KOREAN J. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 23, No. 4, (P.481~491) AUG, 2007

청국장 · 양파 첨가 피자 제조 :
1. 반응표면분석을 이용한 피자크러스트 제조의 최적화

성채란 · 김창순†
국립창원대학교 식품영양학과

1. The development of Pizza with *Chungkukjang* and Onion : Optimization of Pizza Crust Preparation Using Response Surface Methodology

Chae-Ran Sung, Chang-Soon Kim†
Department of Food and Nutrition, Changwon National University

Abstract

This study was conducted to develop pizza crust with additions of *Chungkukjang* and onion. The stickiness of the pizza dough containing fresh *Chungkukjang* (C), heated *Chungkukjang* (HC), and fresh *Chungkukjang* with added dough-improver (CI), was measured to evaluate the dough properties. The optimum conditions for pizza crust preparation relating to the processing suitability and sensory quality were established using response surface methodology (RSM). When HC and CI were used in dough making, dough stickiness was reduced to 37% and 51%, respectively. Therefore, the dough-improver(2%) offered the pizza dough better rheological properties when C was used without heat treatment. On the other hand, processing suitability such as the spreadability and overall acceptability, which included the smell and taste of the pizza, were impaired as the amount of CI increased. However, the use of fresh ground onion in the pizza dough compensated for these impairments. The optimum conditions for pizza crust making as determined by RSM were 25.1% onion, 7.1% *Chungkukjang*, and 52.3 min of fermentation time.

Key words: pizza crust, *Chungkukjang*, onion, response surface methodology, optimization

Ⅰ. 서 론

경제성장과 더불어 여성의 사회활동이 증가하면서 외식산업의 발달과 함께 서구의 패스트푸드 체인점들이 크게 증가하고 있다. 매년 20~30%의 높은 성장률을 보이고 있는 국내 피자시장의 매출규모는 2004년 7,000억원에서 2005년 8,720억원으로 증가하였고 2006년 연 매출 예상액은 1조원 정도로 이미 세계에서 손꼽히는 거대 시장으로 성장하고 있다. 최근 피자시장은 피자메뉴 경쟁이 심화되면서 각 업계에서는 기존 피자 개념에서 벗어나 새로운 재료와 맛, 형태의 독특한 메뉴개발에 의한 신제품 개발에 주력하고 있다(Lee KO 2006). 일반적인 피자의 품질은 토핑재료의 양과 질에 따라 크게 영향을 받지만 피자 빵반죽 또한 영향을 미친다. 오븐에서 구워진 피자 크러스트는 바삭하며 크레커같은 특성을 가진 얇은 크러스트와 두꺼우면서 이스트 빵과 같은 특성을 가진 소위 deep-dish 크러스트로 분류할 수 있다(Pyler EJ 1988). Deep-dish 크러스트는 얇은 크러스트와 달리 적절한 부드러움과 탄력성을 가지고 풍미가 좋아야 하며 이를 위하여 반죽의 품질이 중요하다(Coppola S 등 1996). 신장성이 과도하고 약한 반죽은 끈적임성 때문에 sheeting하는 과정에서 롤러 표면에 피자반죽이 들러붙어 공정상에 어려움

Corresponding author: Chang Soon Kim, Changwon National Univ.
Sarim-dong 9, Changwon, Gyeongnam 641-773, Korea
Tel : 82-55-279-7482
Fax : 82-55-281-7480
E-mail : cskim@changwon.ac.kr

이 있게 된다. 반대로 지나치게 탄력성이 강한 반죽은 둥근 피자판 모양으로 성형 시 수축정도가 심하여 재차 늘여 펴 줘야 하는 번거로움이 있다(Pyler EJ 1988). 따라서 발효성이 저해되지 않으면서 적절한 신장성을 갖는 반죽물성이 요구된다(김성곤 1978). 대두 단백질 가수분해물은 가수분해정도에 따라 수용성, 용해성, 유화성, 기포성 등과 같은 가공 적성이 달라지며(Cha MH와 Yoon S 1993), 제빵적성을 향상시키기도 한다(Oh HJ와 Kim CS 2004).

전통 대두발효식품 중의 하나인 청국장 역시 발효과정 중 생성된 대두단백질 가수분해물에 의한 이러한 기능적 특성을 기대할 수 있다고 본다. 청국장은 *Bacillus natto, Bacillus subtilis* 등이 생산하는 효소의 작용으로 대두 단백질이 분해되고 끈끈한 점질물과 새로운 생리활성 물질이 생성되며 청국장 특유의 향미를 낸다(Kim KJ 등 1982). 청국장은 원료 대두가 갖는 영양기능 이외에도 혈전용해능, 혈압상승억제효과, 지질대사개선효과, 항돌연변이성, 항암성, 항균작용 등의 우수한 생리활성(Kim SH 등 1999)에도 불구하고 청국장 특유의 냄새 때문에 젊은 연령층에서 기피하는 경우가 많다. 청국장의 이취는 *Bacillus*로부터 생성된 alkylpyrazine, 암모니아화합물, 함황화합물이 주원인이며(Choi SH와 Ji YA 1989), 이를 완화시키기 위한 일환으로 청국장에 키위와 무(Shon MY 등 2002), 유카 추출물(In JP 등 2002), 볶은 양파와 마늘(Kim YS 등 2003) 등의 부재료를 첨가하여 제조한 연구들이 있다. 청국장을 이스트발효빵 제조에 사용하면 청국장의 높은 효소활성에 의한 밀단백질의 과도한 가수분해로 빵 반죽의 글루텐 그물구조가 약해져 가스 포집력과 오븐 팽창력 감소로 최종 빵의 부피 감소가 나타나기도 한다(Lee YK 등 2004). 한편, 양파분말은 빵발효과정에서 단백질분해효소나 기타 다른 효소의 작용을 약화시키고 글루텐 구조를 강화하여 가스 보유력을 증가시킴으로써 산화제를 첨가한 것과 같은 효과가 나타나 우수한 제빵적성을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Bae JH 등 2003a). 양파는 채루성의 휘발성물질에 의하여 독특한 향미를 갖는데 이 휘발성물질의 기질은 alkyl cysteine sulfoxides와 cysteine의 유도체로 알려져 있으며 이들은 양파조직이 손상될 때 분비되는 효소의 작용으로 diallyl disulfide, allyl propyl disulfide 등의 황함유 휘발성물질을 생성하여 독특한 향기를 발생한다(Seguchi M와 Abe M 2003). 이는 음식의 나쁜 냄새나 맛을 제거하는 데에도 효과적이다(Bae JH 등 2003b). 그 예로 볶은 양파 및 마늘 첨가로 청국장의 이취가 현저히 개선되어 마치 피자향과 같은 향미를 내게 된다는 보고(Shon MY 등 2002)도 있다. 그러므로 피자크러스트에 청국장과 양파를 함께 사용함으로써 제빵적성이나 관능적 특성에 있어서 서로 보완효과가 예상된다.

