

콩섬유 복합분을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 특성

박지영 · 박영서 · 장학길*

경원대학교 식품생물공학과

Quality Characteristics of Sponge Cake Supplemented with Soy Fiber Flour

Ji Young Park, Young-Seo Park, and Hak-Gil Chang*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University

Abstract The replacement of wheat flour with 4 to 24% soy fiber FIBRIM®1450 was evaluated to determine its effect on the properties of sponge cake. The volume and specific loaf volume decreased as the amount of soy fiber increased. In addition, the protein content and water holding capacity (WHC) were negatively correlated with the specific gravity of batter and the specific loaf volume of sponge cake, whereas there was no correlation between the mixograph characteristics and specific loaf volume of sponge cake in response to the addition of soy fiber. Furthermore, the symmetry and uniformity indices were not influenced by the addition of soy fiber. However, the L values of sponge cake crust and crumb decreased with increasing amounts of soy fiber, whereas a and b values were not affected. Additionally, the hardness, gumminess, and chewiness of the sponge cake all showed positive correlations with the protein content, sedimentation value, WHC and alkaline water retention capacity. Finally, the results of sensory evaluation indicated that external and internal colors, grain, texture, and flavor were not influenced by the addition of soy fiber, but that supplementation with over 20% soy fiber resulted in a slight decrease in taste and overall acceptability.

Key words: soy fiber flour, sponge cake, quality characteristics, sensory evaluation

서 론

최근 식습관과 관련된 질병 발생률에 대한 연구에서 식물성 식품의 섭취가 질병 예방과 관련이 깊은 것으로 발표되고 있으며, 특히 콩의 생리활성에 관한 연구가 집중되고 있다(1). 서양인보다 다양한 형태의 콩 가공식품을 많이 섭취하는 아시아인들은 유방암과 전립선암 발생률이 낮은데, 이는 콩에 함유된 아이소플라본(isoflavone)의 생리활성 때문이라고 보고되고 있다(2,3). 이 외에도 콩에 들어있는 생리활성물질인 식이섬유, 올리고당, 레시틴(lecithin), 사포닌(saponin) 등은 각종 암, 골다공증, 고지혈증 등을 예방할 뿐만 아니라 비만, 혈당 및 콜레스테롤을 조절하는 효과가 있음이 보고되고 있다(4-6).

1999년 미국 Food and Drug Administration(FDA)은 가공식품에 함유된 콩 단백질에 대해서, 1회 섭취 시 6.25g의 콩 단백질을 먹으면 저밀도 지단백(LDL) 콜레스테롤을 10% 낮추어 심장병의 위험을 낮출 수 있다는 것을 공식적으로 인정하여 포화지방, 콜레스테롤, 나트륨 함량이 낮은 조건을 아울러 충족시키면 제품 겉면에 Health Claim을 표기할 수 있도록 하였다(7). FDA와 미국 국립보건원(National Health Institute, NIH)은 아이들을 위한 점심급식 프로그램(National School Lunch Program, NSLP)에서 동

물성 단백질을 완전히 콩 단백질로 대체하는 것을 승인한 바 있다. 2003년 3월의 SPINS/Soyatech 보고에 의하면 미국의 2002년 전체 콩 가공식품 시장규모는 소비자가 기준으로 36억 달러에 이르며, 이는 전년 대비 21.1% 증가하였고, 2001년에도 그 전해보다 25% 증가하였다(8). 콩 가공식품 중에서는 식사대용 분말 24%, 식사대용 에너지 바(energy bar) 21%, 두유 17%, 육류 대체용 14%, 두부 7%, 시리얼 4% 순으로 시장을 형성하고 있으며, 우리나라의 두유 시장은 2004년 2,330억 원에서 2005년 2,290억 원으로 성장률이 감소하고 있는 실정이다(9).

최근 인간의 영양과 건강을 위해 식이섬유에 대한 관심이 고조되고 있지만, 우리나라의 채식위주 식단이 서구화와 가공식품의 범람으로 인해 채소, 과일, 해조류 등의 섭취가 부족하여 식이섬유의 섭취량이 하루 권장량의 절반에도 미치지 못하고 있는 실정이다. 식이섬유의 생리활성에 대해서는 많은 연구가 수행되고 있는데, 일반적인 식이섬유의 물리적 특성은 보수성(water holding capacity), 용해성(solubility), 점성(viscosity), 양이온 교환성(cation exchange), 흡착성(binding and chelating capacity) 등을 들 수 있다(10).

콩섬유는 콩의 껍질과 자엽에서 얻어지는데, 이 물질은 물을 포집하는 능력 등 여러 가지 물리적인 특성을 지니고 있고, 특히 장관의 운동을 촉진시켜 변통을 좋게 하며 배변량을 증가시킨다(11). 콩에 함유된 식이섬유의 종류로는 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴 등이 있다. 콩 자엽에 존재하는 가용성 식이섬유는 건강 기능성 물질로 매우 중요한 기능을 하는데, Lo 등(12)은 15주간 콩섬유를 사람에게 섭취시킨 실험에서 혈중 콜레스테롤 수치가 평균 7.7%가 저하되고, 유해한 LDL-콜레스테롤도 평균 7.4% 저하되었음을 보고하였으며, 다른 임상실험에서도 콩섬유의 섭취는

