생강가루 첨가 찹쌀머핀의 최적화 및 품질특성

이선미 · 주나미[†]

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공

Characteristics and Optimization of Processed Sweet Rice Muffin using Ginger Powder

Sun-Mee Lee and Nami Joo[†]

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

The purpose of this study was to develop *Zingiber officinale* Roscoe powder(ginger powder) sweet rice muffins. The process included substituting sweet rice flour for cake flour and adding ginger powder. The mixing conditions for the ginger powder sweet rice muffins were a control and three levels of ginger powder (A), whole egg (B), and soybean oil (C) using central composite design, and were optimized by response surface methodology. The optimization was analyzed with regard to physical, textural, and sensory properties. Among the sensory properties, variables that appeared to show significant values, such as appearance, flavor, softness and overall quality were used to identify optimums. The numerical and graphical methods used in this study determined that the optimum formulation for ginger powder sweet rice muffins was 8.39 g of ginger powder, 215.37 g of whole egg, and 54.40 g of soybean oil. Ginger increases appetite, enhances metabolism and reduces the speed of aging. These health advantages of ginger provide evidences that ginger powder sweet rice muffins are a good healthy snack, particularly for the elderly.

Key words : ginger powder, muffin, sweet rice, optimization

1. 서 론

생강(*Zingiber officinale* Roscoe)은 중국, 인도, 이집트, 이라크 등의 열대 및 아열대 지역에서 재배되어 온 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생 식물로서 근경을 주로 식용으로 사용하며, 특유의 매운맛과 향기를 지닌 향신료로 한국에서는 김치나 젓갈류의 향신료로 사용되어 왔다(Kim JS

등 1991). 생강 중에 함유된 성분들은 자극적이면서도 독특한 방향을 낼 뿐 아니라, 건위, 혈액순환 촉진, 식욕증진, 소화촉진 등 다양한 약리효과(Kim MR 2002)를 지니고 있으며, 구강 점막에 닿으면 신경기관을 자극해 타액 분비를 촉진하고 아밀라아제의 활성을 높여주며(Huang QR 1989), Kim MK(2007)은 생강성분 zingerone은 노화과정을 제어한다고 보고하였다.

최근 한국인의 식생활은 전통적 쌀 중심의 주식 패턴은 감소화 되고 밀가루 가공식품인 제과와 제빵 분야가 식생활의 중요한 부분이 되고 있으나 제과·제빵류는 고열량이며, 첨가되는 쇼트닝과 마가린에는 포화지방산 함량과 트랜스 지방산의 함량이 높다(Chung OK 1981, Yun MS 2003). 포화

[†]Corresponding author: Nami Joo
Sookmyung Women's University
52-12 Chungpa-dong 2-ga Yongsan-gu Seoul
Tel: 02-710-9471
Fax: 02-710-9479
E-mail: sunranco@naver.com

지방은 심혈관계 질환의 요인이 될 수 있는 혈액 콜레스테롤을 증가시키며(Grundy SM 1990), 심혈관 질환, 당뇨 및 비만 등 각종 질환을 유발 촉진하는 것으로 알려져 있다. 한편, 식물성 유지인 대두유는 대략 85%의 불포화지방산으로 구성되어 있으며, 대두유에 있는 lecithin은 체내에서 지방질과 콜레스테롤을 녹여 에너지로 전환시키는 역할을 하므로 심장병, 동맥경화 및 지방간의 예방과 치료에 효능이 있다고(Jo JS 2000) 보고 하였다.

머핀제조에 일반적으로 사용되는 밀가루는, 글루텐에 민감한 사람에게는 과민성 장질환인 셀리악 질병(celiac disease)을 일으킬 수 있으나, 찹쌀가루는 대부분 amylopectin을 함유하고 조리 시 기능적 특성으로 노화가 늦게 일어나고 부드러움과 끈적거리는 성질이 있다고 한다(Juliano BO 1972).

Johnson FC(1990)는 밀가루에 찹쌀가루를 첨가한 머핀의 연구에서 찹쌀가루를 첨가한 머핀이 순수 밀가루 머핀보다 보습 효과가 우수하고 냉장저장 후에도 밀가루로만 만든 제품보다 신선하다고 하였고, 생강은 다양한 약리효과가 있다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는, 밀가루 대신 찹쌀가루로 대체하며, 생강가루를 첨가하여 생강가루 첨가 찹쌀머핀의 품질특성 및 최적 배합 비를 개발하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 생강가루(현재농원, 국산), 찹쌀가루(전원식품, 국산), 우유(서울우유, 국산), 베이킹파우더(초야식품, 국산), 황설탕((주) CJ, 국산), 소금(꽃소금, 국산), 달걀(한마음영농조합, 국산), 대두유((주)CJ, 국산)를 사용하였다.