이에 본 연구에서는 청국장과 양파를 첨가하여 가공적성에 적합하고 관능적으로 우수한 영양건강성의 deep-dish 피자크러스트 개발을 위하여 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용한 그 제조조건을 수립하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

피자크러스트 제조에 사용한 양파는 2005년 경남 창녕군에서 생산한 것을 구입하였으며 청국장은 창녕산 백태를 사용하여 제조하였다. 수분 13.38%, 조단백질 12.27%, 조회분 0.41%인 강력분(대한제분), 인스턴트 드라이이스트(Saf-instant, France), 설탕(제일제당), 소금(한주), 식용유(대두유, 제일제당), 제빵개량제(Wellga)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 청국장 제조 및 일반성분 분석

청국장은 대두를 25℃에서 24시간 물에 불린 후 고압멸균기를 이용하여 121℃, 30분간 증자하여 폐액을 버린 후 50℃까지 냉각하여 1분간 주걱으로 저어준 다음 청국장 제조기((주)엔유씨전자, 38±1℃)에서 24시간 발효시켰다. 제조한 청국장의 일반성분조성은 AOAC (1996) 방법에 준하여 수분은 105℃ 상압가열건조법으로, 조단백질은 Micro-Kjeldahl법으로 측정한 질소량에 질소계수 5.71을 곱한 값으로 표시하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 회분은 건식 회화법을 이용하여 분석하였다. 그 결과 수분함량은 51.20%이고 조단백질과 조지방, 회분함량은 각각 22.15%와 10.12% 그리고 2.40%였다.

3. 피자 빵반죽의 끈적임성 측정

생청국장의 효소작용에 의한 반죽의 끈적임성을 억

제하는데 열처리 및 제빵개량제의 효과를 알아보기 위해 Table 1과 같은 배합으로 만든 반죽의 끈적임성을 texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Ltd, England)로 측정하였으며, 그 측정 조건은 Table 2와 같다.

4. 피자크러스트 제조

피자크러스트제조에 사용된 반죽은 Pyler EJ(1988)가 제시한 배합비(Table 3)에 준하여 Larsen DM 등(1993)의 제조방법을 수정하여 사용하였다. 생청국장과 양파 첨가량은 반응표면분석 실험설계에 준하여 조정하였다. 생청국장과 양파는 청국장 3배 분량의 물을 첨가하여 분쇄기(후드믹서 SQ-107, 일진정공)로 3분간 분쇄한 후 잘 혼합된 건조재료에 첨가하였고, 반죽되기가 일정하기 위해서는 양파첨가에 따른 가수량 조절이 필요하므로 예비실험을 통하여 Table 3과 같이 가수량을 조절하였다. 전 재료를 믹서(N-50, Hobart, USA)에 투입한 후 저속(47 rpm)에서 3분, 중속(87 rpm)에서 5분 믹싱하여 최종 반죽온도를 30±1℃가 되도록 하였다. 완성한 반죽은 400 g씩 분할한 후 둥글리기 하여 실온에서 10분 중간발효 후 피자롤러(Sam-Young Machinery Co., Korea)로 3회 sheeting 하여 식용유를 바른 피자 팬(지름 30 cm)에 팬닝하여 온도 38℃, 상대습도 85% 조건의 발효기(Dae-Young Machinery Co., Korea)에서 발효하였다. 발효시간은 RSM 실험설계에 준하여 조절하였다. 발효 후 피자소스 60 g을 반죽위에 바르고 치즈 63 g을 뿌려 204℃로 예열된 피자오븐(Lincoln Impinger 2802731A, Lincoln, USA)에서 6분 동안 구운 후 15분 방냉하여 토핑물을 제거한 다음 피자크러스트의 품질을 평가하였다.

Table 1. Pizza dough formula for the measurement of stickiness. (%, w/w)

Ingredient	C	HC	CI
Strong wheat flour	100(300)	100	100
Sugar	3(9)	3	3
Oil	2(6)	2	2
Instant dry yeast	1.5(4.5)	1.5	1.5
Salt	1.5(4.5)	1.5	1.5
Water	36(108)	36	36
Dough improver	0	0	2(6)
Fresh *Chungkukjang*	7(21)	0	7(21)
Heated *Chungkukjang*	0	7(21)	0
Onion	25(75)	25(75)	25(75)

Abbreviations: C=Fresh *Chungkukjang*, HC=Heated *Chungkukjang* in water bath (100℃ for 10 min), CI=*Chungkukjang* and dough improver, The numbers in parenthesis indicate gram

Table 2. Operation conditions of texture analyzer for stickiness measurement of pizza dough

Option	Adhesive Test
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	10.0 mm/s
Distance	4.0 mm
Force	40.0 g
Time	0.1 sec
Trigger type	Auto-5 g
Data Acquisition Rate	400 pps
Accessory	25 mm perspex cylinder probe (P/25P)

5. RSM 실험계획

청국장과 양파를 첨가한 피자반죽의 최적 제조조건을 추적하기 위하여 예비실험결과를 통해 청국장첨가량(X_1), 양파첨가량(X_2), 발효시간(X_3)을 3개 요인의 독립변수로 설정하였다. 종속변수는 피자의 품질특성치 즉, 맛(Y_1), 냄새(Y_2), 조직감(Y_3), 내상(Y_4), 색(Y_5), 전반적 기호도(Y_6), 밀어펴기특성(Y_7), 발효팽창력(Y_8), 전반적 품질지수(Y_9)로 하였다. 반응표면이 곡면으로 나타날 것이라는 판단 하에 반응표면분석을 위한 실험계획법으로 중심합성계획(Park SH 1999)을 적용하였으며, 각 요인들의 수준은 -1.68, -1, 0, +1, +1.68로서 5단계로 부호화하였다. 그에 대한 내용은 Table 4와 Table 5에 나타내었다.

