KOREAN J. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 28, No. 4 August, 2012

# 양배추가루 첨가 식빵의 제조조건 최적화 및 저장성 연구

김세희[1] · 이희정[1] · 백재은[2] · 주나미[1†]

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공[1]
부천대학교 자연과학대학 식품영양과[2]

# Quality Characteristics and Storage Stability of Bread with Cabbage Powder

Sehee Kim, Heejeong Lee, Jae Eun Paik and Nami Joo[†]

[1]*Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University*
[2]*Department of Food & Nutrition, Bucheon University*

## Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions, storage, and irradiation characteristics by two different amounts of cabbage powder and water in bread prepared with cabbage powder. A significant increase or decrease in dough pH ($p<0.01$), sweetness ($p<0.05$), water content ($p<0.001$), L-value ($p<0.01$), a-value ($p<0.001$), b-value ($p<0.001$), hardness ($p<0.05$), springiness, and chewiness ($p<0.05$) was observed. Sensory measurements showed a significant improvement in appearance, flavor, color, taste ($p<0.05$), texture, moisture ($p<0.01$), and overall quality ($p<0.05$). As a result, the optimum formulation obtained by numerical and graphical methods was 37.04 g cabbage powder and 385.3 g water. The optimized and control breads were irradiated and their DPPH radical scavenging activities and total plate counts were evaluated over 6 days. The result showed the antioxidant and antibiotic action of the bread with cabbage powder.

Key words : cabbage powder, bread, response surface methodology (RSM), optimization, irradiation

## I. 서 론

양배추(Brassica oleraces L.)는 십자화과 채소로서 절단, 분해, 조리되는 과정이나 생체 내 효소에 의해 다양한 인돌류가 생성되고 그 중 indole-3-carbinol의 암 억제 효과가 가장 큰 것으로 알려져 있다(Lee YS 등 1990). 양배추에는 필수아미노산인 라이신, 필수지방산인 리놀렌산, 탄수화물 중에서는 포도당이 많이 함유되어 있으며 녹색부분에는 비타민 C, 비타민 A 및 비타민 B군도 많이 함유되어 있다(Kim MT 등 1999). 특히 지혈작용을 하는 비타민 K와 항궤양성의 비타민 U가 풍부하여 생즙을 먹으면 위궤양 치료에 효과가 있고 면역기능 활성화, 혈액 정화, 노화 방지와 항산화 효과 등에 효과가 있는 것으로 나타났다(Kim HK 등 2005, Owen RF 1996).

식빵은 밀가루 또는 기타 곡분을 주원료로 하여 식염, 계란, 효모 등을 첨가하여 발효시킨 후 그대로 냉동시키거나 구운 것으로서 대용식을 주목적으로 하는 것을 말한다. 밥을 비롯하여 쌀을 이용한 주식에 익숙한 한국인들도 현대에는 분주한 일상생활과 서구화로 인하여 대용식인 빵을 쉽게 이용하게 되었고 식빵 그 자체뿐만 아니라 빵을 주재료로 한 토스트, 샌드위치 등 다양한 형태로 섭취하고 있다(Kang CO 2002). 이에 따라 제빵분야에도 건강유지를 위한 기능성 제품에 다양한 기능성 물질을 첨가하여 그 특성을 연구한 논문들이 많이 이루어지고 있다(Lee HJ와 Joo NM 2012, Lee KS 2007, Kim WM 2005).

[†]Corresponding author : Nami Joo, Sookmyung Women's University
Tel: +82-2-710-9471
Fax: +82-2-710-9479
E-mail : finkhouse03@naver.com

방사선 조사는 식품의 위생화 및 저장성 증진을 위한 가공기술로 1980년대 이후부터 방사선 기술(radiation technology)이 식품 및 공중보건제품의 위생화에 효과적이라는 과학적 사실이 알려지면서 국제적으로 활발히 연구되고 있고 산업적 활용이 증가하여(Yoon YH와 Lee JU 2010) 최근에는 식품의 분야를 다양하게 넓혀 개발하는 연구가 진행되고 있다. 식품에 방사선 조사는 식품 유래 병원성 미생물의 생육을 억제시켜 질병을 예방하고 식품의 shelf-life를 연장시켜 주는 등 여러 목적으로 이용되고 있다(Lee HJ와 Joo NM 2012, Kim MR 등 2007).

이에 본 연구는 양배추를 다양하게 이용하여 식품에 적용하는 연구 흐름에 맞추어 표준화하기 쉬운 분말 형태로 첨가하여 제빵에 적용하였고 이를 토대로 양배추의 기능성을 이용하여 기능적, 관능적 품질 특성을 살펴보며 저장기간 동안의 특성과 방사선 조사에 따른 양배추가루 첨가 식빵과 대조구 식빵의 항산화, 미생물적 특성을 살펴보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

양배추가루를 이용한 식빵을 제조하기 위하여 양배추가루(백장생, 국내산), 밀가루(백설, 강력1등), 백설탕(CJ 제일제당, 국내산), 소금(해표, 국내산), 무가염버터(서울우유, 국내산), 생이스트(제니코식품, 중국), 전지분유(서울우유, 국내산)를 구입하여 사용하였다.

### 2. 실험계획

양배추가루 첨가 식빵의 모든 실험계획, data분석 및 품질의 최적화분석은 Design Expert 8(Stat-Easy Co., Minneapolis MN, USA)프로그램을 사용하였다. 독립변수로는 양배추가루, 물 두 가지를 요인으로 설정하였으며, 종속변수로는 반죽 pH, 당도, 수분함량, 식빵의 부피, 무게 및 굽기손실률, 색도(L, a, b), 텍스쳐(hardness, springiness, chewiness), 관능검사(색, 향미, 외관, 맛, 질감, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도)를 측정하였다. 실험 요인의 최대 및 최소의 범위는 예비실험을 거쳐 양배추가루 12-72 g, 물 300-440 g로 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(Lee HJ와 Joo NM 2012). 각 성분들의 반응을 보기 위해서 perturbation plot과 contour plot 그리고 response surface plot을 이용하였다. 최적화 양배추가루 첨가 식빵은 방사선 조사에 따른 항산화성과 저장성을 살펴보았고(Lee HJ와 Joo NM 2012) 완성된 실험 디자인의 재료 혼합 비율은 Table 1과 같다.

### 3. 양배추가루 첨가 식빵의 제조

제빵 방법은 직접반죽법(straight dough method)을 토대로 반죽기(NVM-16, Daeyung, Seoul, Korea)를 이용하여 제조하였다. 발효기(Ep-40, Daeyung, Seoul, Korea)를 이용하여 온도 27℃, 습도 75%의 조건에서 30분간 1차 발효를 진행하였다. 1차 발효 후 실온에서 15분간의 중간발효를 진행하고 모양을 성형하여 발효기 온도 37℃, 습도 85%의 조건에서 2차 발효를 45분간 진행하였다. 윗불 200℃, 아랫불 180℃로 예열된 오븐에서 30분간 구워낸 후 실온(20℃)에서 1시간 동안 냉각시킨 후 본 실험의 시료로 사용하였다.

