

## 마분말 첨가 머핀 제조조건 최적화

주나미<sup>1</sup> · 이선미<sup>1\*</sup> · 정희선<sup>1</sup> · 박상현<sup>1</sup> · 정아람<sup>1</sup> · 유승연<sup>1</sup> · 이지희<sup>1</sup> · 정현아<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공, <sup>2</sup>대구한의대학교 한방식품조리영양학부

### The Optimization of Muffin with Yam Powder Using Response Surface Methodology

Nami Joo<sup>1</sup>, Sun-Mee Lee<sup>1\*</sup>, Hee Sun Jeong<sup>1</sup>, Sang Hyun Park<sup>1</sup>, Ah Ram Jung<sup>1</sup>, Seung Yeon Ryu<sup>1</sup>, Ji Hee Lee<sup>1</sup>, Hyeon-A Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

<sup>2</sup>Department of Herbal cuisine and nutrition, Daegu Haany University

### Abstract

This purpose of this study was to develop a functional muffin by adding yam powder in the shape of a muffin as a partial surrogate for wheat flour. The yam has been found to be effective for liver and kidney function, as well as the digestion of protein, since it produces glucuronic acid in the body. Therefore, the purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions of yam muffins by adjusting the amounts yam powder, butter, and sugar. The mixing conditions for the yam muffins included 3 categories: yam powder ( $X_1$ ), sugar ( $X_2$ ), and butter ( $X_3$ ) by Central Composite Design (CCD) which was optimized by Response Surface Methodology (RSM). The effects of the three variable additions on muffin quality were examined via physical and chemical experiments, such as the analysis of texture (hardness, cohesiveness, springiness, gumminess), coloration (lightness, redness, yellowness), and height. Lastly, we performed a sensory test, which revealed significant findings for gumminess, color, appearance, flavor, softness ( $p < 0.05$ ), redness, and overall quality ( $p < 0.01$ ). Consequently, the optimal mixing rate which best satisfied the sensory items were 34.35g of yam powder, 80.15 g of sugar, and 80.55 g of butter.

Key Words : yam powder, muffin, sugar, butter, optimization, RSM (Response Surface Methodology)

## 1. 서 론

마(*Dioscorea japonica*, D, batatas)는 마과(Dioscoreaceae)에 속하는 여러 해 살이 풀로 주성분은 전분질이고 단백질, 무기질, Vitamin C 및 Vitamin B<sub>1</sub> 등을 함유하고 있으며 mucin이 있어 점성이 높다. 마에 함유된 단백질은 생물이 우수할 당단백질이며 무기질 중 특히 Na, K, Fe이 다량 함유되어 있고 Zn의 함량도 높다(Bonire 1991, Muzac-tucker 1993, Park & Cho 2006). 예로부터 마는 당뇨병, 폐결핵 및 신체가 허약할 때 약재로 많이 쓰였으며, 자양, 강장, 지사작용이 있으며 소염, 해독, 진해, 거담, 신경통, 류마티즘에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Yoon 등 1989). 마의 식용 부위 중 덩이뿌리 내부의 유백색 또는 황갈색을 띠는 끈끈한 마 점질물은 mannose가 80% 이상을 차지하는 glucomannan과 단백질로 이루어져 있으며(Hinohara 등 1990) 당뇨병, 콜레스테롤혈증, 대장암 예방 및 면역기

능 증강에 효능이 있다고 보고되었다(Kwon 등 1999).

최근 우리나라는 산업기술의 발달과 경제수준의 향상으로 인한 사회구조의 변화로 식생활의 간편화, 단순화, 외식화가 이루어지고 있으며, 밥을 주식으로 하던 식생활에서 식사 및 간식대용으로 빵류의 수요가 증가하고 있다. 특히 머핀은 주원료인 밀가루에 우유, 달걀 등을 혼합하여 구워내기 때문에 영양면에서 우수하고 조직감도 부드러워 우리나라 사람들의 기호에 적합한 빵으로 최근 그 소비가 증가하고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 마분말의 약리작용을 활용하고 식품에 사용하는 방안으로 현대인의 기호에 맞는 형태의 식품을 개발하고자 마분말을 첨가한 머핀을 제조하여 마 이용의 효율성을 증대시키고자 하였다. 이에 반응표면분석법(RSM: Response Surface Methodology)을 이용하여 마분말 첨가 머핀 제조의 최적배합비를 산출하고 품질특성을 평가해 보았다.

\*Corresponding author: Sun-Mee Lee, Sookmyung Women's University, 52 Hyochangwon-gil, Yongsan-gu, Seoul 140-742, Korea  
Tel: 82-2-710-9471 Fax: 82-2-2077-7140 E-mail: sunranco@naver.com

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 사용된 재료 중 마분말은 가열처리한 분말(산약촌 마분말, 북후농협, 경북)을 사용하였고, 밀가루는 시판 1등급 박력분(대한제분)을 사용하였다. 버터는 무염버터(유크림 100% 서울우유)를, 우유는 전지분유(원유 100% 서울우유), 팽창제는 베이킹 파우더(초야식품), 설탕은 백설탕(원당 100%, CJ(주)), 소금은 꽃소금(샘표)을, 달걀은 영림축산제품을 구입하여 사용하였고, 물은 정수된 물을 사용하였다.

### 2. 실험계획

마분말 첨가 머핀 배합 비율을 설정하기 위하여 일반 머핀 제조방법(Nicol 1995)과 여러 종류의 머핀 레시피를 문헌 조사하여 예비실험 및 예비 관능평가를 실시한 후 중심합성계획법에 의해 확정된 마분말 첨가 머핀 배합 비율은 <Table 1>과 같다. 독립변수로는 밀가루의 일부 대체 재료로 첨가되는 마분말( $X_1$ ), 설탕( $X_2$ ), 버터( $X_3$ )의 함량을 3개의 요인으로 설정하였으며, 각 요인들의 수준을 -2, -1, 0, 1, 2의 다섯 단계로 부호화하였고, 실험값은 <Table 2>와 같다.

