

함초 첨가 설기떡의 재료 혼합비율의 최적화

장명숙[†] · 박정은

단국대학교 식품영양학과

Optimization of Ingredient Mixing Ratio for Preparation of *Sulgidduk* with Saltwort (*Salicornia herbacea* L.)

Myung Sook Jang[†] and Jung Eun Park

Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

Abstract

In an attempt to get basic data for the utilization of saltwort powder (*Salicornia herbacea* L.) as a ingredient in the *Sulgidduk*. D-optimal design of mixture design showed 14 experimental points including 4 replicates for three independent variables. The three independent variables selected for the experiment were water (13~18%), saltwort powder (2~6%), and sugar (8~13%). The optimum responses variables such as color value, texture, and sensory characteristics were evaluated. The compositional and functional properties of test were measured, and these values were applied to the mathematical models. According to the result of measuring probability of the color value, texture and sensory characteristics were respectively and significance was acknowledged ($p < 0.05$). According to the result of F-test, color values (L, a, b), textural properties (gumminess, chewiness) and sensory characteristics (taste, softness) decided linear model, textural property (hardness) and sensory characteristics (color, smell, moistness, overall acceptance) decided quadratic model. A canonical form and trace plot showed that the influence of each ingredient on the mixture final product. An optimum formulation by numerical and graphical methods were similar. Water, saltwort powder, and sugar were 15.2%, 3.0%, and 9.8% respectively by numerical method, and 15.2%, 3.1%, and 9.7% respectively by graphical method.

Key words: optimization, *Sulgidduk*, saltwort powder (*Salicornia herbacea* L.), mixture design

서론

함초(saltwort, *Salicornia herbacea* L.)는 명아주과에 속하는 한해살이 내염성 식물로서 우리나라의 서해안, 남해안의 갯벌 및 염전부근에서 자생하며 통통마디라고도 부른다. 다량의 염분을 축적하고 있을 뿐만 아니라 칼슘, 칼륨, 마그네슘 등의 천연미네랄을 다량 함유하고 있다(1,2). 함초의 짠맛은 단맛이 살짝 베인 짠맛으로 음식에 이용하면 맛을 향상시켜 주며(1), 유럽에서는 어린 줄기를 샐러드로 만들어 먹는 등 음식 재료로도 이용되고 있다(3,4). 최근 우리나라에서는 함초의 독특한 짠맛과 다양한 생리적 효능이 구전되어 전라남도 해남 등지에서 생나물로 식용하고 있으며(5), 생이나 분말형태로 판매되고 있다. 최근 들어 함초는 식용재배 및 기능성 식품소재로서의 활용방안이 이루어지고 있으며, 함초의 이용가능성에 대한 연구들도 이루어지고 있다. 함초에 대한 국내 연구로는 함초의 성분, 기능 및 약리효과에 대한 연구(3,6-11)들이 대부분이고, 음식에 함초를 첨가한 연구로는 돈육 지방의 항산화 작용에 대한 연구(1,12)와 열

무 불김치(13)와 거품형 썸 케이크에 이용한 논문(14) 등 음식에 적용한 논문들은 아직 많이 이루어지지 않은 실정이다. 함초를 이용한 음식을 개발하는 것이 필요하다고 생각된다. 설기떡은 가장 많이 먹는 떡 중의 하나로 함초를 넣으면 함초 특유의 맛이 설기떡과 잘 어울려 맛을 향상시켜 줄 것으로 기대된다.

혼합물 실험계획법(mixture design)은 식품의 개발과 최적화를 위한 중요한 방법으로 사용된다(15-17). 식품의 경우 여러 성분들이 혼합되어 있고 이러한 경우 각 혼합 성분의 양이 문제가 아니라 혼합비율이 문제가 되기 때문에 기존의 방법을 적용하여 분석하는데 어려움이 있다. 따라서 식품과 같이 몇 개 성분의 혼합물에 관한 실험에서는 어떠한 성분이 관심이 있는 종속변수에 유의한 영향을 미치고, 종속변수의 반응량을 최대 또는 최소로 만드는 최적혼합 비율을 찾고자 할 때 흔히 혼합물 실험계획법을 사용하게 된다(18).

따라서 본 연구에서는 혼합물 실험계획법을 이용하여 함초가루를 첨가한 설기떡의 최적 재료 혼합비율을 찾고자 하였으며, 이를 기초로 함초를 음식에 이용할 수 있는 방안을

[†]Corresponding author. E-mail: msjang1@dankook.ac.kr
Phone: 82-2-709-2429, Fax: 82-2-792-7960

제시하고 기능성 설기떡의 상품화를 위한 자료를 만들고자 하였다.

재료 및 방법

재료

쌀은 이천산 일반미를 사용하였고, 함초는 경기도 강화도 산의 가루를 구입하여 사용하였다. 설탕은 (주)CJ, 소금은 해표(순도 88% 이상) 재제염을 사용하였다.