*Corresponding author: Hak-Gil Chang, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, Seongnam, Gyeonggi-do 461-701, Korea
Tel: 82-31-750-5382
Fax: 82-31-750-5273
E-mail: jhk@kyungwon.ac.kr
Received July 6, 2008; revised July 21, 2008;
accepted July 22, 2008

혈당량과 혈중 중성지방질을 감소시킨다고 보고하였다. 콩섬유는 다른 식이섬유와는 달리 무기질 흡수에 대한 장애를 일으키지 않는데, 이를 뒷받침하는 실험에서 밀섬유와 콩섬유의 비교실험 결과 밀섬유 섭취군은 아연과 구리의 흡수율이 저하되었으나 콩섬유 섭취군은 전혀 저하되지 않았음이 확인되었다(13). 이러한 여러 연구결과에 의하면 콩섬유는 장의 기능을 정상화하고, 혈중 중성지방질을 저하시킬 뿐만 아니라 혈당량을 조절하는 기능을 지니고 있음을 확인할 수 있다.

Kohn(14)에 의하면 지난 40년간 미국의 밀가루 소비패턴은 제빵용 밀가루의 사용이 점차 감소하는 반면 연질 밀가루를 이용한 제품시장은 현저하게 증가하고 있다고 보고하였다. 즉, 파이, 케이크, 쿠키, 크래커, 도우넛, 콘, 간식식품 제조에 사용되는 연질 밀가루의 소비가 증가하고 있다고 밝혔다. 우리나라에서도 1990년 후반기 이후부터 소비의 고급화 추세에 따라서 케이크의 시장규모는 급격하게 증가하고 있으며, 우리나라 제빵 시장은 1조 8,000억 원 규모를 형성하고 있다(15). 최근 우리나라에서도 제빵제과 부문에서 식이섬유와 관련하여 식빵, 케이크, 쿠키 등에 관한 연구들이 수행되어 왔으나(16,17), 콩섬유를 이용한 제빵제과 제품에 대해서는 학계나 산업계에서 거의 연구되고 있지 않다. 본 연구에서는 다양한 생리활성물질을 지니고 있는 콩섬유 섭취를 증가시키기 위하여 농축 콩섬유를 첨가한 기능성 스펀지 케이크(sponge cake)의 제조를 위해 콩섬유를 첨가한 복합분을 이용하여 스펀지 케이크를 제조한 후 그 특성을 조사하였다.

실험 재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 콩섬유(soy fiber)는 FIBRIM®1450(The Solae Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였다. 밀가루는 미국산 연질 밀을 제분한 박력분(Dachan Flour Mills Co., Ltd., Seoul, Korea)을 사용하였다.

스펀지 케이크의 제조

스펀지 케이크의 배합비는 Table 1과 같다. 계란(fresh whole egg) 700 g을 mixing bowl에 넣고 2분간 낮은 속도에서 혼합한 다음 설탕(fine granulated sucrose) 700 g을 첨가하였다. 스펀지 케이크의 제조는 달걀의 기포성을 향상시키고 설탕의 용해성을 증가시키며 제품의 부피를 증가시키기 위하여 53°C의 물로 중탕하여 mixing bowl을 40°C로 유지시키는 hot mixing method를 사용하였다(18). 즉, 스펀지 케이크 반죽(batter)은 저속에서 30초, 고속에서 8분 동안 혼합한 다음, 증류수 140 mL를 첨가하여 2분 동안 혼합하고, 저속에서 30초간 혼합하여 cream mass(egg-sugar batter)를 만들었다. Cream mass 240 g을 bowl에 옮기고 시료(밀가루 또는 콩섬유가 첨가된 밀가루) 100 g을 첨가한 다음, 나무주걱으로 40회 천천히 혼합한 후, 다시 40회 빠르게 혼합한 케이크 반죽을 케이크 팬(pan)(내경 14.8, 길이 6.9 cm, 부피 1,260 mL)에 330 g 넣고 180°C에서 30분간 굽기(baking)를 하였다. 콩

Table 1. Formula and ingredient specifications of sponge cake

Ingredients	Amounts (% , flour basis)
Flour (shifted)	100
Sugar (fine granulated)	100
Fresh whole eggs (with shell)	100
Distilled water	40

섬유의 첨가량은 밀가루를 기준으로 4, 8, 12, 16, 20 및 24%를 첨가하였다.

반죽의 pH와 비중 측정

반죽의 pH는 AACC 방법(19)에 따라 mixing이 끝난 반죽 15 g에 증류수 100 mL를 넣고 현탁액을 만들고 30분간 혼합한 다음 10분간 실온에 방치한 후 pH meter(Model 740p, Istek Inc., Seoul, Korea)로 측정하였다. 반죽의 비중은 혼합이 끝난 직후 미리 무게를 측정된 비중 컵에 반죽을 가득 담고 무게를 측정하여 아래 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{Specific gravity (g/mL)} = \frac{C + B - C}{C + W - C}$$

- C: 컵의 무게
- B: 반죽의 무게
- W: 증류수의 무게

케이크의 무게, 부피 및 비용적 측정

굽기를 마친 케이크는 30분간 케이크 팬에서 냉각시킨 후 무게(g)를 측정하였고, 부피는 종자치환법(19)으로 측정하였으며, 이로부터 비용적(mL/g)을 산출하였다.

