

# 혼합물 실험계획법에 의한 쑥 첨가 찜 케이크의 최적화

오석태 · 박정은<sup>†</sup>

우송대학교 외식조리학과

## Optimization of Ingredient Mixing Ratio for Preparation of Steamed Cake with Mugwort (*Pseudosasa japonica* Makino) Powder

Oh Suk Tae and Park Jung Eun<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Culinary Arts, Woosong University, Daejeon, 300-718, Korea

### Abstract

This study examined the optimal ingredient mixing ratio for the preparation of steamed cake containing mugwort (*Artemisia princeps* var. *orientalis*) powder. After preliminary studies, the following ingredient ranges were determined; 110~129% sugar, 3~8% mugwort powder, 10~25% oil. Among the different mixture designs, the D-optimal design was chosen for analysis. The results of F-test, specific gravity, viscosity, volume and color values (L, a, b), hardness decided a linear model, while the sensory characteristics (color, taste, texture and overall acceptance) decided a quadratic model. The fitness analysis results showed that in all characteristic, the probabilities were significant within 0.05%; thus, the models were accepted as appropriate. The response surface and trace plot results showed that increasing amounts of mugwort powder decreased the brightness, and increased redness and yellowness. As the level of added oil increased, the softness of the cake increased. Cake samples received low sensory evaluation scores when sugar, mugwort powder, and oil were added above their optimal levels. The optimum formulations by the numerical and graphical methods, were similar, and with the numerical method presented as: sugar, mugwort powder, and oil at 120.7%, 5.1%, and 16.2%, respectively (flour weight basis). The above results demonstrate the feasibility of adding mugwort powder to sponge cake, and therefore, the commercialization of mugwort powder cake marketed as a functional food is deemed possible.

Key words : optimization, steamed, sponge cake, mugwort powder, D-optimal design, mixture designs

## 1. 서론

쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*)은 국화과에 속하는 번식력이 강한 다년생 식물로서 일반적으로 3월부터 6월 중순까지 성장하고 잎과 뿌리를 식용과 약용으로 사용하고 있다(박희영과 강효신 1985, 허준 1978). 한방에서 코피, 자궁출혈 등의 지혈약으로 사용하였고 하복부진통, 변비, 신경통, 냉병, 부인병 및 천식, 구충, 이취제거 등에 효과가 있다고 하여 차

로 이용되어 왔으며 특히 독특한 향, 맛, 색을 지니고 있어 떡, 국, 전, 나물 등으로 이용되어 왔다(육창수 1977, Sim YJ 등 1992). 쑥은 우수한 녹엽단백질과 필수지방산을 함유하고 있는 우수한 식품이며 비타민 A와 C, 칼슘, 철분이 풍부하며 미각을 돋우어 주는 좋은 식품이다(Haw IW 등 1985, 김정규 1999).

쑥을 음식에 적용한 연구로는 쑥 첨가 매작과(Kim KH 등 2011), 쑥두부(Baik YK 등 2008), 쑥 분말 첨가 유과(Yang S 등 2008), 쑥을 첨가한 소시지(Han KH 등 2006), 식빵(Jung IC 2006, Kim SI 등 1998), 쑥 국수(Park CS와 Kim ML 2006), 돼지고기 patty(Jung IC 등 2004, Nam JH 등 2000), 쑥 첨가한 요구르트(Bae IH 등 2000, Bang BH와 Park HH 2000, Kim JI과 Park SI 1999), 쑥을 첨가한 떡에 관한 연구(Im SS 등 2010, Han MJ 등 2001, Lee HG와 Yoon HY 1995, Kim

<sup>†</sup>Corresponding author: Jung-Eun Park, Dept. of Culinary Arts, Woosong University, Daejeon, 300-718, Korea  
Tel: +82-42-629-6594  
Fax: +82-42-629-6498  
E-mail: jepark1012@hanmail.net

JG 1995) 등이 있다.

식생활의 서구화로 인해 제과·제빵 산업이 발달하였고, 건강에 대한 관심이 증가하면서 밀가루만 이용하여 만드는 기존의 제품보다는 기능성이 첨가된 천연재료나 부재료를 활용한 식품의 수요가 증가하고 있다(Park JE 등 2009). 케이크의 품질은 원재료와 부재료의 적합성, 배합비의 균형성, 혼합 방법 및 굽기 과정의 적정성에 따라 결정되며(김성곤 등 1999), 첨가되는 부재료에 의해서도 영향을 받게 된다(Lee SW와 Kang CS 2005). 첨가되는 재료 중 특히, 설탕은 기본적인 단맛을 제공하고 전분의 노화를 지연시켜주며 크림 형성 시 거품을 잘 일게 해 줄 뿐 아니라 거품을 오래 보전시켜 주는 역할을 하므로 중요하다(Jeong CH와 Shim KH 2004, Jeon ER와 Park ID 2006). 유지는 텍스처의 개선을 위하여 중요한 재료인데 버터를 녹여 첨가하기도 하며, 최근 버터 대신 식용유를 사용하기도 한다. 밀가루 반죽에서 지방의 가장 중요한 역할은 글루텐의 연화시켜 부드럽게 해주고 크리밍 할 때 공기가 유입되어 부풀게 하여 부드럽게 된다고 하였다(장명숙 2007). 그러나 과도한 기름 사용은 케이크의 표면장력을 키워 거품이 잘 일지 않게 하는 원인이 되기도 하므로(Friberg K 1976, Hamly P 1994) 케이크의 품질에 영향을 주는 인자로 알려져 있다. 유지는 첨가할 때 처음부터 넣으면 기포가 형성되지 않으므로 밀가루를 섞은 다음 마지막에 넣는 것이 기포형성에 도움을 줄 수 있다고 한다(Friberg K 1976).

