

반응표면분석을 이용한 녹차 첨가 찐빵제조의 최적화

오유경 · 김창순[†] · 장덕준*

창원대학교 식품영양학과

*창원대학교 통계학과

Optimization of Steamed Bread Making with Addition of Green Tea Powder Using Response Surface Methodology

Yu-Kyung Oh, Chang-Soon Kim[†] and Duk-Joon Chang*

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

*Dept. of Statistics, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

Abstract

High strength flour (12.5% protein) and low strength flour (10.5% protein) were used to determine optimum formulation for steamed bread added with green tea powder (GTP). The response surface study consisted of the following independent variables : GTP (1.5~4.5%), mixing time (8~14 min), fermentation time (30~50 min). Bread quality attributes measured for total bread score of each combination were loaf volume, spread ratio, surface glossiness, smoothness, grain and texture (firmness, cohesiveness, elasticity and adhesiveness). The required amount of GTP, mixing time and fermentation time for steamed bread made from two kinds of flour were different. GTP could be more added to lower strength flour than higher strength flour without losing bread quality. GTP highly affected the loaf volume, spread ratio, surface smoothness, firmness and total bread score of steamed bread ($p < 0.001$). The results suggested that the functional steamed bread added with GTP having excellent quality can be made from low strength flour using green tea powder 3.2%, mixing time 11 min 8 sec and fermentation time 39 min 55 sec.

Key words: green tea powder, steamed bread quality, protein content, response surface methodology

서 론

찐빵은 발효시킨 빵반죽을 증기에 조리하는 것으로 중국에서는 오래 전부터 주식으로 섭취되어 왔으며, 그 형태는 원형과 롤형이 있고, 한국, 일본 등지에서는 충전물이 있는 찐빵이 널리 섭취되고 있다. 찐빵의 품질은 빵 표면이 광택이 나고 기포가 없이 매끄러우며, 부드러운 조직감과 퍼지지 않고 볼록하게 큰 부피를 가진 것을 높게 평가하며, 조밀하고 균일한 기공과 탄력성, 줄기함, 부착성 같은 조직감도 품질평가 요소들이다(1). 찐빵제조에는 약 9~11%의 단백질 함량을 갖는 밀가루가 적합하다고 알려져 있으며(2-5), Rubenthaler 등(6)은 중국식 찐빵의 품질은 밀가루 단백질 함량 뿐만 아니라 단백질의 품질에 의하여 영향을 받으며, 재배지역, 품종, 재배 년도 등도 관여하여 밀가루 단백질 조성에 매우 예민한 것으로 보고하였다. Huang 등(7)도 찐빵의 품질은 단백질 함량보다는 밀가루 반죽 강도를 나타내는 요인들이 더 관련성이 높으며 반죽강도가 증상 정도의 밀가루가 적합하다고 제안하였으며, Kim 등(8)의 밀가루 단백질 11% 이상의 한국산

밀 품종 6가지를 사용한 연구에서도 단백질 함량보다는 높은 farinograph 안정도가 찐빵제조에 더 중요하다고 하였다. 따라서 찐빵에 적합한 밀가루의 품질 결정요인으로는 단백질 함량 뿐만 아니라 빵 반죽의 물성도 중요하다는 것을 암시하고 있다.

한편 세계적으로 널리 응용되고 있는 녹차는 주된 성분인 catechin을 중심으로 노화억제 및 질병의 예방 및 치료효과가 큰 것으로 알려져 있으며, 밝혀진 약리효능으로는 항암효과, 고혈압예방, 혈중 콜레스테롤 저하효과, 해독효과, 항균작용, 항산화작용 등이 있다(9-12). 최근 녹차의 이러한 생리기능성을 이용한 식품으로는 국수, 냉면, 수제비, 김류 등이 있으며, 녹차를 빵류에 첨가한 연구로는 Lim과 Kim(13)에 의한 가루녹차 첨가가 식빵의 품질에 미치는 영향에 대한 연구가 있고, Lee와 Kim(14)은 중력분에 가루녹차의 첨가량을 달리하여 밀가루 반죽의 물성을 mixograph를 이용하여 살펴본 결과 가루녹차 첨가량이 증가할수록 반죽이 약화된다고 하였다. 이러한 결과로부터 찐빵 배합비에 가루녹차의 첨가는 빵 반죽 물성에 영향을 미쳐 찐빵 품질을 변화시킬 수 있다

[†]Corresponding author. E-mail: cskim@sarim.changwon.ac.kr
Phone: 82-55-279-7482. Fax: 82-55-281-7480

고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 단백질 함량이 다른 밀가루에 녹차가루를 첨가하여 기능성 쯤빵을 개발하고자 하였으며, 쯤빵 제조의 최적화를 위해 반응표면분석(response surface methodology: RSM)을 사용하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 모든 재료는 실온 보관하여 사용하였으며, 밀가루는 대한제분(주)에서 구입된 1등급 밀가루를 사용하였고, 2가지 밀가루 시료는 강력분(수분 13.7%, 단백질 12.5%, 회분 0.41%)과 강력분과 박력분을 동량 혼합한 혼합분(수분 13.1%, 단백질 10.5%, 회분 0.42%)을 사용하였다. 빵 배합비에 사용된 재료는 인스턴트 드라이 이스트(Safe 社, 프랑스), 정백당 설탕(삼양사), 쇼트닝(롯데삼강), 소금(한주), 베이킹 파우더(제니코(주)), 이스트푸드(제원인터내셔널(주))는 시중에서 구입하여 사용하였다. 녹차가루는 2000년 산 대작을 화개농협에서 구입하고 80 mesh로 분쇄하여 사용하였다.

밀가루의 일반성분분석은 수분 및 회분함량은 AACC method 44-16과 method 08-01(15)방법에 준하여 측정하였으며, 조단백질 함량은 단백질 분석기(1030, Tecator, Sweden)로 micro-Kjeldahl 방법에 의해 구해진 질소량에 소맥의 질소계수인 5.7을 곱한 값으로 표시하였다.

