

브로콜리 가루 첨가 머핀 제조 조건의 최적화

신지훈* · 유승연 · 이선미 · 정희선 · 백재은¹ · 주나미
숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공, ¹부천대학 식품영양과

Optimization of Formulation Condition for Muffins with Added Broccoli Powder

Ji-Hun Shin*, Ryu Seung Yeon, Sun-Mee Lee, Heesun Jeong, Jae Eun Paik¹, Nami Joo

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

¹Department of Food & Nutrition, Bucheon Collage

Abstract

The principal objective of this study was to develop the optimal recipe for muffins containing dried broccoli powder. In this study, broccoli powder was substituted for wheat flour in order to reduce its content. The study was conducted by determining the optimal sensory composite recipe, by preparing muffins with different levels of broccoli powder (A), sugar (B), and butter (C), by C.C.D (Central composite design) and performing sensory evaluation and analysis via RSM (Response surface methodology). The sensory measurements yielded significant values for appearance, flavor ($p < 0.01$), texture ($p < 0.05$), overall quality ($p < 0.05$) and color ($p < 0.05$), whereas instrumental measurements yielded significant values in lightness ($p < 0.01$), redness ($p < 0.05$), yellowness, baking loss rate ($p < 0.05$), hardness ($p < 0.05$), cohesiveness ($p < 0.01$) and gumminess ($p < 0.05$). The optimum formulations processed by numerical and graphical optimization were determined as 13.58g of broccoli powder, 92.02g of sugar, and 71.97g of butter.

Key Words: broccoli powder, muffin, response surface methodology

I. 서 론

제과 제빵산업의 발달과 간식대용이었던 빵과 케이크류에 대한 수요가 증가되고 있다. 최근의 건강에 대한 관심이 높아지면서 기존의 식품에 건강 기능성 요소를 첨가한 식품으로 제조되고 있는 실정이다. 밀가루만 이용하여 만드는 기존 재료에서 천연소재의 건강 지향적 식품개발이 진행되고 있으며 그에 대한 연구도 활발히 수행되고 있다. 그 중에서도 머핀은 편리성 등으로 인하여 아침식사 및 간식 대용으로 많이 이용되고 있는 일반적인 케이크류의 하나로서 첨가재료의 종류에 따라 그 종류 또한 다양하다(Park 등 2007).

브로콜리(*broccoli/Brassica oleracea* var. *italica* Plen.)는 십자화과에 속하는 한해 또는 두 해살이 식물로 지중해 또는 소아시아가 원산지이다. 가지 끝에 녹색의 작은 꽃봉오리가 다발로 뭉쳐 있으며 이 부분을 식용하는데, 특히 구리와 아연이 많고, 단백질, 무기질, 비타민 C와 B₂의 함량이 콜리플라워 보다 높다(Kwak 등 2003). 십자화과 채소 중에서 브로콜리에 다량 함유된 sulforaphane은 발암에 대해서 방어 작용을 나타낸다는 보고가 있다(Kim 등 1997).

브로콜리에 항암 및 해독효소의 유도효과가 크다고 알려져 많은 연구가 진행되고 있으며(Sok 등 2003), 뛰어난 항산화작용을 가진 β -카로틴, 루테인, 비타민 C, 셀레늄, 쿠와세틴, 글루타치온, 글루칼레이트가 다량 함유되어 있다(Lee 등 2003). 그 유용한 성분들을 다량 함유한 브로콜리는 생으로 또는 익혀서 쉽게 조리 가능한 채소로 서양에서 뿐만 아니라 국내에서도 인기있는 채소로 소비량이 많으나 식품에 응용한 경우는 아직 미비한 실정이다.

본 연구에서는 머핀의 밀가루 일부를 브로콜리 가루로 대체하여 기능성 머핀을 제조하고 반응표면 분석법(RSM: Response surface methodology)을 통해 제조조건을 최적화하여 기능성 머핀으로서의 상품가능성을 보고자 하였다.

II. 재료 및 연구방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 재료는 브로콜리가루(백장생, 국산), 밀가루는 박력분(대한제분, 국산)을 버터는 무염 버터(서울우유, 국산)를 사용하였다. 전지분유(서울우유, 국산)와 팽창제로 베이킹 파우더(초야식품, 국산)를 사용하였고, 백셀

*Corresponding author: Ji-hun Shin, Sookmyung Women's University, 52-12 Chungpa-dong 2-ga Yongsan-gu, Seoul 140-742, Korea
Tel: 82-2-710-9471 Fax: 82-2-710-9479 E-mail: jshinh@hanmail.net

<Table 1> Experimental design for broccoli muffin

Sample No.	Factor		
	Broccoli Powder (g)	Sugar (g)	butter (g)
1	10	60	60
2	30	60	60
3	10	100	60
4	30	100	60
5	10	60	100
6	30	60	100
7	10	100	100
8	30	100	100
9	10	80	80
10	30	80	80
11	20	60	80
12	20	100	80
13	20	80	60
14	20	80	100
15	20	80	80
16	20	80	80

탕((주)CJ, 국산), 꽃소금(백설, 국산), 달걀(영림축산, 국산)을 구입하여 사용하였다.

