

함초 첨가 거품형 썬케이크의 재료 혼합비율의 최적화

김유숙 · 곽성호¹ · 장명숙
단국대학교 식품영양학과, ¹뉴욕베이커리

Optimization of Ingredient Mixing Ratio for Preparation of Steamed Foam Cake with
Added Saltwort (*Salicornia herbacea* L.)

Kim Yu-Suk, Kwak Sung Ho¹, Myung-Sook Jang
Department of Food Science and Nutrition, Dankook University
¹The New York Bakery Store

Abstract

To obtain basic data for the utilization of saltwort (*Salicornia herbacea* L.) as a functional ingredient in steamed foam cake, the optimum component ratios for major raw ingredients (saltwort, salt, and wheat flour) as independent variables that affect the product quality were scientifically determined using RSM (response surface methodology) technique. A three-factor and five-level rotational central composite design was used for treatment arrangement. The complete design consisted of 16 experimental points. The three independent variables selected for the RSM experiment were amounts of saltwort (X_1 , 5~25 g), salt (X_2 , 0~10 g), and wheat flour (X_3 , 470~530 g). The optimum responses in specific gravity of the batter and volume, color, texture, and sensory evaluation result of the cake were obtained. The specific gravity and viscosity of the batter at $p<0.01$ was verified from the regression curve. The characteristic of the batter was influenced by all independent variables, but was extremely dependent on the amount of saltwort ordinary points of the surface responses from the batter formed the minimum points for specific gravities of the batter while viscosities of the batter appeared with the saddle points. Analysis of the response indicated that the amount of saltwort was the most influential factor over the physical properties of the cake, among the dependent variables. Ordinary points of the surface responses from the cake formed the maximum points for loaf volume, hardness, gumminess, and chewiness, while Hunter colorimetric parameters appeared with the saddle points. The result indicated that level of the saltwort deviating more or less from the optimal amount decreased the volume and increased the specific gravity with less tender product. Ordinary points of the surface responses of the sensory evaluation scores from the cake formed the maximum points for appearance, flavor, softness, and overall acceptability, while color values appeared with the saddle points. The result also indicated that the level of the saltwort deviating more or less from the optimal amount reduced the preference for the product. Integration of the optimum responses common to all dependent variables that overlapped all the contour maps finally indicated that the combination of 8.3~13.8 g saltwort, 2.5~6.6 g salt, and 486.5~511.5 g wheat flour under the selected preparation recipe optimized the physical and sensory properties in the steamed foam cakes. Practical preparation of the product with median amounts of the ingredients, i.e., 11.0 g saltwort, 4.6 g salt, and 499.0 g wheat flour resulted in similar qualities to the predicted responses. In conclusion, these study results indicated that preparation of steamed foam cake with added saltwort ingredient could potentially produce a more nutritious product with less salt. Further research is required to acquire the optimum levels for sub-ingredients to improve the product quality.

Key words : Optimization, mixing ratio, steamed, foam cake, saltwort (*Salicornia herbacea* L.), RSM (response surface methodology)

I. 서 론

Corresponding author: Myung-Sook Jang, Dankook University San 8,
Hannam-dong, Yongsan-ku, Seoul, 140-714, Korea
Tel: 02-709-2429
Fax: 02-792-7960
E-mail: msjang1@dankook.ac.kr

함초(saltwort, *Salicornia herbacea* L.)는 명아주과
(*Chenopodiaceae*)에 속하는 한해살이 식물로 다량의 염

분을 축척하고 있으며, 우리나라에서는 마디마디 뛰어나온 풀이라 하여 통통마디라고 한다(Shimizu K 2000, Min JG 등 2002). 함초의 짠맛은 단맛이 살짝 베인 짠맛으로 음식에 이용하면 맛을 향상시켜 주며(Han SK 등 2003), 유럽에서는 어린줄기를 샐러드로 만들어 먹기도 한다(Jo YC 등 2002, Han SK와 Kim Sm 2003). 함초에는 칼륨, 마그네슘, 칼슘 등의 무기질이 풍부하고, 필수 지방산인 리놀렌산이 전체 지방산 중 약 50% 함유되어 있으며, 필수아미노산의 함량이 총 아미노산 함량 대비 약 40%를 함유한 것으로 보고되고 있어 건강 기능성 식품 소재로 매우 유용하다(Shimizu K 2000, Min JG 등 2002).

현재까지 함초에 대한 국내 연구로는 함초의 항산화 효과에 관한 연구(Han SK 등 2003, Han SK와 Kim SM 2003, Han SK 2004), 함초로부터 베타인 정량에 관한 연구(6), 함초의 생리활성기능 탐색에 관한 연구(Lee JT 와 An BJ 2002)와 함초의 생리활성기능과 화장품소재로서의 응용에 관한 연구(Lee JT 등 2002)가 진행되어 있으나 음식에 적용한 사례는 거의 없는 실정이며 앞으로 활발한 진행이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

최근 제과 제빵 업계에서는 케이크를 오븐에 굽지 않고 찜이라는 조리 방법을 이용하는데 많은 관심을 가지고 있으며 찜의 조리법을 이용하여 케이크를 제조하게 되면 오븐을 이용하여 구울 때보다 시간이 단축될 수 있으며 오븐이 없이도 케이크를 제조할 수 있는 장점이 있다. 우리나라의 경우 최근 오븐의 사용이 증가하였지만 아직까지 쉽고 간편하게 조리할 수 있는 찜 조리법을 더 많이 이용하고 있다(Kwhak SH 2004).

현재까지 찜케이크에 관한 연구로는 반응표면 분석법을 이용하여 거품형 찜케이크 혼합방법별 제조조건의 최적화 연구(Kwhak SH 2004, Kwhak SH와 Jang MS 2005, 곽성호 등 2005), 솔잎가루 첨가량을 달리 한 찜케이크에 관한 연구(Kwhak SH 등 2002)와 가루녹차 첨가 거품형 찜케이크의 최적화에 관한 연구(곽성호 등 2004)가 이루어져 있다. Kwhak SH(2004)의 거품형 찜케이크 혼합방법별 제조조건에 관한 선행 연구에서 기본 배합비율에 대한 최적조건은 설정되었지만 기능성을 가지고 있는 재료를 첨가한 기능성 거품형 찜케이크에 대한 연구는 앞으로 더욱더 활발하게 진행되어야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 기능성 찜케이크를 개발하고

자 하는 목적으로 거품형 찜케이크에 함초를 첨가하여 제조하였을 때의 최적 배합 비율을 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM)으로 찾아 기능성 찜케이크의 상품화를 위한 기초자료를 만들고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 밀가루는 중력분(CJ(주))을 사용하였고, 함초(경기도 강화도산)는 분말을 구입하여 사용하였다. 부재료로서 정백당(CJ(주)), 달걀은 국내산 신선란(홍운 농장, 경기도 운천)을 구입하여 알끈을 제거한 후 사용하였다. 술은 럼(Commander White rum, 알코올 37.5%, (주)페르노 리카 코리아), 제재염(순도 88% 이상, CJ(주)), 베이킹 파우더(신진 식품)를 사용하였다.

2. 함초 첨가 거품형 찜케이크의 제조

함초 찜케이크 제조를 위한 재료의 배합비율은 Kwhak SH(2004)의 방법을 일부 수정한 공립법으로 하였다. 재료의 배합성분 및 비율은 Table 1과 같다. 볼에 전란을 풀고 거품기로 30번 저어 설탕을 넣어 섞은 후 중탕하였다. 항온수조에서 60°C가 되게 하고 내용물이 40°C가 될 때까지 잘 저어주었다. 수직형 전기믹서(B20-F, 宇宙産業, China)의 믹싱 볼에 중탕시킨 달걀, 설탕을 넣고 3단으로 16분간 휘핑한 것을 믹싱 볼에 옮겨 담아 20 mesh 체에 내린 밀가루, 함초와 베이킹 파우더를 넣어 나무주걱으로 80회 섞은 다음 물, 술과 소금을 넣어 나무주걱으로 70회 섞어 반죽하였다. 케이크 반죽은 11×23×6 cm 케이크 팬에 400 g씩 팬닝하여 스텁 온도 100°C로 예열된 찜기(K-5DX, Arahata, Co., Japan)에서 23분간 찜냈다. 찜 낸 케이크는 30 cm

Table 1. Standard formula of the steamed foam cake added with saltwort

Ingredient	Weight (g)	Baker's Percent
Wheat flour ¹⁾	500	100
Saltwort	15	3
Whole egg	800	160
Sugar	600	120
Salt	5	1
Baking powder	10	2
Water	50	10
Rum (alcohol 37.5%, v/v)	50	10

¹⁾All-purpose flour

높이에서 2회 충격 편평 한 다음 팬에서 꺼내어 실온 ($20\pm2^{\circ}\text{C}$)에서 1시간 식힌 후 실험에 사용하였다.

