

어린보릿가루 첨가 거품형 찜케이크의 재료 혼합비율의 최적화

서민자 · 정수지 · 장명숙
단국대학교 식품영양학과

Optimization of Ingredient Mixing Ratio for Preparation of Steamed Foam Cake with Barley (*Hordeum vulgare* L.) Sproutling Powder

Min Ja Seo, Su Ji Jung, Myung Sook Jang
Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

This study was performed to determine the optimum ratio of each ingredient in the steamed foam cake with barley (*Hordeum vulgare* L.) sproutling powder. The experiment was designed according to the D-optimal design of mixture design, which showed 14 experimental points including 4 replicates for three independent variables (sugar 112~139%, barley sproutling powder 1~8%, and oil 5~25%). The compositional and functional properties of test were measured, and these values were applied to the mathematical models. A canonical form and trace plot showed the influence of each ingredient on the mixture final product. The results of F-test, volume, color values (L, a, b), textural properties (hardness, gumminess, chewiness) and sensory characteristics (softness) decided a linear model, while the sensory characteristics (color, smell, taste, overall acceptance) decided a quadratic model. The volume of steamed foam cake was increased by sugar addition, and a negative effect was exerted by barley sproutling powder and oil. L and a of color values increased but the b value decreased with increasing sugar and oil content, whereas barley sproutling powder tended to decrease all color values. The addition of barley sproutling powder also had a positive effect on the textural properties (hardness, gumminess, chewiness). Sensory characteristics (color, smell, softness, taste, overall acceptance) could suffer counter results with the excessive addition of sugar, barley sproutling powder, and oil. The optimum formulations by numerical and graphical methods were similar: sugar, barley sproutling powder, and oil were 130.4%, 4.0%, and 10.7% by numerical method, compared to 130.4%, 4.0%, and 10.7% by graphical method, respectively.

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

1. 서 론

어린보리(*Hordeum vulgare* L.)는 보리 파종 후 열흘 이내에 가지가 나오기 이전까지의 것으로 길이는 5~6 cm 정도이다(농촌진흥청 2001a). 어린보리는 35~45%의 단백질과 18종의 아미노산 및 8종의 필수 아미노산

을 함유하고 있으며 이 중 약 90% 이상이 쉽게 소화되는 polypeptide로 존재한다고 한다(Kim KT 등 1994). 또한 식이섬유, 칼륨, 칼슘, 철분 등의 다양한 생리활성 물질에 의한 면역기능 강화, 항산화 작용을 하며 해독 작용 및 암의 억제 효과(Kubota KM 1983)도 있다고 하여 어린보리 추출물로 영양 보충제를 만들어 일본과 기타 여러 국가에서 이미 이용되고 있다고 한다(Park HY 2006). 또한 어린보리를 이용하면 유류경지의 이용, 노동력의 감소, 원료 생산원가의 절감 등 산소 공급으로 인한 환경오염 방지의 측면에서도 중요성이 인식되고 있다고 한다(농촌진흥청 2001b). 어린

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

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), 그리고 보리 어린모의 이식에 관한 연구 (Lee CW 2004) 등이 있으나, 어린보리를 음식에 직접 이용한 연구는 설기떡에 이용한 경우(Park HY 2006)가 있을 뿐 거의 없는 실정이므로 어린보리를 이용한 음식을 개발하는 것이 필요하다고 생각된다.

서양에서는 오븐이 발달하여 케이크를 오븐에 구워서 먹는 조리법이 발달하였다. 우리나라의 경우 오븐의 사용이 최근 많이 증가하였지만 아직까지도 손쉽게 이용할 수 있는 찹는 조리법을 더 많이 이용하고 있고, 오븐에 구워 만드는 케이크를 찹이라는 조리법을 이용하게 되면 오븐에 구울 때보다 만들기가 용이하며 시간이 단축될 수 있다(Kwhak SH 와 Jang MS 2005). 이러한 거품형 찹케이크에 어린보릿가루를 넣으면 어린보릿가루 특유의 향이 거품형 찹케이크와 잘 어울려 맛을 향상 시켜 줄 것으로 기대된다. 식품 연구개발을 할 때 혼합물의 최적화를 이루기 위하여는 혼합물 실험계획법(mixture design)을 사용한다(Han GH 2004). 한 개 이상의 재료가 섞여 있는 식품의 경우 식품 자체가 가지고 있는 여러 성분들이 여러 조건들에 의해 상호 복잡하게 관계되어 있어 각 성분에 대한 최적화 연구가 필연적으로 수행되어야 한다. 이처럼 식품과 같이 몇 개의 재료의 혼합물에 관한 실험에서는 어떠한 재료가 목적하는 종속변수에 유의한 영향을 미치며, 종속변수의 반응량을 최대 또는 최소로 만드는 최적혼합비율을 찾고자 하는 실험을 혼합물 실험계획법이라 한다(Cornell JA 1990, Ellekjæ MR 등 1996). 이러한 혼합물 실험 계획과 분석은 실험에 영향을 미치는 인자(factor)를 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 혼합물 실험계획법을 이용하여 어린보릿가루를 첨가한 거품형 찹케이크(이하 어린보릿가루 찹케이크)의 최적 재료 혼합비율을 찾고자 하였으며, 이를 기초로 어린보릿가루를 음식에 이용할 수 있는 방안을 제시하고 기능성 찹케이크의 산업화를 위한 자료를 만들고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 어린보릿가루는 2005년 12월에 재배된 대백 보리(영농 조합법인 한농마을에서 제공)를 사용하였다. 어린보리잎을 저온건조기를 이용하여 35~38℃에서 24시간 건조시켜 제트밀 분쇄기를 이용하여 가루로 만들어 100 mesh의 체로 쳐서 사용하였다. 밀가루(곰표 중력분, 대한제분), 설탕(정백당, 삼양사), 달걀(신선란, 서산농장), 술(럼주, 캡틴Q, 알콜 35%, 롯데칠성), 소금(재제염, 순도 88% 이상, 샘표)과 베이킹 파우더(가림산업)를 사용하였다. 어린보릿가루의 일반 성분은 수분 4.8%, 단백질 29.7%, 회분 1.4%, 당질 12.6%, 지질 6.8%이었다. 밀가루의 일반 성분은 수분 12.0%, 단백질 8.6%, 회분 0.3%, 당질 77.5%, 지질 1.1%였다.