2. 실험계획

브로콜리의 모든 실험계획, data 분석 및 품질의 최적화 분석은 Design Expert 7(Stat-Easy Co., Mineneapolis) 프로그램을 사용하였다. 품질의 최적화는 response surface 중 중심합성계획법(Central composition design)에 따라 설계하였고, 브로콜리 가루(A)와 머핀 특성에 영향을 줄 수 있는 재료이자 설탕(B), 버터(C) 양으로 세 가지 요인으로 설정하였다. 종속변수로 색도(L, a, b), 높이(Height), 부피(Volume), 굽기손실(Baking loss rate), 조직감 측정으로 경도(Hardness), 응집성(Cohesiveness), 탄성(Springiness), 검성(Gumminess)을 측정하였으며 관능검사(색, 외관, 향, 조직감, 전반적인 기호도)를 실시하였다.

첨가량의 각 요인의 최소 및 최대 범위는 예비실험을 거쳐 설정하여, 브로콜리 가루 10~30 g, 설탕 60~100 g, 버터 60~100 g으로 정하였다. 중심합성계획법에 의한 실험점은 정중압점과 실험점들 사이에는 모델설정 및 적합결여 검증을 위한 반복점이 존재한다(Park & Jang 2007). 이에 따라 각 설정된 범위를 입력하여 16개의 실험점이 형성되었고 replication 설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다 <Table 1>. 각 성분들의 반응을 보기 위해서는 perturbation plot과 contour plot, 그리고 response surface plot을 이용하였다.

3. 브로콜리가루 첨가 머핀제조

브로콜리가루를 첨가 머핀의 재료 배합비는 <Table 2>와 같다. 머핀의 제조는 일반 머핀 제조방법에 준하고(Nicol

<Table 2> Normal composition and increment of Broccoli muffin formula

Ingredient	Weight(g)	Increment(g)
Broccoli powder	20	±10
Wheat flour	180	
Sugar	80	±20
Butter	80	±20
whole egg	60	
Water	120	
Powder milk	15	
Baking powder	8	
Salt	1	

1995), 배합비 분량의 3배를 계량하여 밀가루, 브로콜리가루, 베이킹파우더, 전지분유를 3번 체질하여 두고, 버터는 상온에 두어 부드럽게 만든 후 버터와 소금을 1분간 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., USA)에 넣고 크림 상태로 만들었다. 버터에 설탕을 3회 걸쳐 나누어 넣어 저어 준 후, 달걀 푼 것을 3회에 걸쳐서 나누어 넣으면서 3분 동안 반죽이 윤이 날 때까지 만든다. 혼합하는 동안 분마다 3차례에 걸쳐 믹싱볼에 붙은 반죽을 긁어내려(Scraping) 반죽을 균일한 상태로 만든다. 체질한 재료들을 재빨리 섞은 뒤 물을 넣어 재빨리 섞어 반죽하였다. 유산지를 깐 머핀 컵에 80 g씩 분할하여 180°C로 예열된 오븐에서 25분간 구워 낸 후 오븐에서 꺼낸 머핀은 상온에서 방치하여 시료로 사용하였다.

4. 물리적 특성

1) 색도측정

머핀 내부의 색을 Color difference meter(Colormeter CR-200, Minolta CO., Japan)를 사용하여 L(Lightness), a(Redness), b(Yellowness)의 색채 값을 측정하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준백판(Standard plate)의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86이었다.

2) 높이, 부피, 및 굽기 손실률 측정

머핀 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 자른 단면의 최고 높이를 6회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 부피 측정은 종자치환법으로 3회 반복 후 평균값으로 나타냈다(Joo SY 등 2006). 머핀의 굽기 손실률은 머핀을 구운 후 실온에서 1시간 방치한 다음 측정하여 굽기 손실률을 다음과 같이 구하였다.

$$\text{Baking loss rate(\%)} =$$

$$(\text{Dough weight} - \text{Bread weight}) / \text{Dough weight} \times 100$$

3) 조직감 측정

머핀의 조직감 측정은 머핀 내부를 동일한 크기로 잘라

Rheometer(Compac-100, Sun scientific CO., Tokyo, Japan)를 이용하여 masticability test를 실시하여 경도(Hardness), 응집성(Cohesiveness), 탄력성(Springiness), 겹성(Gumminess)을 산출하였다. 측정조건은 Test type(Mastication), Sample type(Vertical round), Table speed(120 mm/min), Height(12 mm), Adaptor type은 Circle(Diameter 10 mm)으로 하여 한 시료 당 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

5. 관능적 특성

관능검사는 기호 척도법으로 scoring test로 실시하였으며, 관능 요원은 식품영양학을 전공자 중에서 신뢰성, 건강, 실험에 대한 관심도 등을 고려하여 관능훈련을 받은 16명을 panel로 선정하였다. 실험의 객관성과 정밀도를 위하여 균형불완전블록계획(BIBD: balanced incomplete block design)을 사용하여 16명 관능요원이 무작위로 6가지의 시료를 평가하도록 하였다. 관능 평가를 위해 오븐에서 구워진 머핀을 실온에서 1시간 방냉 한 후 균일한 크기(1/4조각)로 잘라서 난수표가 표시된 백색의 동일한 접시에 담아 물과 함께 제공하였다. 관능평가 항목은 머핀의 색(Color), 외관(Appearance), 향(Flavor), 조직감(Texture), 전반적인 기호도(Overall quality)에 대한 기호도 특성이었으며, 7점 척도법으로 평가하여 기호도가 높을수록 상위 점수를 주도록 하였다.