3. 실험계획

함초 챔케이크의 최적의 배합비율을 선정하기 위하여 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였으며 실험계획은 중심합성계획(central composite design)(Raymond HM 1995, 성내경 2000)을 통하여 부재료가 영향을 미치는 한계 구간을 설정하였다. 함초 챔케이크의 최적조건을 구하기 위하여 예비실험을 통해 함초의 양(X_1), 소금의 양(X_2), 밀가루의 양(X_3)을 독립 변수로 하였고, Table 2와 같이 각 요인의 수준은 -2, -1, 0, 1, 2로 5단계로 부호화하였다. 3요인 5단계로 하는 중심합성 계획법(central composite design) (Raymond HM 1995, 성내경 2000)에 따라 실험점(2^n)은 8개, 축점($2n$)은 6개, 중심점(n_0)은 2개로 총 16개의 실험 처리구를 설정하였고, Table 3과 같다.

독립변수를 X, 반응변수를 Y로 설정한 다음 무작위 순서로 실험하여 얻은 반응변수 Y값을 통계 package SAS(version 8.12)(장지인 등 1996, 송문섭 1998)를 이용하여 2차 회귀식을 구하고 각 인자에 대해 model을 설명할 수 있는 1차선형 효과, 2차 곡선 효과 및 인자 간 교호작용을 살펴보며 회귀식을 이용하여 독립변수에 대한 종속값의 반응표면 분석은 SAS의 RSREG(response surface regression analysis)방법을 이용하여 분석하였고, 정상점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점(saddle point)일 경우나 실험영역을 벗어난 최대점·최소점일 경우에는 능선분석을 실시하여 최적점을 구하였다(성내경 2000).

4. 물리적 특성평가

1) 비중

함초 챔케이크 반죽의 비중(A.A.C.C. 1986)은 물 무게에 대한 케이크 반죽의 무게비로 나타내었다. 케이

Table 2. Levels of independent variables in central composite design for the steamed foam cake added with saltwort

Independent variables	Code	Coded-variable levels				
		-2	-1	0	1	2
Saltwort (g)	X_1	5	10	15	20	25
Salt (g)	X_2	0	2.5	5	7.5	10
Wheat Flour (g)	X_3	470	485	500	515	530

크 제조 공정에서 밀가루의 투입 전 달걀 거품과 투입 후 반죽 무게를 재어 달걀 거품과 케이크 반죽의 비중을 계산하였다.

2) 점도

반죽의 점도는 점도계(LVDV-II+, L. A., USA)를 이용하여 측정하였다. 반죽 130 g을 취하여 온도가 18°C 가 되었을 때 점도계 spindle S63으로 30 rpm으로 10 초간 작동시킨 후 겉보기 점도를 측정하였다. 모든 측정은 5회 이상 반복 실험하여 평균값으로 나타내었다.

3) 부피

부피는 16개의 실험 처리구에 따라 함초 챔케이크를 만들어 종자치환법을 이용하여 5회 반복 측정하여 평균값으로 하였다.

4) 색도

16개의 실험 처리구에 따라 함초 챔케이크를 만들어 $5\times5\times2\text{ cm}$ 로 자른 후 crumb의 색을 색차계(JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b), 총색차($\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)값

Table 3. Experimental designs for the optimization of the steamed foam cake added with saltwort

Experiment number ¹⁾	Experimental factor values					
	Coded values			Real values ²⁾		
	X_1	X_2	X_3	C_1	C_2	C_3
1	-1	-1	-1	10	2.5	485
2	-1	-1	1	10	2.5	515
3	-1	1	-1	10	7.5	485
4	-1	1	1	10	7.5	515
5	1	-1	-1	20	2.5	485
6	1	-1	1	20	2.5	515
7	1	1	-1	20	7.5	485
8	1	1	1	20	7.5	515
9	0	0	0	15	5	500
10	0	0	0	15	5	500
11	-2	0	0	5	5	500
12	2	0	0	25	5	500
13	0	-2	0	15	0	500
14	0	2	0	15	10	500
15	0	0	-2	15	5	470
16	0	0	2	15	5	530

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design

²⁾ C_1 = saltwort (g), C_2 = salt (g), C_3 = wheat flour (g)

을 측정하였다. 측정은 최소한 5회 이상 반복 실험하여 평균값으로 나타내었다. 이 때 사용한 표준 백색판 (standard plate)의 명도는 98.71, a값은 -0.92, 그리고 b값은 -0.46이었다.

5) 텍스처

함초 짬케이크를 만들어 직경 3 cm의 원통으로 찍어낸 다음 높이를 2 cm로 일정하게 하여 Texture Analyzer(TA XT-2, Stable Micro System, Ltd., UK)를 사용하여 two-bite compression test를 이용하여 조직감을 측정하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 겹성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)의 TPA(texture profile analysis) 특성치를 Bourne 등(Bourn MC 1978)의 분류법에 따라 분석하였다. 모든 측정은 10회 이상 반복하였고 데이터 분석은 average curve를 사용하였다. 사용한 기기의 측정조건은 pre-test speed 5.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post test speed 5.0 mm/s, distance 10.0 mm, deformation 50%이었고, probe는 지름 34 mm cylinder을 이용하여 측정하였다.

5. 관능검사

16개 실험 처리구에 따라 함초 짬케이크를 만들어

오후 3시에 30명의 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도 그리고 전반적인 기호도의 7가지 특성에 대하여 9점 평점법(김광옥 등 1993)으로 실시하였다. 기호도는 “대단히 싫음(dislike extremely)”을 1점, “대단히 좋음(like extremely)”을 9점으로 평가하였다. 제시된 시료는 세 자리 숫자로 표시하였으며, 일정한 크기(5×5×2 cm)로 잘라 똑같은 백색 접시에 담아 물과 함께 제공하였고, 한 개의 시료를 평가한 다음 생수로 입안을 깨끗하게 행군 후 다른 시료를 평가하도록 하였다. 최대한 랜덤화, 블록화 될 수 있도록 한 사람의 검사원이 1회에 4개씩의 시료를 제시하고 총 16개 처리군의 시료가 중복되지 않게 하였으며, 각 패널에게 주어지는 4개의 시료가 동일한 순위와 구성으로 이루어지지 않도록 조절하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

1) 비중

16개의 실험조건에 따른 함초 짬케이크 반죽의 비중은 0.43~0.54의 범위의 값을 보였고(Table 4), 다른 논

Table 4. Experimental data on the physical characteristics of the steamed foam cake added with saltwort under different condition of saltwort (X_1), salt (X_2), and wheat flour (X_3) for central composite design

Experiment number ¹⁾	Preparation conditions						physical characteristics						
	$X_1^{2)}$	X_2	X_3	$Y_1^{3)}$	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}
1	10(-1) ⁴⁾	2.5(-1)	485(-1)	0.49	16332.67	1410	75.43	3.72	30.61	39.10	191.37	109.48	111.59
2	10(-1)	2.5(-1)	515(1)	0.43	15793.00	1480	75.29	4.64	31.86	40.32	202.75	116.18	120.13
3	10(-1)	7.5(1)	485(-1)	0.51	18143.00	1380	74.77	3.97	31.87	40.52	201.34	115.26	114.73
4	10(-1)	7.5(1)	515(1)	0.48	17742.67	1440	75.06	4.00	32.62	40.96	214.69	122.78	121.09
5	20(1)	2.5(-1)	485(1)	0.53	17378.67	1339	69.29	5.04	31.69	43.99	256.86	145.08	143.55
6	20(1)	2.5(-1)	515(1)	0.49	15253.33	1395	68.05	5.01	32.39	45.03	268.47	151.18	150.75
7	20(1)	7.5(1)	485(1)	0.54	16813.33	1278	68.86	4.83	33.71	45.46	267.92	152.08	149.41
8	20(1)	7.5(1)	515(1)	0.54	14586.67	1339	67.85	6.32	32.16	45.16	264.87	151.20	146.44
9	15(0)	5(0)	500(0)	0.48	17552.67	1450	71.73	4.57	32.14	42.68	245.42	139.56	137.13
10	15(0)	5(0)	500(0)	0.46	17552.67	1480	71.16	4.21	32.51	43.00	276.45	157.11	152.71
11	5(-2)	5(0)	500(0)	0.48	17703.33	1420	77.85	3.95	31.63	38.58	205.72	117.43	119.55
12	25(2)	5(0)	500(0)	0.54	15733.33	1309	66.82	5.13	31.84	45.49	311.50	176.70	172.95
13	15(0)	0(-2)	500(0)	0.49	17240.00	1410	71.39	5.88	32.50	43.04	218.76	125.14	123.97
14	15(0)	10(2)	500(0)	0.52	17999.67	1353	71.11	4.62	32.01	42.97	235.92	134.48	132.04
15	15(0)	5(0)	470(-2)	0.53	16160.00	1339	70.70	5.31	32.22	43.19	209.62	120.68	118.92
16	15(0)	5(0)	530(2)	0.49	14933.33	1410	70.78	5.31	31.73	42.77	231.15	133.91	131.75

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design

²⁾ X_1 : saltwort (g), X_2 = salt (g), X_3 = wheat flour (g)

³⁾ Y_1 = specific gravity, Y_2 = viscosity Y_3 = volume, Y_4 = L, Y_5 = a, Y_6 = b, Y_7 = ΔE , Y_8 = hardness (g), Y_9 = gumminess (g), Y_{10} = chewiness (g · cm)

⁴⁾Coded values

문에서도 스폰지 케이크의 비중이 0.45~0.55(김성곤 등 1999, 남혜영 2000)로 본 연구에서의 결과와 유사한 경향을 보였다. 비중의 실험결과를 SAS program을 이용하여 2차 회귀식(Table 5)을 구한 결과 R^2 (결정 계수)의 값이 0.94로 1% 이내 수준에서 유의성이 인정되었다. R^2 값이 1에 가까울수록 또한 p -value의 값이 0.05보다 작을수록 반응 모형이 자료에 적합하다고 하였다(Yoon KY 등 1997).