2. 실험계획

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 모든 실험디자인, 테이터 분석 및 최적화는 Design Expert 8(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)프로그램을 사용하였다. 제품 최적화는 Response Surface 중 Central Composite Design에 따라 설계하였고, 머핀에 영향을 줄 수 있는 재료인 생강가루(A), 달걀(B), 대두유(C)의 함량을 독립변수의 세 가지 요인으로 설정하고 중

속변수로는 색도(L, a, b), 단면의 높이(height), 부피(volume), 굽기 손실률(baking loss rate), 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 점착성(adhesiveness), 관능적 특성의 색(color), 외관(appearance), 향미(flavor), 부드러움(softness), 전반적인 선호도(overall quality)로 설정하였다. 첨가량에 대한 최소 및 최대 범위는 예비실험을 통해 생강가루 1.5~10.5 g, 달걀 200~300 g, 대두유 10~110 g 으로 설정하였으며, 완성된 실험 디자인의 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

3. 찹쌀생강머핀 제조

머핀은 대부분 크림 법으로 제조되나 본 연구에서는 액체 상태의 대두유를 사용하여, Choi SN과 Chung NY(2006)의 연구와 같이 공립 법으로 머핀을 제조 하였다. 예비 실험을 통하여 찾은 배합 비를 각각 계량하여 찹쌀가루, 생강가루, 베이킹파우더를 혼합한 가루를 체에 3번 내렸다. 달걀에 소금을 넣고 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, USA)로 2분간 거품을 내고 설탕을 넣고 2분 동안 체에 내린 찹쌀가루, 생강가루, 베이킹파우더와 우유를 나누어 넣은 후 대두유를 넣고 30초 동안 골고루 섞어 혼합하였다. 유산지를 깠 머핀 컵에 50 g 씩 분할하여 위의 불 170℃, 아래 불 160℃로 예열된 오븐에서 25분간 구워 낸 후 오븐에서 꺼낸 머핀은 실온(21~23℃)에서 1시간 방치하여 냉각시켜 지퍼 백에 넣어 21~23℃에서 24시간동안 저장하여 시료로 사용하였다.

4. 찹쌀생강머핀의 물리적, 기계적 특성

1) 색도측정

각 시료별 머핀 내부표면의 색도는 Color difference meter(CR-200, Minolta CO., Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(+red/-green), b(+yellow/-blue)의 색채 값을 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.

Table 1. Experimental design for sweet rice muffins with ginger powder

(unit:g)

Sample No.	Variable level of ingredients							
	Ginger powder	Sweet rice	Whole egg	Soybean oil	Yellow sugar	Milk	Baking powder	Salt
1	1.5	298.5	100	10	120	200	8	3
2	10.5	289.5	100	10	120	200	8	3
3	1.5	298.5	300	10	120	200	8	3
4	10.5	289.5	300	10	120	200	8	3
5	1.5	298.5	100	110	120	200	8	3
6	10.5	289.5	100	110	120	200	8	3
7	1.5	298.5	300	110	120	200	8	3
8	10.5	289.5	300	110	120	200	8	3
9	1.5	298.5	200	60	120	200	8	3
10	10.5	289.5	200	60	120	200	8	3
11	6.0	294.0	100	60	120	200	8	3
12	6.0	294.0	300	60	120	200	8	3
13	6.0	294.0	200	10	120	200	8	3
14	6.0	294.0	200	110	120	200	8	3
15	6.0	294.0	200	60	120	200	8	3
16	6.0	294.0	200	60	120	200	8	3

2) 높이, 부피 및 굽기 손실률 측정

(1) 높이 측정법

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 높이는 시료의 정 가운데 위에서 아래로 수직으로 자른 단면의 최고 높이를 7회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

(2) 부피 측정법

부피 측정은 좁쌀을 이용한 종자치환법에 의하여 500 mL 비커에 종실을 가득 담고 그 종실을 비운 후 비커에 머핀을 넣고 그 위에 덜어낸 종실을 다시 채우고, 윗면이 수평이 되도록 하였다. 이 때 남은 종실을 메스실린더에 넣고 부피를 측정 하였다.

(3) 굽기 손실률

굽기 손실률은 반죽 중량과 머핀의 중량을 이용하여 다음과 같은 식으로 측정하였다. 각 측정은 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

$$\text{Baking loss rate(\%)} = (\text{Dough weight} - \text{Muffin weight}) / \text{Dough weight} \times 100$$

3) 기계적 텍스처 특성 측정

머핀의 기계적 텍스처는 머핀의 내부를 동일한 크기 (3×3×2 cm)로 잘라 Texture analyzer(TA-XT Express v.2.1, London, England)를 사용하여 경도, 응집성, 탄력성, 점성, 씹힘성, 점착성을 측정하였다. 모든 측정은 7회 이상 반복 측정하였고, 사용한 기기의 측정조건은 Table 2와 같다

Table 2. Analytical conditions of ginger 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