설기떡 제조

쌀은 5회 씻어 8시간 동안 불린 후, 30분간 체에서 물기를 빼고 곱게 빻아 20 mesh 체에 통과시켜 사용하였다. 재료는 쌀가루 1 kg, 소금 10 g을 기준으로 수분, 함초가루 및 설탕 첨가량은 mixture design 중 D-optimal design(19)에 따라 Fig. 1의 실험점과 Table 1에 따라 혼합하였다. 소금은 물에 녹여 사용하였고, 20 mesh 체에 내린 쌀가루, 함초가루와 설탕을 먼저 고루 섞은 후 소금물을 부어 손으로 10분간 골고루 비벼 덩어리를 없앤 다음 20 mesh 체에 두 번 내렸다. 떡 틀에 면보를 깔고 떡가루를 넣은 후 평평하게 윗면을 고른 다음 100°C로 예열된 찜기(K-5DX, Arahata Co., Japan)에서 25분간 찜내었다. 찜낸 떡은 찜 틀에서 꺼내어 실온(20 ± 1°C)에서 1시간 식힌 후 실험에 사용하였다.

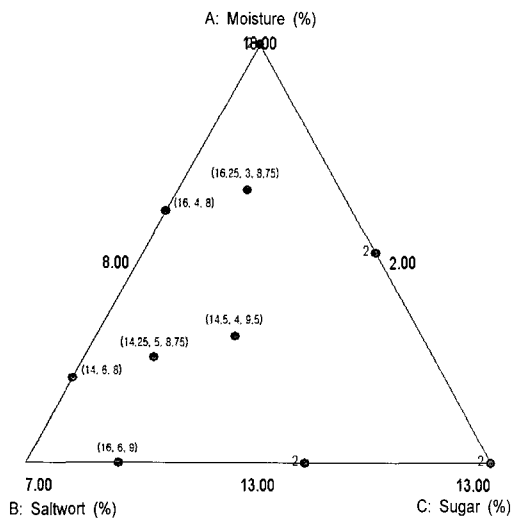


Fig. 1. Plot of a modified distance design in the mixture region.

Table 1. Operating conditions for Texture Analyzer

Instrument	Stable Micro System TA XT-2 Texture Analyzer
Type	TPA (Texture Profile Analysis test)
Probe	Φ34 mm cylinder probe
Pre-test speed	5.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post test speed	1.0 mm/s
Distance	10.0 mm
Strain deformation	50%

혼합비율의 최적화를 위한 실험디자인

모든 실험의 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 6(Stat-Easy Co., Minneapolis)를 사용하였다. 함초가루 첨가 설기떡의 재료 혼합비율의 최적화는 mixture design 중 D-optimal design(19)에 따라 설계하였고, 독립변수로 설기떡의 품질에 가장 영향을 줄 수 있는 수분(A), 함초가루(B), 설탕(C)을 설정하였다. 종속변수로는 색도(L, a, b값), 텍스처(hardness, gumminess, chewiness), 관능검사(색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도)를 설정하였다. 수분, 함초가루, 설탕첨가율의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 쌀가루 함량에 대하여 각각 13~18%, 2~6%, 8~13%로 정하였다. 실험점은 Fig. 1과 같고, 실험점의 재료 혼합비율은 Table 2와 같다.

설정된 혼합디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였다. Regression model을 나타내는 coefficient 값(15)들에 근거를 두고 계산되어졌고, linear와 canonical 형태의 quadratic model은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression방법(α = 0.1)으로 data 선택의 폭을 넓혔으며, 그 model과 coefficient 값들은 F-test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 response surface plot과 trace plot(20)을 이용하였다.

최적화

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분의 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 재료 혼합비의 최적화를 선정하였고, 그 때의 점을 예측하였다. 수치 최적화는 canonical 모형을 근간으로 하는 모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고 다음 식에 의하여 구하였다.

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

여기서 D는 overall desirability(21), d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다. 모형적 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

색도

설기떡을 5×5×2 cm로 자른 후 색차계(JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 10회 측정된 뒤 평균값을 나타내었다.

텍스처

설기떡을 만들어 직경 3 cm의 원통으로 찍어낸 다음 높이를 2 cm로 일정하게 하여 Texture Analyzer(TA XT-2, Stable Micro System, Ltd., UK)를 사용하여 50%의 변형율

Table 2. Experimental design for *Sulgidduk* with saltwort powder

No.	Run	Pseudo component ¹⁾			Actual component		
		A ²⁾	B	C	A (%)	B (%)	C (%)
1	3	0.00	0.00	1.00	13.00	2.00	13.00
2	10	1.00	0.00	0.00	18.00	2.00	8.00
3	13	0.00	0.80	0.20	13.00	6.00	9.00
4	2	0.60	0.10	0.00	16.00	4.00	8.00
5	4	0.50	0.00	0.50	15.50	2.00	10.50
6	6	0.00	0.40	0.60	13.00	4.00	11.00
7	7	0.30	0.40	0.30	14.50	4.00	9.50
8	11	0.20	0.80	0.00	14.00	6.00	8.00
9	8	0.65	0.20	0.15	16.25	3.00	8.75
10	9	0.25	0.60	0.15	14.25	5.00	8.75
11	5	0.00	0.00	1.00	13.00	2.00	13.00
12	12	1.00	0.00	0.00	18.00	2.00	8.00
13	1	0.50	0.00	0.50	15.50	2.00	10.50
14	14	0.00	0.40	0.60	13.00	4.00	11.00

¹⁾Pseudo components: $\chi_i = \frac{(\chi_i - l_i)}{(1 - \sum_{i=0}^p l_i)}$, $\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_p = 1$.

