

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 및 항산화 특성

오현빈 · 최병범* · †김영순

고려대학교 식품영양학과, 신한대학교 식품조리과학부 식품영양전공*

Quality and Antioxidant Properties of Sponge Cake containing Radicchio (*Cichorium intybus* L.) Powder

Hyeon Bin O, Byung Bum Choi* and †Young-Soon Kim

Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

*Major in Food and Nutrition, Division of Food Science & Culinary Arts, Shinhan University, Gyeonggi-do 11644, Korea

Abstract

Radicchio (*Cichorium intybus* L.) is widely known to have antioxidant, anti-cancer, and digestion-promoting effects. Antioxidant activity and sensory characteristics of sponge cakes made with radicchio powder were investigated in this study. Sponge cakes were made with freeze-dried radicchio powder added to the flour at concentrations of 1, 3, 5, and 7%. As the amount of radicchio powder increased, the specific gravity of radicchio-containing sponge cakes significantly increased. pH value did not significantly differ between groups. Moisture content decreased from 30.72% (control) to 28.68% (7% radicchio) and loss of mass during baking increased from 7.11% (control) to 9.36% (7% radicchio). L (brightness) and b (yellowness) of sponge cakes decreased while redness increased. Hardness and chewiness decreased as concentration of radicchio powder increased. Springiness and cohesiveness did not significantly differ between any of the groups. Total polyphenol contents ranged from 0.12 to 0.31 mg GAE/g. DPPH scavenging activity significantly increased as the amount of radicchio powder increased. Overall acceptability of sensory experience measured on a 7-point scale was highest in the 3% radicchio cakes (5.35). In conclusion, the addition of 3% radicchio powder improves the sensory qualities of radicchio sponge cakes.

Key words: sponge cake, radicchio powder, antioxidant, sensory evaluation

서 론

현대 사회에서 한국의 소비자들이 식생활의 간편화를 추구하게 되면서 주식인 쌀의 소비가 감소하고, 빵의 소비가 증가하고 있다(Lim 등 2010). Korean Statistical Information Service (2015)의 가구당 월평균 가계수지에 따르면 전국 가구당 식품 소비 지출 중 곡물류는 2007년 25,462원에서 2013년 18,813원으로 감소하는 경향을 보인 반면, 빵 및 떡류는 2007년 15,616원에서 2013년 18,476원으로 점차 증가하는 등 식생활의 서구화로 인해 빵의 섭취 비중이 높아지고 있다. 또한 현대인들이 건강한 식생활을 추구하면서 기능성 물질을 함유

한 식품에 대한 관심이 높아지고, 이에 따라 건강 기능성 소재를 첨가한 베이커리 제품의 연구들이 활발히 진행되고 있다 (Lee & Kim 2014).

스펀지 케이크는 계란에 의해 팽창되는 대표적인 거품형 케이크 제품이며, 주 재료로 밀가루, 계란, 설탕을 사용한다 (Kwon & Lee 2015). 스펀지 케이크는 모든 연령층에서 선호되며, 다른 기능성 식품 소재를 첨가하기 쉽다(Jung HC 2012). 기능성 부재료를 첨가한 스펀지 케이크에 대한 국내 연구로는 조 분말 첨가 스펀지 케이크에 관한 연구(Chang HG 2004), 인삼 분말을 첨가한 스펀지 케이크에 관한 연구(Yoon 등 2007), 표고버섯 분말을 첨가한 스펀지 케이크에 관한 연구(Jo 등

† Corresponding author: Young-Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. Tel: +82-2-3290-5638, FAX: +82-2-940-2849, E-mail: kteres@korea.ac.kr

2010), 오미자 분말을 첨가한 스펀지 케이크에 관한 연구(Lee 등 2012), 매생이 분말 첨가 스펀지 케이크에 관한 연구(Lee 등 2007), 천마 분말 첨가 스펀지 케이크에 관한 연구(Kang CS 2007), 로즈마리 분말 첨가 스펀지 케이크의 저장 중 색과 관능 특성의 변화에 관한 연구(Kang & Moon 2010) 등이 있다.

라디치오(*Cichorium intybus* L.)는 이탈리아가 원산지인 치커리의 일종으로, 잎줄기가 하얗고 잎이 붉은 것이 특징이며, 레드 치커리라고도 부른다. 낮은 온도에서도 잘 자라는 특성이 있어 유럽과 미국에서는 겨울철에 자주 소비되며(Rossetto 등 2005), 한국에도 수입되어 샐러드 채소 등으로 이용되고 있다. 특히 라디치오에 들어있는 안토시아닌 색소는 자색을 띠는 천연 색소로서 항암 효과와 항산화 효과를 가지고 있고(Tsuda T 2012), 비만, 심혈관계 질환에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Wallace TC 2011). 라디치오의 안토시아닌 색소, 폴리페놀 성분, 항산화 활성에 대한 연구도 진행되고 있는데(Carazzone 등 2013; D'evoli 등 2013; Kaulmann 등 2014), Innocenti 등(2005)은 레드 치커리로 알려진 2종의 라디치오가 녹색 치커리보다 많은 양의 안토시아닌과 페놀화합물이 들어있다고 보고하였으며, Lavelli V(2008)는 최소 가공 처리를 한 레드 치커리의 항산화 활성에 관한 연구를 발표하였다.

