

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 재료 혼합비의 최적화

박혜연 · 장명숙[†]
단국대학교 식품영양학과

Ingredient Mixing Ratio Optimization for the Preparation of *Sulgidduk* with Barley(*Hordeum vulgare* L.) Sprout Powder

Hae Youn Park, Myung-Sook Jang[†]
Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

This study was performed to determine the optimum ratio of ingredients in the *Sulgidduk* with barley(*Hordeum vulgare* L.) sprout powder. A mathematical analytical tool was employed for optimization of the typical ingredients. The canonical form and trace plot showed the affect of each ingredient in the mixture against the final product. Mixture design showed 14 experimental points, including 4 replicates for three independent variables. The three independent variables selected for the experiment were: water(15~22%), barley sprout powder(1~4%), and sugar(12~19%). The optimum responses variables such as color values(L, a, and b), instrumental texture parameters(hardness, gumminess, and chewiness), and sensory characteristics(appearance, color, smell, taste, softness, moistness, and overall acceptability) were evaluated. The Hunter colorimetric L- and a-values of the *Sulgidduk* decreased with an increasing amount of barley sprout powder. As more barley sprout powder was added, a higher b-value resulted. Textural hardness, gumminess, and chewiness were lowered by the addition of barley sprout powder. The optimum formulation obtained by both numerical and graphical methods showed similar results. The representative optimal ingredient ratio commonly obtained by both methods were: 18.2% water, 2.0% barley sprout powder, and 14.8% sugar.

Key words : optimization, *Sulgidduk*, barley(*Hordeum vulgare* L.) sprout, mixture design

1. 서 론

어린 보리(*Hordeum vulgare* L.)란 파종 후 열흘 이내의 것으로 길이는 5~6 cm 정도이다(농촌진흥청 2001). 어린 보리에는 35~45%의 단백질과 18종의 아미노산 및 8종의 필수 아미노산을 함유하고 있으며 이 중 약 90% 이상이 쉽게 소화되는 polypeptide로 존재한다고 한다(Kim KT 등 1994). 또한 식이섬유, 칼륨, 칼슘, 철

분 등의 무기질과, 클로로필, 비타민 C, 효소 등이 풍부하게 함유되어 있으며 여러 생리활성 물질에 의한 항산화, 항염, 혈압강화, 항게양, 항바이러스, 항알레르기, 해독작용 뿐만 아니라 압의 억제 효과(Ohkawa M. 1998)도 있다는 것이 밝혀짐에 따라 새로운 건강기능 식품으로서의 가치가 높아지고 있다. 어린 보리에 관한 국내 연구로는 보리잎의 이화학적 특성(Kim KT 등 1994), 품종간의 saponarin 함량과 항산화성의 차이(Ryu SN 등 2002), 건강식품으로의 응용(Kim KT 등 2003), 어린 보릿가루 첨가 거품형 쫄면의 재료 혼합비율의 최적화(Seo MJ 등 2006) 등이 있으나, 어린 보리를 음식에 직접 이용한 연구는 거의 없는 실정이므로 어린 보리를 이용한 음식을 개발하는 것이 필요하다.

Corresponding author : Myung-Sook Jang, Dankook University, 147, Hannam-ro, Yongsan-gu, Seoul 140-714, Korea
Tel : 02-709-2429
Fax : 02-792-7960
E-mail : msjang1@dankook.ac.kr

떡은 만드는 방법에 따라 찌떡, 찰떡, 지진떡 및 삶는떡으로 나눌 수 있는데(윤서석 1986, 장명숙과 윤숙자 2003), 그 중 설기떡은 우리나라의 가장 대중적인 떡으로 가루를 쳐서 찌는 떡의 일종으로, 재료가 다양하여 영양적으로 우수한 식품일 뿐만 아니라 색과 모양도 다양해 맛과 보기도 훌륭한 전통식품이다.

또한 건강에 관심이 높아진 현대인들의 수요에 맞추기 위하여 생리 활성을 가진 백복령(Lee KH 2005), 클로렐라(Park MK 등 2002), 노루궁뎅이 버섯(Yoon SJ와 Lee MY 2004), 다시마(Cho MS와 Hong JS 2006), 동충하초(Park KS 등 2003), 감 농축액(Hong JS와 Kim MA 2005), 오디(Hong JH 등 2003), 신선초(Lee HG 등 2005) 등을 떡에 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

식품 연구개발을 할 때 혼합물의 최적화를 이루기 위하여는 혼합물 실험계획법을 사용한다(Cornell JA 1990, Ellekjæ MR 등 1996, Næs T 등 1998). 식품의 경우 여러 성분들이 혼합되어 있고, 이러한 경우 각 혼합성분의 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 재료 혼합비의 최적을 찾고자 할 때 흔히 혼합물 실험계획법을 사용하게 된다(Næs T 등 1999). 이러한 혼합물 실험 계획과 분석은 실험에 영향을 미치는 원인(인자, factor)을 파악하고, 해결하고자 하는 문제에 대하여 실험을 행하고, 데이터를 취하여 어떠한 통계적인 방법으로 데이터를 분석하면 최소의 실험횟수에서 최대의 효과를 얻을 수 있는지를 계획하는 것이 중요하다(Næs T 등 1999, Saguy I 등 1984).

