

녹차 분말 함유 쌀스펀지 케이크의 품질특성 및 산화방지 활성

이민정¹ · 황은선^{1,2,*}

¹한경대학교 영양조리학과, ²한경대학교 한국전통식품글로벌센터

Quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cake with added green tea powder

Min Jeong Lee¹ and Eun-Sun Hwang^{1,2,*}

¹Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University

²Korean Food Global Center, Hankyong National University

Abstract We investigated the quality and antioxidant activities of sponge cake prepared containing 1-5% of green tea powder (GT). The water content in the cake increased with an increase in the amount of GT added. Although the hardness and springiness of the rice sponge cake increased, the adhesiveness decreased with increasing the level of GT. The cohesiveness, chewiness, and resilience of the rice sponge cake with GT were similar to those of the control. Chromaticity determination revealed that lightness, redness, and yellowness of the crust decreased with increasing GT content. Total polyphenol and flavonoid contents increased proportionally with increasing GT level. Antioxidant activity, measured by DPPH and ABTS radical scavenging as well as reducing power activities, was significantly higher in the rice sponge cake with GT than in the control. Sensory evaluation determined that addition of 1-3% GT to the rice sponge cake maintained the color, taste, texture, flavor, and overall acceptance similar to that of the control.

Keywords: green tea powder, rice sponge cake, total polyphenol content, antioxidant activity, sensory evaluation

서 론

스펀지케이크는 달걀의 기포성을 이용한 케이크로서 거품 낸 계란이 공기를 포집하고 이 기포가 가열에 의해 팽창하여 스펀지 상태로 부풀기 때문에 붙여진 이름이다(1). 과거에는 제과와 제빵에 사용되는 주재료와 부재료의 역할과 영양이나 맛, 경제성의 향상을 목적으로 하는 연구가 주류를 이루었다면 최근에는 천연 재료를 첨가하여 기능성을 부여한 연구들이 이루어지고 있다. 최근까지 바나나(2), 청경채(3), 연잎과 연근(4), 솔잎(5), 브로콜리(6) 등의 기능성 재료를 분말의 형태로 첨가하여 제조한 스펀지 케이크에 관한 연구가 진행되어 왔다.

쌀은 건강식품 소재로 각광받고 있으며 시대적 요구에 발맞추어 밀가루를 쌀가루로 대체하려는 다양한 연구가 시도되고 있다. 쌀에는 과민성 장질환(celiac disease)을 일으키는 원인 물질로 알려진 글루텐(gluten)을 함유하지 않아 밀가루를 대체할 수 있는 좋은 소재이다. 이미 서양이나 일본에서는 쌀을 이용한 빵, 과자, 이유식 등 다양한 가공식품들이 시도되고 있다(7). 우리나라에서도 쌀가루로 제조한 쿵 브래드나 쌀 머핀 등의 연구가 이루어지고 있다. 쌀가루는 밀가루에 비해 수분결합력이 높은 편이나 지

방결합력은 밀가루보다 매우 낮고 반죽의 비중은 거의 대부분의 쌀 품종에서 밀가루 반죽에 비해서 유의적으로 높게 나타났다(7). 쌀가루로 제조한 빵과 과자류는 부피, 굵기에 의한 수분 감소율과 관능평가 등을 종합적으로 고려할 때 밀가루 제품보다 경도가 낮고 최종 완성품의 부피가 더 크며 관능평가에서 향미가 우수한 것으로 나타났다(7). 쌀가루를 제빵의 재료로 활용할 경우에는 제빵성과 점탄성을 고려할 때, 밀가루에 대해 10-30%의 저비율로 첨가하는 것이 일반적이다(8). 그러나 스펀지케이크는 밀가루내의 글루텐의 점탄성에 크게 지배를 받지 않기 때문에 쌀가루를 많이 첨가하여 제조할 수 있다. 이러한 이유로 밀가루를 쌀가루로 대체한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그 예로는 쌀 스펀지케이크의 제빵성(1, 9-11), 쿠키의 품질 특성(11), 시폰 케이크(12), 쌀 베이글(13), 쌀 식빵의 품질 연구(14), 녹차 다식 개발과 품질 특성에 관한 연구(15) 등이 있다.

녹차는 발효과정을 거치지 않은 비발효차로 타닌의 떫은맛, 카페인, 쓴맛, 각종 아미노산과 당류의 단맛, 방향성 향미성분 등이 어우러진 우리나라 고유의 전통 차이다. 녹차에는 카테킨, 카페인, 비타민 C, β -카로틴, γ -아미노락산, 플라보노이드, 다당류, 플루오린, 비타민 E, 테아민 등의 기능성 물질들이 함유되어 있다(16-18). 특히, 녹차에 함유되어 있는 카테킨(catechin)은 가장 대표적인 폴리페놀화합물로 산화방지 기능이 가장 잘 알려진 하이드록시기(-OH)를 2개 이상 갖고 있는 물질로 암예방, 혈압 상승과 동맥경화 억제, 혈전 예방에 탁월한 효능을 지닌 것으로 알려져 있다(19). 또한, 녹차에는 에피갈로카테킨 갈레이트(epigallocatechin gallate), 에피갈로카테킨(epigallocatechin), 에피카테킨(epicatechin) 등의 플라보노이드 물질이 함유되어 있어 녹차 특유의 떫은맛을 나타낼 뿐 아니라 지질의 산화 억제, 암 예방, 혈액순

*Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea
Tel: +82-31-670-5182
Fax: +82-31-670-5189
E-mail: ehwang@hknu.ac.kr
Received April 16, 2016; revised May 27, 2016;
accepted May 28, 2016

환 개선, 충치 예방 등의 효능이 보고되고 있다(18,19). 녹차가 가진 기능성으로 인해 녹차는 음료 뿐 아니라 과자, 밥, 떡 등의 다양한 식품에 첨가하고 있으나 쌀빵이나 쌀케이크에 첨가한 사례는 아직까지 보고되어 있지 않다(20-22).