그러나 제과류에 안토시아닌 색소를 이용할 경우, 계란과 베이킹파우더로 인해 알칼리성이 된 반죽이 일부 초록빛을 띠는 현상이 있다고 보고되었다(Kim & Lee 2013). 이에 안토시아닌 색소를 안정화시키기 위한 연구들이 진행되고 있는데, 안토시아닌을 추출할 시 0.1% 구연산을 첨가하여 20% 에탄올 용액에 추출하는 것이 최적의 색소 추출 조건이라고 보고된 바 있으며(Hwang & Ki 2013), 자색고구마를 첨가한 스펀지 케이크 제조 시 0.3%의 구연산을 첨가했을 때 강한 신맛을 느끼지 않는 범위에서 안토시아닌 색소의 안정화에 기여한다고 보고되었다(Kim & Lee 2013). 이에 본 연구에서는 라디치오 분말의 함량을 다르게 하고, 0.3%의 구연산을 첨가하여 라디치오 분말의 안토시아닌 색소를 안정화시킨 스펀지 케이크의 품질 특성 및 항산화 활성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 스펀지 케이크의 제조

스펀지 케이크 제조를 위해 박력분(CJ, Incheon, Korea), 설탕(CJ, Incheon, Korea), 버터(Seoul Dairy Cooperative, Seoul, Korea), 구연산(Qingdao fuso refining & processing Co. LTD., Shandong, China)을 구입하였고, 계란은 시중에서 구입하여 사용하였다. 라디치오는 멕시코에서 생산된 것을 구입하여 잎을 분리한 후 동결건조기(FD8508, Ilshin Biobase Co. LTD., Gyeonggi, Korea)로 동결건조하고, 고속분쇄기(CRT-04, Hungchuan Machinery Enterprise,

Table 1. Formula for sponge cake with radicchio powder

Ingredients (g)	Radicchio powder in sponge cake (%)				
	0	1	3	5	7
Wheat flour	100	99	97	95	93
Radicchio powder	0	1	3	5	7
Egg	180	180	180	180	180
White sugar	120	120	120	120	120
Butter	20	20	20	20	20
Citric acid	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Taipei, Taiwan)로 분말을 내어 40 mesh 체에 내렸다.

실험에 사용된 라디치오 스펀지 케이크는 Table 1과 같은 배합비로 제조하였다. 계란과 설탕을 섞어 믹서(KM400, Kenwood, Havant, Britain)를 사용해 거품을 내고, 밀가루, 라디치오 분말, 버터, 구연산을 넣고 2~3분간 혼합하였다. 반죽은 오븐(Zippel DE68-04072D, Samsung, Seoul, Korea)에서 170℃에서 20분간 구워내고, 상온에서 1시간 방냉하였다.

2. pH, 반죽의 비중

스펀지 케이크의 pH는 스펀지 케이크 시료 10 g에 증류수 90 mL를 혼합하고 균질기(Unidrive 1000D, Ingenieurburo CAT M.Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 균질화한 것을 pH 미터(SP-701, Suntext instruments Co. LTD., Taipei, Taiwan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 비중은 AACC(2000) 방법에 따라 동일한 부피의 컵(200 mL)에 케이크 반죽과 증류수를 담아 각각의 무게를 저울(Libror EB-2200HV, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 측정하고, 증류수에 대한 케이크 반죽의 무게 비를 계산하였다.

3. 수분 함량, 굽기손실률

수분 함량은 케이크의 중앙 부분에서 0.5 g씩을 취하고, 수분측정기(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 굽기손실률은 굽기 전 케이크 반죽의 중량과 구운 후 케이크의 중량을 저울로 측정하고, 다음의 식을 이용해 계산하였다.

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

4. 색도

스펀지 케이크의 색도는 스펀지 케이크의 Crust 부분과 Crumb 부분을 색차계(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 3회 반복 측정하여 평균값을 내었다. 표준으로 색도의 색좌표가 각각 L=96.90,

$a=0.45$, $b=1.49$ 인 백색판을 사용하였고, 다음의 식을 이용해 ΔE (색차값)을 구하여 라디치오 분말로 인한 각 시료간의 색차를 비교하였다.

