상백피 분말 첨가 식빵의 품질특성 및 제조조건 최적화

정민주¹ · 정희선² · 주나미^{1*}

¹숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공, ²숙명여자대학교 전통문화예술대학원 전통식생활문화전공

Quality Characteristics and Optimization of Bread with *Mori Cortex Radicis* Powder Using Response Surface Methodology

Minju Chung¹, Hee Sun Jeong², Nami Joo^{1*}

¹Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

²Major in Traditional Dietary Life Food, Graduate school of Professional Studies Traditional Culture and Arts, Sookmyung Women's University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the antioxidative effects of *Mori Cortex Radicis* powder and to determine the optimal mixing ratio of *Mori Cortex Radicis* powder and water in the preparation of bread. The optimal sensory composite recipe was determined by producing bread with different levels of *Mori Cortex Radicis* powder and water. The analysis was performed using response surface methodology and a sensory evaluation was performed with the data. Ten experimental recipes, including two with reference points in the composition, were selected. In terms of the antioxidative effects of *Mori Cortex Radicis* powder, the IC₅₀ for total phenolic content and DPPH free radical scavenging activity were 149.56 GAE/g dry powder and 137.77 /mL respectively. Measurement results of the mechanical properties showed differences in volume ($p < 0.05$), baking loss ($p < 0.05$), yellowness ($p < 0.01$), lightness ($p < 0.01$), redness ($p < 0.01$), hardness ($p < 0.01$) and springiness ($p < 0.05$). The sensory measurements showed significant values for color ($p < 0.05$), appearance ($p < 0.05$), flavor ($p < 0.01$), taste ($p < 0.01$), and overall quality ($p < 0.01$). Overall, based on numerical and graphical methods, the optimal formulation was determined to be 21.16 g of *Mori Cortex Radicis* powder and 372.47 g of water.

Key Words: *Mori Cortex Radicis* powder, antioxidative effects, bread, response surface methodology (RSM), optimization

1. 서 론

최근 생활수준이 향상되면서 건강에 대한 일반인의 의식 수준이 높아지고, 소비자의 식품에 대한 구매 패턴이 건강 지향적으로 변화되면서 과거와는 달리 복잡한 사회생활에서 오는 스트레스로 인해 증가되고 있는 성인병의 치료와 예방을 현대 의학의 기술적인 면에만 의존하기 보다는 식품으로부터 안전한 생리 활성 물질을 얻는 추세이다(Lee 등 2001; Jang 등 2003). 또한 식품에 대한 소비자들의 선택 기준은 시대의 변화와 더불어 변화되어 왔으며 최근에는 맛과 색, 향기와 같은 관능적인 특성뿐만 아니라 식품의 기능성을 중요시 하는 경향으로 바뀌고 있다(Ju 등 2010).

생활의 간편성과 서구화로 인한 식생활의 변화로 인해 점차 주식 대용으로서의 빵의 수요 역시 증가하고 있는데, 국민소득의 증대와 기호의 다양화에 따라 여러 종류의 고급 빵

제품에 대한 요구 역시 증대되고 있는 실정이다(Jung 등 1997). 또한 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 빵에도 기존의 재료보다는 기능성이 첨가된 건강식 빵의 수요가 증가하고 있다(Jeon 등 2010). 그 중에서도 식빵은 발효제품으로, 제과 제품에 비해 유지와 당의 사용이 적어 식사대용으로 많이 이용한다(Min & Lee 2008). 식빵은 밀가루와 물, 이스트와 소금을 주재료로 하여 배합한 반죽을 발효시켜 구운 것을 말한다(Bae 등 2001). 현재 식빵의 부재료로는 주로 옥수수, 우유, 밤과 같은 단백질이나 전분질 식품이 대부분이었으나 빵의 간편성과 고급화된 맛 이외에 건강이라는 요소를 충족시킬 수 있는 다양한 기능성이 부각된 건강 지향적인 제품에 대한 소비자의 욕구가 증가되고 있다(Kwak 1998). 이처럼 기능성을 높인 식빵에 관한 연구로는 카레 가루(Woo 등 2003), 부추(Jung 등 1999), 감피(Kim & Chung 2001), 감잎분말 첨가 식빵(Kang 등 2000)등이 있다.

*Corresponding author: Nami Joo, Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Cheongpa-ro 47-gil 100, Youngsan-gu, Seoul 140-742, Korea Tel: 82-2-710-9471 Fax: 82-2-710-9479 E-mail: namij@sm.ac.kr

상백피(桑白皮)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 뿌리껍질이며, 뽕나무는 열대지방에서부터 온대 지역에 걸쳐 널리 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim 1970). 상백피는 섬유성이며 백색에서 회황색을 띠고 특이한 냄새와 맛이 있다(Bexkman & Ames 1998). 상백피는 항암 작용(Mok 등 2001), 혈당강하(Kim 등 1999) 효과가 있는 것으로 알려져 왔으며 이밖에도 항알러지(Cho 등 2005), 항산화(Jee 2009) 효과와 더불어 최근에는 항스트레스 효과(Lee 등 2013)가 입증되면서 생리활성을 가진 기능성 식재료로서 상백피의 가치가 높아지고 있다. 상백피가 이처럼 다양한 기능성을 가졌음에도 불구하고 상백피를 응용한 선행연구는 상백피, 곰피 및 강황 추출물 첨가에 의한 카스테라의 저장성 및 품질증진 효과(Yoon 등 2009), 상백피 숙육의 연화와 관능적 특성(Park & Kwon 1998), 상백피 및 강황 추출 혼합물 첨가 생면의 저장성 및 품질증진 효과(Park 등 2010)에 관한 연구만 이루어진 상태로 그 밖의 다양한 식품에의 적용은 아직 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 상백피의 에탄올 추출물을 사용하여 항산화 활성을 검증하고 생리활성 기능이 뛰어난 상백피 분말을 식빵에 접목시켜 기능성 식품으로서의 응용가능성을 확인하는 것에 그 목적을 두고 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

상백피 분말을 이용한 식빵을 제조하기 위하여 상백피 분말(경동시장, 국산), 밀가루(백설, 강력1등), 백설탕(CJ 제일제당, 국내산), 소금(해표, 국내산), 무가염버터(롯데우유, 국내산), 생이스트(제니코식품, 중국), 전지분유(서울우유, 국내산)를 구입하여 사용하였다.

2. 상백피 분말의 항산화능

1) 총 페놀 함량

상백피 분말의 총 페놀 함량은 Singleton 등(1999)의 Folin-Ciocalteu법을 변형한 Liu 등(2002)과 Cho & Choi (2008)의 방법으로 분석하여 측정하였다.

상백피 분말 0.1 g을 취하고 100 mL의 ethyl alcohol을 가해 시료로 사용하였다. 증류수 0.5 mL을 가한 시험관에 시료 125 μ L을 가해 1분간 교반하였다. 6분 후 7% Na₂CO₃ 용액 125 μ L을 첨가하고 1분간 교반한 후, 90분 동안 암소에 정지한 다음 분광광도계(V-530 UV/VIS Spectrophotometer, JAS Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid(Sigma chemical Co.)를 분석하여 작성된 표준 검량선에 대입하여 산출하였다.