### 4. 이화학적 특성 측정

#### 1) 반죽 pH와 당도

양배추가루 첨가 식빵 반죽 pH는 pH meter(F-51, Horiba, Kyoto, Japan)로 측정하였으며, 당도는 0-53% 범위의 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 측정 후 평균값을 나타내었다.

Table 1. Experimental design for bread prepared with cabbage powder

| No.[1)] | Factor | | Wheat flour (g) | Sugar (g) | Butter (g) | Fresh yeast (g) | Powder milk (g) | Salt (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cabbage powder (g) | Water (g) | | | | | | |
| 1 | 12 | 300 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 2 | 72 | 300 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 3 | 12 | 440 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 4 | 72 | 440 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 5 | 12 | 370 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 6 | 72 | 370 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 7 | 42 | 300 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 8 | 42 | 440 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 9 | 42 | 370 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |
| 10 | 42 | 370 | 600 | 36 | 20 | 20 | 18 | 12 |

[1)]Sample No : The number of experimental conditions by central composite design.

### 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℃이었다.

## 5. 물리적 및 기계적 특성

### 1) 식빵의 부피, 무게 및 굽기 손실률

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

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \frac{(Dough\,weight\,(g) - Bread\,weight\,(g))}{Dough\,weight\,(g)} \times 100$$

### 2) 식빵의 색도 측정

각 시료별 표면의 색도는 색도계(Color meter CR-200, Minolta, Co., Osaka, Japan)를 사용하여 식빵의 crumb의 색도를 각각 측정하였다. L(lightness), a(redness), b(yellowness)을 각 3회 반복하여 측정한 후 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준백판의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86로 보정한 후 사용하였다.

### 3) 식빵의 텍스쳐 측정

텍스쳐는 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(springiness), 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 HJ와 Joo NM 2012).

## 6. 식빵의 관능검사

관능검사는 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원생 25명을 panel로 선정하여 각panel이 10개의 시료를 평가하도록 하였다. 관능검사 항목은 색, 향미, 외관, 맛, 질감, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도였으며, scoring test 중 7점 척도법으로 평가하여 선호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

## 7. 최적화 분석

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 최적화를 위한 양배추가루, 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 d는 각각의 desirability, n은 response의 수를 의미하며, D는 overall desirability를 의미한다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \ldots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left(\prod_{i=1}^{n} d_i\right)^{\frac{1}{n}}$$

$D$ = overall desirability, $d$ = desirability, $n$ = response의 수

## 8. 최적화된 양배추가루 첨가 식빵의 방사선 조사에 따른 저장기간별 특성

최적화된 양배추가루 첨가 식빵과 양배추가루를 첨가하지 않은 대조구 식빵을 제조하고 Co-60 감마선 조사 시설(Point source, AECL, IR-79, Nordion International Co. Ltd, Owatta, ON, Canada)을 이용하여 실온에서 시간당 5 kGy의 선량률로 각각 2.5, 5, 7.5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다.

### 1) DPPH 라디컬 소거능

시료 5 g에 70% 에탄올 45 mL을 혼합하여 shaking incubator(S1-900R, Jeio tech Co., Ltd., Deajeon, Korea)에서 24시간 교반 시켜 2번 거른 후 시료로 이용하였다.

시료용액 90 μL를 DPPH solution($1.5\times10^{-4}$ mM) 30 μL와 혼합하여 암소, 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 분광광도계(2800 UV/VIS Spectrophotometer, UNICO, Dayton, NJ, USA)로 흡광도를 측정하여 DPPH 라디컬 소거능 값을 구하였다.

$$\text{DPPH 자유 라디칼 소거능 (\%)} = (1-\frac{A}{B}) \times 100$$

A: 실험구의 흡광도, B: 대조구의 흡광도

### 2) 총균수 측정

빵의 crumb 중심부에서 취한 시료 2 g에 멸균된 saline solution(0.85%, NaCl) 8 mL을 가하여 교반기(Bagmixer 400w, Interscience, Bretêche, France)에서 균질화(2 min)시킨 후 10진 희석법으로 희석하여 배지에 분주하여 평판 배양법으로 측정하였다. 배지는 Tryptone Soy Agar(Difco, Detroit, MI, USA)를 만들어 사용하였으며 37℃의 배양기에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 계수하였다.

### 9. 통계분석

최적 배합 비율로 제조된 양배추가루 첨가 식빵과 양배추가루를 첨가하지 않은 대조구 식빵의 품질 특성 결과는 SPSS(Statistic Package for the Social Science, Ver 12.0 for Windows) program을 사용하여 t-test로 5% 수준에서 각 시료간의 유의성 검사를 실시하였으며, 방사선 조사를 통한 저장성 실험 항목인 항산화능 측정과 총 균수 측정에 있어서는 SPSS를 이용하여 two way ANOVA로 분석하였고 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $p<0.05$ 수준에서 비교하였으며 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 이화학적 특성

#### 1) 반죽 pH와 당도

양배추가루 첨가 식빵의 10개 실험점에 따른 반죽 pH 측정결과는 Table 2와 같이 5.59~5.93의 범위를 보였다. 반죽의 pH가 5 이하일 때는 지친 반죽으로 가스 보유력이 급격히 떨어진다고 볼 때(Kim YS 2002) 양배추가루 첨가 식빵의 반죽은 가스 보유력이 높다고 할 수 있다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 pH에 미치는 영향을 살펴보기 위한 회귀식은 Table 3와 같다. 양배추 가루 첨가 식빵의 반죽 pH는 양배추가루와 물이 서로 상호작용하는 quadratic model이 결정되었고 p-value는 0.0030으로 1%의 수준에서 유의적으로 나타났다. R2(결정계수)값은 0.9737로 매우 높은 수준에서 모델에 대한 적합성이 인정되었다. 회귀식을 통해 양배추가루의 첨가량이 물보다 반죽의 pH에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. Fig. 1의 pertubation plot을 살펴보면, 양배추가루(A) 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH는 높아짐을 알 수 있었고 이는 Lee SH(2010)의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 또한 양배추가루 첨가 식빵의 당도는 0.80-1.50의 범위를 나타냈으며 양배추가루와 물의 함량이 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 결정되었고 p-value는 0.0158로 5% 수준에서 유의적인 결과를 보였다.