Table 3. Formula for pizza dough designed according to RSM

Ingredient	Baker's ratio(%)	Weight(g)
Strong wheat flour	100	300
Sugar	3	9
Oil	2	6
Dough improver	2	6
Instant dry yeast	1.5	4.5
Salt	1.5	4.5
Water	30.8~52.4[1)]	92.4~157.2
Fresh *Chungkukjang*	2.2~25.8	6.6~77.4
Onion	4.5~31.5	13.5~94.5

[1)]56-(baker's ratio(%) of onion × 0.8), 56= water amount in standard formula of pizza dough without onion

6. 피자크러스트의 품질특성 평가

피자크러스트 품질은 Oh YK 등(2002)의 방법을 변형하여 Table 6에 나타낸 평가기준에 따라 측정값을 환산한 점수를 RSM 자료로 사용하였다. 즉, 피자의 관능특성(90점 만점)과 가공적성(신장성과 발효성 각각 5점 만점)을 합하여 전반적 품질지수(total score) 100점을 만점으로 나타내었다.

1) 관능 검사

기호도검사는 식품영양학과 대학원생 30명을 대상으로 실시하였으며, 소스와 치즈를 제거한 지름이 30 cm인 피자를 삼각형으로 12등분하여 자른 다음 전자렌지(MH-634N, Goldstar)에서 15초간 데운 후 흰 접시에

Table 4. Coded levels of independent variables in experimental design

Coded level[1)]	Independent variables		
	Chungkukjang (%)	Onion(%)	Fermentation time (min)
-1.68	2.2	4.5	33.2
-1	7.0	10.0	40.0
0	14.0	18.0	50.0
+1	21.0	26.0	60.0
+1.68	25.8	31.5	66.8

[1)]Coded independent value means as follow; -1.68, lowest level; 0, middle level; +1.68, highest level

Table 6. Quality evaluation system for pizza dough and pizza crust with addition of *Chungkukjang and* onion

Quality parameter		Criterion		Full score
Sensory characteristics of crust	Taste	High score given to acceptability		18
	Odor			18
	Texture			18
	Grain			9
	Color			9
	Overall acceptability			18
Dough spreadability (diameter, cm)			Score	5
		30.0<	5	
		29.0-29.9	4	
		28.0-28.9	3	
		27.0-27.9	2	
		<26.9	1	
Fermentation property (cc)			Score	5
		300<	5	
		285-299	4	
		270-284	3	
		255-269	2	
		<254	1	
Total score		100		

Table 5. Levels of factors in pizza dough prepared with *Chungkukjang* and onion according to central composite design

Treatment No.		Coded independent variables			Actual independent variables		
		X_1	X_2	X_3	*Chungkukjang*(%)	Onion(%)	Fermentation time(min)
Fractional point	1	-1	-1	-1	7	10	40
	2	+1	-1	+1	21	10	40
	3	-1	+1	-1	7	26	40
	4	+1	+1	-1	21	26	40
	5	-1	-1	+1	7	10	60
	6	+1	-1	+1	21	10	60
	7	-1	+1	+1	7	26	60
	8	+1	+1	+1	21	26	60
Star point	9	-1.68	0	0	2.2	18	50
	10	+1.68	0	0	25.8	18	50
	11	0	-1.68	0	14	4.5	50
	12	0	+1.68	0	14	31.5	50
	13	0	0	-1.68	14	18	33.2
	14	0	0	+1.68	14	18	66.8
Central point	15	0	0	0	14	18	50
	16	0	0	0	14	18	50
	17	0	0	0	14	18	50
	18	0	0	0	14	18	50
	19	0	0	0	14	18	50
	20	0	0	0	14	18	50

X_1=*Chungkukjang*, X_2=Onion, X_3=Fermentation time

담아 물과 함께 제시하였다. 피자크러스트의 맛(taste), 냄새(odor), 조직감(texture), 내상(grain), 색(color) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)는 9점 기호척도법(9점=대단히 좋아한다, 5점=좋지도 싫지도 않다, 1점=대단히 싫어한다)을 이용하여 평가한 후 Table 6에 따라 점수를 환산하여 나타내었다.

2) 가공적성 조사

피자 빵반죽의 밀어펴기특성(spreadability)은 피자롤러를 3차례 즉, 1번 롤러(간격 0.50 cm)에 1차례, 2번 롤러(간격 0.35 cm)에 2차례 통과시킨 후 3군데 지름을 측정하였으며 4회 반복 실험하여 그 평균값을 산출하였다. 반죽의 발효팽창력(fermentation property)은 He H와 Hoseney RC(1992)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 반죽 100 g을 취해 500 mL의 메스실린더에 담은 후 발효기에서 발효시킨 다음 증가된 부피를 측정하였다.

7. 통계적 처리 및 결과 분석

피자 빵반죽의 끈적임성은 SPSS program(Ver. 12.0)을 사용하여 분산분석을 실시하였다. 각 측정 평균값의 유의성은 던칸 다중범위시험법을 사용하여 검정하였고(원태연과 정성원 2001), 반응표면분석을 위한 실험계획과 자료의 통계적 분석은 MINITAB(Release 14)과 SAS(Ver. 9.13)를 사용하였으며, 반응표면도는 SAS/GRAPH의 G3GRID와 G3D 절차를 이용하여 삼차원도로 나타내었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 피자 빵반죽의 끈적임성