2. 혼합비율의 최적화를 위한 실험 디자인

어린보릿가루 찹케이크의 모든 실험 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 7(Stat-Easy Co., Minneapolis)을 사용하였다. 재료 혼합비율의 최적화는 mixture design 중 D-optimal design(Myers RH 와 Montgomery DC 1995)에 따라 설계하였고, 찹케이크의 품질에 영향을 줄 수 있는 재료인 설탕(A), 어린보릿가루(B), 기름(C)의 양을 설정하였다. 종속변수로는 부피, 색도(L, a, b값), 텍스처(hardness, gumminess, chewiness), 관능검사(색, 냄새, 부드러운 정도, 맛, 전반적인 기호도)를 설정하였다. 설탕, 어린보릿가루와 기름 첨가율의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 밀가루 함량에 대하여 각각 112~139%, 1~8%, 5~25%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(Park HY 2006). 이에 따른 본 실험의 실험점은 Fig. 1과 같고, 실험점의 자세한 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

설정된 혼합디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였는데, 이는 regression model을 나타내는 coefficient 값(Cornell JA 1990)들에 근거를 두고 계산되어졌고 linear 와 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 MS 와 Park JE 2006). 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 response surface plot과 trace plot (Raymond HM 1995)을 이용하였다.

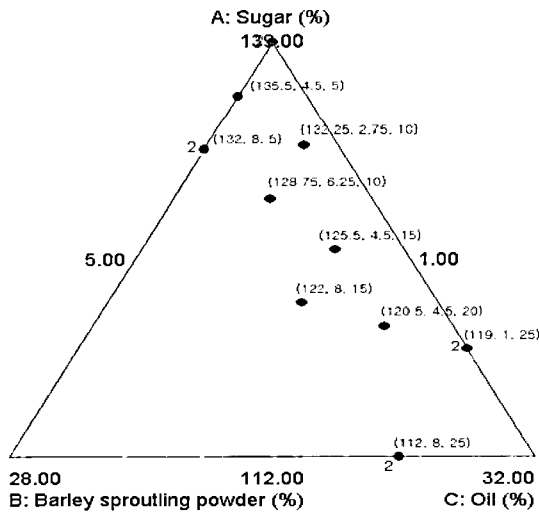


Fig. 1. Plot of a modified distance design in the mixture region.

3. 찹케이크의 제조

밀가루 500 g, 전란 800 g, 소금 10 g, 베이킹 파우더 10 g, 물 50 g과 럽 50 g을 기준으로 설탕, 어린보릿가루 및 기름의 첨가량은 mixture design 중 D-optimal design(Myers RH 와 Montgomery DC 1995)에 따라 Fig. 1의 실험점과 Table 1에 따라 혼합하였다. 보울에 전란을 넣고 거품기로 30번 저어 완전히 풀어 준 후 설탕과 소금을 넣고 증탕하였다. 증탕할 때 물의 온도는 60°C가 되게 하고 내용물은 40°C가 될 때까지 잘 저어 주었다. 수직형 전기믹서(B20-F, 宇宙産業, China)의 믹싱볼에 증탕시킨 달걀, 설탕과 소금을 넣고 3단으로 휘핑한다. 휘핑한 믹싱 볼에 20 mesh 체에 내린 밀가루, 베이킹 파우더, 물과 술을 넣고 나무주걱으로 섞어 반죽하였다. 케이크 반죽은 가로 11 cm, 세로 23 cm, 높이 6 cm의 케이크 팬에 400 g씩 팬닝하여 스팀 온도 100°C로 예열된 찹기(K-5DX, Arahata, Co., Japan)에서 23분간 찜냈다. 찜낸 케이크는 30 cm 높이에서 2회 충격편칭한 다음 팬에서 꺼내어 실온(20±2°C)에서 1시간 식힌 후 실험에 사용하였다.