²⁾A: water, B: saltwort powder, C: sugar.

로 two-bite compression test를 이용하여 조직감을 측정하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 검성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)의 TPA(texture profile analysis) 특성치를 Bourne(22)의 분류법에 따라 분석하였다. 모든 측정은 10회 이상 반복하였고 데이터 분석은 average curve를 사용하였다. 사용한 기기의 측정조건은 Table 1과 같다.

관능검사

설기떡을 만들어 오후 3시에 30명의 단국대학교 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도 그리고 전반적인 기호도의 6가지 특성에 대하여 9점 평점법으로 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 헹군 후 다른 시료를 평가하도록 하였다. 시료의 검사 순서상에서 올 수 있는 오차를 줄이기 위해 무작위 순서대로 시료를 검사하게 하였다.

결과 및 고찰

혼합물 실험계획법에 의한 실험디자인

함초가루를 첨가한 설기떡의 재료 혼합비율의 최적화를 위하여 혼합물 실험계획법의 D-optimal design으로 실험디자인을 하였다. 독립변수인 수분, 함초가루, 설탕첨가율의 최소 및 최대 범위는 쌀가루 함량에 대하여 각각 13~18%, 2~6%, 8~13%로 설정하였다. 혼합물 실험계획법의 modified distance design을 이용하여 각 설정된 범위를 입력하였을 때 10개의 실험점이 형성되었고(Fig. 1), 4개의 반복점이

선택되었다(Table 2). 모든 실험순서(Run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 무작위로 실행하였고, Pseudo component는 실제 성분의 조합으로 실험디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위하여 나타내었다(13). 혼합물 내에서 각 성분이 미치는 영향을 알아보기 위하여 설정된 반응별로 모델링화를 하였고, 분석은 모델에 대한 F-test를 통하여 유의성 검사를 하였다. 선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot를 이용하여 일정한 비율에서 다른 요소들이 고정되는 동안 각 혼합물 성분변화에 따른 영향을 가시화하였다.

색도

색도의 결과는 Table 3과 같다. 색도 중 명도(L)는 61.1~70.0의 범위를 보였다. 최대값은 수분 13%, 함초가루 2%, 설탕 13% 첨가하여 설기떡을 만들었을 때로, 함초가루가 적을수록 명도가 높아 떡의 색이 밝음을 알 수 있었다. 이는 함초가루 첨가 찹케이크의 최적화 논문(14)의 결과와도 일치함을 보여 주었다. Kim 등(23)의 연구에서도 백복령 가루의 첨가량이 증가할수록 설기떡의 명도가 낮아진다는 결과와 Lee 등(24)의 유색미 설기떡과 Yoo 등(25)의 민들레 분말 첨가 설기떡의 연구에서와 같이 부재료의 첨가량이 증가할수록 명도가 낮아진다는 결과와 일치하였다. 적색도(a)는 6.1~11.0의 범위를 보였고, 수분 14%, 함초가루 6%, 설탕 8% 혼합되었을 때 최대값을 보였다. 황색도(b)는 17.2~21.4의 범위를 보였고, 최대값은 수분 13%, 함초가루 6%, 설탕 9% 혼합하였을 때로 나타났다. 수분과 설탕첨가율은 낮을수록 함초가루 첨가율은 높을수록 적색도와 황색도가 높아지는 것을 알 수 있었다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 명도에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 명도, 적색도와 황색도 모두 상호작용 없이 수분, 함초가루, 설탕첨가율이 각각 독립적으

Table 3. Quality characteristics of *Sulgidduk* with saltwort powder at various conditions by D-optimal design

No. Run	Hunter's color values			Textural characteristics			Sensory characteristics					Overall acceptance	
	L	a	b	Hardness (g)	Gumminess (g)	Chewiness (g · cm)	Color	Smell	Taste	Softness	Moistness		
1	3	68.1	7.1	17.4	1039.7	516.9	308.2	7.6	7.0	7.2	7.0	7.8	7.5
2	10	64.7	10.8	21.1	1015.8	570.2	324.5	7.0	6.6	6.0	6.9	7.4	6.7
3	13	70.0	6.1	18.7	1259.6	564.8	328.5	6.8	7.4	6.8	6.5	6.4	6.8
4	2	67.4	7.4	18.0	1024.6	511.1	298.3	7.4	7.2	6.9	7.2	7.5	7.3
5	4	69.0	7.8	18.8	1234.1	538.8	305.1	7.0	7.4	7.3	6.8	6.6	6.9
6	6	63.4	9.7	19.8	1341.2	584.4	333.9	6.8	7.6	6.8	7.0	6.8	7.6
7	7	63.9	9.8	21.1	1070.3	527.9	315.9	7.5	6.8	7.0	6.9	7.3	7.0
8	11	69.2	8.7	18.9	1009.6	513.2	308.6	7.0	7.0	6.2	6.6	6.9	6.3
9	8	64.8	9.1	20.8	1231.2	588.0	338.8	6.8	6.4	5.6	6.0	5.5	6.0
10	9	66.6	8.6	19.5	990.5	527.5	320.1	6.5	7.1	6.3	7.0	7.0	6.3
11	5	61.1	11.0	20.4	1256.2	542.8	343.1	5.6	5.8	5.8	6.6	5.4	5.6
12	12	68.4	8.0	17.2	984.0	493.3	305.3	6.9	7.2	6.2	7.2	6.9	6.2
13	1	62.4	10.5	21.4	1344.4	576.2	326.0	6.4	6.4	5.6	6.2	5.2	5.8
14	14	65.4	9.3	20.4	1391.6	598.8	339.2	7.0	7.4	7.0	6.8	6.5	6.9