Table 5의 2차 회귀식과 Table 6을 통해 각각의 독립변수가 반응변수에 미치는 영향을 본 결과 모든 독립변수에 의해 영향을 받았고, 특히 함초의 양이 비중에 가장 큰 영향을 주는 인자로 작용하였다.

비중의 반응표면의 정상점은 최소점의 형태를 보였고(Table 7), 최적 조건은 함초의 양 9.85 g, 소금의

2.55 g, 밀가루의 양 516.55 g으로 결정되었다. 결정된 2차 회귀식의 계수를 바탕으로 3차원 반응표면(Fig. 1)을 도식화한 결과 함초의 양이 증가할수록 비중이 감소하다가 중심점에서 최소점을 보인 후 증가하는 것을 알 수 있었다.

비중은 달걀 거품의 형성 정도를 말하며, 일정한 온도에서 물의 무게를 반죽의 무게로 나눈 값(김성곤 등 1999)으로 굽고 난 후 부피뿐 만 아니라 기공과 조직에 결정적인 영향을 미치기 때문에 반죽 제조에 있어 매우 중요한 요인이다(Miller RA와 Hoseny RC 1993). 비중이 낮을수록 반죽에 공기가 많이 포함되어 있음을 의미하고 비중 값이 높을수록 반죽의 기포함유 정도는 적어지므로 완제품의 부피 감소 원인이 된다고 하였다(배종호 등 1999).

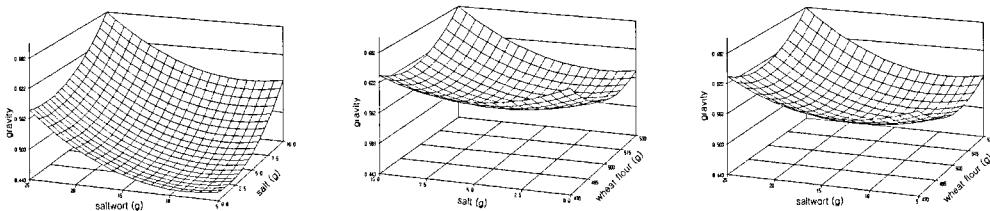


Fig. 1. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for specific gravity of the steamed foam cake batter added with saltwort

Table 5. Polynomial equation calculated by response surface methodology program for the steamed foam cake added with saltwort

Response	Polynomial equation ¹⁾	R^2	Significance
Specific gravity	$Y_1 = 14.308986 - 0.044254X_1 - 0.105975X_2 - 0.052282X_3 + 0.000465X_1^2 - 0.000030000X_1X_2 + 0.001640X_2^2 + 0.000068333X_1X_3 + 0.000190X_2X_3 + 0.000049444X_3^2$	0.94	0.0044
Viscosity	$Y_2 = -570620 + 3244.243583X_1 + 759.750833X_2 + 2281.288528X_3 - 8.343400X_1^2 - 49.920000X_1X_2 + 2.686600X_2^2 - 5.686667X_1X_3 + 0.126733X_2X_3 - 2.228894X_3^2$	0.95	0.0036
Volume	$Y_3 = -24894 + 36.070833X_1 + 41.258333X_2 + 102.584722X_3 - 1.005000X_1^2 - 0.470000X_1X_2 - 3.340000X_2^2 - 0.021667X_1X_3 - 0.016667X_2X_3 - 0.100556X_3^2$	0.94	0.0062
L	$Y_4 = -133.287917 + 1.113000X_1 + -1.113000X_2 + 0.824250X_3 + 0.008900X_1^2 + 0.002600X_1X_2 - 0.007800X_2^2 - 0.004000X_1X_3 + 0.002200X_2X_3 - 0.000783X_3^2$	0.98	<.0001
Hunter's a color values b	$Y_5 = 234.026389 - 0.418125X_1 - 1.614750X_2 - 0.902097X_3 + 0.000300X_1^2 + 0.014900X_1X_2 + 0.029600X_2^2 + 0.000850X_1X_3 + 0.002100X_2X_3 + 0.000889X_3^2$	0.70	0.3104
ΔE	$Y_6 = -126.335556 + 2.606125X_1 + 4.716583X_2 + 0.506681X_3 - 0.005900X_1^2 - 0.002300X_1X_2 - 0.002800X_2^2 - 0.004750X_1X_3 - 0.009167X_2X_3 - 0.000389X_3^2$	0.58	0.5538
Hardness	$Y_7 = 40.702222 + 1.438167X_1 + 3.624333X_2 - 0.090722X_3 - 0.008050X_1^2 - 0.004600X_1X_2 + 0.006600X_2^2 - 0.001533X_1X_3 - 0.007067X_2X_3 + 0.000156X_3^2$	0.96	0.0022
Textural characteristics	$Y_8 = -15293 + 24.575125X_1 + 43.595750X_2 + 60.567208X_3 - 0.154450X_1^2 - 0.144500X_1X_2 - 1.868600X_2^2 - 0.026950X_1X_3 - 0.042300X_2X_3 - 0.059633X_3^2$	0.96	0.0012
Gumminess	$Y_9 = -8125.976875 + 13.566750X_1 + 22.416667X_2 + 32.185583X_3 - 0.087300X_1^2 - 0.053600X_1X_2 - 1.039400X_2^2 - 0.015000X_1X_3 - 0.020533X_2X_3 - 0.031667X_3^2$	0.96	0.0017
Chewiness	$Y_{10} = -7742.013056 + 13.686792X_1 + 31.208583X_2 + 30.564764X_3 - 0.060000X_1^2 - 0.025500X_1X_2 - 0.969800X_2^2 - 0.017783X_1X_3 - 0.041167X_2X_3 - 0.029906X_3^2$	0.96	0.0011

¹⁾ X_1 : saltwort (g), X_2 = salt (g), X_3 = wheat flour (g)

2) 점도

달걀 거품의 안정성은 점도에 의하여 영향을 받는 것(Miller RA 와 Hoseny RC 1993)으로 알려져 있으며, Table 4에서 보면 실험조건에 따라 함초 챔케이크 반죽의 점도는 14586.67~18143.00 cP · sec의 범위를 보였다. 2차 회귀식의 경우 R^2 값은 0.95로 1% 이내 유의성이 인정되었다(Table 5).

점도는 모든 독립변수에 의해 영향을 받았고, 그 중 함초의 양과 밀가루의 양이 큰 계수를 보여 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었다(Table 5, 6).

반응표면의 정상점은 안장점의 형태를 보였고, 최적 조건은 함초의 양 8.57 g, 소금의 8.82 g, 밀가루의 양 500.63 g으로 결정되었다(Table 7).

3차원 반응표면(Fig. 2)을 도식화한 결과 함초의 양이 증가할수록 점도가 낮아짐을 알 수 있었다. 이는 함초가 물과 결합하는 능력이 낮아서 반죽의 점도가 낮아진 것으로 생각되고 비중과 점도의 관계에서는 Kim YA(2003)의 뽕잎분말을 첨가한 엘로우 레이어 케이크의 품질특성에 관한 연구의 반죽의 점도가 클수록 비중이 작아지는 것과 유사한 결과를 보여주었다.

3) 부피

함초 챔케이크의 부피는 각각의 실험조건에 따라 1,278~1,480 mL의 범위를 보여주었다(Table 4). 2차 회귀식의 경우 R^2 값은 0.94로 1%이내 수준에서 유의성이 인정되었으며, 회귀식은 Table 5와 같다. 부피는 모든 독립변수에 의해 영향을 받았고, 특히 함초가 가장 큰 영향을 주는 인자로 작용하였다(Table 6).

정상점은 최대점의 형태를 보여주었으며, 이 때의 최적 조건은 함초의 양 10.08 g, 소금의 4.52 g, 밀가루의 양 509.89 g으로 나타났다(Table 7). 2차 회귀식의 계수를 바탕으로 3차원 반응표면(Fig. 3)을 도식화한 결과 함초의 양, 소금의 양과 밀가루의 양이 증가할수록 부피가 증가하다가 중심점에서 최대점을 보인 후 감소하였다.