반죽의 이화학적 특성

단백질 함량은 micro-Kjeldahl 방법(19)으로 측정하였다. Pelshenke값은 항온수조를 30°C로 유지하고 150 mL 비이커에 일정량의 증류수를 넣어 항온수조 안에 방치해 둔 후, 밀가루 3 g을 기준으로 하여 저장전분을 0%에서 60%까지 첨가한 첨가구에 효모 용액(dry yeast 3.2 g/water 50 mL) 1.8 mL를 가하고 반죽시간이 2분 이상이 걸리지 않도록 반죽하여 반죽구(dough ball)로 만든 후, 항온 수조 안의 비이커에 넣고 반죽구가 터져 떨어지는 시간을 측정하여 Pelshenke 값(min)을 구하였다. 보수율(water holding capacity, WHC), 알칼리수 흡수율(alkaline water retention capacity, AWRC)과 침전가(sedimentation value)는 AACC 방법(19)에 준하여 실시하였다.

Mixograph 특성

Mixograph 특성은 AACC(54-40A) 방법(19)에 따라서 10-g Mixograph(MIXSMART version 4.0, National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 박력분의 최적 수분흡수율을 구한 다음, 각 시료에 박력분을 기준으로 증류수를 첨가하여 다음과 같이 peak time, peak height, width at peak, width at 8 min 등을 측정하였다.

케이크의 volume index, symmetry index, uniformity index 측정

케이크의 volume index, symmetry index와 uniformity index는 AACC(10-90) 방법(19)에 준하여 냉각된 케이크의 중앙부분을 절단한 후 측정하여 평균값으로 나타내었다.

케이크의 색도와 텍스처 측정

냉각된 케이크의 크러스트(crust)와 크럼(crumb)의 색도는 색도계(Model CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L값, a값, b값을 측정하였다. 케이크의 텍스처는 제조한 케이크를 20 mm 두께로 절단하여 1시간 동안 실온에서 냉각한 후 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Co., Haslemere, England)를 사용하여 경도(hardness), 탄성(springiness), 점착성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess)을 측정하였다. 사용된 plunger는

Table 2. Texture analyzer set up condition used for sponge cake texture measurement

TA set up		Method set up	
Option	T.P.A.	Graph type	Force vs. time
Force unit	Dram	Auto-scaling	On
Distance format	mm	Peak confirmation	On
Pre-test speed	2.0 mm/sec	Force threshold	20.0 g
Test speed	1.0 mm/sec	File type	Lotus 1-2-3
Post-test speed	2.0 mm/sec	Display and export	plotted points
Distance	10.0 mm/sec	Acquisition rate	200 pps
Time	2.0 sec	Result file	Closed
Trigger type	Auto	Force unit	Gram
Trigger force	10 g	Contact area	962.0 mm
		Contact force	5.0 g

직경 2.5 cm, 속도는 초당 1.0 mm로 측정조건은 Table 2와 같다.

케이크의 저장특성과 관능검사

스펀지 케이크의 저장특성은 수분손실을 방지하기 위하여 케이크를 LDPE Zipper bag(Green Wrap Co., Seoul, Korea)에 넣고 25°C에서 8일간 저장하면서 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Co.)로 경도를 측정하였다. 케이크의 관능검사를 위하여 관능검사원으로서 경원대학교 식품생물공학과 학생 13명을 선정하여 이들에게 실험 목적을 설명하고 각 측정치에 대하여 충분히 숙지시킨 뒤 검사에 응하도록 하였다. 케이크의 색(cake color), 향(flavor), 균형도(symmetry), 기공(grain), 경도(hardness), 조직감(texture), 부드러움(softness), 맛(taste), 종합적인 기호도(overall acceptability) 등을 평가하였다. 시료 평가는 10개 항목을 9점 척도법으로 평가하였다.

통계분석

모든 실험값은 최소 3 반복하여 평균과 표준편차를 구하였고, 통계분석은 Windows용(ver. 10.0) SPSS(statistical package for the social science) 통계 package를 이용하여 Duncan's multiple range 값과 상관관계를 구하여 각 측정치들 간의 관계를 검토하였다.

결과 및 고찰

반죽의 비중과 스펀지 케이크의 부피, 무게 및 비용적

본 연구에 사용한 콩섬유 FIBRIM®1450은 대두 자엽의 세포

벽으로부터 분리된 섬유질로서 수분함량 4.0%, 단백질 15.5%, 수용성 및 불용성 식이섬유가 최소 77.2% 함유하고 있으며, 저열량 빵을 제조하는데 적합한 특징을 지니고 있다. 밀가루에 콩섬유 FIBRIM®1450을 0-24%까지 첨가하여 스펀지 케이크용 반죽을 제조한 후 반죽의 비중을 측정한 결과를 Table 3에 나타내었는데, 콩섬유를 첨가하지 않은 대조구의 비중은 0.67 g/mL이었고 콩섬유 첨가량이 증가할수록 비중이 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 유의적인 변화는 없었다. 반죽의 비중은 제품의 가공적성에 영향을 주어 비중이 크면 부피가 줄고 조밀한 기공으로 인해 씹힘성이 떨어지며, 비중이 낮으면 매우 약하고 부서지기 쉬운 크럼이 제조된다(18). 본 결과로 콩섬유의 첨가가 케이크 반죽 제조 시 반죽의 부피 및 기공에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