케이크는 달걀이나 버터를 휘핑하여 거품을 만들어 밀가루를 섞어 구워서 먹는 것으로 서양에서는 오븐이 발달하여 구워서 먹는 조리법이 발달하였다. 우리나라의 경우 오븐의 사용이 최근 많이 증가하였지만 아직까지도 손쉽게 이용할 수 있는 찌는 조리법을 더 많이 이용하고 있다(Kwhak SH와 Jang MS 2005). 찌는 불을 사용할 수 있게 된 선사시대 이래로 가장 일반적인 조리형태이며, 증기로 찐 떡은 오랜 역사를 가지고 있다(조창숙 등 1999). 오븐에 구워 만드는 케이크를 찌미라는 조리법을 이용하게 되면 오븐이 없어도 케이크를 만들 수가 있고, 오븐을 이용하여 구울 때보다 만들기가 쉬운 장점이 있다(Kwhak SH와 Jang MS 2005, Park JE 등 2011). 최근 제과제빵 업계에서는 케이크를 오븐에 굽지 않고 찌미라는 조리방법을 이용하는 것에 관심이 많아지고 있고, 찌에 관한 연구로는 찌 케이크(Park JE 등 2011, Kwhak SH와 Jang MS 2005, Kwhak SH 2004), 솔잎가루 첨가 찌케이크(Kwak SH 등 2002), 함초 첨가 찌 케이크(Kim YS 등 2006) 등의 연구가 이루어져 있으며 앞으로 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 오븐에서 굽는 스펀지 케이크의 배합비율을 찌는 방법에 적용하여 다양한 기능성을 가진 썩 가루를 첨가한 찌 케이크(이하 썩 가루 찌 케이크)를 개발하고자 하였다. 혼합물 실험계획을 이용하여 최적 재료 혼합비율을 찾고, 이를 기초로 썩을 음식에 이용할 수 있는 방안을 제시하고 찌 케이크의 상품화와 산업화를 위한 자료를 제시하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

밀가루는 중력분(CJ(주))을 썩가루는 시중에서 판매하는 가루(명진농장)를 구입하여 사용하였다. 백설탕(CJ(주)), 달걀(풀무원), 대두유(해표), 재제염(해표, 순도 88% 이상)을 구입하여 사용하였다.

### 2. 썩 가루 찌 케이크의 제조

썩 가루 찌 케이크를 만들기 위한 재료의 배합비율은 Kwhak SH(2004)의 방법을 일부 수정한 스펀지법을 이용하였다. 재료의 배합비율은 밀가루를 기준으로 달걀은 150%, 썩 가루는 3-8%, 기름 10-25%, 소금 1% 첨가하여 케이크를 제조하였고, 케이크 만드는 방법은 Fig. 1과 같다.

불에 전란을 풀고 거품기로 30번 저어 설탕, 소금을 넣어 섞은 후 항온수조에서 40℃가 될 때까지 잘 저어주면서 중탕하였다. 수직형 전기믹서(B20-F, 우주산업, China)의 믹싱 볼에 중탕시킨 것을 넣고 3단으로 4분 30초, 2단으로 2분, 1단으로 1분간 휘핑 한 것을 20 mesh 체에 내린 밀가루, 80 mesh 체에 내린 썩 가루를 넣어 고무주걱으로 섞은 다음 기름을 넣고 섞어 반죽하였다. 이때 섞는 횟수는 가루를 넣어 80회 저은 후 기름을 넣고 90회 섞어 반죽하였다. 케이크 반죽은 가로 11 cm × 세로 23 cm × 높이 6 cm 케이크 팬에 370 g씩 팬닝하여 190℃로 예열된 오븐(GOR-22M3B, 동양매직, Korea)에서 40분간 구운 후 실온(20±1℃)에서 1시간 식힌 다음 실험에 사용하였다.

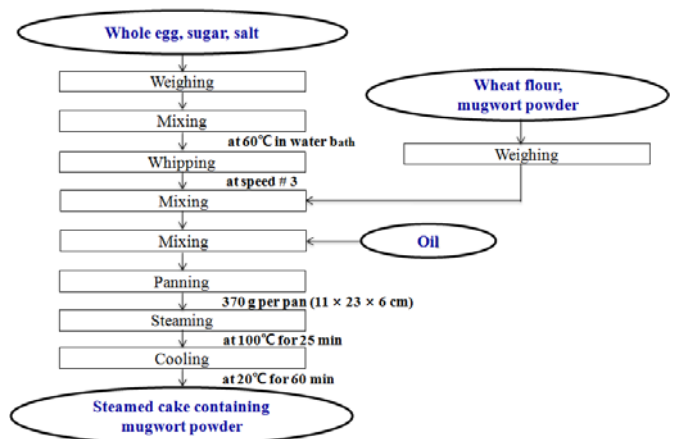


Fig. 1. Preparation process for steamed cake containing mugwort powder.

### 3. 혼합비율의 최적화를 위한 실험 디자인

실험의 설계, 데이터 분석 및 최적화는 Design Expert 7

Table 1. Experimental design for steamed cake containing mugwort powder by mixture design

No.	Run	Pseudo component <sup>1)</sup>			Actual component		
		A <sup>2)</sup>	B	C	A (%)	B (%)	C (%)
1	3	0.737	0.263	0.000	124.00	8.00	10.00
2	8	0.497	0.074	0.492	119.45	4.40	18.15
3	10	0.300	0.074	0.626	115.70	4.40	21.90
4	12	0.737	0.263	0.000	124.00	8.00	10.00
5	5	0.368	0.263	0.368	117.00	8.00	17.00
6	13	1.000	0.000	0.000	129.00	3.00	10.00
7	7	0.195	0.205	0.600	113.70	6.90	21.40
8	2	0.000	0.211	0.789	110.00	7.00	25.00
9	9	0.868	0.132	0.000	126.50	5.50	10.00
10	4	0.211	0.000	0.789	114.00	3.00	25.00
11	1	1.000	0.000	0.000	129.00	3.00	10.00
12	6	0.629	0.139	0.232	121.95	5.65	14.40
13	11	0.000	0.211	0.789	110.00	7.00	25.00
14	14	0.211	0.000	0.789	114.00	3.00	25.00

<sup>1)</sup>Pseudo components:  $\chi_i = \frac{(\chi_i - t_i)}{(1 - \sum_{i=0}^p t_j)}$ ,  $\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_p = 1$

<sup>2)</sup>A: sugar, B: mugwort powder, C: oil

(Stat-Ease Co., Minneapolis, MN, USA)를 사용하였고, Mixture design 중 D-optimal design (Myers RH와 Montgomery DC 1995)에 따라 설계하였다.