반응표면분석 실험계획

녹차가루를 첨가한 쯤빵의 최적조건을 추적하기 위하여

예비실험의 결과를 통해 녹차첨가량(X_1), 혼합시간(X_2), 발효시간(X_3)을 3개의 요인으로 설정하였다. 반응표면이 곡면으로 나타날 것이라는 판단에 의해, 반응표면분석을 위한 실험 계획법으로 중심합성계획을 적용하였다(16). 동일환경에서 모든 실험을 실시하기가 현실적으로 곤란하다고 판단하여 전 실험을 두 블록으로 나눈 실험의 배치를 실시하였고, 블록 효과가 반응표면에 영향을 미치지 않도록 하기 위해 블록의 직교성을 만족하는 블록화 과정과 실험의 순서는 통계분석용 software인 MINITAB(Release 13.1)을 활용하였다. 그리고 각 요인들의 수준은 흥미영역(region of interest)에서 -1~1이 되도록 적절한 변수변환을 이용한 부호화 과정을 통해 자료분석하였다.

3개의 인자와 각 인자의 수준은 Table 1, 2와 같다. 혼합분 시료에서의 녹차첨가량은 밀가루 중량의 1.5, 3.0, 4.5%이고, 발효시간은 30, 40, 50분이며, 혼합시간은 8, 10, 12분이다. 강력분 시료에서의 녹차첨가량은 밀가루 중량의 1.5, 3.0, 4.5%이고, 발효시간은 30, 40, 50분이며, 혼합시간은 10, 12, 14분이다.

녹차를 첨가한 쯤빵의 제조

쯤빵의 재료배합 및 제조는 Kim 등(8)의 방법을 변형하여 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 각 재료를 개량해서 마른 재료를 먼저 잘 혼합하고 물을 넣어 저속 47 rpm, 중속 87 rpm, 고속 158 rpm의 3단계 속도를 적용하였는데 저속 2분, 중속 1분 30초 혼합한 후, 쇼트닝을 투입해 중속 30초, 고속 1분 20초 혼합한 뒤, 중속에서 시료에 따라 반죽시간을 조정하였

Table 1. Levels of factors in HLF¹⁾ steamed bread with addition of green tea powder according to central composite design

Treatment no.	Block	Actual			Coded ²⁾		
		Green tea powder (%)	Mixing time (min)	Fermentation time (min)	X_1	X_2	X_3
1	1	4.5	8	50	1	-1	1
2	1	3.0	10	40	0	0	0
3	1	1.5	8	30	-1	-1	-1
4	1	3.0	10	40	0	0	0
5	1	1.5	12	30	-1	1	-1
6	1	4.5	12	50	1	1	1
7	1	4.5	12	30	1	1	-1
8	1	3.0	10	40	0	0	0
9	1	1.5	12	50	-1	1	1
10	1	4.5	8	30	1	-1	-1
11	1	1.5	8	50	-1	-1	1
12	1	3.0	10	40	0	0	0
13	2	3.0	7	40	0	-1.6	0
14	2	0.7	10	40	-1.6	0	0
15	2	3.0	10	40	0	0	0
16	2	3.0	10	56	0	0	1.6
17	2	3.0	13	40	0	1.6	0
18	2	5.4	10	40	1.6	0	0
19	2	3.0	10	40	0	0	0
20	2	3.0	10	24	0	0	-1.6

¹⁾HLF: blend of 50% low strength flour and 50% high strength flour.

²⁾ X_1 =green tea powder, X_2 =mixing time, X_3 =fermentation time.

Table 2. Levels of factors in HF¹⁾ steamed bread with addition of green tea powder according to central composite design

Treatment no.	Block	Actual			Coded ²⁾		
		Green tea powder (%)	Mixing time (min)	Fermentation time (min)	X ₁	X ₂	X ₃
1	1	4.5	10	50	1	-1	1
2	1	3.0	12	40	0	0	0
3	1	1.5	10	30	-1	-1	-1
4	1	3.0	12	40	0	0	0
5	1	1.5	14	30	-1	1	-1
6	1	4.5	14	50	1	1	1
7	1	4.5	14	30	1	1	-1
8	1	3.0	12	40	0	0	0
9	1	1.5	14	50	-1	1	1
10	1	4.5	10	30	1	-1	-1
11	1	1.5	10	50	-1	-1	1
12	1	3.0	12	40	0	0	0
13	2	3.0	9	40	0	-1.6	0
14	2	0.7	12	40	-1.6	0	0
15	2	3.0	12	40	0	0	0
16	2	3.0	12	56	0	0	1.6
17	2	3.0	15	40	0	1.6	0
18	2	5.4	12	40	1.6	0	0
19	2	3.0	12	40	0	0	0
20	2	3.0	12	24	0	0	-1.6

¹⁾HF: high strength flour.

²⁾X₁=green tea powder, X₂=mixing time, X₃=fermentation time.

다. 반죽을 40 g씩 분할하여 둥글리기 한 후 발효온도 40°C, 상대습도 70%에서 실험계획에 따라 30, 40, 50분 동안 발효를 실시하였고 점술(Sam kwang Co., Korea)에서 15분간 찜 후 완성하였다.

빵 배합은 밀가루 320 g, 설탕 25.6 g, 쇼트닝 16.0 g, 베이킹 파우더 4.8 g, 드라이 이스트 4.8 g, 소금, 3.2 g, 이스트 푸드 0.25 g이고, 녹차가루는 중심합성계획의 실험배치에 따라 첨가하였다.

녹차를 첨가한 찜빵의 품질평가

찜빵의 품질평가는 Table 3에 나타난 바와 같이 Huang 등(1)의 bread scoring법을 수정하여 실시하였는데, 이때 찜빵의 부피는 1시간 실온에서 식힌 후 좁쌀을 중자치환법(17)에 의해 측정하였고, 찜빵의 퍼짐율(spread ratio)은 빵의 높이에 대한 지름의 비(지름/높이)를 계산하여 나타내었다. 빵 표면광택(glossiness), 매끄러움(smoothness), 기공의 균일성(grain)은 10점 척도(10점=매우 우수하다, 6점=그저 그렇다, 5점=만족스럽지 못하다, 1점=매우 열등하다)를 사용하여 평가하였다. 경도(firmness), 쫄깃함(cohesiveness), 탄력성(elasticity), 부착성(adhesiveness)이 포함된 기계적 조직감은 빵 시료를 polyethylen bag에 넣어 실온에서 4시간 방치 후, adaptor 25.0 mm plexiglass cylinder probe; force 40 g; deformation 50%; test speed 1.0 mm/sec의 조건으로 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 측정하였으며, 빵 시료는 빵 속 중간 부분을 25×25×25 mm 크기로 잘라 사용하여 3회 압착 실험을 실시하

였다. 각각의 측정치는 10점 만점으로 하였다.