따라서 본 연구에서는 쌀가루에 건강 기능성이 입증된 녹차 분말을 첨가하여 스펀지케이크를 제조한 후 이화학적 품질 특성, 관능적인 특성, 산화방지 물질의 함량과 산화방지 활성을 측정함으로써 스펀지케이크에 쌀가루와 녹차의 적용 가능성을 탐색하였다. 이를 통해 녹차와 쌀가루의 이용성을 증진시킬 수 있는 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 모든 재료는 제과제빵 재료상인 윤창상사(Suwon, Korea)에서 구입해서 실험재료로 사용했다. 녹차 분말(Baeklok Dawon, Boseong, Korea), 박력쌀가루(Idaadoo, Gunsan, Korea), 설탕(Qone, Suwon, Korea), 베이킹파우더(Choheung, Suwon, Korea), 바닐라향(Poong Jeon Food, Suwon, Korea), 럽주(BINH TAY Liqueur J.S.C., Hochiminh City, Vietnam) 등을 사용하였으며 달걀은 안성시내 마트에서 구입하였다. 폴린-시오칼토 페놀 시약(Folin-Ciocalteu's phenol reagent), 갈산(gallic acid), 카테킨(catechin), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, nitro blue tetrazolium chloride (NBT), 니코틴아미이드 아데닌 다이뉴클레오타이드(nicotinamide adenine dinucleotide, NADH), 인산이수소소듐(sodium phosphate monobasic), 데옥시리보스(deoxy-d-ribose)와 트리스-염산(Tris-HCl), 파라메틸스타이렌(para-methyl styrene, PMS)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St Louis, MO, USA)로부터 구입하였고, 2,2'-azino-bis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS)는 Fluka (Heidelberg, Germany)에서 구입하였다. 그 외 시약들은 Sigma-Aldrich Chemical Co.와 Junsei Chemical Co., Ltd. (Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

쌀스펀지 케이크의 제조

쌀가루에 녹차 분말을 첨가하여 스펀지케이크를 제조한 후 예비 관능평가를 실시한 결과 맛과 케이크의 형태 등을 고려할 때 녹차 분말은 쌀가루 중량의 최대 5%까지 첨가하는 것이 적절한 것으로 판단되었다. 예비실험 결과에 따라 Table 1과 같은 배합 비율로 스펀지케이크를 제조하였다. 녹차 분말을 첨가하지 않고 쌀가루만으로 제조한 스펀지케이크를 대조군으로 하였고, 실험군은 쌀가루 무게에 대해 녹차 분말을 1, 3 및 5%의 비율로 첨가하여 제조하였다.

믹싱볼(KB-502, Kimhill Bakery Machinery Co., Chiayi City, Taiwan)에 달걀을 넣고 거품기로 1분 정도 풀어준 다음 설탕과 소금을 넣고 섞고 저속으로 1-2분간 휘핑, 중속으로 2-4분 휘핑, 고속으로 10-12분 간 휘핑, 다시 중속으로 2-4분 휘핑을 해준 후 기포가 균일해지도록 믹싱하였다. 쌀가루, 녹차 분말, 베이킹파우더와 바닐라향을 섞어서 분말이 멎지 않도록 체에 친 후, 믹싱을 완료한 반죽과 가볍게 3-4분간 혼합한 후, 약간의 반죽을 럽과 섞어서 본반죽과 분리되지 않도록 잘 저어주며 반죽을 완료하였다. 팬(60×40×4.5 cm)에 유산지를 알맞게 재단해 깔고 반죽을 60% 정도 넣고 표면을 고르게 한 다음 가볍게 탭핑해 기포를 제거하였다. 반죽된 재료를 오븐기(FAO-7104, Dae Young Co., Seoul, Korea)에서 윗불을 170°C로 아랫불을 180°C로 하여 40-45분 동안 구웠다. 완성된 녹차 쌀스펀지 케이크는 실온에서 3시간

Table 1. Formular for rice sponge cake with different amount of green tea powder

Ingredients (g)	Control	Green tea powder (%)		
		1	3	5
Rice flour	500	495	485	475
Green tea powder	0	5	15	25
Sugar	550	550	550	550
Egg	800	800	800	800
Salt	4	4	4	4
Baking powder	2	2	2	2
Vanilla flavoring	2	2	2	2

동안 냉각시킨 후 각종 분석과 관능평가의 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분분석은 AOAC(23)의 방법에 따라 수분정량은 상압건조방법으로 105°C에서 건조하여 정량하였고, 조회분은 600°C 직접회화법으로 측정하였다. 조지방은 속슬렛(Soxhlet) 추출기(Soxtex System HT 1043, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하여 다이에틸에테르(diethyl ether)로 추출하여 정량하였다. 조단백질은 세미마이크로 켈달법(semimicro-Kjeldahl)으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator)로 분석하였다.

