표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 최적화 및 품질특성

김보람 · 주나미*

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공

Optimization of Sweet Rice Muffin Processing Prepared with Oak Mushroom (*Lentinus edodes*) Powder

Boram Kim, Nami Joo*

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

The purpose of this study was to bake sweet rice muffins with oak mushroom (*Lentinus edodes*) powder. The process included substituting sweet rice flour for cake flour and adding oak mushroom powder. This study determined the optimal mixing conditions of oak mushroom muffins by adjusting the amounts of oak mushroom powder, whole eggs, and soybean oil. The mixing conditions for the oak mushroom muffins included 3 categories: oak mushroom powder (X1), whole eggs (X2), and soybean oil (X3) by Central Composite Design (CCD) which was optimized by Response Surface Methodology (RSM). Oak mushroom muffin formulation was optimized using rheology. Yellowness ($p < 0.001$) and redness ($p < 0.05$) displayed a linear model pattern, whereas lightness ($p < 0.05$) was represented by a quadratic model. Among the sensory properties, variables that appeared to show significant values such as appearance ($p < 0.5$), texture ($p < 0.5$), and overall quality ($p < 0.5$) were used to identify optimums. The result of mechanical properties showed significant values in gumminess ($p < 0.5$) and chewiness ($p < 0.5$). The numerical and graphical methods used in this study determined that the optimum formulation for oak mushroom powder sweet rice muffins was 8.75 g of oak mushroom powder, 235.95 g of whole eggs, and 19.93 g of soybean oil.

Key Words: Oak mushroom powder, muffin, sweet rice, RSM, optimization

1. 서 론

버섯은 영양소를 골고루 함유하고 있으며 최근 고혈압 강화 물질 및 항암물질 등이 함유되어 있다고 알려져 건강기능 식품 소재로 많이 이용되고 있다(Kim 등 1997; Cho 등 2002; Lee 등 2004). 이 중 표고버섯(*Lentinus edodes*)은 조섬유를 다량 함유하고 있어 칼로리가 적은 다이어트 식품으로 우수하며(Ebihara & Minamishima 1984; Kweon 등 1998) 혈청 지질을 분해시키는 성분이 있어서 고혈압이나 동맥경화 등 성인병 예방과 개선의 식이요법에 많이 이용되고 있다(Dragsted 등 1993). 또한 표고버섯은 강장, 이뇨, 신장염, 신경쇠약, 불면증, 위궤양 등에 효능이 있으며(Choi 등 1998) 그 외 항암과 항균작용(Ma 1983), 당뇨병으로 인한 혈당증가를 억제하는 효과를 가진다고 보고되고 있다(Kim 등 1997).

최근 빵과 같은 밀가루 가공식품을 주식으로 대용하고 있으며 특히 머핀의 경우 달걀 등을 혼합하여 굽기 때문에 영양면에서도 뛰어나고(Joo 등 2008) 기호도가 높아 식사나 간식으로 많이 애용되고 있는 제빵류이다.

밀가루에 찹쌀가루를 첨가한 머핀의 연구(Johnson 1990)에서 찹쌀가루를 첨가한 머핀이 밀가루만 첨가한 머핀보다 보습이 뛰어나다 하였으며 찹쌀가루는 대부분 아밀로펙틴으로 구성되어 있어 조리 시 노화가 늦다(Juliano 1972). 이에 본 연구에서는 우수한 기능성을 가진 재료로 인정받고 있는 표고버섯 가루와 버터대신 식물성 유지인 대두유를 이용하여, 밀가루로 만든 머핀보다 보습효과가 우수한(Johnson 1990) 찹쌀가루를 배합해 표고버섯 첨가 찹쌀머핀을 제조, 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 머핀제조 최적조건을 도출하고 기계적 특성 및 관능특성 분석을 통해 최적 배합비를 개발하고자 한다.

*Corresponding author: Nami Joo, Sookmyung Women's University, 52-12 Chungpa-dong 2-ga Yongsan-gu Seoul, Korea
Tel: 82-2-710-9471 Fax: 82-2-710-9479 E-mail: fanta-fun@hanmail.net

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 표고버섯 가루(문수농장, 국산), 찹쌀가루(전원식품, 국산), 우유(서울우유, 국산), 베이킹 파우더(초야식품, 국산), 황설탕((주) CJ, 국산), 소금(꽃소금, 해표), 달걀(한마음 영농조합, 국산), 대두유((주)CJ, 국산)를 사용하였다.