본 실험에서 생청국장을 첨가한 피자반죽은 믹싱 후반부터 반죽의 탄력성이 극도로 낮아지고, 성형이 어려울 정도의 과도한 점착성이 나타나 발효내구성과 오븐팽창력저하를 가져왔다. 이는 생청국장의 높은 효소활성에 의한 영향으로 사료된다. Pepe O 등(2003)에 의하면 *Lactobacillus sakei* T56 등의 단백질분해 작용의 균을 사용한 피자 빵반죽에서 발효과정 중 점착성이 지나치게 증가하였다고 보고된 바 있다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 생청국장을 첨가한 반죽의 끈적임성은 262.6 g으로 매우 높아 가공적성이 매우 불량하였으나, 청국장을 100℃, 10분 가열함으로써 끈적임성이 166.2 g으로 37%, 제빵개량제의 첨가로 51% 각각 감소하였다. 따라서 생청국장 첨가로 인한 반죽의 불량한 가공적성을 열처리하지 않고 제빵개량제(2%) 사용만으로도 개선할 수 있었다. 이는 열처리로 인한 청국장내의 유익균이나 효소파괴를 최소화하여 청국장의 생리활성이 피자제품에서 최대한 유지가능하리라 기대된다. Lee BY 등(1991)은 가열에 의한 청국장 점질물의 혈전용해능을 측정한 결과 100℃에서 5분 열처리로 90%, 30분 열처리로도 45%의 활성이 유지된다고 하였다. 또한 Kim YS(2004)의 연구에서는 15% 농도의 대두분말 발효액 15%를 첨가한 빵의 면역증강활성이 무첨가빵의 2배로 나타났다고 보고하였다.

2. RSM을 이용한 청국장 및 양파 첨가 피자크러스트 제조

중심합성계획법에 의해 수행된 20개 실험조건하에서 품질특성을 측정한 결과는 Table 7에 나타내었으며, 실험에서 고려한 모든 품질특성치에 대하여 적합된 반응표면식은 Table 8과 같다. 반응표면식의 적합정도를 설명하는 결정계수 R^2는 조직감을 제외하고는 비교적 높게 나타났으며 추정한 반응표면모형은 자료에 유의적으로 잘 적합된다고 할 수 있었다. 각 독립변수가 각 반응변수에 미치는 영향을 알아본 결과는 Table 9에 나타내었으며, 반응표면도는 Fig. 2~6과 같이 3차원으로 도식화하였다.

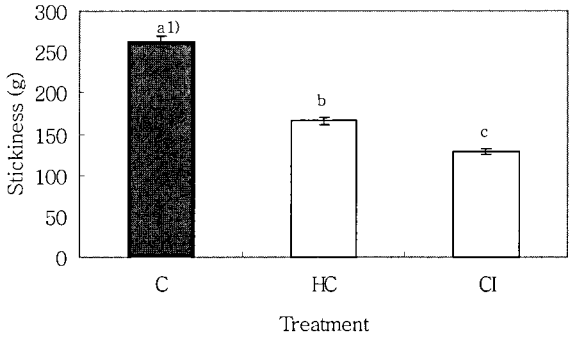

Fig. 1. Stickiness measurements in various pizza doughs.
Abbreviations: C=Fresh *Chungkukjang*,
HC=Heated *Chungkukjang* in water bath(100℃ for 10 min),
CI=*Chungkukjang* and dough improver.
[1)]Means with the same superscripts are not significantly different at $p<0.01$(n=10) by Duncan's multiple range test.

Table 7. Response of dependent variables to reaction conditions for independent variables

Treatment No.	Coded independent variables			Dependent variable								
	X_1	X_2	X_3	Taste (Y_1)	Odor (Y_2)	Texture (Y_3)	Grain (Y_4)	Color (Y_5)	Overall acceptability (Y_6)	Spreadability (Y_7)	Fermentation property (Y_8)	Total score (Y_9)
1	-1	-1	-1	12.34	11.80	11.00	5.67	6.50	12.06	3	3	65.37
2	+1	-1	-1	12.40	10.26	11.26	5.83	5.37	11.14	5	2	63.26
3	-1	+1	-1	13.46	12.40	12.84	6.50	6.53	13.46	3	2	70.21
4	+1	+1	-1	11.54	9.34	10.74	5.23	5.37	10.66	4	2	58.88
5	-1	-1	+1	12.40	11.66	10.94	5.90	6.53	12.00	3	4	66.43
6	+1	-1	+1	12.40	10.00	11.14	5.77	5.40	11.14	5	3	63.85
7	-1	+1	+1	13.40	11.74	12.54	6.37	6.50	13.34	3	4	70.89
8	+1	+1	+1	11.40	9.26	10.66	5.10	5.40	10.66	4	3	59.48
9	-1.68	0	0	11.94	12.40	12.54	6.47	6.00	12.14	2	3	66.49
10	+1.68	0	0	9.60	8.20	9.80	5.10	4.63	9.34	5	2	53.67
11	0	-1.68	0	11.94	9.74	12.34	5.50	6.10	11.40	4	3	64.02
12	0	+1.68	0	12.66	11.00	11.06	5.53	6.23	12.34	3	3	64.82
13	0	0	-1.68	12.46	11.26	10.60	5.27	6.23	11.46	4	1	62.28
14	0	0	+1.68	12.26	11.40	10.34	5.20	6.27	11.26	4	5	65.73
15	0	0	0	12.40	11.00	11.94	5.93	6.17	11.80	4	3	66.24
16	0	0	0	12.66	11.34	11.80	5.97	6.23	11.86	4	3	66.86
17	0	0	0	12.66	11.54	11.84	5.90	6.27	11.86	4	3	67.09
18	0	0	0	12.74	11.14	11.84	5.97	6.10	11.74	4	3	66.55
19	0	0	0	12.74	11.26	11.14	5.80	6.20	11.80	4	3	65.94
20	0	0	0	12.66	11.26	11.74	5.87	6.20	11.74	4	3	66.47

X_1=*Chungkukjang*, X_2=onion, X_3=fermentation time

Table 8. Polynomial equation calculated by RSM program for pizza crust making with addition of *Chungkukjang* and onion