케이크 반죽을 굽게되면 공기, 탄산가스, 수분에서 생긴 증기는 팽창하게 되고, 글루텐은 탄력성과 점성이 있기 때문에 이들 전체를 보유한 채 들어나 부피를 가지게 된다고 하였다(Ahn JM와 Song YS 1999). 비중과 부피를 비교하여 볼 때 비중은 굽고 난 후 부피와 많은 관련이 있으며, 비중이 적을수록 반죽의 기포 함유 정도가 높아져 구운 후의 부피가 증가(Miller RA 와 Hoseny RC 1993)한다는 연구결과에 따라 본 실험

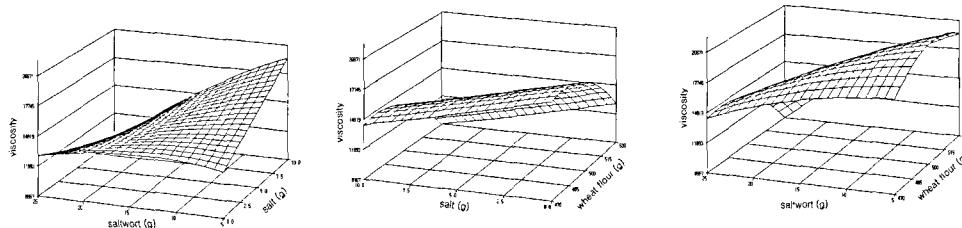


Fig. 2. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for viscosity of the steamed foam cake batter added with saltwort

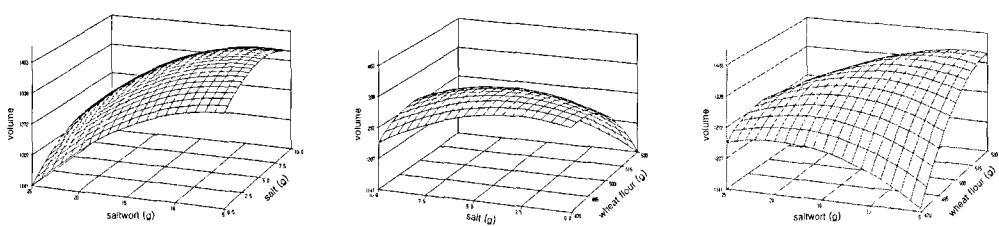


Fig. 3. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for volume of the steamed foam cake added with saltwort

에서도 점성이 크고 비중이 낮은 것이 굽는 과정 중에 기포가 손실되지 않고 팽창이 지속되어 부피가 가장 크게 나타난 것을 알 수 있었다. 합초 챔케이크의 비중 값이 높을수록 반죽의 기포 함유 정도는 적고 (Miller RA와 Hoseney RC 1993), 소금의 양이 많아질수록 반죽이 단단해져(배종호 등 1999) 완제품의 부피가 감소하는 것으로 나타났다. 합초의 양이 증가할수록 비중 값이 조금 높은 값을 보이고 있는데 이는 빵이나 케이크의 부피가 줄고 조직이 거칠어진다는 Oh SC 등(2002)의 연구와 Ahn JM과 Song YS(1999)의 연구에서 미역과 다시마의 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하는 결과와 일치하는 경향을 보였다.

4) 색도

16개의 실험 조건에 따라 제조한 합초 챔케이크의 명도(L)는 66.82~75.43의 범위를 보여주었으며(Table 4), 회귀식의 경우 R^2 값은 0.98로 0.1% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다(Table 5). Table 6에서 보면 독립변수 중 합초의 양이 가장 많은 영향을 주었다 ($F\text{-value} = 94.58$). 반응표면은 안장점의 형태이고, 최적 조건은 합초의 양 5.17 g, 소금의 양 4.35 g, 밀가루의 양 496.15 g으로 설정되었다(Table 7). 3차원 반응표면을 도식화한 결과 합초의 양이 증가할수록 총색차가 높아졌으며(Fig. 4), 이러한 결과는 Kim YA(2005)의 연구에서 구기자의 첨가량에 따라서 총색차이 유의적

g, 밀가루의 양 498.11 g으로 결정되었다(Table 7). 합초의 양이 증가함에 따라 명도는 낮아졌는데(Fig. 4) 이것은 Jeong CH와 Shim KH(2004)의 새송이 버섯 분말을 첨가한 스판지 케이크를 제조에서 버섯 분말 첨가 비율이 증가할수록 어두워지는 결과와, Kim YA(2003)와 Kim YA(2005)의 구기자 분말과 뽕잎분말을 첨가한 옐로우 레이어 케이크의 제조에서 첨가량이 증가할수록 어두워지는 결과와 유사한 경향을 보였다.

적색도(a)는 3.72~6.32, 황색도(b)는 30.61~33.71의 범위를 보여주었고(Table 4), 2차 회귀식의 경우 R^2 값이 0.70, 0.58로 유의성이 인정되지 않았다(Table 5).

총색차(ΔE)는 38.58~45.49의 범위를 나타내었고 (Table 4), R^2 의 값은 0.96로 1% 수준 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 5). Table 6에서 총색차에 대한 독립변수의 영향을 보면 합초의 양이 가장 영향을 많이 주었다. 반응표면의 정상점은 안장점의 형태이고, 최적 조건은 합초의 양 5.17 g, 소금의 양 4.35 g, 밀가루의 양 496.15 g으로 설정되었다(Table 7). 3차원 반응표면을 도식화한 결과 합초의 양이 증가할수록 총색차가 높아졌으며(Fig. 7), 이러한 결과는 Kim YA(2005)의 연구에서 구기자의 첨가량에 따라서 총색차이 유의적

Table 6. Analysis of variance showing significance for effects of processing variables on the physical characteristics in preparation of the steamed foam cake added with saltwort

Preparation conditions	Specific gravity	Viscosity	Volume	Hunter's color values				Textural characteristics		
				L	a	b	ΔE	Hardness (g)	Gumminess (g)	Chewiness (g · cm)
X ₁ ¹⁾	13.65 ^{**}	12.81 ^{**}	13.78 ^{**}	94.58 ^{***}	2.31	1.22	30.95 ^{***}	30.16 ^{***}	26.53 ^{***}	30.23 ^{***}
X ₂	7.90 [*]	5.78 [*]	5.65 [*]	0.24	0.70	0.84	0.64	5.55	4.97 [*]	5.77 [*]
X ₃	9.13 [*]	12.87 ^{**}	7.73 [*]	0.96	0.70	1.21	0.39	7.37 [*]	6.15 [*]	7.99 [*]

¹⁾X₁ : saltwort (g), X₂ = salt (g), X₃ = wheat flour (g)

*Significant at 5% level

**Significant at 1% level

***Significant at 0.1% level

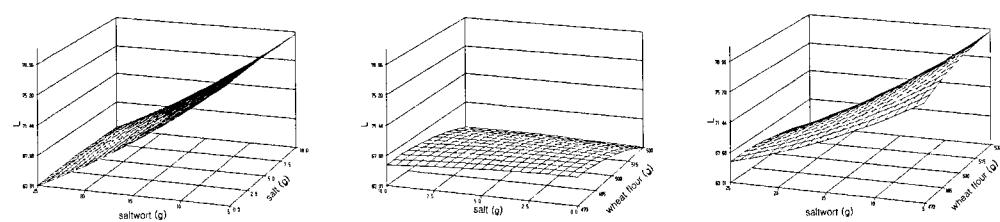


Fig. 4. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for Hunter's color L of the steamed foam cake added with saltwort

으로 증가하는 결과와 Kim CS(2001)의 연구에서 뽕잎 분말의 첨가량의 증가에 따라 총색차도 증가하는 결과

와 유사한 경향을 보였다. 따라서 함초 첨가량이 증가 할수록 색의 변화가 많음을 알 수 있었다.