따라서 본 연구에서는 식이섬유소 섭취를 증진시킬 수 있고 여러 가지 영양소의 보충효과가 있는 어린 보릿가루를 이용할 수 있는 방안으로 설기떡에 혼합물 실험계획법을 이용하여 이를 첨가할 때의 최적 재료 혼합비율을 찾고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 쌀은 2005년에 생산된 백미로 도정한 이천산의 추천벼이었고, 어린 보릿가루는 2005년

12월에 재배된 대백 보리(영농 조합법인 한농마을에서 제공)를 사용하였다. 어린 보릿잎을 저온건조기(LD-3, Hoshgawa, Japan)를 이용하여 35~38℃에서 24시간 건조시켜 제트밀 분쇄기(KMT-007, KMtech, Korea)를 이용하여 가루로 만들어 100 mesh의 체로 쳐서 사용하였다. 설탕은 (주)CJ의 정백당, 소금은 해표(순도 88% 이상) 재제염을 사용하였다. 어린 보릿가루의 일반성분은 수분 4.8%, 단백질 29.7%, 회분 1.4%, 지질 6.8%이었다. 젓은 쌀가루의 일반성분은 수분 32%, 단백질 2.2% 회분 0.3%, 지질 0.3%이었다.

2. 혼합비율의 최적화를 위한 실험 디자인

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 모든 실험 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 6(Stat-Easy Co., Minneapolis)을 사용하였다. 어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 재료 혼합비의 최적화는 mixture design 중 D-optimal design(Myers RH와 Montgomery DC 1995)에 따라 설계하였고, 독립변수로는 많은 예비실험을 거쳐 설기떡의 품질에 가장 영향을 줄 수 있는 수분(A), 어린 보릿가루(B), 설탕(C)을 설정하였다. 반응변수로는 색도(L, a, b값), 텍스처(hardness, gumminess, chewiness), 관능검사(외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도)를 설정하였다. 수분, 어린 보릿가루, 설탕 첨가율의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 쌀가루 함량에 대하여 각각 15~22%, 1~4%, 12~19%로 정하였다.

D-optimal design의 실험점은 꼭지점, 가장자리에 중앙점, 중앙의 3번째 점, 정중앙점 등으로 이루어지며 이러한 실험점들 사이에는 모델설정 및 적합 결여 검증 위한 반복점이 존재한다(Han KH 2004). 설정된 혼합디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였는데, 이는 Regression model을 나타내는 coefficient값(Cornell JA 1990)들에 근거를 두고 계산되어졌고 linear와 canonical 형태의 quadratic model은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression방법($\alpha=0.1$)으로 data 선택의 폭을 넓혔으며, 이때 나타나는 model과 coefficient 값들은 F-test로 그 유의성을 검증하였다(Jang MS와 Park JE 2006). 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 response surface plot과 trace plot(Raymond HM 1995)을

이용하였다. 이에 따른 본 실험의 실험점은 Fig. 1과 같고, 실험점의 자세한 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

3. 설기떡의 제조

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 재료 및 분량은 예비실험을 통하여 Table 1에 나타낸 바와 같이 하였고, 설기떡을 만드는 방법은 Fig. 2와 같다. 쌀을 씻어 8시간 불린 후 30분간 체에서 물기를 빼고 곱게 빻아 20 mesh 체에 통과시켜 사용하였다. 쌀가루 1,500 g을 기준으로 체에 내린 쌀가루, 어린 보릿가루, 설탕을 먼저 고루 섞은 후, 소금물을 넣어 손으로 10분간 골고루 비벼 덩어리를 없앤 다음 20 mesh 체에 두 번 내렸다. 떡 틀(30×30 cm)에 면보를 깔고 떡가루를 넣은 후 평평하게 윗면을 고른 다음 100℃로 예열된 찜기(K-5DX, Arahata, Co., Japan)에서 18분간 찜내었다. 찜낸 떡은 떡 틀에서 꺼내어 실온(20±1℃)에서 1시간 식힌 후 실험에 사용하였다.

4. 실험 방법

1) 색도

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡을 만들어 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. 이 때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L값은 98.48, a값은 0.14, 그리고 b값은 -0.41이었다.

Table 1. Experimental design for the *Sulgidduk* added with barley sprout powder

No	Run	Pseudo component ¹⁾			Actual component		
		A ²⁾	B	C	A (%)	B (%)	C (%)
1	10	0.00	0.43	0.57	15.00	4.00	16.00
2	7	0.50	0.00	0.50	18.50	1.00	15.50
3	14	0.00	0.21	0.79	15.00	2.50	17.50
4	12	0.00	0.00	1.00	15.00	1.00	19.00
5	6	1.00	0.00	0.00	22.00	1.00	12.00
6	5	0.57	0.43	0.00	19.00	4.00	12.00
7	9	0.29	0.43	0.29	17.00	4.00	14.00
8	13	0.70	0.11	0.20	19.88	1.75	13.38
9	1	0.20	0.21	0.59	16.38	2.50	16.13
10	8	0.39	0.21	0.39	17.75	2.50	14.75
11	4	0.50	0.00	0.50	18.50	1.00	15.50
12	2	1.00	0.00	0.00	22.00	1.00	12.00
13	3	0.00	0.00	1.00	15.00	1.00	19.00
14	11	0.57	0.43	0.00	19.00	4.00	12.00