독립변수로는 설탕(A), 썩 가루(B), 기름(C)으로 설정하였는데, 독립변수의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 밀가루에 대하여 각각 설탕 110-129%, 썩 가루 3-8%, 기름 10-25%로 정하였다. 각 설정된 범위를 입력하였을 때 축과 중심으로 10개의 실험점과 4개의 반복점이 설정되었다. 비중, 점도, 부피, 색도(L, a, b), 텍스처(hardness), 관능검사(색, 맛, 부드러운 정도, 전반적인 기호도)를 설정하였다. 실험점의 재료 혼합비율은 Table 1과 같고, 모든 실험순서(run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 무작위로 실행하였으며, pseudo component는 실제 성분의 조합으로 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위하여 나타내었다.

설정된 실험계획 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였다. 통계 결과는 regression model을 나타내는 coefficient 값(Cornell JA 1990)들에 근거하여 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, 그 model과 coefficient 값들은 F-test와 lack of fit test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응은 response surface plot과 trace plot (Raymond HM 1995)을 이용하여 분석하였다.

#### 4. 실험방법

##### 1) 비중

찜 케이크용 반죽의 일반적인 비중(AACC 2000)은 케이크 반죽의 물 무게에 대한 무게비로 나타내었다. 찜 케이크 제조 공정에서 밀가루의 투입 전 달걀 거품과 투입 후 반죽 무게를 재어 달걀 거품과 찜 케이크 반죽의 비중을 아래의 식으로 각각 계산하였다.

$$\text{비중} = \frac{\text{케이크 반죽 무게}}{\text{물 무게}}$$

##### 2) 점도

찜 케이크 반죽의 겉보기 점도는 점도계(LVDV-II+, Brookfield, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 반죽 130 g을 취하여 온도가 25℃가 되었을 때 점도계 spindle S64로 6 rpm으로 10초간 작동시킨 후 눈금을 읽었다.

##### 3) 부피

찜 케이크의 부피는 종차치환법(Cambell AM 등 1979)을 이용하여 5회 반복 측정하여 평균값으로 하였다.

## 4) 색도

썸 케이크를 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. 사용한 표준 백색판은 L = 97.85, a = -0.13, b = 0.11 이었다.

## 5) 텍스처

썸 케이크를 만들어 직경 3 cm의 원통으로 찍어낸 다음 높이를 2 cm로 일정하게 하여 Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System, Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 50%의 변형율로 two-bite compression test를 이용하여 조직감을 측정하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로 부터 경도(hardness) 특성치를 Bourne MC(1978)의 분류법에 따라 분석하였다. 모든 측정은 10회 반복하였고 데이터 분석은 average curve를 사용하였다.

## 6) 관능검사

재료 혼합비율의 최적화를 위해서 색, 맛, 부드러운 정도, 그리고 전반적인 기호도의 4가지 특성에 대하여 관능검사 중 기호도 검사를 실시하였다.

썸 케이크를 만든 당일 오후 3시에 50명의 단국대학교 식품영양학과 대학원생과 학부생을 대상으로 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 제시하였다.

## 6. 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(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. 비중

14개의 실험점으로 만든 썸 가루 썸 케이크의 반죽의 비중을 측정한 결과는 Table 2와 같고, 각 조건에 따라 0.43-0.56 범위를 보였다. 케이크의 일반적인 비중은 0.45-0.55 (김성근 등 1999)로 본 연구의 결과에서도 유사한 값을 보였다. 가장 낮은 값을 보인 실험점은 설탕 129.00%, 썸 가루 3.00%, 기름 10.00%이었다. 반죽의 비중은 달걀 거품의 형성 정도를 간접적으로 보여주는 지표이며, 기공과 조직에 결정적인 영향을 미치기 때문에 반죽 제조에 있어 중요한 요인으로 작용하고, 스펀지 케이크의 부피와 텍스처의 형성에 중요한 요소가 된다(Miller RA와 Hosoney RC 1993). 비중이 낮을수록 반죽에 공기가 많이 포함되어 있음을 의미하고 완제품의 부피는 증가하는 원인이 된다고 하였다(배종호 등 1999).

설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과 설탕, 썸 가루, 기름 첨가율이 서로 상호작용 없이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었고, probability는(0.0001로 5% 이내에서 높은 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다(Table 3).

Table 4의 독립변수가 비중에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식에서 나타난 계수들과 Fig. 2의 반응표면도와 trace plot의 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주고 있는데, 썸 가루 첨가율(B-B선)과 기름 첨가율(C-C선)이 감소할수록, 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록 비중은 감소하였다.