### 3. 마분말을 첨가한 머핀 제조

마분말 첨가 머핀 재료 배합비는 <Table 1>과 같다. 마분말 첨가 머핀 제조는 머핀 제조방법에 준하고(Nicol 1995), 배합비 분량 3배를 계량하여 밀가루, 마분말, 베이킹파우더, 전지분유를 3번 체질하여 두고, 버터는 상온에 두어 부드럽게 만든 후 버터와 소금을 1분간 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, USA)에 넣고 크립

상태로 만든다. 버터에 설탕을 3회 걸쳐 나누어 넣어 저어준 후, 달걀 푼 것을 3회에 걸쳐서 나누어 넣으면서 3분 동안 반죽이 윤이 날 때까지 만든다. 혼합하는 동안 1분마다 3차례에 걸쳐 믹싱 볼에 붙은 반죽을 긁어내려(Scraping) 반죽을 균일한 상태로 만든다. 체에 내린 재료들과 물을 재빨리 섞어 반죽한 후 유산지를 깐 머핀 컵에 80 g씩 분할하여 윗불 180°C, 아랫불 160°C로 예열된 오븐에서 25분간 구워 낸 후 오븐에서 꺼낸 머핀을 상온에 방치하여 시료로 사용하였다.

### 4. 마분말 첨가 머핀의 물리적 특성

#### 1) 높이측정

마분말 첨가 머핀 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 정확히 반으로 잘라 자른 단면의 최고 높이를 6회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

#### 2) 색도측정

마분말 첨가 머핀 색도는 머핀 내부의 색을 Color difference meter (Colorimeter CR-300, Minolta CO., Ltd, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였고 각 시료의 L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 색채 값을 측정하였으며, 이때 사용한 표준백색판(standard plate)의 L 값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86이었다.

#### 3) 물성측정

마분말 첨가 머핀의 조직감 측정은 머핀 내부를 동일한 크기로 잘라 Rheometer(Compac-100, Sun scientific CO., Tokyo, Japan)로 masticability test를 실시하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess)을 측정하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었으며, Rheometer의 조건은 Max wt(2 kg), Distance(50%), Table speed(140 mm/min), mode 21(2 bite)이었으며, probe는 직경 10 mm의 number N25 needle type으로 측정하였다.

### 5. 마분말 첨가 머핀의 관능적 특성

관능검사는 기호 척도법으로 scoring test를 실시하였다. 관능 요원은 숙명여자대학교 식품영양학과 재학생과 대학원생 중에서 신뢰성, 건강, 실험에 대한 관심도 등을 고려하

<Table 1> Normal composition and increment of yam muffin formula

Ingredients	Content	B/P <sup>1)</sup> (%)	T/P <sup>2)</sup> (%)
Yam powder	40.00 g	25.00	7.09
Wheat flour	160.00 g	100.00	28.37
Sugar	80.00 g	50.00	14.18
Butter	80.00 g	50.00	14.18
Egg (whole)	60.00 ml	37.50	10.64
Water	120.00 ml	75.00	21.28
Powder milk	15.00 g	9.38	2.66
Baking powder	8.00 g	5.00	1.42
Salt	1.00 g	0.63	0.18

<sup>1)</sup>B/P: Bakar's Percent.

<sup>2)</sup>T/P: True Percent.

<Table 2> Variable and their levels for central composite design of yam muffin

Variable	Symbol	Increment (g)	Coded-variables				
			-2	-1	0	1	2
Yam powder (g)	$X_1$	±15.00	10	25	40	55	70
Sugar (g)	$X_2$	±15.00	50	65	80	95	110
Butter (g)	$X_3$	±15.00	50	65	80	95	110

여 16명을 panel로 선정하여 이들에게 실험의 목적과 취지를 설명한 뒤 실험에 응하도록 하였다. 실험의 객관성을 보장하고 정밀도를 증가시키기 위하여 균형불완전블록계획(BIBD: balanced incomplete block design)을 사용하여 랜덤화(randomization), 블록화(blocking)하였다. 16명의 관능요원이 16가지의 시료 중 6가지의 시료를 평가하도록 하였으며 각 처리는 6번 반복되었고 각 처리쌍이 나타나는 블록의 수는 6회였다. 관능 평가에 이용된 마분말 첨가 머핀은 오븐에서 구워내어 실온에서 1시간 방냉한 후 균일한 크기(1/4조각)로 잘라서 백색의 똑같은 크기의 접시에 담아 제공하였으며 모든 시료들은 난수표에 의해 4자리 숫자로 표시하였다. 한 개의 시료를 먹고 나면 반드시 생수로 입을 행군 후 다른 시료를 평가 하도록 하였다. 관능평가 항목은 머핀의 색(color), 외관(appearance), 향(flavor), 부드러움(softness), 전반적인 기호도(overall quality)에 대한 기호도 특성이었으며, 평점법 중 7점 척도법으로 평가하여 기호도가 높을수록 7점에 가까운 점수를 주도록 하였다.

6. 통계분석

모든 자료는 통계 package SAS(version 8.12)를 이용하여 마분말(X<sub>1</sub>), 설탕(X<sub>2</sub>), 버터(X<sub>3</sub>)의 재료의 배합성분을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형 효과, 2차 곡선효과 및 인자간의 교호작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면상태를 3차원 그래프와 등고선분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 정상점이 안장점일 경우에는 능선분석을 실시하여 최적점을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

16개의 실험처리구와 그에 따른 물리적 특성으로 height(높이), 명도(L), 적색도(a), 황색도(b), hardness(경도), cohesiveness(응집성), springiness(탄력성), gumminess(검성)을 측정된 결과는 <Table 3>에 제시하였다. 회귀분석 결과는 <Table 4>에 제시하였으며, 최적값은 <Table 5>에 제시하였다.