4. 실험 방법

1) 부피

14개의 실험 처리구에 따라 찹케이크를 만들어 종자

Table 1. Experimental design for steamed form cake with barleyroutling powder

No.	Run	Pseudo component ¹⁾			Actual component		
		A ²⁾	B	C	A (%)	B (%)	C (%)
1	5	1.00	0.00	0.00	139.00	1.00	5.00
2	1	0.26	0.00	0.74	119.00	1.00	25.00
3	6	0.37	0.26	0.37	122.00	8.00	15.00
4	12	0.50	0.13	0.37	125.50	4.50	15.00
5	9	0.74	0.26	0.37	132.00	8.00	5.00
6	2	0.00	0.26	0.00	112.00	8.00	25.00
7	8	0.75	0.07	0.74	132.25	2.75	10.00
8	11	0.32	0.13	0.19	120.50	4.50	20.00
9	13	0.87	0.13	0.56	135.50	4.50	5.00
10	7	0.62	0.19	0.00	128.75	6.25	10.00
11	3	1.00	0.00	0.19	139.00	1.00	5.00
12	4	0.74	0.26	0.00	132.00	8.00	5.00
13	14	0.26	0.00	0.00	119.00	1.00	25.00
14	10	0.00	0.26	0.74	112.00	8.00	25.00

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

²⁾A : sugar, B : barley sprouting powder, C : oil

치환법(Cambell AM 등 1979)을 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 하였다.

2) 색도

어린보릿가루를 첨가한 썬케이크를 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 측정 후 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L값은 98.48, a 값은 0.14, 그리고 b값은 -0.41이었다.

3) 텍스처

어린보릿가루를 첨가한 썬케이크를 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 변형률로 two-bite compression test를 이용하여 조직감을 측정하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 점성(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.

4) 관능검사

어린보릿가루를 첨가한 썬케이크를 만들어 제조 당일 오후 3시에 30명의 단국대학교 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 색, 냄새, 부드러운 정도, 맛 그리고 전반적인 기호도의 5가지 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 똑같

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 백색 접시에 담아 물과 함께 제공하였고, 한 개의 시료를 평가한 다음 생수로 입안을 깨끗하게 헹군 후 다른 시료를 평가하도록 하였다. 총 14개 처리구의 시료가 중복되지 않게 하였으며, 각 패널에게 주어지는 시료가 동일한 순위와 구성으로 이루어지지 않도록 무작위 순서로 검사하게 하였다.

5. 최적화

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분에 대한 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 최적화를 위한 설탕, 어린보릿가루, 기름의 양을 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(Jang MS 와 Park JE 2006).

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

여기서 D는 overall desirability(Derringer G 와 Suich R 1980), d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다. 모형적 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그 래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혼합물 실험계획법에 의한 실험디자인

어린보릿가루 썬케이크의 재료 혼합비율의 최적화를 위하여 혼합물 실험계획법의 D-optimal design으로 실험디자인을 하였다. 독립변수인 설탕, 어린보릿가루와 기름의 첨가율의 최소 및 최대 범위는 밀가루 함량에 대하여 각각 112~139%, 1~8%, 5~25%로 설정하였다. 혼합물 실험계획법의 modified distance design을 이용하여 각 설정된 범위를 입력하여 10개의 실험점이 형성되었고(Fig. 1), 4개의 반복점이 선택되었다(Table 1). 모든 실험순서(Run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 무작위로 실행하였고, pseudo component는 실제 성분의 조합으로 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위하여 나타내었다(Myers RH 와 Montgomery DC 1995). 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.

2. 부피

14개의 실험점으로 만든 어린보릿가루 썬케이크의 부피 결과는 Table 3과 같으며 1090.0~1430.0 mL의 범위를 보였다. 최대값은 설탕 139%, 어린보릿가루 1%, 기름 5%를 첨가하여 썬케이크를 만들었을 때로

나타났다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 부피에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 설탕, 어린보릿가루, 기름의 첨가율이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었고, probability는 0.0001로 모델의 적합성이 인정되었다. Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴 본 결과 부피는 설탕 첨가율에 의한 영향을 가장 많이 받았다. Fig. 2의 반응표면과 trace plot에 의하면 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록 부피는 커지고, 어린보릿가루 첨가율(B-B선)과 기름 첨가율(C-C선)은 증가할수록 부피가 작아지는 결과를 나타내

Table 3. Quality characteristics of steamed form cake with barley sproutling powder at various conditions by D-optimal design

