

## 농축 콩단백분의 첨가가 White Layer Cake의 제조특성에 미치는 영향

이용숙\* · 박영서 · 장학길

경원대학교 생명공학부, \*세종대학교 생활과학과

### Effect of Soy Protein Concentrate on the Properties of White Layer Cake Making

Yong Suk Lee\*, Young-Seo Park, and Hak-Gil Chang

Division of Biotechnology, Kyungwon University

\*Department of Human Life Science, Sejong University

#### Abstract

The object of this study was to develop a fortified white layer cake from soft wheat flour blended with soy protein concentrate(SPC). The effects fortification on various quality parameters of cake such as physicochemical and rheological properties, cake making quality, and sensory characteristics were evaluated. SPC(3-24%) was added to soft wheat flour for making white layer cake. Protein content had significantly high correlation coefficient of  $r=-0.718^*$  with sedimentation value. WRC and AWRC had significantly high correlation coefficient with protein content, and showed negative correlation with sedimentation value. Initial pasting temperature range of wheat flours added to SPC measured by Rapid Visco Analyser ranged from 72.2 to 84.2°C. Mixograph peak time significantly correlated and positively with protein content, WRC and AWRC. The pH and specific gravity of cake batter increased with increasing the content of SPC. The addition of SPC resulted in lower loaf and specific loaf volume compared with soft wheat flour. The initial total isoflavone contents of SPC flour were 1,479.88  $\beta$ 1/g, respectively. After heat treatment, total isoflavone content increased by 56.1%. Lightness( $L^*$  value) of cake crust decreased with addition of SPC flour, while redness( $a^*$  value) and yellowness( $b^*$  value) increased as the amount of SPC flours increased. Sensory evaluation resulted that the properties of overall acceptability tended to decrease as the addition levels of SPC flours were increased. Texture measurement showed that hardness, increased as the added amount of SPC flour increased.

**Key words:** white layer cake, soy protein concentrate, cake, wheat flour

#### 서 론

최근 식습관과 관련된 질병 발생률에 대한 연구에서 식물성 식품의 섭취가 질병 예방과 관련이 깊은 것으로 연구되어 발표되고 있으며, 특히 콩의 생리활성 기능에 관심이 집중되고 있다(Kennedy, 1995; Cheon, 1997). 미국인보다 다양한 형태의 콩 가공식품을 많이 섭취하는 아시아인 국가들은 유방암과

전립선암 발생률이 더 낮는데, 이는 콩에 함유된 아이소플라본의 생리활성 때문이라고 보고 되어오고 있다(Anthony *et al.*, 1996; Persky and Horn, 1995). 또한, 콩에 들어있는 생물학적 활성물질인 아이소플라본, 식이섬유, 올리고당, 레시틴, 사포닌 등은 각종 암, 골다공증, 고지혈증 등을 예방할 뿐만 아니라 비만, 혈당 및 콜레스테롤을 조절하는 효과가 있음이 보고되고 있다(Barnes, 1995; Peterson, 1995; King *et al.*, 1995).

1999년 미국 FDA는 콩 가공식품에 함유된 콩 단백질에 대해서, 1회 섭취 시 6.25 g의 콩 단백질을 먹으면 LDL 콜레스테롤을 10% 낮추어 심장병의 위험을 낮출 수 있다는 것을 공식적으로 인정하여

Corresponding author: Hak-Gil Chang, Professor, Division of Biotechnology, Kyungwon University, San 65, Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Gyeonggi-do, Seongnam 461-701, Korea  
Phone: +82-31-750-5382, Fax: +82-750-5273  
E-mail: jhk@kyungwon.ac.kr

포화지방, 콜레스테롤, 나트륨 함량이 낮은 조건을 아울러 충족하면 제품 겉면에 Health Claim을 표기할 수 있도록 하였다(Bennink, 1994).

콩에 함유된 아이소플라본은 genistein, daidzein, glycitein의 3종의 aglycon과 각각에 3종류의 배당체가 있어서 모두 12종류의 아이소플라본 화합물이 존재하며, 그 중 주요 생리활성물질은 daidzein과 genistein이다(Naim *et al.*, 1974). 콩에는 중량의 약 0.3%의 아이소플라본이 배당체로 함유되어 있는데, 대부분은 배당체 또는 malonyl 배당체이며, acetyl 배당체 또는 aglycon 형태로는 소량이 함유되어 있다. Malonyl 배당체는 비교적 불안정해서 대두 가공 중 가열하면 쉽게 배당체로 전환된다.

한편, 우리의 식생활이 서구화되면서 국민 1인당 밀가루 소비량은 1988년의 39.5 kg을 정점으로 다소 감소하기 시작하여 현재 34.4 kg(2001)으로 쌀 다음으로 중요한 제2의 식량이 되고 있지만, 대부분의 밀을 도입에 의존하고 있는 실정이다. 밀의 도입량을 보면 1986년 이후 약 200만톤을 조금 넘게 유지하고 있으며, 2002년도 도입량은 237만톤으로 전년도의 241만톤보다 약 4만톤이 감소되었다(Lee, 2005).

그러나 밀은 다른 곡류에 비하여 가식형태가 다종다양하고, 가공방법이 비교적 복잡하며, 따라서 품질적 요구가 까다롭다. 특히, 용도에 따라 제빵용인 경질 밀(hard wheat)과 제과용인 연질 밀(soft wheat)로 구분하고 있다.

Kohn(2000)에 의하면 지난 40년간 미국의 밀가루 소비패턴은 제빵용 밀가루의 사용이 점차 감소하는 반면 연질 밀가루를 이용한 제품시장은 현저하게 증가하고 있다고 보고했다. 즉, 파이, 케이크, 쿠키, 크래커, 프레썰, 도우넛, 콘, 간식식품 제조에 사용되는 연질 밀가루의 소비가 급증하고 있다고 밝혔다.

근래 단백질을 분리하는 방법과 콩 단백질 분획 제품의 개발 및 품질향상을 통한 식품에의 이용연구가 활발하게 진행되어 왔다. 농축 콩단백(soy protein concentrate, SPC)은 단백질과 불용성 물질로 구성된 것으로서 1959년 미국에서 최초로 상품화되었다. 그 정의는 품질이 우수하고 껍질을 제거한 콩에서 대부분의 지방과 수용성 비단백질 물질을 제거하여 건물량 중 70% 이상의 단백질(Nx6.25)을 함유한 콩분말 제품으로 되어 있다(Kim, 1987).

특히, 콩단백 제품들은 빵 제품이나 곡류 스낵류에 첨가하면 단백질의 영양가가 향상될 뿐만 아니

라 콩 단백질의 다양한 기능적 성질을 이용할 수 있기 때문에 1972년 이후 USDA에 의해 Overseas Food Donation Program에 따라서 농축 또는 분리 콩단백이 콩가루와 함께 광범위하게 이용되고 있다(Fellers *et al.*, 1976).

Bean *et al.*(1976)은 제빵시 12%의 탈지 콩가루를 첨가하게 되면 빵의 단백질 양이 50% 증가될뿐만 아니라 단백질의 소화 및 흡수율도 현저히 향상되어 PER(protein efficiency ratio) 값이 0.7에서 1.95로 증가하게 된다고 밝혔다. 특히, 빵 제품에 콩 단백질을 첨가할 때는 sodium 또는 calcium stearoyl-2-lactylate나 ethoxylated monoglyceride와 같은 유화제를 함께 사용하면 빵의 부피가 감소하는 현상을 방지할 수 있다고 보고했다.

최근 우리나라에서도 제빵·제과 부문에서 식이 섬유와 관련하여 식빵, 케이크, 쿠키 등에 관한 연구들이 수행되었다(Jung *et al.*, 2002; Lee and Chang, 2003). 1990년 후반기 이후부터 소비의 고급화 추세에 따라서 케이크의 시장규모는 급격하게 증가하고 있어(Cho and Lee, 1996), 우리나라의 2002년 건과 시장규모는 2001년보다 8.8% 신장한 3조원에 이르며, 제빵은 1조 6000억 규모의 시장을 형성하고 있다(Kim, 2004).