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

5. 조직감

스펀지 케이크의 조직감은 케이크의 중심부분을 가로 3 cm, 세로 3 cm, 높이 3 cm 크기로 자른 후 Rheometer(Sun Rheometer Compac-100 II, Sun Scientific Co. LTD., Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 3회 측정하고 평균값을 내었으며, 그 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Operating condition of rheometer

Max weight	2 kg
Distance	33%
Table speed	120 mm/min
Rupture	2 bite
Sample	3 cm × 3 cm × 3 cm
Probe	No. 1 Φ 20 mm

6. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Singleton & Rossi 1965)을 응용하고, Hong 등(2011)이 제안한 방법에 따라 분석하였다. 케이크의 crumb 부분을 동결건조하여 분말화하고, 분말 1 g와 증류수 10 mL를 10분간 교반하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 Whatman No. 1 여과지로 여과한 것을 시료로 사용하였다. 시료 용액은 80배 희석하여 800 μ L를 넣고, 0.9 N Folin-Ciocalteu reagent(Junsei Chemistry, Tokyo, Japan) 50 μ L를 넣은 후 20% sodium carbonate(Merck kGaA, Darmstadt, Germany) 용액 150 μ L를 넣어 상온에서 2시간 동안 빛을 차단해 반응시키고, microplate reader(Infinite 200 PRO, Tecan, Mannedorf, Switzerland)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 갈산(garlic acid, Merck kGaA, Darmstadt, Germany)을 사용하여 흡광도 검량선을 작성하고, 각 시료의 총 폴리페놀 함량을 환산하였다.

7. DPPH 라디칼 소거 활성

라디치오 스펀지 케이크의 DPPH 라디칼 소거 활성은 Bae 등(2012)의 방법을 응용하여 측정하였다. 케이크의 crumb 부분을 동결건조하여 분말화 하고, 분말 2 g과 증류수 10 mL를 10분간 교반하여 3,000 rpm에서 10분 간 원심분리하여 상등액을 Whatman No. 1 여과지로 여과한 것을 시료로 사용하였

다. 시료를 각각 1, 2, 3, 4, 5, 6배 희석한 용액 0.1 mL에 0.2 mM DPPH(Sigma Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA) 용액 0.1 mL를 각각 넣고, 상온에서 30분간 빛을 차단해 반응시키며, 520 nm에서 흡광도(O.D)를 3회 측정하였다. 시료의 각 농도별 DPPH 라디칼 소거율은 대조군을 에탄올 0.1 mL로 하여 아래의 식과 같이 산출하였다. 그 후 농도별 DPPH 라디칼 소거율로부터 그래프를 작성하고, DPPH에 대해 50% 소거 효과를 보이는 IC₅₀ 값(mg/mL)을 구하였다.

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

8. 관능검사

관능검사는 고려대 식품영양학과 대학원생 20명을 대상으로 관능검사 시 주의사항을 설명하고, 충분한 훈련을 거친 후 각 시료의 색(color), 향미(flavor), 단맛(sweetness), 촉촉함(moisture), 씹힘성(chewiness), 전체적인 기호도(overall quality)의 6개 항목을 7점 척도법으로 평가하였다. ‘매우 싫음’은 1점, ‘매우 좋음’은 7점으로 질문지에 표시하도록 하였다. 시료는 2 cm × 2 cm × 2 cm 로 잘라 백색 플라스틱 접시에 올려 생수와 함께 제공하였다.

9. 통계처리

실험결과는 SPSS(22.0 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하고, 각 측정 평균값간의 유의성은 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan’s multiple range test에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

1. pH, 반죽의 비중

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 pH와 반죽의 비중은 Table 3과 같다. pH는 시료첨가군 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 대조군에 비하여 감소하였다. 라디치오 분말의 pH는 5.54로 낮으나, 첨가량이 적고, 구연산 첨가의 영향으로 스펀지 케이크의 pH에는 큰 변화를 주지 않은 것으로 사료된다. 계피 분말을 첨가한 스펀지 케이크(Lee & Lee 2013a)에서도 계피 첨가에 따라 pH가 감소하였으나, 미미한 차이를 보였다고 보고되었다. 일반적인 스펀지 케이크의 pH는 7.3~7.6 정도로 알려져 있으나(Lee 등 2009), 라디치오 분말 및 구연산 첨가의 영향으로 pH가 낮아졌다. 스펀지 케이크는 산성의 조건 하에서는 기공이 미세하게 형성되고, 부피가 작아진다고 보고되었다(Ash & Colmey 1973).