¹⁾Pseudo components : $X_i = \frac{(X_i - l_i)}{(1 - \sum_{i=0}^k l_i)}$, $X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1$

²⁾A : moisture, B : barley sprout powder, C : sugar

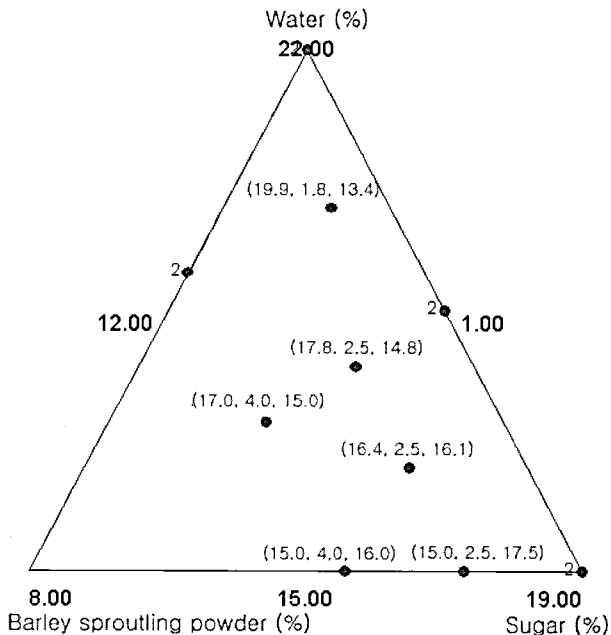


Fig. 1. Plot of a modified distance design in the mixture region.

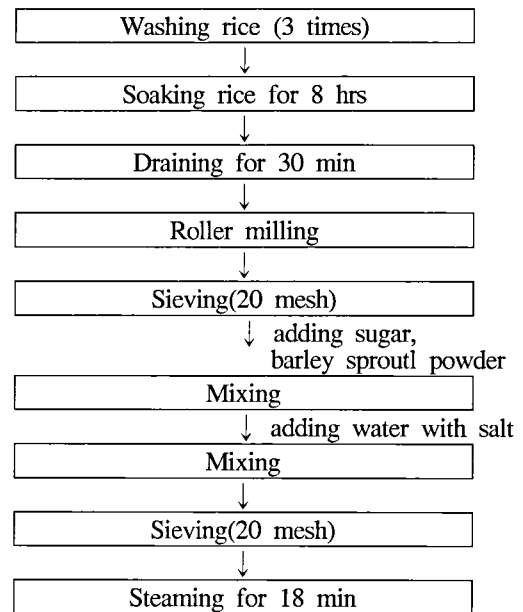


Fig. 2. A manufacturing process of *Sulgidduk*.

2) 텍스처

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡을 만들어 직경 3 cm 의 원통으로 찍어낸 다음 높이를 2 cm로 일정하게 하여 Texture Analyzer(TA XT-2, Stable Micro System, Ltd., UK)를 사용하여 50%의 변형률로 two-bite compression test를 이용하여 조직감을 측정하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 씹성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)의 TPA(texture profile analysis) 특성치를 분석하였다. 모든 측정은 10회 이상 반복하였고 데이터 분석은 average curve를 사용하였다. 사용한 기기의 측정조건은 Table 2와 같다.

3) 관능검사

최적조건을 찾기 위한 14개 실험처리구의 관능검사는 설기떡을 만들어 오전과 오후에 숙련된 30명의 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 외관, 색, 냄새(향), 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 그리고 전반적인 기호도의 7가지 특성에 대하여 9점 평점법으로(김광욱 등 1993) 실시하였다. 기호도는 “대단히 싫음(dislike extremely)”을 1점, “대단히 좋음(like extremely)”을 9점법으로 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.

5. 최적화

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분에 대한 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 최적화를 위한 수분, 어린 보릿가루, 설탕의 양을 선정하였고, 그 때의 점을 예측하였

다. 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(Derringer G와 Suich R 1980), d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다. 모형적 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혼합물 실험계획법에 의한 실험디자인

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 재료 혼합비의 최적화를 이루기 위하여 혼합물 실험계획법(mixture design) 중 D-optimal design으로 실험디자인을 하였다. 어린 보릿가루를 설기떡에 첨가하였을 때 설기떡 품질에 가장 영향을 미칠 수 있는 인자로 수분(15~22%), 어린 보릿가루(1~4%), 설탕(12~19%) 첨가율을 독립변수로 하여 설정하였다. 물리적 특성인 색도, 텍스처와 관능적 특성을 반응변수로 설정하였다. 혼합물 실험계획법의 modified distance design을 이용하여 각 설정된 범위를 입력하였을 때 10개의 실험점(Fig. 1)이 형성되었고, 4개의 반복점이 선택되어 실험점은 총 14개가 설정되었다(Table 1).