2) DPPH 자유라디칼 소거능

상백피 분말의 자유 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법

에 준하여 측정하였다. 시료 용액은 총 폴리페놀 함량 측정에 이용한 것과 같은 것을 사용하였으며 시료용액 990 μ L를 DPPH solution(1.5 $\times$ 10⁻⁴ mM) 330 μ L와 혼합하여 암소, 실온에서 30분간 방치하여 반응시킨 후 517 nm에서 분광광도계로 흡광도를 3회 측정하였으며 다음 식을 통해 DPPH 라디칼 소거능 값을 구하여 평균값으로 DPPH 자유라디칼 소거활성을 나타내었으며 DPPH라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀을 구하였다.

DPPH 자유 라디칼 소거능(%)

$$= \left(1 - \frac{\text{실험대조구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \right) \times 100$$

3. 상백피 분말 첨가 식빵 실험계획

상백피 분말 첨가 식빵의 모든 실험계획, data분석 및 품질의 최적화분석은 Design Expert 8(Stat-Easy Co., Minneapolis MN, USA)프로그램을 사용하였다. 독립변수로는 상백피 분말, 물 두 가지를 요인으로 설정하였으며, 종속변수로는 반죽 pH, 당도, 수분함량, 식빵의 부피, 무게 및 굽기 손실률, 색도(L, a, b), 텍스처(hardness, springiness, chewiness, gumminess), 관능검사(색, 향미, 외관, 맛, 질감, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도)를 측정하였다. 실험 요인의 최대 및 최소의 범위는 예비실험을 거쳐 상백피 분말 6.00-36.00 g, 물 320.00-400.00 g으로 설정하였다. 중심합성계획법에 의한 실험점은 정중앙점(0.0)과 $\pm\alpha$ 점(axial point), ± 1 level점(factorial point)으로 실험점들 사이에는 모델설정 및 적합결여검증을 위한 2개의 반복점이 존재한다(Park & Jang 2007). 각 성분들의 반응을 보기 위해서 perturbation plot 과 contour plot 그리고 response surface plot을 이용하였다. 완성된 실험 디자인의 재료 혼합 비율은 <Table 1>과 같다.

4. 상백피 분말 첨가 식빵의 제조

상백피 분말과 물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 배합비는 <Table 1>과 같으며, 식빵은 직접 반죽법(straight dough method)을 토대로 제조하였다. 제조 공정은 강력분과 상백피 분말을 체에 3번 내린 후 버터를 제외한 모든 재료를 반죽기(NVM-16, Daeyung, Seoul, Korea)에 넣어 1단에서 3분, 2단에서 2분간 반죽한 후 버터를 넣고 1단에서 1분, 2단에서 8분, 3단에서 30초, 다시 2단에서 1분간 반죽하였다. 반죽의 최종온도는 27°C로 하였다. 완성된 반죽은 발효기(Ep-40, Daeyung, Seoul, Korea)를 이용하여 온도 35°C, 습도 75%의 조건에서 30분간 1차 발효를 진행하였다. 1차 발효 후 170 g씩 분할하여 둥글리기를 하고 실온(20°C)에서 15분간의 중간발효를 진행하였다. 중간발효가 끝난 후 가스 빼기를 하고 틀에 넣어 발효기에 온도 37°C, 습도 85%의 조건에서 2차 발효를 45분간 진행하였다. 굽기는 윗불 180°C, 아랫불 190°C로 예열된 오븐에서 30분간 구워낸 후 실온

<Table 1> Experimental design for bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder by response surface design

No. ¹⁾	Factor		Wheat flour (g)	Sugar (g)	Butter (g)	Fresh yeast (g)	Powder milk (g)	Salt (g)
	<i>Mori Cortex Radicis</i> powder (g)	Water (g)						
1	6(-1) ²⁾	320(-1)	594					
2	36(+1)	320(-1)	564					
3	6(-1)	400(+1)	594					
4	36(+1)	400(+1)	564					
5	6(-1)	360(0)	594					
6	36(+1)	360(0)	564	32	24	24	18	12
7	21(0)	320(-1)	579					
8	21(0)	400(+1)	579					
9	21(0)	360(0)	579					
10	21(0)	360(0)	579					

¹⁾Sample No: The number of experimental conditions by central composite design.²⁾Code variables.

(20°C)에서 1시간 동안 냉장시킨 후 본 실험의 시료로 사용하였다.

5. 상백피 분말 첨가 식빵의 이화학적 특성 측정

1) 반죽 pH

상백피 분말 첨가 식빵 반죽의 pH는 10 g의 시료를 pH meter(F-51, Horiba, Kyoto, Japan)로 측정하여 3회 측정 후 평균값을 나타내었다.

2) 식빵의 수분함량 측정

수분 함량은 상압가열건조법으로 측정하였으며, 적외선 수분측정기(MB45, Ohaus Co. Zurich, Switzerland)를 사용하여 3회 측정한 후 평균값을 나타내었다. 측정시의 온도는 105°C이었다.

6. 상백피 분말 첨가 식빵의 물리적 및 기계적 특성

1) 식빵의 부피, 무게 및 굽기 손실률

상백피 분말 첨가 식빵의 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법(Pyler 1979)에 의하여 측정하였고, 식빵의 부피와 무게는 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었고, 반죽수율과 굽기 손실률은 다음의 식에 의해 값을 구하였다.

Baking loss rate (%)

$$= \frac{(\text{Dough weight (g)} - \text{Bread weight (g)})}{\text{Dough weight (g)}} \times 100$$

2) 식빵의 색도 측정

각 시료별 표면의 색도는 색도계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 식빵의 Crumb의 색도를 각각 측정하였다. L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 색차값을 3회 반복하여 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

다. 이때 사용한 표준백판의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86으로 보정한 후 사용하였다.

3) 식빵의 조직감 측정

텍스처는 제조된 식빵 중심 부위에서 30×30×30 mm의 사이즈로 잘라 Texture Analyser(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, England)를 사용하여 3회 측정 후 평균값을 나타내었다. TPA test 방법으로 견고성(Hardness), 탄력성(Springness), 씹힘성(Chewiness)을 측정하였다. Texture Analyser의 조건은 pre-test speed: 1.0 mm/s, test speed: 1.0 mm/s, post-test speed: 5.0 mm/s, test distance: 10.0 mm, trigger force: 5.0 g를 실시하였고 probe는 36 mm의 cylinder radius type을 사용하여 측정하였다(Lee & Joo 2012).

7. 상백피 분말 첨가 식빵의 관능검사

관능검사는 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원생 15명을 panel로 선정하여 각 panel이 10개의 시료를 평가하도록 하였다. 관능검사 항목은 색, 향미, 외관, 맛, 질감, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도에 대한 특성으로 7점 척도법으로 평가하여 선호도가 높을수록 상위 점수를 주도록 하였다.