## 2. 점도

썸 가루 썸 케이크 반죽의 점도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 각 조건에 따라 45667-49467 cP·s의 범위를 보였고, 설탕 129.00%, 썸 가루 3.00%, 기름 10.00% 혼합하였을 때 최대 점도를 나타냈다. 스펀지케이크 반죽의 점도는 반죽에 혼입되는 공기의 양에 의해 영향을 받는데, 공기가 많이 혼입될수록 점도는 크다고 보고하였다(Miller RA와 Hosoney RC 1993). 반죽의 점도가 증가하면 비중은 감소하게 되는데(김영숙과 정승태 2003, Kim YA 2003), 본 실험의 비중과 점도의 결과를 비교해 보면 대부분의 조건에서 점도가 높은 경우 비중이 낮은 경향을 보였다. Park JE 등(2009)의 스펀지케이크 연구, Kim YS 등(2006)의 함초 첨가 썸 케이크의 연구에서도 점도가 증가할 경우 비중이 감소하는 결과를 보여 본 연구의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

회귀식을 살펴 본 결과 linear 모델이 선택되었고, probability는 0.0207로 5% 이내의 유의차를 보여주어 모델로서의 적합성이 인정되었다(Table 3). 선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot(Fig. 3)에서 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록, 기름 첨가율(C-C선)이 감소할수록 점도는 증가하는 경향을 보였고, 썸 가루 첨가율(B-B선)이 증가할수록 점도가 증가하다 최대값을 보인 후 감소하였다. 독립변수가 비중에 미치는 효과를

Table 2. Quality characteristics of steamed cake containing mugwort powder at various conditions by D-optimal design

No.	Run	Steamed cake batter characteristics		Steamed cake characteristics								
		Specific gravity (w/w)	Viscosity (cP · s)	Volume (mL)	Color values			Textural characteristics		Sensory characteristics		
					L	a	b	hardness (g)	Color	Taste	Softness	Overall acceptance
1	3	0.49	47300	1280	54.5	-10.0	41.7	345.6	5.8	6.1	6.2	6.1
2	8	0.49	47497	1235	66.3	-9.0	40.5	339.4	8.0	8.3	8.2	8.2
3	10	0.53	47200	1266	65.4	-8.0	39.9	331.4	6.6	7.0	6.7	8.0
4	12	0.50	47267	1298	53.5	-9.8	42.0	350.5	5.8	6.1	6.2	6.0
5	5	0.56	45667	1170	59.3	-10.1	40.5	411.6	6.5	6.8	5.8	6.1
6	13	0.43	48133	1360	71.3	-6.2	37.4	303.3	5.8	6.0	5.7	5.9
7	7	0.52	46993	1189	61.9	-8.7	41.0	463.7	7.4	7.8	6.2	6.4
8	2	0.54	47500	1120	61.2	-9.1	40.3	486.0	6.7	7.0	7.0	7.4
9	9	0.44	48753	1375	63.5	-9.1	40.2	331.2	7.0	7.3	7.4	7.5
10	4	0.52	47500	1270	69.7	-6.9	38.9	308.5	6.0	6.3	6.9	6.9
11	1	0.45	49467	1415	70.6	-6.3	37.4	299.3	5.8	6.1	5.7	6.0
12	6	0.46	48917	1350	64.1	-8.5	40.0	361.2	8.4	8.7	8.6	8.5
13	11	0.55	47233	1110	61.6	-9.2	41.3	495.1	6.6	7.0	7.0	7.6
14	14	0.51	47663	1235	71.0	-6.5	39.7	306.2	5.9	6.2	6.8	7.0

살펴보기 위한 회귀식에서 나타난 계수(Table 3)와 trace plot(Fig. 3)의 기울기를 분석한 결과 설탕 첨가율(A-A선)의 기울기가 가장 크게 나타나 점도에 가장 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

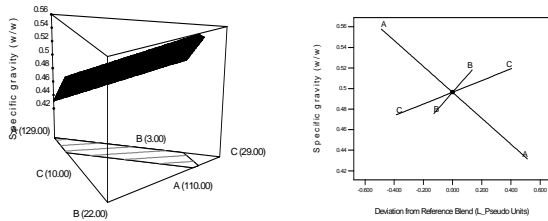


Fig. 2. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the specific gravity of steamed cake batter containing mugwort powder.

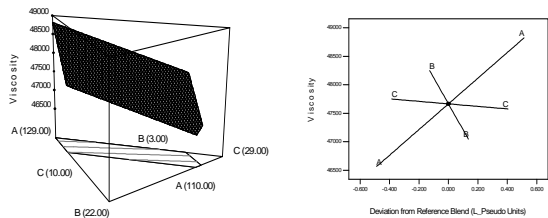


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the viscosity of steamed cake batter containing mugwort powder.

### 3. 부피

설정된 14개의 실험 처리구에 따라 썬 가루 찜 케이크의 부피를 측정된 결과 1,110-1,415 mL의 범위를 보였고(Table 2), 설탕 129.00%, 썬 가루 3.00%, 기름 10.00% 첨가하였을 때 최대값을 보였다.

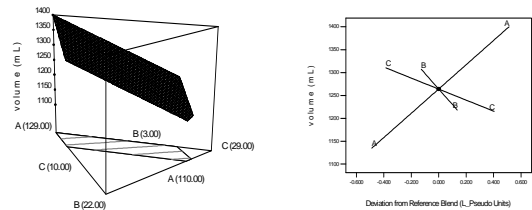


Fig. 4. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the volume of steamed cake containing mugwort powder.

