

브로콜리 분말이 첨가된 스펀지 케이크의 품질 특성

김찬희* · 조경련
한양여자대학 식품영양과

Quality Characteristics of Sponge Cakes Made with Different Quantities of Broccoli Powder

Chan-Hee Kim* and Kyung-Ryun Cho

Department of Food and Nutrition, Hanyang Women's College

Abstract The substitution effects of broccoli powder for flour in the preparation of sponge cake were determined by physicochemical and sensory analysis. The specific gravity and viscosity of the cake batter and cooking loss of the cake increased with an increasing amount of broccoli powder, whereas specific loaf volume and moisture content of the cake decreased. Lightness, redness, and yellowness of crust and crumb decreased with increasing broccoli powder content. A texture analyses revealed that the hardness, chewiness, gumminess, adhesiveness, and fracturability of the cake tended to increase in proportion to the amount of broccoli powder in the formula. In the sensory evaluation, cake prepared with 5% broccoli powder was similar to the control in moistness, softness, chewiness, and springiness. These results suggest that adding 5% broccoli powder is the best substitution ratio for sponge cake.

Key words: broccoli powder, sponge cake, texture analyses, sensory evaluation

서 론

맛벌이 부부 및 독신생활자가 늘고 있는 사회구조의 변화와 더불어 빵과 케이크류의 소비는 상당한 규모로 증가하고 있으며 식품의 소비 추세도 기능성 식품이나 저열량 제품에 대한 선호도로 급속히 바뀌고 있는 실정이다(1). 또한 각종 정보의 영향으로 기존의 재료보다는 기능성 부재료를 첨가하여 만든 건강지향적인 식품류를 선호하고 있어 제과제빵 분야에서도 특수 제과제빵류의 판매를 배가시키는 요인이 되고 있기 때문에 영양적으로 우수한 빵류 및 케이크를 개발하는 것은 중요하다고 생각된다. 브로콜리(Broccoli, *Brassica oleracea* var. *italica* Plen.)는 십자화과에 속하는 채소로 모란채라고도 하며 꽃봉오리와 줄기를 식용하는 것으로 양배추의 일종이다. β -carotene과 비타민 C, 무기질 중 칼륨과 칼슘이 풍부하게 함유되어 있고 수용성 식이섬유소가 들어 있어(2) 혈중 콜레스테롤을 감소시키고 암 예방 및 돌연변이 억제 등 다양한 생리활성 효과를 나타낸다고도 알려져 있다(3). 브로콜리에 관한 국내 연구로는 브로콜리의 항암성분인 sulforaphane의 함량(4) 및 조리 가공에 따른 sulforaphane의 함량 변화(5), 브로콜리잎 즙에 함유되어 있는 무기질과 비타민 C의 함량 분석(6), 브로콜리의 생리활성 물질인 organosulfur 분리와 동정(7), 브로콜리의 항산화성과 항균성 효과(8) 등에 관한 보고가 있다. 요즈음에는 우리나라에서도 생식용이나 셀러드용 식재료로

서의 소비가 증가하고 있는 추세에 있으나 음식에 직접 이용한 연구는 아직 많이 이루어지지 않은 실정이므로 브로콜리를 이용한 음식을 개발하는 것이 필요하다고 생각된다. 이에 본 연구에서는 천연 기능성 소재인 브로콜리의 이용성 증진을 목적으로 브로콜리 분말을 0, 5, 10, 15, 20, 25%로 첨가하여 스펀지 케이크를 제조한 후 저장하면서 케이크의 품질 변화 관찰 및 관능평가를 실시하여 건강기능성 스펀지 케이크를 개발하는데 기초 자료로 사용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

케이크의 주재료인 밀가루는 박력분(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 설탕은 정백당(CJ Cheiljedang Co.), 소금은 95% 정제염(CJ Cheiljedang Co.) 그리고 계란(Pulmuone Co., Seoul, Korea)은 신선란을 구입하여 알끈을 제거한 후 사용하였다. 브로콜리(Yoogi Market Co., Hwasun, Korea)는 2009년 10월 분말형태로 구입하였고 그 외 측정에 이용된 모든 시약은 특급시약(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

브로콜리 분말의 일반성분 분석

일반성분은 식품공전(9)에 명시된 분석법에 따라 반복 측정하였다. 즉 수분은 105°C에서 상압가열건조법, 탄수화물은 Somogyi 변법, 조단백질은 micro-Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 정량하였다.

브로콜리 분말의 ascorbic acid 및 β -carotene 함량 측정

Ascorbic acid 함량은(10) 시료 5g에 4% metaphosphoric acid 용액을 첨가하여 50 mL로 정용하고 원심분리기(H-500R, Kokusan

*Corresponding author: Chan-Hee Kim, Department of Food and Nutrition, Hanyang Women's College, Seoul 133-793, Korea
Tel: 82-2-2290-2180
Fax: 82-2-2290-2199
E-mail: chkim30@dreamwiz.com
Received February 24, 2010; revised March 30, 2010;
accepted April 3, 2010

Ensinki Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 300 rpm에서 15분 동안 원심분리한 후 그 상층액을 syringe filter(0.45 µm, Waters Co., Milford, MA, USA)로 여과한 다음 적당한 배수로 희석하여 HPLC(Younglin SP 930D, Young Lin Instrument Co., Anyang, Korea)에 주입하였다. HPLC 분석조건은 UV detector 254 nm, symmetry C₁₈ column(3.9×150 mm, Waters Co.), mobile phase는 5 mM 1-hexane sulfonate:methanol(6:4, v/v), flow rate는 0.5 mL/min, injection volume은 10 µL로 하였고 표준물질은 L-ascorbic acid, purity 99%(Sigma Co.)를 사용하였다. β-Carotene 함량은(10) 시료 0.1 g을 phosphate buffer(2 mM, pH 7.2)에 0.7 mM EDTA와 1.5 mM ascorbic acid를 첨가한 용액 3 mL를 넣고 분산시킨 후 2-propanol 1 mL와 SDS 0.5 mL를 첨가하여 균질화하였다. 3분 후 hexane:dichloromethane(5:1)과 1.2 mM BHT를 혼합한 용액 6 mL를 첨가하여 분산시키고 25°C 항온수조에서 15분 방치한 후 강하게 균질화하였다. 이것을 4°C, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 아래층을 분리하여 질소로 액체를 증발시키고 1 mL의 HPLC buffer에 용해시켜 syringe filter로 여과한 다음 10 µL를 HPLC에 주입하여 분석하였다. HPLC 분석조건은 UV detector 450 nm, symmetry C₁₈ column(3.9×150 mm, Waters Co.), mobile phase는 acetonitrile:dichloromethane:methanol(7:2:1, v/v/v), flow rate는 1.5 mL/min, injection volume은 10 µL로 하였고 표준물질은 all-trans-β-carotene, purity 95%(Sigma Co.)를 사용하였다.

스폰지 케이크 제조법

케이크에 브로콜리 분말을 첨가했을 때의 효과를 관찰하기 위하여 Table 1에 나타난 바와 같이 밀가루 무게에 대하여 0, 5, 10, 15, 20, 25% 대체한 스폰지 케이크를 공립법(11)으로 제조하였다. 스폰지 케이크는 계란의 사용범위에 따라 여러 종류의 배합비로 나눌 수 있는데 밀가루 100%에 대하여 설탕 166%, 계란 166%, 소금 2%가 기본 배합율로 알려져 있지만 본 실험에서는 브로콜리 분말 대체율에 따라 각 스폰지 케이크의 질감 변화 및 특성을 쉽게 관찰하기 위해 밀가루, 계란, 설탕을 동량으로 하는 무거운 스폰지 케이크 배합비율(12)을 이용하였다. 케이크의 제조는 계란의 기포성을 향상시키고 설탕의 용해성을 증가시키며 제품의 부피를 크게 하기 위하여 45°C의 물로 증탕하면서 믹싱볼을 40°C로 유지시키는 hot mixing method를 사용하였고(11) 반죽은 3단계로 나누었다. 1단계에서는 계란(whole egg)과 설탕을 믹싱볼에 넣고 저속에서 30초, 고속에서 8분간 제과용 믹서기(Model K5SS, KitchenAid Inc., Detroit, MI, USA)의 whipper를 이용하여 egg-sugar cream을 완성시킨 후 2단계에서는 체에 친 박력분 또

는 브로콜리 분말이 첨가된 박력분과 소금을 넣고 일정한 횟수 동안 나무주걱으로 빠르게 혼합하여 cake batter를 만들었다. 3단계에서는 6개의 케이크 반죽에 물을 넣어 고무주걱으로 빠르게 혼합한 다음 마지막 반죽을 완성하였다. 반죽이 끝난후 각각의 반죽을 고무주걱으로 믹싱볼의 벽에서 긁어내려 지름 15 cm, 깊이 3 cm의 팬에 300 g씩 담아 윗불 180°C, 아랫불 160°C로 미리 예열된 오븐(FDO-7103, Dae Yung Bakery Machinery Co., Incheon, Korea)에서 25분간 구운 다음 실온에서 1시간 정도 방냉시킨 후 품질 특성에 관한 실험 및 관능검사에 사용하였다.