스펀지 케이크의 비중은 라디치오 분말을 첨가함에 따라 대

Table 3. pH and specific gravity of sponge cake containing radicchio powder

Properties	Radicchio powder in sponge cake (%)				
	0	1	3	5	7
pH	7.17±0.01 ^{1)a2)}	7.03±0.07 ^b	7.09±0.03 ^b	7.08±0.02 ^b	7.06±0.05 ^b
Specific gravity	0.43±0.00 ^d	0.49±0.00 ^{ab}	0.47±0.00 ^c	0.48±0.00 ^b	0.50±0.00 ^a

¹⁾ Each values are mean±S.D.

²⁾ Means in each row with different superscript letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

조균에 비하여 유의적으로 증가하였다. 반죽의 비중은 반죽의 기포형성능력과 기포안정성에 영향을 받고, 비중이 클수록 스펀지 케이크 안의 공기 함량이 적기 때문에 더 조밀하고 단단한 조직감을 나타내게 되며, 구운 후의 부피에도 영향을 준다고 보고되었다(Chung 등 2009; Kwon & Lee 2015). Choi 등(2007)은 빵잎 분말을 첨가하여 스펀지 케이크를 제조할 시 계란 거품의 겉 표면에 분말이 영겨 붙어 기포 벽이 두꺼워지기 때문에, 공기 혼합이 적게 일어나 비중이 커진다고 분석한 바 있다.

2. 수분 함량, 굽기 손실률

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 수분 함량, 굽기 손실률은 Table 4와 같다. 수분 함량(moisture contents)은 라디치오 분말 첨가군에서 대조군에 비해 감소하였다. 흑마늘 분말을 첨가한 스펀지 케이크(Lee 등 2009)에서도 유사한 결과를 보였다. 라디치오 스펀지 케이크의 굽기 손실률(baking loss)은 대조군과 비교하였을 때 증가하였다. 연잎을 첨가한 스펀지 케이크(Kim 등 2011)에서 연잎 분말 첨가량에 따라 굽기 손실률이 증가하였고, 감태 분말 첨가 스펀지 케이크(Lee & Heo 2010)에서도 유사한 결과가 보고되었다. Sumnu 등(2005)은 굽기 손실은 수분 보유력과 관련이 있다고 보고했으며, Lee & Son(2011b)는 야콘 스펀지 케이크에서 야콘 분말 첨가량이 많아질수록 수분 함량이 감소하였으며, 굽기 손실도 많이 일어났다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 분말 첨가시 수분 함량이 낮아지고, 굽기 손실이 많아졌다는 결과와 유사하였다.

3. 색도

라디치오 스펀지 케이크의 색도는 Fig. 1과 같다. Crust의 색도는 라디치오 분말의 첨가 수준에 따라 L값은 43.34, 40.93,

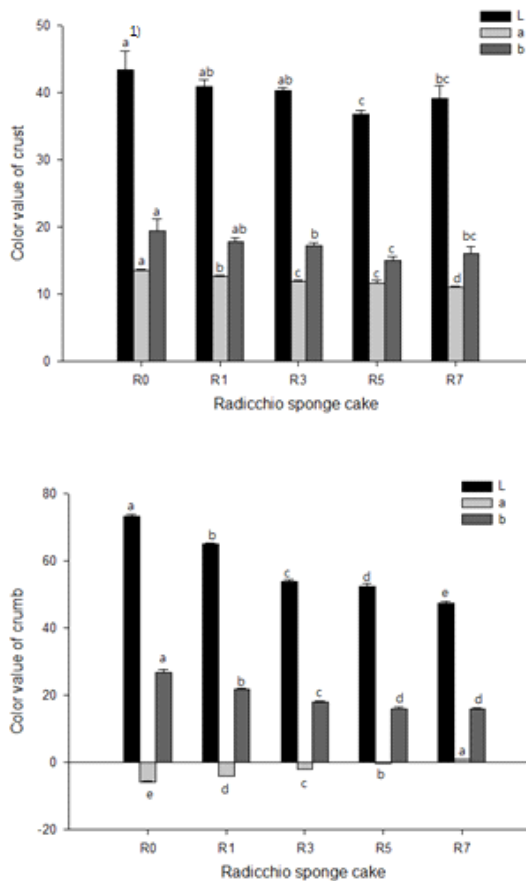


Fig. 1. Color values of sponge cake containing radicchio powder. R0, R1, R3, R5, and R7: prepared with 0%, 1%, 3%, 5% and 7% replacement of cake flour with radicchio powder, respectively. ¹⁾ Means in each bars with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 4. Moisture contents and baking loss of sponge cake containing radicchio powder

Properties	Radicchio powder in sponge cake (%)				
	0	1	3	5	7
Moisture contents (%)	30.72±0.23 ^{1)a2)}	26.32±1.57 ^b	29.03±2.33 ^{ab}	29.20±1.51 ^{ab}	28.68±1.94 ^{ab}
Baking loss (%)	7.11±0.00 ^c	8.49±0.00 ^c	7.76±0.00 ^d	9.86±0.00 ^a	9.36±0.00 ^b

¹⁾ Each values are mean±S.D.