Table 3. Analysis of predicted model equation for physiochemical properties of dough and bread prepared with cabbage powder

| Response | Model | Mean ±S.D | R-squared[1] | F-value | Prob>F[2] | Polynomial equation[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dough pH | Quadratic | 5.72±0.026 | 0.9737 | 29.56** | 0.0030 | +5.63+0.091A -0.038B-0.028AB +0.015$A^2$+0.12$B^2$ |
| Dough sweetness | Linear | 1.12±0.14 (%,Brix) | 0.6940 | 7.94* | 0.0158 | +1.12-0.12A +0.19B |
| Bread moisture content | Linear | 59.22±1.14 (%) | 0.9037 | 32.85*** | 0.0003 | +59.22+0.17A -3.76B |

[1] $0 \leqq R2 \leqq 1$, close to 1 indicates regression line fits the model
[2] * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$
[3] A : cabbage powder, B : water

#### 2) 식빵의 수분함량

양배추가루 첨가 식빵의 수분함량은 54.41-62.70%의 범위를 보였다(Table 2). linear 모델이 결정되었고 p-value는 0.0003로 0.1%의 범위에서 유의적인 결과를 보였다. R2값은 0.9037로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 높음을 알 수 있었고 수분함량에는 양배추가루(A)첨가량보다 물(B)의 첨가량이 더 높은 영향력을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

Table 2. Physicochemical properties of dough and bread prepared with cabbage powder

| No. | Cabbage powder (g) | Water (g) | Responses | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Dough pH | Dough sweetness (%,Brix) | Bread moisture content (%) |
| 1 | 12 | 300 | 5.67±0.02.[1]d | 0.90±0.10$^{bc}$ | 62.49±1.30$^{a}$ |
| 2 | 72 | 300 | 5.93±0.02$^{a}$ | 1.23±0.15$^{abc}$ | 62.70±1.06$^{ab}$ |
| 3 | 12 | 440 | 5.65±0.04$^{de}$ | 1.06±0.20$^{abc}$ | 54.41±0.57$^{de}$ |
| 4 | 72 | 440 | 5.79±0.01$^{b}$ | 1.10±0.30$^{abc}$ | 55.74±0.60$^{e}$ |
| 5 | 12 | 370 | 5.59±0.01$^{f}$ | 0.80±0.26$^{c}$ | 61.17±3.83$^{a}$ |
| 6 | 72 | 370 | 5.72±0.02$^{c}$ | 1.30±0.17$^{ab}$ | 60.64±0.85$^{abc}$ |
| 7 | 42 | 300 | 5.79±0.01$^{b}$ | 1.50±0.26$^{a}$ | 62.70±01.29$^{a}$ |
| 8 | 42 | 440 | 5.73±0.01$^{c}$ | 1.03±0.11$^{bc}$ | 55.21±1.40$^{de}$ |
| 9 | 42 | 370 | 5.64±0.01$^{e}$ | 1.23±0.31$^{abc}$ | 59.25±0.50$^{bc}$ |
| 10 | 42 | 370 | 5.61±0.03$^{f}$ | 1.20±0.10$^{ac}$ | 57.90±1.09$^{cd}$ |

[1] Mean±S.D, Different letters (a-i) within the same column differ significantly ($p<0.05$)

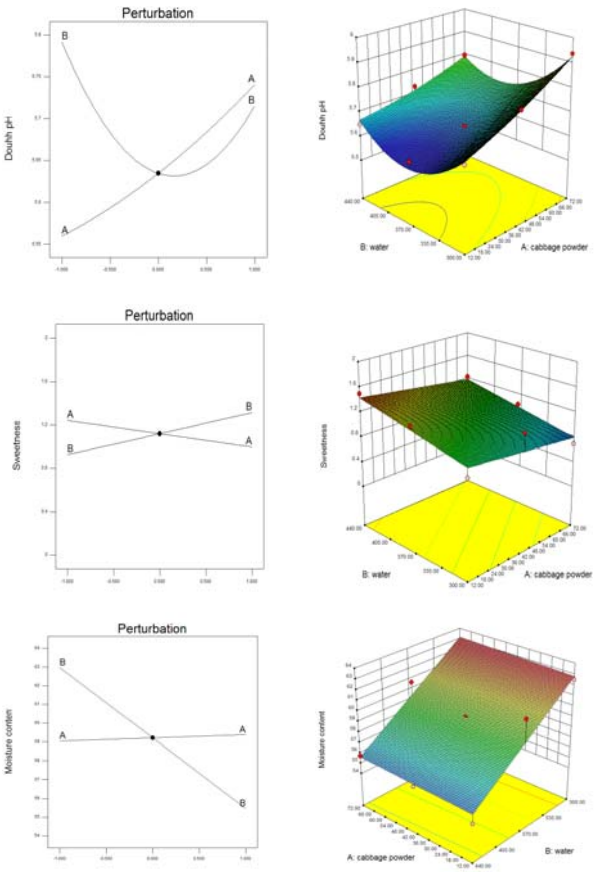


Fig. 1. Perturbation plot and response surface plot for the effect of cabbage powder (A) and water (B) on physiochemical properties of dough and bread prepared with cabbage powder.

## 2. 물리적 및 기계적 특성

### 1) 식빵의 부피, 무게 및 굽기 손실률

양배추가루 첨가 식빵의 부피 측정 결과는 Table 4와 같이 1403-2130 mL의 범위로 나타났으며 linear 모델이 설정되었다(Table 5). 양배추가루 첨가량이 증가할수록 부피는 감소하고 물의 양이 증가할수록 부피가 점진적으로 증가하는 경향을 나타내어 단호박 첨가량에 따라 부피가 감소한 단호박 첨가 식빵, 스펀지케이크 (Lee KS 2007)의 연구와 유사한 결과를 보였다. 양배추가루첨가 식빵의 무게 측정결과는 903-1045 ml의 범위를 보였으며 quadratic model이 설정되었고 p-value가 0.0003으로 0.1%수준에서 유의하였다. 양배추가루와 물의 첨가량이 증가할수록 식빵의 무게는 유의적으로 증가하였음을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 이는 찰흑미와 녹차가루 첨가 식빵(Kim WM 2005)의 연구 결과와 유사한 것으로, 기능성 물질을 분말형태로 첨가시킨 연구에서, 첨가되는 분말의 양이 많을수록 무게는 유의적으로 증가함을 확인할 수 있었다. 무게를 이용하여 산출한 굽기 손실률은 7.95-13.33%의 범위로 나타났다. 일반적인 굽기 손실률이 7-13%(배종호 등 2000)임을 감안하면 일반적인 수준 내에 포함된다고 볼 수 있다. 굽기 손실률은 quadratic model이 설정되었고 p value는 0.0156으로 5% 이내에서 유의수준을 보였다(Table 5).

### 2) 식빵의 색도

양배추가루 첨가 식빵의 Crumb 색도(L, a, b)의 L값은 61.56-76.22, a값은 -2.68 - -1.56, b값은 14.69-26.95 의 범위를 나타내었다(Table 4). 명도(L)는 p-value가 0.0038로 1% 이내에서 유의성이 인정되었고 R2값은 0.7972로 모델의 적합성이 인정되었다(Table 5). 명도에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 양배추가루(A)와 물(B)이 증가할수록