6. 품질 최적화 분석

Canonical 모형의 수치 최적화(Numerical optimization)와 모형적 최적화(Graphical optimization)를 통해 최적화

를 위한 브로콜리가루, 설탕, 버터의 양을 예비실험을 통해 선정하였고, 그 때의 지점을 지점 예측(Point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 수치 최적화는 canonical model을 기준으로 하는 모델의 계수에 각각의 반응 중 관능평가의 최고점을 목표 범위(Goal area)로 설정하였다. 수치 최적화를 통해 다음의 식에 기준하여 적합도(Desirability)를 구하고 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다. 아래 식에서 D는 overall desirability를 의미하며, d는 각각의 desirability, 그리고 n은 response의 수를 의미한다.

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

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

브로콜리가루가 첨가된 16가지 머핀의 물리적 측정 결과는 <Table 3>과 같다. <Table 4>는 수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 반응표면식과 설정된 반응별로 모델링하여 F-test로 유의성을 검증한 결과이다.

1) 색도(Color Value)

브로콜리 머핀의 색도를 측정된 결과 명도 L값은 58.22~68.76의 범위로 타나났고, 브로콜리 가루 20 g, 설탕 80 g, 버터 60 g일 때 명도가 가장 높게 나타났다<Table 3>. 명도의 회귀식은 <Table 4>과 같으며, 브로콜리가루, 설탕과 버터에서 각각 독립적으로 미치는 linear model이

<Table 3> Experimental combinations and data under various conditions of Broccoli powder, sugar, Butter and there responses for physical properties of Broccoli muffin

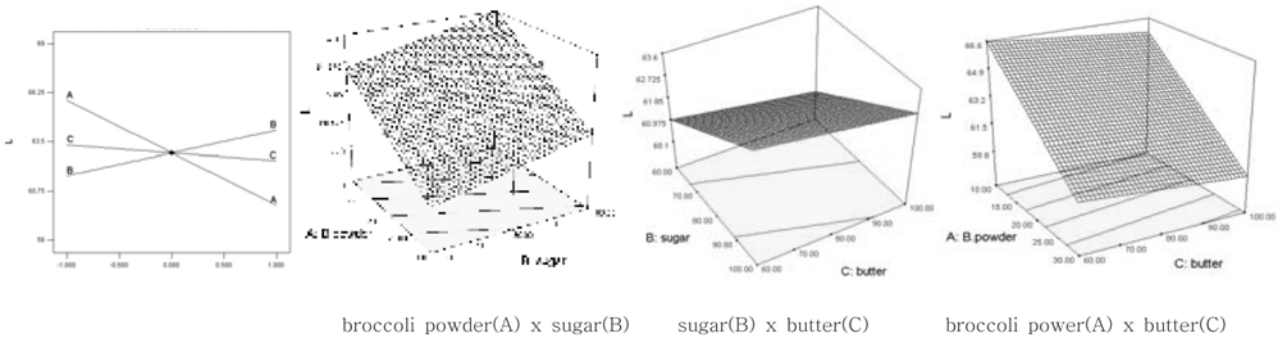
Sample No.	Broccoli powder	Sugar	Butter	Responses										
				Height	Volume	loss rate (%)	L	a	b	Hardness (Dyne/cm ²)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess	
1	10	60	60	6.10	170.00	0.90	62.69	-5.95	23.54	3248426.25	43.240	83.333	156.917	
2	30	60	60	5.90	161.67	1.75	59.32	-5.03	24.47	3685569.50	36.330	72.222	156.028	
3	10	100	60	6.30	165.00	7.96	68.17	-5.73	23.75	2577637.75	52.158	78.873	155.884	
4	30	100	60	5.67	176.67	2.56	61.34	-5.43	24.33	2668185.75	36.168	76.056	154.123	
5	10	60	100	5.80	168.33	0.44	65.70	-5.60	24.17	2879115.75	41.229	72.239	188.477	
6	30	60	100	5.77	151.67	1.71	59.15	-5.35	24.44	2801966.50	54.460	88.525	200.598	
7	10	100	100	5.87	160.00	4.39	67.16	-5.26	23.42	2034977.25	41.363	70.69	132.753	
8	30	100	100	5.87	158.50	3.42	59.82	-5.23	24.33	2027440.25	42.030	70.833	113.133	
9	10	80	80	6.33	188.33	4.27	63.28	-5.25	20.83	1577692.00	38.817	69.014	70.730	
10	30	80	80	5.97	188.33	1.71	58.22	-5.07	22.86	2742508.50	42.983	72.222	114.076	
11	20	60	80	6.27	166.67	2.63	61.63	-5.89	23.50	2565748.70	42.983	77.465	160.555	
12	20	100	80	5.93	146.67	3.33	64.65	-6.35	24.22	2110346.75	38.448	69.014	104.487	
13	20	80	60	5.77	183.33	4.17	68.76	-5.76	22.68	2366603.00	40.571	69.444	141.872	
14	20	80	100	5.80	171.67	0.85	64.13	-5.72	23.46	1880364.75	41.229	70.423	115.624	
15	20	80	80	6.07	163.33	5.98	59.13	-5.72	21.93	1582622.50	45.307	78.873	112.423	
16	20	80	80	6.23	175.00	3.51	63.09	-5.79	24.21	1535372.00	40.405	71.831	109.541	