설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 부피에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 3과 같다. Linear 모델이 선택되었고 probability는 <0.0001로 모델의 적합성이 인정되었다. Fig. 4의 반응표면도와 trace plot에 의하면 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록, 썬 가루(B-B선)와 기름 첨가율(C-C선)은 감소할수록 부피는 증가하였다. 최종 부피는 반죽 시 형성된 기포가 구운 후까지 안정하게 잘 유지가 되어야 하며 거품의 안정성은 점도가 높을수록 유리한 것으로 알려져 있고, 비중이 적을수록 기포 함유 정도가 높아져 구운 후의 부피가 증가한다고

Table 3. Analysis of predicted model equation for the quality characteristics of steamed cake containing mugwort powder

Response	Model	F-value	Prob(F)	Equation on terms of psesudo component	
Specific gravity	Linear	27.66	<0.0001	0.43A+0.64B+0.53C	
Viscosity	Linear	5.64	0.0207	48822.87A+43677.29B+47531.19C	
Volume	Linear	42.97	<0.0001	1413.23A+916.59B+1191.31C	
Color values	L value	Linear	70.85	<0.0001	69.69A+18.78B+71.83C
	a value	Linear	32.55	<0.0001	-6.78A-18.82B-6.80C
	b value	Linear	15.88	0.0006	38.27A+48.49B+39.11C
Textural characteristics	Hardness	Linear	15.48	0.0006	263.21A+736.49B+370.45C
Sensory characteristics	Color	Quadratic	11.17	0.0019	5.85A-50.99B+4.59C+76.83AB+5.74AC+83.49BC
	Taste	Quadratic	12.01	0.0015	6.11A-51.61B+4.92C+78.39AB+5.87AC+83.60BC
	Softness	Quadratic	4.72	0.0190	5.78A-69.01B+6.89C+103.68AB+0.24AC+95.00BC
	Overall acceptance	Quadratic	8.78	0.0042	5.95A-72.32B+7.08C+106.51AB+0.77AC+101.22BC

A : sugar, B : mugwort powder, C : oil

하였다(Miller RA와 Hosney RC 1993). 본 실험의 비중, 점도, 부피의 결과를 종합해 보면 비중이 낮고 점성이 클수록 부피가 크게 나타난 것을 알 수 있었다.

기름은 표면장력을 증가시키는 작용이 있어 거품이 잘 일어나지 않게 하는 작용이 있다고 하였고(Friberg K 1976, Hamly P 1994, 정인창 등 2004), 본 연구에서도 기름의 사용량이 많을 경우 오히려 케이크의 부피가 감소하는 것을 알 수 있었다. Park JE 등(2009)의 찜 케이크 연구에서도 대나무잎 가루 첨가량이 증가할수록, Kim YS 등(2006)의 케이크 연구에서도 함초의 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하는 결과를 보여 본 실험 결과와 일치하는 경향을 보였다.

#### 4. 색도

썩 가루 찜 케이크의 색도 측정 결과 L값 53.5-71.3, a값 -6.2- -10.1, b값 37.4-42.0 범위의 값을 보였다(Table 2).

모델의 적합성을 살펴본 결과 L값, a값, b값 모두 linear 모델이 선택되었고, probability는 명도와 적색도는 <0.0001, 황색도는 0.0006으로 모델의 적합성이 인정되었다(Table 3).

선택된 모델에 대한 반응표면과 trace plot에서 설탕 첨가율(A-A선)과 기름 첨가율(C-C선)이 증가할수록 L값(Fig. 5)은 높아졌고, 썩 가루 첨가율(B-B선)은 증가할수록 명도는 낮아지고 -a값의 녹색도와 b값(Fig. 5)은 증가하는 결과를 나타내었다. 대나무잎 가루 첨가 스펀지케이크 최적화 논문(Park JE 등 2009)과 함초가루 첨가 찜 케이크의 최적화 논문(Kim YS 등 2006)에서도 대나무잎 가루와 함초가루 첨가량이 증가할수록 L값은 낮아지고 -a값의 녹색도와 b값은 증가하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 특히 썩과 같은 초록색을 띄는 대나무잎 가루 첨가 케이크의 연구에서도 첨가율이 증가할수록 a값의 음의 값이 증가하는 결과를 보였다.

Table 3의 회귀식에서 나타난 계수들 살펴본 결과에서도 적색도와 황색도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 썩 가루 첨

가율이었고, 명도는 설탕과 기름 첨가율에 의해 영향을 많이 받는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 케이크 제조 시 설탕은 크림 형성을 도와 거품을 잘 일게 해 주고, 거품을 오래 보전시켜 주는 역할을 하여(Jeong CH와 Shim KH 2004, Jeon ER와 Park ID 2006) 설탕이 거품을 충분히 형성시켜 공기를 충분히 보유하게 되면서 명도가 높게 나타난 것으로 생각된다.

#### 5. 텍스처

경도(hardness)를 측정한 결과는 Table 2와 같고, 299.9-495.1 g 범위의 결과를 보였다.

경도는 서로 인자간에 상호작용 없이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었고, probability는 0.0006으로 5% 이내에서 유의성을 보여 모델에 대한 적합성이 인정되었다(Table 3). Fig. 6의 반응표면 곡선과 trace plot에서 설탕 첨가율(A-A선)이 증가할수록 썩 가루 첨가율(B-B선)은 낮을수록 감소하여 부드러웠다. 본 연구의 결과 썩 가루 첨가량이 증가할수록 부드러움이 감소하였는데 이는 Kim YS 등(2006)의 함초가루 첨가 찜 케이크에 관한 연구 결과에서도 함초가루 첨가량이 증가할수록 부드러움이 감소하는 반응표면도의 결과를 보여 본 연구의 결과와 같은 경향을 보였다. Jeong CH와 Shim KH(2004)의 연구에서도 새송이 버섯 분말가루 첨가량이 증가할수록 케이크의 텍스처가 더 단단해진다고 하여 본 연구와 같이 밀가루 외의 기타 가루를 많이 첨가할 경우 케이크의 부드러움이 감소하였다.

밀가루 반죽에서 지방의 가장 중요한 역할은 밀가루 단백질이 수화되어 글루텐을 형성할 때 소수성인 지방은 글루텐의 형성을 억제하기 때문에 반죽이 부드럽게 된다고 하였다(장명숙 2007). 본 연구의 결과에서도 기름의 첨가량이 증가할수록 경도가 감소하여 부드러움이 증가하는 것을 알 수 있었다.