관능검사

혼합분 시료와 강력분 시료의 최적공정조건에서 제조한 찜빵으로 관능검사를 실시하였는데, 창원대학교 교직원과 대학원생을 대상으로 건강, 신뢰성, 실험에 대한 관심도를 고려하여 34명을 검사요원으로 선발하고, 30세 이상 17명과 30세 이하 17명의 두 그룹으로 나누어 기호도 검사를 실시하였다. 빵 시료는 빵 속 중간부분을 20×20×20 mm 크기로 잘라 흰 접시에 담아 물과 함께 제시하였으며, 기호도 검사는 색, 빵 모양, 빵 속결, 녹차 향미, 조직감, 전반적 기호도에 대하여 9점 기호척도를 사용하여 실시하였다.

통계분석

실험의 배치 및 실험자료의 통계적 분석은 통계처리 software로 광범위하게 활용되는 MINITAB(Release 13.1) 및 SAS(Ver. 6.12)를 사용하였으며, 반응표면도는 SAS/GRAPH의 G3GRID와 G3D 절차를 이용해 삼차원으로 나타내었다.

결과 및 고찰

반응표면식의 적합

혼합분: 혼합분 시료에 대한 중심합성계획을 실시하여 적합한 반응표면모형에 대한 분석결과는 Table 4, 5에 나타내었다. 녹차첨가량(X₁)은 찜빵의 품질 특성치인 전반적 품질지수(Y), 부피(Y₁), 퍼짐율(Y₂), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄),

Table 3. Quality evaluation system for steamed bread with addition of green tea powder

Quality parameter	Full score	Criterion	
Volume (cc)	20	score	
		181~190	20
		171~180	17
		161~170	14
		151~160	11
		141~150	8
		131~140	5
		121~130	2
Spread ratio (width/height)	10	score	
		1.80~1.84	10
		1.85~1.89	9
		1.90~1.94	8
		1.95~1.99	7
		2.00~2.04	6
		2.05~2.09	5
		2.10~2.14	4
		2.15~2.19	3
2.20~2.24	2		
2.24<	1		
Glossiness	10	High score given to glossy skin (subjective)	
Smoothness	10	High score given to very smooth skin, free of wrinkles, dimples, blisters or gelatinized spots (subjective)	
Grain	10	High score given to evenly open crumb (subjective)	
Firmness	10	High score given to soft crumb (objective)	
Cohesiveness	10	High score given to cohesive crumb (objective)	
Elasticity	10	High score given to elastic crumb (objective)	
Adhesiveness	10	High score given to crumb that does not adhesive to teeth when chewing (objective)	
Total score	100		

Table 4. F ratio for the effects included in the best-fitting models from the optimization test for the HLF

Effects of Factors ¹⁾	Total score	Volume	Spread ratio	Glossiness	Smoothness	Grain	Firmness	Cohesiveness	Elasticity	Adhesiveness
Linear										
X ₁	5.35* ²⁾	48.80***	85.62***	19.83**	38.85***	7.66*	5.85*	ns	ns	ns
X ₂	7.29*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	10.98**	ns
X ₃	ns	15.48**	26.36***	7.30*	51.57***	11.93**	ns	ns	16.48**	ns
Quadratic										
X ₁ ²	33.29***	16.34**	ns	60.50***	61.07***	26.58***	5.61*	ns	ns	ns
X ₂ ²	ns	ns	ns	ns	ns	5.80*	ns	ns	ns	ns
X ₃ ²	35.26***	29.05***	ns	51.07***	38.37***	5.80*	ns	ns	9.58*	ns
Interraction										
X ₁ X ₂	ns	ns	ns	47.42***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
X ₁ X ₃	ns	ns	5.78*	8.71*	7.86*	ns	ns	ns	ns	ns
X ₂ X ₃	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾X₁=green tea powder, X₂=mixing time, X₃=fermentation time.

²⁾*, **, ***Significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001 respectively, ns = not significant.

Table 5. Polynomial equation calculated by RSM program for HLF steamed bread with addition of green tea powder

Response	Polynomial equation	R ² ²⁾	Significance
Total score	Y = 75.33-1.93X ₁ +2.25X ₂ +0.73X ₃ -4.84X ₁ ² +0.97X ₁ X ₂ -1.89X ₂ ² -2.28X ₁ X ₃ -2.03X ₂ X ₃ -4.98X ₃ ²	0.91	0.0012*** ¹⁾
Volume	Y ₁ = 18.12-2.90X ₁ +0.08X ₂ +1.63X ₃ -1.69X ₁ ² -0.56X ₂ ² -0.75X ₁ X ₃ -2.25X ₃ ²	0.93	0.0005***
Spread ratio	Y ₂ = 5.47-2.23X ₁ +0.09X ₂ -1.24X ₃ -0.55X ₁ ² -0.25X ₁ X ₂ +0.2X ₂ ² -0.75X ₁ X ₃ -0.5X ₂ X ₃ -0.17X ₃ ²	0.93	0.0004***
Glossiness	Y ₃ = 9.34-0.33X ₁ -0.03X ₂ -0.2X ₃ -0.58X ₁ ² +0.66X ₁ X ₂ -0.16X ₂ ² -0.28X ₁ X ₃ -0.15X ₂ X ₃ -0.53X ₃ ²	0.96	0.0001***
Smoothness	Y ₄ = 9.35-0.54X ₁ +0.06X ₂ -0.62X ₃ -0.68X ₁ ² -0.06X ₁ X ₂ -0.07X ₂ ² +0.31X ₁ X ₃ -0.54X ₃ ²	0.96	0.0001***
Grain	Y ₅ = 9.28-0.23X ₁ +0.11X ₂ -0.29X ₃ -0.44X ₁ ² +0.13X ₁ X ₂ -0.21X ₂ ² +0.19X ₁ X ₃ -0.13X ₂ X ₃ -0.21X ₃ ²	0.87	0.0056**
Firmness	Y ₆ = 8.89-0.76X ₁ +0.52X ₂ +0.37X ₃ -0.75X ₁ ² +0.25X ₁ X ₂ -0.38X ₂ ² -0.5X ₂ X ₃ -0.38X ₃ ²	0.69	0.1491
Cohesiveness	Y ₇ = 3.60+0.15X ₁ +0.30X ₂ +0.18X ₃ +0.02X ₁ ² -0.36X ₂ ² -0.25X ₂ X ₃ -0.17X ₃ ²	0.51	0.5549
Elasticity	Y ₈ = 8.88+0.60X ₁ +0.97X ₂ +1.18X ₃ -0.53X ₁ ² -0.35X ₂ ² -0.25X ₁ X ₃ -0.75X ₂ X ₃ -0.9X ₃ ²	0.85	0.0113*
Adhesiveness	Y ₉ = 2.38-0.15X ₁ +0.15X ₂ -0.27X ₃ -0.36X ₁ ² -0.25X ₁ X ₂ -0.01X ₂ ² -0.75X ₁ X ₃ +0.25X ₂ X ₃ +0.17X ₃ ²	0.46	0.6640

¹⁾*, **, ***Significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001 respectively.