L: Lightness a: Redness b: Yellowness

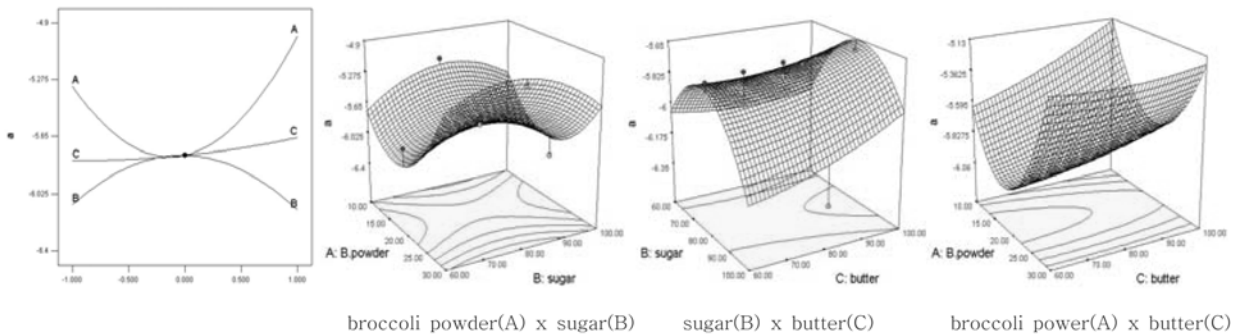
<Table 4> Analysis of predicted model equation for the physical quality characteristics of Broccoli Muffin

Responses	Model	R-squared ¹⁾	F-value	Equation of on terms of pseudo component
L	Linear	0.6070	6.18** ²⁾	62.89-2.91A+1.27B-0.43C
a	Quadratic	0.9181	7.48*	-5.77+0.17A-0.018B+0.074C-0.11AB-0.12AC+0.080BC+0.62A ² -0.34B ² +0.041C ²
b	Quadratic	0.7046	1.59	22.68+0.47A-7.00E-003B+0.11C+0.036AB-0.041AC-0.12BC+0.64A ² +1.38B ² +0.59C ²
Height	Quadratic	0.8114	2.87	6.10-0.12A-0.020B-0.063C-0.050AB+0.100AC+0.025BC+0.072A ² +0.022B ² -0.29C ²
Volume	Quadratic	0.8119	3.02	174.05-1.98A-1.15B-4.65C+4.40AB-2.69AC-1.44BC+9.35A ² -19.82B ² +1.01C ²
Baking loss rate	Linear	0.4854	3.77*	3.08-0.65A+1.40B-0.63C
Hardness	Quadratic	0.8797	4.88*	1.770E+006+1.608E+005A-3.762E+005B-2.923E+005C-34622.88AB-76547.19C+8688.44BC+2.853+005A ² +4.623E+005B ² +2.487E+005C ²
Cohesiveness	2FI	0.8366	7.68**	42.36-0.48A-0.81B+1.18C-2.71AB+4.60AC-2.63BC
Springiness	2FI	0.5342	1.72	74.44+0.57A-2.83B-0.72C-0.98AB+3.79AC-2.33BC
Gumminess	Quadratic	0.9038	6.27*	103.94+3.32A-20.22B-1.42C-4.08AB-0.61AC-17.53BC-8.01A ² +32.10B ² +28.33C ²

A: Broccoli Powder, B: Sugar, C: Butter
¹⁾0<R²<1, close to 1 means more significant
²⁾*p<0.05, **p<0.01



<Figure 1> Perturbation plot and response for the effect of broccoli powder (A), sugar (B), butter (C) on L-value of broccoli muffin.



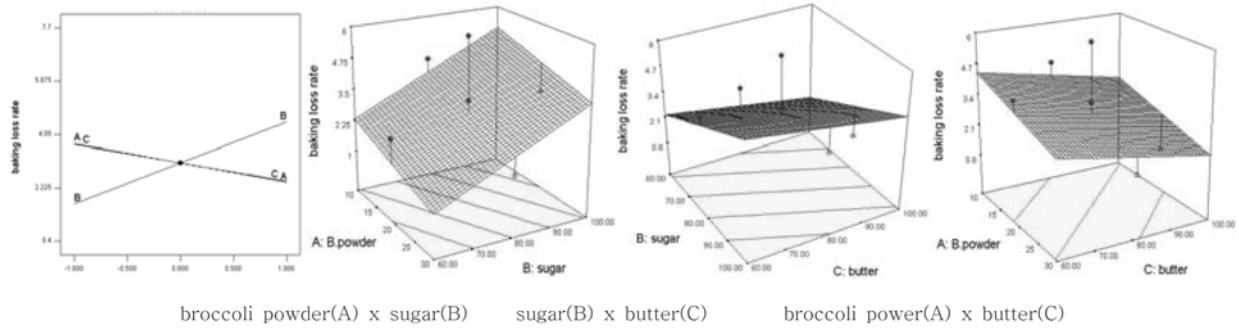
<Figure 2> Perturbation plot and response for the effect of broccoli powder (A), sugar (B), butter (C) on a-value of broccoli muffin.