8. 상백피 분말 첨가 식빵의 최적화 분석

상백피분말 첨가 식빵의 품질특성 및 성분들 간의 상호작용과 경향을 알아보기 위하여 Design Expert 8.0 프로그램의 ANOVA test 및 회귀분석을 이용하였으며, model의 적합성 여부는 F-test로 유의성을 검증하였다. 각 성분들의 반응을 보기 위해서 perturbation plot과 response surface 3D plot을 이용하였다.

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 최적화를 위한

상백피 분말, 물의 양을 선정하였고, 그때의 지점을 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 수치 최적화는 canonical model을 기준으로 하는 모델의 계수에 각각의 반응 중 유의성이 있는 관능평가 항목의 최고점을 목표 범위(goal area)로 설정하였다. 수치 최적화를 통해 제시된 최적점(solution)으로 적합도(desirability)를 구하고 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다. 아래 식에서 d 는 각각의 desirability, n 은 response의 수를 의미하며, D 는 overall desirability를 의미한다.

III. 결과 및 고찰

1. 상백피 분말의 항산화능

1) 총 페놀 함량

페놀성 물질은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로, 분자 내의 phenolic hydroxyl기가 효소 단백질과 같은 거대분자들과 결합하는 성질이 있어 페놀 함량이 증가할수록 항암, 콜레스테롤 저하 및 항산화 작용 등 다양한 생리활성 기능이 증가된다(Lee 등 1992; Jeong 등 2007). 본 실험에서 상백피 분말의 총 폴리페놀 함량은 149.56 mg GAE/g dry powder였다<Table 2>. 한국에 자생하는 약용 식물의 경우 총 페놀 함량이 30 mg/g 이상이면 뛰어난 항산화 활성을 나타낸다고 보고되었으며(Heo 등 2007), 옥죽, 당귀, 산수유 등 20종의 약용 식물의 총 폴리페놀 함량은 2.6(옥죽)~81.2(음양곽) mg GAE/g의 범위로 존재한다고 보고되었는데(Kim 등 2004), 이와 비교하여 볼 때 상백피 분말이 약용식물보다 약 2배 정도의 폴리페놀 화합물을 포함하고 있어 강한 항산화 기능을 가졌다고 판단된다. 또한 선행연구에서 꾸지뽕나무의 줄기 껍질이 잎보다 15% 높은 항산화 효과를 갖는다고 보고하여(Cho 등 2000) 상백피의 기능성 식품 소재로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

2) DPPH 자유 라디칼 소거능

상백피 분말의 70% ethyl alcohol 추출물의 DPPH 자유 라디칼 소거능을 측정한 결과는 <Table 2>와 같다. DPPH는 분자 내에서 안정한 라디칼을 함유하지만 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며 이때 DPPH가 감소되는 정도를 분광광도계로 측정하여 시료의 항산화 활성을 측

<Table 2> The contents of total phenol, and DPPH free radical scavenging activity in the *Mori Cortex Radicis* powder

Composition	Content
Total phenol (mg GAE/g)	149.56±0.42
DPPH free radical scavenging activity (μg/mL) ¹⁾	137.77±0.34

¹⁾IC₅₀ (μg/mL): The values indicate 50% inhibitory concentration of DPPH radical.

<Table 3> Physiochemical properties of dough and bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder Mean±SD

No.	<i>Mori Cortex Radicis</i> powder (g)	Water (g)	Responses	
			Dough pH	Bread Moisture content (%)
1	6	320	5.85±0.02	35.20±2.98
2	36	320	5.51±0.03	34.56±0.65
3	6	400	5.59±0.03	34.87±0.82
4	36	400	5.57±0.02	35.04±0.54
5	6	360	5.70±0.06	36.03±2.21
6	36	360	6.03±0.04	36.30±0.40
7	21	320	5.55±0.04	36.60±0.49
8	21	400	5.28±0.02	37.13±1.37
9	21	360	5.58±0.08	39.87±0.73
10	21	360	5.64±0.04	40.13±0.93

정한다(Blois 1958). 본 실험에서는 상백피 분말의 에탄올 추출물을 이용해 DPPH 자유 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀을 구했다. 상백피 분말의 IC₅₀은 137.77 μg/mL로, 식용 식물 항산화 연구(Cho 등 2001)에서는 고추잎과 고구마껍질의 IC₅₀이 각각 120.12L, 170 μg/mL로 강한 자유 라디칼 소거효과를 나타내었고, 연자육 분말(Jung 2013)은 158.63 μg/mL를 나타내었다. 이들 선행 연구와 비교했을 때 상백피 분말 역시 자유 라디칼 소거능을 가진 기능성 식품 소재라고 판단된다.

2. 상백피 분말 첨가 식빵의 이화학적 특성

상백피 분말 첨가 식빵의 제조조건 최적화를 목적으로 두 가지 독립변수(상백피 분말, 물)를 design expert 프로그램을 이용하여 10가지 조건에서 얻어진 이화학적 특성 측정 결과는 <Table 3>과 같다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과는 <Table 4>에 나타내었다.

<Table 4> Analysis of predicted model equation for physiochemical characteristics of dough and bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder

Response	Model	R-squared ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Dough pH	Quadratic	0.7282	2.14	0.2400	+5.62-5E-3A-0.078B+0.08AB+0.23A ² -0.22B ²
Bread moisture content	Quadratic	0.9372	11.93	0.0162*	+39.46-0.033A+0.11B+0.2AB-2.76A ² -2.067B ²

¹⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates regression line fits the model

²⁾*p<0.05

³⁾A: *Mori Cortex Radicis* powder, B: Water E: Error

<Figure 1> Perturbation plot and response surface plot for the effect of Mori Radicis Cortex powder (A) and water (B) on physiochemical characteristics of dough and bread prepared with Mori Cortex Radicis powder.

1) 반죽 pH

상백피 분말 첨가 식빵의 10개 실험점에 따른 반죽 pH 측정결과는 5.28~6.03의 범위를 보였다. 반죽의 pH가 5 이하 일 때는 반죽의 가스 보유력이 급격히 떨어진다고 볼 때 (Kim 2002) 상백피 분말 첨가 식빵의 반죽은 가스 보유력이 높다고 할 수 있다. 상백피 분말 첨가 식빵의 반죽 pH는 상백피 분말과 물이 서로 상호작용하는 quadratic model이 결정되었고 p-value는 0.2400으로 유의적인 차이는 없었다. R^2 (결정계수)값은 0.7282로 모델에 대한 적합성이 인정되었다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 pH에 미치는 영향을 살펴보기 위한 회귀식을 분석한 결과 상백피 분말 보다는 물이 반죽의 pH에 좀 더 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. <Figure 1>의 perturbation plot을 살펴보면, 상백피 분말(A) 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH는 최적점까지는 떨어지다가 다시 높아지는 경향을 보였다. 이는 상백피 자체가 갖고 있는 유리당 및 아미노산 성분에 의해 pH가 낮아졌다가 첨가량이 증가되는 물 자체가 갖고 있는 pH의 영향으로 상백피 식빵의 pH가 다시 높아졌다고 판단된다. 이는 함초가루 첨가 식빵(Bac 등 2008)에서 함초분말 첨가량이 증가할수록 pH도 높아진다는 결과와 일부 비슷하였으나, 썩 가루 첨가 식빵(Jung 2006), 당귀 분말 첨가 식빵(Shin & Kim 2008) 등 분말 첨가량이 증가할수록 pH는 떨어진다는 결과와는 상반되었다. 반죽의 pH가 5.5 이상이거나 5.0 이하에서는 글루텐이 약해져 반죽 시간이 짧아진다고 보고되었다(Kim 등 2002). 본 실험에서 반죽의 pH는 5.5 이상이었으므로 부재료의 첨가에 따른 글루텐의 약화가 예상되어 상백피 식빵 제조에 있어서의 최적화 필요성이 증가되었다.