Table 4. Analysis of predicted model equation for the quality characteristics of *Sulgidduk* with saltwort powder

Response	Model	R ²	Prob<F	Equation on terms of pseudo component	
Hunter's color values	L value	Linear	0.8059	0.0001	67.93A+60.17B+68.81C
	a value	Linear	0.7985	0.0001	8.33A+11.76B+7.02C
	b value	Linear	0.7140	0.0010	18.18A+22.13B+18.66C
Textural characteristics	Hardness	Quadratic	0.9538	<0.0001	987.50A+1394.61B+1254.67C-5260.90AB-395.42AC+127.02BC
	Gumminess	Linear	0.5787	0.0086	503.42A+591.80B+553.95C
	Chewiness	Linear	0.5604	0.0109	306.91A+345.94B+615.42C
Sensory characteristics	Color	Quadratic	0.8179	0.0078	6.69A+5.15B+6.85C+3.15AB+2.98AC+3.76BC
	Smell	Quadratic	0.9478	<0.0001	7.18A+5.24B+7.43C+0.47AB-0.16AC+4.82BC
	Taste	Linear	0.6984	0.0014	6.35A+5.56B+7.34C
	Softness	Linear	0.4404	0.0411	7.10A+6.25B+6.84C
	Moistness	Quadratic	0.8366	0.0052	6.96A+3.83B+6.55C+3.18AB+3.18AC+4.61BC
	Overall acceptance	Quadratic	0.8170	0.0080	6.24A+4.69B+6.91C+2.87AB+2.81AC+4.63BC

A: water, B: saltwort powder, C: sugar.

로 작용하는 linear 모델이 선택되었다. Probability는 0.0001, 0.0001, 0.0010로 5% 이내의 높은 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다. 선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot은 Fig. 2~4와 같다. 회귀식에서 나타난 계수들과 trace plot에서 보여지는 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 함초가루는 황색도와 적색도에 가장

큰 영향을 주었다. 반응표면은 수분과 설탕첨가율이 높고 함초가루 첨가율이 낮을수록 명도는 높아졌고, 수분과 설탕첨가율이 낮고 함초가루 첨가량을 높을 경우 황색도가 증가하였다. 독립변수의 기여도를 나타내는 trace plot에서 수분첨가율(A-A선)과 설탕첨가율(C-C선)이 증가할수록 명도는 높아지고 적색도와 황색도는 낮아졌으며, 함초가루 첨가

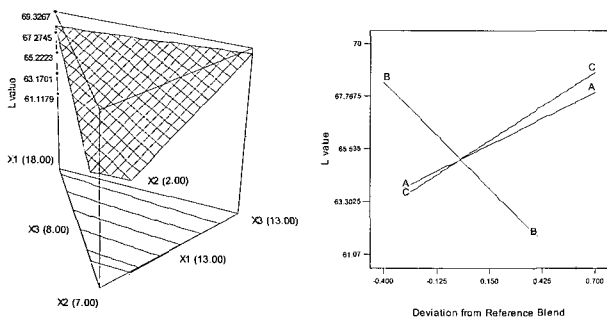


Fig. 2. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on color (L value) of *Sulgidduk* added with saltwort powder.

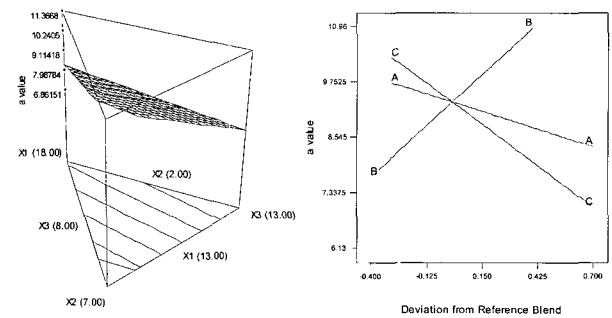


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on color (a value) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

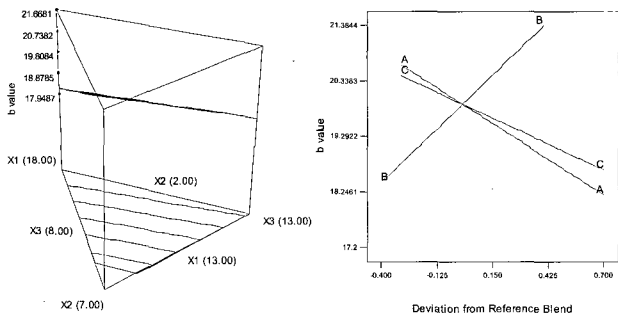


Fig. 4. Response surface and trace 'plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on color (b value) of *Sulgidduk* added with saltwort powder.

율(B-B선)은 증가할수록 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 증가하는 결과를 나타내었다.