외형적 특성 관찰

제조한 스펀지케이크의 외관을 디지털 카메라(Samsung MV800, Seoul, Korea)로 촬영하여 관찰하였다.

조직감 측정

기계적 물성 측정은 Texture analyzer (CT3 10K, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 texture profile analysis (TPA)로 측정하였다. 제조 후 상온에서 2시간이 경과한 시료를 일정한 크기(2.5×2.5×2.5 cm)로 잘라 폴리에틸렌 랩(polypropylene wrap)으로 싼 다음 평가 직전에 랩(wrap)을 벗겨 플레이트(plate)의 중앙에 놓고 반복 압착(Two-Bite)으로 3회 측정하여 평균값을 구하였다. 시료를 압착했을 때 얻어진 커브(curve)로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 탄성(resilience) 및 탄력성(springiness)을 측정하였다. 시료는 TA25/1000의 probe를 이용하여 trigger load, 0.50 mm/sec test speed, 60% target value 조건으로 측정하였다.

색도 측정

색차계(Chrome Meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 쌀스펀지 케이크 외부와 내부의 색도를 측정하고 명도(L*, lightness), 적색도(a*, redness), 황색도(b*, yellowness) 값으로 표시하였다. 표준 백색판의 L*, a*, b* 값은 각각 97.10, +0.24, +1.75 이었다.

총 폴리페놀 함량 분석

제조한 케이크 3g에 증류수 12 mL을 첨가하여 40°C에서 5분간 입파처리(sonication) 한 후, 10분간 원심분리(3,000 rpm)하여 상층액을 취하여 시료 추출물로 하였다. 시료 추출물 0.5 mL에 폴린(Folin) 시액 0.5 mL을 혼합하여 실온에서 3분 동안 반응시킨 후 2% 탄산소듐(Na₂CO₃) 1.5 mL을 첨가하여 암소에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 760 nm에서 마이크로플레이트 판

독기(microplate reader) (Infinite M200 Pro, Tecan Group Ltd. San Jose, CA, USA)로 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid (6.25100 µg/mL) 표준곡선을 이용하여 시료 g당 갈산 당량(gallic acid equivalent, GAE)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 분석

케이크 추출물 1 mL을 취하여 2% aluminium chloride methanolic solution 1 mL을 첨가하여 실온에서 15분간 반응시킨 후 430 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량은 퀘세틴(querctetin) (6.25-100 µg/mL)의 표준곡선을 통하여 시료 g당 퀘세틴당량(querctetin equivalent, QE)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

케이크 추출물을 농도별로 96-well plate에 100 µL씩 넣고 0.2 mM DPPH (Sigma Chemical) 용액 100 µL를 첨가한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. Microplate reader로 515 nm에서 흡광도를 측정하고 시료의 DPPH 라디칼 소거활성을 아래 식에 대입하여 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%)

$$= (1 - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{시료 무 첨가구의 흡광도}) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능

케이크 추출물 100 µL와 0.2 mM ABTS (Sigma Chemical) 용액 100 µL를 96-well plate에 첨가한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 후 Microplate reader로 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 ABTS 라디칼 소거활성은 아래 식에 대입하여 계산하였다.

ABTS 라디칼 소거능(%)

$$= (1 - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{시료 무 첨가구의 흡광도}) \times 100$$

환원력 측정

농도별로 희석한 케이크 추출물 250 µL와 0.2 mM 인산완충용액(phosphate buffer) (pH 6.6) 250 µL를 1% potassium hexacyanoferrate 250 µL와 혼합하여 50°C 물중탕(water bath)에서 20분 동안 반응시켰다. 이후에 10% 트리아세트산(trichloroacetic acid) (TCA) 250 µL를 첨가하여 반응을 종료시켰다. 이 혼합액을 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리 한 후, 500 µL의 상층액에 500 µL의 증류수와 100 µL의 10% 염화철(III) (ferric chloride, FeCl₃) 용액을 첨가하여 10분 동안 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력을 나타내었다.

소비자 기호도 평가

쌀스펀지 케이크 관능적인 특성은 영양조리과학을 전공하는 대학생 패널(20-28세) 20명을 대상으로 평가하였다. 녹차 분말을 첨가하지 않고 쌀가루만으로 제조한 스펀지케이크를 대조군으로 하고, 쌀가루 무게에 대해 녹차 분말을 1, 3 및 5%의 비율로 첨가하여 제조한 케이크를 실험군으로 하여 관능평가를 진행하였다. 제조한지 약 2시간 경과 된 스펀지케이크를 일정한 크기(3×3×3 cm)로 자르고 시료에 대한 편견을 막기 위하여 무작위로 조합된 세 자리 난수표를 구분하여 일회용 접시에 담아서 제시하였다. 시료의 제시 순서는 패널마다 랜덤하게 하였으며, 각 시료를 평가한 후에는 제공된 물로 입안을 행구어 입에 남는 감각을 제거하고 다음 시료를 평가하도록 하였다. 평가는 9점 기호 척도를 사용하여 특성이 좋을수록 높은 점수를 기록하도록 하였다. 평가항목은

Table 2. Proximate composition of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

(%)	Green tea powder (%)			
	0	1	3	5
Moisture	22.59±0.21 ^a	25.45±0.16 ^c	25.48±0.10 ^c	23.82±0.00 ^b
Ash	0.78±0.02 ^b	0.74±0.01 ^a	0.79±0.01 ^b	0.79±0.01 ^b
Crude lipid	3.83±0.14 ^b	3.90±0.08 ^b	3.09±0.09 ^a	3.16±0.11 ^a
Crude protein	8.47±0.04 ^b	8.33±0.05 ^a	8.52±0.09 ^{bc}	8.64±0.09 ^c

Data were mean±SD of triplicate experiments.