Table 7. Predicted optimum conditions for the highest physical characteristic of the steamed foam cake added with saltwort

Physical characteristics	Preparation conditions			Estimated response (max/min) ²⁾	Morphology
	X ₁ ¹⁾	X ₂	X ₃		
Specific gravity	9.85	2.55	516.55	0.44(min)	minimum
Viscosity	8.57	8.82	500.63	19325(max)	saddle point
Volume	10.08	4.52	509.89	1403.38(max)	maximum
Hunter's color values	L a b ΔE	5.06 5.67 8.32 5.17	4.79 6.77 2.92 4.35	502.98 498.11 481.50 496.15	saddle point saddle point saddle point saddle point
Textural characteristics	Hardness Gumminess Chewiness	8.63 8.50 9.22	2.94 2.94 3.09	480.47 480.83 478.37	maximum maximum maximum

¹⁾X₁ = saltwort (g), X₂ = salt (g), X₃ = wheat flour (g)

²⁾max : maximum, min : minimum

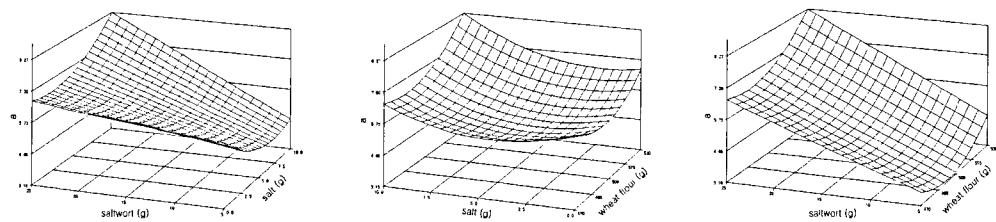


Fig. 5. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for Hunter's color a of the steamed foam cake added with saltwort

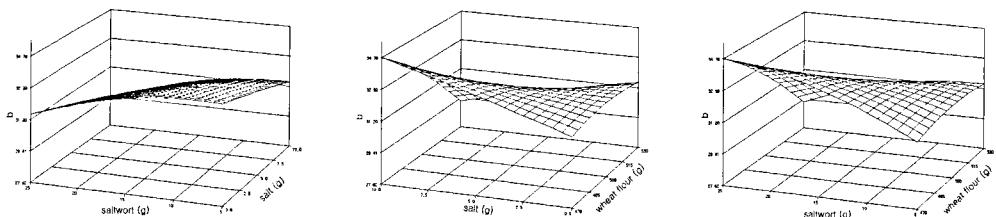


Fig. 6. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for Hunter's color b of the steamed foam cake added with saltwort

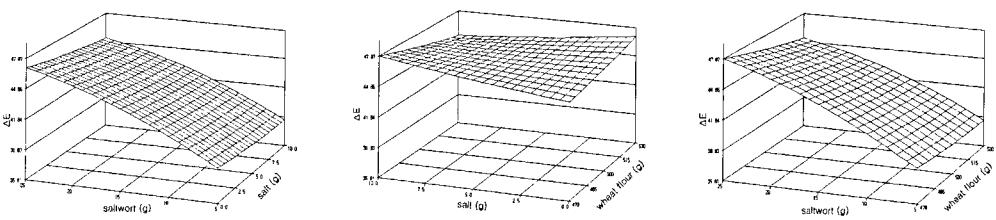


Fig. 7. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for Hunter's color ΔE of the steamed foam cake added with saltwort

5) 텍스쳐

경도는 191.37~311.50 g의 범위를 보여주었으며 (Table 4), 2차 회귀식의 경우 R^2 값은 0.96으로 1% 수준 이내에서 회귀식의 유의성이 인정되었다(Table 5). 합초와 밀가루의 양은 경도에 영향을 주는 인자로 작용하였고, 특히 가장 영향을 많이 주는 인자는 합초의 양임을 알 수 있었다(Table 6). 반응표면은 정상점에서 최대점의 형태를 보여주었으며, 최적 조건은 합초의 양 8.63g, 소금의 양 2.94 g, 밀가루의 양 480.47 g으로 설정되었다(Table 7). 3차원의 반응표면(Fig. 8)을 도식화한 결과 합초의 양이 증가할수록 높은 값을 보여 부드러움이 감소하였고, 소금과 밀가루의 양이 증가할수록 높은 값을 보이다가 최적 조건에서 최대점을 보인 후 감소하였다. 케이크의 경도에 영향을 미치는 요인에는 케이크의 수분 함량, 공기 구멍의 발달 정도, 부피 등이 있는데, 공기 구멍이 잘 발달된 케이크일수록 부피가 크고, 경도가 낮은 것으로 보고되었다(Chabot JF 1979). 본 실험의 결과에서도 합초 챔케이크의 부피가 클수록 경도가 낮아지는데 Ahn JM와 Song YS (1999)의 미역과 다시마 가루를 첨가하여 케이크를 제조하여 실험한 결과와 유사하였고, Kim EJ와 Kim SM(1998)의 제조 방법별 솔잎 추출물을 이용한 제빵

적성 연구와 Lee KA(1997)의 분리 대두 단백이 스폰지 케이크의 품질에 관한 연구에서 밀가루 외의 기타 가루를 첨가하여 식빵이나 스폰지 케이크를 제조할 때 조직이 딱딱해지는 경향과 유사한 결과를 보였다. 합초의 양이 최적 조건보다 증가하면 케이크의 조직감 향상에 기여하지 않으며 합초 가루 내 점질물이 케이크 반죽을 전체적으로 무겁게 만드는 동시에 기포의 얇은 막 형성과 기포의 팽창을 방해하여 케이크의 내부조직을 단단하게 하는 것을 알 수 있었다.

검성은 109.48~176.70 g의 범위를 보였으며(Table 4), 2차 회귀식에서 R^2 값은 0.96으로 1% 수준 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 5). 모든 독립변수가 검성에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 가장 영향을 많이 주는 인자는 합초의 양이었다 (Table 6). 정상점의 형태는 최대점의 형태를 보였으며, 최적 조건은 합초의 양 8.50 g, 소금의 양 2.94 g, 밀가루의 양 480.83 g으로 설정되었다(Table 7). 합초의 양과 밀가루의 양이 증가할수록 검성이 증가하여 부드러움이 감소하며 경도와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 9).

씹힘성은 111.59~172.95 g · cm 의 범위를 보였고 (Table 4), 2차 회귀식에서 R^2 값은 0.96으로 1% 수준 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 5). Table 6에서

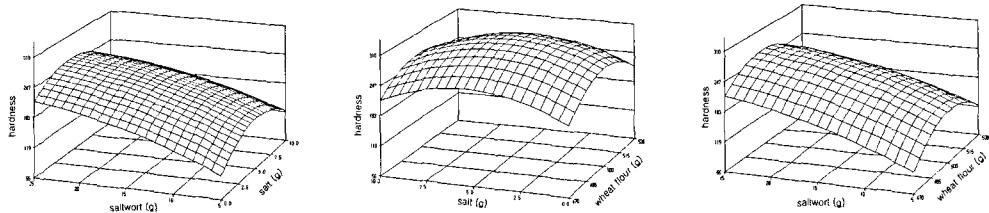


Fig. 8. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for hardness of the steamed foam cake added with saltwort

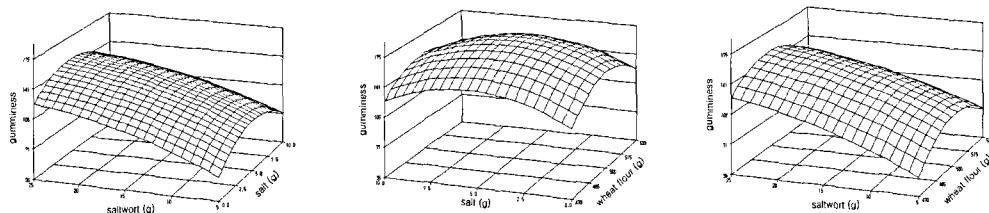


Fig. 9. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for gumminess of the steamed foam cake added with saltwort

보면 모든 독립변수가 씹힘성에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 함초의 양이 가장 영향을 많이 주는 것을 알 수 있었다. 정상점의 형태는 최대점의 형태를 보였고, 최적 조건은 함초의 양 9.22 g, 소금의 양 3.09 g, 밀가루의 양 478.37 g으로 설정되었다(Table 7). 3차 원 반응표면을 도식화한 결과 함초의 양과 밀가루의 양이 증가할수록 씹힘성이 증가하였고, 소금의 양은 증가할수록 최적 조건에서 최대점을 보인 후 감소하는 반응표면을 보였다(Fig. 10).

2. 관능검사

각각의 실험조건에 따라 제조된 16개의 함초 챠케이

크의 외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도에 대한 9점 평점법으로 관능검사 결과 외관은 5.70~7.55, 색은 5.95~7.55, 냄새는 5.45~7.60, 맛은 6.50~7.55, 부드러운 정도는 6.50~7.70, 촉촉한 정도는 6.05~7.70, 전반적인 기호도는 6.80~8.00 범위의 점수를 받았다(Table 8).

관능 특성인 외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 전반적인 기호도의 R^2 값은 각각 0.86, 0.86, 0.90, 0.96, 0.90, 0.94로 외관, 색, 맛, 냄새, 부드러운 정도는 5% 이내에서, 맛과 전반적인 기호도는 1% 이내에서 유의적인 차이가 인정되었고, 촉촉한 정도는 R^2 값이 0.73으로 유의성이 인정되지 않았다(Table 9).