²⁾R² = Coefficient of determination.

기공의 균일성(Y₅), 경도(Y₆)에 영향을 미쳤으며, 특히 부피(Y₁), 퍼짐율(Y₂), 매끄러움(Y₄)에 상당히 유의한 영향을 나타내었다(p<0.001). 혼합시간(X₂)은 전반적 품질지수(Y)와 탄력성(Y₈)에만 유의적인 영향을 미쳤고, 발효시간(X₃)은 부피(Y₁), 퍼짐율(Y₂), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄), 기공의 균일성(Y₅), 탄력성(Y₈)에 유의적 영향을 나타내었으며, 특히 퍼짐율(Y₂)과 매끄러움(Y₄)에서 상당히 유의한 영향을 나타내었다(p<0.001). 그러나 혼합시간(X₂)은 찜빵의 전반적 품질지수(Y)에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 녹차첨가량(X₁)의 quadratic 영향은 전반적 품질지수(Y), 부피(Y₁), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄), 기공의 균일성(Y₅), 단단함(Y₆)에서 나타났으며, 혼합시간(X₂)의 quadratic 영향은 기공의 균일성(Y₅)에서만 유의적이었고, 발효시간(X₃)의 quadratic 영향은 전반적 품질지수(Y), 부피(Y₁), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄), 기공의 균일성(Y₅), 탄력성(Y₈)에서 유의적으로 나타났다. 녹차첨가량(X₁)과 혼합시간(X₂)의 상호작용은 표면광택(Y₃)에 영향을 주었고, 녹차첨가량(X₁)과 발효시간(X₃)의 상호작용은 퍼짐율(Y₂), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄)에 영향을 주었다.

실험에서 고려한 모든 품질특성값 Y, Y₁, Y₂,...Y₉에 대하

여, 적합된 반응표면식은 Table 5에 제시하였는데, RSM 프로그램에 의해서 2차 회귀방정식을 계산한 것이다. 적합된 반응표면식에 대한 유의성 검정 결과, 품질특성값 Y, Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅, Y₈에 대한 반응표면식은 우리가 설정한 요인들 X₁, X₂, X₃에 의해 잘 설명된다고 할 수 있었으며, 이 경우 적합된 반응표면식의 정도를 설명하는 결정계수 R²은 0.85~0.96로 상당히 높은 값이므로 추정된 반응표면모형이 적합하다는 것을 나타낸다.

강력분: 중심합성계획을 실시한 반응표면모형에 대한 분석결과는 Table 6, 7에 나타내었다.

녹차첨가량(X₁)은 전반적 품질지수(Y), 부피(Y₁), 퍼짐율(Y₂), 매끄러움(Y₄)에 크게 영향을 미쳤으며(p<0.001), 표면광택(Y₃), 단단함(Y₆), 탄력성(Y₈)에도 유의적인 영향을 나타내었다. 혼합시간(X₂)은 부피(Y₁), 탄력성(Y₈)에 유의한 영향이 있었으나, 찜빵의 전반적 품질지수(Y)에는 별다른 영향이 없었다. 발효시간(X₃)은 부피(Y₁), 매끄러움(Y₄)에 상당히 유의한 영향을 미쳤고(p<0.001), 전반적 품질지수(Y), 퍼짐율(Y₂)에도 영향이 있는 것으로 나타났다. 녹차첨가량(X₁)의 quadratic 영향은 부피(Y₁), 표면광택(Y₃), 매끄러움(Y₄), 기공의 균일성(Y₅), 부착성(Y₉)에서 유의적으로 나타났고, 혼

Table 6. F ratio for the effects included in the best-fitting models from the optimization test for the HF

Effects of factors ¹⁾	Total score	Volume	Spread ratio	Glossiness	Smoothness	Grain	Firmness	Cohesiveness	Elasticity	Adhesiveness
Linear										
X ₁	39.23*** ²⁾	895.27***	92.18***	7.34*	57.41***	ns	12.62**	ns	6.25*	ns
X ₂	ns	13.85**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	8.78*	ns
X ₃	9.30*	291.28***	22.34**	ns	16.43***	ns	ns	ns	ns	ns
Quadratic										
X ₁ ²	ns	121.24***	ns	72.81***	131.13***	290.67***	ns	ns	ns	6.77*
X ₂ ²	ns	121.24***	ns	5.92**	7.52**	ns	ns	ns	ns	ns
X ₃ ²	7.86*	121.99***	ns	16.60**	13.04**	20.75**	ns	ns	ns	ns
Interraction										
X ₁ X ₂	ns	ns	1.71*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
X ₁ X ₃	ns	29.98***	ns	ns	ns	23.79***	ns	ns	ns	ns
X ₂ X ₃	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾X₁ = green tea powder, X₂ = mixing time, X₃ = fermentation time.

²⁾*, **, ***Significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001 respectively, ns = not significant.

Table 7. Polynomial equation calculated by RSM program for HF steamed bread with addition of green tea powder