^{a-c}Means with the same superscript within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

색(color), 맛(taste), 향미(flavor), 텍스처(texture)와 전반적인 선호도(overall acceptance)로 하였다.

통계 분석

모든 결과는 3회 반복실험에 대한 평균±표준편차로 나타내었다. 실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package (Version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후, $p < 0.05$ 수준에서 던컨시험(Duncan's multiple test)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

녹차 분말을 함유한 쌀스펀지 케이크의 일반성분 함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 쌀스펀지 케이크의 수분함량은 녹차 분말을 첨가하지 않는 대조군에서 22.59%로 가장 낮았고, 녹차 분말 함량이 1-3%까지 증가함에 따라 수분함량도 25.45-25.48%로 증가하였다. 다만, 녹차 분말 5%를 첨가하여 제조한 실험군에서는 수분함량이 23.82%로 대조군보다는 높았으나 녹차 분말 함량이 1-3%인 실험군에 비해서는 감소하여 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 녹차 분말은 쌀가루에 비해 수분결합력이 크고, 녹차 분말에 함유된 수용성 식이섬유소가 수분 증발을 억제하여 전반적인 수분함량이 증가한 것으로 사료된다(3). 이는 청경채 분말과 홍삼박을 첨가하여 제조한 스펀지케이크에서 이들 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 수분함량도 증가한다는 연구결과와 일치하는 경향을 보였다(3,24). 빵이나 케이크의 수분함량은 텍스처와 저장수명을 결정하는 중요한 인자로 수분함량이 높을수록 조직이 부드럽고 노화를 지연시키는 것으로 알려져 있다(25).

쌀스펀지 케이크의 회분은 대조군과 녹차 분말을 3-5% 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크에서 각각 0.78%와 0.79%로 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 수치상으로는 다소 증가하였으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. 녹차 분말을 1% 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크의 회분 함량은 0.74%로 다른 실험군에 다소 낮게 나타났다. 조지방은 대조군과 녹차 분말 함량이 1%인 실험군에서 각각 3.83%와 3.90%로 나타났으나, 녹차 분말을 3-5%까지 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크에서는 3.09-3.16%로 감소하였다. 조단백질은 녹차 분말을 첨가하지 않고 제조한 대조군에서는 8.47%이었고, 녹차 분말을 1% 첨가한 실험군에서는 8.33%로 다소 감소하였으나, 녹차 분말 함량이 3-5%까지 증가함에 따라 8.52-8.64%로 점차 증가하였다. 이는 녹차 분말에 함유된 조단백질의 증가에 의한 것으로 사료된다. 선행연구에 의하면

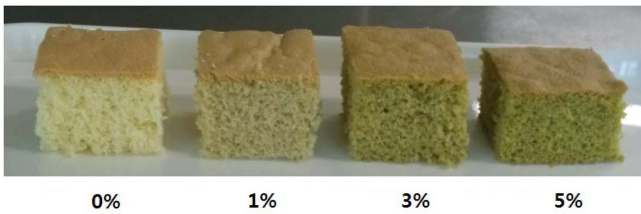


Fig. 1. Rice sponge cake partially substituted with different amount of green tea powder (0%: control, 1% green tea powder, 3% green tea powder, and 5% green tea powder added rice sponge cake).

조지방과 조단백질 함량은 쌀가루에서는 각각 0.29-0.37%와 7.58-8.77%로 녹차가루에서는 10.7% 및 23.4%로 보고되고 있다(22,26). 청경채를 첨가하여 제조한 스펀지케이크에서도 청경채 분말 첨가량이 증가할수록 조단백질 함량이 증가하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타냈다(3).

외형적 특성 관찰

제조한 녹차 분말 함유 쌀스펀지 케이크의 단면은 Fig. 1과 같다. 녹차 분말의 첨가량이 증가함에 따라 케이크 외부 표면과 내부가 녹차 특유의 녹색이 짙어지는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 또한, 대조군과 녹차 분말을 1-3% 첨가한 실험군에서는 부피의 차이를 현저히 느끼지는 못하였으나 녹차 분말을 5% 첨가하여 제조한 케이크에서는 부피의 감소를 관찰할 수 있었다. 이는 케이크 내부에 air cell의 발달이 저하되어 비중이 증가하면서 대조군에 비해 기공의 크기가 작고 조밀하여 잘 부풀지 않아 부피가 감소한 것으로 사료된다. 본 결과와 유사하게 브로콜리, 백년초 및 함초를 분말 형태로 첨가하여 제조한 스펀지케이크에서도 대조군에 비해 기공이 작고 거칠게 형성되었으며, 이들 분말의 첨가량에 비례하여 완성된 케이크의 부피가 확연히 감소함을 확인할 수 있었다(6,27,28).