모든 실험순서(Run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 랜덤으로 실행하였고, 컴퓨터 프로그래밍을 위하여 0~1의 code level을 부여하였다. 혼합물 내에서 각 성분이 미치는 영향을 알아보기 위하여 설정된 반응별로 모델링화 하였다. 선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot을 이용하여 일정한 비율에서 다른 요소들이 고정되는 동안 각 혼합물 성분 변화에 따른 영향을 가시화하였다.

2. 색도

색도의 결과는 Table 3과 같다. 색도 중 명도(L)는 59.8~77.0, 적색도(a)는 -3.97~-1.25, 황색도(b)는 22.04~28.68의 범위를 보였다. 수분, 어린 보릿가루, 설탕 첨가율이 명도는 22%, 1%, 12%, 적색도는 22%, 1%, 12%, 황색도는 17%, 4%, 14% 첨가하였을 때 가장 높

Table 2. Operating conditions for Texture Analyzer

Instrument	Stable Micro System TA XT-2 Texture Analyser
Type	compression test(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%

은 값을 보였다. 색도에 가장 큰 영향을 미친 인자는 어린 보릿가루로, 어린 보릿가루 첨가율이 높을수록 적색도는 낮아지고, 황색도는 높은 것을 알 수 있었다. 이는 어린보리 고유의 녹색인 클로로필이 영향을 미친 것으로 생각된다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 색도에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 명도와 황색도는 quadratic 모델이, 적색도는 linear 모델이 선택되었다. 또한 Probability는 <0.0001로 0.1% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot은 Fig.

3~5와 같다. 회귀식에서 나타난 계수들과 trace plot에서 보여지는 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주는 것으로 어린 보릿가루는 명도와 적색도에 가장 큰 영향을 주었다. 독립변수의 기여도를 나타내는 trace plot에서 수분 첨가율(A-A선)과 설탕 첨가율(C-C선)이 증가할수록 명도와 적색도는 높아지고 황색도는 낮아졌으며, 어린 보릿가루 첨가율(B-B선)은 증가할수록 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 증가하는 결과를 나타내었다. 이는 썩 첨가량이 증가할 수록 설기떡의 명도가 낮아진다는 연구(Sim YJ등 1991)와 클로렐라를 첨가할 수록 명도가 감소하고 a값은 음(-)의 값이 커진다는 연구(Park MK등 2002)와 유사하였다.

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

No.	Run	Hunter's color values			Textural characteristics			Sensory characteristics						
		L	a	b	Hardness (g)	Gumminess(g)	Chewiness (g · cm)	Appearance	Color	Smell	Taste	Softness	Moistness	Overall acceptability
1	10	59.8	-4.0	28.3	592.0	490.7	459.2	5.7	6.1	6.0	6.7	5.3	4.9	6.0
2	7	74.6	-1.3	26.1	477.0	385.4	327.4	6.7	6.5	6.4	6.8	7.4	7.1	7.0
3	14	62.5	-1.8	25.9	529.6	432.6	395.4	7.2	7.4	7.6	7.3	6.9	6.4	7.3
4	12	69.2	-1.3	23.5	480.8	397.9	340.4	6.4	6.4	6.5	6.8	7.2	6.7	6.8
5	6	76.9	-1.3	22.7	464.8	372.3	310.0	6.8	6.5	6.7	6.3	7.1	6.3	6.4
6	5	61.1	-3.2	27.6	580.3	468.8	405.3	5.9	5.6	5.8	5.4	7.2	6.1	5.9
7	9	60.5	-2.6	28.7	582.9	489.3	429.9	6.0	6.0	5.8	6.0	7.1	6.3	6.0
8	13	70.3	-1.5	23.0	509.5	412.5	371.4	6.2	6.6	6.7	6.3	7.0	6.9	6.5
9	1	65.0	-2.0	25.7	520.3	430.9	392.4	8.1	7.5	7.7	7.8	7.5	7.2	7.9
10	8	65.5	-1.9	26.8	517.2	424.6	388.0	7.7	7.3	7.7	7.5	7.2	7.5	7.7
11	4	73.0	-1.3	22.6	476.1	384.0	329.5	6.8	6.8	6.6	6.7	7.3	7.8	7.0
12	2	77.0	-1.3	22.0	465.3	370.7	315.1	6.7	6.6	6.8	6.5	7.1	6.2	6.5
13	3	68.8	-1.3	24.8	482.2	398.8	343.7	6.6	6.3	6.7	6.9	7.2	6.6	6.8
14	11	61.1	-3.3	27.4	580.0	470.0	408.9	5.7	5.3	5.7	5.5	7.2	6.3	5.8