Table 4. Physical and mechanical properties of dough and bread prepared with cabbage powder

| No. | Cabbage Powder (g) | Water (g) | Volume (cc) | Weight (g) | Baking loss rate (%) | Responses[1)] L | a | b | Hardness (dyne/㎠) | Springiness (%) | Chewiness (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12 | 300 | 1973.33±64.29[1)] | 903.33±2.88$^{g}$ | 9.31±0.07$^{d}$ | 73.27±0.47$^{ab}$ | -2.68±0.05$^{d}$ | 16.36±0.68$^{cd}$ | 82.06±8.72$^{de}$ | 0.99±0.00 | 65.65±6.75$^{e}$ |
| 2 | 72 | 300 | 1540.00±10.0 | 970.00±4.00$^{d}$ | 7.95±0.13$^{e}$ | 69.00±1.25$^{c}$ | -1.56±0.28$^{a}$ | 26.95±1.43$^{a}$ | 230.40±23.61$^{b}$ | 0.93±0.02 | 168.56±15.56$^{b}$ |
| 3 | 12 | 440 | 2096.66±5.77 | 955.00±5.00$^{e}$ | 12.68±0.19$^{ab}$ | 72.61±2.35$^{b}$ | -2.13±0.01$^{b}$ | 16.16±6.86$^{cd}$ | 73.10±23.97$^{e}$ | 1.20±0.16 | 75.99±32.17$^{e}$ |
| 4 | 72 | 440 | 1403.33±5.77 | 1040.33±4.50$^{a}$ | 9.50±0.10$^{d}$ | 61.56±1.20$^{d}$ | -1.63±0.10$^{a}$ | 23.45±1.16$^{ab}$ | 296.63±49.18$^{a}$ | 0.97±0.01 | 232.96±34.54$^{a}$ |
| 5 | 12 | 370 | 2023.33±2.88 | 931.00±3.60$^{f}$ | 12.51±0.50$^{b}$ | 76.22±0.56$^{a}$ | -2.61±0.11$^{d}$ | 14.69±0.78$^{d}$ | 75.23±15.44$^{e}$ | 1.16±0.28 | 70.14±5.20$^{e}$ |
| 6 | 72 | 370 | 2130.00±5.00 | 999.00±3.60$^{b}$ | 10.11±0.41$^{d}$ | 66.23±2.30$^{c}$ | -2.03±0.06$^{b}$ | 23.22±0.64$^{ab}$ | 126.20±13.61$^{cd}$ | 0.98±0.03 | 103.26±10.57$^{cde}$ |
| 7 | 42 | 300 | 1916.66±5.77 | 930.34±4.50$^{f}$ | 10.11±0.34$^{d}$ | 72.34±0.66$^{b}$ | -2.47±0.22$^{cd}$ | 21.05±1.47$^{bd}$ | 143.33±39.57$^{c}$ | 0.98±0.01 | 117.82±30.20$^{cd}$ |
| 8 | 42 | 440 | 2043.33±5.77 | 978.66±3.21$^{c}$ | 13.33±0.56$^{a}$ | 68.37±3.30$^{c}$ | -2.24±0.12$^{bc}$ | 20.08±0.84$^{bc}$ | 95.03±13.11$^{de}$ | 1.48±0.03 | 123.24±9.49$^{c}$ |
| 9 | 42 | 370 | 1910.00±10.00 | 949.67±5.03$^{e}$ | 12.84±0.80$^{ab}$ | 68.3±0.87$^{c}$ | -2.49±0.19$^{cd}$ | 20.80±1.97$^{b}$ | 91.76±17.16$^{de}$ | 1.31±0.28 | 100.04±19.35$^{cde}$ |
| 10 | 42 | 370 | 2050.00±86.6$^{c}$ | 963.67±5.50$^{d}$ | 11.14±0.63$^{c}$ | 66.23±2.68$^{c}$ | -2.52±0.12$^{d}$ | 21.14±1.62$^{b}$ | 87.03±8.57$^{de}$ | 1.09±0.20 | 81.53±24.02$^{de}$ |

[1)] Mean±S.D, Different letters (a-g) within the same column differ significantly ($p<0.05$)

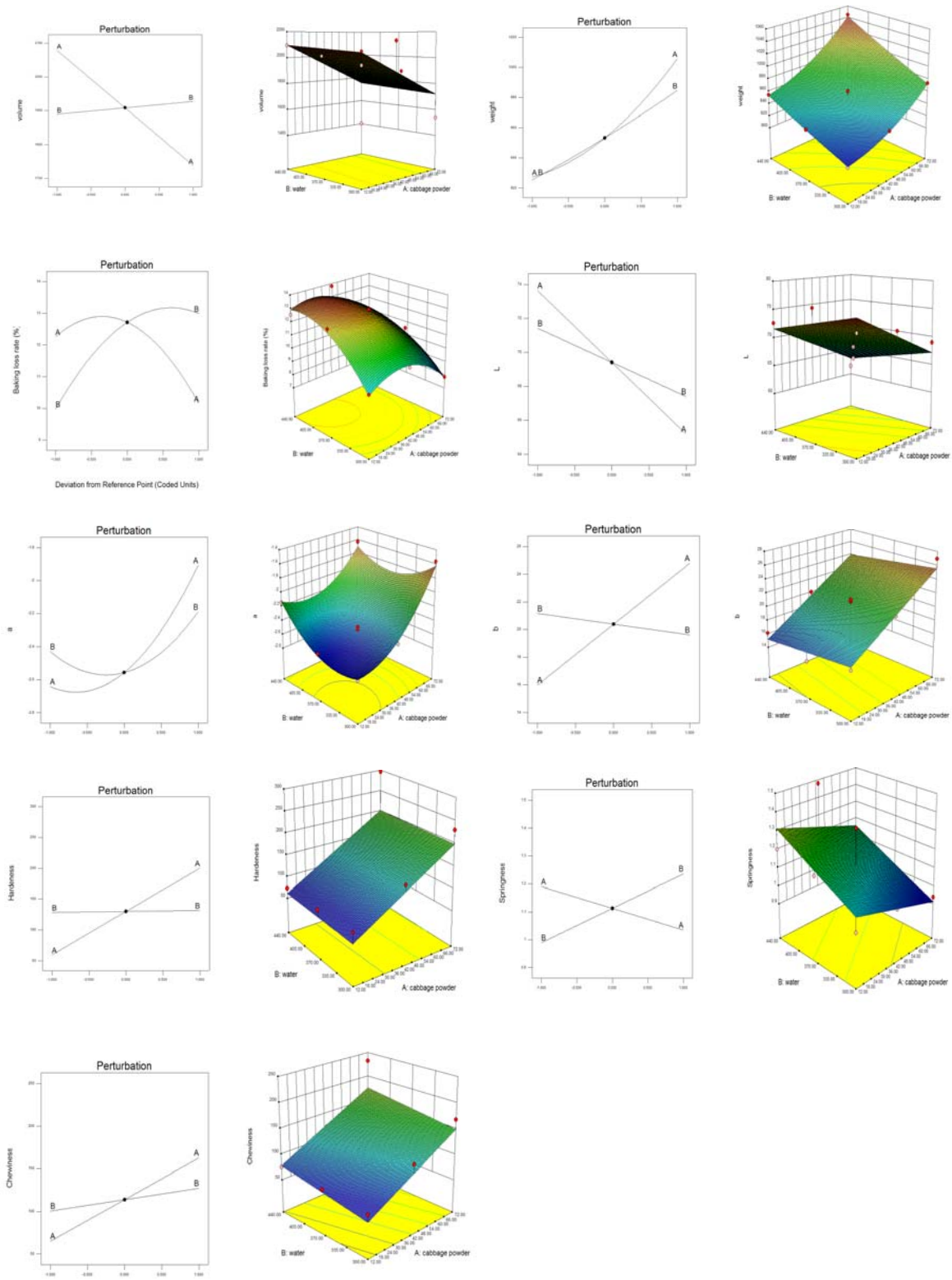


Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for the effect of cabbage powder (A) and water (B) on physical and mechanical properties of bread prepared with cabbage powder.