No. Run	Volume (mL)	Hunter's color values			Textural characteristics			Sensory characteristics				Overall acceptance	
		L	a	b	hardness (g)	gumminess (g)	chewiness (g · cm)	Color	Smell	Softness	Taste		
1	5	1430.0±14.1	75.1±0.6	-1.3±0.9	31.3±1.2	190.2± 8.2	108.3± 4.7	105.0± 4.5	6.6±0.5	6.4±0.5	6.9±0.4	6.7±0.4	6.8±0.3
2	1	1283.0±24.0	74.7±0.2	-2.1±0.4	33.3±1.3	246.7±16.1	139.2± 8.6	132.9± 7.8	5.8±0.8	5.8±1.0	6.9±0.5	6.6±0.6	6.5±0.2
3	6	1165.0±23.6	56.3±0.4	-9.5±0.1	40.6±0.1	424.7±13.6	234.6±16.3	218.3±14.9	5.5±1.0	6.5±0.8	5.1±0.9	6.1±1.2	6.1±0.8
4	12	1310.0±14.1	61.9±0.3	-7.1±0.9	40.4±0.8	288.5±17.2	159.9± 8.8	151.0± 8.7	7.2±1.0	7.4±0.7	5.9±0.5	7.0±0.4	7.6±0.3
5	9	1250.0±21.2	55.9±0.7	-8.5±0.9	40.0±0.6	364.6±30.6	203.0±15.5	190.2±14.2	5.8±0.7	5.6±0.4	6.1±0.9	6.4±0.7	6.3±0.5
6	2	1090.0±14.1	55.3±1.6	-9.6±0.4	40.6±1.1	518.4±36.2	290.9±22.5	269.3±20.5	5.4±0.7	6.0±0.4	5.8±0.3	4.6±0.3	5.0±0.4
7	8	1405.0± 7.1	67.0±0.5	-6.4±0.1	39.4±0.5	219.2±10.5	123.4± 5.3	118.7± 4.8	8.2±0.2	7.2±0.6	7.9±0.4	7.6±0.5	7.8±0.3
8	11	1273.0±17.7	61.8±0.7	-6.0±0.2	38.4±2.0	280.4± 9.2	155.7± 5.0	147.0± 4.6	7.9±0.1	7.4±0.6	6.8±0.6	6.4±0.4	7.0±0.7
9	13	1365.0±21.2	62.2±2	-7.7±1.2	39.6±1.4	239.9±11.4	135.2± 6.0	129.5± 5.8	7.8±0.3	6.9±0.4	7.3±0.4	7.4±0.4	7.8±0.7
10	7	1300.0±18.3	58.4±1.4	-8.3±0.8	40.6±0.7	341.3±17.8	187.2± 9.3	176.3± 8.5	7.1±0.8	7.8±0.3	7.2±0.6	7.3±0.3	7.5±0.4
11	3	1400.0±14.1	73.9±0.4	-1.3±0.8	33.1±0.4	218.2±27.2	117.4±14.2	119.9±13.3	6.3±0.3	6.1±0.8	6.4±0.3	6.3±0.8	6.8±0.2
12	4	1238.0±17.7	56.5±0.6	-8.1±0.3	40.4±0.9	371.8±16.4	206.9± 8.1	195.0± 6.7	5.4±0.8	5.9±0.4	5.8±0.8	6.1±1.1	6.0±0.8
13	14	1285.0± 7.5	75.6±0.6	-2.3±0.3	34.4±0.2	238.0± 9.2	135.0± 4.8	129.3± 5.0	6.0±0.5	5.6±0.7	7.2±0.7	6.4±1.0	6.3±0.9
14	10	1110.0±12.8	55.3±0.9	-10.0±0.3	40.5±0.6	515.0±24.9	282.3±15.8	246.3±15.6	5.1±0.9	6.3±0.8	6.0±0.7	4.8±0.6	4.8±0.6

Table 4. Analysis of predicted model equation for the quality characteristics of steamed form cake with barley sproutling powder

Response		Model	F-value	Prob<F	Equation on terms of pseudo component
Volume		Linear	80.89	<0.0001	1442.99A+732.40B+1245.10C
Hunter's color values	L value	Linear	133.56	<.0001	73.39A + 1.34B+73.91C
	a value	Linear	45.27	<0.0001	-2.34A-29.63B-2.85C
	b value	Linear	16.35	0.0005	34.33A-60.87B + 34.41C
Textural characteristics	Hardness	Linear	52.92	<0.0001	157.53A + 1007.69B + 286.76C
	Gumminess	Linear	55.34	<0.0001	88.25A + 554.50B + 160.99C
	Chewiness	Linear	49.50	<0.0001	91.04A + 493.66B + 149.61C
Sensory characteristics	Color	Quadratic	21.52	0.0002	6.54A-77.15B + 5.48C+107.84AB+0.96AC + 110.37BC
	Smell	Quadratic	18.32	0.0003	6.22A-40.00B + 4.25C+60.39AB+4.73AC + 69.44BC
	Softness	Linear	4.02	0.0490	7.23A + 2.78B + 6.96C
	Taste	Quadratic	20.10	0.0002	6.59A-26.01B + 5.45C+42.90AB+3.60AC + 38.18BC
	Overall acceptance	Quadratic	71.89	<0.0001	6.83A-46.27B + 5.31C+68.55AB+3.10AC + 67.43BC

A : sugar, B : barley sproutling powder, C : oil

었다.