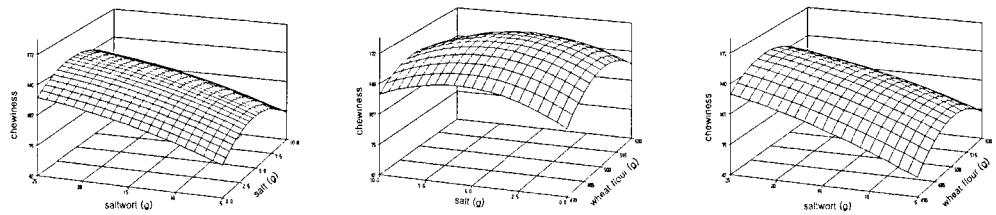


Fig. 10. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for chewiness of the steamed foam cake added with saltwort

Table 8. Experimental data on the sensory scores of the steamed foam cake added with saltwort under different condition of saltwort (X_1), salt (X_2), and wheat flour (X_3) for central composite design

Experiment number ¹⁾	Preparation conditions			sensory scores						
	X_1 ²⁾	X_2	X_3	Y_{11} ³⁾	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}
1	10(-1) ⁴⁾	2.5(-1)	485(-1)	6.85	7.25	7.50	7.35	7.70	7.15	7.85
2	10(-1)	2.5(-1)	515(1)	7.10	7.45	7.25	7.55	7.60	6.55	7.65
3	10(-1)	7.5(1)	485(-1)	7.35	6.80	7.20	7.05	7.20	7.45	7.35
4	10(-1)	7.5(1)	515(1)	7.25	6.55	7.05	7.15	7.25	6.80	7.45
5	20(1)	2.5(-1)	485(1)	6.65	6.05	6.80	6.85	7.00	6.60	6.95
6	20(1)	2.5(-1)	515(1)	6.50	6.75	6.80	7.05	7.25	6.45	7.05
7	20(1)	7.5(1)	485(1)	6.55	6.90	6.65	6.50	6.65	6.75	6.85
8	20(1)	7.5(1)	515(1)	6.80	6.30	6.15	6.75	6.75	6.95	6.95
9	15(0)	5(0)	500(0)	7.45	7.35	7.35	7.40	7.70	7.35	7.75
10	15(0)	5(0)	500(0)	7.55	7.20	7.45	7.55	7.75	7.30	7.70
11	5(-2)	5(0)	500(0)	7.25	7.55	7.60	7.25	7.60	7.65	8.00
12	25(2)	5(0)	500(0)	5.70	5.95	5.45	6.55	6.50	6.35	6.80
13	15(0)	0(-2)	500(0)	7.35	6.85	7.25	7.20	7.30	6.80	7.35
14	15(0)	10(2)	500(0)	7.10	6.60	6.95	6.75	7.15	6.05	7.15
15	15(0)	5(0)	470(-2)	7.20	6.70	7.05	6.85	7.25	6.50	7.25
16	15(0)	5(0)	530(2)	7.25	7.50	7.35	7.20	7.30	6.75	7.30

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design

²⁾ X_1 : saltwort (g), X_2 = salt (g), X_3 = wheat flour (g)

³⁾ Y_{11} = appearance, Y_{12} = color, Y_{13} = smell, Y_{14} = taste, Y_{15} = softness, Y_{16} = moistness, Y_{17} = overall acceptability

⁴⁾Coded values

2차 회귀식(Table 9)과 각 반응변수에 대한 독립 변수의 영향을 본 결과(Table 10) 외관, 색, 냄새, 부드러운 정도는 합초의 양에 의해 영향을 받았고, 전반적인 기호도는 합초의 양과 소금의 양에 영향을 받았으나 특히 합초가 가장 많은 영향을 주었다. 맛은 모든 독립 변수에 의해 영향을 받았으며, 합초의 양, 소금의 양, 밀가루의 양 순서로 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 관능검사 항목을 종합해 보면 합초의 양이 가장 큰 영향을 주는 독립 변수로 작용하였다.

정상점은 외관, 냄새, 부드러운 정도와 전반적인 기호도는 최대점의 형태를, 색은 안장점의 형태를 나타내었으며, 최적조건은 합초의 양, 소금의 양, 밀가루의 양이 외관의 경우 11.69 g, 6.02 g, 502.89 g, 색 9.14 g, 2.03 g, 516.56 g, 냄새 10.26 g, 3.30 g, 504.30 g, 맛 11.40 g, 3.52 g, 505.41 g, 부드러운 정도 10.78 g, 3.67 g, 498.78 g, 전반적인 기호도 5.88 g, 3.12 g, 495.19 g

으로 설정되었다(Table 11).

결정된 2차 회귀식의 계수를 바탕으로 3차원 반응

Table 11. Predicted optimum conditions for the highest sensory characteristic of the steamed foam cake added with saltwort

Sensory characteristics	Preparation conditions				
	X ₁ ¹⁾	X ₂	X ₃	Estimated response (max/min) ²⁾	Morphology
Appearance	11.69	6.02	502.89	7.50(max)	maximum
Color	9.14	2.03	516.56	7.92(max)	saddle point
Smell	10.26	3.30	504.30	7.57(max)	maximum
Taste	11.40	3.52	505.41	7.58(max)	maximum
Softness	10.78	3.67	498.78	7.79(max)	maximum
Moistness	6.00	4.63	487.12	7.65(max)	maximum
Overall acceptability	5.88	3.12	495.19	8.03(max)	maximum

¹⁾X₁ = saltwort (g), X₂ = salt (g), X₃ = wheat flour (g)

²⁾max : maximum, min : minimum

Table 9. Polynomial equation calculated by response surface methodology program for the steamed foam cake added with saltwort

Response	Polynomial equation ¹⁾	R ²	Significance
Sensory characteristics	Appearance Y ₁₁ =-71.935764+0.307292X ₁ +0.102917X ₂ +0.307431X ₃ -0.010250X ₁ ² -0.004500X ₁ X ₂ -0.011000X ₂ ² -0.00008333X ₁ X ₃ +0.000167X ₂ X ₃ -0.000306X ₃ ²	0.86	0.0492
	Color Y ₁₂ =-56.838194-0.120625X ₁ +2.837917X ₂ +0.226736X ₃ -0.005250X ₁ ² +0.017500X ₁ X ₂ -0.022000X ₂ ² +0.000250X ₁ X ₃ -0.005833X ₂ X ₃ -0.000194X ₃ ²	0.86	0.0483
	Smell Y ₁₃ =-53.142014+0.274583X ₁ +0.784167X ₂ +0.230139X ₃ -0.008750X ₁ ² -0.003000X ₁ X ₂ -0.012000X ₂ ² -0.000167X ₁ X ₃ -0.001333X ₂ X ₃ -0.000222X ₃ ²	0.90	0.0224
	Taste Y ₁₄ =-119.965625+0.003125X ₁ +0.219583X ₂ +0.503125X ₃ -0.005750X ₁ ² +0.000500X ₁ X ₂ -0.020000X ₂ ² +0.000250X ₁ X ₃ -0.000167X ₂ X ₃ -0.000500X ₃ ²	0.96	0.0013
	Softness Y ₁₅ =-114.392708-0.184583X ₁ +0.150000X ₂ +0.491667X ₃ -0.006750X ₁ ² -0.020000X ₂ ² +0.000667X ₁ X ₃ -0.000500X ₃ ²	0.90	0.0219
	Moistness Y ₁₆ =-167.720486-1.038333X ₁ -0.162500X ₂ +0.737361X ₃ -0.003250X ₁ ² +0.001000X ₁ X ₂ -0.036000X ₂ ² +0.002167X ₁ X ₃ +0.001000X ₂ X ₃ -0.000778X ₃ ²	0.73	0.2416
Overall acceptability	Y ₁₇ =-111.366667-0.238750X ₁ -0.417500X ₂ +0.488333X ₃ -0.003250X ₁ ² +0.005000X ₁ X ₂ -0.019000X ₂ ² +0.000500X ₁ X ₃ +0.001000X ₂ X ₃ -0.000500X ₃ ²	0.94	0.0044

¹⁾X₁ : saltwort (g), X₂ = salt (g), X₃ = wheat flour (g)

Table 10. Analysis of variance showing significance for effects of processing variables on the sensory scores in preparation of the steamed foam cake added with saltwort

Preparation conditions	F-ratio						
	Appearance	Color	Smell	Taste	Softness	Moistness	Overall acceptability
X ₁ ¹⁾	8.88***	6.91*	11.96**	25.29***	11.08***	2.35	20.83***
X ₂	0.35*	3.48	1.11*	13.85**	3.40	1.59	4.72*
X ₃	0.27*	1.70	0.21*	8.23*	1.58	1.43	2.87

¹⁾X₁ : saltwort (g), X₂ = salt (g), X₃ = wheat flour (g)

*Significant at 5% level

**Significant at 1% level

***Significant at 0.1% level

표면을 도식화한 결과 관능검사에서는 함초의 양이 적거나 많아질 경우에 오히려 점수가 낮아지는 것을 알 수 있었다(Fig. 11~17).

3. 최적 조건의 결정

함초 챠케이크를 제조 할 경우 독립변수에 영향을

받으며 유의적인 차이가 인정된 반응변수 중 함초 챠케이크의 품질 특성에 중요한 요인으로 작용하는 반죽의 특성(비중, 점도), 함초 챠케이크의 물리적 특성(부피, 명도, 총색차, 경도, 겹성, 챙힘성)과 관능검사 항목(외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 전반적인 기호도)을 이용하여 최적의 조건을 선정하였다.