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

Response		Model	R ²	Prob<F	Equation on terms of pseudo component
Hunter's color values	L value	Quadratic	1.00	<0.0001	76.89A ¹⁾ +66.72B+73.03C-46.25AB-2.28AC-42.85BC
	a value	Linear	0.91	<0.0001	-1.11A-6.10B-1.22C
	b value	Quadratic	0.99	<0.0001	22.15A+28.75B+23.39C+10.46AB-0.56AC+12.30BC
Textural characteristics	Hardness	Linear	0.9849	0.0001	487.99A+727.04B+479.57C
	Gumminess	Linear	0.9818	0.0001	372.77A+605.99B+395.93C
	Chewiness	Quadratic	0.9758	0.0001	315.50A+481.54B+339.01C+91.53AB+19.70AC+207.82B
Sensory characteristics	Appearance	Quadratic	0.69	0.0531	6.56A-8.55B+6.54C+23.21AB+0.68AC+24.03BC
	Color	Quadratic	0.93	0.0002	6.47A-6.98B+6.38C+19.14AB+0.78AC+22.88BC
	Smell	Quadratic	0.91	0.0007	6.65A-1.079B+6.62C+26.66AB+0.72AC+28.24BC
	Taste	Quadratic	0.88	0.0018	6.31A-3.96B+6.83C+14.46AB+0.68AC+18.25BC
	Softness	Quadratic	0.72	0.0001	6.98A+0.79B+7.25C+11.97AB+0.92AC+5.33BC
	Moistness	Quadratic	0.90	0.0007	6.17A-3.77B+6.64C+17.62AB+4.16AC+11.85BC
	Overall acceptability	Quadratic	0.83	0.0055	6.34A-6.32B+6.81C+20.30AB+1.57AC+20.05BC

¹⁾A : moisture, B : barley sprout powder, C : sugar

3. 텍스처

텍스처 중 경도(hardness)는 464.8~592.0 g, 검성(gumminess)은 370.7~490.7 g, 씹힘성(chewiness)은 310.0~459.2 g·cm의 범위의 결과를 보였다(Table 3). 경도, 검성과 씹힘성 모두 수분, 어린 보릿가루, 설탕 첨가율이 각각 22%, 1%, 12% 일 때 가장 낮은 결과를 보여(Table 3), 수분 첨가율은 높고 어린 보릿가루 첨가율은 가장 낮은 혼합비율에서

부드러운 것을 알 수 있었다.

경도와 검성의 경우 linear 모델이, 씹힘성은 quadratic 모델이 결정되었고, 1% 이내에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다(Table 4). Table 4에 나타난 회귀식과 Fig. 6~8의 trace plot에서 보여지는 기울기를 살펴본 결과 경도에는 어린 보릿가루가 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 수분 첨가율(A-A선), 설탕 첨가

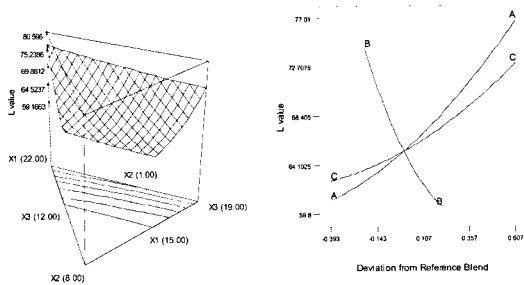


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on lightness of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

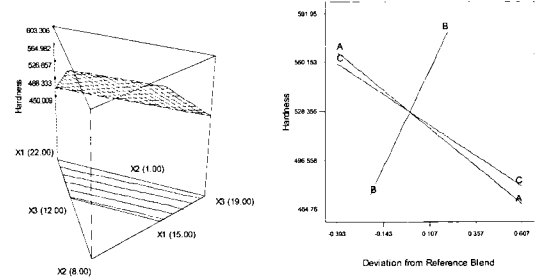


Fig. 6. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on hardness of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

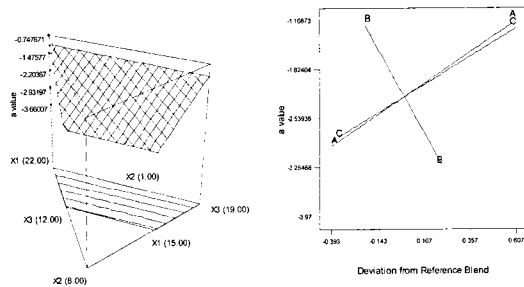


Fig. 4. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on redness of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

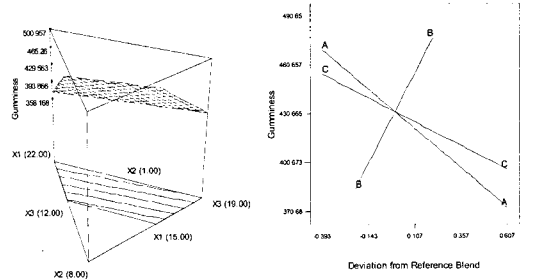


Fig. 7. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on gumminess of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

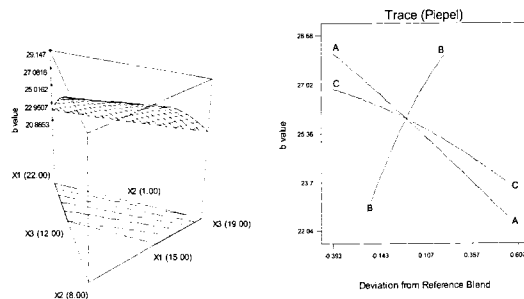


Fig. 5. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on yellowness of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