Response	Polynomial equation	R ²	Significance
Total score	Y = 69.26-6.21X ₁ +2.23X ₂ +2.93X ₃ -3.57X ₁ ² +0.31X ₁ X ₂ -2.13X ₂ ² -2.75X ₁ X ₃ -0.19X ₂ X ₃ -2.87X ₃ ²	0.90	0.0022*** ²⁾
Volume	Y ₁ = 13.98-4.76X ₁ +0.59X ₂ +2.63X ₃ -1.77X ₁ ² -0.38X ₁ X ₂ -1.77X ₂ ² -1.13X ₁ X ₃ -0.38X ₂ X ₃ -1.81X ₃ ²	0.99	0.0004***
Spread ratio	Y ₂ = 5.23+2.13X ₁ -0.25X ₂ -1.02X ₃ +0.15X ₁ ² +0.38X ₁ X ₂ +0.15X ₂ ² -0.13X ₁ X ₃ +0.13X ₂ X ₃ +0.55X ₃ ²	0.93	0.0007***
Glossiness	Y ₃ = 9.11-0.25X ₁ +0.01X ₂ -0.17X ₃ -0.79X ₁ ² +0.16X ₁ X ₂ -0.22X ₂ ² -0.22X ₁ X ₃ +0.03X ₂ X ₃ -0.38X ₃ ²	0.92	0.0000***
Smoothness	Y ₄ = 9.08-0.48X ₁ -1.35X ₂ -0.25X ₃ -0.74X ₁ ² +0.06X ₁ X ₂ -0.18X ₂ ² -0.06X ₁ X ₃ +0.06X ₂ X ₃ -0.24X ₃ ²	0.96	0.0000***
Grain	Y ₅ = 8.94-0.09X ₁ +0.44X ₂ +0.05X ₃ -0.77X ₁ ² +0.09X ₁ X ₂ -0.07X ₂ ² +0.28X ₁ X ₃ -0.33X ₂ X ₃ -0.21X ₃ ²	0.97	0.0000***
Firmness	Y ₆ = 8.43-1.43X ₁ +0.15X ₂ +0.48X ₃ -0.59X ₁ ² +0.16X ₂ ² -0.25X ₁ X ₃ +0.25X ₂ X ₃ -0.23X ₃ ²	0.70	0.1625
Cohesiveness	Y ₇ = 4.86-0.67X ₁ +0.63X ₂ +0.51X ₃ +0.06X ₁ ² +0.5X ₁ X ₂ +0.06X ₂ ² -0.75X ₁ X ₃ -0.16X ₃ ²	0.75	0.0763
Elasticity	Y ₈ = 6.77-0.96X ₁ +1.14X ₂ +0.73X ₃ +0.21X ₁ ² -0.63X ₁ X ₂ -0.35X ₂ ² -0.63X ₁ X ₃ -0.38X ₂ X ₃ +0.23X ₃ ²	0.73	0.0968
Adhesiveness	Y ₉ = 2.89+0.29X ₁ -0.08X ₂ -0.27X ₃ +0.58X ₁ ² +0.13X ₁ X ₂ +0.01X ₂ ² +0.13X ₁ X ₃ +0.13X ₂ X ₃ -0.32X ₃ ²	0.82	0.0207*

¹⁾*, **, ***Significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001 respectively.

²⁾R² = Coefficient of determination.

합시간(X_2)의 quadratic 영향은 부피(Y_1), 표면광택(Y_3), 매끄러움(Y_4)에서 유의적이었으며, 발효시간(X_3)의 quadratic 영향은 부피(Y_1)에서 가장 크게 나타났고, 전반적 품질지수(Y), 표면광택(Y_3), 매끄러움(Y_4), 기공의 균일성(Y_5)에서도 나타났다. 녹차첨가량(X_1)과 혼합시간(X_2)의 상호작용은 퍼짐율(Y_2)에 영향을 주었고($p < 0.05$), 녹차첨가량(X_1)과 발효시간(X_3)의 상호작용은 부피(Y_1), 기공의 균일성(Y_5)에 크게 영향을 주었다($p < 0.001$).

실험에서 고려한 모든 품질특성값 Y, Y_1, Y_2, \dots, Y_9 에 대하여, 적합된 반응표면식은 Table 7에 제시하였다. 적합된 반응표면식에 대한 유의성 검정 결과, 품질특성값 $Y, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_9$ 에 대한 반응표면식은 우리가 설정한 요인들 X_1, X_2, X_3 에 의해 잘 설명된다고 할 수 있었으며, 이 경우 적합된 반응표면식의 정도를 설명하는 결정계수 R^2 은 0.82~0.99로 상당히 높은 값이므로 추정된 반응표면모형이 적합하다는 것을 나타낸다.

위의 결과로 녹차첨가량(X_1)은 2가지 밀가루 시료 모두에서 전반적 품질지수(Y), 부피(Y_1), 퍼짐율(Y_2), 표면광택(Y_3), 매끄러움(Y_4), 경도(Y_6)등에 영향을 미쳐 전빵의 전반적인 품질에 중요한 요인임을 알 수 있었다. 혼합시간(X_2)은 두 가지

밀가루 시료 모두에서 탄력성(Y_8)에 영향을 미쳐 전빵 조직의 탄력성에 중요한 요인이며, 발효시간(X_3)은 부피(Y_1), 퍼짐율(Y_2), 매끄러움(Y_4)에 영향을 미쳐 전빵의 외관적 품질에 중요한 요인임을 알 수 있었다.

반응표면도

Table 5와 Table 7의 적합된 반응표면식에 의거하여, SAS/GRAPH 프로그램을 사용하여 모든 가능한 관측값에 대한 반응값을 산출하고 Fig. 1~Fig. 4와 같은 삼차원도를 완성하였다. Fig. 1는 혼합분에서 녹차 첨가량과 혼합시간, 발효시간에 따른 전반적인 품질지수의 변화를 반응표면도로 나타낸 것이고, Fig. 2는 강력분에서의 녹차 첨가량과 혼합시간, 발효시간에 따른 전반적인 품질지수의 변화를 반응표면도로 나타낸 것이다. Fig. 3는 혼합분에서 녹차 첨가량과 혼합시간, 발효시간에 따른 부피의 변화를 반응표면도로 나타낸 것이고, Fig. 4는 강력분에서의 녹차 첨가량과 혼합시간, 발효시간에 따른 부피의 변화를 반응표면도로 나타낸 것이다.