Response	Polynomial equation	R^2	Prob>F
Taste	$Y_1=12.6213-0.5710X_1+0.1077X_2-0.0349X_3-0.4975X_1X_2-0.0175X_1X_3-0.0325X_2X_3-0.5240X_1^2+0.0181X_2^2+0.0394X_3^2$	0.8610	0.0029**
Odor	$Y_2=11.2508-1.1591X_1+0.0818X_2-0.0678X_3-0.2950X_1X_2+0.0550X_1X_3-0.0450X_2X_3-0.3018X_1^2-0.2770X_2^2+0.0631X_3^2$	0.9414	0.0001***
Texture	$Y_3=11.7127-0.5970X_1+0.2270X_2-0.0745X_3-0.5575X_1X_2+0.0225X_1X_3-0.0275X_2X_3-0.1288X_1^2+0.0590X_2^2-0.3768X_3^2$	0.7775	0.0229*
Grain	$Y_4=5.8963-0.3526X_1+0.0059X_2-0.0152X_3-0.3213X_1X_2-0.0363X_1X_3-0.0538X_2X_3+0.0224X_1^2-0.0732X_2^2-0.1724X_3^2$	0.8931	0.0009***
Color	$Y_5=6.1931-0.4999X_1+0.0160X_2+0.0093X_3+0.0075X_1X_3-0.0075X_2X_3-0.2995X_1^2+0.0016X_2^2+0.0318X_3^2$	0.9765	0.0001***
Overall acceptability	$Y_6=11.7828-0.8768X_1+0.2462X_2-0.0378X_3-0.4625X_1X_2+0.0225X_1X_3-0.0075X_2X_3-0.2667X_1^2+0.1337X_2^2-0.0470X_3^2$	0.9420	0.0001***
Spreadability	$Y_7=3.9965+0.8091X_1-0.2697X_2-0.2500X_1X_2-0.1551X_1^2-0.1551X_2^2+0.0221X_3^2$	0.9902	0.0001***
Fermentation property	$Y_8=2.9983-0.3430X_1-0.0733X_2+0.8589X_3+0.1250X_1X_2-0.1250X_1X_3+0.1250X_2X_3-0.1661X_1^2+0.0110X_2^2+0.0110X_3^2$	0.9084	0.0004***
Total score	$Y_9=66.4518-3.5902X_1+0.1373X_2+0.6380X_3-2.2588X_1X_2-0.0713X_1X_3-0.0488X_2X_3-1.8196X_1^2-0.2819X_2^2-0.4289X_3^2$	0.9371	0.0001***

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

R^2= Coefficient of determination

X_1=*Chungkukjang*, X_2=onion, X_3=fermentation time

1) 관능적 기호특성에 미치는 효과

실험조건에 따라 맛, 냄새, 조직감, 내상, 색은 각각 9.60~13.46, 8.02~12.40, 9.80~12.84, 5.10~6.50, 4.63~6.53의 범위를 보여주었으며(Table 7), 청국장 첨가량에 대하여 크게 영향을 받았고, 양파첨가량과 발효시간에 대해서는 유의적인 영향을 받지 않았다(Table 9). 또한 전반적 기호도는 9.34~13.46의 범위를 보여주었으며(Table 7), 청국장 첨가량($p<0.001$)과 양파첨가량($p<0.05$)에 대하여 각각 유의적으로 영향을 받았고, 발효시간에 대해서는 유의적인 영향을 받지 않았다. 한편 피자 크러스트의 색을 제외한 모든 관능적 기호특성은 청국장과 양파의 교호작용에 의해 영향을 받은 것으로 나타났다(Table 9). 반응표면도(Fig. 2)에 의하면 청국장첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호성이 급격히 저하하였으며 양파첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 증가하여 양파의 보완효과를 확인할 수 있었다. 냄새에 대한 기호성 역시 Fig. 3에 나타난 바와 같이 높은 청국장첨가로 급격한 기호도 감소를 보였으나 낮은 청국장첨가수준에서는 양파첨가량이 증가할수록 냄새에

Table 9. Model coefficients estimated by multiple linear regression for independent variables

Factor	Taste (Y_1)	Odor (Y_2)	Texture (Y_3)	Grain (Y_4)	Color (Y_5)	Overall acceptability (Y_6)	Spreadability (Y_7)	Fermentation property (Y_8)	Total score (Y_9)
Constants	12.62	11.25	11.71	5.90	6.19	11.78	4.00	3.00	66.45
Linear									
X_1	-0.57***	-1.16***	-0.60**	-0.35***	-0.50***	-0.88***	0.81***	-0.34**	-3.59***
X_2	0.11	0.08	0.02	0.01	0.02	0.25*	-0.27***	-0.07	0.14
X_3	-0.03	-0.07	-0.07	-0.02	0.01	-0.04	0.00	0.86***	0.64
Quadratic									
X_1^2	-0.52***	-0.30*	-0.13	0.02	-0.30***	-0.27**	-0.16***	-0.17	-1.82***
X_2^2	0.02	-0.28*	0.06	-0.07	0.00	0.13	-0.16***	0.01	-0.28
X_3^2	0.04	0.06	-0.38*	-0.17**	0.03	-0.05	0.02	0.01	-0.43
Interactions									
X_1X_2	-0.50**	-0.30*	-0.56*	-0.32***	0.00	-0.46**	-0.25***	0.13	-2.26***
X_1X_3	-0.02	0.06	0.02	-0.04	0.01	0.02	0.00	-0.13	-0.07
X_2X_3	-0.03	-0.05	-0.03	-0.05	-0.01	-0.01	0.00	0.13	-0.05
Lack of fit	0.0023**	0.0256*	0.0426*	0.0042**	0.0366*	0.0002***	0.0001***	0.0001***	0.0025**

*$p<0.05$, **$p<0.01$, ***$p<0.001$

X_1=*Chungkukjang*, X_2=onion, X_3=fermentation time

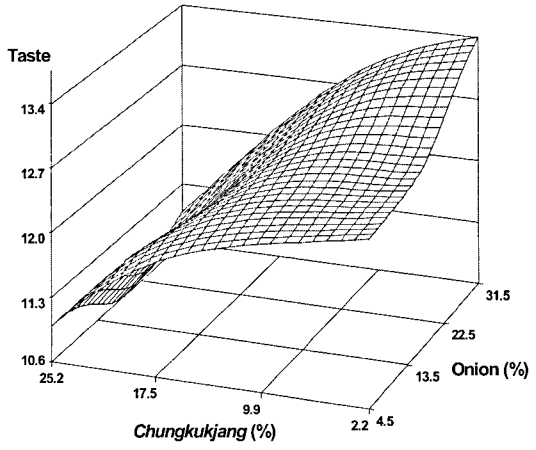

Fig. 2. Response surface plot for the effects of *Chungkukjang* and onion on the taste.