텍스처 측정

녹차 분말 함량을 달리하여 제조한 스펀지케이크의 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 탄성(resilience)과 탄력성(springiness)을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 경도는 노화현상을 가장 쉽게 볼 수 있는 특성으로 대조군의 경도는 3.87이었으며, 녹차 분말 함량을 1, 3, 5% 첨가한 경우에 각각 4.11, 5.21, 5.32로 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 경도는 스펀지케이크의 부피와 밀접한 관련성이 있는 요소로, 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군에 비해 녹차 분

말 함량이 증가함에 따라 경도도 증가하는 것은 확인하였다. 이는 케이크 제조과정에서 녹차 분말의 첨가로 인해 기포형성과 팽창이 억제되어 기공 형성을 방해하여 부피가 줄어든 결과로 판단된다(3). 밀가루를 대신하여 기능성 분말을 첨가하여 제조한 스펀지케이크의 경도를 측정된 선행연구들(2-4)에서도 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 경도가 높게 나타나 본 연구와 비슷한 결과를 나타냈다. 일반적으로 스펀지케이크의 경도는 케이크의 부피, 기공의 발달 정도, 수분함량 등에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다(2).

부착성은 대조군이 0.33이었으나, 녹차 분말을 1-5%까지 첨가하여 제조한 실험군의 경우는 경도가 0.30-0.15로 대조군에 비해 통계적으로 유의성 있는 수준에서 감소하였다.

응집성은 식품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 척도로 대조군이 0.52였고, 녹차 분말 함량과 관계없이 통계적으로 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 씹힘성의 경우도 응집성과 유사하게 나타나 대조군과 녹차 분말을 첨가한 실험군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

탄성은 대조군과 실험군에서 유의적으로 차이가 나타나지 않았으며, 탄력성은 대조군이 15.77이었으나, 녹차 분말 함량이 증가함에 따라 16.84-17.82까지 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 부재료를 첨가하여 제조한 스펀지케이크에서는 이들 부재료들이 케이크의 내부 조직을 단단하게 하여 탄력성이 증가한다고 보고(29,30)하여 본 결과와 유사하게 나타났다.

색도 측정

녹차 분말 첨가의 쌀스펀지 케이크의 색도 측정 결과는 Table 4와 같다. 외부 표면색의 경우, 밝은 정도를 나타내는 L*값은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군이 59.20으로 가장 높게 나타났으며, 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여, 녹차 분말을 5% 첨가한 쌀스펀지 케이크에서는 52.17로 가장 낮게 나타났다. 이는 녹차 분말 첨가로 인해 녹색이 짙어지고 표면색이 어두워짐을 알 수 있다. 적색도를 나타내는 a*값은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군이 9.48로 가장 높게 나타났으며 녹차 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데 5% 첨가한 실험군에서는 5.32로 가장 낮은 값을 나타냈다. 황색도를 나타내는 b*값은 녹차 분말을 첨가하지 않고 제조한 대조군에서는 22.66으로 가장 높았고, 녹차 분말을 1-5%까지 첨가한 실험군에서는 19.57-20.19로 감소함을 관찰할 수 있었다.

쌀스펀지 케이크의 내부색을 측정된 결과, 케이크의 밝은 정도를 나타내는 L*값은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군이 77.31로 가장 높게 나타났으며, 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여, 녹차 분말을 5% 첨가하여 제조한 쌀스펀지

Table 3. Texture of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

Measurement	Green tea powder (%)			
	0	1	3	5
Hardness (N)	3.87±0.17 ^a	4.11±0.59 ^a	5.21±0.92 ^b	5.32±0.23 ^b
Adhesiveness (mJ)	0.33±0.19 ^b	0.30±0.00 ^b	0.15±0.30 ^a	0.15±0.10 ^a
Cohesiveness	0.52±0.03 ^a	0.54±0.03 ^a	0.52±0.02 ^a	0.55±0.02 ^a
Chewiness (mJ)	31.80±1.30 ^a	30.58±6.06 ^a	34.18±4.32 ^a	32.38±1.7 ^a
Resilience	0.25±0.01 ^a	0.27±0.02 ^a	0.26±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a
Springiness (mm)	15.77±0.44 ^a	17.82±0.64 ^c	17.72±0.79 ^c	16.84±0.23 ^b

Data were mean±SD of triplicate experiments.

^{a-c}Means with the same superscript within the same row are not significantly different at $p < 0.05$.

Table 4. Hunter's color values of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

Green tea powder (%)	L*		a*		b*	
	Crust	Crumb	Crust	Crumb	Crust	Crumb
0	59.20±0.93 ^b	77.31±2.70 ^c	9.48±0.09 ^c	-4.43±0.12 ^a	22.66±0.61 ^b	18.59±0.51 ^a
1	57.65±2.57 ^b	62.26±1.67 ^b	6.60±0.52 ^b	-0.30±0.12 ^d	19.57±0.56 ^a	18.52±0.43 ^a
3	53.81±0.47 ^a	52.91±2.01 ^a	6.14±0.32 ^b	-1.83±0.65 ^c	20.19±0.38 ^a	20.04±0.66 ^b
5	52.17±0.60 ^a	51.57±1.48 ^a	5.32±0.25 ^a	-2.53±0.20 ^b	19.62±0.32 ^a	22.41±0.47 ^c

Data were mean±SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with the same superscript within the same column are not significantly different at $p<0.05$.