Table 5. Analysis of predicted model equation for physical and mechanical properties of bread prepared with cabbage powder

| Response | | Model | Mean±S.D | R-squared[1] | F-value | Prob>F[2] | Polynomial equation[3] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Volume | | Linear | 1908±225.38(cc) | 0.3305 | 1.73 | 0.2455 | +1.12-0.12A+0.19B |
| Weight | | Quadratic | 962.4±5.46(g) | 0.9921 | 100.96*** | 0.0003 | +953.36+39.17A+29.67B+4.75AB+13.29A$^2$+1.79B |
| Baking loss rate | | Quadratic | 11.07±0.72(%) | 0.9383 | 12.17* | 0.0156 | +12.72-1.06A+1.50B-0.39AB-1.51A$^2$-1.23B$^2$ |
| Crumb | L | Linear | 69.42±2.18 | 0.7972 | 13.75** | 0.0038 | +69.42-4.22A-2.01B |
| | a | Quadratic | -2.24±0.094 | 0.9751 | 31.35** | 0.0026 | -2.56+0.37A+0.12B-0.15AB+0.28A$^2$+0.25B$^2$ |
| | b | Linear | 20.39±1.10 | 0.9345 | 49.90*** | 0.0001 | +20.39+4.40A-0.78B |
| Texture | Hardness | Linear | 130.08±55.15(Dyne/㎠) | 0.5833 | 4.90* | 0.0467 | +130.08+70.47A+1.49B |
| | Springiness | Linear | 1.11±0.15(%) | 0.4451 | 2.81 | 0.1273 | +1.11-0.078A+0.12B |
| | Chewiness | Linear | 113.92±35.70(g) | 0.6329 | 6.03* | 0.0300 | +113.92+48.83A+13.36B |

[1] 0≦R2≦1, close to 1 indicates regression line fits the model
[2] * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001
[3] A : cabbage powder, B : water

명도는 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 2). 이는 양배추 분말 첨가 설기떡 (Yang MO 2009)의 연구결과와 유사하였으며 이는 양배추 가루가 증가할수록 클로로필 색소가 증가하기 때문으로 사료된다. 적색도(a)는 p-value가 0.0026으로 1% 이내에서 유의성이 인정되었고 Fig. 2를 통해 양배추가루(A)와 물(B)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 점진적으로 증가하였음을 알 수 있다. 이는 양배추를 가열했을 때 안토산틴의 백색이 미색으로 짙어지는 경향과 클로로필이 열에 의해 녹색이 녹갈색으로 변하여 녹색도보다 적색도가 증가하는 경향을 보인 Lee SH(2010)의 연구 결과로 해석해 볼 수 있다. 황색도(b)는 p-value가 0.001로 0.1% 이내에서 유의수준이 인정되었고 R2 값은 0.9345로 모델의 적합성이 인정되었다(Table 5). Fig. 2를 통해 양배추가루(A)의 첨가량이 증가할수록 황색도는 유의적으로 증가하여 양배추 분말 첨가 설기떡 (Yang MO 2009)의 연구결과와 유사하였다.

### 3) 식빵의 텍스쳐

양배추가루 첨가 식빵의 조직감 항목으로는 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 경도는 73.10-296.63 dyne/㎠의 범위를 보였으며(Table 4), linear model이 선정되었고 모델의 p value는 0.0467로 5% 이내의 수준에서 유의성을 나타내었다. R2값은 0.5833을 보였고 양배추가루 첨가량의 영향력이 물의 첨가량보다 훨씬 큰 것을 볼 수 있다(Table 5). 탄력성 값은 0.93-1.48%의 범위를 나타내었고 linear model이 선정되었는데 p-value는 0.1273으로 유의적인 결과가 나타나지 않았다. 씹힘성 범위는 65.65-232.96 g이며 linear model이 선정되었고 p-value가 0.0300으로 유의수준 5%에서 모델의 적합성이 인정되었다. Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 양배추가루(A)과 물(B)의 첨가량이 증가할수록 씹힘성도 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 당귀 첨가 식빵(Shin GM과 Kim DY 2008)의 결과와 유사하다.

## 3. 관능검사

양배추가루 첨가 식빵에 대해 7점 척도로 관능적 품질을 평가한 결과 색은 3.06-5.43, 향미는 3.04-4.84, 외관은 3.32-5.24, 맛은 3.04-5.2, 식빵으로서의 질감은 3.04-5.88, 촉촉한 정도는 2.36-5.32, 전반적인 기호도는 2.72-5.64 사이의 범위를 나타내었다(Table 6). 색, 향미, 외관, 맛, 질감, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도에 대한 7가지 관능특성은 모두 시료간의 교호작용을 하는 quadratic 모델이 결정되었으며 관능항목 중 맛(0.0133), 촉촉한 정도(0.0077), 전반적인 기호도(0.0417)에 대한 값이 유의적인 결과를 보였다(Table 7). 각각의 실험항목에 관한 perturbation plot과 반응표면의 그래프는 다음 Fig. 3과 같다. 관능검사의 항목들은 대부분 양배추가루 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하다가 일정 시점 이후에는 다시 감소하는 경향을 보였다. 이는 Lee SH(2010)의 연구에서 양배추가루 첨가식빵이 대조구에 비해 기호도가 낮았다는 연구결과와 차이가 있었다.

## 4. 품질 최적화

최적화는 Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 양배추가루, 물의 양을 선정하였다. 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정하고 가장 높은 desirability를 나타낸 최적점을 선택하여 지점예측(point prediction)을 통해 도출하였으며 예측된 최적값은 양배추가루 37.04 g, 물 385.3 g이었다(Fig. 4).

## 5. 최적화된 양배추가루 첨가 식빵의 방사선 조사에 따른 저장기간별 특성

### 1) DPPH 라디컬 소거능

DPPH(1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical 소거능은 식품의 항산화력을 측정하는 방법 중 하나이다(Oh JH 등 2004).