적합한 모델로 채택되어 1%의 수준에서 유의성이 인정되었다. 반응표면과 perturbation plot으로 브로콜리 가루의 함량의 증가가 명도 값의 감소로 나타났고, 설탕양의 증가는 명도 값의 증가로 나타났다(Figure 1). 브로콜리의 녹색의 색소가 브로콜리 머핀의 색도에 영향을 주는 것으로 사료되며, Im 등(1998)의 수수가루 첨가 머핀연구에서도 알 수 있듯이 첨가량의 증가가 명도 값이 낮아지게 하는 요인으로 관찰되었다. 적색도의 경우 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었고, p값은 0.0118로 5%의 수준에서 유의하며, 이차 회귀식에 의한 R² 값이 0.9181으로 나타나는 것으로 보아 모델의 적합성이 인정되었다

<Table 4>. 적색도의 반응표면과 perturbation plot의 그래프에서 가루 첨가량이 증가할수록 적색도는 감소 증가를 보였고, 버터의 증가는 적색도의 증가 감소로 나타났다(Figure 2). 반면, 황색도는 적합한 모델의 선택이 이루어지지 않았고, 유의적인 차이가 없었다.

2) 머핀의 높이, 부피, 굽기 손실률

브로콜리가루를 첨가한 머핀의 높이는 p값이 0.1064로 유의적이지 않게 나타났고, 머핀의 부피는 quadratic model이 채택되었으나, p값이 0.0962로 유의적이지 않아 모델의 적합성이 인정되지 않았다. 부피에 영향을 미치는 요인으로



<Figure 3> Perturbation plot and response for the effect of broccoli powder (A), sugar (B), butter (C) on baking loss rate of broccoli muffin.

버터가 증가함에 따라 부피가 감소하는 경향을 나타내는 경향을 볼 수 있다. 이는 버터의 첨가량이 머핀의 부피에 영향을 미치는 것으로 생각되어진다(Joo 등 2006). 굽기 손실은 브로콜리가루, 설탕, 버터가 각각 독립적으로 영향을 미치는 linear model이 적합한 모델로 선택되어졌고, 이차 회귀곡선의 R² 값이 0.4854로 이 모델의 적합도는 낮게 나타났다. p값은 0.0407로 5% 수준에서 유의적으로 나타났다. 굽기 손실의 perturbation plot와 반응표면 그래프는 각 재료간의 교호작용을 나타낸 것으로 설탕의 증가는 굽

기 손실률의 증가로 나타났고, 브로콜리 가루와 버터 첨가량의 증가는 굽기 손실률이 감소하는 것으로 나타났다 <Figure 3>.

3) 머핀의 조직감

경도(Hardness)와 검성(Gumminess)의 적합한 모델로 quadratic model이 선택되어졌고, 각각의 p값은 0.0336과 0.0184로 5% 수준에서 유의적이었으며 이차 회귀식에 의한 R² 값은 각각 0.8797, 0.9038로 선택된 모델에 대한 높은