1) 높이

마분말 첨가 머핀 높이는 5.40-6.10 사이로 분포되어 있었다. 회귀곡선에 대한 결정계수 R<sup>2</sup>는 0.6450으로 나타났으며 회귀곡선의 적합도는 유의한 결과를 보여주지는 않았으나 마분말이 많아질수록, 버터의 함량은 적을수록 높이가 감소하였다. 이는 수수가루를 첨가하여 만든 머핀(Im 등 1998)이나 마가루를 첨가한 스펀지케익의 높이 감소(Oh 등 2002)와 비슷한 결과를 나타내었다.

2) 색도

<Table 4>에서와 같이 마분말 첨가 머핀 명도(L)에 대한 회귀곡선에 대한 결정계수 R<sup>2</sup>는 0.7768며 유의적이지는 않았지만 마분말의 함량이 증가할수록 명도 값은 낮아져 어두운 색을 나타내는 것을 알 수 있었다. 마분말 함량이 증가할수록 머핀의 명도값이 낮아진 것은 첨가하는 재료 자체의 색소에 의한 영향이 색도의 차이를 나타낸다는 선행연구(Yun 1999; Kim 등 1994)와 같은 견해를 보이며 굵는 과

<Table 3> Experimental combinations and data under various conditions of yam powder (X<sub>1</sub>), sugar (X<sub>2</sub>), butter (X<sub>3</sub>) and their responses for physical properties of yam muffin

No. <sup>1)</sup>	Variable level			Responses							
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>
1	25	65	65	5.90	68.00	-0.94	19.15	1282438	19.12	43.75	94.25
2	25	65	95	6.10	70.29	-1.61	20.07	2062203	13.96	61.99	101.86
3	25	95	65	6.00	68.04	-1.39	19.22	1199269	22.26	47.83	108.17
4	25	95	95	5.40	70.04	-1.39	17.59	1334908	21.53	54.89	113.25
5	55	65	65	6.10	65.38	-0.15	19.58	1889148	18.28	66.67	127.77
6	55	65	95	5.40	65.24	-0.07	21.65	1581587	17.89	53.75	108.78
7	55	95	65	5.70	65.59	-0.32	18.00	1018343	19.42	42.21	77.30
8	55	95	95	5.40	65.30	-0.15	16.91	1231348	19.92	44.66	99.40
9	40	80	80	5.60	66.21	-0.89	19.14	1119369	16.49	45.31	75.67
10	40	80	80	5.80	67.22	-0.26	18.16	1321458	14.72	40.83	74.78
11	10	80	80	5.60	72.69	-2.41	19.75	1159058	16.84	41.35	74.09
12	70	80	80	5.70	44.36	+0.63	17.34	1358643	19.73	47.13	104.76
13	40	50	80	6.00	67.44	-0.49	18.99	1645910	20.88	60.08	139.27
14	40	110	80	5.70	67.22	-0.70	18.21	1263028	22.41	46.54	117.86
15	40	80	50	5.70	68.47	-0.46	18.40	1088225	21.20	51.38	93.58
16	40	80	110	5.40	68.01	-0.60	17.08	1460165	22.03	47.11	124.79

<sup>1)</sup>Sample No: The number of experimental conditions by central composite design.

X<sub>1</sub>: Yam powder (10 g-70 g), X<sub>2</sub>: Sugar (50 g-110 g), X<sub>3</sub>: Butter (50 g-110 g)

Y<sub>1</sub>: Height, Y<sub>2</sub>: Lightness, Y<sub>3</sub>: Redness, Y<sub>4</sub>: Yellowness, Y<sub>5</sub>: Hardness, Y<sub>6</sub>: Cohesiveness, Y<sub>7</sub>: Springiness, Y<sub>8</sub>: Gumminess

<Table 4> Polynomial equations for physical properties calculated by RSM program for mixing yam muffin