2) 식빵의 수분함량

상백피 분말 첨가 식빵의 수분함량은 34.56-40.13%의 범위를 보였다<Table 3>. 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 결정되었고 p-value는 0.0162로 유의적인 차이를 나타내었다<Table 4>. R^2 값은 0.9372로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 높음을 알 수 있었고 수분함량에는 상백피 분

말(A)첨가량보다 물(B)의 첨가량이 더 높은 영향력을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 상백피와 물의 양이 증가할수록 수분함량 역시 증가했다가 최적점을 지나면 수분함량은 감소하는 것을 알 수 있다<Figure 1>. Ko 등(2003)은 신안 섬초를 첨가한 식빵 연구에서 섬초 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량은 유의적으로 증가하였는데 이는 신안 섬초의 식이섬유 함량 증가에 따른 수분 보수력 증가로 사료된다고 보고하였다. 본 연구에서 초기의 상백피 식빵의 수분함량 증가는 선행연구와 마찬가지로 식이섬유의 함량 증가에 기인한다고 사료되며, 상백피 분말의 첨가량이 최적점 이상이 되면 분말이 밀가루 글루텐이 수분을 함유하는 것을 방해하여 수분함량이 감소한 것이라고 판단된다.

3. 상백피 분말 첨가 식빵의 물리적 및 기계적 특성

상백피 분말 첨가 식빵의 제조조건 최적화를 목적으로 두 가지 독립변수(상백피 분말, 물)를 design expert 프로그램을 이용하여 10가지 조건에서 얻어진 기계적 특성 측정 결과는 <Table 5>와 같다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과는 <Table 6>에 나타내었다.

1) 식빵의 부피, 무게 및 굽기 손실률

상백피 분말 첨가 식빵의 부피 측정 결과 1860-2230 mL의 범위로 나타났으며<Table 5> 첨가 시료간의 상호관계를 작용하는 2FI 모델이 설정되었다<Table 6>. 상백피 분말 첨가량과 물의 양이 증가할수록 식빵의 부피는 점진적으로 증가하는 경향을 나타내었다<Figure 2>. 제빵 연구에서 다양한 생리활성을 나타내는 부재료 및 여러 가지 복합분의 첨가 시 제빵 부피가 감소할 수 있으며(Jeon & Kim 2004), 감잎분말(Kang 등 2000), 녹차분말(Oh 등 2004) 첨가 식빵에서는 이들에 함유되어 있는 탄닌 성분 때문에 제빵 부피가 감소된 것으로 보고하였다. 한편 본 실험에서는 상백피 분말이 증가함에 따라 부피의 감소는 일어나지 않았으므로 생리활성기능을 지닌 상백피 분말을 첨가하여도 부피에 크게 영향을 미치지 않으므로 향후 제품 개발의 가능성이 충분하다고 판단된다. 빵의 무게나 부피는 밀가루 단백질 함량과 질, 글

<Table 5> Physical and Mechanical properties of dough and bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder Mean±SD

No.	<i>Mori Cortex Radicis</i> powder (g)	Water (g)	Volume (cc)	Weight (g)	Baking loss rate (%)	Responses					
						Crumb L	Crumb a	Crumb b	Hardness (g)	Springiness (%)	Chewiness (g)
1	6	320	2040.00 ±3.22	902.00 ±4.00	10.15 ±0.05	81.78 ±2.25	-1.53 ±0.06	13.25 ±0.38	289.13 ±10.12	0.90 ±0.01	162.14 ±12.23
2	36	320	1940.00 ±6.42	918.00 ±2.88	9.01 ±0.07	66.33 ±1.02	1.63 ±0.09	20.64 ±0.65	401.53 ±21.35	0.62 ±0.05	131.08 ±16.65
3	6	400	1940.00 ±5.77	910.00 ±3.50	10.60 ±0.13	77.36 ±0.42	-1.32 ±0.10	13.87 ±0.91	295.10 ±11.94	0.77 ±0.02	113.98 ±18.82
4	36	400	2230.00 ±4.25	920.00 ±4.50	9.09 ±0.11	63.80 ±1.65	1.79 ±0.47	21.00 ±0.87	398.52 ±23.56	0.58 ±0.08	132.23 ±15.56
5	6	360	2030.00 ±5.00	906.00 ±4.50	10.11 ±0.70	77.61 ±0.11	-1.10 ±0.06	13.71 ±0.86	267.31 ±14.23	0.84 ±0.05	101.12 ±7.82
6	36	360	2020.00 ±2.88	912.00 ±2.88	9.02 ±0.3	69.51 ±0.11	1.95 ±0.33	21.31 ±0.05	387.67 ±16.21	0.61 ±0.01	120.56 ±11.23
7	21	320	1860.00 ±4.35	914.00 ±4.50	9.67 ±0.42	74.74 ±1.06	-2.47 ±0.22	17.55 ±0.62	168.22 ±13.11	0.85 ±0.01	70.89 ±10.57
8	21	400	2160.00 ±8.63	916.00 ±5.50	9.72 ±0.44	72.34 ±1.92	0.19 ±0.08	17.68 ±0.08	178.23 ±8.76	0.92 ±0.09	68.56 ±9.49
9	21	360	2060.00 ±10.12	908.00 ±4.00	10.27 ±0.63	71.83 ±0.08	0.10 ±0.11	18.17 ±0.93	188.58 ±12.34	0.93 ±0.01	86.54 ±20.21
10	21	360	2160.00 ±5.77	904.00 ±5.50	10.84 ±0.72	69.51 ±0.11	0.65 ±0.11	20.28 ±0.59	184.48 ±9.24	0.94 ±0.03	99.23 ±18.89

<Table 6> Analysis of predicted model equation for physical and mechanical characteristics of bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder

Response	Model	R-squared ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Volume	2FI ⁴⁾	0.7069	4.82*	0.0486	+2044+30A+81.67B+97.50AB
Weight	Linear	0.5899	5.03*	0.0445	+911+5.33A+2.00B
Baking loss rate	Linear	0.6125	5.53*	0.0362	+9.85-0.62A+0.097B
L	Linear	0.8942	29.58***	0.0004	+72.48-6.19A-1.56B
Crumb a	Linear	0.9776	152.95***	0.0001	+0.27+1.55A+0.033B
b	Linear	0.9100	35.41***	0.0002	+17.75+3.69A+0.18B
Hardness	Quadratic	0.9918	96.66***	0.0003	+177.42+56.03A+2.16B-2.24AB-159.18A ² +4.98B ²
Texture Springiness	Quadratic	0.9502	15.26*	0.0103	+0.92-0.12A-0.017B+0.022AB-0.19A ² -0.0264.98B ²
Chewiness	Quadratic	0.7777	2.80	0.1702	+79.41+1.10A-8.22B+12.33AB+44.91A ² +3.80B ²