한편 콩섬유의 첨가량을 달리하여 스펀지 케이크를 제조한 후 제품의 부피, 무게 및 비용적을 측정한 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같이, 스펀지 케이크의 부피는 콩섬유가 첨가되지 않았을 때 843 mL이었고 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 부피는 감소하였는데, 4% 첨가까지는 유의적인 차이가 없었다. 스펀지 케이크 부피의 감소폭을 보면 콩섬유를 24% 첨가하였을 때 대조구에 비해서 11% 정도 밖에 감소되지 않아 스펀지 케이크 제조 시 콩섬유의 첨가로 인한 관능평가가 나쁘지 않다면 첨가량을 제한할 필요는 없을 것으로 생각된다. 한편, 스펀지 케이크 무게는 대조구가 275 g이었고 콩섬유를 24% 첨가하였을 때 268 g으로 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 비용적의 경우에는 대조구가 3.08 mL/g이었고 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 비용적이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내어 콩섬유를 24% 첨가하였을 때 2.82 mL/g로 나타났다.

Gilbertson 등(20)은 콩가루를 첨가한 케이크의 부피는 콩가루의 첨가량이 증가할수록 부피 및 비용적이 감소한다고 하였고, Pomeranz 등(21)은 제빵 시 셀룰로오스, 밀기울(wheat bran) 등의 식이섬유를 첨가함으로써 부피 및 비용적이 감소한다고 보고하여 본 연구와 동일한 경향을 나타내었다.

스펀지 케이크의 이화학적 특성간의 상관관계

콩섬유를 첨가한 복합분의 이화학적 특성, 호화특성 및 반죽특성과 스펀지 케이크의 비용적 간의 관계를 보면 Table 4와 같다. 단백질 함량과 반죽의 비중 및 스펀지 케이크의 비용적과는 각각 부의 상관관이 있어 단백질 함량이 증가할수록 반죽의 비중과 스펀지 케이크의 비용적은 감소함을 알 수 있으며, Pelshenke 값은 반죽의 비중 및 스펀지 케이크의 부피와 각각 $r=0.643$ 및 $r=0.573$ 의 정의 상관관이 있었다. 이와 같은 결과는 Park과 Chang

Table 3. Specific gravity of sponge cake batter in wheat flour substituted with soy fiber and sponge cake properties prepared from wheat flour substituted with soy fiber

Substitution level (%)	Batter		Sponge cake	
	Specific gravity (g/mL)	Volume (mL)	Weight (g)	Specific loaf volume (mL/g)
Control (0)	0.67±0.03 ^{al}	843±8.85 ^c	275±0.2 ^{bc}	3.08±0.06 ^c
4	0.65±0.01 ^a	842±11.15 ^c	277±0.6 ^c	3.04±0.08 ^c
8	0.65±0.01 ^a	836±10.6 ^{bc}	277±0.2 ^c	3.02±0.08 ^{bc}
12	0.65±0.01 ^a	814±7.05 ^b	276±0.1 ^{bc}	2.96±0.05 ^b
16	0.64±0.05 ^a	776±10.55 ^a	275±0.3 ^{bc}	2.83±0.09 ^a
20	0.62±0.05 ^a	769±11.70 ^a	273±4.2 ^{bc}	2.82±0.01 ^a
24	0.58±0.02 ^a	753±12.3 ^a	268±2.2 ^a	2.82±0.17 ^a

^lMeans in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Correlation coefficients among quality parameters, specific gravity of cake batter and specific loaf volume of sponge cakes prepared from wheat and soy fiber flour blends

Quality parameter	Specific gravity of batter (g/mL)	Specific loaf volume (mL/g)
Protein (%)	-0.600** ¹⁾	-0.706**
Sedimentation (mL)	0.188	-0.495
Pelshenke (min)	0.643**	0.573**
WHC ²⁾ (%)	-0.263	-0.740**
AWRC ³⁾ (%)	0.598**	-0.702**
Rapid Visco Analyser (RVA)		
Initial pasting temp. (°C)	-0.569**	0.019
Peak viscosity (RVU)	0.539**	0.230
Breakdown (RVU)	0.590**	0.111
Setback (RVU)	0.541**	0.331
Mixograph characteristics		
Peak time (min)	-0.151	0.326
Peak height (mm)	0.017	-0.477
Width at peak (mm)	-0.762**	0.389
Width at 8 min (mm)	-0.631**	-0.177

¹⁾*, ** : Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively

²⁾Water holding capacity

³⁾Alkaline water retention capacity

DF of protein, sedimentation, Pelshenke, WHC, AWRC, and RVA: 26, DF of mixograph: 16

(22)의 흑미가루 복합분을 이용한 스펀지 케이크의 연구와 일치하는 것이다.