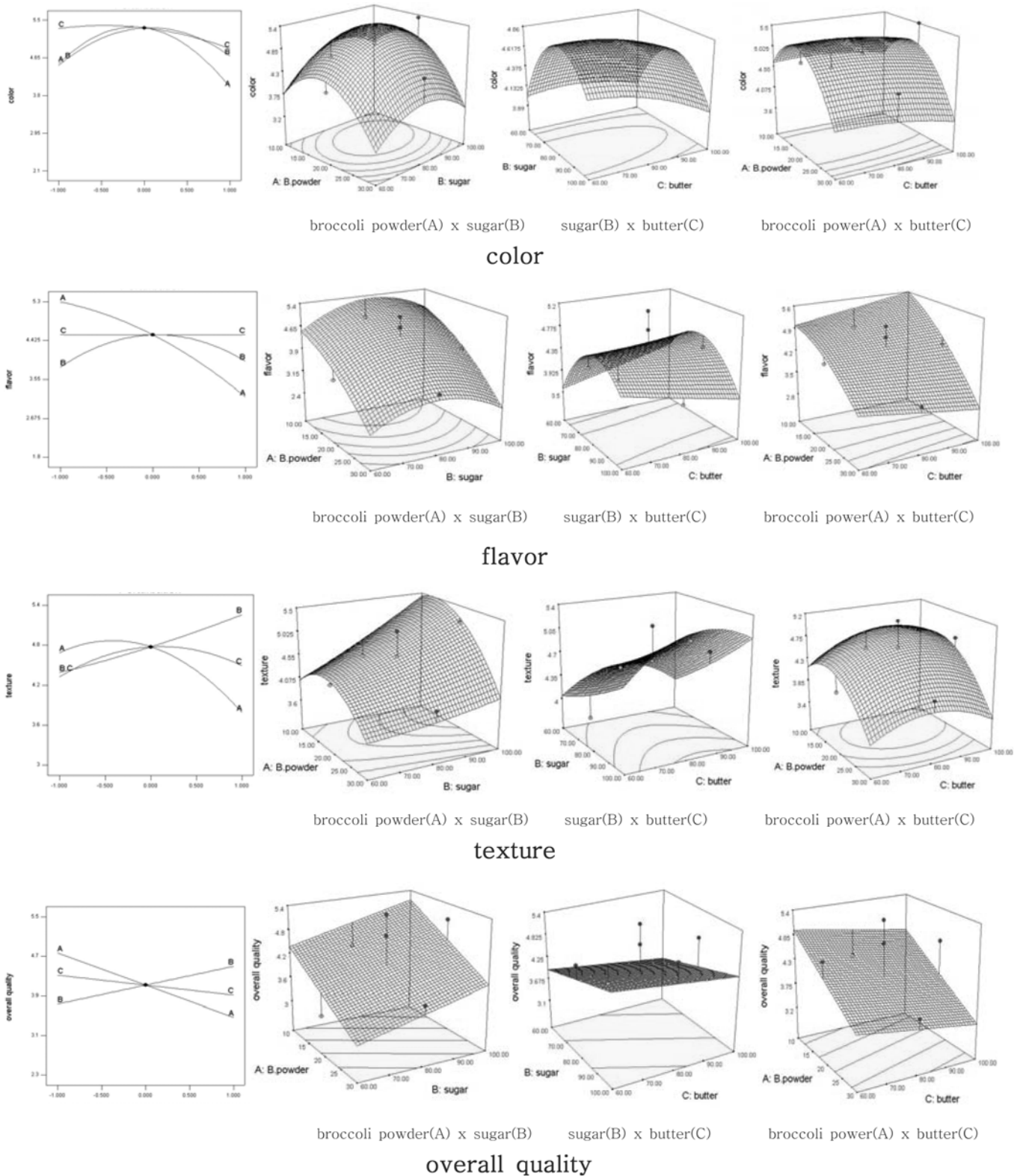
<Table 5> Experimental combinations and data under various conditions of Broccoli powder, sugar, Butter and there responses for sensory properties of Broccoli muffin

Sample No.	Broccoli powder	Sugar	Butter	Sensory evaluation				
				Color	Appearance	Flavor	texture	Overall quality
1	10	60	60	4.17	3.67	4.17	3.67	3.67
2	30	60	60	2.11	4.00	2.50	3.50	3.50
3	10	100	60	4.33	5.00	4.83	5.00	5.50
4	30	100	60	3.67	3.67	3.00	3.50	3.50
5	10	60	100	3.50	3.67	5.17	3.83	4.17
6	30	60	100	3.17	4.33	2.50	3.00	2.83
7	10	100	100	2.33	3.83	5.00	5.33	4.83
8	30	100	100	2.50	3.33	1.83	3.67	2.33
9	10	80	80	4.33	4.50	4.67	4.33	4.17
10	30	80	80	4.50	4.00	3.33	4.00	3.67
11	20	60	80	4.17	3.17	3.50	4.33	3.17
12	20	100	80	5.33	4.50	3.83	5.17	5.00
13	20	80	60	5.00	4.33	4.33	4.00	4.67
14	20	80	100	5.50	4.17	4.33	4.67	4.67
15	20	80	80	5.00	4.17	4.83	5.17	4.83
16	20	80	80	5.00	4.67	5.17	4.67	5.33

<Table 6> Analysis of predicted model equation for the sensory quality characteristics of Broccoli Muffin

Responses	Model	R-squared ¹⁾	F-value	Equation of on terms of pseudo component
Color	Quadratic	0.8866	5.21* ²⁾	5.23-0.27A+0.10B-0.23C+0.24AB+0.32AC-0.45BC-1.08A ² -0.74B ² -0.24C ²
Appearance	2FI	0.5929	2.18	4.06-0.13A+0.15B-0.13C-0.35AB+0.14AC-0.23BC
Flavor	Quadratic	0.9265	8.40**	4.55-1.07A+0.065B+0.000C-0.082AB-0.29AC-0.25BC-0.33A ² -0.66B ² +4.483E-003C ²
Texture	Quadratic	0.9203	7.69*	4.77-0.45A+0.43B+0.083C-0.27AB-0.10AC+0.10BC-0.54A ² +0.048B ² -0.37C ²
Overall quality	Linear	0.4802	3.70*	4.12-0.65A+0.38B-0.20C

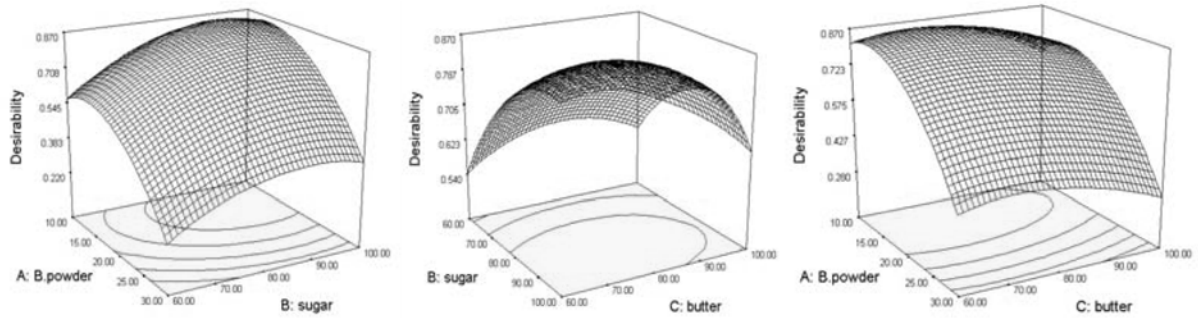
A: Broccoli Powder, B: Sugar, C: Butter
¹⁾0<R²<1, close to 1 means more significant
²⁾*p<0.05, **p<0.01