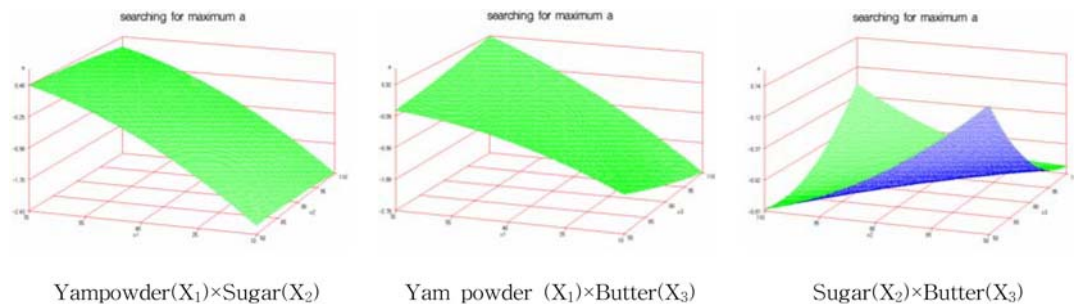
Responses	Polynomial equation <sup>1)</sup>	R <sup>2</sup>	P-value
Height	$Y_1=4.809028+0.019722X_1-0.020000X_2+0.049444X_3$ $-0.000055556X_1^2+0.000111X_2X_1+0.000167X_2^2$ $-0.000333X_3X_1-0.000222X_3X_2-0.000167X_3^2$	0.6450	0.4221
L (Lightness)	$Y_2=70.353472+0.618444X_1-0.102028X_2-0.134417X_3$ $-0.009100X_1^2+0.000267X_2X_1-0.000683X_2^2$ $-0.002622X_3X_1-0.000244X_3X_2+0.001694X_3^2$	0.7768	0.1589
a (Redness)	$Y_3=2.039167+0.032667X_1-0.033528X_2-0.065139X_3$ $-0.000350X_1^2-0.000011111X_2X_1-0.000022222X_2^2$ $+0.000511X_3X_1+0.000422X_3X_2+0.000050000X_3^2$	0.9482	0.0033**
b (Yellowness)	$Y_4=-7.288472+0.088375X_1+0.306681X_2-0.368125X_3$ $-0.000117X_1^2-0.002172X_2X_1-0.000055556X_2^2$ $+0.000939X_3X_1-0.003172X_3X_2-0.001011X_3^2$	0.6808	0.3446
Hardness	$Y_5=81.5538+60722X_1-38650X_2-24894X_3$ $+42.707778X_1^2-228.100000X_2X_1+260.06166X_2^2$ $-561.088889X_3X_1-68.644444X_3X_2+59.757222X_3^2$	0.6842	0.3373
Cohesiveness	$Y_6=117.106111-0.151361X_1-1.072083X_2-1.455389X_3$ $+0.002978X_1^2-0.004189X_2X_1+0.006711X_2^2$ $+0.003333X_3X_1+0.002956X_3X_2+0.006678X_3^2$	0.8330	0.0786
Springiness	$Y_7=78.549583+2.885958X_1-1.593431X_2-0.462903X_3$ $+0.001300X_1^2-0.016961X_2X_1+0.011378X_2^2$ $-0.019872X_3X_1+0.002328X_3X_2+0.006861X_3^2$	0.7466	0.2120
Gumminess	$Y_8=681.772083+3.186194X_1-9.626333X_2-7.212306X_3$ $+0.015778X_1^2-0.047311X_2X_1+0.059267X_2^2$ $-0.005322X_3X_1+0.021422X_3X_2+0.037733X_3^2$	0.8851	0.0297*

<sup>1)</sup>X<sub>1</sub>: Yam powder (g), X<sub>2</sub>: Sugar (g), X<sub>3</sub>: Butter (g)

<sup>2)</sup>Y<sub>1</sub>-Y<sub>8</sub>: Intensity score of the attributes

<sup>3)</sup>R<sup>2</sup> is coefficient of determination

<sup>4)</sup>\*p<0.05, \*\*p<0.01



<Figure 1> Response surface for redness of yam muffin.

정 중에 마분말의 잔존 환원당과 배합 내의 아민화합물과의 마이야르반응에 의한 갈색화에 기인하는 것으로 생각된다.

마분말 첨가 머핀의 적색도(a)의 이차회귀식에 의한 R<sup>2</sup>값은 0.9482로 유의적으로 높은 신뢰구간을 나타내었다(p<0.01). 가장 유의적인 반응을 보인 것은 마분말 이었으며, <Figure 1>에서와 같이 마분말이 독립적으로 작용하여 마분말 함량이 증가할수록 적색도는 증가하는 경향을 보여 주었고, 각 요인들과의 교호작용에서는 마분말×버터, 설탕×버터는 안장점을, 마분말×설탕은 최대값을 나타내었으며 적색도에 대한 최적배합 함량은 마분말 67.8 g, 설탕 80.6

g, 버터 91.3 g이었다(Table 5).

머핀의 황색도의 회귀분석 결과 5% 이내 유의하지 않았고, 이차회귀식에 의한 R<sup>2</sup>값이 0.6808로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 낮았다.

3) 물성

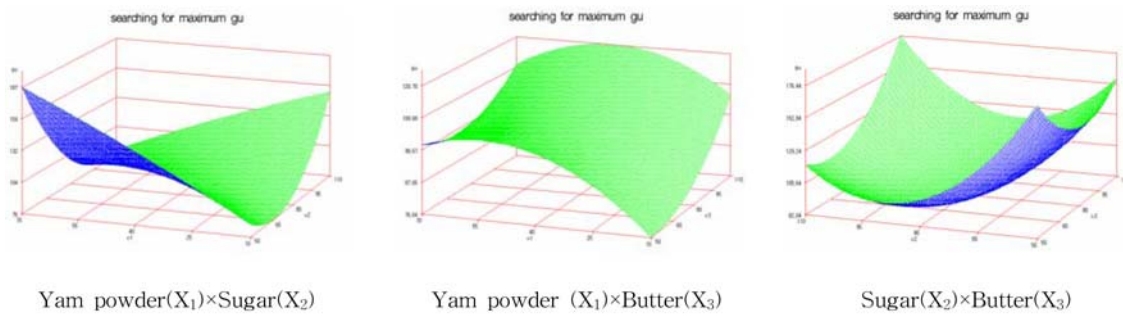
머핀의 검성(gumminess)에 대한 회귀식을 분석한 결과 <Table 4>에서 알 수 있듯이 이차회귀식에 의한 R<sup>2</sup>값이 0.8851로 유의적이었다(p<0.05). 각 요인간의 교호작용을 제시한 삼차원 그래프 <Figure 2>는 마분말×설탕, 마분말

<Table 5> Predicted level of optimum preparation conditions for maximized physical properties of yam muffin by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

	Responses							
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>
Yam powder	31.6	24.6	67.8	50.6	43.8	24.1	55.1	32.7
Sugar	51.2	77.1	80.6	55.0	51.2	68.0	56.2	80.7
Butter	80.9	105.6	91.3	92.8	87.4	87.9	69.7	75.0
Morphology	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	Min.	S.P.	Min.

S.P.: Saddle point, Min: Minimum

Y<sub>1</sub>: Height, Y<sub>2</sub>: Lightness, Y<sub>3</sub>: Redness, Y<sub>4</sub>: Yellowness, Y<sub>5</sub>: Hardness, Y<sub>6</sub>: Cohesiveness, Y<sub>7</sub>: Springiness, Y<sub>8</sub>: Gumminess



<Figure 2> Response surface for gumminess of yam muffin.