2. 실험계획

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 모든 실험디자인, 데이터 분석 및 최적화는 Design Expert 8(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며 제품 최적화는 Response surface 중 Central Composite Design에 따라 설계하였다. 여러 가지 생리활성이 입증된 표고버섯과 머핀의 관능적인 특성에 많은 영향을 미치는 달걀(Lee 등, 2010), 포화지방에 대한 두려움이 커지고 있는 현대인들을 위해 버터대신 대두유를 독립변수로 하여 표고버섯 가루, 달걀, 대두유의 함량을 세 가지 요인으로 설정하고 종속변수로 색도(L, a, b), 단면의 높이, 부피, 굽기 손실률, 경도, 응집성, 탄력성, 점성, 씹힘성, 점착성, 관능적 특성(색, 외관, 향미, 부드러움, 전반적인 기호도)을 설정하였다. 찹쌀가루와 표고버섯 가루의 총량은 300 g으로 표고버섯 가루의 첨가량에 따라 찹쌀가루 양을 조정하였으며 그 외 설탕 120 g, 우유 200 g, 베이킹파우더 8 g, 소금 3 g으로 고정하였다. 첨가량에 대한 최소 및 최대범위는 예비실험을 통해 설정하였으며 표고버섯 가루 5~15 g, 달걀 100~300 g, 대두유 10~110 g으로 정하였다. 완성된 실험의 재료 혼합비율은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Experimental design for sweet rice muffins with oak mushroom powder (unit: g)

Sample No.	Variable level of ingredients		
	Oak mushroom powder	Whole egg	Soybean oil
1	5.00	100.00	10
2	15.00	100.00	10
3	5.00	300.00	10
4	15.00	300.00	10
5	5.00	100.00	110
6	15.00	100.00	110
7	5.00	300.00	110
8	15.00	300.00	110
9	5.00	200.00	60
10	15.00	200.00	60
11	10.00	100.00	60
12	10.00	300.00	60
13	10.00	200.00	10
14	10.00	200.00	110
15	10.00	200.00	60
16	10.00	200.00	60

3. 표고버섯 첨가 찹쌀머핀 제조

본 연구에서 대두유를 사용하여, Choi & Chung(2006)의 연구와 같이 공립법으로 머핀을 제조 하였다. 예비 실험을 통해 확정한 배합비율로 각각 계량하여 찹쌀가루, 표고버섯가루, 베이킹파우더를 혼합한 가루를 체에 3번 내린다. 달걀에 소금을 넣고 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, USA)로 2분간 거품을 내고 설탕을 넣어 다시 2분간 체에 내린 찹쌀가루, 표고버섯 가루, 베이킹파우더와 우유를 나누어 넣은 후 대두유를 넣고 30초 동안 혼합한다. 유산지를 깠 머핀 틀에 50 g씩 분할하여 아래 불 160°C, 위의 불 170°C로 예열된 오븐(RSF-22, Rinnai Co., Incheon, Korea)에서 25분간 구운 후 오븐에서 꺼낸다. 실온에서 1시간 방치하고 지퍼 백에 넣어 21~23°C에서 24시간 동안 저장한 후 이화학적 검사와 관능검사를 실시하였다.

4. 표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 물리적, 기계적 특성

1) 색도측정

표고버섯 첨가 찹쌀머핀 내부표면의 색도는 Color difference meter(CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(+red/-green), b(+yellow/-blue)의 색채값을 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준백판(Standard Plate)의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86으로 보정한 후 사용하였다.

2) 높이, 부피 및 굽기 손실률 측정

(1) 높이 측정법

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 높이는 머핀 정 가운데의 위에서 아래로 수직으로 자른 단면의 최고 높이를 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

(2) 부피 측정법

부피 측정은 좁쌀을 이용한 종자치환법에 의하여 500 mL 비커에 종실을 가득 담고 그 종실을 비운 후 비커에 표고버섯 머핀을 넣고 그 위에 덜어낸 종실을 다시 채우고, 윗면이 수평이 되도록 하였다. 이 때 남은 종실을 메스실린더에 넣고 3회 반복 측정하여 부피의 평균값으로 나타내었다.