Ahn JM 과 Song YS(1999), Kim YS(2005) 등의 실험 결과에서 첨가물에 의하여 부피가 감소하였으므로 본 실험의 결과와 일치함을 보여 주었다. 밀가루 이외의 부재료를 과도하게 많이 첨가할 경우에는 오히려 부피를 감소시키는 원인이 된다는 것을 알 수 있었는데, 이러한 부피의 감소는 첨가물에 의하여 반죽의 가스 보유력이 감소하였기 때문이라고 하였다. 기름은 달걀의 표면장력을 키우는 작용이 있어 많이 첨가할 경우 거품이 잘 일어나지 않는다고 하였는데(정인창 등 2004), 본 연구 결과에서도 과도한 기름의 사용은 오히려 케이크의 부피를 감소시켰다.

3. 색도

색도의 결과는 Table 3과 같다. 색도 중 명도(L)는 55.3~75.6, 적색도(a)는 -10.0~-1.3, 황색도(b)는 33.1~40.6의 범위를 보였다. 설탕, 어린보릿가루, 기름의 첨가율이 명도는 119%, 1%, 25%, 적색도는 112%, 8%, 25%, 황색도는 112%, 8%, 25% 첨가하였을 때 가장 높은 값을 보였다. 색도에 가장 큰 영향을 미친 인자는 어린보릿가루로, 어린보릿가루 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. 명도, 적색도, 황색도 모두 linear 모델이 선택되었고, probability는 명도와 적색도가 <0.0001, 황색도가 0.0005로 모델의 적합성이 인정되었다. Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴 본 결과 적색도와 황색도에 가장 큰 영향을

주는 인자는 어린보릿가루였다. 선택된 모델에 대한 반응표면은 Fig. 3~5와 같으며, 반응표면은 설탕과 기름 첨가율이 높고 어린보릿가루 첨가율이 낮을수록 명도와 적색도는 높아졌고, 설탕과 기름 첨가율이 낮고 어린보릿가루 첨가율이 높을 경우 황색도가 증가하였다. Fig. 3~5의 trace plot에서 설탕 첨가율(A-A선)과 기름 첨가율(C-C선)이 증가할수록 명도와 적색도는 높아지고 황색도는 낮아졌으며, 어린보릿가루 첨가율(B-B선)은 증가할수록 명도와 적색도는 낮아지고 황색도는 증가하는 결과를 나타내었다.

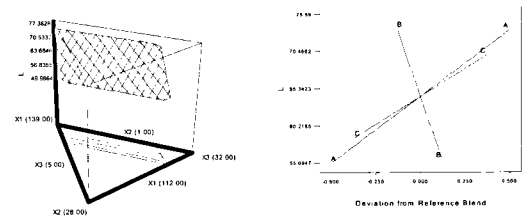


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on color(L value) of steamed form cake with barley sprouting powder.

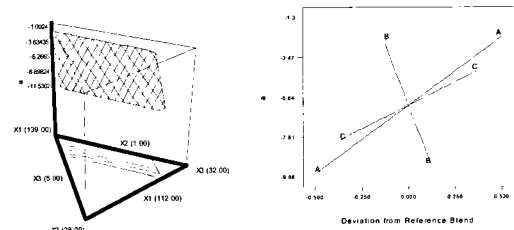


Fig. 4. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on color(a value) of steamed form cake with barley sprouting powder.

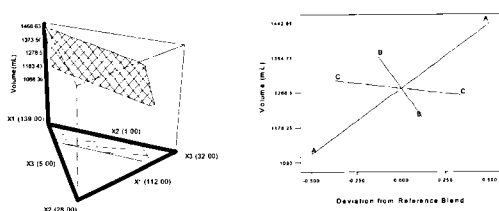


Fig. 2. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on volume of steamed form cake with barley sprouting powder.

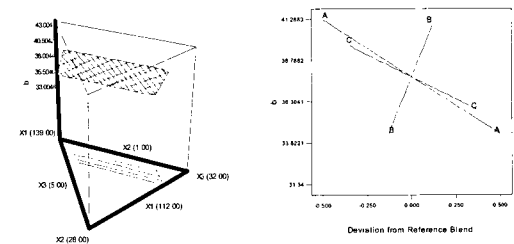


Fig. 5. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on color(b value) of steamed form cake with barley sprouting powder.

앞에서 부피는 설탕 첨가율에 의하여 부피가 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났는데, 설탕을 많이 첨가할수록 휘핑 시 거품이 잘 일어나 부피가 커지게 되고 색이 더 밝게 나타나는 것이다. 명도, 적색도와 황색도에서 어린보리의 첨가량이 가장 큰 기여를 하였는데, Kim YA(2003), Kweon BM 등(2003), Kim YA(2005) 등의 연구에서 색이 진한 부재료의 첨가량이 증가할수록 명도가 낮아진다는 결과와 일치하였다.