¹⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates regression line fits the model²⁾*p<0.05, ***p<0.001³⁾A: *Mori Cortex Radicis* powder, B: Water⁴⁾2FI: 2 factor interaction

루텐 형성 정도와 첨가 재료의 종류, 제조 과정 및 가열 과정 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다(Jung 등 2008). 상백피 분말 첨가 식빵의 무게 측정 결과는 902-920 mL의 범위를 보였으며, 상백피 분말과 물에 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 선택되었고 p-value가 0.0445로 5% 이내 수준에서 유의적이었으며, 상백피 분말과 물의 첨가량이 증가할수록 식빵의 무게는 유의적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 양배추 가루 첨가 식빵(Kim 등 2012), 자색고구마 분말 첨가 식빵(Lee & Park 2011)의 연구결과와 같은 것으로, 기능성분을 가진 재료를 분말형태로 첨가시킨 연구에서 첨가되는 분말의 양이 많을수록 무게는 유의적으로 증가함을 확인할 수 있었다. 빵의 부피와 무게는 밀가루

단백질 함량과 질, 글루텐 형성 정도, 첨가 재료의 종류나 제조 과정, 발효와 가열 과정 등 여러 가지 요인에 영향을 받는데(Juon 등 2008), 앞선 양배추 가루나 자색고구마 분말에서의 연구와 마찬가지로 본 실험의 상백피 분말은 제조 과정 후 무게 감소를 일으키지 않으므로 생리활성 기능을 가진 식품 개발 시 유용한 재료가 될 수 있을 것이라고 판단된다. 무게를 이용하여 산출한 굽기 손실률은 9.02-10.84%의 범위로 나타났다. 일반적인 굽기 손실률이 7-13%(Bae 등 2008)임을 감안하면 상백피 분말 첨가 식빵의 굽기 손실률은 일반적인 수준 내에 포함된다고 볼 수 있다. 모델은 linear model이 설정되었고 p-value는 0.0362로 5% 이내에서 유의 수준을 보였다.

<Figure 2> Perturbation plot and response surface plot for the effect of Mori Radicis Cortex powder (A) and water (B) on physical and mechanical characteristics of bread prepared with Mori Cortex Radicis powder.

2) 식빵의 색도

상백피 분말 첨가 식빵의 Crumb 색도(L, a, b) 중 L값은 63.80-81.78, a값은 -1.53~+1.95, b값은 13.25~21.31의 범위를 나타내었다<Table 5>. 상백피 분말 자체의 색은 연한 갈색이며 상백피 분말을 첨가함으로써 빵의 색이 다소 어두운 색으로 변한 것을 알 수 있었다. 명도(L)는 p-value가 0.0004로 0.1% 이내에서 유의성이 인정되었고 R²값은 0.8942로 모델의 적합성이 인정되었다<Table 6>. 명도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 상백피 분말(A)과 물(B) 첨가량이 증가할수록 명도는 낮아지는 경향을 보였다<Figure 2>. 이는 감피 분말 첨가 식빵(Kim & Chung 2001)의 연구결과와 유사하였다. 적색도(a)는 p-value가 0.0001로 0.1% 이내에서 유의성이 인정되었고 상백피 분말(A)과 물(B)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 점진적으로 증가하였음을 알 수 있다. 황색도(b)는 p-value가 0.0002로 0.1% 이내에서 유의수준이 인정되었고 R²값은 0.9100으로 모델의 적합성이 인정되었다. 상백피 분말(A)의 첨가량이 증가할수록 황색도는 유의적으로 증가하였는데, 이는 Kim 등 (2003)의 연구에서 홍국 분말을 첨가할수록 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 높아졌으며, 표고버섯가루 첨가량에 따른 설기떡의 실험(Cho 등 2002) 결과 표고버섯가루 첨가량이 많아질수록 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 높아진다는 연구와 일치했다. 이와 같은 결과는 상백피분말 자체가 갖고 있는 색상의 영향뿐만 아니라 식빵의 제조 과정 중 상백피의 구성 성분인 당과 아미노산 성분의 열처리에 따른 메일라드 반응에 의한 것으로 판단된다.

3) 식빵의 조직감

상백피 분말 첨가 식빵의 조직감 항목으로는 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 씹힘성(Chewiness)을 측정하였다. 경도는 168.22-398.52 g의 범위를 보였으며<Table 5>, quadratic model이 선정되었고 모델의 p-value는 0.0003로 0.1% 이내의 수준에서 유의성을 나타내었다<Table 6>. R²값은 0.9918로 모델의 높은 적합성을 보였고 상백피 분말 첨가량의 영향력이 물의 첨가량보다 훨씬 큰 것을 볼 수 있다. 탄력성 값은 0.58-0.94%의 범위를 나타내었고 quadratic model이 선정되었으며 p-value는 0.0103으로 5% 이내 수준에서 유의적인 결과를 보였으며 R²값은 0.9502로 모델의 적합성이 인정되었다. 씹힘성 범위는 68.56-162.14 g이며 quadratic model이 선정되었으나 p-value는 0.1702로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. <Figure 2>의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 상백피 분말(A) 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하다가 최적점부터는 증가하였다. 동충하초를 첨가한 식빵(Jung 등 2008), 죽 분말을 첨가한 식빵(Jung 2006)의 결과에서도 경도가 증가하였다고 보고하여 본 연구와 비슷한 경향을 보였다. Ryu (1999)는 선행연구에서 밀가루 대체 복합분이 증가하면 밀 글루텐을 비롯한 단백질 함량이 낮아 단

백질 matrix 구조가 엉성해지고 기포의 크기도 균일하지 못하여 불연속적인 matrix를 형성하여 경도가 증가한다고 보고하였는데, 이처럼 본 연구에서도 첨가한 상백피 분말에 의해 밀가루의 글루텐 형성이 방해되어 빵이 잘 부풀지 못하면서 경도가 증가한 것으로 판단된다. 반면, 탄력성은 감소하는 것을 볼 수 있는데 이는 홍국 분말 첨가 식빵(Kim & Kim 2003)의 결과와 유사하다. 이러한 결과는 Kwon 등(2003)의 연구 결과에서 알 수 있듯이 첨가 소재가 제빵의 조직감 특성에 영향을 준다는 것과 동일한 결과로, 마늘 분말(Hong & Shin 2008), 사물탕을 첨가한 식빵(Oh 등 2007) 등의 경우에는 첨가물 양이 증가함에 따라 탄력성은 감소한 반면, 황기 분말 첨가 식빵(Min & Lee 2008)의 경우 첨가량이 증가함에 따라 탄력성은 높아졌으나 유의적인 차이는 없었다는 선행연구의 보고와 일치한다. 결과적으로 본 연구에서 상백피 분말의 첨가는 조직감 항목 중 씹힘성보다는 경도와 탄력성에 더 영향을 주는 것으로 나타났다.