Table 5. Total polyphenol and flavonoid contents of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

Green tea powder (%)	Total polyphenol (mg GAE ¹ /g)	Total flavonoid (mg QE ² /g)
0	6.55±0.20 ^a	0.00±0.00 ^a
1	41.79±1.31 ^b	17.76±0.39 ^b
3	115.71±0.37 ^c	68.38±2.66 ^c
5	278.84±2.01 ^d	124.94±3.50 ^d

^{a-d}Values with the different superscript within the same column are significantly different at $p<0.05$.

¹GAE: gallic acid equivalent

²QE: quercetin equivalent

케이크에서는 51.57로 가장 낮은 값을 나타냈다. 적색도를 나타내는 a*값은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군이 -4.43으로 가장 낮은 값을 보인 반면에 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 황색도를 나타내는 b*값은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군에서는 18.59로 가장 낮았고, 녹차 분말 함량이 1-5%까지 증가함에 따라 18.52-22.41로 증가하였다. 녹차, 브로콜리 등은 클로로필 색소를 함유하고 있는데 이들을 분말화하여 쌀가루와 섞어 반죽하여 고온에서 가열하는 과정에서 클로로필 색소의 변화가 일어나 황색도가 증가한 것으로 사료된다(3). 케이크의 외부 표면색과 내부색이 차이를 보이는 것은 케이크를 굽는 동안 케이크 반죽이 노출되는 온도 차이에 의한 것으로 사료된다(31).

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

녹차 분말을 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 Table 5와 같다. 녹차 분말을 첨가하지 않고 제조한 쌀스펀지 케이크의 총 폴리페놀 함량은 중량 1g 당 gallic acid를 기준으로 6.55 mg이었으나 녹차 분말의 첨가량에 증가함에 따라 쌀스펀지 케이크에 함유된 총 폴리페놀 함량도 증가하였다. 즉, 녹차 분말을 1, 3 및 5% 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크의 총 폴리페놀 함량은 각각 41.79, 115.71 및 278.84 mg으로 이는 녹차 분말을 첨가하지 않는 쌀스펀지 케이크에 비해 총 폴리페놀 함량이 6, 3, 42.6배 까지 증가한 수치였다.

녹차 분말을 첨가하지 않고 제조한 쌀스펀지 케이크의 총 플라보노이드 함량은 중량 1g당 quercetin을 기준으로 검출되지 아니하였으나 녹차 분말의 첨가량에 비례하여 쌀스펀지 케이크의 함유된 총 플라보노이드 함량이 많이 증가함을 확인하였다. 즉, 녹차 분말을 1, 3, 5% 첨가한 쌀스펀지 케이크에서 총 플라보노이드 함량은 각각 17.76, 68.38 및 124.94 mg으로 확인되었다.

항산화/산화방지 활성 측정

녹차 분말을 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크의 산화방지 활

Table 6. Antioxidant activities of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

Green tea powder (%)	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)	Reducing power activity
0	1.02±0.05 ^a	0.66±0.27 ^a	0.14±0.00 ^a
1	16.10±1.05 ^b	13.47±1.26 ^b	0.20±0.00 ^b
3	52.88±0.40 ^c	40.97±0.95 ^c	0.29±0.00 ^c
5	77.60±0.21 ^d	71.54±1.22 ^d	0.41±0.00 ^d

Data were mean±SD of triplicate experiments.

^{a-d}Means with the same superscript within the same column are not significantly different at $p<0.05$.

Table 7. Sensory evaluation of rice sponge cake prepared with different amount of green tea powder

Characteristics	Green tea powder (%)			
	0	1	3	5
Color	6.70±2.11 ^b	7.15±1.79 ^b	4.95±1.73 ^a	3.90±1.52 ^a
Taste	6.10±1.94 ^b	5.85±1.57 ^{ab}	6.10±1.97 ^b	5.10±1.48 ^a
Flavor	5.10±2.15 ^a	6.25±2.10 ^b	5.40±1.90 ^a	5.00±1.49 ^a
Texture	5.20±2.26 ^{ab}	4.90±1.89 ^a	5.50±1.99 ^b	5.15±1.81 ^{ab}
Overall acceptance	5.35±2.23 ^a	5.50±2.04 ^a	6.05±1.54 ^b	5.20±0.54 ^a

Data were mean±SD of triplicate experiments.

^{a-b}Means with the same superscript within the same row are not significantly different at $p<0.05$.

성을 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성 및 환원력으로 측정하였고 그 결과는 Table 6에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거활성은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군에서 1.02%로 나타났고, 녹차 분말을 1, 3, 5%까지 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크에서는 각각 16.10, 52.88 및 77.60%로 증가하였다. ABTS 라디칼 소거활성도 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 높게 나타났으며, DPPH 라디칼 소거활성과 비슷한 양상을 보였다. 녹차 분말을 첨가하지 않은 쌀스펀지 케이크의 ABTS 라디칼 소거활성은 0.66%로 거의 활성을 나타내지 않은 반면에, 녹차 분말을 1%와 3%로 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크에서는 각각 13.47%와 40.97%의 ABTS 라디칼 억제활성을 나타냈다. 녹차 분말을 5% 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크에서는 71.54%의 ABTS 라디칼 소거활성을 보여 녹차 분말의 첨가량에 비례하여 ABTS 라디칼 소거활성이 증가함을 확인하였다.