(3) 굽기 손실률

굽기 손실률은 반죽 중량과 구운 후 머핀의 중량을 이용하여 다음과 같은 식으로 측정하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Baking loss rate (%)

$$= (\text{dough weight} - \text{muffin weight}) / \text{dough weight} \times 100$$

<Table 2> Analytical conditions of oak mushroom powder sweet rice muffins for texture analyzer

Type	TPA (texture profile analyzer)
Probe type	Cylinder Probe (P/3)
Pre-test speed	3.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	1.0 mm/s
Distance	10.0 mm/s
Force	100 g
Time	3.00 sec

3) 기계적 텍스처 특성 측정
표고버섯 머핀의 기계적 텍스처는 머핀의 내부를 동일한 크기(3×3×2 cm)로 잘라 Texture analyzer(TA-XT Express v.2.1, London, England)를 이용하여 경도, 응집성, 탄력성, 감성, 씹힘성, 점착성을 측정하였다. 모든 측정은 5회 이상 반복 측정하였고, 사용한 기기의 측정조건은 <Table 2>에 나타내었다.

5. 표고버섯 첨가 찹쌀머핀 관능검사

관능검사는 훈련받은 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원생 16명을 대상으로 시행하였다. 관능검사 시간은 오전 10 시에서 11시 사이에 이루어 졌으며, 한 개의 시료를 평가한 후 반드시 물로 입안을 행군 후 다음 시료를 시작할 수 있도록 했다. 객관성과 정확성을 기하기 위하여 균형 불완전 블록 계획(BIBD: balanced incomplete block design)을 사용하였다. 16명의 관능요원이 16가지의 시료 중 6가지의 시료

를 평가하도록 하였고 각 처리는 6번 반복되며 각 처리쌍이 나타나는 블록의 수는 6회였다. 머핀은 균일크기(1/4조각)로 절단하여 난수표에 의해 4자리 숫자로 표시하였다. 관능검사 항목은 색(color), 외관(appearance), 향미(flavor), 부드러움(softness)에 대한 기호도와 전반적인 기호도(overall quality) 평가를 실시하였으며, 7점 척도법(1점 아주 나쁘다, 7점 아주 좋다)으로 평가하여 선호도가 높을수록 7점에 가까운 점수를 주도록 하였다.

6. 최적화 분석

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 최적화를 위한 표고버섯 가루(A), 달걀(B), 대두유(C)의 양을 선정하였고, 그 한계 범위 내에서 관능평가 중 유의적으로 나타난 외관, 향미, 부드러움, 전반적인 선호도 항목을 최대 (maximum)로 설정하여 그 때의 지점을 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 수치 최적화는 canonical model을 기준으로 하는 모형의 계수에 각각의 반응 중 관능평가의 최고점을 목표 범위(goal area)로 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 기계적 특성

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 제조조건의 최적화를 목적으로 세 가지 독립변수(표고버섯 가루, 달걀, 대두유)를 design expert 프로그램을 이용하여 16가지 조건에서 얻어진 기계적

<Table 3> Experimental data on physical properties of various oak mushroom powder sweet rice muffins compositions

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Physical properties					
				L	a	b	Height (cm)	Baking loss rate (%)	Volume (mL)
1	5.00	100	10	65.03	-1.26	22.97	2.87	13.00	74.50
2	15.00	100	10	57.15	1.29	23.84	2.80	14.00	91.00
3	5.00	300	10	65.69	-2.15	24.74	2.94	16.00	80.00
4	15.00	300	10	59.17	0.88	25.17	3.00	13.78	74.00
5	5.00	100	110	61.66	-1.54	21.07	3.10	16.12	95.00
6	15.00	100	110	55.27	0.83	23.20	2.65	17.00	89.00
7	5.00	300	110	62.98	-2.76	23.90	3.00	17.34	96.00
8	15.00	300	110	54.60	-0.08	23.85	3.24	14.24	85.50
9	5.00	200	60	62.09	-1.62	24.51	3.28	13.34	93.00
10	15.00	200	60	57.38	0.49	24.07	3.30	15.50	88.00
11	10.00	100	60	53.56	0.33	21.60	3.06	14.74	88.00
12	10.00	300	60	59.25	-1.09	24.36	3.20	13.24	87.00
13	10.00	200	10	58.03	-0.20	23.92	3.30	14.66	77.00
14	10.00	200	110	55.49	-0.54	23.07	3.14	14.24	95.00
15	10.00	200	60	56.83	0.12	23.73	3.54	14.16	95.50
16	10.00	200	60	56.73	-0.39	23.65	3.10	14.00	94.50

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil
L (white+100 → 0 black), a (red+60 → -60 green), b (yellow+60 → -60 blue)