최근 미국에서는 다양한 콩 제품이 제조·판매되고 있으며, 앞으로 그 소비량은 급격히 증가할 것으로 예측하고 있다(Sloan, 2003). 그러나 우리나라에서는 아직까지 콩 단백을 이용한 빵 제품에 대해서 학계나 산업계에서 제한적으로 검토되었을 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 여러 생리활성 물질을 가지고 있는 콩 단백질의 섭취를 증가시키기 위하여 농축 콩단백을 첨가한 재료의 이화학적 특성, 리올로지 특성, white layer cake의 제조특성 등을 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에서 white layer cake은 시판용 박력밀가루(대한제분), 콩 단백질의 분리제품으로 농축 콩단백(soy protein concentrate, SPC; Fuji Oil Co., Tokyo, Japan), 쇼트닝(하인즈), 설탕(제일제당), 소금(해표), 베이킹 파우더(가림산업), 탈지분유(유암산업), 난백분말(유암산업) 등을 사용하여 제조하였다.

### 일반성분 분석

박력분, 농축 콩단백의 일반성분 분석은 AACC method(2000)에 의하여 측정하였다. 수분 함량은 air-oven method (AACC 44-19), 단백질 함량은 micro-kjeldahl method(AACC 46-13), 지방은 crude fat method(AACC 30-10), 당질은 total starch assay procedure (AACC 76-13) 및 섬유는 crude fiber method(AACC 32-10)에 준하여 측정하였다.

### Water retention capacity, alkaline water retention capacity 및 sedimentation value 측정

Water retention capacity(WRC)는 Collins와 Post (1981)의 방법을 다소 변형하여 측정하였다. 시료 1 g을 원심분리관에 넣고 deionized water를 5배 가한 다음 1시간동안 실온에 방치한 후 1,000×g에서 30분간 원심분리하여 상등액을 분리하고 침전된 시료의 무게를 측정하여 백분율로 환산하였다.

Alkaline water retention capacity(AWRC)는 AACC method (56-10)에 따라서 원심분리관에 시료 0.9500-1.0000 g을 넣고 0.1N sodium bicarbonate 용액 5 mL을 첨가하여 Vortex shaker로 교반시켰다. 20분간 실온에 방치한 다음 15분간 원심분리(1,000×g)하여 그 무게를 측정하여 백분율로 표시하였다. Sedimentation value는 AACC method(56-61A) (2000)에 의해 측정하였다.

### 아이소플라본 분석

아이소플라본 분석을 위한 시료의 전처리에는 SPC 1 g에 80% ethanol 20 mL를 넣어 ultrasonicator에서 50°C로 60분간 추출한 다음 고속원심분리기(HMR-2201V, Hanil centrifuge Co., Incheon, Korea)로 12,000×g에서 15분간 원심분리하여 추출하였다. 추출액은 syringe filter(0.22 μm, Waters Co., Milford, MA, USA)에 20 μL 주입하였다.

아이소플라본 분석을 위한 HPLC 분석조건은 Kim *et al.*(2005)의 방법에 의해 실시하였다. 즉 Waters 486 absorbance Detector와 Waters사의 XTerra™ RP<sub>18</sub> column(5 μm, 4.6×250 mm, Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)을 사용하였고, 이동상은 acetic acid 0.1%를 각각 함유한 3차 증류수(용매A)와 acetonitrile(용매B) 사용하였으며, gradient는 용매A : 용매B = 85 : 15로 시작하여 95분 후 같은 비율로 마쳤다. 이동상의 유속은 1.0 mL/min로 하였다. 분리한 아이소플라본은 genistin, genistein,

daidzin, daidzein, glycitin, glycitein으로 표준 아이소플라본의 농도에 대한 peak 면적의 표준정량곡선(standard calibration curve)으로부터 계산하였다. 아이소플라본의 결과는 건물량 기준(mg/g)으로 환산하였으며 3회 반복 측정결과에서 표준편차를 계산하였다.

### 호화특성

시료의 호화특성은 Rapid Visco Analyser(RVA, Model 3D, Newport Scientific Narrabeen, N.S.W., Australia)를 이용하여 시료 3.50 g을 평량하여 현탁액을 만든 후, 25°C에서 95°C까지 그리고 다시 50°C까지 5°C/min로 가열 및 냉각시켜 initial pasting temperature, peak viscosity, minimum viscosity 및 final viscosity를 측정하였다(Bason *et al.*, 1993; Ross *et al.*, 1987).

### Mixograph 특성 측정

Mixograph 특성은 AACC method 54-40A(2000)에 의해 10 g Mixograph(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 박력분의 최적 수분흡수율을 구한 다음, 각 시료에 박력분을 기준으로 증류수를 첨가하여 다음의 항목들을 측정하였다.

Mixograph에서 얻어지는 각 항목의 특성 치 중 peak time은 graph가 peak를 이룰 때까지의 시간을 분단위로 측정하였다. Peak height는 기준선으로부터 최고점에 달했을 때의 높이(cm)이다. 그 밖에 width at peak, width at 8 min 등을 조사하였다.

### White layer cake의 제조

AACC method(10-90)(2000)에 따라서 SPC를 0~24%까지 박력분에 첨가하여 white layer cake을 제조하였다. 기본적인 배합물과 제조공정은 Table 1과 같다. White layer cake의 반죽은 제과용 반죽기(KitchenAid K5SS, KitchenAid Inc., MI, USA)를 사용하였고, baking pan의 규격은 내부직경 20.3 cm, 깊이 3.8 cm이었으며, baking oven은 Real oven(National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)을 사용하였다.

Cake 반죽은 건조 재료를 체질하여 mixing bowl에 쇼트닝과 증류수(전체 물량의 60%)를 첨가한 후, 저속으로 30초, 중속으로 2분간 믹싱하였다. 마지막 단계에서 나머지 물(전체 물량의 20%)을 첨가한 후, 저속으로 30초, 중속으로 2분간 믹싱하여 반죽을 하

**Table 1. Formula and ingredient specifications of white layer cake**

Ingredient	Amounts	
	Weight(g)	%(flour basis)
Flour(14% m.b.)	200.0	100.0
Sugar	280.0	140.0
Shortening	100.0	50.0
Nonfat dry milk	24.0	12.0
Dried egg whites	18.0	9.0
Baking powder	12.0	6.0
Salt	6.0	3.0
Water(distilled water)	250.0	125.0

\*Soy protein concentrate replacement level : 0~24%.

여 마무리하였다.

#### 케이크 batter의 pH 및 비중 측정

AACC method(02-52)(2000)에 따라 믹싱이 끝난 batter 15 g에 증류수 100 mL를 넣고 현탁액을 만들고 30분간 진탕한 다음 10분간 실온에 방치한 후, pH meter(Istek model 740P, Korea)로 측정하였다.

케이크 batter의 비중 측정은 믹싱이 끝난 직후 미리 무게를 측정된 비중컵에 반죽을 가득 담고 무게를 측정하여 산출하였다.

#### 케이크의 부피, 무게 및 비용적 측정

굽기를 마친 케이크는 30분간 pan에서 냉각시킨 후 무게(g)를 측정하였고, 부피는 종자치환법으로 측정하였으며, 이로부터 비용적(cc/g)을 산출하였다.

#### Volume index, symmetry index, uniformity index의 측정

AACC method(10-90)(2000)에 준하여 냉각된 케이크의 중앙부분을 절단한 후 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

#### 색도 측정

냉각된 케이크의 crust와 crumb를 색도계(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L\*값, a\*값 및 b\*값을 측정하였다.

#### White layer cake의 텍스처 특성 측정

제조한 케이크를 20 mm 두께로 절단하여 1시간 동안 실온에서 냉각한 후 Texture analyser(TA-XT2, Stable Micro System Co., Haslemere, England)를 사용하여 텍스처를 측정하였다. 사용된 plunger는 직

경 2.5 cm, 속도는 1.0 mm/sec로 측정하였다.

#### White layer cake의 저장특성 측정

케이크의 저장특성은 수분손실을 방지하기 위하여 케이크를 LDPE Zipper bag((주)크린랩)에 넣고 5°C, 25°C에서 8일간 저장하면서 Texture analyser로 경도의 변화를 측정하였다.

#### 관능검사

관능검사원으로서 경원대학교 생명공학부 4학년 13명을 선정하여 이들에게 실험 목적을 설명하고 각 측정치에 대하여 충분히 숙지시킨 뒤 검사에 응하도록 하였다. 케이크의 색, 향, 모양, 기공, 경도, 텍스처, 부드러움, 맛, 종합적인 기호도 등을 평가하였다.

#### 통계분석

통계분석은 Statistical Analysis System(SAS) 통계 package를 사용하여 Duncan's multiple range 값과 상관관계를 구하여 각 측정치들 간의 관계를 검토하였다.