한편, 보수율은 반죽의 비중과 케이크의 비용적과 부의 상관성이 있었고, 알칼리수 흡수율의 경우는 비중과는 정의 상관($r=0.598$)이 있었고 케이크의 비용적과는 부의 상관($r=-0.740$)이 있었는데, 이는 콩섬유의 첨가로 반죽의 비중이 증가하고 케이크의 부피는 감소되는 것을 의미하는 것으로 콩섬유에 많이 함유된 식이섬유에 기인하는 것으로 생각된다. 한편, Quinn과 Patton(23)에 의하면 보수율은 식품 중 단백질의 최대흡수율을 표시하는 것으로 보수율 측정과정 중 대부분의 수용성 단백질은 제거되나 보수율로서 수용성과 불용성을 정확하게 비교 측정되는 것은 아니라고 밝힌 바 있다. 또한 Lin 등(24)은 단백질의 변성 때문에 용해성이 감소됨으로써 흡수율이 증가한다고 보고한 바 있다.

RVA에 의한 호화특성과 반죽의 비중과의 관계를 보면 RVA 호화온도와 비중과는 부의 상관($r=-0.569$)이 있었으나, peak viscosity, breakdown 및 setback과 비중과는 정의 상관($r=0.539-0.590$)이 있었다. 그러나 RVA 특성과 케이크의 비용적과는 상관관계가 존재하지 않았다. 한편, mixograph 특성 중 width at peak 및 width at 8 min와 반죽의 비중과는 부의 상관($r=-0.762, r=-0.631$)이 있었지만 mixograph 특성과 케이크의 비용적과는 어떠한 경우에도 상관관계가 성립되지 않았다.

스펀지 케이크의 volume, symmetry 및 uniformity index

콩섬유를 첨가한 스펀지 케이크의 volume, symmetry 및 uniformity index를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 콩섬유를 첨가한 스펀지 케이크의 volume index를 살펴보면 콩섬유를 첨가함에 따라 값이 감소하는 경향을 나타내었으며 통계적 유의성을 보였으나 전체적으로 변화가 적었다. Symmetry index는 케이크의 균형을 보는 것으로 콩섬유를 첨가한 복합분의 경우 4-12% 첨가구에

Table 5. Volume, symmetry, and uniformity index of sponge cake prepared from wheat flour supplemented with soy fiber

Substitution level (%)	Volume index	Symmetry index	Uniformity index
Control (0)	17.5±0.64 ^{a1)}	0.70±0.42 ^{ab}	-0.30±0.14 ^a
4	17.4±1.77 ^b	0.95±0.07 ^{abc}	-0.05±0.07 ^a
8	17.8±0.64 ^b	1.30±0.01 ^{bcd}	-0.05±0.01 ^a
12	16.9±0.57 ^{ab}	1.55±0.49 ^{cd}	-0.05±0.21 ^a
16	16.9±0.21 ^{ab}	0.85±0.21 ^{abc}	-0.05±0.07 ^a
20	16.8±0.21 ^{ab}	0.35±0.21 ^a	-0.05±0.07 ^a
24	16.6±0.07 ^{ab}	0.40±0.14 ^a	-0.05±0.01 ^a

¹⁾Means in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ($p<0.05$).

서 점차 증가하다가 16% 이후로 감소하는 형태를 보였으나 통계적인 유의성은 인정되지 않아 콩섬유 첨가에 따른 케이크의 불균형 현상은 크지 않을 것으로 생각된다. Uniformity index는 스펀지 케이크가 좌우로 어느 정도 치우침이 있는지를 보는 것인데, 콩섬유의 첨가량이 증가하여도 값이 일정하였고 통계적 유의성도 없었기 때문에 스펀지 케이크 제조 시 콩섬유 첨가로 인한 케이크 모양의 치우침은 크지 않을 것으로 판단되었다. Chang(25)의 연구에 의하면 스펀지 케이크 제조 시 조분말을 첨가함으로써 케이크의 symmetry index와 uniformity index가 유의적인 차이가 있다고 보고하여 본 연구결과와 상이하였는데, 이는 첨가재료에 따른 특성이라고 볼 수 있다.

스펀지 케이크의 색도

콩섬유를 첨가하여 제조한 스펀지 케이크의 크리스트와 크림의 색도를 측정된 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 크리스트 명도를 나타내는 L값은 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 대조구에 비해 24% 첨가 시 약 8.9%가 감소하였다. 적색을 나타내는 a값은 콩섬유 24% 첨가구만이 유의적인 차이가 있었을 뿐 변화가 없었고, 황색을 나타내는 b값은 콩섬유를 첨가한 복합분의 경우에는 처리간에 유의적인 차이가 있었으나 변화가 크지 않았다. Eum(26)의 보고에서는 탈지 콩가루가 굵기 과정에서 마이알 반응에 의해 색이 진해진다고 했는데, 본 연구에서는 콩섬유 첨가량의 증가가 크리스트 색깔에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 한편, 스펀지 케이크의 크림 색도를 보면 L값은 대조군이 81.8이었고 콩섬유 24% 첨가 시 69.6으로서 콩섬유의 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였지만 16% 첨가구까지는 통계적 유의성이 없었다. 크림의 a값과 b값은 모든 실험구(0-24%)가 통계적 유의성이 없었으며, 이 결과로부터 콩섬유의 첨가가 스펀지 케이크의 크림 색도에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. Park과 Chang(22)은 스펀지 케이크의 크리스트 색도는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 L, a 및 b값 모두가 감소하는 경향을 보였으며, 크림 색도는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 L값과 b값은 감소하였으나 a값은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다고 보고하였다. 이는 흑미가루가 가지는 독특한 자홍색에 의하며 그의 첨가비율이 증가함에 따라서 자홍색이 강하게 나타난 것으로 설명하였다. 또한 Jung 등(27)의 흑미가루를 첨가한 식빵의 품질에 관한 연구에서도 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 빵의 색깔은 안토시아닌 색소의 자홍색이 강해지면서 전체적으로 색상이 어둡게 나타났다고 보고하였는데 본 연구에서는 사용한 콩섬유의 색도가 밀가루의