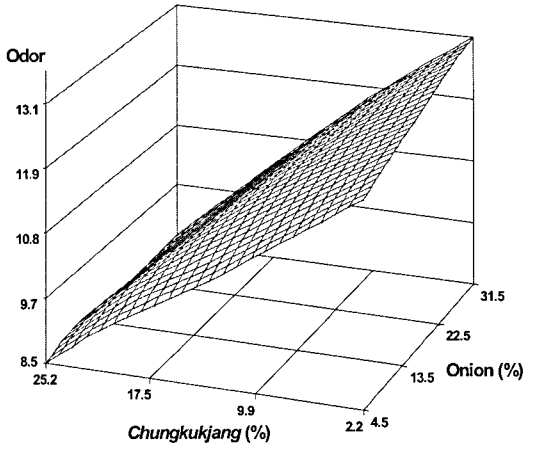

Fig. 3. Response surface plot for the effects of *Chungkukjang* and onion on the odor.

대한 기호성은 증가하였다. 일반적으로 S-alk(en)yl cysteine sulfoxide[S-(E)-1-propenyl cysteine sulfoxide, S-methyl cysteine sulfoxide, S-propyl cysteine sulfoxide)]는 양파 향기성분의 주요한 전구체(Randel WM 1997)로 알려져 있으며, Yu TH 등(1994)에 따르면 이러한 S-alk(en)yl cysteine sulfoxide는 포도당과 같은 환원당과 열반응 유도 시 구운 고기향(meat-like flavor)의 주된 물질인 thiazole, thiophene 및 pyrazine류를 생성한다고 보고하였다. 또한 양파의 아미노산 중 methionine과 같은 함황아미노산은 열 반응에 의해 구운 감자향과 같은 methional을 생성한다(Yu TH와 Ho CT 1995). 한편 청국장 불쾌취의 주된 원인중 하나인 ammonia와 같은 함질소화합물(Kim YS 등 2003)은 반응성이 매우 커서 열반응시 pyrazine류의 주요한 전구체로 작용한다(Chen J와 Ho CT 1999). 따라서 양파와 청국장을 첨가하여 제조한 피자크러스트는 굽는 과정에서 환원당과 S-alk(en)yl cysteine sulfoxide의 Maillard 반응에 의해 구운 고기향을 생성시키는 동시에 methionine의 열분해에 의한 구운 감자향을 내는 methional이 생성되고 청국장의 불쾌취인 ammonia가 pyrazine의 전구체로 사용됨으로써 서로 조화를 이루어 관능적으로 기호도가 증가된 것으로 사료된다. 전반적 기호도는 청국장첨가량이 감소할수록 양파첨가량이 증가할수록 향상되는 것으로 나타났다(Fig. 4). 특히 청국장첨가로 낮아지는 전반적 기호도는 양파첨가에 의해 나타나는 청국장과 양파의 유의적인 교호작용($p<0.01$)으로 향상됨을 알 수 있었다.

2) 가공적성에 미치는 효과

20개의 실험조건에 따라 밀어펴기특성의 환산점수는 2~5의 범위를 보여주었다(Table 7). Table 9에 의하면 청국장과 양파의 첨가는 밀어펴기특성에 유의적으로 크게 영향을 미친 것으로 나타났으며($p<0.001$), 청국장과 양파의 유의적인 교호작용($p<0.001$)으로 양파에 의한 신장성 저하는 청국장첨가로 보완될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 밀어펴기특성은 청국장첨가량이 증가할수록, 양파첨가량은 감소할수록 증가하였다(Fig. 5). 이미 보고된 연구에 의하면 청국장은 효소, 레시틴, 지방 등을 함유하고 있어 빵반죽의 신장성을 증가시키며(Kruger JE 1971), 양파는 글루텐 강화작용으로 반죽의 신장성을 감소시킨다고 하였다(Bae JH 등 2003a). 양파와 마늘을 첨가한 식빵에 대한 연구(Faheid SMM 1999)에서 양파분말 1~10%를 첨가하여 빵을 제조한 결과 5% 첨가수준까지는 빵 부피가 향상되었으며 반죽의 신장성은 첨가량이 높을수록 감소한다고 하였다. 한편 밀가루에 양파와 함께 파(*Allium fistulosum* L.)분말을 혼합하여 제조한 빵에서도 빵높이와 비체적이 증가하여 제빵성을 향상시키는 결과를 가져왔는데 이는 파분말에 65%정도 함유되어 있는 di-n-propyl disulfide가 글루텐단백질을 산화시켜 disulfide bond를 형성하였기 때문(Seguchi M와 Abe M 2003)이라고 하였다. 본 실험에서도 그들의 결과와 유사하게 나타나 청국장과 양파의 혼합사용은 상호 보완

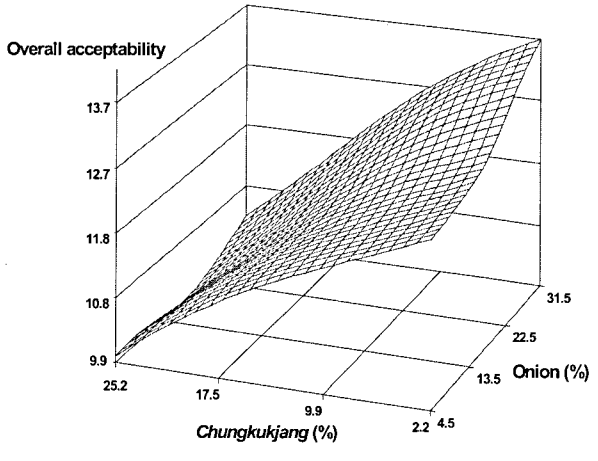

Fig. 4. Response surface plot for the effects of *Chungkukjang* and onion on the overall acceptability.

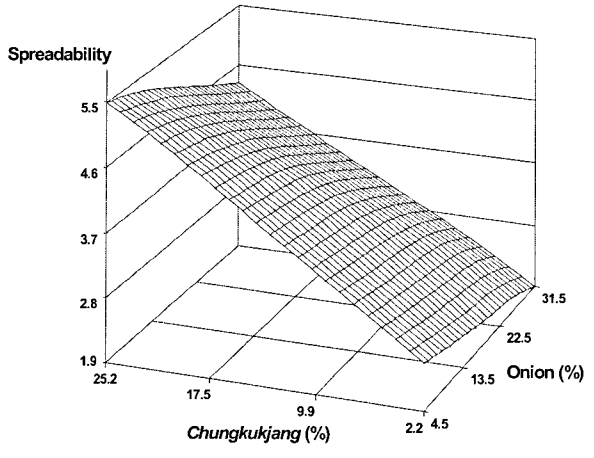

Fig. 5. Response surface plot for the effects of *Chungkukjang* and onion on the spreadability.