스폰지 케이크 반죽의 비중과 점도 측정

스폰지 케이크 반죽의 비중(specific gravity)은 케이크 제조 과정 중 최종 반죽 무게를 측정하여 다음의 식으로 계산하였다(11). 이때 증류수의 밀도는 1 g/mL로 가정하였다.

$$\text{비중} = \frac{\text{케이크 반죽을 담은 컵의 무게} - \text{컵의 무게}}{\text{물을 담은 컵의 무게} - \text{컵의 무게}}$$

스폰지 케이크 반죽의 점도 측정은 완성된 반죽을 65 g씩 100 mL 비이커에 팽팽하게 담아 항온수조(TC-500, Brookfield Eng. Labs., Middleboro, MA, USA)에서 25°C로 유지하면서 Brookfield digital viscometer(Model RVDV-1+, Brookfield Eng. Labs.)를 사용하여 spindle number 3, 회전속도 0.6 rpm에서 spindle이 회전하기 시작하여 1분 후의 점도값을 3회 반복 측정하였다(13).

스폰지 케이크의 굽기손실율과 비용적 측정

스폰지 케이크의 무게는 구운 후 실온에서 1시간 방치한 후 측정하였고 부피는 종자치환법을 이용하였다(14). 굽기손실율은 굽기 전 반죽 무게와 구운 뒤 1시간 후의 케이크 무게 차이를 반죽의 무게 값으로 나누었고 비용적은 케이크의 부피에 대한 반죽 무게의 비로 산출하였다(11).

스폰지 케이크의 수분함량 측정

스폰지 케이크를 제조하여 1시간 방치한 후와 polyethylene film으로 밀봉하여 20±1°C에서 3일간 저장하면서 Microwave Moisture/Solids Analyzer(WAVE 9000, Stable Micro Systems Co., Guildford, UK)를 사용하여 가열 건조중량 측정법으로 실시하였다. 1일 간격으로 케이크의 중심부를 취하여 3회 반복 측정하였고, 측정 전에 0점을 조절한 다음 설정온도를 230°C(이때 시료에 조사되는 온도 105°C)로 입력하고 준비된 2-3 g의 시료를 cell에 올려 놓고 수행하였다.

Table 1. The Formula for sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour

(Unit: g)

| Ingredients | Ratio (%) | Samples ¹⁾ | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------------------|-----|------|------|------|------|
| | | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 |
| Flour | 100 | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 |
| Broccoli powder | Variable | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| Whole egg | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Sugar | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Salt | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Water | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

¹⁾CO: sponge cake made without broccoli powder

B-5: sponge cake made with 5% broccoli powder substitution for flour

B-10: sponge cake made with 10% broccoli powder substitution for flour

B-15: sponge cake made with 15% broccoli powder substitution for flour

B-20: sponge cake made with 20% broccoli powder substitution for flour

B-25: sponge cake made with 25% broccoli powder substitution for flour

Table 2. Operating conditions of texture analyzer for measuring the texture of sponge cake

| Parameters | Conditions |
|-----------------|-------------------------------------|
| Sample size | 30 mm×30 mm×30 mm |
| Probe | P25 (25 mm, dia cylinder aluminium) |
| Pre-test speed | 5.0 mm/sec |
| Test speed | 2.0 mm/sec |
| Post-test speed | 5.0 mm/sec |
| Distance | 40% |
| Time | 3 sec |
| Trigger type | Auto |
| Trigger force | 10 g |

스폰지 케이크의 색 측정

스폰지 케이크를 제조하여 1시간 방치한 후와 polyethylene film 으로 밀봉하여 20±1°C에서 3일간 저장하면서 1일 간격으로 색을 측정하였다. 케이크의 crust와 crumb 부분의 색은 색도계(CR-200, Minolta Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값으로 표시하였고 각 시료당 3회 반복 측정하였다.

스폰지 케이크의 외형 관찰

스폰지 케이크의 외형은 디지털 카메라(Nikon, Coolpix S4, Tokyo, Japan)로 케이크 단면의 특성을 관찰하였다.

스폰지 케이크의 물성 측정

스폰지 케이크의 조직감은 제조하여 1시간 방치한 후와 polyethylene film으로 밀봉하여 20±1°C에서 3일간 저장하면서 1일 간격으로 Texture Analyzer(Model TA-XT2, Stable Micro Systems Co.)를 사용하여 측정하였으며 분석조건은 Table 2와 같다. TPA(texture profile analysis) 분석을 통하여 각 케이크의 견고성(hardness), 씹힘성(chewiness), 점착성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness) 및 부서짐성(fracturability)을 각각 3회 반복 측정하였고 이때 케이크의 크기는 3 cm×3 cm×3 cm로 잘라서 probe의 직경보다 크게 하여 케이크 중심부의 조직감을 평가하였다.

스폰지 케이크의 관능검사

관능검사 경험이 있는 식품영양과 여학생(21-23세) 10명을 관능검사원으로 선정하여 훈련을 통해 시료와 평가 방법 및 평가 특성에 익숙해지도록 하였다. 관능검사원들이 평가 특성의 개념과 강도에 대한 안정된 판단기준이 확립되어 재현성이 있는 결과를 보일 때까지 매일 1회 5일 동안 3시간씩 훈련을 한 후 관능검사에 응하도록 하였다. 특성차이 검사에 사용된 항목은 스펀지 케이크의 촉촉함(moistness), 부드러움(softness), 씹힘성(chewiness), 탄성(springiness) 등으로 7점 평점법(1점:매우 약하다, 4점:약하지도 강하지도 않다, 7점:매우 강하다)을 사용하여 1점에서 7점으로 갈수록 특성의 강도가 강해지는 것을 나타내도록 하였다. 시료는 실온에서 1시간 방치한 케이크와 20±1°C에서 3일 동안 저장한 케이크를 각각 3 cm×3 cm×3 cm의 크기로 자르고 3자리 숫자를 무작위로 조합하여 코딩한 흰색의 일회용 평판 접시에 2개씩 담은 후 물과 시료를 뺀 컵을 함께 제공하였다. 1개의 시료를 평가한 후에는 반드시 물로 입안을 깨끗하게 헹군 후 다른 시료를 평가하도록 하였으며 검사 중의 영향을 최소화하기 위하여 전체적으로 소요되는 시간은 25-30분으로 정하였다. 또한

Table 3. Proximate composition of broccoli powder

(%, dry wt. basis)

| Moisture | Carbohydrate | Crude protein | Crude fat | Crude ash |
|-------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| 10.6±0.61 ¹⁾ | 49.5±0.23 | 28.5±1.71 | 2.6±0.12 | 8.8±0.18 |

¹⁾Each values are mean±SD (n=3).

랜덤화 완전 블록 실험계획법(randomized complete block design)에 따라 관능검사원 1인이 한번에 무작위로 배치된 6가지 시료를 모두 평가하도록 하였다. 관능검사는 4일에 걸쳐 3회 반복 실시하였으며 모든 평가는 오후 3-5시 사이에 실시하였다. 소비자 기호도 검사는 식품영양과 여학생(20-26세) 30명을 대상으로 별도로 실시하였고 스펀지 케이크를 제조한 후 실온에서 1시간 방치한 다음 측정하였다. 기호의 정도는 항목 척도를 사용하였고 검사 항목은 외형(appearance), 향미(flavor), crumb의 색(color), 질감(texture), 전체적인 기호도(overall acceptability) 등을 7점 기호도 척도법(1점:매우 싫어한다, 4점:좋지도 싫지도 않다, 7점:매우 좋아한다)으로 평가하였다(15).

통계처리

모든 실험결과는 SAS software(version 8.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 실시하고 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)으로 각 시료 간의 유의차를 5% 수준에서 검증하였다. 또한 기계적 측정값과 관능검사 결과 값들 사이의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson의 상관관계 분석을 실시하였다(16).

결과 및 고찰

브로콜리 분말의 일반성분

일반성분 분석 결과는 Table 3에 나타내었다. 브로콜리 분말의 수분과 탄수화물 함량은 각각 10.6%, 49.5%로 나타났다. 단백질과 지방 함량은 각각 28.5%와 2.6%로 나타나 브로콜리 생것에 대한 보고(2,17)에서 제시한 단백질 함량 2%와 5.9%, 지방 함량 0.6%와 0.1%보다는 매우 높은 함량이었다. 이러한 일반성분 함량의 큰 차이는 본 실험의 재료가 분말화된 브로콜리이기 때문이라고 생각된다. 조회분의 함량도 8.8%를 보여 브로콜리의 무기질 함량이 풍부하다고 보고한 Wi 등(6)의 결과와 유사하였다.