²⁾ Means in each row with different superscript letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

40.29, 36.86, 39.13으로 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며, a값은 13.53, 12.67, 11.97, 11.71, 11.03으로 감소하였고, b값도 19.37, 17.79, 17.29, 15.03, 16.09로 점차 감소하였다($p<0.05$). Crumb의 색도는 L값과 b값이 라디치오 분말 첨가량에 비례하여 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 그러나 a값은 분말 첨가량에 따라 -5.76에서 0.99로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). Kim & Lee(2013)의 자색고구마 스펀지 케이크에 구연산을 첨가하지 않은 예비실험에서는 Crumb의 a값이 감소하여 점차 초록색을 띠는 경향을 보였고, 구연산을 첨가한 실험에서는 스펀지 케이크 반죽이 약산성이 되면서 안토시아닌 색소가 안정화되어 a값이 유의적으로 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Crumb의 L값과 b값도 구연산을 첨가한 실험에서 유의적으로 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 라디치오 스펀지 케이크 제조 시 구연산을 0.3% 첨가하였을 때 안토시아닌 색소를 안정화시키는데 기여하는 것으로 여겨진다.

4. 조직감

라디치오 스펀지 케이크의 조직감은 Table 5와 같다. 라디치오 분말이 첨가됨에 따라 스펀지 케이크의 경도(hardness)는 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). Julia 등(2012)은 스펀지 케이크 내부의 기공 크기 분포가 넓을수록 더 단단한 질감을 갖게 된다고 하였으며, Ash & Colmey(1973)는 스펀지 케이크의 pH가 낮을수록 스펀지 케이크 내부의 기공이 미세해진다고 보고했다. 라디치오 분말을 첨가할 경우, 스펀지 케이크의 pH가 더 낮아지고, 그에 따라 기공의 크기가 작아져 경도가 낮아진 것으로 사료된다. 또한 Shin 등(2007)의 연구에서 증숙 마늘 및 유자 분말을 4% 이하로 첨가하였을 때 수분 함량과 경도가 점점 증가한 결과와 유사한 결과를 보였는데, 분말 첨가로 인하여 반죽 내 수분 보유력이 감소하고, 글루텐 형성에 필요한 수분 부족으로 구조적 골격 형성에 방해받아 단단한 구조를 이루지 못하기 때문으로 사료된다. 탄력성(springiness)은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 씹힘성(chewiness)은 대조군이 138.87 g, 7% 첨가군이 116.34 g으로

유의적으로 감소하는 결과를 보였는데($p<0.05$), 이는 경도에 영향을 받았기 때문으로 사료된다. 부추 첨가 스펀지 케이크(Cho KR 2010)와 청경채 첨가 스펀지 케이크(Chung & Kim 2009)에서도 분말 첨가량이 증가함에 따라 씹힘성과 경도가 증가하여, 경도가 높은 케이크는 씹힘성도 높게 나타났다.

5. 총 폴리페놀 함량 측정

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 대조군 및 1, 3, 5, 7% 첨가군에서 각각 0.12, 0.21, 0.22, 0.23, 0.31 mg GAE/g이었으며, 라디치오 분말 첨가량에 따라 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 그 결과 솔잎 분말(Lee & Lee 2013b), 계피 분말(Lee & Lee 2013a), 꾸지뽕잎 분말(Lee & Son 2011a)을 첨가한 스펀지 케이크에서 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였다는 결과와 유사하였다. 이는 부재료로 들어간 라디치오 분말의 폴리페놀 함량이 높기 때문으로 사료된다(Innocenti 등

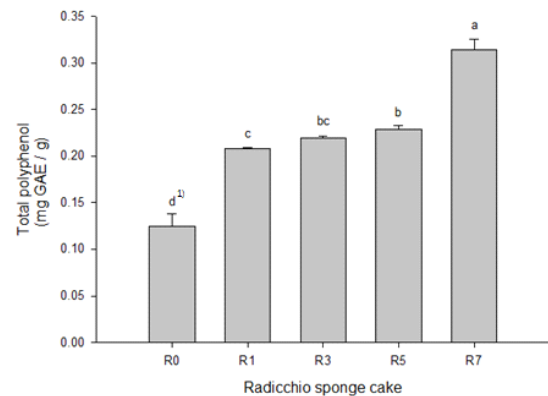


Fig. 2. Total polyphenol content of sponge cakes with different levels of radicchio powder. R0, R1, R3, R5, and R7: prepared with 0, 1, 3, 5 and 7% replacement of cake flour with radicchio powder, respectively. ¹⁾ Means in each bars with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 5. Texture characteristics of sponge cake with radicchio powder