<Table 4> Analysis of predicted model equation for the physical characteristics of oak mushroom powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob > F	Equation of on terms of pseudo component
L	Quadratic	0.9325	9.20	0.0069**	$56.54 - 3.39A^{(1)} + 0.90B^{(2)} - 1.51C^{(3)} - 0.079AB - 0.046AC - 0.25BC + 3.31A^2 - 0.022B^2 + 0.33C^2$
a	Linear	0.9775	28.90	0.0003***	$-0.26 + 1.27A - 0.49B - 0.27C + 0.099AB - 0.066AC - 0.10BC - 0.25A^2 - 0.060B^2 - 0.050C^2$
b	Linear	0.9079	6.57	0.0163*	$23.60 + 0.19A + 1.04B - 0.45C - 0.45AB - 0.029AC + 0.17BC + 0.74A^2 - 0.57B^2 - 0.057C^2$
Height (mm)	Linear	0.7725	2.26	0.1661	$3.33 - 0.020A + 0.090B + 0.022C + 0.10AB - 0.025AC + 0.027BC - 0.051A^2 - 0.21B^2 - 0.12C^2$
Volume (mL)	Quadratic	0.8813	4.95	0.0324 ⁺	$91.79 - 1.10A - 1.50B + 6.40C - 3.38AB - 3.37AC + 1.12BC + 0.31A^2 - 2.69B^2 - 4.19C^2$
Baking loss rate (%)	2FI	0.7151	1.67	0.732	$13.95 - 0.13A - 0.026B + 0.75C - 0.90AB - 0.12AC - 0.54BC + 0.54A^2 + 0.11B^2 + 0.57C^2$

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

0≤R²≤1, close to 1 means more significant

L (white+100 → 0 black), a (red+60 → -60 green), b (yellow+60 → -60 blue)

측정 결과는 <Table 3>과 같다. 색도측정 결과, lightness값은 54.60~65.69, redness값은 -2.76~1.29, yellowness값은 21.07~24.91이며 높이는 2.65~3.54 cm, 굽기 손실률은 13.00~17.34%, 부피는 74.00~96.00 mL 사이의 범위를 나타내었다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과는 <Table 4>에 나타내었다.

1) 색도(Color Value)

<Table 4>에서의 표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 색도측정 결과 명도(color value L)의 회귀곡선에 대한 결정계수 R²값은 0.9325이며 P-value는 0.0069(p<0.5)로 유의적으로 나타났다. 적색도(color value a)의 회귀곡선에 대한 R²값은 0.9775로 높은 신뢰도를 보였으며 P-value는 0.0003(p<0.001)이었고, 황색도(color value b)의 회귀곡선에 대한 R²값은 0.9079이며 P-value는 0.0163(p<0.5)로 유의적인 차이를 보였으며 모델의 적합성이 인정되었다. 명도, 적색도, 황색도는 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었다. 반응표면곡선을 살펴본 결과, 명도에 영향을 주는 요인은 표고버섯 가루 첨가량 보다는 달걀 함량으로 달걀의 첨가량이 증가할수록 명도는 증가하나, 반대로 대두유의 함량이 많아질수록 명도가 감소하는 경향을 보였다. 표고버섯 가루 첨가량이 증가할수록 적색도는 점점 증가하나, 달걀과 대두유 함량이 증가할수록 감소하였다. 이는 생강가루를 첨가할수록 머핀의 적색도가 증가하나 달걀과 대두유 첨가가 증가할수록 미세하게 감소했다는 Lee & Joo(2011)의 연구에서도 같은 결과를 보였다. 황색도에 영향을 주는 요인은 표고버섯 가루의 첨가량보다는 달걀이며, 달걀의 첨가량이 증가하면 황색도가 점차 증가하였는데 이는 난황의 영향으로 사료된다(Kim 등 2004, Park & Lim 2007).

2) 높이, 부피 및 굽기 손실률

(1) 높이 측정

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 높이에 대한 R²값은 0.7725, P-value는 0.1661로 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다 <Table 4>.

(2) 부피 측정

부피의 측정에서 R²값은 0.8813, P-value는 0.0324(p<0.5)로 유의적으로 나타났다<Table 4>. Ju 등(2006)의 연구에서는 스펀지 케이크 제조 시 쌀가루의 대체비율이 높아질수록 글루텐 함량이 적어져 부피 감소의 요인으로 작용하는 것으로 나타났으며 본 연구에서도 밀가루 대신 찹쌀가루로만 머핀을 제조하여 유사한 결과가 나타난것으로 사료된다.

(3) 굽기 손실률

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 굽기 손실률은 R²값은 0.7151, P-value는 0.732로 유의적인 차이가 나지 않았다.

