoncho* (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 23:107-118

Cho KR. 2010. Quality characteristics of sponge cake added with leek (*Allium tuberosum* Rottler) powder. *Korean J Food Nutr* 23:478-484

Choi GY, Kim HD, Bae JH. 2007. Quality characteristics of sponge cakes occurred with percentages of persimmon leaves powder added. *Korean J Culin Res* 13:269-278

Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387

Chung HC. 2008. Properties of sourdough-added bread. *Korean J Food Sci Technol* 40:643-648

Chung KM, An HJ. 2012. Effects of oyster mushroom on quality of *sulgidduk* and *gyeongdan*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1294-1300

Chung YS, Kim DJ. 2009. Quality characteristics of sponge cake with pakchoi (*Brassica compestris* L. ssp. *chinensis* Jusl.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:914-919

Collar C, Andreu P, Martınez JC, Armero E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloids* 13:467-475

Gomez M, RUIZ-PARÍS E, Oliete B, Pando V. 2010. Modeling of texture evolution of cakes during storage. *J Texture Stud* 41:17-33

Guo C, Yang J, Wei J, Li Y, Xu J, Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutr Res* 23:1719-1726

Iqbal S, Haleem S, Akhtar M, Zia-ul-Haq M, Akbar J. 2008. Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions. *Food Res Int* 41:194-200

Ismail T, Akhtar S, Riaz M, Ismail A. 2014. Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *Int J Food Sci Nutr* 65:661-666

Ismail T, Sestili P, Akhtar S. 2012. Pomegranate peel and fruit extracts: a review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *J Ethnopharmacol* 143:397-405

Jin SY. 2011. Study on antioxidant activities of extracts from different parts of Korean and Iranian pomegranates. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1063-1072

Jung HC. 2012. Quality characteristics of sponge cake with added baked black soybean powder. *J East Asian Soc Diet Life* 22:401-407

Kang BS, Moon SW. 2010. Effect of rosemary powder on the sensory characteristics and color of sponge cake during storage. *Korean J Food Preserv* 17:9-15

Kang MA, Kim MB, Kim JH, Ko YH, Lim SB. 2010. Integral antioxidative capacity and antimicrobial activity of pressurized liquid extracts from 40 selected plant species. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1249-1256

Kim CH. 2015. Quality characteristics of sponge cakes with radish leaf powder. *J East Asian Soc Diet Life* 25:502-512

Kim DH, Whang HJ, Moon SW, Kang BS. 2006. The retrograda-

tion of steamed Korean rice cake (*Jeungpyun*) with addition of gums. *Korean J Food Sci Technol* 38:838-842

Kim HY. 2010. Effect of pomegranate powder on the quality of rice *dasik*. *Korean J Community Living Sci* 21:529-537

Kim JH, Lee KJ. 2013. Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Diet Life* 23:750-759

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* 29:195-204

Kim MO, Cho YB. 2016. Analysis on awareness and characteristics of consumers purchasing *Punica granatum*. *J Agric Ext & Community Dev* 23:15-25

Kim SK, Ciacco CF, D'appolonia BL. 1976. A research note kinetic study of retrogradation of cassava starch gels. *J Food Sci* 41:1249-1250

Kim SS, Chung HY. 2010. Retarding retrogradation of Korean rice cakes (*Karedduk*) with a mixture of trehalose and modified starch analyzed by Avrami kinetics. *Korean J Food Nutr* 23:39-44

Kwak HM, Jeong HH, Song BH, Kim JG, Lee JM, Hur JM, Song KS. 2005. Quantitative analysis of antioxidants in korean pomegranate husk (*Granati pericarpium*) cultivated in different site. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48:431-434

Kwon MS, Lee MH. 2015. Quality characteristics of sponge cake added with rice bran powder. *Cul Sci & Hos Res* 21: 168-180

Lansky EP, Newman RA. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *J Ethnopharmacol* 109:177-206

Lee DH, Hong JH. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of fermented mulberry by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:202-208

Lee JH, Son SM. 2011a. Effect of *Cudrania tricuspidata* leaf powder addition on the quality of sponge cakes. *Food Eng Prog* 15:376-381

Lee JH, Son SM. 2011b. Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. *Food Eng Prog* 15:269-275

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* 38:1222-1228

Lee S, Lee JH. 2013. Quality of sponge cakes supplemented with cinnamon. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:650-654

Lee SE, Lee JH. 2013. Quality and antioxidant properties of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. *Korean J Food Sci Technol* 45:53-58