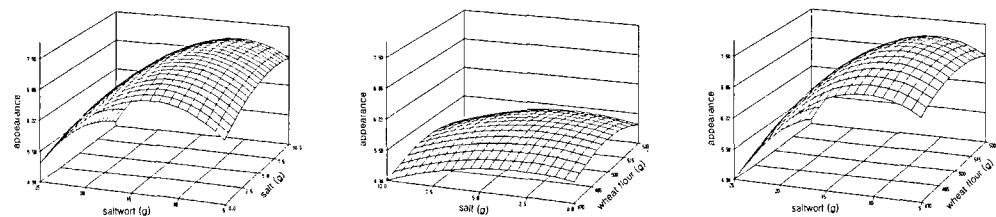


Fig. 11. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in appearance of the steamed foam cake added with saltwort

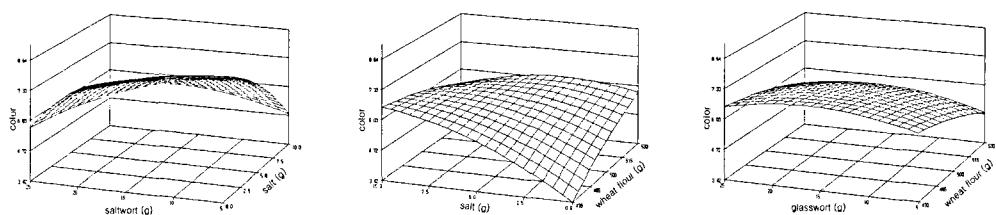


Fig. 12. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in color of the steamed foam cake added with saltwort

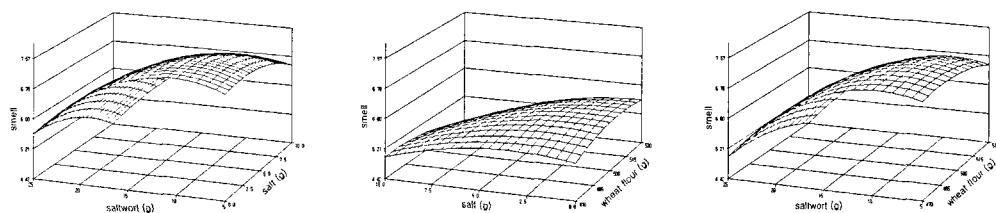


Fig. 13. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in smell of the steamed foam cake added with saltwort

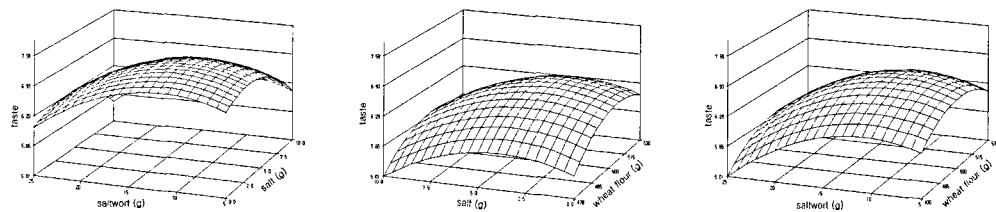


Fig. 14. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in taste of the steamed foam cake added with saltwort

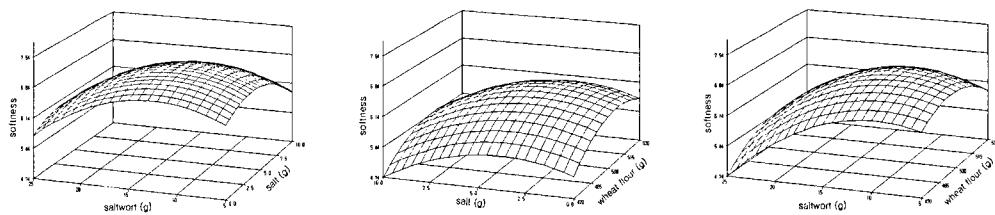


Fig. 15. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in softness of the steamed foam cake added with saltwort

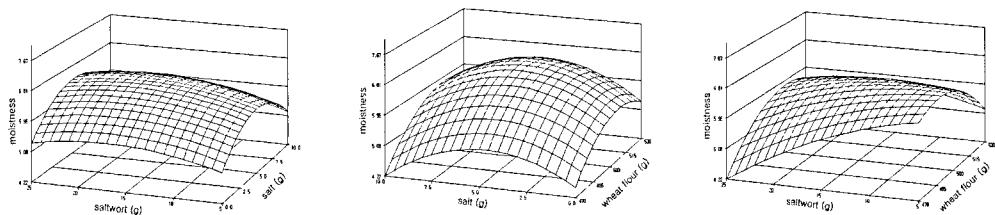


Fig. 16. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in moisture of the steamed foam cake added with saltwort

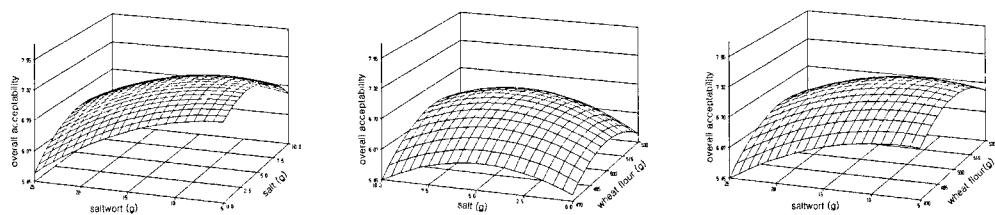


Fig. 17. A three-dimensional response surface illustrating optimal conditions for sensory scores in overall acceptability of the steamed foam cake added with saltwort

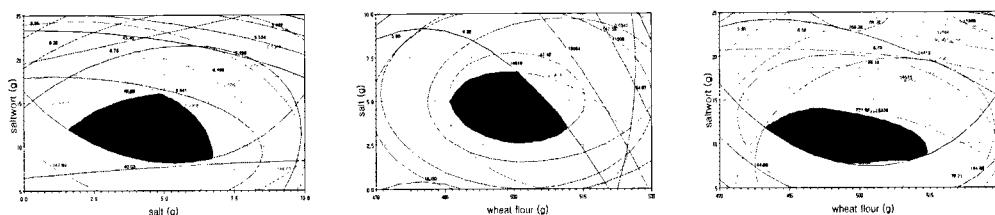


Fig. 18. Superimposed contour map for optimization of variables in the steamed foam cake added with saltwort

각 반응변수의 predicted level은 Table 7, 11과 같으며, 이들의 contour map을 중첩하여 모두 만족시켜 주는 선들의 교집합을 각각의 독립변수의 최적 조건으로 설정하였다. 함초 챔케이크를 제조할 경우 예측되는 최적 조건은 Fig. 18의 빗금 친 부분으로 함초의 양은 8.3~13.8 g, 소금의 양은 2.5~6.6 g, 밀가루의 양은

486.5~511.5 g으로 각각 설정되었다(Table 12).

이상의 예측된 최적 조건을 검증하기 위하여 최적 조건 범위 내의 중간점 즉, 함초의 양 11 g, 소금의 양 4.6 g, 밀가루의 양 499 g을 최적점으로 설정하여 실제 함초 챔케이크를 만들어 물리적 특성을 측정하여 본 결과 실제 값들은 예측된 값들과 유사한 수준의 결과

Table 12. The optimum range of the steamed foam cake added saltwort for optimum response by superimposing of contour maps

	Saltwort(g)	Salt(g)	Wheat flour(g)
Optimum range	8.3~13.8	2.5~6.6	486.5~511.5

를 보였다(Table 13).