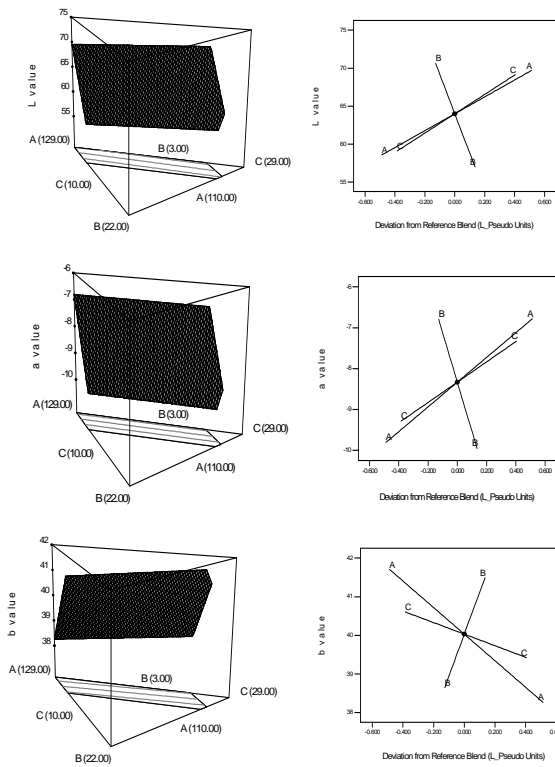


Fig. 5. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the color values of steamed cake containing mugwort powder.

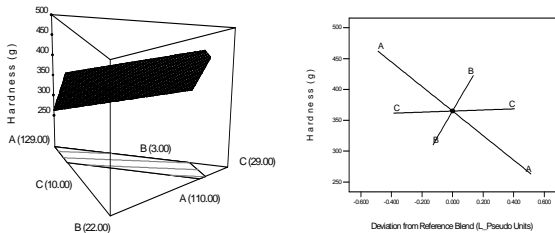


Fig. 6. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the textural characteristics (hardness) of steamed cake containing mugwort powder.

6. 관능검사

관능검사에서 결과는 Table 2와 같고, 색은 5.8-8.4, 맛은 6.0-8.7, 부드러운 정도 5.7-8.6, 전반적인 기호도는 5.9-8.5 범위의 점수를 받았다.

색, 냄새, 맛, 부드러운 정도와 전반적인 기호도의 모든 항목에서 quadratic 모델로 결정되었고, probability는 각각

0.0019, 0.0015, 0.0190, 0.0042로 모델의 적합성이 인정되었다 (Table 3). Table 3에서 결정된 모델식을 바탕으로 설탕, 썩 가루, 기름 첨가율이 찜 케이크에 미치는 영향을 살펴본 결과 색과 맛에서는 썩 가루와 기름 첨가율의 교호작용이, 부드러운 정도와 전반적인 기호도에서는 설탕과 썩 가루 첨가율의 교호작용이 가장 영향을 많이 주는 것으로 나타났고, 다음으로 썩 가루 첨가율이 영향을 많이 주었다.

반응표면과 trace plot(Fig 7)에서 보면 설탕 첨가율(A-A선), 썩 가루 첨가율(B-B선), 기름 첨가율(C-C선)이 증할수록 점수가 높아지다가 최대값을 보인 후 감소하였다. Trace plot의 기울기를 분석한 결과 썩 가루 첨가율(B-B선)의 기울기가 가장 크게 나타났다.

부드러운 정도를 텍스처 결과와 비교해 볼 때 너무 과도하게 부드러운 케이크 보다는 적당하게 부드러움을 유지하는 정도의 케이크를 더 좋아하는 것으로 나타났다. 또한 썩 가루의 진한 초록색으로 인하여 과도하게 첨가하는 것은 바람직하지 않음을 알 수 있었다.

7. 최적화

최적화 접근은 Derringer G와 Suich R(1980)을 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 독립변수인 설탕과 썩 가루 첨가율은 최대, 기름 첨가율은 최소로, 그 때의 비중, 점도와 경도는 최소로, 부피, 명도, 적색도, 황색도와 관능검사의 모든 항목은 최대의 값이 되도록 설정하여 모델화에 의해 결

Table 4. Optimum constraint values using analytical methods in the object goal

	Constraints name	Goal	Numerical optimization solution
Independent variables	Sugar (%)	max,	120.7
	Mugwort powder (%)	max,	5.1
	Oil (%)	min,	16.2
Response variables	Specific gravity (w/w)	min,	0.49
	Viscosity (cPs)	min,	47838.9
	Volume (mL)	max,	1286.6
	Color values		
	L value	max,	64.8
	a value	max,	-8.1
	b value	max,	39.8
	Textural characteristics		
	Hardness (g)	min,	349.9
	Sensory characteristics		
Color	max,	8.0	
Taste	max,	8.3	
Softness	max,	7.8	
Overall acceptance	max,	8.1	