Table 6. Crust and crumb colors of sponge cake prepared from wheat flour supplemented with soy fiber

Substitution level (%)	Crust color			Crumb color		
	L	a	b	L	a	b
Control (0)	56.7±0.57 ^{d1)}	16.9±0.38 ^a	35.7±0.57 ^d	81.8±0.50 ^{c1)}	-3.9±0.11 ^b	25.8±0.57 ^a
4	56.4±0.77 ^d	15.8±0.81 ^a	32.7±2.54 ^a	80.4±0.92 ^{bc}	-3.3±0.08 ^b	23.9±0.87 ^a
8	54.8±0.86 ^c	16.2±0.86 ^a	33.2±1.08 ^{ab}	79.4±0.98 ^{bc}	-3.8±0.14 ^b	25.2±0.35 ^a
12	54.1±1.05 ^{bc}	17.3±1.97 ^a	34.0±0.64 ^{abc}	78.6±0.42 ^{bc}	-5.2±2.06 ^a	25.1±1.06 ^a
16	52.7±1.77 ^{ab}	17.5±0.64 ^a	34.3±0.93 ^{bcd}	78.2±0.97 ^{bc}	-3.5±0.16 ^b	25.2±0.91 ^a
20	52.4±2.07 ^a	17.5±0.96 ^a	35.3±0.79 ^{cd}	76.6±0.23 ^b	-3.0±1.86 ^b	25.5±0.90 ^a
24	51.6±1.37 ^a	21.1±2.36 ^b	35.3±0.95 ^{cd}	69.6±10.17 ^a	-2.6±0.30 ^b	25.6±3.33 ^a

¹⁾Means in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 7. Textural properties of sponge cake prepared from wheat flour supplemented with soy fiber

Substitution level (%)	Textural properties				
	Hardness (g-force)	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Chewiness
Control (0)	481±19.8 ^{a1)}	0.86±0.01 ^a	331±38.1 ^{ac}	0.75±0.02 ^{ab}	309±28.6 ^a
4	481±19.8 ^{a1)}	0.86±0.01 ^a	370±14.6 ^a	0.78±0.03 ^b	317±13.5 ^a
8	581±39.5 ^{ab}	0.86±0.01 ^a	405±27.9 ^{ab}	0.77±0.01 ^{ab}	352±49.3 ^{ab}
12	527±52.7 ^a	0.84±0.08 ^a	410±52.2 ^{ab}	0.75±0.02 ^{ab}	361±23.0 ^{ab}
16	678±54.9 ^{ab}	0.88±0.01 ^a	525±24.2 ^{bc}	0.74±0.02 ^{ab}	443±61.5 ^{abc}
20	734±96.6 ^{ab}	0.89±0.00 ^a	540±64.8 ^{bc}	0.70±0.04 ^a	476±55.5 ^{bc}
24	780±45.0 ^b	0.89±0.01 ^a	585±83.9 ^c	0.71±0.07 ^a	519±62.8 ^c

¹⁾Means in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

색도와 유사하여 스펀지 케이크의 색도에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

스펀지 케이크 텍스처의 변화

밀가루에 콩섬유가 첨가된 복합분의 스펀지 케이크 텍스처의 변화는 Table 7과 같다.

콩섬유를 첨가한 복합분으로 제조한 스펀지 케이크의 경도는 대조구가 481 g-force, 콩섬유 24% 첨가 시 780 g-force로서 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하는 경향을 나타내었으나 통계적 유의성은 크지 않았다. 탄성과 점착성은 유의적인 차이가 크지 않았으며, 검성과 씹힘성은 콩섬유의 첨가량이 증가함에 따라서 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 케이크의 텍스처에 영향을 미치는 요인은 케이크의 수분 함량, 기공의 발달정도, 부피 등이 있는데, 일반적으로 기공이 잘 발달된 케이크일수록 부피가 크고 경도가 낮은 것으로 알려져 있다. Sung 등(28)의 연구에서는 농축콩단백을 첨가한 스펀지 케이크의 경도가 210-607 g-force로 보고되어 본 연구결과에 비하면 약간 낮은 수준이었다.

한편, 스펀지 케이크의 텍스처 특성과 단백질 및 전분특성과 관련된 상관관계를 보면 Table 8에서 보는 바와 같다. 스펀지 케이크의 경도, 탄성, 검성 및 씹힘성은 단백질 함량, 침전가, 보수율 및 알칼리수 흡수율과는 정의 상관이 있는 반면, Pelshenke값과는 부의 상관을 나타내어, 복합분의 콩섬유 첨가량이 증가함에 따라서 단백질 함량이 증가하고 아울러 스펀지 케이크의 경도, 탄성, 검성 등이 증가됨을 볼 수 있었다. 스펀지 케이크의 점착성과 단백질 및 전분 특성과의 관계는 경도와는 반대로 Pelshenke값과는 정의 상관이 있었지만 단백질 함량, 침전가, 보수율 및 알칼리수 흡수율과는 부의 상관을 보여 콩섬유를 첨가함에 따라 스펀지 케이크의 형태를 유지하는 내부 결합력이 저하되는 것을 볼 수 있었다.