4. 텍스처

텍스처 중 경도(hardness)는 190.2~518.4 g, 검성(gumminess)은 108.3~290.9 g, 씹힘성(chewiness)은 105.0~269.3 g·cm의 범위의 결과를 보였다(Table 3). 경도, 검성과 씹힘성 모두 설탕, 어린보릿가루, 기름 첨가율이 각각 139.0%, 1%, 5%일 때 가장 낮은 결과를 보여(Table 3), 설탕 첨가율은 높고 어린보릿가루 첨가율은 가장 낮은 혼합비율에서 부드러운 것을 알 수 있었다.

경도, 검성과 씹힘성 모두 설탕, 어린보릿가루, 기름의 첨가율이 서로 상호작용이 없이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 결정되었고, probability는 모두 <0.0001로 5% 이내의 높은 유의성을 보여 모델에 대한 적합성이 인정되었다. Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과 어린보릿가루의 첨가율이 영향을 많이 주는 것을 알 수 있었다. Fig. 6~8의 반응표면 곡선과 trace plot에서 설탕 (A-A선)과 기름의 첨가율(C-C선)이 증가할수록 어린보릿가루의 첨가율(B-B선)이 감소할수록 경도, 검성과 씹힘성은 감소하여 부드러웠다.

Kweon BM 등(2003), Kim YS(2005)의 연구에서도 밀가루 이외의 가루를 부재료로 첨가할 경우 경도, 검성과 씹힘성이 높아져 부드러움이 감소한다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 케이크 경도에 영향을 주는 요인에는 케이크의 부피, 수분함량, 공기 구멍의 발달 정도 등이 있는데 공기 구멍이 잘 발달된 케이크일수록 부피가 크고, 경도가 낮다고 하였다(Kim EJ와 Kim SM 1988). 본 실험의 결과에서도 부피가 큰 혼합비율에서 경도, 검성과 씹힘성이 낮은 결과를 보였다.

5. 관능검사

어린보릿가루 찹케이크의 재료 혼합비율의 최적화를

위한 관능검사 결과는 Table 3과 같고, 색은 5.1~8.2, 냄새는 5.6~7.4, 부드러운 정도는 5.1~7.9, 맛은 4.6~7.6, 그리고 전반적인 기호도의 경우 4.8~7.8 범위의 점수를 받았다.

색, 냄새, 맛과 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었고, 부드러운 정도는 설탕, 어린보릿가루, 기름 첨가율에 각각 독립적으로 영향을 받는 linear 모델이 결정되었다. probability는 색, 냄새, 부드러운 정도,

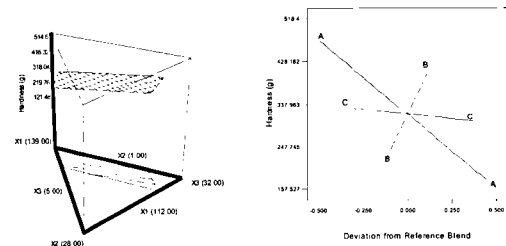


Fig. 6. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on texture (hardness) of steamed form cake with barley sprouting powder.

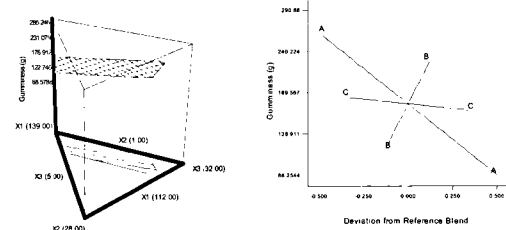


Fig. 7. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on texture (gumminess) of steamed form cake with barley sprouting powder.

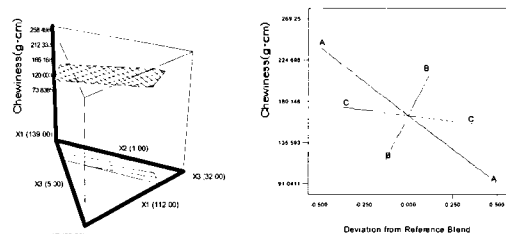


Fig. 8. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on texture (chewiness) of steamed form cake with barley sprouting powder.

맛과 전반적인 기호도가 각각 0.0002, 0.0003, 0.0490, 0.0002, <0.0001로 5% 이내에서 높은 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다.

Table 4의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과 색, 냄새, 맛과 전반적인 기호도에서 단독적으로는 어린보릿가루의 첨가율이 가장 크게 작용하였으며, 색과 냄새의 경우 기름과 어린보릿가루의 상호작용, 맛과 전반적인 기호도의 경우 설탕과 어린보릿가루의 상호작용이 가장 크게 작용하였다. 그러나 부드러운 정도는 설탕의 첨가율에 의해 가장 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 색, 냄새, 맛과 전반적인 기호도의 반응 표면과 trace plot(Fig. 9~13)에서 보면 설탕 첨가율(A-A선), 어린보릿가루 첨가율(B-B선)과 기름 첨가율(C-C선)이 증가할수록 점수가 증가하다 최대값을 보인 후 감소하였다. 부드러운 정도는 설탕 첨가율(A-A선)과 기름 첨가율(C-C선)이 증가할수록 증가하였고, 어린보릿가루 첨가율(B-B선)이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

부드러운 정도를 제외한 모든 항목에서 설탕, 어린

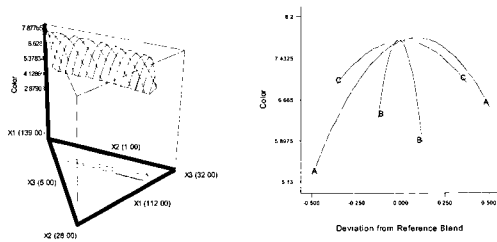


Fig. 9. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on sensory characteristics(color) of steamed form cake with barley sprouting powder.