Properties	Radicchio powder in sponge cake (%)				
	0	1	3	5	7
Hardness (g/cm ²)	172.70±19.08 ^{1)a2)}	162.17±5.27 ^{ab}	121.5±1.21 ^c	152.93±6.70 ^b	144.80±0.72 ^b
Springiness (%)	91.44±0.23 ^a	92.72±0.45 ^a	92.32±0.91 ^a	92.86±1.41 ^a	92.43±0.92 ^a
Cohesiveness (%)	79.47±2.40 ^{ab}	79.88±2.01 ^{ab}	77.97±1.36 ^b	82.46±2.41 ^a	79.17±1.56 ^{ab}
Chewiness (g)	138.87±17.25 ^a	134.25±7.05 ^a	94.87±2.04 ^c	128.44±7.91 ^{ab}	116.34±0.58 ^b

¹⁾ Each values are mean±S.D.

²⁾ Means in each row with different superscript letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

2005). 한편, 라디치오에는 안토시아닌을 포함하여 갈산, 프로토키테루산, 카페인산, 키코르산 등의 페놀류 물질들이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Rossetto 등 2005).

6. DPPH 라디칼 소거능

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 시료를 희석하여 농도별로 각각의 라디칼 소거능을 구하였고, 그 결과로부터 얻은 일차함수 관계식에 의해 DPPH 50%를 제거하는 시료의 농도(IC₅₀)를 구하였다. 대조군 및 1, 3, 5, 7% 첨가군의 IC₅₀은 각각 247.63, 234.31, 164.00, 128.14, 62.09 mg/mL로 점점 감소하였으며, 라디치오 분말을 첨가할수록 스펀지 케이크의 항산화력이 높아지는 것으로 밝혀졌다. 이는 부재료로 들어간 라디치오 분말 안에 있는 폴리페놀류와 안토시아닌 때문으로 사료된다(Innocenti 등 2005). 녹차잎을 첨가한 스펀지

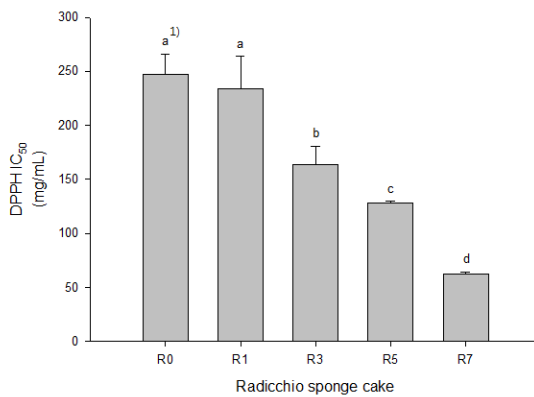


Fig. 3. DPPH radical scavenging effect (IC₅₀) of sponge cake with different levels of radicchio powder. R0, R1, R3, R5, and R7: prepared with 0, 1, 3, 5 and 7% replacement of cake flour with radicchio powder, respectively. ¹⁾ Means in each bars with different letter are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

케이크에서도 항산화 활성이 좋은 녹차잎 분말 첨가량이 증가할수록 녹차잎 스펀지 케이크의 DPPH 라디칼 소거능이 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다(Lu 등 2010).

7. 관능검사

라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 스펀지 케이크의 색상(color)은 컨트롤을 제외하였을 때 3% 첨가군에서 가장 높은 점수를 받았다. 향미(flavor)는 대조군과 라디치오 분말 첨가군 사이에 유의적인 차이는 없었으나 대조군에서 5.30으로 가장 높았으며, 7% 첨가군에서 4.45로 가장 낮아 점차 감소하는 경향을 보였다. 단맛(sweetness)은 4.45~5.25 범위의 점수를 보였으며, 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 라디치오를 포함한 치커리종에는 lactucopiprin과 같은 sesquiterpene lactone(SL) 성분이 포함되어 있는데(Wulfkuehler 등 2015), 이 성분이 내는 쓴맛이 스펀지 케이크의 맛과 향미에 영향을 준 것으로 사료된다. 촉촉함(moisture)은 라디치오 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였고($p < 0.05$), 이는 수분 함량 측정에서의 결과와 유사하였다. 씹힘성(chewiness)은 라디치오 분말의 첨가량에 따라 감소하는 결과를 보였는데, 본 연구의 조직감 측정에서 라디치오 분말 첨가량에 따라 씹힘성이 감소한 결과와 관련이 있는 것으로 사료된다. 전반적인 기호도(overall quality)는 3% 첨가군에서 5.35로 가장 높았다. 라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크 제조 시 밀가루의 3%를 라디치오 분말로 대체하는 것이 가장 적절한 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 기능성 제빵제품 개발의 일환으로 라디치오 분말을 첨가하여 스펀지 케이크를 제조하고, 분말 첨가 비율(1~7%)에 따른 스펀지 케이크의 품질 특성 및 항산화 활성