## 결과 및 고찰

#### 재료의 이화학적 특성

공시된 시료의 수분, 단백질, 회분, 지방 및 탄수화물의 함량은 Table 2와 같다. 단백질 함량은 농축 콩단백(SPC)이 56.2%로서 soft wheat flour보다 6.6배 높았고, 회분 함량도 SPC가 7.1%로서 soft wheat flour보다 상당히 높은 값을 보였으며, 섬유소 함량은 soft wheat flour가 다소 높은 값을 보였다.

밀가루에 SPC를 3~24% 첨가하였을 때의 단백질 함량과 sedimentation value의 변화는 Table 3과 같다. Soft wheat flour의 단백질 함량은 8.7%로서

**Table 2. Composition of wheat and soy protein concentrate(SPC) flour samples**

Flours	Moisture (%)	Protein (%)	Ash (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)	
					Non-fibrous	Fiber
Wheat flour	12.6	8.5	0.2	0.9	77.4	0.4
SPC	7.8	56.2 (64.0) <sup>1)</sup>	7.1	0.1	28.5	0.3

<sup>1)</sup>Dry basis

**Table 3. Protein content and sedimentation value of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

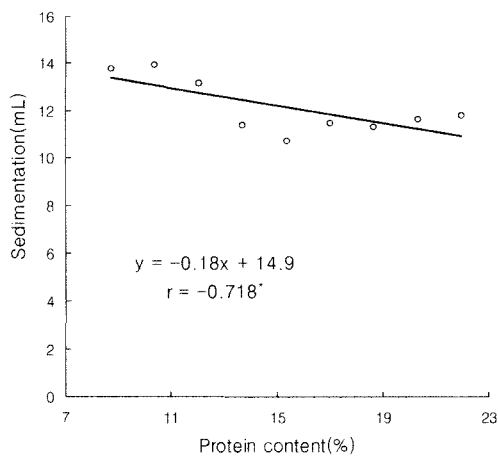
Substitution level(%)	Protein content(%)	Sedimentation value(mL)
Control(0)	8.7 <sup>a1)</sup>	13.8 <sup>e</sup>
3	10.4 <sup>b</sup>	13.9 <sup>e</sup>
6	12.0 <sup>c</sup>	13.2 <sup>e</sup>
9	13.7 <sup>d</sup>	11.4 <sup>ab</sup>
12	15.3 <sup>c</sup>	11.5 <sup>ab</sup>
15	17.0 <sup>f</sup>	11.3 <sup>ab</sup>
18	18.7 <sup>e</sup>	11.6 <sup>b</sup>
21	20.3 <sup>b</sup>	11.8 <sup>b</sup>
24	22.0 <sup>f</sup>	10.7 <sup>a</sup>

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

SPC의 첨가량이 증가함에 따라 일정하게 증가되었으나, sedimentation value는 감소되는 것을 볼 수 있었다. 즉, SPC의 첨가량이 3~24% 증가함에 따라 단백질 함량은 22.0%로 증가하였으며, sedimentation value는 10.7 mL로 감소하였다.

SPC가 첨가된 시료의 단백질 함량과 sedimentation value의 관계를 보면 부의 유의적인 상관( $r=-0.718^{**}$ )이 있어 SPC의 첨가량이 증가됨에 따라서 단백질의 품질, 즉 gluten-forming protein이 감소되는 것을 볼 수 있었다(Fig. 1).

Water retention capacity(WRC)와 alkaline water retention capacity(AWRC)는 모든 종류의 빵 제품을 생산하는데 있어서 중요한 지표로 쓰여지고 있다. Merritt와 Stamberg(1941)는 밀가루의 단백질 함량이



**Fig. 1. Relationship between protein content and sedimentation value of wheat flour substituted soy protein concentrate.**

1% 증가함에 따라서 수분흡수율은 약 1.5% 증가한다고 보고한 바 있으며, alkaline water retention capacity test는 Yamazaki(1953)에 의해서 개발된 이후 연질 밀가루의 평가에 광범위하게 이용되고 있다.

본 연구에서 SPC의 첨가에 따른 WRC와 AWRC의 변화를 보면 Table 4와 같이 SPC가 3~24%까지 첨가량이 증가함에 따라서 WRC와 AWRC가 각각 유의적인 변화를 보였다. 즉, WRC는 SPC가 24% 첨가됨에 따라서 대조구에 비하여 3.2%까지 증가되었으며, AWRC는 5.3%까지 증가되었다.

한편, SPC 처리에 따른 단백질 함량과 WRC 및 AWRC 값과의 관계를 보면 Table 5에서와 같이 고도의 정의 유의적인 상관관이 있었으며, sedimentation value와 WRC 및 AWRC 값과의 관계도 모두 부의 상관관이 있었다. 이와 같이 WRC와 AWRC 값이 단백질함량과는 부의 상관관계를 보인 것은 비록 SPC를 첨가함으로써 단백질 함량이 증가하고, 따라서 WRC와 AWRC 값이 증가하였다고 하더라도 공시 재료의 단백질의 bread making potentiality는 감소한다는 것을 알 수 있었다.

Sollars과 Rubenthaler(1975)의 연구결과에서도 AWRC와 쿠키 직경과는 부의 상관( $r=-0.87^{**}$ )이 있

**Table 4. Water retention capacity(WRC) and alkaline water retention capacity(AWRC) of wheat flour substituted with soy protein concentration**

Substitution level(%)	WRC(%)	AWRC(%)
Control(0)	39.2 <sup>a1)</sup>	47.9 <sup>a</sup>
3	39.4 <sup>a</sup>	48.9 <sup>b</sup>
6	39.4 <sup>b</sup>	49.2 <sup>c</sup>
9	40.4 <sup>c</sup>	49.8 <sup>d</sup>
12	40.9 <sup>d</sup>	50.1 <sup>e</sup>
15	41.2 <sup>e</sup>	50.7 <sup>f</sup>
18	41.8 <sup>f</sup>	51.6 <sup>g</sup>
21	42.0 <sup>g</sup>	52.3 <sup>h</sup>
24	42.4 <sup>h</sup>	53.2 <sup>i</sup>

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

**Table 5. Correlation coefficients among protein characteristics, water retention capacity(WRC) and alkaline water retention capacity(AWRC) of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Quality parameter	Protein content	Sedimentation value
WRC	0.985 <sup>**</sup>	-0.761 <sup>*</sup>
AWRC	0.991 <sup>**</sup>	-0.639 <sup>*</sup>

<sup>1)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

었지만 AWRC와 빵의 부피와는 유의적인 상관이 없었다고 보고하였다. Chang *et al.*(1981)도 밀가루의 이화학적 특성과 AWRC와의 연구에서 AWRC 값은 침전가, 단백질 함량 및 Pelshenke value는 고도의 정의 상관이 있다고 밝힌바 있다.

**Rapid Visco Analyser에 의한 호화특성**

밀은 수확 전 우기 또는 저장 중 높은 습도에 의하여 발아가 일어날 수 있는데, 발아된 밀 종실의  $\alpha$ -amylase 활성도를 측정하는 방법으로 Amylograph를 이용하는 방법이 오랫동안 이용되어 왔으나, 측정 시간이 길고 시료량을 많이 필요로 한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 제작된 것이 Rapid Visco Analyser(RVA)인데, Walker *et al.*(1988)은 modified temperature program을 개발하여 전분의 호화, maximum viscosity, minimum viscosity, final viscosity 등을 측정하였다.

SPC 첨가에 따른 RVA에 의한 호화특성은 Table 6과 같다. Initial pasting temp. 는 SPC 첨가구의 경우 72.2~84.2°C로서 SPC 첨가량이 증가함에 따라

**Table 6. Rapid Visco Analyser pasting characteristics of wheat flour substituted with and soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Initial pasting temp.(°C)	Maximum viscosity (RVU)	Minimum viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)
Control(0)	72.4 <sup>ab1)</sup>	237.7 <sup>b</sup>	166.8 <sup>b</sup>	292.6 <sup>f</sup>
3	72.2 <sup>a</sup>	227.4 <sup>f</sup>	154.5 <sup>f</sup>	275.3 <sup>e</sup>
6	75.7 <sup>b</sup>	225.8 <sup>f</sup>	149.8 <sup>f</sup>	274.0 <sup>e</sup>
9	78.9 <sup>c</sup>	194.6 <sup>e</sup>	140.3 <sup>e</sup>	263.8 <sup>e</sup>
12	82.0 <sup>d</sup>	161.8 <sup>d</sup>	124.3 <sup>d</sup>	239.8 <sup>d</sup>
15	82.4 <sup>d</sup>	136.0 <sup>e</sup>	108.8 <sup>e</sup>	212.8 <sup>e</sup>
18	82.4 <sup>d</sup>	118.3 <sup>b</sup>	96.9 <sup>b</sup>	189.3 <sup>b</sup>
21	84.6 <sup>e</sup>	101.1 <sup>a</sup>	86.5 <sup>a</sup>	169.2 <sup>a</sup>
24	84.2 <sup>e</sup>	95.7 <sup>a</sup>	83.5 <sup>a</sup>	164.9 <sup>a</sup>

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

서 증가함을 볼 수 있었다.