×버터는 안장점, 설탕×버터의 작용을 보여주는 그래프는 정상점에서 최소값을 보였는데 설탕 84.6 g, 버터 72.9 g 일 때였다. <Table 5>는 각 영향인자의 검성(gumminess)에 대한 최적값으로 마분말 32.7 g 설탕 80.7 g 버터는 75.0 g이다. 마분말 첨가량이 증가할수록 검성이 증가하였는데 이는 마 스펀지케익(Oh 등 2002)과 같은 결과였다.

회귀식을 분석한 결과, 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness)에 대한 회귀식이 유의성을 나타내지는 않았으나 각 요인간 교호작용을 제시한 그래프에서 응집성(cohesiveness)은 밀가루 대체 마분말의 첨가량이 증가할수록 낮아졌으며 탄력성(springiness)은 마분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

<Table 6> Experimental combinations and data under various conditions of yam powder (X<sub>1</sub>), sugar (X<sub>2</sub>), butter (X<sub>3</sub>) and their responses for sensory properties of yam muffin

No. <sup>1)</sup>	Variable level			Responses				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>
1	25	65	65	5.00	4.83	4.33	4.67	5.00
2	25	65	95	4.67	4.67	4.83	4.50	4.83
3	25	95	65	4.83	5.00	4.83	5.67	5.50
4	25	95	95	4.50	4.67	5.17	5.00	5.67
5	55	65	65	4.17	4.17	4.33	4.67	5.50
6	55	65	95	4.33	4.33	4.17	5.83	5.50
7	55	95	65	4.17	3.83	3.83	3.83	3.67
8	55	95	95	3.83	3.67	4.83	4.17	4.50
9	40	80	80	6.17	6.33	6.17	6.33	6.33
10	40	80	80	5.83	6.17	6.00	6.17	6.17
11	10	80	80	4.83	4.67	4.17	4.33	4.33
12	70	80	80	4.50	4.00	4.50	4.67	4.17
13	40	50	80	4.67	4.67	4.33	4.00	5.17
14	40	110	80	4.83	4.33	4.17	5.17	5.17
15	40	80	50	4.17	4.17	3.17	4.17	4.67
16	40	80	110	3.17	3.83	4.67	5.00	5.00

<sup>1)</sup>Sample No: The number of experimental conditions by central composite design.

X<sub>1</sub>: Yam powder (10 g-70 g), X<sub>2</sub>: Sugar (50 g-110 g), X<sub>3</sub>: Butter (50 g-110 g)

Y<sub>1</sub>: Color, Y<sub>2</sub>: Appearance, Y<sub>3</sub>: Flavor, Y<sub>4</sub>: Softnewss, Y<sub>5</sub>: Overall quality

<Table 7> Polynomial equations for sensory properties calculated by RSM program for mixing yam muffin

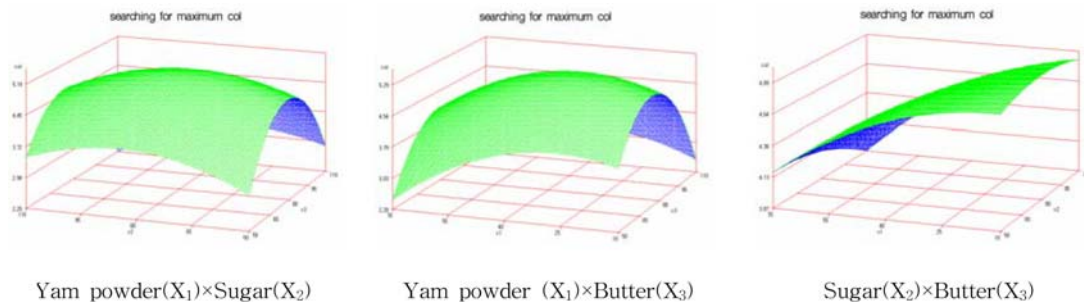
Responses	Polynomial equation <sup>1)</sup>	R <sup>2</sup>	P-value
Color	$Y_1 = -21.56020 + 0.091278X_1 + 0.245833X_2 + 0.413944X_3 - 0.001483X_1^2 - 0.000088889X_2X_1 - 0.001389X_2^2 + 0.000267X_3X_1 - 0.000278X_3X_2 - 0.002589X_3^2$	0.8795	0.0337*
Appearance	$Y_2 = -27.092500 + 0.181653X_1 + 0.352597X_2 + 0.406014X_3 - 0.002128X_1^2 - 0.000650X_2X_1 - 0.001944X_2^2 + 0.000272X_3X_1 - 0.000272X_3X_2 - 0.002500X_3^2$	0.9081	0.0162*
Flavor	$Y_3 = -24.740972 + 0.180194X_1 + 0.299722X_2 + 0.359944X_3 - 0.001944X_1^2 - 0.000378X_2X_1 - 0.002039X_2^2 + 0X_3X_1 + 0.000556X_3X_2 - 0.002406X_3^2$	0.8874	0.0282*
Softness	$Y_4 = -29.389306 + 0.226583X_1 + 0.449139X_2 + 0.31233X_3 - 0.001944X_1^2 - 0.002222X_2X_1 - 0.001850X_2^2 + 0.001300X_3X_1 - 0.000733X_3X_2 - 0.001850X_3^2$	0.8669	0.0440*
Overall quality	$Y_5 = -16.519722 + 0.317264X_1 + 0.226458X_2 + 0.187319X_3 - 0.002222X_1^2 - 0.002317X_2X_1 - 0.001200X_2^2 + 0.000461X_3X_1 + 0.000650X_3X_2 - 0.001572X_3^2$	0.9513	0.0027**

<sup>1)</sup>X<sub>1</sub>: Yam powder (g), X<sub>2</sub>: Sugar (g), X<sub>3</sub>: Butter (g)

<sup>2)</sup>Y<sub>1</sub>-Y<sub>5</sub>: Intensity score of the attributes

<sup>3)</sup>R<sup>2</sup> is coefficient of determination

<sup>4)</sup>\*p<0.05, \*\*p<0.01



<Figure 3> Response surface for color of yam muffin.