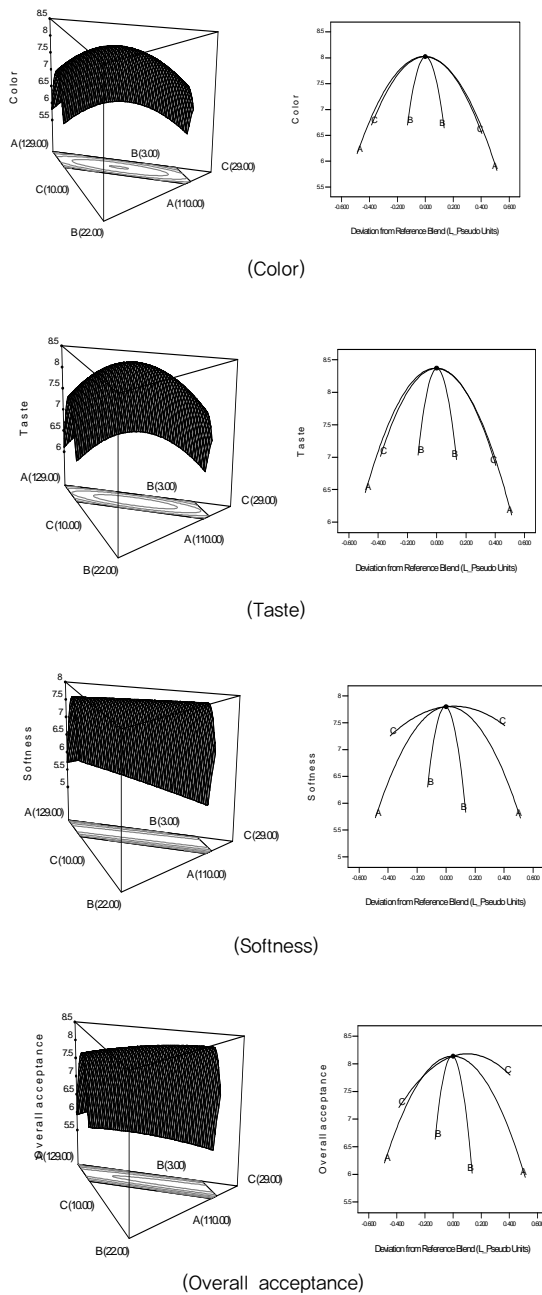


Fig. 7. Response surface and trace plot for the effect of sugar (A), mugwort (B), and oil (C) on the sensory characteristics of steamed cake containing mugwort powder.

정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치점(numerical point)을 예측하였다(Table 4). 예측된 최적값은 설탕 첨가율 120.7%, 쉑 가루 첨가율 5.1%, 기름 첨가율 16.2%이었다. 수치적 최적화(numerical optimization)와 달리 각 반응 모형 그래프의 중첩되는 부분을 이용한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 8에 나타내었다. 수치적 최적화로 설정된 최적 조건

을 검증하기 위하여 설탕 첨가율 120.7%, 쉑 가루 첨가율 5.1%, 기름 첨가율 16.2% 수치적 최적 조건으로 찜 케이크를 제조하여 물리적 특성을 측정된 결과 케이크 반죽의 비중은 0.54, 점도는 46662.8 cP·s이었고, 케이크의 부피 1195.0 mL, 색도 중 명도는 62.7, 적색도 -7.6, 황색도 36.4, 경도는 351.6 g 으로 최적화 프로그램으로 예측한 결과와 유사한 값을 보였다.

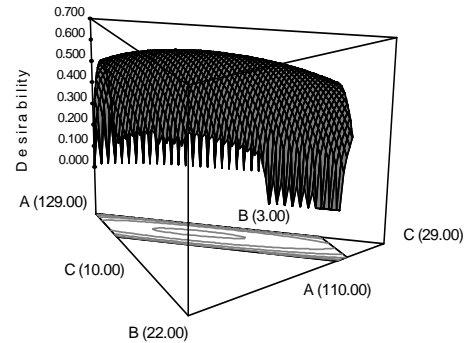


Fig. 8. Three-dimensional plot of common area for the optimization of the mixture.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 찜 케이크의 개발을 목적으로 혼합물 실험 계획법을 이용하여 쉑 가루를 첨가한 찜 케이크의 최적 재료 혼합비율을 찾고, 찜 케이크의 산업화를 위한 자료를 제시하고자 하였다. 케이크의 품질에 영향을 줄 수 있는 설탕, 쉑 가루, 기름 첨가율을 독립변수로 설정하였고, 예비실험을 거쳐 설탕 110-129%, 쉑 가루 3-8%, 기름 10-25%의 범위에서 혼합물 실험계획법(mixture design) 중 D-optimal design을 이용하였다. 각 조건별 실험결과를 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과 비중, 점도, 부피, 색도, 경도는 linear 모델로 결정되었고, 관능검사의 모든 항목은 quadratic 모델로 결정되었다. 모델의 적합성을 분석한 결과 모든 항목에서 probability가 5% 이내에서 유의성을 보여 모델로서 적합함이 인정되었다. 반응표면과 trace plot의 결과 설탕 첨가율 증가할수록, 쉑 가루와 기름 첨가율은 감소할수록 비중은 감소하고, 점도와 부피는 증가하였다. 쉑 가루 첨가율이 증가할수록 L 값은 낮았고 a값의 녹색도와 b값은 높았으며, 경도가 높아 케이크의 부드러움이 저하되었다. 관능검사 결과에서도 쉑 가루에 의하여 영향을 많이 받았으며, 적정 수준 이상의 설탕, 쉑 가루와 기름을 첨가할 경우에는 오히려 좋아하지 않음을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 쉑 가루 찜 케이크의 최적 재료 혼합비율을 설정한 결과 수치 최적화에는 설탕 첨가율 120.7%, 쉑 가루 첨가율 5.1%, 기름 첨가율 16.2%로 나타났다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 기능성 찜 케이크의 제