4. 상백피 분말 첨가 식빵의 관능검사

상백피 분말 첨가 식빵의 색, 향, 외관, 맛, 질감, 촉촉함, 전반적인 기호도에 대한 항목에 해당하는 점수는 <Table 7>과 같다. 결과 값의 회귀식은 <Table 8>에 제시하였고, 관능적 특성에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 <Figure 3>에 제시하였다.

상백피 분말 첨가 식빵의 색과 외관은 유의수준 $p < 0.01$ 에서 유의한 값을 나타내었으며, 독립변수간의 교호작용이 발생하는 quadratic model이 선택되었고, R²값은 0.95 이상으로서 높은 적합성이 인정되었다. 식빵의 향과 맛, 전반적인 기호도는 유의수준 $p < 0.05$ 수준에서 모두 유의한 값을 나타내었으며 quadratic model이 선택되었고 R²값은 0.91 이상으로 적합성이 인정되었다. 식빵의 질감과 촉촉함에 대해서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 색에 대한 관능검사 결과 기호도는 2.87-4.87의 범위를 나타내었다. 색에서는 물보다 상백피 분말(A)의 영향이 크게 나타났으며 <Figure 3>의 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴보면 상백피 분말이 증가할수록 기호도는 증가하다가 중심점 이후 다시 감소하는 것을 알 수 있었다. 향에 대한 관능검사 결과 기호도는 3.27-5.20의 범위를 나타내었으며 회귀식 분석 결과 상백피 분말(A)이 향에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 향의 기호도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 상백피 분말의 첨가량이 증가함에 따라 기호도가 증가하다가 중심점 이후로 감소하는 경향을 보였다. 이는 상백피 자체가 갖고 있는 특유의 향 때문인 것으로 사료된다. 외관에 대한 관능검사 결과 기호도는 3.06-5.36의 범위를 나타내었다. 회귀식에 나타난 계수들을 살펴보면 상백피 분말이 외관에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, perturbation plot은 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 외관의 기호도는 증가하다가 중심점 이후로 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이

<Table 7> Sensory evaluation of bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder at various conditions by response surface design
Mean±SD

No.	<i>Mori Cortex Radicis</i> powder (g)	Water (g)	Responses ¹⁾						
			Color	Flavor	Appearance	Taste	Texture	Moistness	Overall quality
1	6	320	3.13±1.81	3.27±1.62	3.09±1.64	3.87±1.36	3.27±1.22	3.53±1.46	3.07±1.10
2	36	320	3.60±1.12	4.13±1.51	3.45±1.29	3.12±1.59	3.53±1.60	3.07±1.39	3.20±1.26
3	6	400	3.07±1.44	3.60±1.55	3.08±1.62	3.90±1.77	4.33±1.50	4.80±1.15	3.34±1.53
4	36	400	4.07±1.39	3.47±1.30	3.77±1.53	3.04±1.77	4.40±1.64	5.00±1.60	3.13±1.78
5	6	360	2.87±1.30	3.27±1.49	3.06±1.41	3.87±1.28	3.87±1.55	4.13±1.51	3.33±1.35
6	36	360	4.40±1.45	3.60±1.24	3.65±1.68	4.13±1.59	4.13±1.73	4.47±1.99	3.93±1.39
7	21	320	4.87±0.83	4.73±1.16	4.68±1.15	3.93±1.25	3.93±0.96	3.40±1.28	4.33±0.98
8	21	400	4.73±0.88	4.53±0.83	4.87±1.06	4.00±1.11	4.00±1.13	3.93±1.49	4.28±1.12
9	21	360	4.80±1.21	5.20±1.15	5.36±1.21	4.47±1.30	4.73±1.62	4.47±1.68	5.33±1.11
10	21	360	4.87±1.51	5.20±1.57	5.27±1.44	4.87±1.55	4.80±1.74	4.87±1.60	5.33±1.29

¹⁾1≤Responses≤7, close to 7 indicates high satisfaction<Table 8> Analysis of predicted model equation for sensory test of bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder

Response	Model	R-squared ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Color	Quadratic	0.9554	17.14**	0.0083	+4.87+0.50A+0.045B+0.13AB-1.28A ² -0.11B ²
Flavor	Quadratic	0.9385	12.21*	0.0155	+4.99+0.18A-0.088B-0.25AB-1.34A ² -0.14B ²
Appearance	Quadratic	0.9782	35.94**	0.0020	+5.16+0.27A+0.083B+0.082AB-1.66A ² -0.24B ²
Taste	Quadratic	0.9145	8.57*	0.0292	+5.28-0.38A-5E-3B-0.028AB-1.46A ² -0.50B ²
Texture	Quadratic	0.7476	2.37	0.2114	+4.57+0.098A+0.33B-0.047AB-0.37A ² -0.41B ²
Moistness	Linear	0.5760	4.76	0.0496	+4.17+0.013A+0.62B
Overall quality	Quadratic	0.9507	15.43*	0.0101	+5.16+0.087A+0.025B-0.085AB-1.37A ² -0.69B ²

¹⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates regression line fits the model²⁾*p<0.05, **p<0.01³⁾A: *Mori Cortex Radicis* powder, B: Water

는 쥐눈이콩가루 첨가 머핀 제조 조건의 최적화 연구(Lee & Joo 2008)에서 쥐눈이콩가루 색소의 영향으로 지나친 첨가는 외관에 대한 낮은 기호도를 보인 것과 일치하는 것으로 생리활성을 가진 재료라도 지나친 첨가는 기호에 영향을 주므로 최적점을 찾는 것이 중요하다 하겠다. 맛에 대한 관능검사 결과 기호도는 3.04~4.87의 범위를 나타냈으며 회귀식을 살펴본 결과 맛은 물 보다는 상백피 분말의 첨가량에 따라 기호도에 영향을 많이 주는 것으로 나타났다. 식빵의 질감에 대한 전반적인 기호도는 3.27~4.80의 범위를 나타냈으며 회귀식 분석 결과 질감에 있어서 상백피 분말보다는 물이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 촉촉함에 대한 전반적인 기호도는 3.07~4.87의 범위를 나타냈고 회귀식 분석을 통해 물의 영향이 더 크게 작용함을 알 수 있었다. 상백피 분말 첨가 식빵의 전반적인 기호도는 3.07~5.33 사이의 범위를 나타내었으며 회귀식 분석 결과, 두 요인 모두 영향이 있으나 물보다 상백피 분말이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. <Figure 3>에서 전반적인 기호도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 상백피 분말과 물의 첨가량이 증가함에 따라 기호도가 증가하다가 중심점 이후에 급격하게 감소하는 경향이 나타나

관능적 최적 제조조건의 필요성이 요구되었다.