관계에 의해 적절한 반죽신장성을 제공할 수 있다고 사료된다. 발효팽창력 측정값의 환산점수는 실험조건에 따라 1~5의 범위를 보여주었으며(Table 7), 청국장 첨가량($p<0.01$)과 발효시간($p<0.001$)에 대하여 크게 영향을 받았다(Table 9). 한편 양파첨가에 따른 유의적인 영향은 나타나지 않았으며, Seguchi M와 Abe M(2003)의 보고와는 다른 결과를 보였다.

3) 전반적 품질지수에 미치는 효과

관능특성과 가공특성을 모두 나타내는 전반적 품질지수(total score)는 실험조건에 따라 53.67~70.89의 넓은 범위로 나타났다(Table 7). Table 9에 의하면 청국장 첨가로 크게 영향을 받았으며($p<0.001$), 청국장과 양파의 유의적인 교호작용($p<0.001$)도 나타났다. Fig. 6에 나타난 바와 같이. 전반적 품질지수는 청국장첨가량이 증가할수록 감소하였다. 그러나 발효시간에 따른 영향은 거의 없었다(Table 9). 언급된 위의 결과에서와 같이 청국장첨가량은 낮을수록 기호성에 유리하게 작용하므로 본 실험에서 반응표면분석에 의한 청국장의 최적 첨가수준을 추적하기는 어려운 한계가 있음을 인정할 수밖에 없었다. 그러나 sheeting과정에서 다른 이스트발효빵보다 신장성이 중요시되는 피자반죽에 대한 가공적성은 청국장과 양파의 조합으로 제조공정에서의 적합한 반죽물성을 나타내어 청국장 사용 전보다 훨씬 작업적성이 개선됨을 알 수 있었다. 따라서 생리활성이 우수하나 관능적 기호성과 제빵적성이 떨어지는 청국장을 양파와 함께 사용함으로써 기호성의 보완과 가공적성의 향상을 가져온 것이 본 실험결과의 성과라고 하겠다.

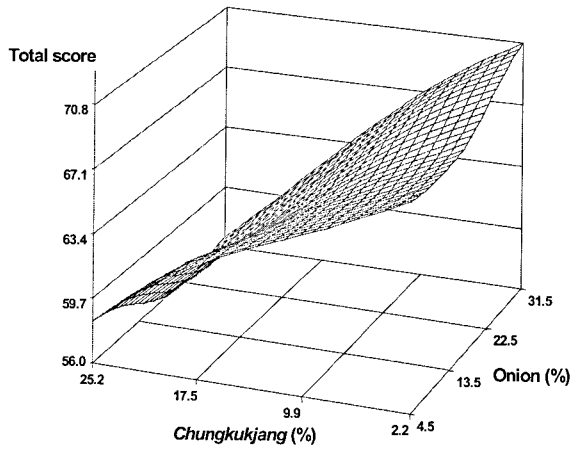

Fig. 6. Response surface plot for the effects of individual factors on the total score.

4) 양파 및 청국장 첨가 피자크러스트의 최적 제조조건

본 실험영역에서의 모든 반응 값의 정상점(stationary point)은 안장점을 나타내고 있었다. 최적조건은 피자의 품질특성에 중요한 요인으로 작용하는 관능특성과 가공특성을 모두 나타내는 전반적 품질지수(total score)의 최고점을 최적의 조건으로 선정하고자 하였다. 전반적인 품질지수의 정상점(stationary point) 또한 안장점을 나타내어 최고점을 얻기 위한 능선분석(ridge analysis, coded radius 1.0) 결과로부터 Table 10과 같이 청국장첨가량 7.1%, 양파첨가량 25.1%, 발효시간 52.3분의 최적조건을 얻었다. 이렇게 추적된 최적조건에서 적합된 반응표면식(Table 8)으로부터 계산된 예측치를 구하고 동일조건에서 실험을 실시한 후 Table 6에 근거하여 실측치를 환산하여 예측치와 비교한 결과 실측치의 전반적 품질지수는 76.3으로 예측치 70.2보다 다소 높게 나타났다(Table 11). 이로써 RSM으로부터 추적된 배합비율과 발효시간이 적합함을 알 수 있었으며 피자크러스트제조에 청국장과 양파의 활용 가능함을 확인하였다.

Table 10. Optimum conditions of pizza dough with addition *Chungkukjang* and onion by RSM model

Factor	Optimum Code	Optimum
Chungkukjang(X_1)	-0.98	7.1(%)
Onion(X_2)	0.89	25.1(%)
Fermentation time(X_3)	0.23	52.3(min)

Table 11. Comparisons of quality evaluation of pizza crust from RSM

	Predicted value[1)]	Actual value[2)]
Odor	12.2	14.1
Taste	13.2	14.4
Texture	12.9	13.9
Grain	6.5	6.8
Color	6.4	6.9
Overall acceptability	13.1	14.1
Spreadability	2.9	3.0
Fermentation property	3.3	3.0
Total score	70.2	76.3

[1)]Predicted score by polynomial equation from RSM
[2)]Actual score obtained at optimum conditions from RSM

Ⅳ. 요약 및 결론

가공적성에 적합하고 관능적으로 우수한 청국장·양파 첨가 피자크러스트 개발을 위하여 RSM을 이용한 최적 제조조건을 수립하고자하였다. 생청국장을 첨가한 피자 빵반죽의 끈적임성은 매우 높아 가공적성이 상당히 불량하였으나 생청국장의 10분 가열처리와 생청국장에 제빵개량제(2%) 사용으로 끈적임성이 각각 37%, 51% 감소하였다. 따라서 가열하지 않은 생청국장에 제빵개량제 첨가만으로도 반죽물성이 현저히 개선되었다. 피자크러스트 제조에 청국장첨가는 전반적 기호도를 비롯한 조사된 모든 관능적 기호성과 밀어펴기특성에 유의적으로 영향을 미쳤다. 청국장 첨가량이 증가할수록 냄새와 맛에 대한 기호도가 낮아지면서 전반적인 기호도와 전반적 품질지수에 부정적인 영향을 보였으며 밀어펴기 특성은 증가하였다. 이러한 생청국장 사용에 의한 피자빵 반죽물성 및 관능적 기호성 저하는 양파의 사용으로 현저히 보완되었다. RSM분석결과로 얻어진 청국장·양파피자 크러스트의 최적 제조조건은 양파첨가량 25.1%, 청국장첨가량 7.1%, 발효시간 52.3분으로 나타났다. 예측된 최적 제조조건에서 실험한 결과 전반적인 품질지수는 실측치가 반응표면식으로부터의 예측반응 값보다 다소 높게 나타나 RSM으로부터 추적된 배합비율과 발효시간은 적합하여 그 유용성이 확인되었다.