2. 관능검사

16개의 마분말 첨가 머핀에 대하여 7점 척도법으로 관능적 품질을 평가한 결과는 <Table 6>이며, 5수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석의 결과는 <Table 7>에 제시하였고, 회귀분석 결과 최적값은 <Table 8>에 나타내었다.

1) 색(Color)

마분말 첨가 머핀의 색에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R<sup>2</sup>값이 0.8795로 유의적이었고(p<0.05), <Figure 3>은 각 요인들과의 교호작용으로 마분말×설탕, 마분말×버터, 설탕×버터 모두 최대값을 나타내었다. 마분말은 중심점보다도 첨가량이 증가하면 색도에 대한 기호도는 떨어졌으나 중심점 부근에서는 크게 낮아지지 않았다. 버터함량이 중심점을 중심으로 많아지거나 적어지면 색에 대한 기호도는 낮아지는 경향을 보였다. 각 영향인자의 색(Color)에 대한 최적값은 마분말 35.3 g, 설탕 79.6 g, 버터 77.5 g 이었다(Table 8).

2) 외관(Appearance)

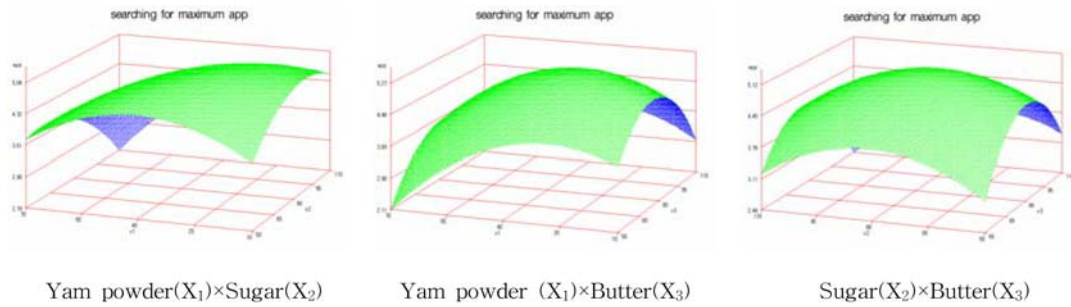
외관에 대한 기호도 특성값을 분산분석한 결과 R<sup>2</sup>값이 0.9081로 유의적이었고(p<0.05), <Figure 4>는 마분말 첨가 머핀 배합 비에 따른 각 요인간의 교호작용을 제시한 삼차원 그래프로 마분말×설탕, 마분말×버터, 설탕×버터 모두 최대값을 나타내었으며, <Table 8>에서 보여지는 마분말 첨가 머핀 외관에 대한 최적배합 함량은 마분말 35.6 g, 설탕 79.2 g, 버터 78.8 g이었다.

<Table 8> Predicted level of optimum preparation conditions for maximized sensory properties of yam muffin by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

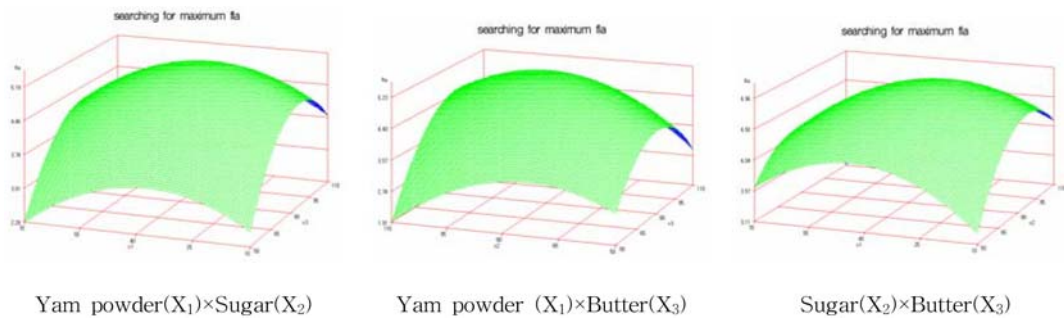
	Responses				
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>
Yam powder	35.3	35.6	38.4	38.9	38.5
Sugar	79.6	79.2	81.4	81.8	79.3
Butter	77.5	78.8	84.2	81.9	81.6
Morphology	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.

Y<sub>1</sub>: Color, Y<sub>2</sub>: Appearance, Y<sub>3</sub>: Flavor, Y<sub>4</sub>: Softness, Y<sub>5</sub>: Overall quality

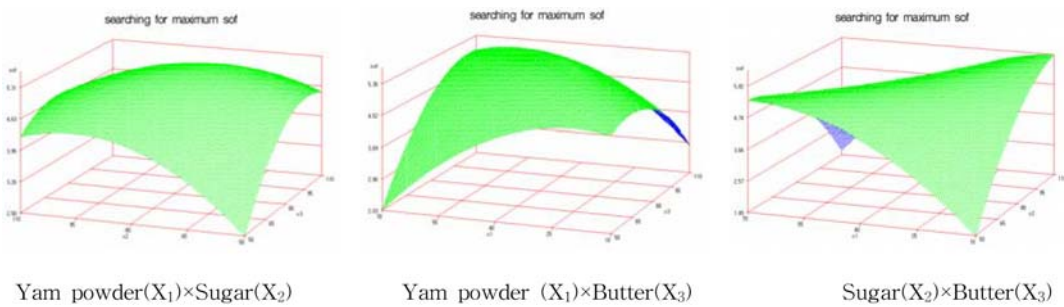




<Figure 4> Response surface for appearance of yam muffin.