브로콜리 분말의 ascorbic acid 및 β-carotene 함량

브로콜리 분말의 ascorbic acid 함량은 47 mg%로 나타나 브로콜리 생것을 시료로 사용했던 다른 보고(2,17)에서 제시한 72.61, 120 mg%보다는 매우 적은 함량이었지만 이는 브로콜리 분말화 과정 중 ascorbic acid가 파괴된 것으로 생각된다. 브로콜리 분말의 ascorbic acid 함량이 41 mg%였다는 Kim 등(10)의 보고와는 유사하였다. β-Carotene 함량은 2.04 mg%로 나타나 Hyun 등(18)이 보고한 0.76 mg%보다 매우 높은 함량을 보였고 브로콜리 분말의 경우 1.47 mg%였다는 Kim 등(10)의 결과보다도 높게 나타났다. 브로콜리가 항산화작용을 가진 ascorbic acid와 β-carotene을 다량 함유하고 있기 때문에 항산화성과 항균성을 나타낸다는 보고(3,4,10)와 본 실험의 결과는 유사하였다. 따라서 브로콜리를 기능성 재료로 식품에 이용한다면 노화 예방에도 좋은 효과를 볼 수 있을 뿐만 아니라 고령화 사회에 진입한 우리나라 실정을 감안하여 노인을 위한 식품개발에도 이용할 수 있을 것이라고 사료된다.

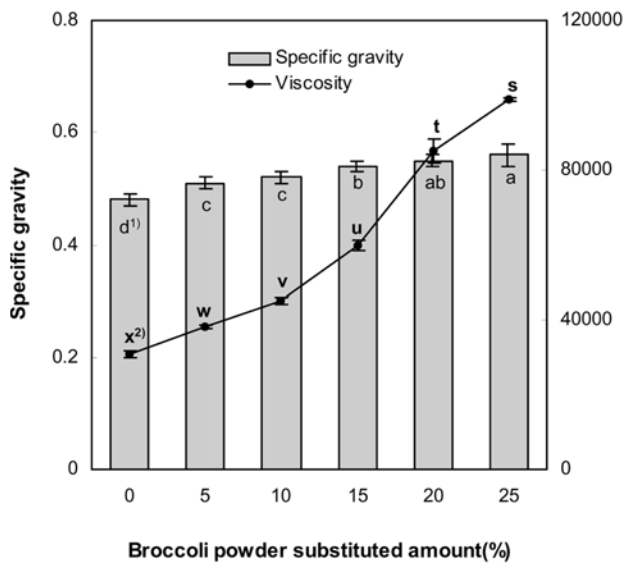


Fig. 1. Specific gravity and viscosity of sponge cake batters substituted by different levels of broccoli powder for flour. ¹⁾ In a bar, means followed by the different alphabet are significantly different at $p < 0.05$. ²⁾ In a line, means followed by the different letter are significantly different at $p < 0.05$.

스폰지 케이크 반죽의 비중과 점도

스폰지 케이크 반죽의 비중과 점도는 Fig. 1에 나타내었다. 비중은 control이 0.48로 가장 낮은 반면 B-25가 0.56으로 가장 높은 값을 보였고 나머지 반죽은 0.51-0.55를 나타내어 분말을 대체할수록 유의적으로 증가하는 경향이였다. 케이크 반죽의 비중은 반죽 내 기포 형성 정도를 나타내고 적당한 기포 형성은 바람직한 품질의 케이크 제조에 매우 중요하며 반죽의 비중이 낮다는 것은 반죽에 많은 기포가 함유되어 있음을 의미한다(14). 본 실험에서 브로콜리 분말 대체 반죽의 비중이 control보다 큰 것은 브로콜리 분말의 일부가 점착력으로 작용하여 반죽 내 형성된 기포에 흡착함으로써 계란 기포의 분산력을 저하시키기 때문에 기포가 파괴되었다고 생각된다. 그러나 일반적인 스폰지 케이크의 기준 비중값이 0.45-0.55의 범위(13)이므로 실험결과 브로콜리 분말 대체량은 20%까지도 스폰지 케이크 제조 조건에 영향을 주지 않을 것으로 예상된다. 점도의 경우 브로콜리 분말 대체 반죽들은 30,700 cp로 나타난 control보다 유의적으로 일정하게 증가함을 보이면서 B-25의 경우는 98,400 cp로 control보다 3배 이상의 높은 점도를 나타내었다. 이는 분말화로 인하여 단백질 함량이 현저하게 증가된 브로콜리 분말이 수분결합력을 가지기 때문인 것으로 사료된다. 케이크 반죽의 점도가 높으면 반죽에 공기가 효율적으로 혼입되어 비중이 낮아진다고 보고된 바(19) 점도가 높은 것이 바람직한 현상으로 보이나 본 실험의 경우는 반죽의 점도가 증가함에 따라 비중도 높아지는 결과를 나타내므로 브로콜리 분말을 첨가할수록 기포 안정성은 저하된다고 생각된다. 이와 같은 결과는 스폰지 케이크 제조시 김 분말을 첨가할수록 반죽의 비중과 점도가 같이 증가하였다는 Kweon 등(20)의 보고와는 유사하였으나 시판된 것을 첨가한 스폰지 케이크 반죽의 경우 첨가율이 높을수록 케이크 반죽의 점도가 일정하게 감소하였다는 Oh와 Kim(21)의 보고와는 반대의 경향을 보였다. 따라서 케이크 반죽의 점도 증감은 첨가물의 종류와 양에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다.

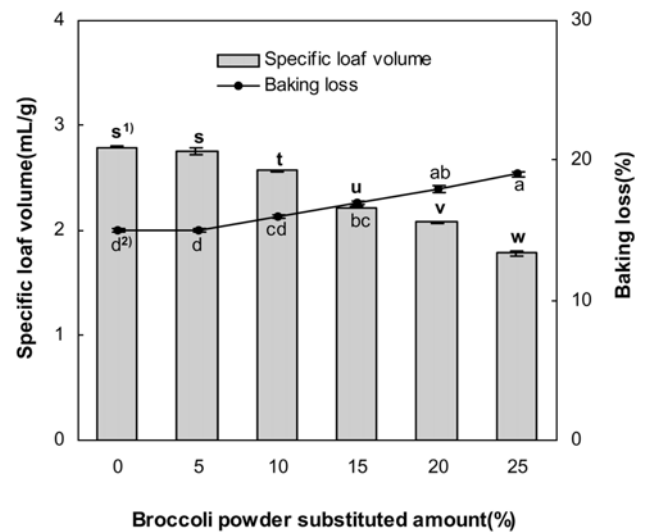


Fig. 2. Specific loaf volume and baking loss of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour. ¹⁾ In a bar, means followed by the different alphabet are significantly different at $p < 0.05$. ²⁾ In a line, means followed by the different letter are significantly different at $p < 0.05$.

스폰지 케이크의 굽기손실율과 비용적

스폰지 케이크의 굽기손실율과 비용적은 Fig. 2에 나타내었다. 굽기손실율의 경우 control이 15%를 나타내어 밀가루 함량에 대한 배합비를 계란 180%, 설탕 120%로 제조한 경우 6.85%라고 보고한 연구(22)와 비교시 2배 이상의 높은 결과를 보였는데 이는 밀가루, 계란, 설탕을 동량으로 사용한 배합비율 때문인 것으로 생각된다. B-5의 굽기손실율은 control과 유의차가 없었지만 나머지 케이크는 대체량이 많을수록 유의적으로 증가하였다. 굽기손실은 높은 열에 의해 반죽이 팽창할 때 형성되어 있던 기포가 열립과 동시에 수분이 기체로 증발함으로써 발생한다고 한다(11). 본 실험의 경우 반죽의 비중값 결과로는 대체량이 20%까지도 가능할 것이라고 예상하였지만 브로콜리 분말의 수분결합력 때문에 분말의 양이 많을수록 케이크의 골격을 형성시켜 주는 글루텐의 결합력이 약화되므로 글루텐 망상구조가 튼튼하지 못하게 되어 기포유지능력도 저하되는 것이다. 따라서 가열시 기체로 증발하는 수분의 양이 증가하기 때문에 발생하는 수분손실량이 커졌다고 생각된다. Lee 등(22)도 매생이 분말을 첨가할수록 스폰지 케이크의 굽기손실율이 유의적으로 증가하였다고 보고하여 일치하는 경향이였다. 케이크의 부피 정도를 나타내는 비용적을 살펴보면 control이 2.79 mL/g으로 나타나 스폰지 케이크의 표준 비용적인 5.86 mL/g(13)에 비해 작은 부피로 판단되었는데 이는 굽기손실율이 큰 이유와 마찬가지로 반죽의 배합비 때문으로 간주된다. 본 실험과 동일한 배합비로 수행된 Hwang과 Kim(23)의 연구에서도 control이 1.75 mL/g의 낮은 비용적을 보였다. 비용적이 2.75 mL/g을 나타낸 B-5와 control을 제외한 나머지 케이크들의 비용적은 1.78-2.57 mL/g으로 분말의 양이 많을수록 굽기손실율이 커지면서 비용적은 유의적으로 감소하였다. 밀가루 대체물로 사용한 브로콜리 분말의 혼입으로 전분의 함량이 희석되는 동시에 전분의 호화에 이용되어야 할 수분도 브로콜리 분말이 흡착하기 때문에 상대적으로 전분의 호화가 제대로 형성되지 않아 케이크의 구조에 변화가 온 것이라고 생각된다. 이러한 결과는 반죽 내 기포의 혼입량 및 굽는 동안 전분의 호화가 케이크의 부