Table 6. Sensory preference score for sponge cake with radicchio powder

Properties	Radicchio powder in sponge cake (%)				
	0	1	3	5	7
Color	5.65±1.31 ^{1)a2)}	4.90±1.21 ^{ab}	5.30±0.73 ^{ab}	4.50±1.28 ^b	4.60±1.27 ^b
Flavor	5.30±1.26 ^a	5.20±1.15 ^a	5.15±1.14 ^a	4.70±1.22 ^a	4.45±1.36 ^a
Moisture	5.35±1.18 ^a	4.85±1.14 ^{abc}	5.10±1.17 ^{ab}	4.15±1.27 ^c	4.50±1.40 ^{bc}
Sweetness	5.25±1.12 ^a	4.80±0.95 ^{ab}	4.95±1.15 ^{ab}	4.45±0.89 ^b	4.50±1.00 ^b
Chewiness	5.35±1.04 ^a	5.25±1.02 ^a	5.05±1.10 ^{ab}	4.40±1.23 ^b	4.55±1.50 ^{ab}
Overall quality	5.50±1.36 ^a	5.20±1.36 ^{ab}	5.35±0.99 ^{ab}	4.65±1.04 ^b	4.55±1.39 ^b

¹⁾ Each values are mean±S.D.

²⁾ Means in each row with different superscript letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

을 분석하여 적절한 라디치오 분말 첨가량을 제시하고자 하였다. 라디치오 스펀지 케이크의 pH는 라디치오 분말을 첨가함에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 감소하는 경향이 나타났다. 스펀지 케이크의 비중은 유의적으로 증가하는 결과를 보였다. 수분 함량은 감소하였으며, 굽기 손실률은 증가하는 경향을 보였다. Crust의 색도는 라디치오 분말의 첨가 수준에 따라 L, a, b값이 유의적으로 감소하였고, Crumb의 색도는 L값과 b값이 감소하고, a값은 증가하는 경향을 보였다. 조직감 측정에서는 경도와 씹힘성이 점차 감소하였고, 응집성과 탄력성은 유의적인 차이가 없었다. 라디치오 분말 첨가량에 따라 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였고, DPPH 라디칼 소거능 측정에서 IC₅₀은 점점 감소하여 라디치오 분말을 첨가할수록 스펀지 케이크의 항산화력이 높아지는 것으로 나타났다. 관능검사 결과, 향미, 단맛, 촉촉함, 씹힘성 등이 분말 첨가에 따라 감소하였으나, 3% 첨가군에서 색상 및 전반적인 기호도에서 높은 점수를 받아, 라디치오 분말을 첨가한 스펀지 케이크 제조 시 밀가루의 3%를 라디치오 분말로 대체하는 것이 가장 적절한 것으로 사료된다.