관능검사

스펀지 케이크의 품질에 대한 관능검사 결과는 Table 9에서 보는 바와 같다. 콩섬유를 첨가한 복합분의 스펀지 케이크 관능검사 결과를 보면, 외부 색깔, 기공, 조직감, 내부 색깔, 향기 등은

Table 8. Correlation coefficients between quality parameters and textural characteristics of wheat and soy fiber flour blends

Quality parameters	Hardness (g-force)	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Chewiness
Protein (%)	0.751 ^{**1)}	0.432 [*]	0.789 ^{**}	-0.720 ^{**}	0.811 ^{**}
Sedimentation (mL)	0.562 ^{**}	0.155	0.468 [*]	-0.559 ^{**}	0.527 ^{**}
Pelshenke (min)	-0.538 ^{**}	-0.417	-0.691 ^{**}	0.441 [*]	-0.641 ^{**}
WHC ²⁾ (%)	0.827 ^{**}	0.360	0.767 ^{**}	-0.817 ^{**}	0.811 ^{**}
AWRC ³⁾ (%)	0.761 ^{**}	0.416 [*]	0.802 ^{**}	-0.727 ^{**}	0.815 ^{**}

¹⁾*, **: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively

²⁾Water holding capacity

³⁾Alkaline water retention capacity

Table 9. Sensory characteristics of sponge cakes prepared from wheat and soy fiber flour blends

Substitution level (%)	Sensory characteristics							
	External color	Uniformity	Grain	Texture	Internal color	Flavor	Taste	Over-all acceptability
Control (0)	6.83±1.19 ^{a1)}	7.42±0.90 ^b	6.67±0.98 ^a	7.08±1.00 ^a	7.25±1.22 ^a	6.75±1.06 ^a	6.83±1.19 ^c	7.17±0.94 ^{bc}
4	6.83±1.11 ^a	7.17±1.03 ^{ab}	6.75±0.97 ^a	7.08±1.08 ^a	7.00±0.85 ^a	6.58±1.00 ^a	6.92±0.67 ^c	6.92±0.90 ^{bc}
8	6.92±1.31 ^a	7.17±1.11 ^{ab}	7.08±1.00 ^a	7.08±1.08 ^a	7.33±1.07 ^a	6.75±0.97 ^a	7.00±0.74 ^c	7.25±1.14 ^c
12	7.00±0.95 ^a	6.42±1.24 ^{ab}	6.58±1.16 ^a	6.83±0.83 ^a	7.33±0.98 ^a	6.83±0.58 ^a	6.75±0.97 ^{bc}	6.75±0.87 ^{bc}
16	7.08±1.00 ^a	7.17±1.34 ^{ab}	7.08±0.79 ^a	6.58±0.90 ^a	7.08±0.79 ^a	6.58±0.51 ^a	6.75±0.75 ^{bc}	7.00±0.85 ^{bc}
20	7.08±0.79 ^a	6.58±1.51 ^{ab}	7.33±1.07 ^a	6.50±1.09 ^a	6.92±0.67 ^a	6.17±1.03 ^a	6.00±0.74 ^{ab}	6.33±1.07 ^b
24	6.58±1.56 ^a	6.25±1.42 ^a	6.92±1.08 ^a	6.17±1.11 ^a	6.58±0.90 ^a	6.08±1.56 ^a	5.50±1.00 ^a	5.50±0.80 ^a

¹⁾Means in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ($p < 0.05$).

콩섬유의 첨가에 통계적으로 유의적인 영향을 받지 않았다. 단지 맛과 전체적인 기호도에서 처리에 따라 유의성이 있었으나 그 변화도 크지 않았다. Mizukoshi(29)는 케이크의 품질은 좋은 부피, 균일하고 미세한 조직, 균형이 좋을 뿐만 아니라, 부드러운 촉감, 입안에서의 좋은 느낌과 향미를 가질 때 품질이 우수하다고 밝혔는데 본 연구에서도 상기 특성들이 우수한 값을 보여 콩섬유 첨가가 케이크의 품질에 영향을 미치지 않는다는 것을 확인하였다. 본 연구에서 콩섬유를 16%까지 첨가하였을 때 전체적인 기호도가 대조구와 동일한 관능적 특성을 나타내었으므로 스펀지 케이크를 제조 시 콩섬유를 16%까지 첨가할 경우 케이크의 물리화학적 특성뿐만 아니라 관능적 특성을 저하시키지 않는다는 것을 알 수 있었다.