<Figure 4> Perturbation plot and response for the effect of broccoli powder (A), sugar (B), butter (C) on sensory quality(color, flavor, texture, overall quality) of broccoli muffin.

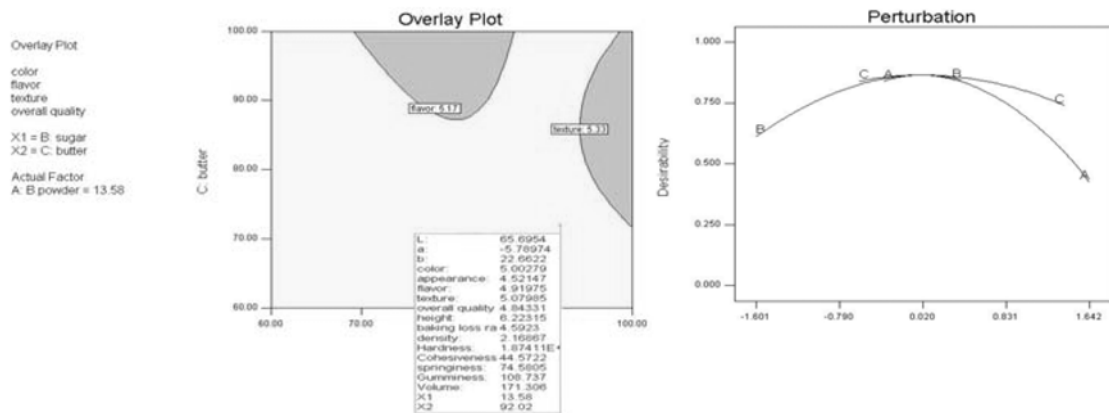
적합성이 인정되었다. 경도의 감소는 버터와 설탕의 첨가량의 증가의 요인으로 머핀이 부드러워지는 성질이 나타났다. 응집성(Cohesiveness)은 적합한 모델로 첨가 시료간의 상

호관계로 작용하는 2FI의 모델이 채택되었고, p값은 0.0039로 1% 수준의 유의적으로 나타났으며, 이차 회귀식에 대한 결정계수 R²은 0.8366으로 유의적인 경향이 높게 나타났



broccoli powder(A) x sugar(B) sugar(B) x butter(C) broccoli powder(A) x butter(C)

<Figure 5> Response surface for optimization mixture on desirability of broccoli muffin.



<Figure 6> Overlay plot common area and perturbation for the optimization mixture of broccoli muffin.

고, 탄성(Springiness)은 각 요인간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 각 조직감의 결과에 대한 각 요인의 통계적 유의성의 차이는 <Table 4>와 같다.

2. 관능적 특성

브로콜리 가루를 첨가한 머핀에 대해 색, 외관, 향, 조직감, 전반적 기호도에 대해 7점 척도로 관능적 특성을 평가한 결과 각 관능치의 평균값의 색은 2.11~5.50, 외관은 3.17~4.67, 향 1.83~5.17, 조직감은 3.00~5.33, 전반적인 기호도는 2.33~5.50사이의 범위를 나타내었다(Table 5). 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과의 회귀식은 <Table 6>에 나타나있다. 반응별로 모델링한 결과 색, 향, 조직감은 시료간의 교호작용을 하는 quadratic model이 적합한 모델로 나타났고, p값이 0.0287, 0.0087, 0.0110로 각각 5, 1, 5%의 유의수준에서 모델의 적합성이 인정되었다. 전반적인 기호도는 linear model이 적합한 모델로 나타나 p값이 0.0430으로 5% 수준에서 유의하였으나 이차 회귀식에 의한 R²값은 0.4802로 이 모델에 대한 적합성은 낮게 나타났다. 각각의 실험 항목에 관한 반응표면과 perturbation plot의 그래프는 다음 <Figure 4>와 같다. 첨가가루와 설탕 첨가량의 증가는 색의 선호도

의 증가로 나타났으나, 그 이상의 첨가량의 증가는 선호도의 감소로 나타났다. 향의 좋은 정도는 가루첨가가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 조직감은 가루첨가가 증가할수록 조직감의 선호도는 감소하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 비례적으로 증가하였다. 전반적인 선호도에서 가루의 첨가량의 지속적인 증가는 기호도의 감소를 감소시키는 경향이 나타나, 관능적 최적 제조조건의 필요성이 요구되었다.