Table 6. Sensory evaluation of bread prepared with cabbage powder at various conditions by response surface design

| No. | Cabbage powder (g) | Water (g) | Responses | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Color | Flavor | Appearance | Taste | Texture | Moistness | Overall quality |
| 1 | 12 | 300 | 3.92±1.53[1)] | 3.96±1.46 | 3.72±1.37 | 3.48±1.58[1)c] | 3.84±1.46 | 3.56±1.83[cd] | 3.8±1.44[d] |
| 2 | 72 | 300 | 3.75±1.69 | 3.04±1.27 | 3.52±1.19 | 3.04±1.31[d] | 3.04±1.70 | 2.36±1.15[e] | 2.72±1.17[f] |
| 3 | 12 | 440 | 3.87±1.51 | 4.04±1.49 | 3.92±1.89 | 3.92±1.96[bc] | 4.64±1.58 | 4.76±1.61[b] | 4.36±1.38[b] |
| 4 | 72 | 440 | 4.00±1.30 | 3.16±1.28 | 3.32±1.03 | 3.76±1.05[c] | 3.40±1.15 | 3.28±1.40[d] | 3.36±1.15[e] |
| 5 | 12 | 370 | 3.06±1.53 | 3.88±1.24 | 3.52±1.38 | 3.8±1.22[c] | 4.12±1.56 | 4.48±1.33[b] | 4.16±1.03[c] |
| 6 | 72 | 370 | 4.25±0.90 | 3.64±0.91 | 3.40±1.12 | 3.76±1.20[c] | 3.72±1.28 | 3.8±1.00[c] | 3.76±1.09[d] |
| 7 | 42 | 300 | 4.43±1.30 | 3.64±1.66 | 3.96±1.06 | 4.28±1.10[b] | 4.00±1.50 | 3.6±1.15[cd] | 3.83±1.23[d] |
| 8 | 42 | 440 | 4.37±0.71 | 4.36±1.19 | 3.72±1.54 | 4.28±1.31[b] | 4.28±0.90 | 4.56±1.32[b] | 4.48±1.08[b] |
| 9 | 42 | 370 | 5.43±1.27 | 4.76±1.48 | 5.24±1.33 | 5.20±1.08[a] | 5.88±1.13 | 5.32±1.49[a] | 5.64±1.50[a] |
| 10 | 42 | 370 | 5.37±1.55 | 4.84±1.60 | 4.88±1.54 | 5.08±1.41[a] | 5.72±1.24 | 5.32±1.35[a] | 5.56±1.29[a] |

[1)] Mean±S.D, Different letters (a-e) within the same column differ significantly ($p<0.05$)

Table 7. Analysis of predicted model equation for sensory test of bread prepared with cabbage powder

| Response | Model | Mean±S.D | R-squared[1)] | F-value | Prob>F[2)] | Polynomial equation[3)] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Color | Quadratic | 4.25±0.58 | 0.7098 | 1.96 | 0.2676 | $+5.05+0.19A+0.024B+0.074B^2-1.05A^2-0.30B^2$ |
| Flavor | Quadratic | 3.93±0.34 | 0.8546 | 4.70 | 0.0794 | $+4.63-0.34A+0.15B+0.010AB-0.70A^2-0.46B^2$ |
| Appearance | Quadratic | 3.92±0.55 | 0.6758 | 1.67 | 0.6758 | $+4.67-0.15A-0.040B-0.10AB-0.81A^2-0.43B^2$ |
| Taste | Quadratic | 4.06±0.14 | 0.9431 | 8.06* | 0.0133 | $+4.96-0.11A+0.19B+0.070AB-1.00A^2-0.50B^2$ |
| Texture | Quadratic | 4.26±0.59 | 0.8171 | 3.57 | 0.1206 | $+5.38-0.41A+0.24B-0.11AB-1.04A^2-0.82B^2$ |
| Moistness | Quadratic | 4.10±0.29 | 0.9571 | 17.85** | 0.0077 | $+5.15-0.56A+0.51B-0.070AB-0.84A^2-0.90B$ |
| Overall quality | Quadratic | 4.17±0.44 | 0.8970 | 6.97* | 0.0417 | $+5.30-0.41A+0.31B+0.020AB-1.04A^2-0.85B$ |

[1)] $0 \leqq R^2 \leqq 1$, close to 1 indicates regression line fits the model
[2)] * $p<0.05$, ** $p<0.01$
[3)] A : cabbage powder, B : water

Table 8. Effect of irradiation on the DPPH free radical scavenging activity during storage of control sample and optimized sample of bread prepared with cabbage powder

Mean±S.D

| | Irradiation dose | Storage period | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 day | 1 day | 2 day | 3 day | 4 day | 5 day | Average | F-value |
| Control bread[1)] | 2.5 kGy | 28.63±0.603 | 28.85±0.100 | 33.59±1.162 | 34.55±1.160 | 26.72±0.861 | 19.96±0.854 | 28.72±5.00[e] | |
| | 5.0 kGy | 32.30±0.962 | 36.59±1.322 | 33.69±1.154 | 27.36±1.115 | 31.58±0.578 | 22.16±0.763 | 30.62±4.89[d] | |
| | 7.5 kGy | 33.36±3.080 | 27.74±0.708 | 28.80±0.438 | 23.05±0.955 | 14.51±0.579 | 20.87±0.614 | 24.73±6.37[f] | |
| | 10.0 kGy | 35.15±0.692 | 37.13±1.770 | 35.06±0.611 | 28.76±0.553 | 28.03±0.862 | 16.79±1.165 | 30.16±7.12[d] | |
| Optimized cabbage bread[2)] | 2.5 kGy | 73.05±1.025 | 74.39±1.273 | 79.51±1.805 | 70.93±0.650 | 52.22±1.234 | 60.71±0.582 | 68.47±9.52[a] | 418.934*** |
| | 5.0 kGy | 70.93±1.532 | 73.51±0.577 | 73.39±0.702 | 61.77±0.383 | 61.04±0.523 | 62.52±11.547 | 67.20±6.94[a] | |
| | 7.5 kGy | 61.63±2.020 | 63.11±0.995 | 64.49±0.578 | 52.21±0.782 | 55.62±1.120 | 43.50±0.843 | 56.76±7.60[c] | |
| | 10.0 kGy | 62.55±1.251 | 73.63±1.036 | 65.97±0.711 | 56.15±0.915 | 54.12±0.614 | 42.04±0.780 | 59.08±10.27[b] | |
| | Average | 57.22±22.39b | 58.18±22.44a | 58.36±22.49a | 51.09±21.19c | 48.37±22.63d | 52.69±22.68[e] | 52.69±22.6 | |
| F-value | | 3586.192*** | | | | | | | 18.733*** |

1) bread addition without cabbage powder
2) bread addition with cabbage powder
3) Mean±SD, Different letters(a-f) within a column are significantly different ($p<0.001$)