혼합분 시료의 경우 전반적인 품질지수가 녹차 첨가량이 3%되는 부근까지 증가하다가 감소하였고, 혼합시간이 11분 정도인 지점까지 증가하다가 더 이상 증가하지 않았다. 그리

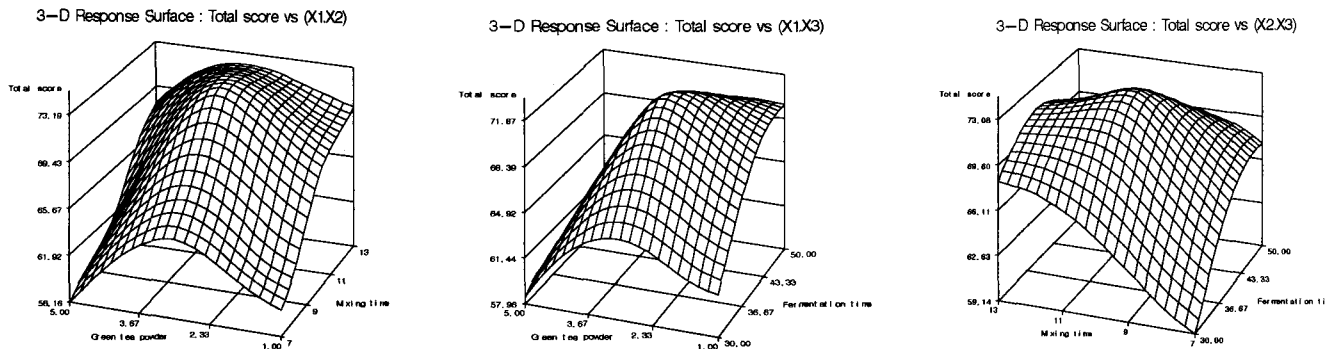


Fig. 1. Response surface of total score of HLF steamed bread as effects of green tea powder, mixing time and fermentation time.

X_1 = green tea powder, X_2 = mixing time, X_3 = fermentation time.

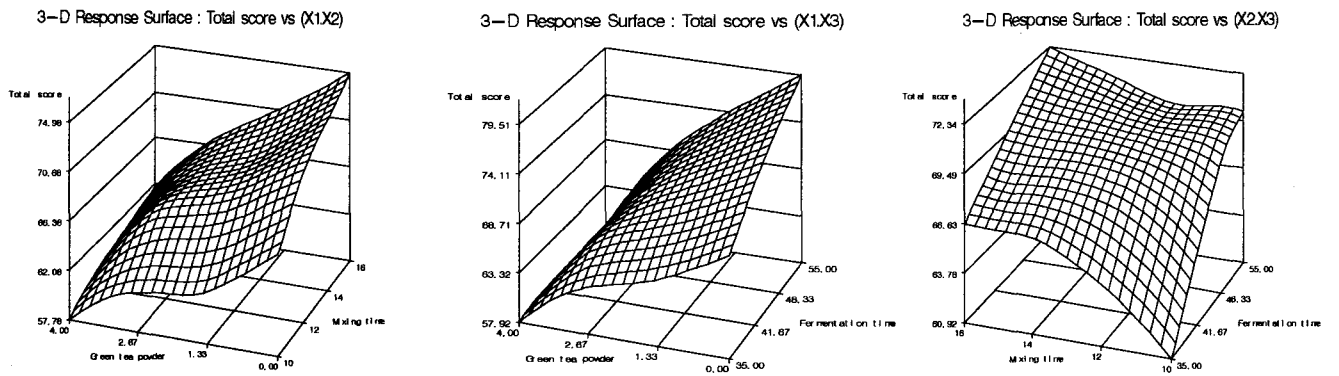


Fig. 2. Response surface of total score of HF steamed bread as effects of green tea powder, mixing time and fermentation time.

X_1 = green tea powder, X_2 = mixing time, X_3 = fermentation time.

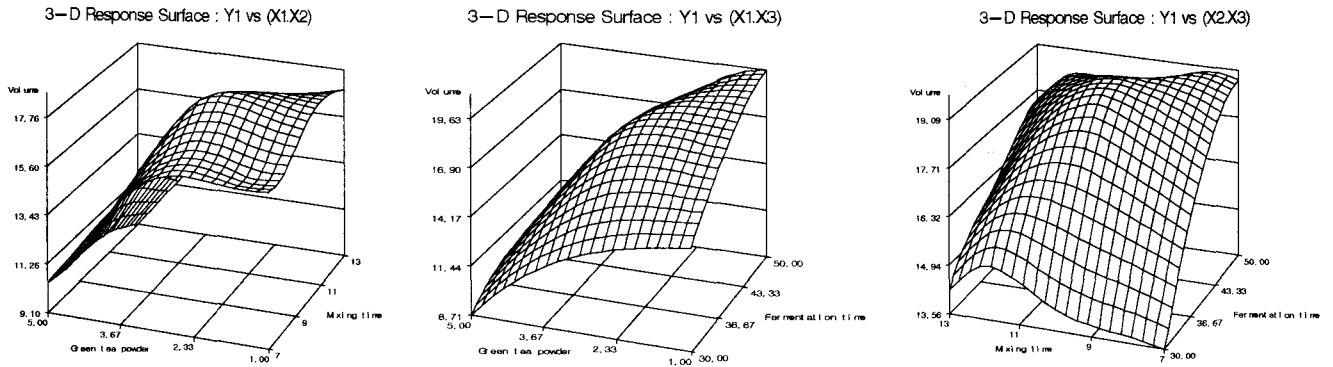


Fig. 3. Response surface of volume of HLF steamed bread as effects of green tea powder, mixing time and fermentation time.

X_1 = green tea powder, X_2 = mixing time, X_3 = fermentation time.

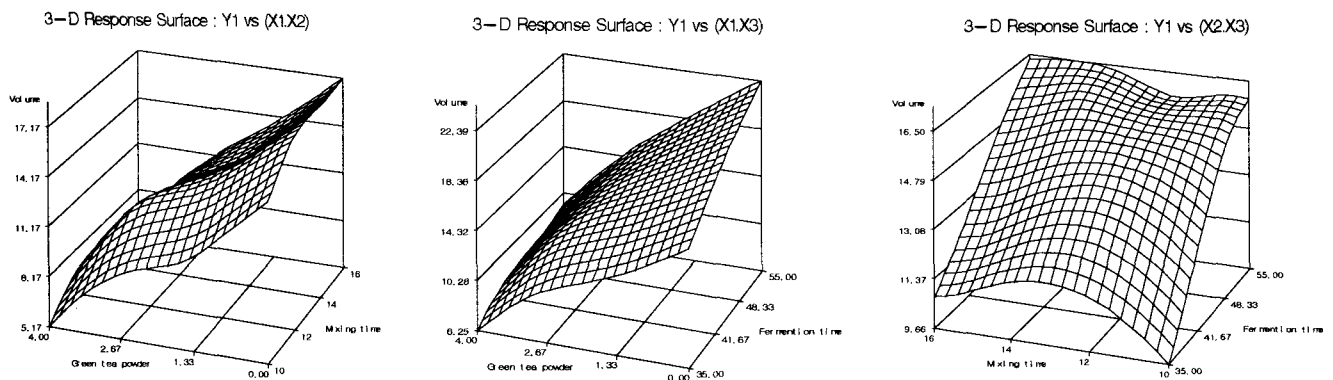


Fig. 4. Response surface of volume of HF steamed bread as effects of green tea powder, mixing time and fermentation time.