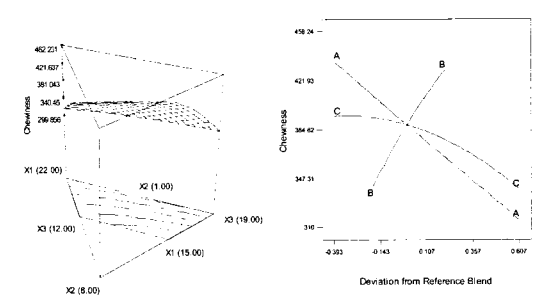


Fig. 8. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on chewiness of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

율(C-C선)이 높을수록 경도, 검성, 씹힘성이 감소하는 경향을 보였으며, 어린 보릿가루 첨가율(B-B선)이 높을수록 경도, 검성, 씹힘성이 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 썩 첨가량이 증가 될 수록(Sim YJ 등 1991), 클로렐라를 첨가할 수록(Park MK 등 2002) 경도, 검성, 씹힘성이 증가하는 경향과 유사하였다.

4. 관능검사

어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 재료 혼합비율의 최적화를 위한 관능검사에서 결과는 Table 3과 같고 외관은 5.7~8.1, 색은 5.3~7.5, 냄새는 5.7~7.7, 맛은 5.4~7.8, 부드러운 정도 4.9~7.8, 촉촉한 정도 4.9~7.8, 전반적인 기호도 5.9~7.9 범위의 점수를 받았다.

외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었으며, 외관을 제외한 모든 항목에서 probability가 각각 0.0002,

0.0007, 0.0018, 0.0001, 0.0007, 0.0055로 1% 이내에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다. 재료 혼합비율이 관능검사에 미치는 기여도를 본 반응표면과 trace plot은 Fig. 9~15와 같다.

외관, 색, 냄새, 맛, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도의 반응표면과 trace plot에서 수분 첨가율(A-A선)과 설탕 첨가율(C-C선)이 증가할수록 점수가 증가하다 최대값을 보인 후 감소하였고, 어린 보릿가루 첨가율(B-B선)은 증가할수록 점수가 감소하였다. 부드러운 정도의 경우 설탕 첨가율(C-C선)이 많아질수록 점수가 감소하였다. 이는 타피오카를 10% 첨가한 설기떡(Hyun 등 2005)이 관능적 특성이 가장 우수하였다는 결과와 복령분말을 7% 이상 첨가시 기호도가 크게 낮아져 복령분말을 5% 이내로 첨가하는 것이 적당하다(Seo 등 1998)는 연구결과와 유사하였다.

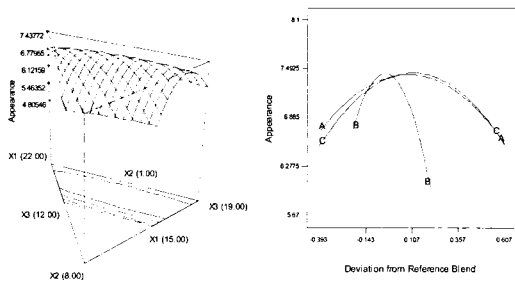


Fig. 9. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on appearance evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

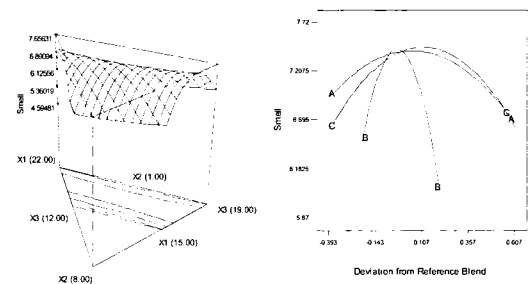


Fig. 11. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on smell evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

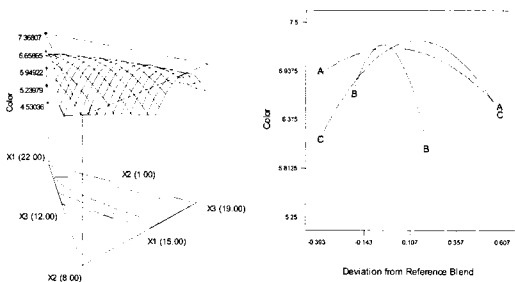


Fig. 10. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on color evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

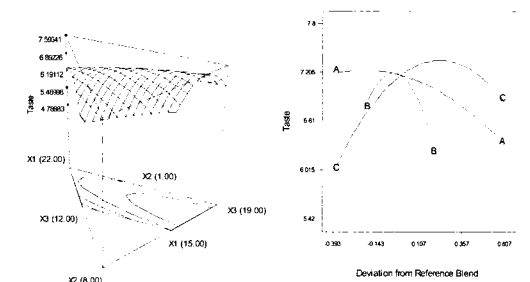


Fig. 12. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on taste evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

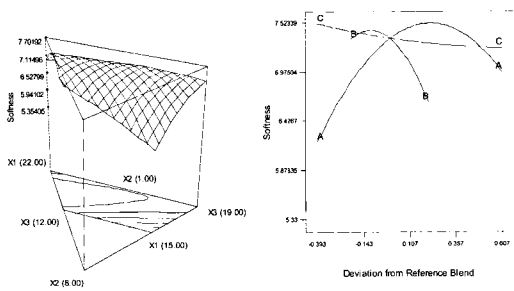


Fig. 13. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on softness evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