<Figure 5> Response surface for flavor of yam muffin.



<Figure 6> Response surface for softness of yam muffin.

3) 향(Flavor)

<Table 7>에서 본 향의 관능평가 결과 이차회귀식에 의한 R<sup>2</sup>값이 0.8874로 유의적으로 나타났다(p<0.05). 마분말 첨가 머핀 배합 비에 따른 각 요인간의 상호작용을 제시한 Figure 5의 삼차원 그래프는 마분말×설탕, 마분말×버터, 설탕×버터 최대값을 나타내었으며, 향에 대한 관능평가의 결과는 마분말 함량이 중심점에서 벗어나 적게 첨가하거나 많이 첨가할수록 관능평가의 결과는 점점 낮은 기호도를 보여 중심점수준에서 마분말 첨가는 바람직한 향에 대한 기호도를 보여 주었다. 설탕, 버터의 상호 작용에서도 중심점을 기준으로 적거나 많아지면 기호도는 낮았다. <Table 8>은 마분말 첨가 머핀 향미에 대한 최적배합 함량이 마분말 38.4 g, 설탕 81.4 g, 버터 84.2 g을 보여준다.

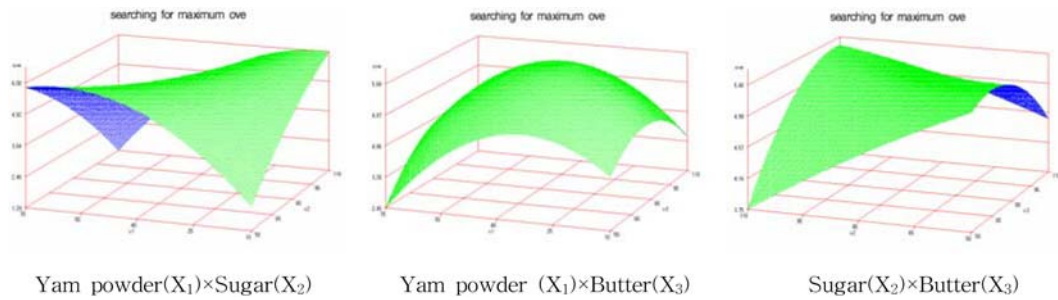
4) 부드러움(Softness)

마분말 첨가 머핀의 부드러움에 대한 관능적 품질에 대한 결과 <Table 7>은 R<sup>2</sup>값이 0.8669로 유의적이었다(p<0.05).

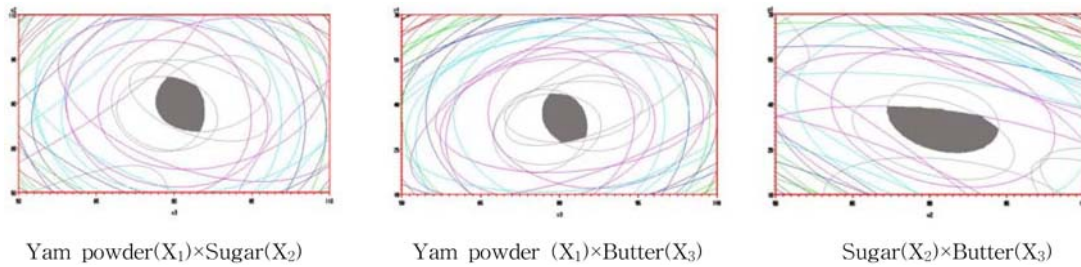
<Figure 6>의 각 요인간의 상호작용을 제시한 삼차원 그래프에서 마분말×설탕은 안장점 마분말×버터, 설탕×버터는 최대값을 나타냈고, 마분말, 설탕, 버터, 세 요인이 모두 유의적으로 부드러움에 영향을 주었으며 설탕과 버터의 상호 작용에서는 설탕과 버터의 양이 적어질수록 부드러움에 대한 기호도도 낮아졌다. <Table 8>에서 보여지는 마분말 첨가 머핀의 부드러움에 대한 최적배합 함량은 마분말 38.9 g, 설탕 81.8 g, 버터 81.9 g이었다.

5) 전반적인 기호도(Overall quality)

배합조건에 따른 마분말 첨가 머핀의 전반적인 기호도의 회귀식을 근거하여 회귀계수와 t-value를 검정한 결과 <Table 7>은 R<sup>2</sup>값이 높은 신뢰도 수준인 0.9513로 유의적이었다(p<0.01). 마머핀 배합 비에 따른 각 요인간의 상호 작용을 제시한 Figure 7은 마분말×설탕, 설탕×버터는 안장점, 마분말×버터는 최대값을 나타내었으며 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 마분말, 설탕, 버터 모두 기



<Figure 7> Response surface for overall quality of yam muffin.



<Figure 8> Sensory optimization of yam muffin.

호도에서 유의적으로 나타나, 마분말은 중심점을 중심으로 첨가량이 많이 들어간 머핀이 적게 들어간 머핀보다 전반적인 기호도는 더 높은 점수를 얻었다. 이는 밀가루 대체인 마분말을 첨가하여도 선호하는 것으로 나타나 고무적인 현상이라 할 수 있다. <Table 8>에서와 같이 마분말 첨가 머핀의 전반적인 기호도에 대한 반응 표면에서의 최적점은 마분말 38.5 g, 설탕 79.3 g, 버터 81.6 g을 구할 수 있었다.