한편, maximum viscosity, minimum viscosity 및 final viscosity는 SPC의 첨가량이 증가함에 따라서 현저하게 감소되는 것을 볼 수 있었다. 즉, maximum viscosity는 SPC 첨가구의 경우 대조구와 비교해 보았을 때 148.4%가 감소하였으며, 이와 같은 현상은 minimum viscosity와 final viscosity에서도 볼 수 있었다. 전체적으로 보았을 때 SPC 첨가량이 증가함에 따라서는 상당한 유의적인 차이를 보였다.

RVA의 특성과 단백질 함량, sedimentation value, WRC 및 AWRC와의 상관관계를 보면 Table 7과 같다. 전체적으로 고도의 정 또는 부의 상관이 있었으며, 특히, sedimentation value와 RVA 특성간에는 고도의 정 또는 부의 유의적 상관을 보여 RVA 특성이 단백질 함량과 품질과는 근본적으로 차이가 있음을 알 수 있었다.

**Mixograph 특성**

공시된 재료의 Mixograph 특성을 보면 Table 8과 같다. 즉, 대조구인 soft wheat flour의 Mixograph 흡수율을 기준(57%)으로 하여 SPC의 첨가량에 따른 Mixograph 특성을 비교해보면, SPC 첨가 시는 peak time은 9% 첨가 시부터 유의적인 차이가 있었고, peak height는 15% 첨가 시부터 유의적인 차이가 있었으며, peak width는 12% 첨가시 급격하게 증가하는 경향을 보였다.

Mixograph 특성은 유전적으로 조절되는 밀가루 품종의 gluten-forming protein에 의하여 결정되며, 각각의 밀 품종은 고유의 Mixograph pattern을 갖고 있다고 Finney와 Shogren(1972)이 밝힌바 있다. 그러나 본 연구에서 고단백 물질인 SPC 첨가에도 불구하고 Mixograph pattern에 큰 영향을 주지 못한것은 gluten-forming protein 이외의 단백질은 Mixograph 특성에 영향을 주지 못한다는 것을 다시 한번 입증하는 것이다.

**Table 7. Correlation coefficients among Rapid Visco Analyser(RVA), protein content, sedimentation value, water retention capacity(WRC) and alkaline water retention capacity (AWRC) of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Quality parameter	RVA properties			
	Initial pasting temperature (°C)	Maximum viscosity (RVU)	Minimum viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)
Protein content	0.950 <sup>**1)</sup>	-0.280	-0.992 <sup>**</sup>	-0.982 <sup>**</sup>
Sedimentation	-0.880 <sup>**</sup>	0.336	0.701 <sup>**</sup>	0.630
WRC	0.870 <sup>**</sup>	-0.954 <sup>**</sup>	-0.962 <sup>**</sup>	-0.951 <sup>**</sup>
AWRC	0.962 <sup>**</sup>	-0.965 <sup>**</sup>	-0.983 <sup>**</sup>	-0.956 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

**Table 8. Mixograph characteristics of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Mixograph characteristics			
	Peak time (min)	Peak height (mm)	Peak width (mm)	Width at 8 min (mm)
Control(0)	4.74 <sup>cd1)</sup>	44.7 <sup>ab</sup>	11.6 <sup>a</sup>	8.2 <sup>b</sup>
3	5.29 <sup>d</sup>	43.3 <sup>a</sup>	13.7 <sup>ab</sup>	10.6 <sup>bc</sup>
6	3.99 <sup>bcd</sup>	44.3 <sup>ab</sup>	16.3 <sup>ab</sup>	12.2 <sup>bcd</sup>
9	3.29 <sup>b</sup>	45.6 <sup>ab</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	14.6 <sup>cd</sup>
12	3.36 <sup>bc</sup>	46.4 <sup>bc</sup>	26.3 <sup>bc</sup>	15.2 <sup>cd</sup>
15	3.13 <sup>b</sup>	47.9 <sup>cd</sup>	33.5 <sup>cd</sup>	17.6 <sup>d</sup>
18	2.71 <sup>b</sup>	49.5 <sup>de</sup>	45.7 <sup>de</sup>	17.0 <sup>d</sup>
21	2.54 <sup>b</sup>	51.0 <sup>e</sup>	46.4 <sup>e</sup>	24.8 <sup>e</sup>
24	1.84 <sup>a</sup>	43.5 <sup>a</sup>	18.9 <sup>ab</sup>	23.0 <sup>a</sup>

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

**Table 9. Correlation coefficient among Mixograph, physico-chemical and Rapid Visco Analyser characteristics of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Quality parameter	Mixograph characteristics			
	Peak time	Peak height	Peak width	Width at 8 min
Protein content	-0.898 <sup>**3)</sup>	0.520	0.687 <sup>*</sup>	0.157
Sedimentation	0.697 <sup>*</sup>	-0.580	-0.652 <sup>*</sup>	-0.394
WRC <sup>1)</sup>	-0.885 <sup>**</sup>	0.562	0.716 <sup>*</sup>	0.174
AWRC <sup>2)</sup>	-0.885 <sup>**</sup>	0.449	0.631	0.084
Rapid Visco Analyser				
Initial pasting temp.	-0.861 <sup>**</sup>	0.626	0.743 <sup>*</sup>	0.318
Max. viscosity	0.199	-0.276	-0.277	-0.065
Min. viscosity	0.854 <sup>**</sup>	-0.589	-0.749 <sup>*</sup>	-0.221
Final viscosity	0.833 <sup>**</sup>	-0.574	-0.733 <sup>*</sup>	-0.188

<sup>1)</sup>Water retention capacity

<sup>2)</sup>Alkaline water retention capacity

<sup>3)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

Mixograph 특성과 단백질 함량 및 특성, Rapid Visco Analyser(RVA)와의 상관관계는 Table 9와 같다. 즉, Mixograph peak time과 단백질 함량 및 sedimentation value와는 각각 고도의 부( $r=-0.898^{**}$ ) 또는 정의 상관( $r=0.697^{**}$ )이 있었고, 재료의 단백질의 물 흡수능력을 평가하는 WRC와 cookie spread와는 부의 상관(이 있는 각각 AWRC와는 각각  $r=-0.885^{**}$  및  $r=-0.885^{**}$ 의 고도의 부의 유의상관이 있었다.

밀가루에 SPC를 첨가한 경우, Mixograph 특성의 peak time과 RVA의 initial pasting temp.와는 부의 상관( $r=-0.861^{**}$ )이 있었고, minimum viscosity 및 final viscosity와는 각각  $r=0.854^{**}$  및  $r=0.833^{**}$ 의 고도의 정의 상관이 있었다.

**Table 10. pH and specific gravity of white layer cake batter in wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Batter pH	Sp. gravity (g/mL)
Control(0)	6.95a1)	0.704 <sup>a</sup>
3	7.12 <sup>bc</sup>	0.706 <sup>a</sup>
6	7.00 <sup>ab</sup>	0.711 <sup>a</sup>
9	7.06 <sup>abc</sup>	0.715 <sup>a</sup>
12	7.07 <sup>abc</sup>	0.728 <sup>a</sup>
15	7.09 <sup>abc</sup>	0.729 <sup>a</sup>
18	7.14 <sup>abc</sup>	0.732 <sup>a</sup>
21	7.16 <sup>c</sup>	0.754 <sup>a</sup>
24	7.16 <sup>c</sup>	0.775 <sup>a</sup>

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

### White layer cake batter의 pH와 비중

SPC 첨가에 따른 white layer cake 반죽의 pH 및 비중은 Table 10과 같다. 대조구의 pH는 SPC 첨가구가 각각 pH 6.95로서 SPC의 첨가량이 증가함에 따라서 증가하는 경향이 있었으나, 그 폭은 크지 않았다.