3) 머핀의 기계적 텍스처 특성 측정

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 기계적 특성에 대한 측정값은 <Table 5>와 같으며, 분산 분석 결과 경도(hardness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness), 점착성(adhesiveness)은 quadratic model이 선택되었다<Table 6>. 경도와 응집성, 탄력성, 점착성은 유의적으로 나타나지 않았다. 검성의 R² 값은 0.8870, P-value는 0.0284로 5%이내 유의수준을 보였고, 세 요인 중에서 가장 영향을 미치는 것은 달걀로, 달걀과 대두유의 함량이 많아질수록 검성은 감소하였으며 표고버섯가루의 함량이 많아질수록 증가하는 추세를 보였다. 이는 Joo 등(2008)의 연구

<Table 5> Experimental data on textural properties of oak mushroom powder sweet rice muffins

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Textural properties					
				Hardness (Dyne/cm ³)	Cohesiveness (g)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Chewiness (g)	Adhesiveness (%)
1	5.00	100	10	789.67	0.81	0.86	635.12	539.54	-3.04
2	15.00	100	10	1807.74	0.79	0.85	1411.83	1199.04	-0.50
3	5.00	300	10	540.20	0.83	0.94	442.81	414.71	-0.84
4	15.00	300	10	458.67	0.81	0.93	370.20	338.34	-0.07
5	5.00	100	110	632.90	0.78	0.85	489.06	414.11	-17.9
6	15.00	100	110	855.80	0.78	0.86	666.85	568.02	0.50
7	5.00	300	110	354.67	0.80	0.92	248.73	258.63	-1.17
8	15.00	300	110	400.40	0.81	0.91	321.51	290.90	-0.54
9	5.00	200	60	423.07	0.80	0.91	358.09	306.24	-1.27
10	15.00	200	60	590.24	0.80	0.91	472.86	426.31	-5.54
11	10.00	100	60	1124.60	0.81	0.89	911.76	812.43	-3.75
12	10.00	300	60	496.54	0.80	0.92	475.95	433.87	-1.30
13	10.00	200	10	703.20	0.81	0.92	566.21	518.68	-1.27
14	10.00	200	110	634.14	0.79	0.89	498.09	442.91	-0.20
15	10.00	200	60	740.17	0.82	1.01	385.85	387.62	-0.80
16	10.00	200	60	817.27	0.81	0.92	663.58	608.08	-4.74

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil

<Table 6> Analysis of predicted model equation for textural properties of oak mushroom powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob>F	Equation of on terms of pseudo component
Hardness (Dyne/cm ³)	Quadratic	0.1723	0.14	0.9952	1.068E+005
Cohesiveness (g)	Linear	0.7448	1.95	0.2153	0.81-0.003A+0.002B-0.019C
Springiness (%)	Quadratic	0.9281	8.60	0.0082**	1.07+0.013A+0.028B+9.000E-0.03C+0.011AB +0.001.25AC+0.031BC+0.15A ² -0.13B ² -0.100C ²
Gumminess (g)	Quadratic	0.9538	13.76	0.0023**	605.24+25.20A+142.63B-43.09C+21.86AB +25.35AC+15.84BC-111.24A ² +162.96B ² -61.93C ²
Chewiness (g)	Quadratic	0.9696	21.30	0.0007***	586.28+50.15A+171.02B-47.23C+51.93AB +9.48AC+25.86BC-43.94A ² +122.93B ² -67.99C ²
Adhesiveness (%)	Linear	0.7483	4.85	0.0195*	-0.96-0.067A-0.73B-0.13C

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil

0≤R²≤1, close to 1 means more significant

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

에서 마 분말을 첨가할수록 머핀의 검성이 증가하였으며, Oh 등 (2002)의 마 스펀지 케익의 결과와도 같은 것으로 나타났다. 씹힘성은 R² 값 0.8954, P-value는 0.0231로 5%이내 유의수준을 나타냈다. 달걀과 대두유 함량 증가할수록 씹힘성이 감소하였으며, 표고버섯가루 함량이 많아질수록 증가하는 경향을 보였다.

2. 관능적 특성

16개의 표고버섯 첨가 찹쌀머핀에 대하여 관능적 특성을 평가한 결과는 <Table 7>에 나타내었으며, 설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과는 <Table 8>과 같다. 관능평가에서 색은 2.34~6.50, 외관은 1.94~6.17,

향은 3.84~5.17, 조직감은 2.22~6.21, 전반적 기호도는 1.85~6.52사이의 범위를 나타내었다.