3. 최적화

각 실험 항목에 대한 브로콜리 머핀의 최적조건은 Canonical 모형의 수치 최적화(Numerical optimization)와 모형적 최적화(Graphical optimization)를 통해 브로콜리가루, 설탕, 버터의 양을 선정하였다. 브로콜리 머핀의 최적제조조건을 도출하기 위해 관능적 특성에 유의적으로 나타난 각 항목의 최대값으로 정하고, 모델화에 의해 결정된 반응식에 의하여 만족하는 점을 수치 최적화와 모형 최적화를 통해 선정한다 <Figure 5>. 그 중 가장 높은 desirability를 선택하여 지점 예측(Point prediction)을 통해 도출하였고 <Figure 6>, 각 독립변수의 예측된 최적값은 브로콜리가루 13.58 g, 설탕 92.02 g, 버터 71.97 g이었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 브로콜리가루를 첨가한 머핀의 가장 우수한 배합조건을 설정하고자 반응표면분석법 중 중심합성계획법을 이용하였다. 브로콜리 가루 첨가 머핀 제조에 브로콜리가루, 설탕, 버터의 첨가량을 독립변수로 설정하였고 범위는 예비실험을 거쳐 브로콜리가루 10~30 g, 설탕 60~100 g, 버터 60~100 g으로 시료의 최대 최소의 범위에서 Design Expert 7(Stat-Easy Co., Minneapolis)프로그램을 통하여 실험을 계획하고, data 분석 및 품질의 최적화 분석을 실시하였다. 16개의 시료를 제조하여 머핀의 기계적, 관능적 평가의 결과를 반응표면 분석법으로 분석하여 브로콜리 머핀의 제조조건을 최적화하고자 하였다.

물리적 특성은 색도(L, a, b), 높이, 부피, 굽기 손실, 기계적 조직감에 대한 실험을 실시하였다. 머핀의 명도와 적색도는 각각 유의 수준 1%, 5%로 유의적이고, 이는 브로콜리가루 양의 변화는 머핀의 명도와 적색도에 영향을 주어 브로콜리 가루의 증가는 명도의 값이 낮아지는 주요인으로 작용하였다. 굽기 손실은 유의수준 5%에서 브로콜리 가루의 증가는 굽기 손실이 감소하는 것으로 나타났다. 조직감에서 설탕과 버터의 첨가량이 브로콜리 머핀의 경도와 검성에 영향을 주는 것으로 나타났다. 관능적 특성은 외관을 제외한 색, 조직감, 전반적인 기호도는 유의수준 5% 이내에서 유의적으로 나타났고, 향의 기호도는 유의수준 1% 이내 선택된 모델에 대한 높은 적합성을 보였다. 브로콜리가루 첨가는 설탕과 버터의 첨가량에 비해 관능적 특성에 전반적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 브로콜리 가루 첨가 머핀의 최적화는 canonical 모형의 수치 최적화와 모형 최적화를 통하여 브로콜리가루, 설탕, 버터의 양을 선정하였고, 관능평가 항목의 색, 조직감, 전반적인 기호도의 최고점을 선택하여 지점 예측(Point prediction)을 통해 도출하였으며, 모든 목표범위를 충족시키는 예측된 최적값으로 브로콜리가루 13.58 g, 설탕 92.02 g, 버터 71.97 g이 선정되었다. 이와 같이 브로콜리가루 첨가 머핀 제조 연구를 통해 기

능적인 면이 다량 함유된 천연 소재를 활용한 건강 기능성 식품 개발에 연구 가능성을 확인하는 기회였고, 기능성 소재를 이용한 식품 개발의 가능성에 대해 지속적인 연구 개발을 이루고자 한다.

■ 참고문헌

- Im JG, Kim YS, Ha TY. 1998. Effect of Sorghum Flour Addition on the Quality Characteristics of Muffin. *Korean J. Food Sci Technol.*, 30(5):1158-1162
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo Nami, Han YS. 2006. Optimization of Muffin with Added Spinach Powder. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 22(1):45-55
- Kim MR, Lee KJ, Kim HY. 1997. Effect of Processing on the Content of Sulforaphane of Broccoli. *Korean J. Soc Food Sci.*, 13(4):422-426
- Kwak TK 2003. Dictionary of food & Cookery science. Kyomunsa. p 128
- Lee HS, Park YW. 2003. Screening of antioxidant-like components extractes from broccoli. *Environmental J. Research*, 8(1):33-47
- Nicol A. 1995. Breakfast muffins. In *The bread cookbook*. McDowall A,ed. Smithmark Publisher, New York. pp 94-95
- Park HY, Jang MS. 2007. Ingredient Mixing Ratio Optimization for the Preparation of Sulgidduk with Barley (*Hordeum vulgare* L.) Sprout Powder. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 23(4):550-559
- Park SH, Lim SI. 2007. Quality Characteristics of Muffin Added Red Yeast Rice Flour. *Korean J. Food Sci Technol.*, 39(3):272-275
- Sok DE, Kim JH, Kim MR. 2003. Isolation and Identification of Bioactive Organosulfur Phytochemicals from Solvent Extract of Broccoli. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.*, 32(3):315-319

(2008년 2월 13일 신규논문접수, 4월 23일 수정논문접수, 7월 18일 수정논문접수, 10월 2일 수정논문접수, 10월 6일 채택)