한편, white layer cake 반죽의 비중을 보면, Table 10과 같이 대조구는 0.704 g/mL으로서 거품성이 우수한 것으로 나타났다. SPC를 첨가함으로써 비중이 다소 증가하는 경향을 보였으나, 24% 첨가구까지 처리간에 유의성을 보이지 않았다. Kyung *et al.* (2001)의 국내산 그루밀의 white layer cake 적성과 유화제 첨가에 따른 품질개선에 관한 연구에서 그루밀의 반죽 비중은 0.76 g/mL이었고, 유화제인 sucrose-fatty acid를 8% 첨가함으로써 비중은 0.73 g/mL으로 다소 감소한다고 밝힌바 있다. Vaisey-Genser *et al.*(1987)의 실험에서도 대조구의 경우 0.82 g/mL 이었으나 유화제를 첨가함으로써 케이크 반죽의 비중을 감소시켰다고 보고하였다.

### White layer cake의 부피, 무게, 비용적

SPC를 첨가하여 제조한 white layer cake의 부피, 무게 및 비용적은 Table 11에서 보는 바와 같다. 대조구인 soft wheat flour의 케이크 부피는 920 cc 이었으며, 밀가루에 SPC 첨가량을 증가시켜 케이크를 제조한 결과 부피가 감소하였다. 즉, SPC 첨가의 경우 6% 첨가 시부터 대조구와 통계적인 유의적인 차이가 있었으나, 실제적인 관계를 보면 SPC 첨가구의 경우 24% 첨가시 대조구에 비해 각각 6.25% 밖에 감소되지 않아 white layer cake 제조시 부

**Table 11. White layer cake properties prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Volume (cc)	Weight (g)	Sp. vol. (cc/g)
Control(0)	920.0 <sup>e1)</sup>	387.0 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>e</sup>
3	910.0 <sup>de</sup>	387.0 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>de</sup>
6	895.0 <sup>cd</sup>	386.0 <sup>a</sup>	2.3 <sup>cd</sup>
9	887.5 <sup>bc</sup>	388.0 <sup>abc</sup>	2.3 <sup>bc</sup>
12	875.0 <sup>ab</sup>	387.0 <sup>ab</sup>	2.3 <sup>ab</sup>
15	875.0 <sup>ab</sup>	388.0 <sup>abc</sup>	2.3 <sup>ab</sup>
18	872.5 <sup>ab</sup>	388.0 <sup>abc</sup>	2.3 <sup>ab</sup>
21	862.5 <sup>a</sup>	390.0 <sup>c</sup>	2.2 <sup>a</sup>
24	862.5 <sup>a</sup>	389.0 <sup>bc</sup>	2.2 <sup>a</sup>

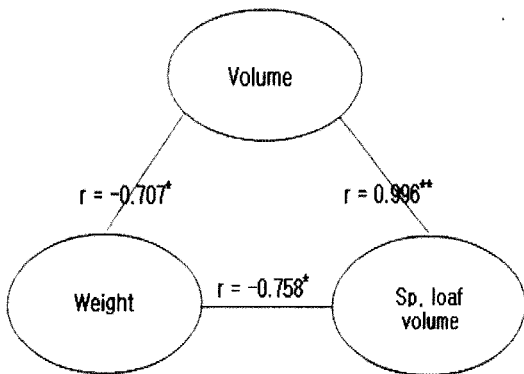
<sup>1)</sup>Means in a column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different ( $p>0.05$ ).

피의 허용 오차범위가 10%인점을 감안한다면 케이크 제조시 SPC의 첨가량 제한은 부피보다는 기포성에 있다고 볼 수 있다. 따라서 비용적의 변화를 보면 비록 통계적 유의성은 처리간에 있다고 할지라도 그 변화폭이 대단히 작은 것을 볼 수 있다.

한편, white layer cake의 부피, 무게 및 비용적과의 관계를 보면 Fig. 2에서와 같이 부피와 비용적은 고도의 정의 상관( $r=0.996^{**}$ )이 있었으며, 부피와 무게, 무게와 비용적은 각각  $r=-0.707^*$  및  $r=-0.758^*$ 의 부의 상관이 있었다.

한편, white layer cake의 volume, symmetry 및 uniformity index를 보면 Table 12에서 보는 바와 같다. 즉, SPC 첨가구의 경우, 대조구의 volume index가 8.95이었으나 SPC 24% 첨가시에도 7.85로서 큰 차이가 없었다.

Symmetry form은 케이크의 균형을 보는 것으로,



**Fig. 2. Relationship among volume, weight and specific loaf volume of white layer cake.**

**Table 12. Volume, symmetry and uniformity index of white layer cake prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Volume index	Symmetry index	Uniformity index
Control(0)	8.95 <sup>e1)</sup>	-0.28 <sup>abc</sup>	-0.10 <sup>a</sup>
3	8.95 <sup>c</sup>	-0.23 <sup>abc</sup>	0.00 <sup>a</sup>
6	8.40 <sup>abc</sup>	-0.48 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>a</sup>
9	8.50 <sup>abc</sup>	0.00 <sup>c</sup>	-0.15 <sup>a</sup>
12	8.10 <sup>ab</sup>	-0.30 <sup>abc</sup>	0.00 <sup>a</sup>
15	8.40 <sup>abc</sup>	-0.13 <sup>abc</sup>	-0.05 <sup>a</sup>
18	8.00 <sup>ab</sup>	-0.50 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>
21	8.70 <sup>bc</sup>	-0.05 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>
24	7.85 <sup>a</sup>	-0.10 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>a</sup>

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

SPC 첨가구의 경우에 첨가량이 증가함에 따라 “-” 값이 보여 white layer cake의 가운데 부분이 주저앉는 현상이 있음을 알 수 있었다. Uniformity index는 white layer cake이 좌우로 어느 정도 치우침이 있는지 보는 것인데, 처리간에 불규칙적인 차이는 다소 있었으나 전반적으로 유의성이 없어 케이크 제조시 SPC 첨가에 따른 치우침 현상이 비교적 적음을 알 수 있었다.

SPC 첨가된 white layer cake의 부피, 무게 및 비용적과 혼합분의 이화학적 품질특성과의 관계를 보면 Table 13과 같다. White layer cake의 부피와 비용적과 관련된 상관관계를 보면, SPC 첨가구의 경우, 단백질 함량( $r=-0.963^{**}$ ,  $r=-0.972^{**}$ ), WRC( $r=-0.944^{**}$ ,  $r=-0.958^{**}$ ) 및 AWRC( $r=-0.930^{**}$ ,  $r=-0.945^{**}$ )와 고도의 부의 상관이 있었으며, sedimentation value와는 각각  $r=0.841^{**}$  및  $r=0.830^{**}$ 의 고도의 정의 상관이 있었다.

한편, 케이크의 부피 및 비용적과 Rapid Visco Analyser 특성과의 상관관계를 보면, initial pasting temp.는 white layer cake의 부피 또는 비용적이 증가함에 따라서 감소하는 현상을 보였으며, final viscosity와 cake의 부피 또는 비용적과는 고도의 정의 상관이 있었다.

Mixograph의 peak time과 cake의 부피와는 정의 상관( $r=0.855^{**}$ )이 있었으며, peak time과 cake의 비용적은 정의 상관( $r=0.859^{**}$ )이 있었다.

케이크 반죽의 pH는 케이크의 부피와 부의 상관( $r=-0.741^*$ )이 있었으며, 특히 반죽의 비중은 SPC의 첨가량이 증가함에 따라 케이크의 부피가 유의적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다( $r=-0.850^{**}$ ).