X_1 = green tea powder, X_2 = mixing time, X_3 = fermentation time.

고 발효시간이 40분 되는 부근까지 전반적인 품질지수가 증가하다가 감소하였다(Fig. 1). 강력분 시료의 경우에는 전반적인 품질지수가 녹차 첨가량이 증가할수록 감소하였고, 혼합시간이 13분 정도인 지점까지 증가하다가 더 이상 증가하지 않았다. 또한 발효시간이 50분되는 부근까지 전반적인 품질지수가 증가하다가 유지되었다(Fig. 2).

전빵의 품질평가 요소 중 가장 중요한 부피의 반응표면을 Fig. 3, 4에 나타내었는데, 전빵의 전반적인 품질지수와 유사한 반응표면을 가진 것으로 나타났다. 2가지 시료 모두 녹차 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하였다. 이와 같은 결과는 가루 녹차의 첨가량이 증가할수록 식빵의 부피가 작아진다고 보고한 다른 연구자들의 결과와 유사하였다(13,18). 그 외에 신선초가루나 다른 섬유소 첨가 시에도 빵의 부피가 감소되었다(19-21). 본 연구에서 녹차첨가에 따른 전빵 부피의 감소는 녹차의 항균성이 이스트 활성을 저해하거나 녹차의 섬유소에 의한 글루텐의 필름의 손상(22) 때문으로 사료된다.

혼합분 시료에서 혼합시간이 11분 정도까지 전빵의 부피가 증가하다가 감소하였고, 강력분 시료도 같은 경향으로 혼합시간이 13분 정도까지 전빵의 부피가 증가하다가 감소하였다. Navickis(23)는 구워진 빵의 부피는 혼합시간이 증가

할수록 최대로 증가하다가 그 후 감소하는 경향을 보였다고 보고했다. 일반적으로 과도한 혼합은 글루텐 조직을 파괴하므로 부피팽창이 되지 않기 때문에 부피가 작은 빵을 야기한다고 알려져 있다.

혼합분 시료에서 발효시간이 45분되는 부근까지 전빵의 부피가 증가하다가 더 이상 증가하지 않았으며, 강력분 시료에서는 발효시간이 50분되는 부근까지 전빵의 부피가 증가하다가 유지되었다.

녹차를 첨가한 전빵의 최적 공정조건

전빵의 전반적인 품질지수의 반응표면분석을 통해 얻은 녹차전빵의 최적 공정조건은 Table 8에 나타내었다. 혼합분을 사용한 시료의 경우는 녹차 첨가량이 3.2%이고 발효시간은 39분 55초이며, 혼합시간은 11분 8초로 나타났고, 강력분 시료의 경우에는 녹차첨가량이 1.1%이고, 발효시간은 51분 7초이며, 혼합시간은 12분 46초로 나타났다. 이러한 녹차전빵 제조에 요구되는 혼합시간은 녹차를 함유하지 않은 Kim 등(8)의 전빵제조 연구에서 제안한 혼합시간인 7.8분(혼합분), 9.8분(강력분)보다 길게 요구됨을 알 수 있다. 이는 Lee와 Kim(14)의 녹차첨가 밀가루 반죽의 mixograph 특성

Table 8. Optimum conditions of steamed bread with addition of green tea powder

	HLF ¹⁾	HF ²⁾
Green tea powder (%)	3.21	1.08
Mixing time (min)	11.13	12.76
Fermentation time (min)	39.91	51.11
Stationary point	maximum	maximum

^{1),2)}Abbreviation: HLF, HF are same as Table 1, 2.

에서 녹차가루 첨가량 증가에 따라 혼합시간이 증가하는 경향과 유사하였다.

혼합분 시료와 강력분 시료에 대한 반응표면분석의 결과, 최대값이 되는 두 정상점(stationary point)을 최적공정조건으로 선택하였다. 정상점(또는 최적공정조건)에서 전반적인 품질지수(Y)에 대한 예측 반응값은 강력분 시료의 경우 75.36 이고, 혼합분 시료의 경우 76.43으로 혼합분의 경우가 반응값이 다소 우수한 것으로 예측되었으나 그 차이는 유의하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 단백질 함량이 높은 강력분보다는 단백질 함량이 10%정도 되는 혼합분으로 전빵을 제조할 때, 전반적인 품질지수는 별다른 차이가 없지만 녹차가루의 첨가량을 더 증가시킬 수 있음을 본 연구 결과를 통해 알 수 있었다. 따라서 녹차의 기능성을 살린 전빵을 제조하기 위해서는 강력분보다는 단백질 함량이 낮은 혼합분을 사용해야 할 것으로 판단된다.

관능검사

혼합분 시료와 강력분 시료의 최적공정조건에서 제조한 녹차전빵으로 시행한 관능검사 결과는 Table 9와 같다. 30세 이하 그룹에서 빵의 색과 조직감은 녹차 함량이 더 높은 혼합분 전빵이 기호도가 높으나, 녹차 향미에서는 녹차 함량이 적은 강력분 전빵이 기호도가 높은 것으로 나타났다. 30세 이상 그룹에서는 색, 빵모양, 녹차향미, 조직감 등 검사항목 대부분에서 혼합분 녹차전빵의 기호도가 강력분 녹차전빵보다 높은 것으로 나타났고, 전반적인 기호도는 두 그룹 모두에서 혼합분 녹차전빵의 기호도가 높은 것으로 나타났다. 상대적으로 녹차를 접할 기회가 적었던 30세 이하의 그룹에서는 녹차 향미 항목에서 녹차 함량이 많아 녹차향이 강한 혼합분 전빵보다는 향이 약한 강력분 전빵을 선호했으나, 건강에 관심이 많고 계속적으로 녹차를 음용해 오던 30세 이상의 그룹에서는 녹차 향미에 거부감이 없으므로 혼합분 녹차전빵을

선호하는 것으로 사료된다. 또한 녹차 향미 외에 다른 항목에서는 두 그룹 모두에서 혼합분 전빵이 기호도가 높은 것으로 보아 혼합분을 사용하여 제조한 녹차전빵이 관능적으로도 우수한 것으로 나타났다.