References

- AACC. 2000. Approved Method of the AACC. 10th ed. Method 10-15. American Association of Cereal Chemists
- Ash DJ, Colmey JC. 1973. The role of pH in cake baking. *Baker's Digest* 47:36-42
- Baek GH, Jeong HS, Kim H, Yoon TJ, Suh HJ, Yu KW. 2012. Pharmacological activity of chaga mushroom on extraction conditions and immunostimulating polysaccharide. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1378-1387
- Carazzone C, Mascherpa D, Gazzani G, Papetti A. 2013. Identification of phenolic constituents in red chicory salads (*Chicorium intybus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionisation tandem mass spectrometry. *Food Chem* 138:1062-1071
- Chang HG. 2004. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of millet flour. *Korean J Food Sci Technol* 36:952-958
- Cho KR. 2010. Quality characteristics of sponge cake added with leek (*Allium tuberosum* Rottler) powder. *Korean J Food & Nutr* 23:478-484
- Choi GY, Bae JH, Han GJ. 2007. The quality characteristics of sponge cake containing a functional and natural product (1. mulberry leaf powder). *J East Asian Soc Dietary Life* 17:703-709
- Chung YS, Kim DJ. 2009. Quality characteristics of sponge cake with pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* Jusl.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:914-919
- Chung YS, Kwak YH, Lee MN, Kim DJ. 2009. Quality characteristics of sponge cake with erythritol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1606-1611
- D'evoli L, Morroni F, Lombardi-Boccia G, Lucarini M, Hrelia P, Cantelli-Forti G, Tarozzi A. 2013. Red chicory (*Cichorium intybus* L. cultivar) as a potential source of antioxidant anthocyanins for intestinal health. *Oxid Med Cell Longev*
- Hong JI, Kim HJ, Kim JY. 2011. Factors affecting reactivity of various phenolic compounds with the Folin-Ciocalteu reagent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:205-213
- Hwang ES, Ki KN. 2013. Stability of the anthocyanin pigment extracted from aronia (*Aronia melanocarpa*). *Korean J Food Sci Technol* 45:416-421
- Jo KA, Lee YJ, Sim CH, Kim KJ, Chun SS. 2010. Quality characteristics of sponge cake prepared with *Lentinus edodes* powder. *Korean J Food & Nutr* 23:218-225
- Julia RG, Ana P, Ana S, Isabel H. 2012. Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. *J Food Sci* 77: C189-C197
- Jung HC. 2012. Quality characteristics of sponge cake with added baked black soybean powder. *J East Asian Soc Dietary 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 CS. 2007. Qualitative characteristics of sponge cakes with addition of *Gastrodiae rhizoma* powder. *Korean J Culinary Research* 13:211-219
- Kaulmann A, Jonville MC, Schneider YJ, Hoffmann L, Bohn T. 2014. Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of *Brassica oleraceae* and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food Chem* 155: 240-250
- Kim HS, Lee CH, Oh JW, Lee JH, Lee SK. 2011. Quality characteristics of sponge cake with added lotus leaf and lotus root powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1285-1291
- Kim JH, Lee KJ. 2013. Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Dietary Life* 23:750-759

- Korean Statistical Information Service. 2015. Average monthly household per household resin. Available from http://www.atfis.or.kr/html/report/2014/RPT_FFS_06_03.html [cited 2015 May 20]
- Kwon MS, Lee MH. 2015. Quality characteristics of sponge cake added with rice bran powder. *Korean J Culinary Research* 21:168-180
- Lavelli V. 2008. Antioxidant activity of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated in xanthine oxidase-, myeloperoxidase-, and diaphorase-catalyzed reactions. *J Agric Food Chem* 56:7194-7200
- Lee JH, Heo SA. 2010. Physicochemical and sensory properties of sponge cakes incorporated with *Ecklonia cava* powder. *Food Engineering Progress* 14:222-228
- Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee YS. 2007. Quality characteristics of sponge cake added with *mesangi* (*Capsosiphon fulvescens*) powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23:83-89
- Lee JH, Son SM. 2011a. Effect of *Cudrania tricuspidata* leaf powder addition of the quality of sponge cakes. *Food Engineering Progress* 15:376-381
- Lee JH, Son SM. 2011b. Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. *Food Engineering Progress* 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 KH, Kim KH. 2014. Quality characteristics of sponge cake added with *Helianthus tuberosus* powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 24:126-135
- Lee S, Lee JH. 2013a. Quality of sponge cakes supplemented with cinnamon. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:650-654
- Lee SE, Lee JH. 2013b. Quality and antioxidant properties of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. *Korean J Food Sci Technol* 45:53-58
- 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* 41:233-238
- 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 Dietary 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
- Innocenti M, Gallori S, Giaccherini C, Ieri F, Vincieri FF, Mulinacci N. 2005. Evaluation of the phenolic content in the aerial parts of different varieties of *Cichorium intybus* L. *J Agric Food Chem* 53:6497-6502
- Rossetto M, Lante A, Vanzani P, Spettoli P, Scarpa M, Rigo A. 2005. Red chicories as potent scavengers of highly reactive radicals: a study on their phenolic composition and peroxyl radical trapping capacity and efficiency. *J Agric Food Chem* 53:8169-8175
- Shin JH, Choi DJ, Kwon OC. 2007. Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and yuza powder. *Korean J Food & Nutr* 20:392-398
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16:144-158
- Sumnu G, Sahin S, Sevimli M. 2005. Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes. *J Food Eng* 71:150-155
- Tsuda T. 2012. Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Mol Nutr Food Res* 56:159-170
- Wallace TC. 2011. Anthocyanins in cardiovascular disease. *Adv Nutr* 2:1-7
- Wulfkuehler S, Dietz J, Schmidt H, Weiss A, Carle R. 2015. Quality of fresh-cut radicchio cv. Rosso di Chioggia (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi) as affected by water jet cutting and different washing procedures. *Eur Food Res Technol* 240:159-172
- Yoon SB, Hwang SY, Chun DS, Kong SK, Kang KO. 2007. An investigation of the characteristics of sponge cake with ginseng powder. *Korean J Food & Nutr* 20:20-26

Received 2 September, 2015

Revised 6 October, 2015

Accepted 19 October, 2015