환원력은 700 nm에서 흡광도를 측정하였는데, 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 환원력도 높게 나타났으며, 앞서 측정하였던 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성과 비슷한 양상을 보였다. 녹차 분말을 첨가하지 않은 쌀스펀지 케이크의 환원력은 0.164로 가장

낮은 흡광도를 나타내었으나 녹차 분말 함량이 1-5%로 증가함에 따라 흡광도 값도 0.201-0.413으로 증가하여 녹차 분말 첨가량에 비례하여 환원력이 증가함을 확인하였다. 쌀스펀지 케이크의 항산화활성은 쌀스펀지 케이크에 함유된 총 폴리페놀과 총 플라보노이드폴리페놀 함량에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 이는 녹차에 함유된 다량의 폴리페놀 화합물에 기인하는 것으로 판단되며, 이들 생리활성 물질들에 의한 암 예방, 항산화, 염증 억제 등의 건강기능성이 보고되고 있다(18,19).

소비자 기호도 평가

녹차 분말을 첨가하여 제조한 쌀스펀지 케이크의 색, 맛, 향, 텍스처와 전반적인 만족도에 대한 관능평가 결과는 Table 7과 같다. 색의 경우, 대조군에 비해 녹차 분말을 1% 첨가하여 제조한 스펀지케이크의 기호도가 7.15로 가장 높은 값을 나타내었다. 녹차 분말을 3% 및 5% 첨가한 경우는 색에 대한 기호도가 각각 4.95와 3.90으로 감소하였다. 맛에 대한 기호도는 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군과 3%를 첨가한 실험군에서 6.10으로 동일하게 나타났고, 녹차 분말을 1% 및 5% 첨가한 실험군에서는 기호도가 각각 5.85 및 5.10으로 다소 감소하였다. 향에 대한 기호도는 대조군에 비해 녹차 분말을 1% 첨가한 실험군에서 높게 나타났으나, 녹차 분말을 3% 및 5% 첨가한 실험군의 경우는 대조군과 차이를 보이지 않았다. 이는 쌀스펀지 케이크에 첨가한 녹차의 향이 계란의 비린 향을 없애주어 향미 관점에서 미미하지만 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료되며, 녹차 분말 첨가량이 3% 이상으로 증가할 경우에는 강한 녹차향으로 인해 오히려 선호도가 증가하지 않고 대조군과 차이가 없는 것으로 판단된다. 질감의 경우는 대조군에 비해 녹차 분말을 3% 첨가한 실험군에서 5.50으로 가장 높은 선호도를 나타냈다. 전반적인 선호도는 녹차 분말 함량이 3%인 실험군이 6.05로 가장 높은 값을 보였다. 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군과 녹차 분말을 1% 및 5% 첨가한 실험군에서는 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 쌀스펀지 케이크에 녹차 분말을 첨가할 때는 쌀가루 중량의 1% 수준에서 첨가할 경우, 색에 대한 선호도는 대조군과 유사하게 나타났고, 향에 대한 선호도는 대조군보다 높게 나타났다. 녹차 분말을 쌀가루 중량의 3% 수준에서 첨가할 경우는 대조군과 유사한 수준으로 맛에 대한 기호도가 높게 나타났고, 질감 및 전체적인 선호도는 대조군보다 높음을 알 수 있었다.

밀가루나 쌀가루 대신 기능성을 갖춘 부재료를 첨가하여 스펀지케이크를 제조할 경우에는 품질 및 관능적인 특성을 고려하여 부재료의 적정 첨가 범위를 찾아내는 것이 중요하다.

요 약

본 연구에서는 녹차 분말을 쌀가루 중량의 1, 3, 5%로 첨가하여 쌀스펀지 케이크를 제조하고 품질특성, 산화방지 활성과 관능적인 특성을 조사하였다. 수분함량은 녹차 분말을 첨가하지 않은 대조군에서 22.59%로 가장 낮았고, 녹차 분말 함량이 증가할수록 수분함량의 범위는 23.82-25.48까지 증가하였다. 케이크의 외관에서는 대조군과 녹차 분말을 1-3% 첨가한 실험군에 비해 녹차 분말을 5% 첨가하여 제조한 스펀지케이크의 부피가 현저히 감소함을 확인하였다. 텍스처 측정 결과, 녹차 분말 함량이 증가함에 따라 경도와 탄력성도 증가하였고, 부착성은 감소하였으며, 응집성, 씹힘성과 탄성은 대조군과 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다. 녹차 분말 첨가의 쌀스펀지 케이크 외부 표면 색도 측정

결과 L*, a* 및 b*값은 대조군이 가장 높았고, 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 내부색의 경우는 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 L*값은 감소하였고, a*와 b*값은 유의적 증가하였다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드, 산화방지 활성 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성 및 환원력을 통해 살펴본 항산화활성은 녹차 분말 첨가량이 증가함에 따라 높게 나타남을 확인하였다. 관능평가인 색, 맛, 향기, 텍스처와 전반적인 만족도에 대한 9점 만족도를 기준으로 관능검사 결과 색에 대한 기호도 측정결과, 쌀가루 중량의 1% 수준에서 첨가할 경우, 향에 대한 선호도는 대조군보다 높았고, 3% 수준에서 첨가할 경우는 질감 및 전체적인 선호도는 대조군보다 높은 점수를 나타냈다.