요 약

전빵에 녹차가루를 첨가해서 기능성 전빵의 최적 제조공정조건을 알아보기 위하여 반응표면분석을 이용하였다. 전빵제조에는 밀가루 단백질 함량이 12.5%인 강력분과 단백질 함량이 10.5%인 혼합분(50% 강력분+50% 박력분)을 사용하였다. 최적공정조건을 추적하기 위한 RSM의 반응표면모형에 녹차첨가량(X₁), 혼합시간(X₂), 발효시간(X₃)을 인자로 포함시켰다. 반응값은 녹차첨가 전빵의 부피, 퍼짐율, 기계적 조직감 및 표면광택, 매끈함, 기공의 균일성을 측정치로 하였다. 그 결과 녹차첨가 전빵제조 최적조건은 강력분을 사용한 경우에는 녹차첨가량 1.1%, 발효시간 51분 7초, 혼합시간 12분 46초로 나타났고, 혼합분을 사용한 경우에는 녹차 첨가량 3.2%, 발효시간 39분 55초, 혼합시간 11분 8초로 나타났다. 따라서 혼합분으로 전빵을 제조할 때 녹차가루의 첨가량을 더 증가시킬 수 있음을 알았다. 관능검사에서도 강력분 녹차전빵보다는 혼합분 녹차전빵이 전반적인 기호도가 높은 것으로 나타났으므로 녹차의 기능성을 살린 전빵을 제조하기 위해서는 강력분보다는 단백질 함량이 낮은 혼합분을 사용해야 할 것으로 판단된다.

문 헌

- Huang S, Quail K, Moss R. 1998. The optimization of a laboratory processing procedure for southern-style chinese steamed bread. *J Food Sci Technol* 33: 345-359.
- Rubenthaler GL, Pomeranz Y, Huang ML. 1992. Steamed bread. IV. Negative steamer-spring of strong flours. *Cereal Chem* 69: 334-337.
- Addo K, Pomeranz Y, Huang ML, Rubenthaler GL, Jeffers HC. 1991. Steamed bread. II. Role of protein content and strength. *Cereal Chem* 68: 39-42.
- Faridi HA, Rubenthaler GL. 1983. Laboratory method for producing Chinese steamed bread and effects of formula, steaming and storage on bread starch gelatinization and freshness. *Proc 6th Int. Wheat Genetics Symp. Kyoto, Japan.* p 863-867.

Table 9. Sensory evaluation of steamed bread with addition of green tea powder prepared under optimum conditions

Attributes	< 30 years old		> 30 years old	
	HLF	HF	HLF	HF
Color	7.00±1.00***	4.00±1.17	7.30±1.05***	5.06±1.34
Shape	6.76±0.97	6.53±1.07	7.29±0.99**	5.82±1.42
Grain	6.53±1.18	6.82±0.81	6.82±1.01	5.59±1.58
Green tea flavor	4.53±1.66***	6.47±1.18	7.53±1.23***	5.41±1.58
Texture	6.24±1.26*	5.24±1.09	6.76±1.10**	5.35±1.50
Overall acceptability	6.05±1.00*	5.53±0.94	7.05±1.11**	5.53±1.37

*, **, ***Significant at p<0.05, p<0.01, p<0.001 respectively.

5. Lin ZJ, Miskelly DM, Moss HJ. 1990. Suitability of various Australian wheats for Chinese-style steamed bread. *J Sci Food Agric* 53: 203-213.
6. Rubenthaler GL, Huang GL, Pomeranz Y. 1990. Steamed bread. 1. Chinese steamed bread formulation and interactions. *Cereal Chem* 67: 471-475.
7. Huang S, Yun SH, Quail K, Moss R. 1996. Establishment of flour quality guideline for northern style Chinese steamed bread. *J Cereal Sci* 24: 179-185.
8. Kim CS, Hwang CM, Song YS, Kim HI, Han JH. 2001. Commercial wheat flour quality and bread making condition for korean-style steamed bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1120-1128.
9. Chen ZY, Wang LY, Chan PT, Zhang Z, Chung HY, Liang C. 1998. Antioxidative activity of green tea catechin extract compared with that of rosemary extract. *J Am Oil Chem Soc* 75: 1141-1145.
10. Chung HY, Yokozawa T. 1995. Studies on antioxidative and antimutagenic mechanism of epicatechin 3-*o*-gallate isolated from green tea. The 3rd International symposium on green tea. Seoul, Korea. p 65-80.
11. Kim MJ, Lee JH, Rhee SJ. 2001. Effects of catechin on mixed function oxidase system and oxidative damage in rat liver exposed to microwave. *Korean J Nutr Sci* 34: 299-305.
12. Yoon YH, Rhee SJ. 1994. Effects of Korean green tea, oolong tea and black tea beverage on the antioxidative detoxification in rat poisoned with cadmium. *Korean J Nutr Sci* 27: 1007-1017.
13. Lim JK, Kim YH. 1999. Effect of green tea addition on the quality of white bread. *Korean J Soc Food Sci* 15: 395-400.
14. Lee SA, Kim CS. 2000. Effect of green tea powder on the mixing properties of wheat flour. *J Human Ecology* (Changwon Univ) 4: 69-75.
15. AACC. 1993. *Approved Method of the AACC*. 8th ed. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN.
16. Park SH. 1999. *Modern experiment design*. Minyoung press, Seoul. p 521-564.
17. Pyler EJ. 1988. Physical and chemical test methods. In *Baking science and Technology*. 3rd ed. Sosland Pub Co, Marriam, KS. Vol II, p 850-910.
18. Park GS, Lee SJ. 1999. Effects of job's tears powder and green tea powder on the characteristics of quality of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1244-1250.
19. Choi OJ, Kim YD, Kang SK, Jung HS, Ko MS, Lee HC. 1999. Properties on the quality characteristics of bread added with *Angelica keiskei* flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 118-125.
20. Pomeranz Y, Shogren MD, Finney KF, Bechtel DB. 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. *Cereal Chem* 54: 25-41.
21. Park H, Seib PA, Chung OK. 1997. Fortifying bread with a mixture of wheat fiber and psyllium husk fiber plus three antioxidants. *Cereal Chem* 74: 207-211.
22. Chen H, Rubenthaler GL, Schanus EG. 1988. Effect of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *J Food Sci* 53: 304-305.
23. Navickis LL. 1989. Rheological changes of fortified wheat and corn flour doughs with mixing time. *Cereal Chem* 66: 321-324.

(2002년 3월 8일 접수; 2002년 5월 7일 채택)