5. 상백피 분말 첨가 식빵의 품질 최적화

상백피 분말을 첨가한 머핀의 최적화를 위해 상백피 분말과 물의 제조조건 접근은 canonical 모형의 수치 최적화(Numerical optimization)와 모형적 최적화(Graphical optimization)를 통해 선정하였다. 독립변수인 상백피 분말과 물의 배합범위 내(In range)에서 유의적인 결과를 나타낸 관능검사 항목인 색(Color), 향(Flavor), 외관(Appearance), 맛(Taste), 질감(Texture), 촉촉함(Moistness), 전반적인 기호도(Overall quality)를 최대화 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치 점(Numerical point)을 예측하였다. 그 중 가장 높은 만족도를 갖는 최적점을 선택하여 지점 예측을 통해 도출하였으며 예측된 최적값은 상백피 분말 21.16 g, 물 372.47 g이었다<Figure 4>. 이는 전체 밀가루의 양 중 약 3.5%의 상백피 분말이 첨가된 것이라고 볼 수 있는데, Kim 등(2005)은 식빵 제조 시 홍삼 분말을 3% 첨가해도 식빵의 관능적 품질 특성에 큰 영향을 미치지 않는다고 하였으며 Kwon 등(2003)은 다시마 가루를 2.5% 첨가한 식빵에 대한 기호도가 우수하였다고 보고하였다. 이에 기반

<Figure 3> Perturbation plot and response surface plot for the effect of *Mori Cortex Radicis* powder (A) and water (B) on sensory characteristics of bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder

하여 볼 때, 본 실험을 통해 예측된 상백피 분말과 물의 최적값은 식빵에 상백피 분말의 생리효능을 활용하면서도 소비자들의 기호도에 부합할 것이라고 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 소비자들의 기능성을 부여한 제품에 대한 선호도가 증가하고 식생활의 서구화로 주식 대용 빵 제품의 비

중이 높아지고 있는 시점에서 여러 가지 생리활성 성분이 풍부한 상백피 분말을 이용하여 항산화능을 검증하고 상백피 분말을 식빵에 접목시켜 관능적 최적 배합조건을 반응표면 분석법을 이용하여 규명하고자 하였다.

상백피 분말의 항산화능 중 총 페놀 함량은 149.56 mg GAE/g dry powder, DPPH 자유 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC₅₀은 137.77 µg/mL로 우수한 항산화능을 보였다. 이를 통해 상백피 분말이 인공 항산화제를 대신할 수 있는

<Figure 4> Perturbation plot and response surface plot for the effect of *Mori Cortex Radicis* powder (A) and water (B) on desirability of bread prepared with *Mori Cortex Radicis* powder.

생리활성물질로 식품에 적용이 가능하다고 사료된다. 반죽 pH와 식빵의 수분함량, 무게는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면, 식빵의 무게($p<0.05$)와 굽기 손실률($p<0.05$) 항목에서 유의적인 결과를 보였다. 물리적 특성 중 색도(L, a, b)는 모두 linear model이 채택되었으며, L 값($p<0.01$), a 값($p<0.01$), b 값($p<0.01$)의 유의성이 인정되었다. 반응표면분석에 대한 결과로 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하였으며, 조직감에서는 경도($p<0.01$), 탄력성($p<0.05$)에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다. 경도와 탄력성은 물보다 상백피 분말의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 관능적 특성 중 가장 기호도가 높은 것은 색에서는 상백피 분말 21 g, 물 320 g으로 나타났고 그 외에 향, 외관, 맛, 조직감, 촉촉함, 전반적인 기호도 항목에서 모두 상백피 분말 21 g과 물 360 g으로 나타났다. 전체 관능 항목인 색, 향, 외관, 맛, 조직감과 전체적인 기호도는 모두 quadratic 모델로 결정되었고, 촉촉함은 linear 모델이 선택되었다. 색($p<0.05$)과 외관($p<0.05$), 향($p<0.01$), 맛($p<0.01$)과 전체적인 기호도($p<0.01$)는 유의성을 보였다. 조직감과 수분은 상백피 분말 보다는 물의 영향을 많이 받는 것으로 색, 향, 외관, 맛 및 전체적 기호도는 상백피 분말의 첨가량에 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. Canonical 모형의 수치 최적화와 모형 최적화를 통하여 상백피 분말과 물의 양을 선정하고, 관능평가 항목들의 최고점을 선택하여 지점 예측(Point prediction)을 통해 도출하여 얻어진 최적 배합비는 상백피 분말 21.16 g, 물 372.47 g이었다.

본 연구를 통해 상백피 분말을 첨가한 식빵은 제빵의 유용한 기능성 소재로서 품질 및 소비자의 기호도면에서 충분히 경쟁력이 있을 것으로 판단된다.

References

- Bae JH, Bae MJ, Son EH, Jung IC, Kwon OJ, Woo HS, Kim KJ. 2008. Bakery Science. Hyungsul. Seoul, Korea. pp 14
- Bae JH, Woo KS, Choi HJ, Choi C. 2001. Quality of bread added with korean persimmon leaf powder. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr., 30(5):882-887
- Bae JY, Park LY, Lee SH. 2008. Effect of *Salicornia herbacea* L. powder on the quality characteristics of bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37(9):1196-1201
- Beckman KB, Ames BN. 1998. The free radical theory of aging matures. Physiol Rev., 78:547-581
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 26(181):1199-1200
- Cho HJ, Lee JY, Kim DG. 2005. In vitro and in vivo anti-inflammatory and anti-allergic responses caused by water extract of *Mori Cortex*. J. Korean Oriental Pediatric., 19:175-195
- Cho JS, Choi MY, Chang YH. 2002. Quality characteristics of sulgiduk added with *Lentinus edodes* sing powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 12(1):55-64
- Cho SY, Han YB, Shin KH. 2001. Screening for antioxidant activity of edible plants. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr., 30(1):133-137
- Cho Y and Choi MY. 2008. Quality characteristics of jelly containing added Pomegranate powder and *Opuntia Humifisa* powder. Korean J. Food Cookery Sci., 25(2):134-142
- Cho YS, Cha JY, Kim HJ, Chio ML. 2000. Antioxidative Activities by Water - Soluble Extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. J. Korean Soc, Agric. Chem. Biotechnol., 43(2):148-152
- Choi UK. 2005. Effect of barely bran flour addition on the quality of bread. Korean J. Food Sci. Technol., 37(5):746-750
- Heo SI, Jung MJ, Kim MK, Wang MH. 2007. Antioxidative activities and tyrosinase inhibitory effects of Korean medicinal plants. J. Appl. Biol. Chem., 50(3):115-119
- Hong SY, Shin GM. 2008. Quality characteristics of white pan bread with garlic powder. Korean J. Food & Nutr., 21(4):485-491
- Jang KW, Park SH, Ha SD. 2003. Market trends in functional foods. Food Science and Industry. 36:7-15
- Jee SO. 2009. Antioxidant activities and whitening effect of the Mulberry (*Morus alba* L.) root bark extracts. Korean J. Plant Res., 22(2):145-151