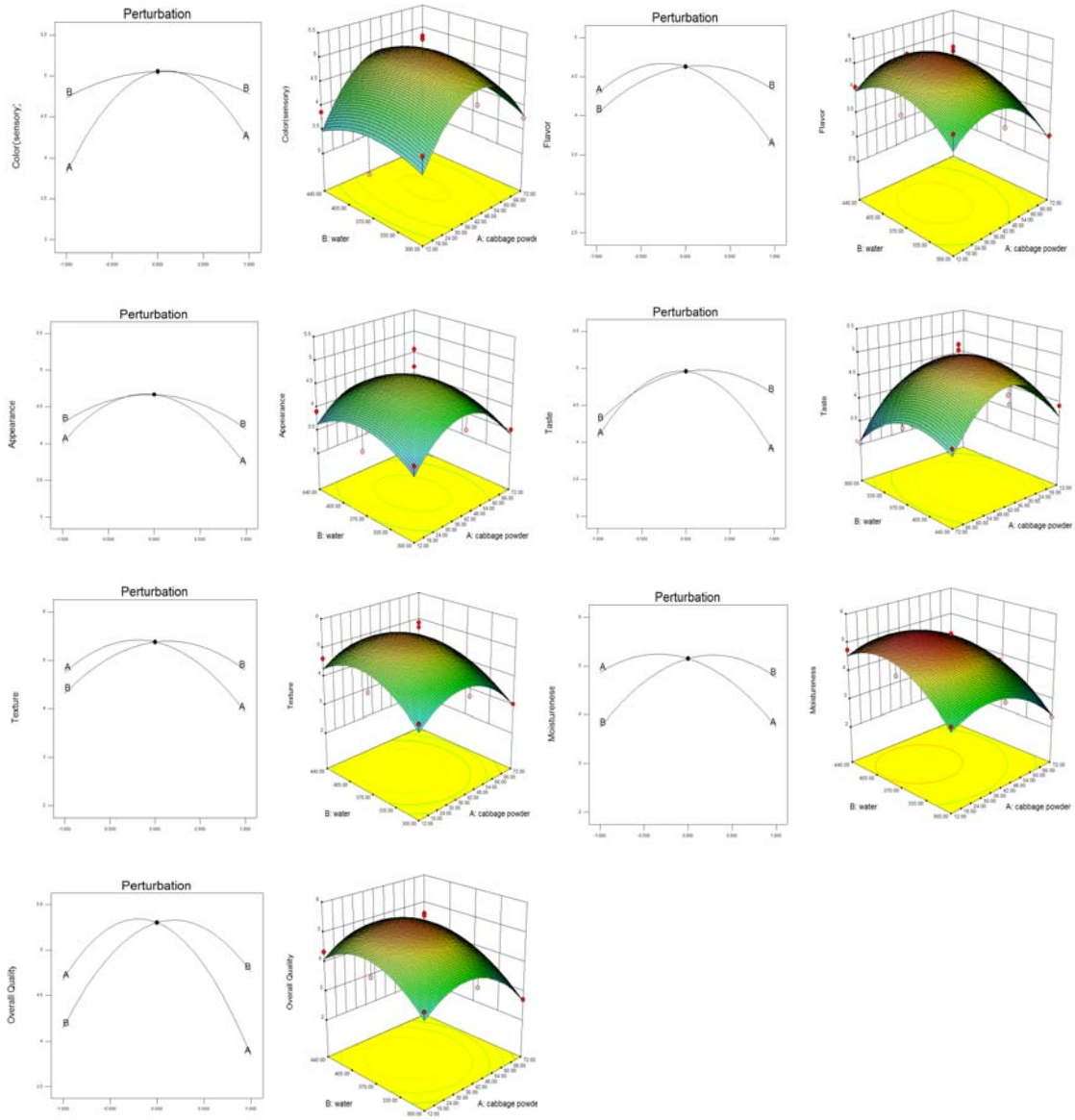


Fig. 3. Perturbation plot and response surface plot for the effect of cabbage powder (A) and water (B) on sensory properties of bread prepared with cabbage powder.

방사선 조사량에 따른 차이를 살펴보면, 두 실험군 모두 2.5 kGy에서 10 kGy로 조사량이 커질수록 DPPH 라디컬 소거능이 0.1% 이내의 수준에서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 한국인 다소비 섭취 식품의 방사선 조사 후 항산화 영양소와 비타민 B1의 변화를 살펴본 연구(Jang HH 등 2004)와 모시잎가루 첨가 식빵(Lee HJ와 Joo NM 2012)의 연구에서 조사량이 증가할수록 항산화능이 감소하는 결과를 보인 것과 유사하였다. 저장기간에 따른 차이를 보면, Lee HJ와 Joo NM(2012)의 연구에서는 저장기간에 따라 일괄적으로 감소하는 경향을 보였고 본 연구에서는 조사 후 1일과 2일이 0일에 비해 조금 높은 값으로 나타나 본 연구와 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만 저장기간이 증가할수록 0.1% 이내의 수준에서 유의적으로 감소하여 저장기간이 증가할수록 항산화능은 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 양배추가루를 첨가한 식빵 역시 방사선 조사량이 증가할수록 DPPH 라디컬 소거능이 급격히 저하하는 것을 볼 수 있었다. 또한, 방사선 조사 여부와 상관없이 양배추가루를 첨가한 식빵이 대조구 식빵에 비해 높은 DPPH 라디컬 소거능을 보였고(Lee HJ와 Joo NM 2012), 최적화된 양배추가루 식빵에 10 kGy 를 조사한 식빵이 2.5 kGy를 조사한 식빵에 비해 높은 DPPH 라디컬 소거능을 가졌다(Table 8).

Table 9. Effect of irradiation on the growth (log CFU) of total plate counts during storage of control sample and optimized sample of bread prepared with cabbage powder

Mean±S.D

| | Irradiat-ion dose | Total plate counts (log CFU) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 day | 1 day | 2 day | 3 day | 4 day | 5 day |
| Control bread[1)] | 2.5 kGy | ND | ND | 0.35±0.50 | 4.55±0.10 | 4.54±0.10 | 4.29±0.10 |
| | 5.0 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | 1.18±0.01 |
| | 7.5 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | 1.00±0.40 |
| | 10.0 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | 0.59±0.30 |
| Optimized cabbage bread[2)] | 2.5 kGy | ND | ND | ND | 1.87±2.60 | 1.41±2.00 | 2.42±3.40 |
| | 5.0 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | 1.87±2.60 |
| | 7.5 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | 0.85±1.20 |
| | 10.0 kGy | ND | ND | ND | ND | ND | ND |

1) bread addition without cabbage powder
2) bread addition with cabbage powder
3) Mean±SD

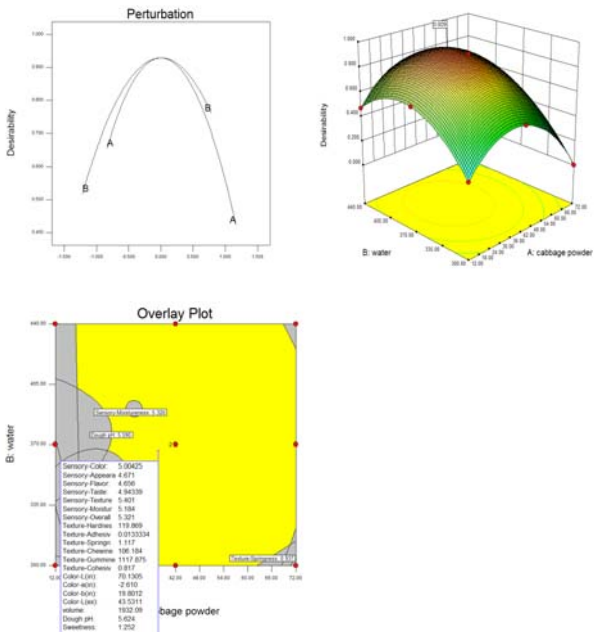


Fig. 4. Perturbation plot and response surface plot for the effect of cabbage powder (A) and water (B) on desirability of bread prepared with cabbage powder.