**Table 13. Correlation coefficient among white layer cake, physicochemical, Rapid Visco Analyser, Mixograph and cake batter characteristics of wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Quality parameter	Cake characteristics		
	Volume	Weight	Sp. vol.
Protein content	-0.963 <sup>**3)</sup>	0.797 <sup>**</sup>	-0.972 <sup>**</sup>
Sedimentation value	0.841 <sup>**</sup>	-0.484	0.830 <sup>**</sup>
WRC <sup>1)</sup>	-0.944 <sup>**</sup>	0.822 <sup>**</sup>	-0.958 <sup>**</sup>
AWRC <sup>2)</sup>	-0.930 <sup>**</sup>	0.811 <sup>**</sup>	-0.945 <sup>**</sup>
Rapid Visco Analyser			
Initial pasting temp.	-0.985 <sup>**</sup>	0.734 <sup>*</sup>	-0.984 <sup>**</sup>
Max. viscosity	0.201	-0.559	0.258
Min. viscosity	0.949 <sup>**</sup>	-0.810 <sup>**</sup>	0.958 <sup>**</sup>
Final viscosity	0.915 <sup>**</sup>	-0.832 <sup>**</sup>	0.928 <sup>**</sup>
Mixograph			
Peak time	0.855 <sup>**</sup>	-0.610	0.859 <sup>**</sup>
Peak height	-0.569	0.574	-0.565
Peak width	-0.717 <sup>*</sup>	0.623	-0.711 <sup>*</sup>
Width at 8 min	-0.294	0.277	-0.282
Cake batter			
pH	-0.741 <sup>*</sup>	0.729 <sup>*</sup>	-0.769 <sup>**</sup>
Specific gravity	-0.860 <sup>**</sup>	0.794 <sup>**</sup>	-0.879 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup>Water retention capacity

<sup>2)</sup>Alkaline water retention capacity

<sup>3)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

아이소플라본의 열처리에 따른 변화

White layer cake 제조 시 첨가된 SPC의 열처리에 따른 아이소플라본의 변화를 살펴보기 위하여 가열 전과 가열 후로 나누어 아이소플라본의 함량을 측정하였다(Table 14).

전체적으로는 아이소플라본의 함량은 SPC가 가

**Table 14. Effect of heat treatment on isoflavones of wheat flour, and soy protein concentrate (SPC)**

	Isoflavone (µg/g)			
	Wheat flour		SPC	
	Before heat	After <sup>1)</sup> heat	Before heat	After heat
Daidzein	ND <sup>2)</sup>	ND	40.1	55.0
Daidzin	ND	ND	263.7	527.5
Genistein	ND	ND	77.8	71.0
Genistin	ND	ND	567.0	850.0
Glycitein	ND	ND	19.4	18.3
Glycitin	ND	ND	90.3	139.4
Total isoflavone	-	-	1,058.3	1,661.2

<sup>1)</sup>Heat treatment: 20 min at 190°C.

<sup>2)</sup>Not detected.

열전 1,064.12 µg/g, 가열후 1,661.30 µg/g으로 가열 후에 현저하게 증가되었다. 즉, 가열처리한 시료군의 아이소플라본의 함량이 가열처리하지 않은 시료군보다 증가하는 현상을 보였는데, 이는 가열처리에 의하여 아이소플라본의 isomer 중 acetyl과 malonyl기가 제거되어 glucoside 형태인 daidzein, genistein, glycitein 등의 함량이 높아졌을 것이라 생각된다(Cheon, 1997). 이와 관련하여 Kim *et al.* (1995)은 건열처리에 의하여 malonyl group이 탈탄산되어서 genistein, daidzein 또는 glycitein의 6"-O-acetyl glucoside로 되기 때문인 것으로 보고 하였다.

White layer cake의 crust와 crumb의 색

SPC를 0~24% 첨가하여 제조한 white layer cake의 crust와 crumb의 색은 Table 15, 16과 같다. 즉, cake crust의 L\*값은 57.7~52.5로서 9%부터 대조구

**Table 15. Crust color of white layer cake prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Crust color		
	L*	a*	b*
Control(0)	58.0 <sup>e1)</sup>	11.2 <sup>a</sup>	37.7 <sup>ab</sup>
3	57.7 <sup>de</sup>	13.3 <sup>b</sup>	37.1 <sup>a</sup>
6	57.6 <sup>de</sup>	13.9 <sup>b</sup>	37.4 <sup>bcd</sup>
9	56.2 <sup>cd</sup>	14.0 <sup>b</sup>	38.8 <sup>cd</sup>
12	55.9 <sup>c</sup>	15.0 <sup>c</sup>	37.1 <sup>a</sup>
15	55.2 <sup>c</sup>	15.3 <sup>cd</sup>	37.9 <sup>abd</sup>
18	54.6 <sup>bc</sup>	16.3 <sup>c</sup>	39.1 <sup>d</sup>
21	53.1 <sup>ab</sup>	16.1 <sup>de</sup>	41.0 <sup>e</sup>
24	52.5 <sup>a</sup>	17.0 <sup>e</sup>	41.0 <sup>e</sup>

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

**Table 16. Crumb color of white layer cake prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Crumb color		
	L*	a*	b*
Control(0)	80.0 <sup>cd1)</sup>	-2.6 <sup>d</sup>	12.8 <sup>a</sup>
3	80.2 <sup>cd</sup>	-2.7 <sup>cd</sup>	14.0 <sup>b</sup>
6	79.4 <sup>bc</sup>	-2.8 <sup>ab</sup>	15.0 <sup>c</sup>
9	80.6 <sup>a</sup>	-2.8 <sup>abc</sup>	15.8 <sup>d</sup>
12	79.5 <sup>bc</sup>	-2.9 <sup>a</sup>	16.6 <sup>c</sup>
15	79.6 <sup>bc</sup>	-2.8 <sup>abc</sup>	16.7 <sup>c</sup>
18	79.4 <sup>bc</sup>	-2.8 <sup>abc</sup>	16.9 <sup>ef</sup>
21	78.9 <sup>b</sup>	-2.8 <sup>abc</sup>	17.3 <sup>f</sup>
24	77.8 <sup>a</sup>	-2.7 <sup>bcd</sup>	18.6 <sup>f</sup>

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

와 유의적인 차이가 있었으나 그 폭은 크지 않았다. Cake crust의  $a^*$ 값과  $b^*$ 값은 SPC의 첨가량이 증가함에 따라서 케이크의 적색과 황색이 증가함을 알 수 있었다.

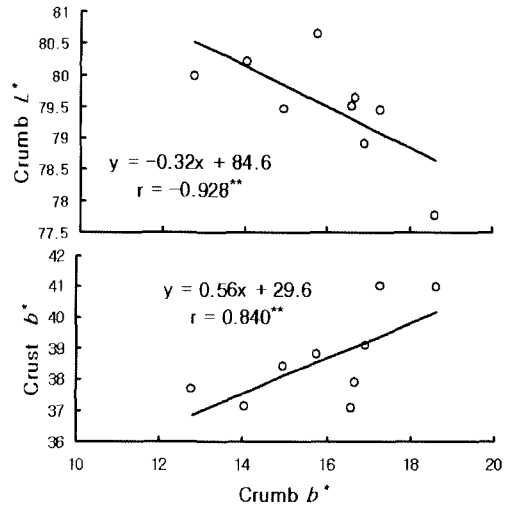
Choi(2002)의 탈지대두분과 sodium stearoyl-2-lactylate 첨가에 따른 제빵특성에 관한 연구에서는 빵의 crust  $L^*$ 값과  $b^*$ 값이 탈지대두분 함량이 증가함에 따라서 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구에서는 SPC의 첨가가 crust color에 큰 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 결과는 SPC가 고도로 정제된 콩 단백질이었기 때문인 것으로 사료된다.

한편, white layer cake crumb의  $L^*$ 값은 crust color의  $L^*$ 값과는 반대로 SPC의 첨가량이 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보였으나 그 감소폭은 크지 않았다.  $a^*$ 값은 일정한 경향을 없었으나 황색을 나타내는  $b^*$ 값은 3% 첨가구부터 대조구와 유의적인 차이가 있었는데, 이와 같은 결과는 SPC의 색이 케이크의 색에 영향을 미친 것으로 생각되며, Choi(2002)의 연구에서도 탈지대두분의 첨가량이 증가함에 따라서 crumb의  $b^*$ 값이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다.

White layer cake crumb의  $b^*$ 값과 crust  $b^*$ 값은  $r=0.840^{**}$ 의 정의상관이 있었으며, crumb의  $b^*$ 값과 crumb의  $L^*$ 값은 부의 상관( $r=-0.928^{**}$ )이 있었다(Fig. 3).

**White layer cake 관능검사**

SPC를 첨가한 white layer cake의 관능검사 결과는 Table 17과 같다. SPC 첨가구의 경우, 외부색은 15%, 내부색은 12% 첨가구부터 대조구와 유의적인 차이가 있었고, 균일성은 9%, 기공은 12%, 텍스처는 15% 첨가구부터 유의적인 차이가 있었으며, 향



**Fig. 3. Relationship among color values of white layer cake prepared from wheat flour substituted soy protein concentrate.**

과 맛은 24% 첨가구의 경우에도 대조구와 유의적인 차이가 없었다.