Lee YN, Kim J, Ha AW, Kim SM, Hong WS, Kim YS. 2014. Qualitative properties and retrogradation of *buckwheat* (*Fagopyrum esculentum* Moench) vegetable *Jeolpyeon* during storage. *Prog Nutr* 16:126-135

Lei F, Zhang XN, Wang W, Xing DM, Xie WD, Su H, Du LJ. 2007. Evidence of anti-obesity effects of the pomegranate leaf extract in high-fat diet induced obese mice. *Int J Obes* 31:1023-1029

Li Y, Guo C, Yang J, Wei J, Xu J, Cheng S. 2006. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chem* 96: 254-260

Lim EJ, Lee HS, Lee YH. 2010. Physical and sensory characteristics of sponge cake with added broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 20:873-880

Lu TM, Lee CC, Mau JL, Lin SD. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chem* 119:1090-1095

Naveena BM, Sen AR, Vaithiyanathan S, Babji Y, Kondaiah N. 2008. Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Sci* 80:1304-1308

Negi PS, Jayaprakasha GK, Jena BS. 2003. Antioxidant and antimutagenic activities of pomegranate peel extracts. *Food Chem* 80:393-397

Oldham AM, Mccomber DR, Cox DF. 2000. Effect of cream of tartar level and egg white temperature on angel food cake quality. *Fam Consum Sci Res J* 29:111-124

Park ID. 2008. Effects of *Cucurbita maxima* Duchesne puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. *J Korean Soc Food Cult* 23:748-754

Park JY, Park YS, Chang HG. 2008. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy fiber flour. *Korean J Food Sci Technol* 40:412-418

Park KT. 2010. Quality characteristics of cream soup added with pomegranate cortex powder. *Culi Sci & Hos Res* 16:230-237

Park KT, Kim MY, Chun SS. 2009. Quality characteristics of Korean wheat wet noodles with pomegranate cortex powder. *Culi Sci & Hos Res* 15:128-136

Park KT, Shim SY, Chun SS. 2008. Inhibitory effects of *Punica granatum* L. extracts on degranulation in human basophilic

KU812F cells. *Korean J Food Sci Technol* 40:702-706

Sadeghipour A, Eidi M, Ilchizadeh Kavgani A, Ghahramani R, Shahabzadeh S, Anissian A. 2014. Lipid lowering effect of *Punica granatum* L. peel in high lipid diet fed male rats. *J Evidence-Based Complementary Altern Med* 2014:1-5

Seeram N, Lee R, Hardy M, Heber D. 2005. Rapid large scale purification of ellagitannins from pomegranate husk, a by-product of the commercial juice industry. *Sep Purif Technol* 41:49-55

Seo EO, Ko SH, Jeong HC. 2015. Research quality characteristics of sponge cake added with red ginseng powder. *Culi Sci & Hos Res* 21:130-140

Shin GM. 2015a. Quality characteristics of sponge cake added with *Citrus peel* powder. *Culi Sci & Hos Res* 21:88-97

Shin GM. 2015b. Quality characteristics of *Lycii fructus* powder added sponge cake. *Culi Sci & Hos Res* 21:63-75

Shin GM. 2016. Quality characteristics of sponge cake added with *Schizandra chinensis*. *Culi Sci & Hos Res* 22:93-103

Shin JH, Choi DJ, Kwen O. 2007a. The quality characteristics of sponge cake with added steamed garlic powder. *Korean J Food Cook Sci* 23:696-702

Shin JH, Choi DJ, Kwon O. 2007b. Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and *Yuza* powder. *Korean J Food Nutr* 20:392-398

Song KY, Kim JH, O HB, Zhang Y, Kim YS. 2016. Quality characteristics and retarding retrogradation of sponge cakes containing red yeast rice (*Monascus nuruk*) flour. *Culi Sci & Hos Res* 22:11-21

Song YK. 2013. Quality characteristics of sponge cake with added lotus leaf powder. *J Korean Soc Food Cult* 28:651-656

Wang KJ, Zhang YJ, Yang CR. 2005. Antioxidant phenolic compounds from rhizomes of *Polygonum paleaceum*. *J Ethnopharmacol* 96:483-487

Zhang Y, Song KY, Choi BB, Kim YS. 2015. Quality and antioxidant characteristics of sponge cake with asparagus (*Asparagus officinals* L.) powder. *Korean J Food Cook Sci* 31:642-651

Received 16 January, 2017
Revised 24 May, 2017
Accepted 31 May, 2017