### 3. 마분말 첨가 머핀의 관능적 최적화

마분말 첨가 머핀의 관능적 최적점을 결정하기 위해 관능평가 항목 중 유의적이었던 색, 외관, 향, 부드러움, 전반적인 기호도에 대한 마분말×설탕, 마분말×버터, 설탕×버터의 등고선 그래프를 교집합 형태로 나타내어 <Figure 8>에 제시하였다. 그 결과 마분말과 설탕에서는 각 요인의 배합구간에서의 교집합은 향과 외관으로 최적 배합구간은 마분말은 25.1~43.1 g 설탕은 72.8~92.9 g이며, 마분말과 버터는 모든 그래프에서 최적 배합비 부분이 공통되었으며 최적 배합구간은 마분말 27.2~41.5 g, 버터 76.2~84.9 g의 범위에서, 설탕과 버터는 전반적인 기호에서의 등고선도를 제외한 모든 그래프에서 최적 배합비 부분이 공통되었으며 설탕 71.2~87.5 g, 버터 75.9~85.4 g에서 최적 배합비를 관찰할 수 있었다. 이와 같이 설정된 각 요인의 배합구간을 모두 충족시키는 범위는 마분말 27.2~41.5 g, 설탕은 72.8~87.5 g 버터 76.2~84.9 g이었다. 이를 토대로 유의적으로 나타난 관능항목을 모두 충족시키는 값은 마분말 34.35 g 설탕 80.15 g 버터 80.55 g으로 마분말 첨가 머핀의 최적점을 구할 수 있었다. 설탕과 버터는 중심점에 근접한 값이고 마분말은 중심점보다 낮은 값으로 나타났다.

## IV. 요약 및 결론

마분말 첨가 머핀의 가장 우수한 배합조건을 설정하고자 중심합성계획법에 의해 마분말, 설탕, 버터의 함량을 달리 한 시료를 제조하여 마분말 첨가 머핀의 관능적 평가와 물리적 특성을 반응표면분석법으로 분석하여 마분말 첨가 머핀 제조 조건을 최적화하고자 하였다. 물리적 특성의 Color Value에서 마분말 함량이 많을수록 명도는 낮아졌고, 마분말 함량이 많을수록 유의적으로 적색도는 증가하는 경향을 보였다. 분산분석 결과 경도, 응집성, 탄력성은 가정된 회귀모형은 유의하지 않았으나 응집성(cohesiveness)은 밀가루 대체 마분말의 첨가량이 많아질수록 낮아졌으며 탄력성(springiness)은 마분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 경도는 버터의 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 감성(gumminess)은 5% 이내 유의 수준으로 마분말 함량이 증가할수록 증가하였다. 마분말 함량은 관능항목 중 색과 향에 낮은 점수의 요인이 되지는 않았고 부드러움에 가장 영향을 주는 요인으로 마분말, 설탕, 버터 세요인 모두 5% 이내에서 유의하였으며, 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 마분말, 설탕, 버터 모두 유의적으로 나타났다. 마분말 첨가 머핀의 관능적 최적점을 결정하기 위해 관능평가 항목 중 유의적이었던 색, 외관, 향, 부드러움, 전반적인 기호도에 대한 마분말×설탕, 마분말×버터, 설탕×버터의 등고선 그래프를 교집합 형태로 유의적으로 나타난 관능항목을 모두 충족시키는 최적의 배합비율은 마분말 34.35 g, 설탕 80.15 g, 버터 80.55 g으로 마분말 첨가 머핀의 최적점을 구할 수 있었다. 설탕과 버터는 중심점에 근접한 값이고 마분말은 중심점보다 낮은 값으로



나타났다. 이로써 밀가루 대체인 마분말을 첨가하여도 머핀의 품질 특성에 부정적인 영향을 주지 않으므로 마분말을 머핀의 밀가루 대체로서 이용하여 머핀의 독특한 향과 기능적인 면에서나 품질, 건강지향적인 측면에서 우수한 현대인의 기호에 맞는 형태의 식품을 개발하여 마 이용의 효율성을 증대시킬 수 있었다.

## V. 참고문헌

- Bonire JJ, Jail NSN, Lori JA. 1991. Iron, nickel, copper, zinc and cadmium content of two cultivars of white yam (*Dioscorea rotundata*) and their source soils. *J. Sci. Food Agric.*, 57:431-435
- Hinohara K, Tatsuyous K. 1990. Chemical composition of mucilage of chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish*, 37(1):48-51
- Im JG, Kim YS, Ha TY. 1998. Effect of Sorghum Flour Addition on the Quality Characteristics of Muffin. *Korean J. Food Sci. Techno*, 30(5):1158-1162
- Kwon CS, Son IS, Shim JH, Kwun IS, Chung KM. 1999. Effects of Yam on Lowering Cholesterol Level and Its Mechanism. *J. Korean Society Nutr.*, 32(6):637-643
- Kim MH, Park MW, Park YK, Jang MS. 1994. Effect of the Addition of Surichwi on Quality Characteristics of Surichwijulpyum. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 10(2): May. 94-98
- Nicol A. 1995. Breakfast muffins. In *The bread cookbook*. McDowall A. ed. Smithmark Publisher. New York., pp 94-95
- Muzac-tucker I, Asemota HN, Ahamad MH. 1993. Biochemical composition and storage of Jamaican yams (*Dioscorea* sp). *J. Sci. Food Agric*, 62:219-224
- Oh SC, Nam HY, Cho JS. 2002. Quality Properties and Characteristics of Sponge Cakes as Affected by Additions of *Dioscorea Japonica* Flour. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 18(2):185-192
- Park BH, Cho HS. 2006. Quality characteristics of dried noodle made with *dioscorea japonica* flour. *Korean J. Food Cookery SCI*. 22(2):173-180
- Yoon KB, Jang JK. 1989. Wild vegetables good for health. Seokoh Pub. seoul. pp 334
- Yun SJ. 1999. Sensory and Quality characteristics of pumpkin rice cake prepared with different amounts of pumpkin. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 15(6):586-590

(2008년 1월 8일 접수, 2008년 4월 16일 채택)