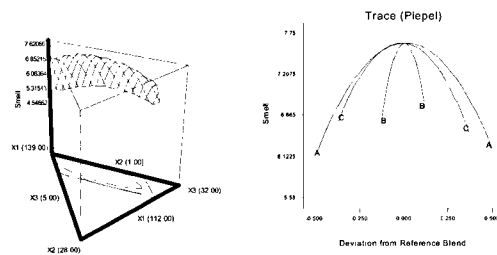


Fig. 10. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on sensory characteristics(smell) of steamed form cake with barley sprouting powder.

보릿가루, 기름을 적거나 많이 넣을 경우에는 오히려 기호도가 감소하는 것을 알 수 있었으며, Kim YS (2005)와 Park HY(2006)의 결과와도 일치하였다.

6. 재료 혼합비율의 최적화

최적화 접근은 Derringer G 와 Suich R(1980) 등을 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립변수인 설탕과 기름 첨가율은 최소로, 어린보릿가루 첨가

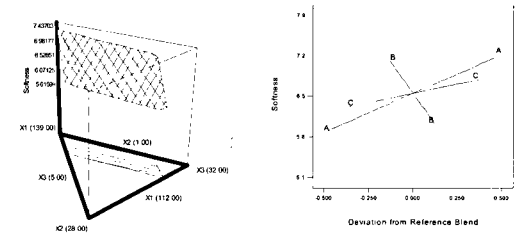


Fig. 11. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on sensory characteristics(softness) of steamed form cake with barley sprouting powder.

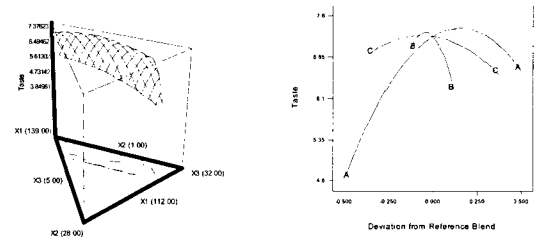


Fig. 12. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on sensory characteristics(taste) of steamed form cake with barley sprouting powder.

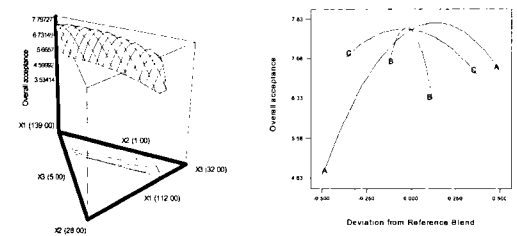


Fig. 13. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), barley sprouting powder (B), and oil (C) on sensory characteristics(overall acceptance) of steamed form cake with barley sprouting powder.

율은 최대로, 그 때의 부피, 명도, 적색도와 황색도는 범위내에서 경도, 검성과 씹힘성은 최소로, 관능검사 항목인 색, 냄새, 부드러운 정도, 맛과 전반적인 기호도는 최대로 결정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치 점(numerical point)을 예측하였다(Table 5). 예측된 최적값은 설탕 130.4%, 어린보릿가루 4.0%, 기름 10.7%이었다. 최적화의 다른 방법으로 혼합물 성분의 모형을 이용한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 14에 나타내었다. 수치적 최적화(numerical optimization)와 달리 각 반응 모형 그래프의 중첩되는 부분을 최적 범위로 정하였다. 결정된 최적화 점으로는 desirability 0.687에 해당하는 설탕 130.4%, 어린보릿가루 4.0%, 기름 10.7%로 수치 최적화 점과 동일하게 나타났다(Fig. 14).

IV. 요약 및 결론

본 연구는 어린보릿가루를 이용한 찹케이크의 개발에 기초가 되는 재료의 최적 혼합비율을 찾기 위하여 혼합물 실험계획법(mixture design) 중 D-optimal design을 이용하였다. 찹케이크의 품질에 가장 영향을 미치는 설탕, 어린보릿가루와 기름의 첨가율을 독립변수로 설정하였고, 범위는 예비실험을 거쳐 설탕 112~139%, 어린보릿가루 1~8%, 기름 5~25%로 하였다. 실험 결

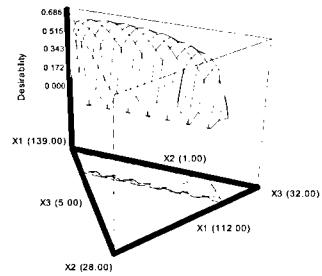


Fig. 14. Three-dimensional plot of common area for the optimization mixture.