텍스처

텍스처 중 경도는 984.0~1391.6 g, 검성은 493.3~598.8 g, 씹힘성은 298.3~343.1 g·cm의 범위의 결과를 보였다 (Table 3). 수분, 함초가루, 설탕첨가율이 경도와 검성의 경우 18%, 2%, 8%, 씹힘성은 15.5%, 2%, 10.5%일 때 가장 낮은 결과를 보여 (Table 3), 수분첨가율은 높고 함초가루 첨가율은 가장 낮은 혼합비율에서 부드러운 것을 알 수 있었다. Yoon(26)과 Lee(27)의 절편에 관한 연구에서 수분 첨가량이 많을수록 경도와 씹힘성이 감소하였고, Choi와 Kim(28)의 설탕과 수분함량을 달리한 절편에서도 설탕량과 수분 첨가량이 증가할수록 경도가 감소하여 본 연구의 결과와 같은 경향을 보였다. Kim(14)의 함초가루 첨가 찹케이크에 관한 연구에서도 함초가루 첨가량이 증가할수록 경도, 검성과 씹힘성이 증가하여 부드러움이 감소하였고, Kim 등(23), Yoo 등(25), Hyun 등(29)의 설기떡에 관한 연구에서도 쌀가루 이외의 가루를 부재료로 첨가할 경우 경도, 검성과 씹힘성이 높아져 부드러움이 감소한다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 따라서 수분, 부재료의 첨가와 설탕은 설기떡의 부드러움을 결정하는 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다.

경도의 경우 quadratic 모델이 결정되었고, 모델에 대한 유의성도 <0.0001로 적합성이 인정되었다(Table 4). Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들과 Fig. 5의 trace plot에서 보여지는 기울기를 살펴본 결과 경도에는 함초가루가 가장 큰 영향을 주었다. Fig. 5의 trace plot에서는 경도는 함초가루 첨가율(B-B선)이 증가할수록 증가하였고, 수분첨가율(A-A선)이 증가할수록 감소하다가 가장 수분첨가율이 증가할 경우 경도가 조금 증가하였다.

검성과 씹힘성은 linear 모델로 결정되었고, probability는 0.0086과 0.0109로 모델의 적합성이 인정되었다. Fig. 6과 7의 검성과 씹힘성에 대한 반응표면 곡선에서는 수분첨가율이 높을수록 함초가루 첨가율은 낮을수록 낮은 값을 보였다. Trace plot에서도 수분첨가율(A-A선)이 증가할수록 검성과 씹힘성은 감소하였고, 함초가루 첨가율은 증가할수록 검

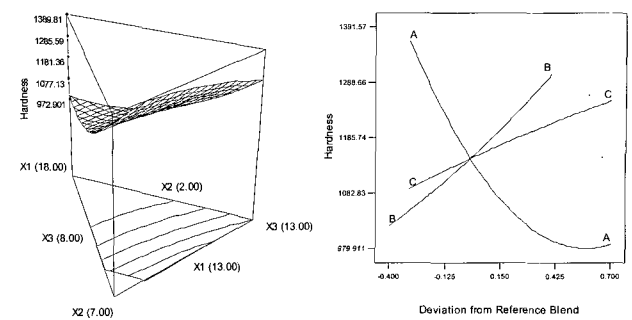


Fig. 5. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on texture (hardness) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

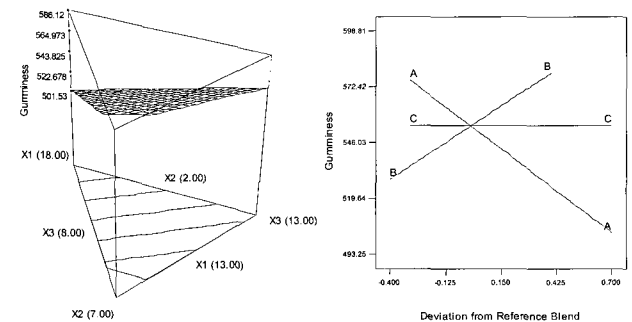


Fig. 6. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on texture (gumminess) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

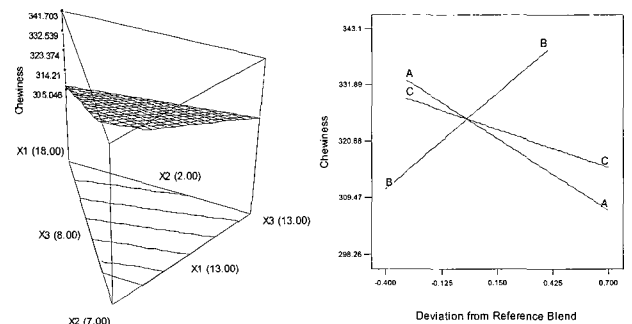


Fig. 7. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on texture (chewiness) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

성과 씹힘성은 증가하였다(Fig. 6, 7). Kim(14)의 함초가루 첨가 찹케이크에 관한 연구 결과에서도 함초가루 첨가량이 증가할수록 경도, 검성과 씹힘성이 증가하여 부드러움이 감소하는 반응표면의 결과를 보여 본 연구의 결과와 같은 경향을 보였다.