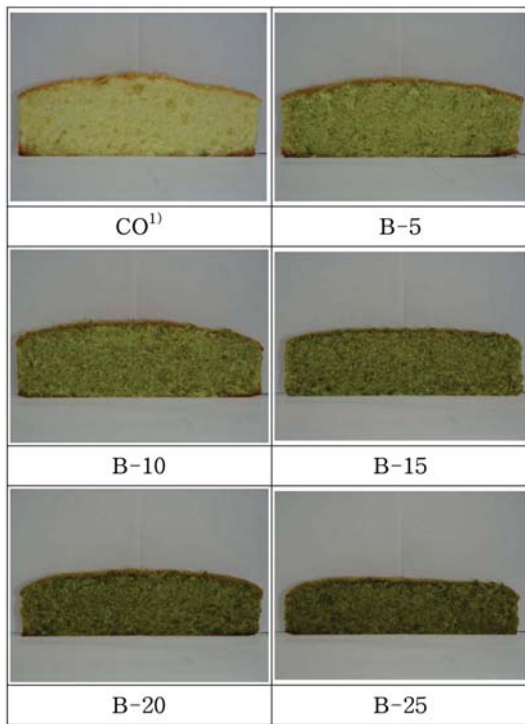


Fig. 3. Cross sectional view of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour. ¹⁾See the legend of Table 1

피 유지에 관여한다는 이론(19)에 일치하는 경향이였다.

스펀지 케이크의 수분함량

스펀지 케이크의 수분함량 변화는 Table 4와 같다. 제조 직후에는 control이 29.5%였고 B-25를 제외한 나머지 브로콜리 분말 대체 케이크는 29.42-30.39%를 나타내어 control과 유사하거나 약간 증가된 수분함량을 보였다. 이는 브로콜리 분말의 수분결합력이 케이크 내 호화된 전분의 수분 증발을 억제시키는 역할을 함으로써 케이크의 보수력을 유지하기 때문이라고 생각된다. Control과 비교시 수분함량이 유의적으로 가장 낮음을 보인 B-25의 경우는 분말의 수분결합력 역할이 상대적으로 차이를 가지기 때문인 것으로 보인다. 즉 브로콜리 분말의 첨가로 인하여 밀가루 내 전분과 단백질의 상대적적인 수분보유력이 감소함에 따라 가열시 수분손실이 더 커지므로 완성된 케이크의 부피는 감소되지만 케이크 내 호화된 전분의 수분 증발은 억제된다고 본다. 따라서 브로콜리 분말 대체 케이크의 보수력은 대체량 정도에 따라 증감의 변화가 있다고 판단되며 케이크의 수분함량 결과로는 대체량

이 15% 정도까지도 가능할 것으로 보이나 그 이상은 오히려 케이크의 보수력을 저하시킨다고 생각된다. 이와 같은 결과는 스펀지 케이크에 증숙마늘 및 유자분말을 2-10%로 첨가할 경우 4% 이하 첨가량에서는 수분이 control보다 증가하였으나 4% 이상 첨가시는 오히려 수분이 감소하였다는 Shin 등(24)의 보고와 유사한 경향이였다. 저장기간에 따른 수분함량 변화에서도 저장할수록 모든 케이크가 일정하게 감소함을 보인 것은 스테일링(staling)으로 인한 케이크의 수분 증발이 진행되었기 때문이라고 생각된다.

스펀지 케이크의 색

스펀지 케이크의 색을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 케이크 껍질(crust)의 경우 명도를 나타내는 L값이 control은 63.75인 반면 브로콜리 분말 대체 케이크는 53.19-61.98로 나타나 대체량이 증가할수록 낮은 값을 보이면서 현저하게 어두워졌다. 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값에서도 control이 가장 높은 값을 보인 반면 대체량이 많을수록 유의적으로 감소하였다. 케이크 내부(crumb)의 L, a, b값도 모두 대체량이 증가할수록 유의적으로 감소함을 보여 crust와 동일한 경향을 나타내었다. 특히 a값은 대체할수록 브로콜리 분말이 가지는 녹색으로 인해 현저하게 감소하였으며 B-25의 경우에는 -8.63으로 육안으로도 어두운 녹색이 짙어짐을 관찰할 수 있었다. 브로콜리 분말을 첨가할수록 b값도 점차 낮아지는 경향이였으나 케이크 간의 유의차는 나타나지 않았다. 저장기간에 따른 색의 변화도 저장할수록, 대체량이 많을수록 crust와 crumb의 L, a, b값이 모두 감소함을 보여 동일한 경향을 나타내었다. 이는 케이크 자체의 수분함량과 부피의 감소로 인하여 air cell의 밀도가 치밀해짐으로써 색이 전체적으로 어두워지기 때문이라고 생각된다. 또 케이크 crust와 crumb의 색이 차이를 보인 것은 케이크 표면과 내부의 온도 차이에 의한 것으로 생각되며 스펀지 케이크 제조시 김 분말을 첨가할수록 crust와 crumb의 L, a, b값이 모두 감소한다고 보고한 Kweon 등(20)의 결과와도 유사하였다.

스펀지 케이크의 외형적 특성

스펀지 케이크의 단면은 Fig. 3에 나타내었다. 브로콜리 분말을 첨가할수록 air cell의 발달이 저하되어 비중이 증가되면서 케이크의 부피가 감소하는 것을 알 수 있었으며 색은 짙어지는 결과를 나타내었다. Nagae 등(25)은 반죽의 비중은 제품의 가공적성에 영향을 주어 비중이 크면 부피가 줄고 조밀한 air cell로 인해 씹힘성이 떨어지며 비중이 낮으면 매우 약하고 부스러지기 쉬운 crumb이 제조된다고 하였다. 본 실험에서도 control에 비해 비중이 현저하게 증가된 B-25의 단면은 육안으로도 질감이 뻣뻣해 보여 부드러운 스펀지 케이크보다는 무겁게 보이는 파운드 케이크의 질감과 유사하였다. 또 케이크의 중심부가 약간 평평하게

Table 4. Moisture content of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour during storage at 20±1°C

| Storage time (days) | Samples ¹⁾ | | | | | |
|---------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 |
| 0 | ^A 29.50±0.22 ²⁾³⁾ | ^A 30.39±0.38 ^a | ^A 29.91±0.19 ^{ab} | ^A 29.54±0.11 ^{ab} | ^A 29.42±0.45 ^{bc} | ^A 28.55±0.41 ^c |
| 1 | ^A 29.08±0.12 ^b | ^A 30.27±0.31 ^a | ^A 30.08±0.33 ^a | ^B 29.03±0.11 ^b | ^B 28.13±0.12 ^c | ^B 27.35±0.08 ^d |
| 2 | ^B 27.37±0.17 ^c | ^B 28.20±0.34 ^{ab} | ^B 28.91±0.11 ^a | ^C 27.79±0.21 ^{bc} | ^C 27.43±0.36 ^{bc} | ^C 26.36±0.42 ^d |
| 3 | ^C 26.35±0.35 ^b | ^C 27.24±0.23 ^a | ^C 27.17±0.17 ^a | ^D 26.78±0.25 ^{ab} | ^D 26.17±0.17 ^b | ^D 25.27±0.38 ^e |

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Each values are mean±SD (n=3).

³⁾In a row, means followed by the different lowercase letter are significantly different at p<0.05.

⁴⁾In a column, means followed by the different uppercase letter are significantly different at p<0.05.