조에 썩 가루의 이용이 가능하며, 최적의 조건도 설정되어 이를 이용한 썩 가루 찜 케이크의 산업화도 가능할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- 김성곤, 조남지, 김영호. 1999. 제과제빵과학. (주)비앤씨 월드. 서울. pp 146, 157-159
- 김영숙, 정승태. 2003. 제과·제빵 재료학. 형설출판사. 서울. pp 208-210
- 김정규. 1999. 21세기 원색세계대백과. 19권 태극출판사. 천안. p 240
- 박희영, 강효신. 1985. 동서의학 제 10권 제 2호. pp 67-78
- 배종호, 배만중, 정인창, 신영자, 이봉희, 권오진, 황경수. 1999. 제과·제빵학. 형설출판사. 서울. pp 47, 64, 222-225, 261-262
- 육창수. 1977. 약용식물학가론. 진명출판사. 서울. p 294
- 장명숙. 2007. 식품과 조리원리. 도서출판 효일. 서울. pp 114-115
- 정인창, 곽희진, 채동현, 배종호, 신연환, 허경택. 2004. 제과제빵실무. 효일문화사. 서울. pp 24-27
- 조창숙 외 19인. 1999. 한국음식대관 제 2 권 주식·양념·고명·찬물. 한림출판사, 서울. p 434
- 허준. 1978. 한방동의보감. 민정사. 서울. p 184
- AACC. 2000. Approved Method of the AACC, 10th ed, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA
- Bae IH, Hong KR, Oh DH, Park JR, Choi SH. 2000. Fermentation characteristics of set-type yoghurt from milk added with mugwort extract. Korean J Food Sci Ani Resour 20(1): 21-29
- Baik YK, Kim SH, Park IS. 2008. Quality characteristics of mugwort-tofu with various salts. J Korean Soc Food Sci Nutr 37(20): 1307-1311
- Bang BH, Park HH. 2000. Preparation of yogurt added with green tea and mugwort tea and quality characteristics. J Korean Soc Food Sci Nutr 29(5): 854-859.
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. J Food Technol 1(1): 32-62
- Cambell AM, Penfield MP, Grisword RM. 1979. The experimental study of food, 2nd ed, Houghton Mifflin Co, Boston, USA. p 477
- Cornell JA. 1990. Experiments with mixtures; design, models & the analysis of mixture data (2nd ed). John Wiley & Sons, New York, USA. pp 24-141
- Derringer G, Suich R. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. J Quality Technol 12: 214-219
- Friberg K. 1976. Food emulsions. Marcel Dekker, Inc, New York, USA. pp 215-274
- Hamly P. 1994. The world's greatest cookery encyclopedia (Larousse Gastronomique). Reed Consumer Books Ltd, London, UK. p 1014
- Han KH, Choi IS, Lee CH. 2006. The physicochemical and storage characteristics of sausage added mugwort powder. Korean J Food Ani Resour 26(3): 356-361
- Han MJ, Shin JE, Han YO, Kim NY, Lee KH. 2001. The effect of mugwort and storage on quality characteristics of SSookgaedduck. Korean J Food Cookery Sci 17(6): 634-638
- Haw IW, Lee SD, Hwang WI. 1985. A study on the nutritional effects in rats by feeding basal diet supplemented with mugwort powder. J Korean Soc Food Nutr 14(1): 123-130
- Im SS, Hwang YY, Jun MR. 2010. Quality characteristics of mugwort-sulgi with chemical leavening agents. Korean J Food Cookery Sci 26(1): 32-40
- Jeon ER, Park ID. 2006. Effect of angelica plant powder on the quality characteristics of batter cakes and cookies. Korean J Food Cookery Sci 22(1): 62-68
- 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
- Jung IC, Moon YH, Kang SJ. 2004. Storage stability of pork patty with mugwort powder. J Life Sci 14(1): 198-203
- Jung IC. 2006. Rheological properties and sensory characteristics of white bread with added mugwort powder. J East Asian Soc Dietary Life 16(3): 322-343
- Kim JG. 1995. Nutritional properties of Chol-pyon preparation by adding mugwort and pine leaves. Korean J Food Nutr 11(5): 446-455
- Kim JI, Park SI. 1999. The effect of mugwort powder extract on the characteristics of curd yogurt. J Fd Hyg Safety 14(4): 352-357
- Kim KH, Kim SJ, Yoon MH, Byun MW, Jang SA, Yook HS. 2011. Change of anti-oxidative activity and quality characteristics of *Maejalgwa* with mugwort powder during the storage period. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(3): 334-342
- Kim SI, Kim KJ, Jung HO, Han YS. 1998. Effect of mugwort on the extension of shelf-life of bread and rice cake. Korean J Soc Food Sci 14(1): 106-113
- 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 YS, Kwak SH, Jang MS. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of steamed foam cake with added saltwort (*Salicornia herbacea* L.). Korean J Food Cookery Sci 22(5):

666-680

- 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(2): 399-406
- Kwhak SH. 2004. Optimization for the preparation of steamed foam cakes by mixing methods using response surface methodology. Doctorate Thesis, Dankook University, Seoul.
- Lee HG, Yoon HY. 1995. Sensory and mechanical characteristics of SSuck-injulmi supplemented by mugworts. *Korean J Food Cookery Sci* 11(5): 463-471
- Lee SW, Kang CS. 2005. Effect of high molecular weight water-soluble chitosan on quality attributes of sponge cake. *Korean J Food Nutr* 18(4): 309-315
- Miller RA, Hoseney RC. 1993. The role of xanthan gum in white layer cake. *Cereal Chem* 70(6): 585-588
- Myers RH, Montgomery DC. 1995. Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, New York, pp 364-370
- Nam JH, Song HI, Park CK, Moon YH, Jung IC. 2000. Quality characteristics of pork patties prepared with mugwort, pine needle and fatsia leaf extracts. *Korean J Life Sci* 10(4): 326-332
- Park CS, Kim ML. 2006. Functional properties of mugwort extracts and quality characteristics of noodles added mugwort powder. *Korean J Food Preserv* 13(2): 161-167
- Park JE, Jeong HD, Jang MS. 2009. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of sponge cake with bamboo (*Pseudosasa japonica* Makino) leaves powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25(3): 317-329
- Park JE, Kwhak SH, Jang MS. 2011. Optimization of the steamed foam cakes prepared with separated-egg-sponge method using response surface methodology. *Food Sci Biotechnol* 20(3): 571-578
- Raymond HM. 1995. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, New York, pp 558-562
- Sim YJ, Han YS, Chun HJ. 1992. Studies of the nutritional components of mugwort, *Artemisia mongolia* Fischer. *Korean J Food Sci Technol* 24(1): 49-53
- Yang S, Kim MY, Chun SS. 2008. Quality characteristics of Yukwa prepared with mugwort powder using different puffing process. *Korean J Food Cookery Sci* 24(3): 340-358