설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과, 외관 0.0265, 부드러움 0.0321, 전반적 선호도 0.0464로 5% 이내에서 유의성을 보였으며 색과 향은 각각 0.3470, 0.2359로 유의적인 결과를 보이지 않았다<Table 8>. <Figure 1>은 관능적 특성에 대한 반응표면과 perturbation plot을 나타낸 값이다.

1) 색(Color)

<Table 8>의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, 머핀의 색에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R²은

<Table 7> Experimental data on sensory properties of oak mushroom powder sweet rice muffins

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Sensory properties				
				Color	Appearance	Flavor	Texture	Overall quality
1	5.00	100	10	4.00	4.17	4.67	2.98	2.97
2	15.00	100	10	3.84	4.67	4.84	2.34	1.85
3	5.00	300	10	2.84	3.17	4.17	6.22	6.32
4	15.00	300	10	3.50	3.84	4.50	4.65	4.50
5	5.00	100	110	3.17	1.94	3.84	3.67	2.94
6	15.00	100	110	3.00	3.50	4.34	3.98	3.17
7	5.00	300	110	4.50	4.67	4.50	3.00	3.95
8	15.00	300	110	4.84	5.34	4.00	2.24	2.94
9	5.00	200	60	4.34	4.17	4.67	5.32	5.12
10	15.00	200	60	4.84	5.00	5.00	4.00	3.24
11	10.00	100	60	4.34	5.67	4.67	3.01	2.45
12	10.00	300	60	6.50	6.17	5.17	2.45	3.95
13	10.00	200	10	5.67	5.50	4.84	6.00	5.58
14	10.00	200	110	2.34	3.17	4.00	4.68	4.58
15	10.00	200	60	4.84	5.50	4.50	6.21	6.52
16	10.00	200	60	2.34	5.34	4.67	6.01	6.02

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil

<Table 8> Analysis of predicted model equation for the sensory characteristics of oak mushroom powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob>F	Equation of on terms of pseudo component
Color	Quadratic	0.3898	0.43	0.8796	$4.45+0.12A^{1)}+0.38B^{2)}-0.20C^{3)}+0.17AB-0.041AC+0.58BC-0.29A^2-0.54B^2-0.88C^2$
Appearance	Quadratic	0.8900	5.39	0.0265*	$5.44+0.42A+0.32B-0.27C-0.090AB+0.13AC+0.80BC-0.87A^2+0.46B^2-1.12C^2$
Flavor	Quadratic	0.7340	1.84	0.2359	$4.79+0.083A$
Hardness	Quadratic	0.8818	4.97	0.0321+	$5.25-0.40A+0.26B-0.46C-0.25AB+0.22AC-1.004BC-0.16A^2-2.90B^2+0.52C^2$
Overall quality	Quadratic	0.8641	4.24	0.0464	$5.26-0.56A+0.83B-0.036C+0.24AB+0.27AC-0.65BC-0.58A^2-1.56B^2+0.32C^2$

¹⁾A: oak mushroom powder, ²⁾B: whole egg, ³⁾C: soybean oil

$0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 means more significant

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

0.3898, P-value는 0.8796로 유의성을 보이지 않았다.

2) 외관(Appearance)

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 외관에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R²은 0.8900으로 신뢰수준을 보였고, P-value는 0.0265로 5% 이내 수준에서 유의하였다. 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며 <Table 8>, 달걀의 첨가량이 증가하면 감소하다가 중심점에 다시 증가하는 경향을 보였고 표고버섯 가루와 대두유는 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 달걀과 대두유의 교호작용이 외관의 선호도에 영향을 많이 주고 있는데 이는 생강가루를 첨가한 찹쌀머핀(Lee & Joo 2011)의 결과와 같았다. <Figure 1>에서도 표고버섯가루의 첨가량보다는 달걀과 대두유의 양에 더 영향을 받는 것으로 나타났다.

3) 향미(Flavor)

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 향미에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R²은 0.7340, P-value는 0.2359로 유의성을 보이지 않았다.