Table 5. Hunter L, a, b value of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour during storage at 20±1°C

| | Storage time (days) | Samples ¹⁾ | | | | | | |
|-------|---------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 | |
| L | 0 | ^{A4)} 63.75±0.14 ^{2)a3)} | ^A 61.98±0.02 ^b | ^A 57.84±0.18 ^c | ^A 54.18±0.01 ^d | ^A 54.03±0.01 ^d | ^A 53.19±0.02 ^e | |
| | 1 | ^B 62.58±0.01 ^a | ^B 60.57±0.13 ^b | ^B 52.76±0.17 ^c | ^B 50.68±0.04 ^d | ^B 49.26±0.12 ^e | ^B 47.48±0.32 ^f | |
| | 2 | ^C 61.57±0.03 ^a | ^C 59.70±0.15 ^b | ^C 50.10±0.05 ^c | ^C 48.45±0.05 ^d | ^C 46.59±0.04 ^e | ^C 45.47±0.05 ^f | |
| | 3 | ^D 60.34±0.01 ^a | ^D 55.45±0.02 ^b | ^D 48.81±0.49 ^c | ^D 46.21±0.59 ^d | ^D 45.36±0.10 ^{de} | ^D 44.69±0.04 ^e | |
| Crust | a | 0 | ^A 14.03±0.06 ^a | ^A 10.51±0.56 ^b | ^A 8.62±0.91 ^c | ^A 7.57±0.14 ^c | ^A 5.74±0.12 ^d | ^A 4.24±0.32 ^e |
| | | 1 | ^B 13.51±0.36 ^a | ^{AB} 10.12±0.54 ^b | ^A 8.58±0.35 ^c | ^A 7.59±0.46 ^c | ^A 5.43±0.46 ^d | ^{AB} 3.64±0.24 ^e |
| | | 2 | ^C 12.91±0.02 ^a | ^{BC} 9.46±0.13 ^b | ^{AB} 7.57±0.07 ^c | ^B 6.56±0.16 ^d | ^{AB} 4.95±0.63 ^e | ^{BC} 3.22±0.11 ^f |
| | | 3 | ^D 12.35±0.06 ^a | ^C 8.94±0.08 ^b | ^B 7.13±0.64 ^c | ^C 5.40±0.17 ^d | ^B 4.62±0.10 ^d | ^C 2.83±0.57 ^e |
| Crust | b | 0 | ^A 29.49±0.09 ^a | ^A 26.37±0.02 ^b | ^A 25.87±0.10 ^c | ^A 25.43±0.11 ^d | ^A 22.01±0.08 ^e | ^A 20.07±0.14 ^f |
| | | 1 | ^B 28.40±0.41 ^a | ^A 25.84±0.56 ^b | ^B 25.05±0.44 ^b | ^B 24.91±0.47 ^b | ^B 20.56±0.61 ^c | ^{AB} 18.91±0.89 ^c |
| | | 2 | ^C 27.28±0.46 ^a | ^B 23.81±0.43 ^b | ^C 22.78±0.16 ^{bc} | ^C 22.30±0.08 ^c | ^C 18.01±0.12 ^d | ^B 18.32±0.45 ^d |
| | | 3 | ^D 25.83±0.11 ^a | ^C 22.28±0.56 ^b | ^D 20.21±0.02 ^c | ^D 20.05±0.03 ^c | ^D 16.71±0.61 ^d | ^C 14.78±0.54 ^e |
| L | 0 | ^A 81.08±0.17 ^a | ^A 69.02±0.04 ^b | ^A 64.92±0.01 ^c | ^A 60.09±0.04 ^d | ^A 54.58±0.03 ^e | ^A 53.09±0.28 ^f | |
| | 1 | ^B 80.42±0.14 ^a | ^A 68.93±0.13 ^b | ^B 63.49±0.10 ^c | ^B 59.27±0.03 ^d | ^B 53.04±0.03 ^e | ^B 52.12±0.59 ^f | |
| | 2 | ^{BC} 80.29±0.04 ^a | ^B 67.42±0.01 ^b | ^C 60.54±0.07 ^c | ^C 56.83±0.09 ^d | ^C 51.79±0.04 ^e | ^C 50.79±0.04 ^f | |
| | 3 | ^C 80.11±0.08 ^a | ^C 65.68±0.01 ^b | ^D 58.86±0.58 ^c | ^D 55.87±0.04 ^d | ^D 50.19±0.06 ^e | ^D 49.28±0.24 ^f | |
| Crumb | a | 0 | ^A -2.36±0.06 ^a | ^A -4.83±0.08 ^b | ^A -5.39±0.05 ^c | ^A -6.75±0.01 ^d | ^A -7.67±0.02 ^e | ^A -8.63±0.14 ^f |
| | | 1 | ^B -3.79±0.07 ^a | ^B -5.50±0.01 ^b | ^B -6.94±0.01 ^c | ^B -7.96±0.01 ^d | ^B -8.66±0.05 ^e | ^B -9.37±0.55 ^f |
| | | 2 | ^{BC} -3.88±0.08 ^a | ^C -7.43±0.05 ^b | ^C -8.63±0.18 ^c | ^C -8.73±0.01 ^c | ^C -9.29±0.23 ^d | ^C -10.42±0.03 ^e |
| | | 3 | ^C -3.94±0.08 ^a | ^D -7.65±0.11 ^b | ^C -8.76±0.57 ^c | ^D -8.98±0.07 ^c | ^D -10.30±0.20 ^d | ^D -11.06±0.21 ^e |
| Crumb | b | 0 | ^A 26.24±0.24 ^a | ^A 25.77±0.01 ^{ab} | ^A 25.34±0.24 ^{bc} | ^A 25.84±0.01 ^{ab} | ^A 25.61±0.21 ^b | ^A 24.91±0.11 ^c |
| | | 1 | ^{AB} 25.85±0.01 ^a | ^B 25.47±0.07 ^{ab} | ^B 24.50±0.07 ^{bc} | ^B 24.55±0.06 ^{bc} | ^B 23.90±0.53 ^c | ^B 23.62±0.55 ^c |
| | | 2 | ^B 25.57±0.45 ^a | ^C 24.86±0.09 ^a | ^C 23.78±0.04 ^b | ^C 23.40±0.43 ^b | ^C 22.26±0.14 ^c | ^C 21.48±0.15 ^c |
| | | 3 | ^C 24.85±0.07 ^a | ^D 23.75±0.05 ^{ab} | ^D 22.63±0.02 ^{bc} | ^D 22.21±0.52 ^c | ^D 20.69±0.56 ^d | ^D 20.27±0.57 ^d |

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Each values are mean±SD (n=3).³⁾In a row, means followed by the different lowercase letter are significantly different at $p<0.05$.⁴⁾In a column, means followed by the different uppercase letter are significantly different at $p<0.05$.

가라앉는 것도 관찰되었지만 좌우대칭의 불균형 현상은 나타나지 않았다. Lee 등(26)도 스펀지 케이크 제조시 잎새버섯 분말을 첨가할수록 케이크의 증양이 낮아진다고 보고하여 유사함을 보였다. 크고 작은 air cell의 발달로 다공성 스펀지(sponge) 구조를 보인 control과 비교해 볼때 B-5와 B-10에서는 균일하면서도 발달된 air cell이 육안으로 관찰되어 부피 및 질감의 부드러운 정도가 control과 유사하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 케이크 조직 내 브로콜리 분말의 대체는 단면의 질감으로 볼 때는 5-10% 정도가 가능할 것으로 예상되며 케이크 제조시 식품재료의 대체는 케이크의 외형에 영향을 미치는 것으로 보였다.

스펀지 케이크의 물성

스펀지 케이크의 물성은 Table 6과 같다. 견고성과 부서짐성은 control과 B-5가 다른 케이크에 비해 낮은 값을 보였고 대체량이 증가할수록 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 케이크의 견고성은 air cell이 발달될수록 부피가 커지면서 낮아진다는 이론(25)과 같이 케이크 제조시 5% 정도의 브로콜리 분말 대체는 기포보유 능력에 영향을 크게 미치지 않아 기포의 안정성이 유지되므로 부피와 견고성이 control과 유사하게 나타났지만 대체량이 많을수록 기포안정성이 저해되기 때문에 견고성이 유의적으로 증가한다고 사료된다. 저장기간에 따른 견고성과 부서짐성의 변화도 대체량이 많을수록, 저장할수록 유의적으로 증가하는 동일한 경향

을 보여 저장 중 감소되는 케이크의 수분함량 변화와 상반되었으므로 저장기간 중 일어나는 케이크의 품질 저하는 수분 손실이 원인이 된다는 것을 확인할 수 있었다. Park 등(27)도 홍삼박 분말을 3-15%로 케이크에 첨가하였을때 3% 대체 정도는 control과 유사하였으나 그 이상의 대체 경우는 견고성이 증가하였다고 보고하였다. 씹힘성과 점착성도 control과 B-5가 다른 케이크에 비해 유의적으로 낮음을 보였고 브로콜리 분말을 대체할수록 증가하였다. 또 저장할수록 증가하는 이유는 수분의 손실로 인해 케이크 내부의 결합력이 약해지는 반면 멍침은 강해지므로 케이크의 씹힘성이 다소 질겨지는 것으로 해석된다. 이러한 결과는 케이크 제조시 콩섬유 복합분을 첨가할수록 씹힘성과 점착성이 증가한다고 보고한 Park 등(28)의 연구 결과와도 유사하였다. 부피를 보면 제조 직후에는 control이 가장 낮았고 브로콜리 분말을 대체할수록 유의적으로 증가하였으며 저장일이 지날수록 모든 케이크에서 증가함을 보이는 원인은 케이크 내 전분의 노화로 인하여 crumb로부터 crust 쪽으로 수분이 점차 이동함에 따라 crumb 쪽은 단단해지면서 crust 쪽은 수분으로 인한 점성이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. 한편 응집성과 탄성은 모든 케이크 간에 유의차를 보이지 않았다. 밀가루의 5-10% 정도를 브로콜리 분말로 대체하면 케이크의 수분함량이 증가하면서 control과 유사한 질감을 유지할 수 있는 것으로 나타나 케이크의 노화 지연과 품질 향상에 도움이 될 것으로 예상된다.