### 2) 총균수

방사선 조사량에 따른 차이를 살펴보면, 2.5 kGy를 조사한 군에서 대조구 식빵은 2일째부터 서서히 나타나기 시작하였지만 최대 저장기간인 5일에서도 4.29 log CFU/g 수준으로 Lee HJ와 Joo NM(2012)의 방사선 조사를 하지 않은 군의 5.83 log CFU/g에 비해서는 적은 수를 보였다. 최적화된 양배추가루 첨가 식빵 역시 2일부터 균이 나타나기 시작하였는데 5일 째에 2.42 log CFU/g으로 대조구 식빵에 비해 현저히 적었다(Table 9). 5 kGy 군에서 대조구 식빵은 4일까지 균이 측정되지 않았고 대조구 식빵과 최적화된 양배추가루 첨가 식빵 모두 5일째에 적은 양의 균이 검출되었다. 조사 최대 허용치인 10 kGy를 조사한 군에서는 대조구 식빵과 최적화된 양배추가루 첨가 식빵 모두 4일째까지 균이 측정되지 않았다. 대조구에서는 5일 째 기존의 방사선 조사량에 비해 상대적으로 적은 균이 발견되었고 최적화 군에서는 균이 측정되지 않아 방사선 조사 옹근죽(Kim MR 등 2007)의 결과와 유사하였다.

이상의 실험 결과 양배추가루를 첨가한 식빵 군이 대조군에 비해 균수가 적어 양배추의 항균성(Kyung KH 등 1997) 연구 결과와 유사하였다. 방사선 조사량에 있어서는 방사선 조사량이 증가할수록 측정된 총균수는 감소하였는데, 특히 5 kGy 이상에서는 급격히 감소하여 감마선 조사된 시판 분말수프(Ahn JJ 등 2009)와 유사하였다.

## Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구는 다양한 생리활성 기능을 가지는 양배추를 첨가한 식빵의 최적 배합조건을 도출하여 최적화된 양배추 식빵과 대조구 식빵에 방사선을 조사하고 저장기간 동안 항산화성과 총균수를 측정하였다. design expert 8 프로그램을 이용하여 실험을 설계하고 결과를 분석 한 후 최종적으로 양배추가루 첨가 식빵의 배합비율을 결정하였다.

1. 반죽 pH($p<0.01$), 반죽 당도($p<0.05$), 식빵의 수분함량($p<0.001$), 식빵의 무게($p<0.001$), 굽기 손실률($p<0.05$) 항목에서 유의적인 결과를 보였다. 반죽의 pH는 양배추가루첨가량이 증가할수록 높아지고 물의 첨가량이 증가할수록 반죽의

pH는 감소하다가 일정 시점 이후에는 점차 증가하였다.

2. 색도에서 L값($p<0.01$), a값($p<0.01$), b값($p<0.001$)의 유의성이 인정되었다. 텍스쳐에서는 경도($p<0.05$), 씹힘성($p<0.05$)에서 모델의 적합성이 인정되었다.

3. 관능검사 항목 중 맛, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도는 일정 수준을 넘는 양의 양배추가루는 기호도를 감소시킨다는 것을 알 수 있었다($p<0.05$). 관능검사 결과 양배추가루 첨가 식빵의 관능적 최적 배합비는 양배추가루 37.04 g, 물 385.3 g으로 나타났다.

4. 대조구와 최적화된 양배추가루 첨가 식빵에 각각 2.5-10 kGy의 방사선을 조사하였고 6일동안 관찰한 결과 모두 저장기간이 증가함에 따라 DPPH 라디컬 소거능 활성은 유의적($p<0.001$)으로 감소하였고, 총균수는 양배추가루가 첨가된 군에서 균의 수가 더 적음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 통해 양배추가루를 첨가한 식빵이 기능적, 영양적, 품질 및 기호도 측면에서 상품으로서 연구개발 가치가 있다고 판단되며 양배추 고유의 맛과 향이 살아있는 새로운 건강빵으로 자리 잡을 수 있을 것이라 사료된다.

## 참고문헌


배종호, 배만종, 정인창, 신영자, 이봉희, 권오진, 황경수. 2000. 제과제빵학. 형설출판사. 서울. pp 52-54

Ahn JJ, Kim KH, Park SH, Kwon JH. 2009. Screening of sterilized ramen soup by DEFT/APC method and its quality properties as affected by irradiation. Korean J Food Sci Technol. 41(5):515-521

Jang HH, Nam HS, Ly SY. 2004. Changes in antioxidant nutrients and vitamin B1 contents of gamma irradiated foods consumed most frequently in Korea. Korean J Nutr 37(1):38-44

Kang CO. 2002. Effect of the addition of powdered-bamboo leaves on the quality and preservations of breads. Masters of degree thesis. Chonnam National University. pp 30-45

Kim HK, Do JR, Hong JH, Lee GD. 2005. Optimization for function properties of cabbage extracts. Korean J Food Preserv 12:591-599

Kim MT, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE. 1999. Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(5): 1201-1207

Kim MR, Yang YH, Oh SH, Kwon OY, Byun MW, Lee JU, Park SC. 2007. Effect of gamma irradiation on the microbial and phycochemical properties of Ong-keun jook(Korean whole rice porridge). J East Asian Soc Dietary Life 17(1):130-135

Kim WM. 2005. Effects of black glutinous rice flour and green tea powder on the antioxidative properties and bread making quality characteristics. Doctorate thesis. Hannam University. pp. 12-21

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

Kyung KH, Han DC, Fleming HP. 1997. Antibacterial activity of heated cabbage juice S-methyl-L-cysteine sulfoxide and methyl methanethiosulfonate. J Food Sci 62(2):406-409

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. Prew Nutr Food Sci 17:53-63

Lee KS. 2007. Quality characteristics of the sweet pumpkin added white bread and sponge cake. Masters degree thesis. Uiduk University. pp 34-50

Lee SH. 2010. Effect of cabbage powder on baking properties of white breads. Korean J Food Preserv. 17(5):674-680

Lee YS, Jang WS, Eui MJ, Lee SJ, Jang JJ. 1990. Inhibitory effect of Chinese cabbage extract on diethylnitrosamine-induced hepatic foci in Sparague-Dawley rats. J Korean Cancer Assoc 22:355-359

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

Owen RF. 1996. Food Chemistry-3rd edition. Marcel Dekker, Inc. pp 337-339

Pyler EJ. 1979. Physical and chemical test methods. Baking science and technology, Col. II, Sosland Pub. Co. Manhattan Kansas. USA. pp 891-895

Shin GM, Kim DY. 2008. Quality Characteristics of white pan bread by Angelicagigasnakai powder. Korean J Food Preserv 15(4):297-504

Yang MO. 2009. Quality Characteristics of Sulgidduk added with cabbage powder. J East Asian Soc Dietary Life 19:729-735

Yoon YH, Lee JU. 2010. Use of Irradiation in food processing as green technology. Food Sci Industry 43(1):53-63