4) 조직감(Texture)

<Table 8>의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, R²값의 신뢰도 수준은 0.8818이며 P-value는 0.0321로 5% 이내에서 유의적이며, 반응표면적합 모형으로는 독립변수 간 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며, 반응표면과 perturbation plot에 의하면 표고버섯가루의 첨가량이 많아질수록 조직감이 감소하였으며, 이는 Jung과 Joo(2010)의 연구에서 표고버섯 분말의 지나친 첨가가 오히려 조직감에 대한 기호도를 감소시켰다는 연구결과와 유사한 경향을 보였고,

<Figure 1> Response surfaces for the effect of oak mushroom powder (A), whole egg (B), soybean oil (C) on sensory characteristics of oak mushroom sweet rice muffins

An 등(2010)의 연구에서도 자일리톨의 첨가량이 증가수록 머핀의 조직감에 대한 기호도가 낮아졌다는 연구결과와 유사한 경향이였다. 또한 Jo 등(2010)의 연구 또한 표고버섯 분말을 첨가할수록 스펀지 케익의 촉촉함에 대한 기호도가 낮아진 것으로 나타났다. 그리고 달걀의 첨가량이 증가할수록 조직감이 증가하다가 중심점 이후 감소하는 경향을 보였고, 대두유의 첨가량이 많아질수록 조직감이 감소하는 경향을 보였다. 달걀을 첨가할수록 조직감의 선호도가 증가하는 모습을 보이지만, 많은 달걀 첨가량으로 단백질의 응고작용이 많을 경우와 지방의 함량이 많아 지나치게 부드러울 경우에 부드러움에 대한 선호도는 낮아지는 것으로 나타났다.

5) 전반적인 기호도(Overall quality)

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 전반적인 기호도에 대한 관능평가 결과, 이차회귀식에 의한 R^2 은 0.8641, p-value는 0.0464로 5%이내 수준에서 유의하였고, 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며<Table 8>, 전반적인 기호도는 대두유의 양보다는 표고버섯가루와 달걀의 비율에 따라 기호도에 영향을 많이 주는 것으로 나타났다. 달걀의 함량이 증가할수록 전반적인 기호도가 증가

<Figure 2> Overlay plot of the common area for the optimization of the mixture of oak mushroom sweet rice muffins

하다가 중심점을 지나면 차츰 감소하는 경향을 보였으며, 대두유는 첨가량이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 보였다.

4. 표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 관능적 최적화

최적화는 Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통

해 최적화를 위한 표고버섯 가루, 설탕, 버터의 양을 선정하였다. 관능평가 중 유의적으로 나타나 모든 항목을 최대로 결정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점(numerical point)을 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정하고(Figure 1) 가장 높은 desirability를 나타낸 최적점을 선택하여, 지점 예측(point prediction)을 통해 도출하였으며(Figure 2) 예측된 최적값은 표고버섯가루 8.75 g, 달걀 235.95 g, 대두유 19.93 g이었다.

IV. 요약 및 결론

소비자들의 자연식품에 대한 선호도와 기능성 효과가 규명된 천연물질에 대한 선호도가 계속 증가하는 시점에서 기능성이 뛰어난 표고버섯과 불포화지방산의 대두유를 이용하여 표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 관능적, 기계적 최적 제조조건을 반응표면법을 이용하여 규명하고자 하였다.

표고버섯 첨가 찹쌀머핀의 가장 우수한 배합조건을 설정하고자 반응표면분석법(Response Surface) 중 Central Composite을 이용하였다. 표고버섯 가루, 달걀, 대두유의 함량을 독립변수로 설정하였고 최대, 최소범위는 예비실험을 거쳐 표고버섯 가루 5~15 g, 달걀 100~300 g, 대두유 10~110 g로 하여 머핀을 제조하고 기계적 검사와 관능검사를 실시하였다. Quadratic 모델로 설정된 관능검사 항목의 색, 외관, 향미, 조직감, 전반적인 기호도 중에서 외관, 조직감, 전반적인 기호도는 P값이 5% 이내에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었으나 색과 향미는 유의적인 결과를 나타내지 않았다.

기계적 검사에서 명도는 표고버섯 가루가 가장 큰 영향을 보였으며 표고버섯 가루의 함량이 증가할수록 명도가 감소하다가 중심점을 기준으로 점차 증가하였으며, 달걀 함량이 증가할수록 명도가 증가하였고 대두유의 함량이 증가할수록 명도가 감소하는 결과를 나타내었다. 적색도는 표고버섯 가루의 첨가량이 많아질수록 증가하였으며, 달걀과 대두유는 첨가량이 많아질수록 적색도가 낮아지는 경향을 보였다. 또한 달걀의 첨가량이 증가할수록 황색도가 높아지고, 대두유의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 결과가 나타났다.