Table 6. Texture characteristics analysis of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour during storage at 20±1°C

| Texture parameters | Storage time (days) | Samples ¹⁾ | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|--|--|--|--|--|--|
| | | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 |
| Hardness (g/cm ²) | 0 | ^{D4)} 100.92±2.13 ²⁾³⁾ | ^D 105.91±4.17 ^e | ^D 118.09±0.88 ^d | ^D 132.52±3.21 ^c | ^D 149.05±4.71 ^b | ^D 181.74±3.48 ^a |
| | 1 | ^C 154.46±3.38 ^e | ^C 159.37±9.28 ^{de} | ^C 166.92±6.30 ^d | ^C 188.31±6.21 ^c | ^C 262.63±2.22 ^b | ^C 287.68±4.72 ^a |
| | 2 | ^B 216.88±4.92 ^d | ^B 229.11±8.59 ^{cd} | ^B 238.34±8.49 ^{cd} | ^B 258.16±4.62 ^c | ^B 329.21±12.87 ^b | ^B 370.44±10.48 ^a |
| | 3 | ^A 263.64±1.32 ^d | ^A 265.88±2.92 ^d | ^A 278.36±2.48 ^d | ^A 326.43±11.21 ^c | ^A 397.93±14.75 ^b | ^A 450.69±8.41 ^a |
| Chewiness (g) | 0 | ^D 64.95±1.36 ^e | ^D 66.58±2.13 ^e | ^D 75.11±0.91 ^d | ^D 84.37±2.07 ^c | ^D 98.22±2.87 ^b | ^D 114.26±1.93 ^a |
| | 1 | ^C 97.68±4.87 ^e | ^C 103.64±3.31 ^{de} | ^C 109.59±2.14 ^d | ^C 124.18±0.75 ^c | ^C 176.67±0.56 ^b | ^C 190.41±3.55 ^a |
| | 2 | ^B 141.77±5.17 ^d | ^B 139.46±6.89 ^d | ^B 151.48±1.74 ^d | ^B 177.54±4.22 ^c | ^B 205.61±11.42 ^b | ^B 231.17±10.96 ^a |
| | 3 | ^A 165.41±6.15 ^e | ^A 167.54±2.69 ^e | ^A 182.77±0.97 ^d | ^A 212.05±6.21 ^c | ^A 245.83±3.48 ^b | ^A 287.61±3.98 ^a |
| Gumminess (g) | 0 | ^D 68.03±2.13 ^d | ^D 71.45±3.05 ^{cd} | ^D 76.82±1.64 ^c | ^D 77.17±0.26 ^c | ^D 99.01±1.34 ^b | ^D 121.48±2.94 ^a |
| | 1 | ^C 103.48±5.79 ^e | ^C 108.73±2.09 ^{de} | ^C 109.91±1.89 ^d | ^C 125.03±1.87 ^c | ^C 176.06±1.61 ^b | ^C 194.36±3.45 ^a |
| | 2 | ^B 137.85±5.01 ^d | ^B 139.78±7.16 ^d | ^B 155.94±2.55 ^c | ^B 164.11±4.41 ^c | ^B 211.85±10.72 ^b | ^B 237.54±5.41 ^a |
| | 3 | ^A 170.62±2.94 ^e | ^A 170.54±0.21 ^e | ^A 182.26±2.29 ^d | ^A 216.29±2.05 ^c | ^A 254.63±3.18 ^b | ^A 298.82±4.87 ^a |
| Cohesiveness (%) | 0 | ^A 0.67±0.01 ^{ab} | ^A 0.66±0.01 ^b | ^A 0.66±0.01 ^{ab} | ^A 0.68±0.01 ^a | ^A 0.67±0.01 ^{ab} | ^A 0.67±0.01 ^{ab} |
| | 1 | ^A 0.66±0.01 ^{ab} | ^A 0.67±0.01 ^{ab} | ^A 0.65±0.01 ^b | ^A 0.66±0.01 ^{ab} | ^A 0.67±0.01 ^{ab} | ^A 0.68±0.01 ^a |
| | 2 | ^A 0.65±0.01 ^{bc} | ^A 0.66±0.01 ^{ab} | ^A 0.68±0.01 ^a | ^A 0.65±0.01 ^{bc} | ^A 0.65±0.01 ^{bc} | ^B 0.64±0.01 ^c |
| | 3 | ^A 0.65±0.01 ^a | ^A 0.65±0.01 ^a | ^A 0.65±0.01 ^a | ^A 0.65±0.01 ^a | ^A 0.64±0.01 ^a | ^B 0.64±0.01 ^a |
| Adhesiveness (g) | 0 | ^D -0.19±0.01 ^e | ^C -0.03±0.01 ^d | ^C 0.02±0.01 ^d | ^D 0.13±0.02 ^c | ^D 0.25±0.05 ^b | ^D 0.44±0.02 ^a |
| | 1 | ^C -0.09±0.02 ^e | ^B 0.08±0.01 ^d | ^B 0.13±0.04 ^d | ^C 0.21±0.02 ^c | ^C 0.34±0.02 ^b | ^C 0.57±0.03 ^a |
| | 2 | ^B 0.03±0.01 ^e | ^B 0.13±0.02 ^d | ^B 0.19±0.01 ^d | ^B 0.32±0.03 ^c | ^B 0.51±0.02 ^b | ^B 0.64±0.03 ^a |
| | 3 | ^A 0.10±0.02 ^e | ^A 0.19±0.02 ^{de} | ^A 0.27±0.04 ^d | ^A 0.41±0.04 ^c | ^A 0.65±0.07 ^b | ^A 0.81±0.02 ^a |
| Springiness (%) | 0 | ^A 0.96±0.01 ^a | ^A 0.96±0.01 ^a | ^A 0.95±0.01 ^{ab} | ^A 0.94±0.04 ^{ab} | ^A 0.93±0.03 ^{ab} | ^A 0.91±0.01 ^b |
| | 1 | ^{AB} 0.95±0.01 ^a | ^{AB} 0.95±0.02 ^a | ^{AB} 0.93±0.01 ^a | ^{AB} 0.92±0.02 ^{ab} | ^A 0.92±0.01 ^{ab} | ^A 0.89±0.02 ^b |
| | 2 | ^{BC} 0.93±0.01 ^a | ^{BC} 0.92±0.01 ^a | ^{BC} 0.91±0.02 ^{ab} | ^{AB} 0.91±0.02 ^{ab} | ^A 0.91±0.01 ^{ab} | ^A 0.89±0.02 ^b |
| | 3 | ^C 0.92±0.01 ^a | ^C 0.91±0.01 ^{ab} | ^C 0.90±0.01 ^{bc} | ^B 0.89±0.01 ^c | ^B 0.86±0.02 ^d | ^B 0.85±0.01 ^d |
| Fracturability (g) | 0 | ^D 2.96±0.32 ^e | ^D 2.57±0.41 ^e | ^D 4.33±0.20 ^d | ^D 6.36±0.21 ^c | ^D 9.27±0.06 ^b | ^D 12.63±0.49 ^a |
| | 1 | ^C 16.66±0.92 ^d | ^C 17.51±1.45 ^{cd} | ^C 20.47±0.19 ^c | ^C 25.92±1.49 ^b | ^C 29.80±0.88 ^a | ^C 32.31±0.72 ^a |
| | 2 | ^B 21.70±0.65 ^e | ^B 28.46±1.22 ^d | ^B 30.95±1.84 ^d | ^B 37.62±1.08 ^c | ^B 44.65±0.45 ^b | ^B 56.14±0.81 ^a |
| | 3 | ^A 41.83±0.11 ^e | ^A 41.69±1.12 ^e | ^A 45.89±2.34 ^d | ^A 53.73±1.16 ^c | ^A 60.87±1.61 ^b | ^A 69.47±0.76 ^a |

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Each values are mean±SD (n=3).

³⁾In a row, means followed by the different lowercase letter are significantly different at *p*<0.05.

⁴⁾In a column, means followed by the different uppercase letter are significantly different at *p*<0.05.