과를 모델링하여 유의성을 검증한 결과, 부피, 명도, 적색도, 황색도, 텍스처의 경도, 검성, 씹힘성과 관능검사 항목 중 부드러운 정도가 linear 모델로, 관능검사의 색, 냄새, 맛과 전반적인 기호도는 quadratic 모델로 결정되었다. 모델의 적합성을 분석한 결과 모든 항목에서 probability가 0.05% 이내에서 유의성을 보여 모델로서 적합함이 인정되었다. 반응표면과 trace plot의 결과 부피는 설탕의 첨가율이 높을수록, 어린보릿가루와 기름의 첨가율이 낮을수록 크게 나타났다. 명도와 적색도는 설탕과 기름의 첨가율이 높을수록, 어린보릿가루 첨가율이 낮을수록 높게 나타났고, 황색도는 그 반대의 경향이였다. 텍스처의 경우 어린보릿가루 첨가율이 증가할수록 경도, 검성과 씹힘성이 증가하여 어린보릿가루의 첨가율이 높을수록 찹케이크의 부드러움을 저하시키는 원인이 되었다. 관능검사 결과에서는 설탕, 어린보릿가루와 기름을 적게 또는 많이 첨가할 경우에는 오히려 낮은 점수를 받았다. 어린보릿가루 찹케이크의 최적 재료 혼합비율의 수치 최적화는 설탕 130.4%, 어린보릿가루 4.0%, 기름 10.7%, 모형적 최적화는 desirability가 0.687에 해당하는 설탕 130.4%, 어린보릿가루 4.0%, 기름 10.7%로 두 수치가 동일하게 나타났다. 이를 바탕으로 가능성이 높은 어린보릿가루를 찹케이크의 제조에 이용 가능하며, 가능성 찹케이크의 산업화도 가능할 것으로 기대된다.

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

Constraints name	Goal	Numerical optimization solution	Graphical optimization solution
Sugar (%)	minimum	130.4	130.4
barley sproutling powder(%)	maximum	4.0	4.0
Oil (%)	minimum	10.7	10.7
Volume	in range	1323.4	1323.7
L value	in range	65.6	65.6
a value	in range	-5.4	-5.4
b value	in range	37.3	37.2
Hardness	minimum	277.9	277.7
Gumminess	minimum	154.7	154.6
Chewiness	minimum	147.5	147.4
Color	maximum	7.9	7.9
Smell	maximum	7.6	7.6
Softness	maximum	6.7	6.7
Taste	maximum	7.4	7.4
Oveall acceptance	maximum	7.8	7.8

참고문헌

농촌진흥청, 2001. 식량작물 증장기 연구계획. p 75-80.
 농촌진흥청, 2001. 표준영농교본. p 118.
 정인창, 곽희진, 채동현, 배중호, 신연환, 허경택. 2004. 제과

- 제빵실무. 도서출판 효일. 서울. p 37-49.
- 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.
- Cambell AM, Penfield MP, Griswold RM. 1979. The experimental study of food. 2nd ed. Houghton Mifflin company. p 47.
- 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 GH. 2004. Stimulation and the establishment of optimization in new product development using food by-product. Doctorate thesis. Kyung Hee University of Korea. pp 4-5.
- 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 EJ, Kim SM. 1988. Bread properties utilizing extracts of pone needle according th preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 30: 542-547.
- Kim KT, Kim SS, Lee SH, Kim DM. 2003. The functionality of barley leaves and its appication on functional foods. *Food Sci & industry* 36: 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: 471-474.
- Kim YA. 2003. Effect of Mulberry leaves powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. *Korean J Food Sci Technol* 35(5): 871-876.
- Kim YA. 2005. Effect of *Lycium Chinense* powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(3) : 403-407.
- Kim YS. 2005. Optimization of steamed foam cake added with saltwort(*Salicornia herbacea* L.) by ratio of ingredient. Master's Thesis. Dankook University of Korea. pp 37-49.
- Kubota KM. 1983. Function of barley leaf. *Japanese J Inflammation* 3: 4.
- Kweon BM, Jeon SW, KIM DS. 2003. Quality characteristics of sponge cake with addition of laver powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(8) : 1278-1284.
- Kwhak SH, Jang MS. 2005. Optimization for 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.
- Lee CW, Baek SB, Son YK. 2004. Study on transplanting barley seedling using rice transplanter. *Kor J Intl Agri* 16 : 76-81.
- 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. Preper.* 10 : 209-217.
- Park HY. 2006. Mixture optimization and preservation of *Sulgidduk* following the barley(*Hordeum vulgare* L.) sproutling addition. Master's thesis. Dankook University of Korea. pp 1-4.
- 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 & available software(Part 1). *CRC Crit Rev. Food Sci Nutr* 20 : 275-299.

(2006년 8월 14일 접수, 2006년 11월 29일 채택)