관능평가 항목에서는 외관에 대한 기호도는 표고버섯가루를 첨가할수록 증가하다가 중심점 기준으로 감소하는 경향을 볼 수 있었고, 달걀의 함량이 증가할수록 외관에 대한 기호도도 증가하였다. 조직감에 대한 기호도는 표고버섯가루와 대두유를 첨가할수록 감소, 달걀은 증가하다가 중심점 기준으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 전반적인 기호도에서는 달걀의 함량이 증가할수록 기호도가 증가하고, 표고버섯가루와 대두유의 첨가량에 따라 감소하는 경향이 나타났다. 기호도 항목에 대한 표고버섯 머핀의 관능적 최적 배합비는 표고버섯가루 8.75 g, 달걀 235.95 g, 대두유 19.93 g으로 산출되었으며 이상의 연구결과 부드러운 찹쌀가루에 여러 가지 생리활성이 입증된 표고버섯 가루를 첨가하고 포화지방산 대

신 식물성 유지인 대두유로 제조한 찹쌀머핀은 품질, 소비자의 기호도면에서 충분히 경쟁력이 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 숙명여자대학교 SRC 여성질환연구센터 특별연구비 지원으로 수행되었습니다(과제번호 3-0803-0135).

■ 참고문헌

- Chi SN, Chun NY. 2006. Quality characteristics of poundcake with vegetable oils. Korean J Food Cookery Sci. 22(6):808-814
- Chio MY, Jung SJ, Lim SS. 1998. Effects of hot water extracts from *Lentinus edodes* on hepatic functional enzyme activities in the rat fed butter yellow. Korean J Food & Nutr. 11(1):114-122
- Cho YJ, Kim HA, Bang MA, Kim EH. 2002. Effect of dietary mushroom on blood glucose levels, lipid concentrations and glutathione enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Nutr. 35(2):183-191.
- Dragsted, L.O., Strube, M. and Larsen, J.C. 1993. Cancer protective factors in fruits and vegetables. Biochemical and biological background. Pharmacol. Toxicol., 72:116-135
- Ebihara K, Minamishima Y. 1984. Protective effect of biological response modifiers on murine cytomegalovirus infection. J Virology. 51:117-121
- Jo KA, Lee YJ, Sim CH, Kim KJ, Chun SS. 2010. Quality Characteristics of Sponge Cake Prepared with *Lentinus edodes* Powder. Korean J. Food & Nutr. 23(2):218-225
- Johnson FC. 1990. Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour. Cereal Chem 67(2):114-118
- Joo NM, Jeong HS, Park SH, Jung AR, Ryu SY, Lee JH, Jung HA. 2008. The Optimization of muffin with Yam Powder Using Response Surface Methodology. Korean J. Food Culture. 23(2):243-251
- Ju JE, Nam YH, Lee KA. 2006. Quality Characteristics of Sponge Cake with wheat-rice composite flour. Korean J Food Cookery Sci 22(6):923-929
- Juliano BO. 1972. Rice, chemistry & technology. AACC. Inc. St. Paul, Minnesota, USA. pp 553-606.
- Jung EK, Joo NM. 2010. Optimization of Iced Cookie Prepared with Dried Oak Mushroom (*Lentinus edodes*) Powder using Response Surface Methodology. Korean J. Food Cookery Sci. 26(2):121-128
- Kim MW, Park MH, Kim GH. 1997. Effect of mushroom protein-bound polysaccharides on blood glucose levels and energy metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J Nutr. 30(7):743-750
- Kim YS, Choi HS, Woo IA, Song TH. 2004. The Effect on

- sensory and mechanical characteristics of functional muffin using *Glycyrrhizae radix* Extract. Korean J Food Cookery Sci 20(1):95-99
- Kweon MH, Lim EJ, Sung HJ. 1998. Studies on biological polysaccharides isolated from *Agaricus bisporus*. J. Kor. Agric. chem. Biotechnol. 41:60-66
- Lee MJ, Kyung KH, Chang HG. 2004. Effect of mushroom (*Lentinus edodes*) powder on the bread making properties of wheat flour. Korean J. Food Sci. Technol. 36:32-37
- Lee SM, Joo NM. 2011. Characteristics and optimization of processed sweet rice muffin using ginger powder. Korean J Food Cookery Sci. 27(2):31-43
- Ma SJ. 1983. Effects of the substances extracted from dried mushroom (*Lentinus edodes*) by several organic solvents on the stability of fat. Korean J 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
- Food Sci Technol. 15(2): 150-154
- Park SH, Lim SI. 2007. Quality characteristics of muffin red yeast rice flour. Korean J Food Sci Technol 39(3):272-275
-
- 2011년 10월 5일 신규논문접수, 2012년 1월 18일 수정논문접수, 2월 24일 수정논문접수, 3월 21일 채택