스펀지 케이크의 관능결과

밀가루 대신 브로콜리 분말을 0, 5, 10, 15, 20, 25%로 대체하여 제조한 스펀지 케이크의 특성강도 검사 결과는 Table 7과 같다. 밀가루의 일부를 다른 소재로 대체하는 경우에는 케이크를 씹을 때의 질감이 주로 영향을 받기 때문에(21,29) 브로콜리 분말의 대체가 케이크의 품질 특성에 미치는 영향을 촉촉함, 부드러움, 탄성 및 씹힘성 등으로 평가하였다. 촉촉함과 부드러움 및 탄성은 control과 B-5가 다른 케이크에 비해 유의적으로 높게 평가되었고 대체율이 증가할수록 상대적으로 낮은 평가를 얻었다. 저장일에 따른 케이크 간의 촉촉함과 부드러움 및 탄성의 특성 크기 변화를 보면 저장 2일째까지는 제조 직후와 유사한 경향이 었지만 저장 3일째에는 차이를 보였다. 씹힘성도 제조 직후 및 저장기간 동안 control과 B-5가 가장 낮은 특성을 나타내었고 브로콜리 분말이 10% 이상 대체되었을 때는 씹히는 정도가 유의적으로 강해지는 것으로 평가되었다. 스펀지 케이크 제조시 앞서 버섯 분말(26)이나 콩섬유 복합분(28)을 첨가한 실험에서도 일정한 수준 이상의 분말 대체시에는 질감이나 부드러움성이 떨어져

서 관능적 특성이 저하되었다고 보고하였다. 소비자 기호도 검사 결과는 Table 8에 나타내었다. 외형과 입에서 느끼는 질감은 B-5가 가장 높은 기호도를 보였고 B-10은 control과 유사한 점수를 얻었지만 분말의 대체량이 증가할수록 기호도가 유의적으로 낮게 평가되었다. 이는 반죽의 비중에 따른 케이크 비용적의 변화와 동일한 경향으로 대체량이 많을수록 케이크의 중심부가 가라앉아 평평해지는 형태와 더불어 수분함량이 감소함에 따라 저하되는 촉촉함, 부드러움, 탄성에 기인한 것이라고 생각된다. 향미의 경우 B-5와 B-10이 가장 높은 점수를 얻었는데 이는 브로콜리 분말 자체의 향이 적절한 양으로 부가되면 스펀지 케이크에서 발생하는 특유의 계란 비린내와 설탕의 강한 단맛을 상쇄시켜 향미가 증대되는 것이라고 생각된다. Crumb의 색과 전체적인 기호도에서도 control과 함께 B-5가 좋은 평가를 얻었고 브로콜리 분말을 대체할수록 유의적으로 선호도가 감소하는 경향이었다. 이상의 특성강도와 기호도 검사 결과 브로콜리 분말의 대체는 케이크의 관능적 특성을 향상시키거나 변형시키는 것으로 평가되었으며 제품의 특성을 고려하여 케이크의 물리화학적 성질

Table 7. Characteristic intensity rating of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour during storage at 20±1°C

| Sensory parameters | Storage time (days) | Samples ¹⁾ | | | | | |
|--------------------|---------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 |
| Moistness | 0 | ^{A4)} 6.00±0.81 ^{2)ab3)} | ^A 6.50±0.52 ^a | ^A 5.50±0.84 ^b | ^A 3.70±0.48 ^c | ^A 2.70±0.46 ^d | ^A 1.60±0.51 ^e |
| | 1 | ^A 6.10±0.73 ^a | ^A 6.60±0.51 ^a | ^B 5.00±0.47 ^b | ^A 3.60±0.51 ^c | ^A 2.50±0.52 ^d | ^A 1.40±0.51 ^e |
| | 2 | ^A 5.80±0.42 ^b | ^A 6.60±0.69 ^a | ^{BC} 4.70±0.48 ^c | ^A 3.30±0.43 ^d | ^A 2.70±0.82 ^d | ^A 1.40±0.51 ^e |
| | 3 | ^A 5.70±0.67 ^b | ^A 6.30±0.49 ^a | ^C 4.50±0.52 ^c | ^A 3.50±0.27 ^d | ^A 2.40±0.51 ^e | ^A 1.40±0.63 ^f |
| Softness | 0 | ^A 5.90±0.73 ^{ab} | ^A 6.50±0.71 ^a | ^A 5.60±0.84 ^b | ^A 3.60±0.51 ^c | ^A 2.60±0.53 ^d | ^A 1.30±0.48 ^e |
| | 1 | ^A 6.20±0.91 ^a | ^A 6.40±0.69 ^a | ^B 4.70±0.48 ^b | ^A 3.60±0.51 ^c | ^A 2.40±0.43 ^d | ^A 1.30±0.48 ^e |
| | 2 | ^A 5.90±0.73 ^a | ^A 6.30±0.67 ^a | ^B 4.40±0.51 ^b | ^A 3.30±0.48 ^c | ^A 2.30±0.46 ^d | ^A 1.30±0.43 ^e |
| | 3 | ^A 5.70±0.67 ^b | ^A 6.40±0.69 ^a | ^B 4.70±0.67 ^c | ^A 3.50±0.52 ^d | ^A 2.50±0.51 ^e | ^A 1.40±0.51 ^f |
| Chewiness | 0 | ^A 1.60±0.84 ^e | ^A 1.70±0.48 ^c | ^A 3.00±0.47 ^d | ^A 4.40±0.51 ^c | ^A 5.50±0.52 ^b | ^A 6.60±0.52 ^a |
| | 1 | ^A 2.00±0.66 ^e | ^A 1.40±0.51 ^f | ^A 3.40±0.51 ^d | ^A 4.60±0.52 ^c | ^A 5.60±0.51 ^b | ^A 6.70±0.48 ^a |
| | 2 | ^A 1.90±0.73 ^e | ^A 1.80±0.78 ^e | ^A 3.20±0.63 ^d | ^A 4.50±0.52 ^c | ^A 5.50±0.53 ^b | ^A 6.70±0.48 ^a |
| | 3 | ^A 2.20±0.78 ^e | ^A 1.80±0.47 ^c | ^A 3.20±0.78 ^d | ^A 4.50±0.53 ^c | ^A 5.50±0.52 ^b | ^A 6.70±0.48 ^a |
| Springiness | 0 | ^A 5.80±1.13 ^{ab} | ^A 6.50±0.53 ^a | ^A 5.10±0.31 ^b | ^A 3.70±0.48 ^c | ^A 2.60±0.52 ^d | ^A 1.50±0.53 ^e |
| | 1 | ^A 6.10±0.56 ^a | ^A 6.30±0.82 ^a | ^B 4.60±0.51 ^b | ^A 3.60±0.52 ^c | ^A 2.50±0.52 ^d | ^A 1.40±0.51 ^e |
| | 2 | ^A 6.00±0.81 ^a | ^A 6.00±0.66 ^a | ^B 4.50±0.52 ^b | ^A 3.30±0.48 ^c | ^A 2.30±0.41 ^d | ^A 1.30±0.48 ^e |
| | 3 | ^A 5.70±0.67 ^a | ^A 6.20±0.78 ^a | ^B 4.60±0.69 ^b | ^A 3.40±0.51 ^c | ^B 2.40±0.96 ^d | ^A 1.10±0.31 ^e |

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Each values are mean±SD (n=3).³⁾In a row, means followed by the different lowercase letter are significantly different at $p<0.05$.⁴⁾In a column, means followed by the different uppercase letter are significantly different at $p<0.05$.**Table 8. Consumer acceptance of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour**

| Sensory parameters | Samples ¹⁾ | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | CO | B-5 | B-10 | B-15 | B-20 | B-25 |
| Appearance | 5.80±0.91 ^{2)ab3)} | 6.70±0.48 ^a | 5.40±0.69 ^b | 3.60±0.51 ^c | 2.50±0.52 ^d | 1.30±0.48 ^e |
| Crumb color | 6.00±0.81 ^a | 6.30±0.67 ^a | 4.90±0.99 ^b | 3.50±0.52 ^c | 2.40±0.51 ^d | 1.40±0.52 ^e |
| Flavor | 4.20±0.78 ^b | 6.20±0.91 ^a | 6.30±0.48 ^a | 4.90±1.37 ^b | 2.70±0.67 ^c | 1.60±0.51 ^c |
| Texture | 5.90±0.87 ^{ab} | 6.50±0.52 ^a | 5.60±0.84 ^b | 3.70±0.48 ^c | 2.50±0.52 ^d | 1.30±0.48 ^e |
| Overall acceptability | 5.40±0.96 ^b | 6.60±0.51 ^a | 5.90±0.73 ^{ab} | 3.80±0.63 ^c | 2.40±0.51 ^d | 1.20±0.42 ^e |