요 약

밀가루에 콩섬유 FIBRIM®1450을 4-24%까지 첨가한 결과 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 스펀지 케이크의 부피와 비용적은 유의적으로 감소하였다. 단백질 함량과 보수율은 반죽의 비중 및 스펀지 케이크의 비용적과는 각각 부의 상관성이 있었으나, Mixograph 특성과 케이크의 비용적 사이에는 상관관계가 존재하지 않았다. 스펀지 케이크의 symmetry index와 uniformity index는 콩섬유의 첨가량에 상관없이 일정한 값을 나타내었다. 케이크 크러스트와 크럼의 L값은 콩섬유의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 a값과 b값은 큰 차이를 나타내지 않았다. 스펀지 케이크의 경도, 점성과 씹힘성은 콩섬유의 첨가량이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 스펀지 케이크의 경도, 탄성, 점성 및 씹힘성은 단백질 함량, 침전가, 보수율 및 알칼리 수 흡수율과는 정의 상관성이 있는 반면, Pelshenke값과는 부의 상관을 나타내었다. 콩섬유를 첨가한 복합분의 스펀지 케이크 관능 검사 결과, 외부 색깔, 기공, 조직감, 내부 색깔, 향기 등은 콩섬유의 첨가에 통계적으로 유의적인 영향을 받지 않았으나 맛과 전체적인 기호도는 콩섬유를 20% 이상 첨가하였을 때 약간 저하됨을 알 수 있었다.

문 헌

1. Kennedy AR. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125: 733s-743s (1995)
2. Anthony MS, Clarkson TB, Hughes CL, Morgan TM, Burke GL. Soybean isoflavone improve cardiovascular risk factors without affecting the reproductive system of peripubertal rhesus monkeys. *J. Nutr.* 126: 43-50 (1996)

3. Persky V, Horn LV. Epidemiology of soy and cancer; perspectives and directions. *J. Nutr.* 125: 709s-712s (1995)
4. Barnes S. Effect of genistein on *in vitro* and *in vivo* models of cancer. *J. Nutr.* 125: 777s-783s (1995)
5. Peterson G. Evaluation of the biochemical targets of genistein in tumor cells. *J. Nutr.* 125: 784s-789s (1995)
6. King RA, Broadbent JL, Head RJ. Absorption and excretion of the soy isoflavone genistein in rats. *J. Nutr.* 126: 176-182 (1995)
7. Bannink MR. Prevention of chronic disease by soy foods; Current research in the United States. (abstract no. S2). In: International symposium on soybean: Production, processing, and nutrition. June 17, Seoul National University, Suwon, Korea. Korea Soybean Society, Suwon, Korea (1994)
8. Wang H, Murphy PA. Isoflavone content in commercial soybean foods. *J. Agr. Food Chem.* 42: 1666-1673 (1994)
9. Wang H, Murphy PA. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: Effect of variety, crop year, and location. *J. Agr. Food Chem.* 42: 1674-1677 (1994)
10. Nakashima H. Inhibitory effect of glycosides like saponins from soybean on the infectivity of HIV *in vitro*. *AIDS* 3: 655-658 (1989)
11. Munoz JM, Ssndstead HH, jacob RA, Logan GM, Reck SJ, Klevay LM, Dintzis FR, Inglett GE, Shirey WC. Effect of some cereal brans and textured vegetable protein on plasma lipids. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 58-65 (1979)
12. Lo G, Goldberg AP, Grundhauser JJ, Aderson C, Schonfeld G. Soy fiber improves lipid and carbohydrate metabolism in primary hyperlipidemic. *Atherosclerosis* 62: 339-345 (1983)
13. Holt S. Soya for Health. Mary Ann Liebert Inc., Lachmont, NY, USA pp. 124-132 (1996)
14. Kohn S. An update of the U.S. baking industry. *Cereal Food World* 45: 97-97 (2000)
15. Cho MK, Lee WJ. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 702-706 (1996)
16. Jung DS, Lee FZ, Enu JB. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 232-237 (2002)
17. Lee YT, Chang HG. Effect of waxy and normal hull-less barley flours on bread-making properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 918-923 (2003)
18. Nagae S, Imai S, Sato T, Kaneko Y, Otsubo H. Quality Characteristics of soft wheats and their use in Japan. I. Methods of assessing wheat suitability for Japanese products. *Cereal Chem.* 53: 998-997 (1976)
19. AACC. Approved Methods of the AACC. 10th ed. Method 19-90, 54-40A. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
20. Gillbertson DB, Porter MA. Replacing eggs in bakery goods with soy flour. *Cereal Food World* 46: 431-435 (2001)
21. Pomeranz Y, Shogren MD, Finney KF, Bechtel DB. Fiber in bread-making-effects on functional properties. *Cereal Chem.* 54: 25-41 (1977)
22. Park YS, Chang HG. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 406-411 (2007)
23. Quinn JR, Patton D. A practical measurement of water hydration

- capacity of protein materials. *Cereal Chem.* 56: 38-40 (1979)
24. Lin MJY, Humbert ES, Sosulski FW. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 39: 368-372 (1974)
25. Chang HG. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of millet flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 952-958 (2004)
26. Eom YH. A study on the characteristics and texture of noodle and *hongsamyun* made of soy flour. MS thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea (1994)
27. Jung DS, Lee FZ, Eun JB. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 232-237 (2002)
28. Sung MJ, Park YS, Chang HG. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy protein concentrate. *Food Sci. Biotechnol.* 15: 860-865 (2006)
29. Mizukoshi M. Model studies of cake baking. III. Effect of silicone on foam stability of cake batter. *Cereal Chem.* 60: 396-500 (1983)