- Jeon JR, Kim J. 2004. Properties on the quality characteristics and microbial changes during storage added with extracts from *Ulmus cortex*. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 20(2):62-68
- Jeon TG, An HL, Lee KS. 2010. Quality characteristics of bread added with turmeric powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 20(1):113-121
- Jeong HJ, Park SB, Kim S, Kim HK. 2007. Total polyphenol content and antioxidative activity of wild grape (*Citiscoingetiae*) extracts depending on thanol concentrations. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 36(12):1491-1496
- Ju HW, An HL, Lee Ks. 2010. Quality characteristics of bread added with black garlic powder. Korean J. Culinary Research, 16(4):260-273
- Juonng HS, Park DG, Shin GM. 2008. Quality of White Pan Breads of Cordyceps Powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 18(5):781-788
- Jung IC. 2006. Rheological properites and sensory characteristics of white bread added with added mugwort powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 16(3):332-343
- Jung HO, Lim SS, Jung BM. 1997. A study on the sensory and texture characteristics of bread with roasted soybean powder. Korean J. Soc. Food Sci., 13(3):266-271
- Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS. 1999. Effect of Leek (*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of breads. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 28(1):113-117
- Jung HS, Park DG, Shin GM. 2008. Quality of white pan breads of Cordyceps powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 18(5):781-788
- Jung SH. 2013. Processing optimization and quality characteristics of Jeolpyeon prepared with lotus (*Nelumbo nucifera Gaertn*) seed powder. Masters degree thesis. Sookmyung woman's University, Seoul Korea. pp 29-30
- Kang WW, Kim GY, Kim JK, Oh SL. 2000. Quality characteristics of the bread added persimmon leaves powder. Korean J. Soc. Food Sci., 16(4):336-341
- Kim CS, Chung KS. 2001. Quality characteristics of bread prepared with the addition of persimmon peel powder. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 8(2):175-180
- Kim DW, Kim YH. 2003. Quality characteristics of bread added *Monascus anka* powder. Korean Journal of Culinary Research, 9(1):39-45.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol., 36(2):333-338
- Kim MH. 1970. Etomology. Hyanmmunsa. Seoul, Korea. pp 61
- Kim NY, Kim SH. 2005. The physicochemical and sensory characterisics of bread added with red ginseng powder. J. East Asian Soc. Dietary Life, 15(2):200-206
- Kim SH, Lee HJ, Paik JE, Joo NM. 2012. Quality characteristics and storage stability of bread with cabbage powder. Korean J. Food Cookery Sci., 28(4):431-441
- Kim YS. 2002. The effects of arrowroot juice on the quality characteristics of white bread. Masters of degree thesis. Dong Eui University. pp 25-36.
- Kim YS, Park ID, Lee HJ, Jeon ER, Kim SH. 2002. Bakery product. Shinkwang, Seoul, Korea. pp 92
- Kim YY, Choue RW, Chung SY, Koo SY. 1999. Anti-hyperglycemic effect of Cortex Mori radicis in db/db mice. Korean J. Food Sci. Technol., 31(4):1057-1064
- Ko SH, Bing DJ, Chun SS. 2003. Quality Characteristics of Whithe Bread Manufactured with Shinan Seomcho (*Spinacia oleracea* L.) Powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 42(5):766-773
- Kwak SH. 1998. A study on the current problems in the bakery business. Journal of Food Service Management, 1(1):5-40
- Kwon EA, Chan MJ, Kim SH. 2003. Quality characteristics of bread containing laminaria powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32(3):406-412
- Kwon KS, Kim YS, Song GS, Hong SP. 2004. Quality characteristics of bread with rubi fructus(*Rubus coreamus Miquel*) Juice. Korean J. Food Nutr., 17(3):272-277
- Lee HJ, Joo NM. 2012. Optimization of pan bread prepared with Ramie powder and preservation of optimized pan bread treated by gamma irradiation during storage. Prev. Nutr.r Food Sci., 17(1):53-63
- Lee KD, Kim JS, Bae JO, Yoon HS. 1992. Antioxidative effectiveness of water extract and ether in wormwood (*Artemisia montana Pampan*). J. Korean Soc. Food Nutr., 21(1):17-22
- Lee MS, Park WS, Kim YH, Kwon SH, Jang YJ, Han DS, Morita KJ, Her S. 2013. Antidepressant-like effects of Cortex Mori Radicis extract via bidirectional phosphorylation of glucocorticoid receptors in the hippocampus. Behavioural Brain Research, 236(1):56-61
- Lee SM, Joo NM. 2008. Optimization of muffin with dried *Rhynchosia Molubilis* powder using response surface methodology. Korean J. Food Cookery Sci., 24(5):626-635
- Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. Korean J. Food Cookery Sci., 27(4):1-16
- Lee SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 30(1):48-55
- Liu RH, Dewanto V. Wu X, Adom K.K. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agri. Food Chem.,

- 50(10):3010-3014
- Min SH, Lee BR. 2008. Effect of Astragalus membranaceous powder on yeast bread baking quality. Korean J. Food Culture, 23(2):228-234
- Mok JS, Song KC, Choi NJ, Yang HS. 2001. Antibacterial activity of ethanol extract of root bark of Morus alba against selected fish pathogenic bacteria. Korean J. Aquaculture, 14(4):221-226
- Oh HK, Shin MS, Lim HS. 2007. A study on the quality characteristics of the bread with Samultang. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 36(5):643-650
- Oh JH, Kim EH, Kim JL, Moon YI, Kang YH, Kang JS. 2004. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33(7):1079-1084
- Park HY, Jang MS. 2007. Ingredient mixing optimization for the preservation of sulgidduk with barely (Hordeum vulgare L.) sprout powder. Korean J. Food Cookery Sci., 24(4):550-560
- Park NB, Lee SY, Yoon SY, Kim KBWR, Song EJ, Lee SJ, Lee CJ, Jung JY, Kwak JH, Lee HD, Choi HD, Ahn DH. 2010. Effect of extracts from Morus alba L. and Curcuma aromatica on shelf-life and quality of wet noodle. J. Korean Soc. Food Sci Nutr., 39(5):750-756
- Park SW, Kwon SK. 1998. Sensory characteristics and tenderness of boiled beef by addition of the barks (Morus alba Linne). Korean J. Food & Nutr., 11(5):580-584
- Pyler. EJ. 1979. Physical and chemical test methods 891-895. Baking science and technology, Col. II, Sosland Pub. Co. Manhattan Kansas. USA.
- Ryu CH. 1999. Study on bread-making quality with mixture of waxy barely-wheat flour 1. Rheological properties of dough made with waxy barely-wheat four mixture. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 28(5):1034-1042
- Shin GM, Kim DY. 2008. Rheological properites of white pan bread bough prepared with Angelica gigas nakai powder. Korean J. Food Preserv., 15(4):542-549
- Sigleton VL, Orthofer R, and Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol., 299: 152-178
- Woo IA, Nam HW, Pyun JW. 2003. Quality characteristics of bread prepared with the addition of curry powder. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 19(4):45-51
- Yoon SY, Choi JS, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim SJ, Lee SJ, Lee CJ, Kim TW, Ahn DH. 2009. Effect of Morus alba root bark, Eddonia stolonifera, and curcuma aromatioaextracts on shelf-life and quality of castella. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 38(10):1444-1451

2013년 7월 25일 신규논문 접수, 10월 1일 수정논문 접수, 10월 15일 접수, 10월 15일 채택