¹⁾See the legend of Table 1.²⁾Each values are mean±SD (n=3).³⁾In a row, means followed by the different superscript are significantly different at $p<0.05$.**Table 9. Correlation coefficients between textural properties and sensory properties of sponge cakes substituted by different levels of broccoli powder for flour**

| | | Sensory properties | | | | | | |
|---------------------|----------------|------------------------|----------|-----------|-------------|------------|----------|-----------------------|
| | | Moistness | Softness | Chewiness | Springiness | Appearance | Texture | Overall acceptability |
| Textural properties | Hardness | -0.966** ¹⁾ | -0.967** | 0.974** | -0.966** | -0.961** | -0.967** | -0.943** |
| | Chewiness | -0.979** | -0.978** | 0.984** | -0.979** | -0.974** | -0.980** | -0.958** |
| | Gumminess | -0.911* | -0.914* | 0.917* | -0.915* | -0.907* | -0.919** | -0.907* |
| | Cohesiveness | -0.535 | -0.545 | 0.453 | -0.507 | -0.543 | -0.529 | -0.561 |
| | Adhesiveness | -0.939** | -0.934** | 0.967** | -0.934** | -0.923** | -0.935** | -0.891* |
| | Springiness | 0.977** | 0.977** | -0.981** | 0.978** | 0.973** | 0.977** | 0.956** |
| | Fracturability | -0.982** | -0.983** | 0.979** | -0.983** | -0.980** | -0.985** | -0.972** |

¹⁾*, **: significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

에 영향을 미치지 않는 범위에서의 최적 비율은 5%가 바람직한 것으로 사료된다.

스폰지 케이크의 물성과 관능적 특성 간의 상관관계 분석결과 케이크의 물성과 관능적 특성 간의 상관관계 분석결과는 Table

9와 같다. 케이크 물성의 견고성, 씹힘성, 점착성, 부착성 및 부서짐성은 관능검사의 촉촉함, 부드러움, 탄성, 외형, 질감 및 전체적인 기호도와는 높은 부의 상관관계($r = -0.891^* - 0.985^{**}$)를 나타낸 반면, 씹힘성과는 정의 상관관계($r = 0.917^* - 0.984^{**}$)를 보였다. 또한 케이크 물성의 탄성은 관능검사의 씹힘성을 제외한 나머지 특성과는 정의 상관관계($r = 0.956^{**} - 0.978^{**}$)를 나타내었다. 따라서 케이크의 견고성이 낮을수록 촉촉하면서도 부드럽고 탄성이 있어 질감이 향상되므로 전체적인 기호도가 높은 것이라고 생각된다.

요 약

본 연구에서는 기능성 식품 재료인 브로콜리의 활용도를 높이기 위해 브로콜리 분말의 일반성분에 대해 알아본 다음 여러 가지 비율로 대체하여 스펀지 케이크를 제조하면서 반죽의 특성 및 제품의 품질 특성을 평가하였다. 브로콜리 분말 대체율이 증가할수록 케이크 반죽의 비중과 점도, 완성된 케이크의 굽기손실율은 증가하였고 비용적은 감소함을 보였다. 케이크의 수분함량 증감은 일정한 변화를 보이지 않았고 케이크 crust와 crumb의 색은 브로콜리 분말이 많을수록 명도와 적색도 및 황색도가 감소하는 동일한 변화를 보였다. 외형은 육안으로 보이는 단면의 질감면에서 B-5와 B-10이 가장 바람직한 스펀지 케이크의 형태를 가지는 동시에 air cell의 발달도 유사하였다. 분말 대체율이 많을수록 탄성은 감소한 반면 견고성, 씹힘성, 점착성, 부착성, 부서짐성은 증가됨을 보였고 케이크 중 B-5는 물성 결과의 모든 값에서 control과 유의차가 없었다. 관능결과에서도 B-5가 control과 가장 유사한 점수를 얻었고 15% 이상을 대체할 경우에는 관능 특성이 저하되는 것으로 평가되었다. 이상의 결과에서 스펀지 케이크 내 브로콜리 분말의 가장 적절한 대체비율은 5%로 제시할 수 있으며 브로콜리 분말의 생리기능성을 고려할 때는 10%까지도 가능할 것으로 보인다. 또한 이후 브로콜리 분말의 대체가 스펀지 케이크의 저장성에 미치는 영향 등에 대한 추가적인 연구를 통하여 브로콜리 분말을 여러 가지 가공식품에 확대 적용함이 필요하다고 사료된다.

문 헌

1. Kim HU. Trends and perspectives in industry of bakery. Food Sci. Indus. 36: 3-12 (2003)
2. Jang HG. Food Material. Sinkwang Press, Seoul, Korea. pp. 145-147 (2001)
3. Matusheski NV, Juvik JA, Jeffery EH. Heating decreases epithiospecifier protein activity and increases sulforaphane formation in broccoli. Phytochemistry 65: 1273-1281 (2004)
4. Seok DE, Kim MR, Lee KJ, Kim JH. Determination of sulforaphane in cruciferous vegetables by SIM. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 882-887 (1997)
5. Lee KJ, Kim MR, Kim HY. Effect of processing on the content of sulforaphane of broccoli. Korean J. Food Cookery Sci. 13: 422-426 (1997)
6. Wi DS, Kim MR, Kim JH, Na JH, Seok DE. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content, and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1201-1207 (1999)
7. Kim JH, Seok DE, Kim MR. Isolation and identification of bioactive organosulfur phytochemicals from solvent extract of bro-

- coli. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 315-319 (2003)
8. Lee HS, Park YW. Antioxidant activity and antibacterial activities from different parts of broccoli extract under high temperature. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 759-764 (2005)
9. Korea Food & Drug Administration. Food Standards Codex. Korean Food Industry Association. Seoul, Korea. pp. 599-637 (2007)
10. Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Chang MJ, Kim SH. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and β -carotene contents. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 423-432 (2007)
11. Cho NJ, Kim SG, Kim YH. Bakery Science. B&C World, Seoul, Korea. pp. 146-184 (2004)
12. Watanabe N, Suzuki S, Jwao Y, Ohaha T. Confectionary Dictionary. Asakura Bookstore, Seika jiten, Japan. pp. 335-348 (1981)
13. Mizukoshi M. Model studies of cake baking. Effect of silicone on foam stability of cake batter. Cereal Chem. 60: 399-500 (1983)
14. Pyler EJ. Physical and chemical test methods. pp. 992-998. In: Baking Science and Technology. 3rd ed. Sosland Publishing Co., Kansas City, MO, USA (1988)
15. Kim KO, Kim SS, Sung NK, Lee YC. Methods & application of sensory evaluation. Sinkwang Press, Seoul, Korea. pp. 131-135 (1997)
16. Lee KH, Park HC, Her ES. Statistics and data analysis method. Hyoil Press, Seoul, Korea. pp. 253-296 (1998)
17. Oh SH, Kim BG, Yoon ES, Lee YH. Food material dictionary. Korea Dictionary Research Publishing, Seoul, Korea. pp. 200-201 (1999)
18. Hyun HJ, Song KH, Choi MK, Song SM. Food calory and nutrition composition table. Kyomunsa, Seoul, Korea. pp. 76-77 (2007)
19. Sahi SS. Influence of aeration and emulsifiers on cake batter rheology and textural properties of cakes. 9th-11th. UMIST, Manchester, UK. pp. 257-260 (1998)
20. Kweon BM, Jeon SW, Kim DS. Quality characteristics of sponge cake with addition of laver powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 1278-1284 (2003)
21. Oh HJ, Kim CS. The effect of commercial *doenjangs* (Korean soybean paste) on the sponge cake making. Korean J. Food Cookery Sci. 20: 387-395 (2004)
22. Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee YS. Quality characteristics of sponge cake added with mesangi (*Capsosiphon fulvescens*) powder. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 83-89 (2007)
23. Hwang YK, Kim SY. Effects of amount of egg and specific gravity on the quality of sponge cake. Korean J. Food Cookery Sci. 15: 377-381 (1999)
24. Shin JH, Choi DJ, Kwon OC. Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and *yuza* powder. Korean J. Food Nutr. 20: 392-398 (2007)
25. Nagae S, Imai S, Sato T, Kaneto Y, Otsubo H. 1976. Quality characteristics of soft wheats and their use in Japan. 1. Methods of assessing wheat suitability for Japanese products. Cereal Chem. 53: 991-998 (1976)
26. Lee JS, Kim HS, Lee YJ, Jung IC, Bae JH, Lee JS. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of *Grifola frondosa* powder. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 400-405 (2007)
27. Park YR, Han IJ, Kim MY, Choi SH, Shin DW, Chun SS. Quality characteristics of sponge cake prepared with red ginseng marc powder. Korean J. Food Cookery Sci. 24: 236-242 (2008)
28. Park JY, Park YS, Chang HG. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy fiber flour. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 412-418 (2008)
29. Kim MJ, Jang MS. Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1427-1433 (2005)