관능검사

설기떡의 재료 혼합비율의 최적화를 위한 관능검사에서 결과는 Table 3과 같고, 색은 5.6~7.6, 냄새는 5.8~7.6, 맛은 5.6~7.3, 부드러운 정도 6.0~7.2, 촉촉한 정도 6.0~7.8, 전반적인 기호도의 경우 5.6~7.6 범위의 점수를 받았다.

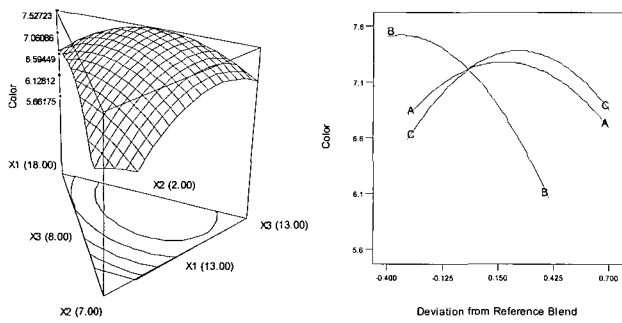


Fig. 8. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (color) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

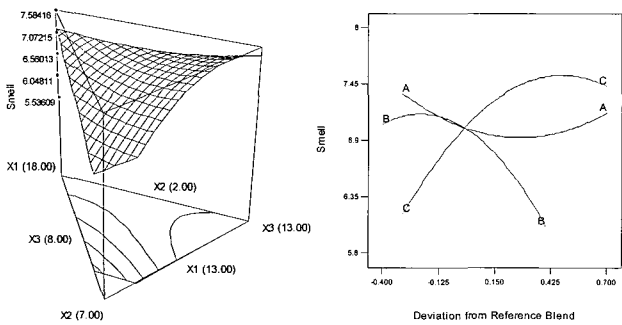


Fig. 9. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (smell) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

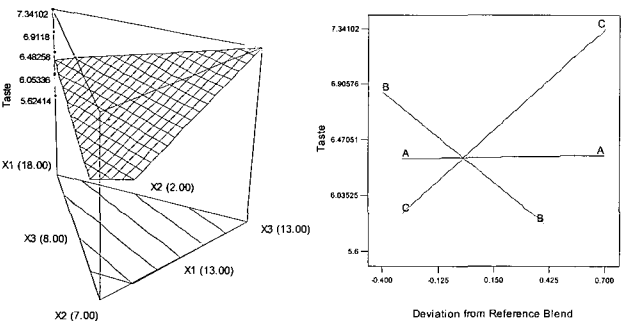


Fig. 10. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (taste) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

맛, 부드러운 정도의 경우 수분, 합초가루, 설탕첨가율에 각각 독립적으로 영향을 받는 linear 모델이 결정되었고, 5% 이내에서 유의성이 인정되어 모델의 적합성이 인정되었다. 맛, 냄새, 촉촉한 정도와 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었고, probability는 각각 0.0078, <0.0001, 0.0052, 0.0080으로 5% 이내에서 높은 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

재료 혼합비율이 관능검사에 미치는 기여도를 본 반응표면과 trace plot은 Fig. 8~13과 같고, 독립변수가 관능검사에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4에 나타내었다.

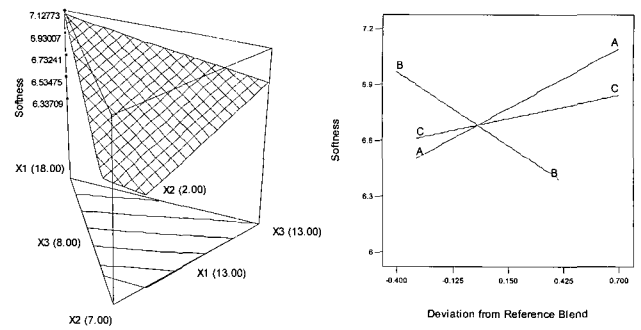


Fig. 11. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (softness) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

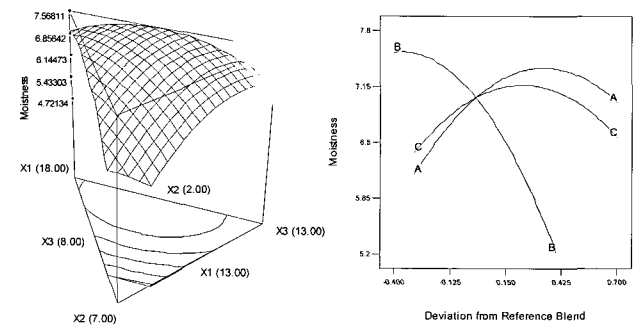


Fig. 12. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (moistness) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

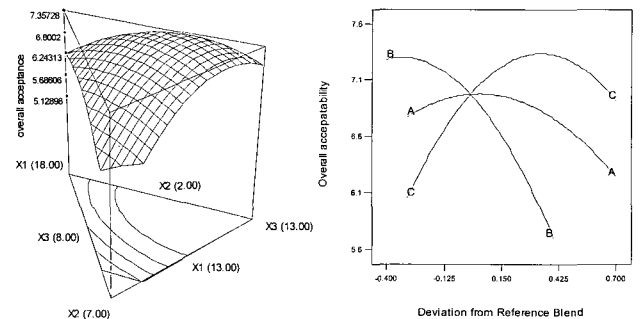


Fig. 13. Response surface and trace plot for the effect of water (A), saltwort powder (B), and sugar (C) on sensory characteristics (overall acceptability) of *Sulgidduk* with saltwort powder.

색, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도의 반응표면과 trace plot에서 수분첨가율(A-A선)과 설탕첨가율(C-C선)이 증가할수록 점수가 증가하다 최대값을 보인 후 감소하였고, 합초가루 첨가율(B-B선)은 증가할수록 점수가 감소하였다.

냄새의 경우 합초가루 첨가율(B-B선)이 2~3%까지는 점수가 증가하다 최대값을 보인 후 감소하였다. 합초가루를 많이 넣을 경우 독특한 합초가루의 향으로 인하여 좋지 않은 결과를 보이므로 과도하게 많이 첨가하는 것은 바람직하지 않은 것을 알 수 있었다. 설탕첨가율(C-C선)은 10~11%까지는 점수가 증가하였고 그 이상 첨가할 경우 감소하였다.

Table 5. Optimum constraint values using two analytical methods in the object goal

Constraints name	Goal	Numerical optimization solution	Graphical optimization solution
Water (%)	in range	15.2	15.2
Saltwort powder (%)	maximum	3.0	3.1
Sugar (%)	in range	9.8	9.7
L value	in range	66.7	66.6
a value	in range	8.6	8.6
b value	in range	19.2	19.2
Hardness	minimum	1065.2	1066.7
Gumminess	minimum	539.3	539.8
Chewiness	minimum	317.8	318.2
Color	maximum	7.5	7.4
Smell	maximum	7.1	7.1
Taste	maximum	6.5	6.5
Softness	maximum	6.8	6.8
Moistness	maximum	7.5	7.4
Oveall acceptance	maximum	7.2	7.2

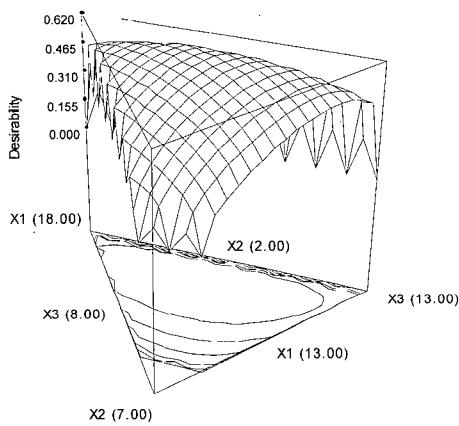


Fig. 14. Three-dimensional plot of common area for the optimization mixture.

맛에서는 수분첨가율(A-A선)의 증가에 따라 점수에 큰 차이를 보이지 않았고, 함초가루 첨가율은 증가할수록 감소하였으며, 설탕첨가율은 증가할수록 점수가 증가하였다. 함초가루와 설탕이 맛에 많은 영향을 주는 인자로 작용하였다.

부드러운 정도는 수분첨가율(A-A선)과 설탕첨가율(C-C선)이 증가할수록 증가하였고, 함초가루 첨가율(B-B선)이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. Trace plot에서 보여주는 기술품을 살펴본 결과 수분과 함초가루가 중요한 인자로 작용하였다.

재료 혼합비율의 최적화

최적화 접근은 Derringer 등(21)을 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립변수인 수분과 설탕첨가율은 범위내에서, 함초가루 첨가율은 최대로 하고, 그 때의 명도, 적색도와 황색도는 범위내에서 경도, 검성과 씹힘성은 최소로, 관능검사 항목인 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도와 전반적인 기호도는 최대로 결정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치 점 (numerical point) 을 예측하였다(Table 5). 예측된 최적값은 수분 15.3%, 함초

가루 3.0%, 설탕 9.8%이었다. 최적화의 다른 방법으로 혼합물 성분의 모형을 이용한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 14에 나타내었다. 수치적 최적화(numerical optimization)와 달리 각 반응 모형그래프의 중첩되는 부분을 최적 범위로 정하였다. 결정된 최적화 점으로는 desirability 0.620에 해당하는 수분 15.2%, 함초가루 3.1%, 설탕 9.7%로 수치 최적화 점과 유사하게 나타났다(Fig. 14).

요 약

본 연구는 함초가루를 이용한 설기떡을 개발하기 위하여 재료의 최적 혼합비율을 찾는 데 목적이 있다. 설기떡의 품질에 가장 영향을 미치는 수분, 함초가루, 설탕첨가율을 독립변수로 설정하였고, 예비실험을 거쳐 수분 13~18%, 함초가루 2~6%, 설탕 8~13%의 범위에서 혼합물 실험계획법(mixture design) 중 D-optimal design을 이용하여 최적 재료 혼합비율을 찾고자 하였다. 각 설정된 범위를 입력하였을 때 10개의 실험점이 형성되었고, 4개의 반복점이 선택되어 실험점은 모두 14개가 설정되었다. 각 조건별 실험결과를 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과 색도의 명도, 적색도, 황색도, 텍스처의 검성과 씹힘성, 관능검사 항목인 맛과 부드러운 정도는 linear 모델로 결정되었고, 텍스처의 경도, 관능검사의 색, 냄새, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었다. 모델의 적합성을 분석한 결과 모든 항목에서 probability가 모두 0.05% 이내에서 유의성을 보여 모델로서 적합함이 인정되었다. 반응표면과 trace plot의 결과 수분과 설탕첨가율이 높을수록, 함초가루 첨가율이 낮을수록 명도는 높고, 적색도와 황색도는 낮았다. 텍스처의 경우 함초 첨가율이 증가할수록 경도, 검성, 씹힘성이 증가하여 함초가루의 첨가율이 높을 경우 설기떡의 부드러움을 저하하는 원인이 되었다. 관능검사 결과에서도 수분, 함초가루, 설탕을 많이 첨가할 경우에는 오히려 낮은 점수를 받았고, 특히 수분과 함초가루에 의하여 많은 영