참고문헌

김성곤. 1978. 제빵 및 제분공업에서의 효소제의 활용. 식품과학 11(1): 38-41

원태연, 정성원. 2001. 한글 SPSS 10K 통계조사분석. SPSS 아카데미. Seoul. pp 53-264

AOAC. 1996. Official Method of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. U.S.A. p 4

Bae JH, Woo HS, Choi HJ, Cheong C. 2003a. Physicochemical properties of onion powder added wheat flour dough. Korean J Food Sci Technol 35(3): 436-441

Bae JH, Woo HS, Choi HJ, Cheong C. 2003b. Quality characteristics or the white bread with onion powder. Korean J Food Sci Technol 35(6): 1124-1128

Chen J, Ho CT. 1999. Comparition of volatile generation in serine/threonine/glutamine-ribose/glucose/fructose model systems. J Agric Food Chem 47(2): 643-647

Cha MH, Yoon S. 1993. Modification of functional properties of soy protein isolate by proteolytic enzymes. Korean J Food Sci Technol 25(1): 39-45

Choi SH, Ji YA. 1989. Changes in flavor of *Chungkookjang* during fermentation. Korean J Food SCI Technol 21(2): 229-234

Coppola S, Pepe O, Masi P, Sepe M. 1996. Characterization of leavened doughs for pizza in Naples. Adv Food Sci(CMTL) 18(5/6): 160-162

Faheid SMM 1999. Studies on onion and garlic bread. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 95(1): 17-21

He H, Hoseney RC. 1992. Effect of quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. Cereal Chem 69(1): 17-19

In JP, Lee SK, Ahn BK, Chung IM, Jang CH. 2002. Flavor improvement of *Chungkookjang* by addition of Yucca (*Yucca shidigera*) extract. Korean J Food Sci Technol 34(1): 57-64

Kim KJ, Ryu MK, Kim SS. 1982. *Chungkook-jang* koji fermentation with rice straw. Korean J Food Sci Technol 14(4): 301-308

Kim SH, Yang JL, Song YS. 1999. Physiological functions of *Chongkukjang*. Food Industry and Nutrition 4(2): 40-46

Kim YS, Jung HJ, Park YS, Yu TS. 2003. Characteristics of flavor and functionality of *Bacillus subtilis* K-20 *Chunggukjang*. Korean J Food Sci Technol 35(3): 475-478

Kim YS. 2004. Rapid fermentation of *Chungkook-jang* using soybean powder and baking of functional bread containing *Chungkook-jang*. MS Thesis. Andong National Universty. Andong. pp 1-42

Kruger JE. 1971. Effects of proteolytic enzymes on gluten as measured by a stretching test. Cereal Chem 48(2): 121-131

Larsen DM, Setser CS, Faubion JM. 1993. Effect of flour type and dough retardation time on the sensory characteristics of pizza crust. Cereal Chem 70(6): 647-650

Lee BY, Kim DM, Kim KH. 1991. Physioco-chemical properties of viscous substance extracted from *Chunkook-jang*. Korean J Food Sci Technol 23(5): 599-604

Lee KO. 2006. Market trends of pizza. Korea Food Information Institute. The Monthly Food World 7: 63-68

Lee YK, Lee MY, Kim MJ, Kim SD. 2004. Effect of *Chungkukjang* water extracts on the dough fermentation and quality characteristics of bread. J East Asian Soc Dietary Life 14(5): 487-494

Oh HJ. Kim CS. 2004. Development of yeast leavened pan bread using commercial *Doenjangs* (Korea soybean paste): 2. Correlation between factors relating with dough extensibility and bread quality in addition of

Doenjang. J Korean Soc Food Sci Nutr 33(5): 880-887

Oh YK, Kim CS, Chang DJ. 2002. Optimization of steamed bread making with addition of green tea powder using response surface methodology. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(3): 451-459

Park SH. 1999. Modern experiment design. Minyoung Press. Seoul. pp 521-564

Pepe O, Villani F, Oliviero D, Greco T, Coppola S. 2003. Effect of proteolytic starter cultures as leavening agents of pizza dough. International Journal of Food Microbiology 84: 319-326

Pyler EJ. 1988. Baking Science and Technol. 3rd ed., Vol. Ⅱ, Sosland Pup. Co. Marriam, KS. pp 1063-1065

Randel WM. 1997. Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. In Spices: Flavor Chemistry and Antioxidant Properties. Randel WM, ed. American Chemical Society Washington DC. U.S.A. pp 41-52

Seguchi M, Abe M. 2003. Effect of Welsh onion(*Allium fistulosum L.*) on breadmaking properties. J Food Sci 68(5): 1810-1813

Shon MY, Kim MH, Park SK, Park JR, Sung NJ. 2002. Taste components and palatability of black bean *Chungkukjang* added with kiwi and radish. J Korean Soc Food Nutr 31(1): 39-44

Yu TH, Wu CM, Rosen RT, Hartman TG, Ho CT. 1994. Volatile compound generated from thermal degradation of allin and deoxyallin in an aqueous solution. J Agric Food Chem 42(1): 146-153

Yu TH, Ho CT. 1995. Volatile compounds generated from thermal reaction of methionine and methionine sulfoxide with or without glucose. J Agric Food Chem 43(6): 1641-1646

(2007년 5월 8일 접수, 2007년 7월 10일 채택)