References

1. Kim CS. The role of ingredients and thermal setting in high-ratio layer cake systems. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23: 520-529 (1994)
2. Park JS, Lee YJ, Chun SS. Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1509-1515 (2010)
3. Chung YS, Kim DJ. Quality characteristics of sponge cake with Pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp *chinensis* Jusl.) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 914-919 (2009)
4. Kim HS, Lee CH, O JW, Lee JH, Lee SK. Quality characteristics of sponge cake with added Lotus leaf and Lotus root powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1285-1291 (2011)
5. Lee SE, Lee JH. Quality and antioxidant properties of sponge cakes incorporated with pine leaf powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 53-58 (2013)
6. Lim EJ, Lee HS, Lee YH. Physical and sensory characteristics of sponge cake with added broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 20: 873-880 (2010)
7. Kim JH, Yoon MR, Kang MY. A comparative study of the processing aptitudes of the muffins produced by rice cultivars. *Korean J. Food Cook. Sci.* 28: 541-547 (2012)
8. Gujral HS, Mehta S, Samra IS, Goyal P. Effect of wheat bran, coarse wheat flour, and rice flour on the instrumental texture of cookies. *Int. J. Food Prop.* 6: 329-340 (2003)
9. Kim MK, Lee EJ, Ki KH. Effects of *Helianthus tuberosus* powder on the quality characteristics and antioxidant activity of rice sponge cakes. *J. Korean Soc. Food Cult.* 29: 195-204 (2014)
10. Ju JE, Byoun KE, Lee KA. The effects of oligosaccharides on the quality characteristics of rice flour sponge cakes. *Korean J. Food Cook. Sci.* 23: 530-536 (2007)
11. Song YK, Hwang SY, QU LJ, Kang KO. Quality characteristics of the steamed cake containing rice flour. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 22: 802-811 (2012)
12. Kim JN, Shin WS. Physical and sensory properties of chiffon cake made with rice flour. *Korean J. Food Cook. Sci.* 41: 69-76 (2009)
13. Lee YT, Park YS. Effect of active gluten supplementation on the processing and quality of rice bagel. *Food Eng. Prog.* 13: 50-55 (2009)
14. Chio ID. Substitution of rice flour on bread-making properties. *Korean J. Food Preserv.* 17: 667-673 (2010)
15. Kim HY. Quality characteristics and of green tea *Dasik* processing with varied levels of rice grain particle size and green tea powder. *J. Korean Soc. Food Cult.* 22: 609-614 (2007)
16. Goto T, Yoshida Y, Kiso M, Nagashima H. Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea. *J. Chromatogr. A* 749: 295-299 (1996)
17. Yiannakopoulou EC. Effect of green tea catechins on breast carcinogenesis: A systematic review of *in vitro* and *in vivo* experimental studies. *Eur. J. Cancer Prev.* 23: 84-89 (2014)
18. Kasaoka S, Hase K, Morita T, Kiriyama S. Green tea flavonoids inhibit the LDL oxidation in osteogenic disordered rats fed a marginal ascorbic acid in diet. *J. Nutr. Biochem.* 12: 96-102 (2002)

19. Crespy V, Williamson G. A review of the health effects of green tea catechins in *in vivo* animal models. *J. Nutr.* 134: 3431S-3440S (2004)
20. Choi SH, Jeon JY. Flavor components in cookies by addition method of green tea powder. *J. Korean Tea Soc.* 18: 90-93 (2012)
21. Kang ST, Jeong CH, Joo OS. Physicochemical properties and antioxidant activities of green tea with reference to extraction conditions. *Korean J. Food Preserv.* 16: 946-952 (2009)
22. Gwon SY, Moon BK. The quality characteristics of *sulgidduk* prepared with green tea or rosemary powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 25: 150-159 (2009)
23. AOAC. Official Methods of Analysis AOAC Intl. 15th ed. pp. 69-90. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
24. Park YR, Ki MY, Choi SH, Shin DW, Chun SS. Quality characteristics of sponge cake prepared with red ginseng marc powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 24: 236-242 (2008)
25. Park ID. Effects of *Cucurbita maxima* duchesne puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. *J. Korean Soc. Food Cult.* 23: 748-754 (2008)
26. Kim RY, Kim CS, Kim HI. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1076-1083 (2009)
27. Cho AR, Kim NY. Quality characteristics of sponge cake containing *beaknyuncho* (*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*) powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 23: 107-118 (2013)
28. An HK, Hang GJ, Lee EJ. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J. Korean Soc. Food Cult.* 25: 47-53 (2010)
29. Jung CH, Shim KH. Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 716-722 (2004)
30. Yi SY, Kim CS, Song YS, Park JH. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 48-55 (2001)
31. Kim CH, Cho KR. Quality characteristics of sponge cakes made with different quantities of broccoli powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 459-467 (2010)