IV. 요약 및 결론

본 연구는 기능성 챠케이크를 개발하고자 하는 목적으로 거품형 챠케이크에 함초를 첨가하여 제조하였을 때의 최적 배합 비율을 반응표면 분석법(response surface methodology, RSM)으로 찾아 기능성 챠케이크의 상품화를 위한 기초자료를 만들고자 하였다. 함초 첨가 거품형 챠케이크(이하 함초 챠케이크) 제조를 위한 실험설계는 3요인 5단계로 하는 중심합성 계획법(central composite design)에 따라 16개 실험 처리구로 설정하였다. 함초의 양(X_1 , 5~25 g), 소금의 양(X_2 , 0~10 g), 밀가루의 양(X_3 , 470~530 g)을 독립변수로 설정하고 반죽의 특성인 비중과 점도, 함초 챠케이크의 물리적 특성인 부피, 색도, 텍스쳐와 관능검사의 평가 항목을 반응변수로 하여 최적화하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 비중과 점도의 2차 회귀식을 검증한 결과 1% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었고, 모든 독립변수에 의해 영향을 받았으나 그 중 함초의 양이 가장 큰 영향을 주는 인자로 작용하였다. 부피, 총색차, 경도, 겹성과 썹힘성은 1% 이내의 수준에서, 명도는

Table 13. Predicted and experimental values of response variables of the steamed foam cakes added saltwort at optimized

Response variables		Predicted	Experimental
Cake batter	Specific gravity	0.46	0.44
	Viscosity	17467.26	17921.83
	Volume (mL)	1471	1503
Cake	Hunter's color values		
	L	74.27	77.25
	a	4.13	3.78
	b	32.00	31.34
	ΔE	41.08	38.65
Textural characteristics			
	Hardness	241.83	229.41
	Gumminess	137.22	140.92
	Chewiness	136.21	117.67

0.1% 이내 수준에서 2차 회귀식의 유의성이 인정되었다. 독립변수가 각 반응변수에 미치는 영향을 본 결과 명도와 총색차는 함초의 양에 의해 가장 큰 영향을 받았고, 부피, 경도, 겹성과 썹힘성은 모든 독립변수에 의해 영향을 받았으나 그 중 함초의 양이 가장 큰 영향을 주는 인자로 작용하였다. 반응표면의 정상점의 형태는 부피, 경도, 겹성과 썹힘성은 최대점의 형태를, 색도는 안장점의 형태를 나타내었다. 3차원 반응표면을 도식화한 결과 함초의 양이 최적 조건보다 적거나 과도한 경우에는 비중이 높아지고 부피는 감소하여 부드러움이 감소하였다.

- 관능검사를 한 결과 외관, 색, 냄새와 부드러운 정도는 5% 이내 수준에서, 맛과 전반적인 기호도는 1% 이내 수준에서 2차 회귀식의 유의성이 인정되었다. 관능검사에서는 함초의 양이 가장 큰 영향을 주는 인자로 작용하였다. 반응표면의 정상점의 형태는 외관, 냄새, 부드러운 정도와 전반적인 기호도는 최대점을, 색은 안장점의 형태를 나타내었다. 3차원 반응표면을 도식화한 결과 함초의 양이 최적 조건보다 적거나 과도한 경우 오히려 낮은 점수를 받아 좋아하지 않음을 알 수 있었다.
- 최적 조건은 독립변수에 영향을 받으며 유의적인 차이가 인정된 반응변수에서 함초 챠케이크의 품질특성에 중요한 요인으로 작용하는 반죽의 특성 중 비중, 점도, 챠케이크의 물리적 특성 중 부피, 명도, 총색차, 경도, 겹성, 썹힘성 그리고 관능검사 중 외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 전반적인 기호도의 contour map을 종합하여 특성을 모두 만족시켜 주는 교집합으로 결정하였다. 그 결과 함초의 양 8.3~13.8 g, 소금의 양 2.5~6.6 g, 밀가루의 양 486.5~511.5 g으로 각각 나타났다. 이상의 예측된 최적 조건을 검증하기 위하여 최적 조건 범위 내의 중간점 즉, 함초의 양 11 g, 소금의 양 4.6 g, 밀가루의 양 499 g을 최적점으로 설정하여 실제 함초 챠케이크를 만들어 물리적 특성을 측정하여 본 결과 실제 실험 값들은 예측된 값들과 유사한 수준의 결과를 보였다.

이상의 연구 결과에서 함초의 양 11 g, 소금의 양 4.6 g, 밀가루의 양 499 g으로 최적의 챠케이크를 제조할 수 있으며, 이를 토대로 함초를 첨가한 기능성 챠케이크를 제조하여 상품화할 수 있을 것으로 기대된다.

다. 또한 부재료들의 최적 배합 비율을 찾아내어 더 좋은 품질의 기능성 거품형 채이크를 만들 수 있도록 연구하는 것이 앞으로의 과제이다.

참고문헌

- 곽성호, 박정은, 장명숙. 2005. 단단계법으로 만든 거품형 채이크의 관능적 특성 최적화. 한국조리과학회 춘계 학술대회. p 85
- 곽성호, 김미정, 장명숙. 2004. 가루녹차 첨가 채이크의 반 응표면 분석법에 의한 관능적 특성의 최적화. 한국조리과학회 국제학술대회 및 정기총회 학술발표. p 108
- 김광옥, 김상순, 성내경, 이영준. 1993. 관능검사방법 및 응용. 신광출판사. 서울. pp 207-225
- 김성곤, 조남지, 김영호. 1999. 제과제빵과학. (주)비앤씨 월드. 서울. pp 146, 157-159
- 남혜영. 2002. 제과제빵학 이론실기. 서도문화사, 서울.
- 배종호, 배만종, 정인창, 신영자, 이봉희, 권오진, 황경수. 1999. 제과·제빵학. 형설출판사. 서울. pp 47, 64, 222-225, 261-262
- 성내경. 2000. SAS/Graph-통계그래픽스. 자유아카데미. 서울. pp 201-246
- 송문섭. 1998. 원도우용 SAS를 이용한 통계자료분석. 자유아카데미. 서울. pp 61-84
- 장지인, 박상규, 이경주. 1996. SAS/PC를 이용한 통계자료 분석. 범문사. 서울. p 75
- Ahn JM, Song YS. 1999. Physico-chemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(3) : 534-541
- Approved Method of the AACC. 8th ed. 1986. American Association of Cereal Chemist. St. Paul. MN. pp 10-15
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. J Food Technol pp 32-62
- Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. Scanning Electron Microscopy 3 : 279-286
- Han SK, Kim SM, Pyo BS. 2003. Antioxidative effect of glasswort(*Salicornia herbacea L.*) on the lipid oxidation of pork. Korean J Food Sci Ani Resour 23(1): 46-49
- Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea L.* grown in closed sea beach. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(2) : 207-210
- Han SK. 2004. Antioxidant effect of fermented *Salicornia herbacea L.* liquid with EM(Effective Microorganism) on Pork. Korean J Food Sci Ani Resour 24(3) : 298-302
- Jeong CH, Shim KH. 2004. Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. J Korean Soc Food Sci Nutr 33(4) : 716-722
- Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bae TJ, Kan DS. 2002. Studies on pharmacological effects of glasswort(*Salicornia herbacea L.*). Korean J Medicinal Crop Sci 10(2) : 93-99
- Kim CS. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. J Korean Soc Food Sci Nutr 30(1) : 48-55
- Kim EJ, Kim SM. 1998. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. Korean J Food Sci Technol 30(3) : 542-547
- Kim YA. 2003. Effects of mulberry leaves powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. Korean J Food Sci Technol 35(5) : 871-876
- Kim YA. 2005. Effects of *Lycium chinense* powders on the quality characteristics of yellow layer cake. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(3) : 403-407
- Kwhak SH, Jang MS. 2005. Optimization for the physical properties of steamed foam cakes prepared with single-stage method by response surface methodology. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(4) : 557-566
- Kwhak SH, Moon SW, Jang MS. 2002. Effect of pine needle (*Pinus densiflora Seib. et Zucc.*) powder on the sensory and mechanical characteristics of steam cake. Korean J Soc Food Cookery Sci 18(4) : 399-406
- Kwhak SH. 2004. Optimization for the preparation of steamed foam cakes by mixing methods using response surface methodology. Doctorate thesis. Dankook University of Korea.
- Lee CH, Kim IH, Kim YE, Oh SW, Lee HJ. 2004. Determination of betaine from *Salicornia herbacea L.* J Korean Soc Food Sci Nutr 33(9) : 1584-1587
- Lee JT, An BJ. 2002. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea L.* Kor J Herbology 17(2) : 61-69
- Lee JT, Jeong YS, An BJ. 2002. Physiological activity of *Salicornia herbacea* and its application for cosmetic materials. Kor J Herbology 17(2) : 51-60
- Lee KA. 1997. Effect of isolated soy protein on sponge cake quality. Korean J Soc Food Cookery Sci 13(3) : 299-303
- Miller RA, Hoseney RC. 1993. The role of xanthan gum in white layer cake. Cereal Chem 70(6) : 585-588
- Min JG, Lee DS, Kim TJ, Park JH, Cho TY, Park DI. 2002. Chemical composition of *Salicornia herbacea L.* J Food Sci Nutr 7(1) : 105-107
- Oh SC, Nam HY, Cho JS. 2002. Quality properties and sensory characteristics of sponge cakes as affected by addition of *Dioscorea japonica* flour. Korean J Soc Food Cookery Sci 18(2) : 185-192
- Raymond HM. 1995. Response surface methodology. John Wiley & Sons Inc. pp 211-213
- Shimizu K. 2000. Effect of salt treatments on the production and chemical composition of glasswort(*Salicornia herbacea L.*), rhodesgrass and alfalfa. Jpn J Trop Agr 44(1) : 61-67
- Yoon KY, Yoon KS, Lee KH, Shin SR, Kim KS. 1997. Changes of quality in the osmotic dehydration of cherry-tomatoes and optimization for the process. J Korean Soc Food Sci Nutr 26(5) : 866-871

(2006년 8월 18일 접수, 2006년 10월 24일 채택)