한편, white layer cake의 외부색과 내부색은 고도의 정의 상관( $r=0.974^{**}$ )이 있었다(Fig. 4). 이상의 결과를 종합하여 보면, white layer cake 제조시 SPC의 첨가량은 9%가 가능할 것으로 사료된다.

**White layer cake의 텍스처 특성**

밀가루에 SPC가 첨가된 white layer cake의 텍스처의 변화는 Table 18과 같다. Initial stress는 269~403( $\times 10,000$ )으로서 첨가량에 따라서 큰 변화는 없었다.

White layer cake의 경도의 변화는 163.0~237.8 g-force으로서 SPC 첨가량이 증가함에 따라서 경도

**Table 17. Sensory characteristics of white layer cakes prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate**

Substitution level(%)	Sensory characteristics							
	External color	Uniformity	Grain	Texture	Internal color	Flavor	Taste	Over-all acceptability
Control (0)	7.9 <sup>cd1)</sup>	8.3 <sup>c</sup>	8.1 <sup>c</sup>	8.1 <sup>d</sup>	8.4 <sup>c</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>cd</sup>
3	8.2 <sup>cd</sup>	8.3 <sup>c</sup>	8.6 <sup>c</sup>	8.2 <sup>d</sup>	8.3 <sup>e</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	8.0 <sup>cd</sup>
6	8.3 <sup>d</sup>	8.5 <sup>c</sup>	8.5 <sup>c</sup>	8.1 <sup>d</sup>	8.2 <sup>e</sup>	7.9 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b</sup>	8.2 <sup>d</sup>
9	8.2 <sup>cd</sup>	8.4 <sup>c</sup>	8.4 <sup>c</sup>	8.2 <sup>d</sup>	8.3 <sup>e</sup>	8.0 <sup>b</sup>	8.1 <sup>b</sup>	8.2 <sup>d</sup>
12	8.0 <sup>cd</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.7 <sup>cd</sup>	7.7 <sup>d</sup>	8.0 <sup>b</sup>	8.1 <sup>b</sup>	7.8 <sup>cd</sup>
15	7.7 <sup>bc</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.3 <sup>bc</sup>	7.3 <sup>cd</sup>	8.1 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b</sup>	7.5 <sup>bc</sup>
18	7.4 <sup>ab</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>bc</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	7.1 <sup>ab</sup>
21	7.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
24	7.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>

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

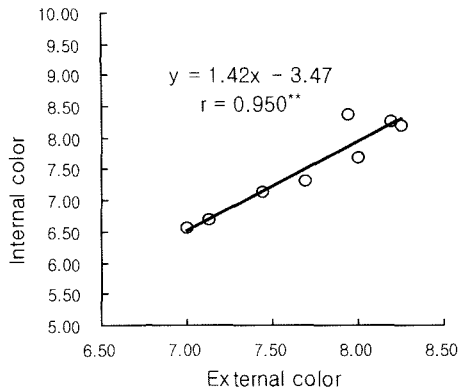


Fig. 4. Relationship between external color and internal color of white layer cake prepared from soy protein concentrate blends.

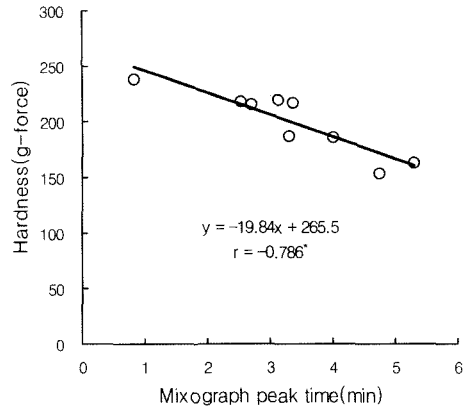


Fig. 6. Relationship between Mixograph peak time and hardness of white layer cake substituted with soy protein concentrate.

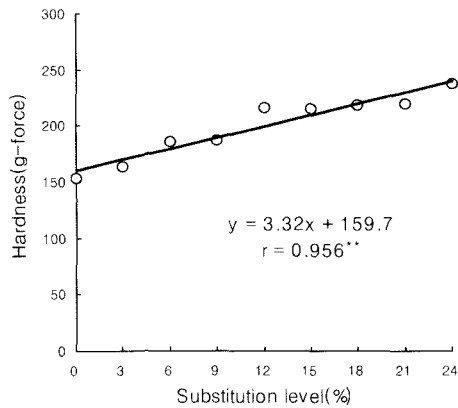


Fig. 5. Changes in hardness of white layer cake prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate.

가 증가하는 경향을 보였다. 한편, SPC가 첨가된 white layer cake의 경도의 변화를 보면 Fig. 5에서

와 같이 첨가량이 증가함에 따라서 직선적으로 증가하는 현상을 보였다.

Pierce와 Walker(1987)는 sponge cake에 자당-지방산 에스테르가 sponge cake의 firmness를 감소시키는 것으로 보고하였지만, Kyung *et al.*(2001)의 연구에서는 자당-지방산 에스테르가 white layer cake의 노화지연에 효과가 없었는데 이는 자당-지방산 에스테르의 경우 HLB (hydrophile-lipophile balance) 값에 따라 적용식품이 다르기 때문이라 밝힌바 있다. 따라서 비록 유희특성을 갖고 있는 SPC이지만 본 연구에서는 경도의 지연에 부합되지 않았던 것으로 사료된다.

Cake의 경도와 Mixograph peak time과의 상관관계를 보면 고도의 부의 상관( $r = -0.786^{**}$ )이 있었는데(Fig. 6), 경도는 Mixograph peak time이 증가함에 따라서 감소하였다. 이와 같은 현상은 Mixograph

Table 18. Texture properties of white layer cake prepared from wheat flour substituted with soy protein concentrate

Substitution level(%)	Textural properties					
	Initial stress ( $\times 10,000$ )	Hardness (g-force)	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Chewiness
Control(0)	251 <sup>a1)</sup>	153.6 <sup>a</sup>	0.85 <sup>b</sup>	87.5 <sup>a</sup>	0.58 <sup>bc</sup>	68.3 <sup>a</sup>
3	269 <sup>a</sup>	163.0 <sup>ab</sup>	0.84 <sup>a</sup>	93.7 <sup>ab</sup>	0.58 <sup>bc</sup>	76.6 <sup>ab</sup>
6	303 <sup>a</sup>	185.9 <sup>b</sup>	0.85 <sup>b</sup>	106.6 <sup>b</sup>	0.59 <sup>c</sup>	87.8 <sup>bc</sup>
9	313 <sup>a</sup>	186.8 <sup>b</sup>	0.84 <sup>ab</sup>	109.0 <sup>b</sup>	0.58 <sup>bc</sup>	92.1 <sup>c</sup>
12	254 <sup>a</sup>	218.3 <sup>c</sup>	0.83 <sup>ab</sup>	127.9 <sup>c</sup>	0.59 <sup>c</sup>	105.5 <sup>d</sup>
15	403 <sup>b</sup>	237.8 <sup>c</sup>	0.85 <sup>ab</sup>	136.9 <sup>c</sup>	0.58 <sup>ab</sup>	115.0 <sup>d</sup>
18	314 <sup>a</sup>	216.6 <sup>c</sup>	0.83 <sup>ab</sup>	126.2 <sup>c</sup>	0.57 <sup>a</sup>	106.1 <sup>d</sup>
21	330 <sup>ab</sup>	215.3 <sup>c</sup>	0.82 <sup>a</sup>	125.6 <sup>c</sup>	0.58 <sup>ab</sup>	106.7 <sup>d</sup>
24	260 <sup>a</sup>	219.2 <sup>c</sup>	0.82 <sup>a</sup>	130.1 <sup>c</sup>	0.57 <sup>a</sup>	108.9 <sup>d</sup>

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

의 peak time이 증가함에 따라서 반죽의 안정성이 증가하여 cake의 경도가 다소 감소하는 경향을 보였다고 해석할 수 있다. 이와 관련하여 Lee와 Chang(2003)은 제빵시 보리가루를 첨가시 Mixograph의 peak time 이후 반죽의 break down 현상이 일어나 빵의 경도가 감소한다고 보고 하였다.