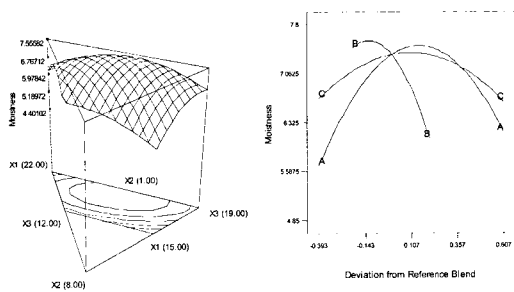


Fig. 14. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on moistness evaluation of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

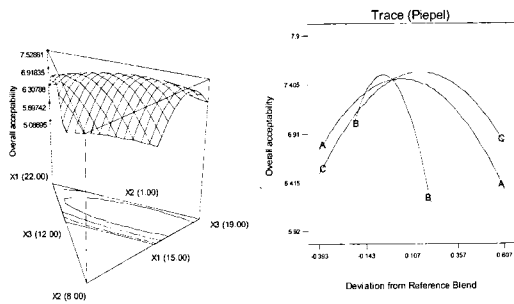


Fig. 15. Response surface and trace plot for the effect of moisture (A), barley sprout powder (B), and sugar (C) on overall acceptability of *Sulgidduk* added with barley sprout powder.

5. 재료 혼합비율의 최적화

최적화 접근은 Derringer G와 Suich R.(1980)의 연구를 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립 변수인 수분과 설탕 첨가율은 범위내에서, 어린 보릿

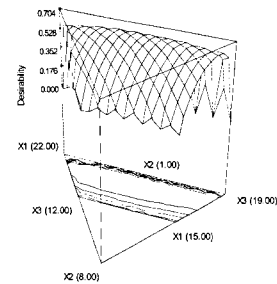


Fig. 16. Three-dimensional plot of common area for the optimization mixture.

가루 첨가율은 최대로 하고 이때의 명도, 적색도와 황색도는 범위내에서 경도, 검성, 씹힘성은 최소로, 관능 검사 항목인 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도, 전반적인 기호도는 최대로 결정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치 점 (numerical point)을 14.8% 이었다. 최적화의 다른 방법으로 혼합물 성분의 모형을 이용한 모형적 최적화 (graphical optimization)는 Fig. 16에 나타내었다. 수치적 최적화(numerical optimization)와 달리 각 반응 모형 그래프의 중첩이 되는 부분을 최적 범위로 정하였다. 결정된 최적화 점으로는 desirability 0.7에 해당하는 수분 18.1%, 어린 보릿가루 2.0%, 설탕 14.8%로 수치 최적화 점과 유사하게 나타났다(Table 5).

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

Constraints name	Goal	Numerical optimization solution	Graphical optimization solution
Moisture(%)	in range	18.2	18.1
Barley sprout powder(%)	maximum	2.0	2.0
Sugar(%)	in range	14.8	14.8
L value	in range	67.9	67.8
a value	in range	-1.9	-1.9
b value	in range	24.9	25.0
Hardness	minimum	510.3	510.9
Gumminess	minimum	416.0	416.6
Chewiness	minimum	370.9	371.5
Color	maximum	7.2	7.2
Smell	maximum	7.4	7.4
Taste	maximum	7.2	7.2
Softness	maximum	7.5	7.5
Moistness	maximum	7.5	7.5
Overall acceptability	maximum	7.5	7.5

IV. 요약 및 결론

본 연구는 설기떡에 어린 보릿가루를 첨가하여 제조하였을 때의 재료 혼합비의 최적화 찾기 위하여 혼합물 실험계획법(mixture design) 중 D-optimal design을 이용하였다. 설기떡 품질에 가장 영향을 미치는 수분, 어린 보릿가루와 설탕 첨가율을 독립변수로 설정하였고, 범위는 예비실험을 거쳐 수분 15~22%, 어린 보릿가루 1~4%, 설탕 12~19%로 하였다. 실험 결과를 모델링하여 유의성을 검증한 결과, 적색도, 경도, 검성은 linear 모델로, 명도, 황색도, 씹힘성, 관능검사의 외관, 색, 냄새, 맛, 부드러운 정도, 촉촉한 정도와 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었다. 모델의 적합성을 분석한 결과 모든 항목에서 probability가 1% 이내에서 유의성을 보여 모델로서 적합함이 인정되었다. 반응표면과 trace plot의 결과 명도와 적색도는 수분과 설탕 첨가율이 높을수록, 어린 보릿가루 첨가율이 낮을수록 높게 나타났고, 황색도는 그 반대의 경향이였다. 텍스처의 경우 어린 보릿가루 첨가율이 증가할수록 경도, 검성과 씹힘성이 증가하여 어린 보릿가루의 첨가율이 높을수록 설기의 부드러움을 저하시키는 원인이 되었다. 관능검사 결과에서는 수분, 어린 보릿가루와 설탕의 첨가율이 높아질수록 높은 점수를 받았으며 최대값을 보인 후 감소하는 경향을 보였다.