향을 받았다. 함초가루를 첨가한 설기떡의 최적 재료 혼합비율은 수치 최적화에서는 수분 15.2%, 함초가루 3.0%, 설탕 9.8%이었고, 모형적 최적화에서는 desirability가 0.620에 해당하는 수분 15.2%, 함초가루 3.1%, 설탕 9.7%로 수치 최적화점과 유사하게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2005년 단국대학교 대학연구비 지원에 의하여 이루어진 연구로 이에 감사드립니다.

문 헌

- 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: 46-49.
- Kim CS, Ihn BS. 1988. Studies on the vegetation of the salt marsh in the southwestern coast of Korea. *Korean J Ecology* 11: 175-192.
- Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 207-210.
- 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: 93-99.
- Greenway H, Munns R. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann Rev Plant Physiol* 31: 149-19.
- Hahn YS. 2003. Effect of ethanol and/or organic acids on the growth of *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Kluyveromyces marxianus* identified from *Mul-kimchi*. *J East Asian Soc Dietary Life* 13: 425-432.
- Lee JT, An BJ. 2002. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor J Herbology* 17: 61-69.
- Lee JT, Jeong YS, An BJ. 2002. Physiological activity of *Salicornia herbacea* and its application for cosmetic materials. *Kor J Herbology* 17: 51-60.
- Shin KS. 2002. Chemical components of native plant, *Salicornia herbacea* L.. *Korean J Plant Res* 15: 216-220.
- Cha JY, Jeon BS, Park JW, Kim BK, Jeong CY, Ryu JS, Choi CK, Cho YS. 2004. Hypocholesterolemic effect of yogurt supplemented *Salicornia herbacea* extract in cholesterol-fed rats. *J Life Science* 14: 747-751.
- 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: 1584-1587.
- Han SK. 2004. Antioxidant effect of fermented *Salicornia herbacea* L. liquid with EM (effective microorganism) on pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 24: 298-302.
- Lee JY. 2005. Effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the *Yulmoo Mul-kimchi* during fermentation. *MS Thesis*. Dankook University, Seoul, Korea.
- Kim YS. 2005. Optimization of steamed foam cake added with saltwort (*Salicornia herbacea* L.) by ratio of ingredient. *MS Thesis*. Dankook University, Seoul, Korea. p 37-49.
- Cornell JA. 1990. *Experiments with mixtures; design, models & the analysis of mixture data*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Ellekjær MR, Næs T, Baardseth P. 1996. Milk protein affect yield and sensory quality of cooked sausages. *J Food Sci* 61: 660-666.
- Næs T, Færgestad EM, Cornell J. 1998. A comparison of methods for analyzing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 41: 221-235.
- Næs T, Bjerke F, Færgestad EM. 1999. A comparison of design and analysis techniques for mixtures. *Food Qual Pregr* 10: 209-217.
- Myers RH, Montgomery DC. 1995. *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons, New York. p 364-370.
- Raymond HM. 1995. *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons, New York. p 558-562.
- Derringer G, Suich R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. *J Quality Technol* 12: 214-219.
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *J Food Technol* 1: 32-62.
- Kim BW, Yoon SJ, Jang MS. 2005. Effect of addition *Baekbokryung* (White *Poria cocos* Wolf) powder on the quality characteristics of *Sulgidduk*. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 895-907.
- Lee JK, Kim KS, Lee GS. 2000. Effects of addition ration of reddish-brown pigmented rice on the quality characteristics of *Sulgidduk*. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 16: 640-645.
- Yoo KM, Kim SH, Chang JH, Hwang IK. 2005. Quality characteristics of *Sulgidduk* containing different levels of dandelion (*Taraxacum officinale*) leaves and roots powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 110-116.
- Yoon SJ. 2000. Retrogradation characteristics of *Jeolpyun* prepared by different moisture addition. *Korean J Soc Food Sci* 15: 24-31.
- Lee KH. 2005. Quality characteristics of *Jeolpyun* containing *Baekbokryung* (White *Poria cocos* Wolf) powder. *MS Thesis*. Dankook University, Seoul, Korea. p 34-40.
- Choi EH, Kim MK. 2003. Effects of figgerent moisture addition and sugar on the quality of *Nokcha-julpyun*. *Korean J Food Culture* 18: 28-36.
- Hyun YH, Hwang YK, Lee YS. 2005. Quality characteristics of *Sulgidduk* with tapioca flour. *Korean J Food & Nutr* 18: 103-108.

(2006년 3월 8일 접수; 2006년 5월 3일 채택)