## 요 약

본 연구는 아이소플라본 등 여러 생리활성 물질을 가지고 있는 콩 단백질의 섭취를 증가시키기 위하여 농축 콩단백(soy protein concentration, SPC)을 첨가한 white layer cake을 제조하여 이들 콩단백의 첨가에 따른 재료의 이화학적 특성, rheology 특성, 제품적성 및 저장성 등을 검토하고자 하였다. 공시된 시료의 단백질 함량은 SPC가 56.2%로서 soft wheat flour보다 6.6배 높았으며, 회분 함량도 SPC가 7.1%로서 높은 값을 보였다. Soft wheat flour에 SPC를 3~24% 첨가하였을 때, 단백질 함량은 22.0% 증가하였으며, sedimentation value는 10.7 mL 감소하였다. Water retention capacity(WRC)와 alkaline water retention capacity(AWRC)는 SPC의 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, WRC 및 AWRC와 단백질 함량과는 고도의 정의 상관이 그리고 sedimentation value와는 부의 상관이 있었다. Rapid Visco Analyser(RVA)에 의한 호화특성을 보면, initial pasting temp.는 SPC 첨가구는 72.2~84.2°C로서 SPC 첨가량이 증가함에 따라 증가되었다. RVA 특성과 단백질 함량, sedimentation value, WRC 및 AWRC과는 고도의 정 또는 부의 상관이 있었다. Mixograph peak time과 단백질 함량, WRC 및 AWRC와는 각각 고도의 부의 상관이 있었고, RVA initial pasting temp.와는 부의 상관이 있었다. White layer cake batter의 pH와 비중은 SPC 첨가량이 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 보였다. White layer cake의 부피와 비용적은 SPC의 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나 그 변화폭은 크지 않았다. 케이크의 부피, 비용적 및 무게와의 관계를 보면, 부피와 비용적은 고도의 정의 상관( $r=0.996^{**}$ )이 있었고, 무게와 부피 및 비용적과는 각각 부의 상관이 있었다. White layer cake의 volume index는 SPC의 첨가량이 증가함에 따라서 감소하였으며, symmetry index도 SPC 첨가함으로써 감소하는 경향을 보였다. RVA initial pasting temp.는 케이크의 부피 또는 비용적이 증가함에 따라서

감소하는 경향을 보였으며, Mixograph peak time과 케이크의 부피와는 정의 상관( $r=0.855^{**}$ )이 있었다. White layer cake 제조 시 첨가된 SPC의 열처리에 따른 아이소플라본 함량은 가열후 급격히 증가하였다(가열전 1,064.12  $\mu\text{g/g}$ →가열후 1,661.30  $\mu\text{g/g}$ ). Cake crust의 L\*값은 57.7~52.5로서 SPC 첨가량이 증가함에 따라서 감소하는 경향을 보였으며, a\*값과 b\*값은 SPI 및 SPC의 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. White layer cake의 관능검사 결과 케이크 제조시 SPC의 첨가량은 9%가 가능할 것으로 사료되며, 케이크의 전체적인 기호도와 케이크의 부피와는 고도의 정의 상관이 있었다. 케이크의 경도는 SPC 첨가량이 증가함에 따라서 증가하였다.

## 참고문헌

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chem. 10th. ed., Association. St. Paul, MN, USA.
- Anthony, M.S., T.B. Clarkson, C.L. Hughes, T.M. Morgan, and G.L. Burke. 1996. Soybean isoflavones improve cardiovascular risk factors without affecting the reproductive system of peripubertal rhesusmonkeys. *J. Nutr.* **126**: 43-50.
- Barnes, S. 1995. Effect of genistein on in vitro and in vivo models of cancer. *J. Nutr.* **125**: 777s-783s.
- Bason, M.L., J.A. Ronalds, C.W. Wrigley, and L.J. Hubbard. 1993. Testing for sprout damage in malting barley using the Rapid Visco Analyser. *Cereal Chem.* **70**: 269-272.
- Bean, M.M., M.M. Hanamoto, D.K. Mecham, D.G. Guadagni, and D.A. Fellers. 1976. Soy-fortified wheat flour blends. II. Storage stability of complete blends. *Cereal Chem.* **53**: 397-404.
- Bennink, M.R. 1994. Prevention of chronic disease by soy foods; Current research in the United States. International symposium on soybean; Production, processing and nutrition. pp. 107-120.
- Chang, H.G., H.S. Song, Y.S. Kim, and N.P. Park. 1981. Relation of alkaline water retention capacity of physicochemical properties of wheat flours. The memorial papers for the sixtieth birthday of Dr. Lee JH. pp. 114-118.
- Cho, M.K. and W.J. Lee. 1996. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**: 702-706.
- Choi, Y.S. 2003. Preparation of bread supplemented with defatted soy flour and the effect of sodium stearoyl-2-lactylated on the physicochemical properties of dough and product qualities of bread. Ph. D. Thesis. Sejong University.

- Collins, J.L. and A.R. Post. 1981. Peanut hull flour as a potential source of dietary fiber. *J. Food Sci.* **46**: 445-448.
- Fellers, D.A., D.K. Mecham, M.M. Bean. and M.M. Hanamoto. 1976. Soy-fortified wheat flour breads. I. Composition and properties. *Cereal Foods World* **21**: 75-79.
- Finney, K.F. and M.D. Shorgren. 1972. A ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flour. *Bakers Dig.* **46**: 32-36.
- Jeon, K.S. 1997. Changes in isoflavone contents of soybeans and soybean products as affected by cooking conditions. M.S. Thesis. Seoul National University.
- Jung, D.S., F.Z. Lee and J.B. Enu. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**: 232-237.
- Kennedy, A.R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* **125**: 733s-743s.
- Kim, H.S. 2004. Bakery industry of Korea. *Food Industry.* **180**: 10-26.
- Kim, W.J. 1987. Nutrition and utilization of soy protein. American Soybean Association.
- Kim, W.J., H.Y. Lee, M.H. Won and S.H. Yoo. 2005. Germination effect of soybean on its contents of isoflavones and oligosaccharides. *Food Sci. Biotechnol.* **14**: 498-502.
- King, R.A., J.L. Broadbent, and R.J. Head. 1995. Absorption and excretion of the soy isoflavone genistein in rats. *J. Nutr.* **126**: 176-182.
- Kohn, S. 200. An update of the U.S. baking industry. *Cereal Foods world* **45**: 94-97.
- Kyung, M.S., H.G. Chang, and Y.T. Lee. 2001. Effects of emulsifiers on the properties of white layer cakes prepared from Geurumul flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**: 877-881.
- Lee, Y.S. 2006. Effect of concentrated and isolated soy protein on the properties of white layer cake. Ph. D. Thesis. Sejong University.
- Lee, Y.T. and H.G. Chang. 2003. Effect of waxy and normal hull-less barley flours on bread-making properties. *Korean J. Food Sic. Technol.* **35**: 918-923.
- Merritt, P.P. and O.E. Stamberg. 1941. Some studies on flour absorption. *Cereal Chem.* **18**: 672-632.
- Naim, M., B. Gestether, S. Zilkah, Y. Birk, and A. Bondi. 1974. Soybean isoflavones; Characterization, determination, and antifungal activity. *J. Agric. Food Chem.* **22**: 806-810.
- Persky, V. and L.V. Horn. 1995. Epidemiology of soy and cancer; Perspectives and directions. *J. Nutr.* **125**: 709s-712s.
- Peterson, G. 1995. Evaluation of the biochemical targets of genistein in tumor cells. *J. Nutr.* **125**: 784s-789s.
- Pierce, M.M. and C.E. Walker. 1987. Addition of sucrose-fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chem.* **64**: 222-225.
- Ross, A.S., C.E. Walker, R.I. Booth, R.A. Orth, and C.W. Wrigley. 1987. The Rapid Visco Analyser: A new technique for the estimation of sprout damage. *Cereal Foods World* **32**: 827-829.
- Sloan, A.E. 2003. Top 10 trends to watch and work on: 2003. *Food Tech.* **57**: 30-50.
- Sollars, W.F. and G.L. Rubenthaler. 1975. Flour fractions affecting farinograph absorption. *Cereal Chem.* **52**: 420-427.
- Vaisey-Genser, M., G. Ylimaki, and B. Johnston. 1987. The selection of levels of canola oil, water, and an emulsifier system in cake formulations by response-surface methodology. *Cereal Chem.* **64**: 50-54.
- Walker, C.E., A.S. Ross, C.W. Wrigley, and G.J. McMaster. 1988. Accelerated starch-paste characterization with the rapid visco analyser. *Cereal Food Worlds* **33**: 491-494.
- Yamazaki, W.T. 1953. An alkaline water retention capacity test for the evaluation of cookie baking potentialities of soft winter wheat flours. *Cereal Chem.* **30**: 242-249.