이를 바탕으로 식이섬유소 섭취를 증진시킬 수 있고 여러 가지 영양소의 보충효과가 있는 어린 보릿가루를 설기떡 제조에 이용 가능하였으며, 어린 보릿가루를 첨가한 설기떡의 최적 재료 혼합비율의 수치 최적화는 수분 18.2%, 어린 보릿가루 2.0%, 설탕 14.8% 이었고, 모형적 최적화는 desirability가 0.7에 해당하는 수분 18.1%, 어린 보릿가루 2.0%, 설탕 14.8%로 수치적 최적화 점과 유사하게 나타났다.

참고문헌

김광욱, 김상숙, 성내경, 이영춘. 1993. 관능검사 방법 및 응용. 신평출판사. 서울. pp 207-225
 농촌진흥청. 2001. 표준영농교본. pp 75-80
 윤서석. 1983. 한국의 전래 생활. 수학사. 서울. p 36
 장명숙, 윤숙자. 2003. 한국음식. 효일출판사. 서울. pp 61-74, 333-337
 Cho MS, Hong JS. 2006. Quality characteristics of *Sulgidduk* by the additon of sea tangle. Korean J Food Cookery

Sci 22(1): 37-44
 Cornell JA. 1990. Experiments with mixtures; design, models & the analysis of mixture data(2nd ed.). John Wiley & Sons, New York. pp 24-141
 Derringer G, Suich R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. J Quality Technol 12: 214-219.
 Ellekjæ MR, Næs T, Baardseth P. 1996. Milk protein affect yield and sensory quality of cooked sausages. J Food Sci 61(3): 660-666
 Han KH. 2004. Simulation and the establishment of optimization in new product development using food by-product. Doctorate thesis. Kyunghee University. pp 10
 Hong JH, An SH, Kim MJ, Park KS, Choi SW. 2003. Quality characteristics of mulberry fruit *Seolgidduk* added with citric acid. Korean J Soc Food Cookery Sci 19(6): 777-782
 Hong JS, Kim MA. 2005. Quality Characteristics of *Sulgidduk* by the addition of astringency persimmon paste. Korean J Soc Food Cookery Sci 21(3): 360-370
 Hyun YH, Hwang YK, Lee YS. 2005. Quality Characteristics of *Sulgidduk* with Tapioca flour. Korean J Food & Nutr 18(2): 103-108
 Jang MS, Park JE. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of *Sulgidduk* with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). J Korean Soc Food Sci Nutr 35(5): 641-648
 Kim KT, Kim SS, Lee SH, Kim DM. 2003. The functionality of barley leaves and its application on functional foods. Food Science and industry 36(1): 45-49
 Kim KT, Seog HM, Kim SS, Lee YT, Hong HD. 1994. Changes in physicochemical characteristics of barley leaves during growth. Korean J Food Sci Technol 26(4): 471-474
 Lee HG, Lee EM, Cha GH. 2005. Sensory and mechanical characteristics of *Shinsunchosulgi* by different ratio of ingredient. Korean J Food Cookery Sci 21(4): 422-432
 Lee KH. 2005. Quality characteristics of *Jeolpyun* containing Baekbokryung(White *Poria cocos* Wolf) powder. MS Thesis. Dankook University.
 Myers RH, Montgomery DC. 1995. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, New York. pp 364-370
 Næs T, Bjerke F, Færgestad EM. 1999. A comparison of design and analysis techniques for mixtures. Food Qual. Prefer. 10(3): 209-217
 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 Syatems. 41(2): 221-235

- Ohkawa M. 1998. Three new antioxidative saponarin analog from young green barley leaves. *Chem Pharm Bull* 46(12): 1887-1890
- Park KS, Yoon KS, Hwang SH, Cho HJ, Kim JS. 2003. Optimization for the preparation of *Jeung-Pyun*, with added *Paecilomyces japonica* powder, using a response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 19(3): 504-510
- Park MK, Lee JM, Park CH, In MJ. 2002. Quality characteristics of *Sulgidduk* containing chlorella powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(2): 225-229
- Raymond HM. 1995. *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons, New York. pp 558-562
- Ryu SN, Lee EJ, Lee CW. 2002. Varietal difference of saponarin content and antioxidant activity in barley leaf. *Korean J Breed* 34(1): 46-49.
- Saguy I, Mishkin MA, Karel M. 1984. Optimization methods and available software(Part 1). *CRC Crit Rev. Food Sci Nutr* 20 : 275-299
- Seo MI, Jung SJ, Jang MS. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of steamed foam cake with barley(*Hordeum vulgare* L.) sproutling powder. *Korean J Food Cookery Sci* 22(6): 815-824
- Seo YH, Kim JH, Moon KD. 1998. Effects of *Poria cocos* powder addition on the baking properties. *Korean J Postharvest Sci Technol*. 5(3) : 275-280
- Sim YJ, Paik JE, Chun HJ. 1991. A study on the texture characteristics of *Ssoksulgis* affected by mugworts. *Korean J Soc Food Sci* 7(1): 35-43
- Yoon SJ, Lee MY. 2004. Quality characteristics of *Sulgidduk* added with concentrations of hericium erinaceus powder. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20(6): 575-580

(2007년 5월 4일 접수, 2007년 7월 24일 채택)