Table 3. Experimental data on physical properties of various ginger powder sweet rice muffins compositions

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Physical properties					
				L	a	b	Height (mm)	Baking loss rate (%)	Volume (mL)
1	1.5	100	10	65.03	-1.26	22.97	33	10.54	83.0
2	10.5	100	10	57.15	1.29	23.84	36	12.06	85.5
3	1.5	300	10	65.69	-2.15	24.74	31	15.38	81.0
4	10.5	300	10	59.17	0.88	25.17	31	14.06	80.5
5	1.5	100	110	61.66	-1.54	21.07	33	15.98	78.0
6	10.5	100	110	55.27	0.83	23.20	34	15.52	79.0
7	1.5	300	110	62.98	-2.76	23.90	31	12.70	78.0
8	10.5	300	110	54.06	-0.08	23.85	38	12.78	73.5
9	1.5	200	60	62.09	-1.62	24.51	33	12.16	73.0
10	10.5	200	60	57.38	0.49	24.07	37	15.24	79.0
11	6.0	100	60	53.56	0.33	21.06	35	13.76	74.5
12	6.0	300	60	59.25	-1.09	24.36	30	15.46	75.0
13	6.0	200	10	58.03	-0.20	23.92	32	13.92	83.0
14	6.0	200	110	55.49	-0.54	23.07	35	14.34	85.5
15	6.0	200	60	56.83	0.12	23.74	29	15.18	80.5
16	6.0	200	60	56.73	-0.39	23.65	33	13.18	83.5

¹⁾A :ginger 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 ginger powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob > F	Equation of on terms of pseudo component
L	Quadratic	0.9276	8.54	0.0084**	56.56-3.44A ¹⁾ +0.85B ²⁾ -1.56C ³⁾ -0.15AB -0.11AC -0.32BC+3.28A ² -0.050B ² +0.31C ²
a	Linear	0.9502	76.27	<0.0001***	-0.48+1.27A-0.49B-0.27C
b	Linear	0.7802	8.51	0.0027**	23.63 +0.19A +1.09B-0.46C
Height (mm)	Linear	0.4034	2.70	0.0922	3.32 +0.15A - 0.100B + 0.080C
Volume (mL)	Quadratic	0.7022	1.57	0.2996	79.57+ 0.45A- 1.20B- 1.90C- 1.06AB -0.69AC + 0.19BC- 2.35A ² -3.60 ² +5.90C ²
Baking loss rate (%)	2FI	0.7114	3.70	0.0390*	13.89+ 0.29A+0.25B+ 0.54C- 0.29AB -0.073AC -1.61BC

¹⁾A :ginger 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)

5. 찹쌀생강머핀 관능검사

제조한 머핀에 대한 관능검사는 훈련된 패널 32명을 대상으로 시행하였으며 객관성과 정확성을 기하기 위하여 균형 불완전 블록 계획(BIBD: balanced incomplete block design)을 사용하였다. 32명의 관능요원이 16가지의 시료 중 6가지의 시료를 평가하도록 하였으며 각 처리는 12번 반복되며, 머핀은 균일크기 (1/4조각)로 절단하여 난수표에 의해 4자리 숫자로 표시하였다. 관능검사 항목은 색, 외관, 향미, 부드러움에 대한 기호도와 전반적인 선호도 평가를 실시하였으며, 7점 척도법(1점 아주 나쁘다, 7점 아주 좋다)으로 평가하여 기호도 및 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 생강가루(A), 달걀(B), 대두유(C)의 양을 독립 변수로 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. 물리적 특성

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 제조조건의 최적화를 목적으로 세 가지 독립변수(생강가루, 달걀, 대두유)를 design expert 프로그램을 이용하여 16가지 조건에서 얻어진 물리적 측정 결과, Table 3과 같으며 생강가루를 첨가한 머핀에 대해 색도측정 결과, L값은 53.56~65.03, a값은 -2.15~1.29, b값은 21.06~25.17이며 높이는 29~38 mm, 굽기 손실률은 10.54~15.98%, 부피는 73.0~85.5 mL 사이의 범위를 나타내었다.

Table 4는 설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과이다.

1) 색도

Table 4에서의 생강가루 첨가 찹쌀머핀의 색도측정 결과 L값의 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2 값은 0.9276이며 p-value는 0.0084로 1% 이내의 유의수준을 보였다. a값의 회귀곡선에 대한 R^2 값은 0.9502이며 p-value는 <0.0001이었고, b값의 회귀곡선에 대한 R^2 값은 0.7802이며 p-value는 0.0027로 1% 이내의 유의수준을 보여 모형의 적합성이 인정되었다. L값은 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model, a값과 b값은 생강가루, 달걀, 대두유에서 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 선택되었다. 반응표면곡선을 살펴본 결과, 생강가루 첨가량(A-A)이 증가할수록 L값은 점점 낮아지는 결과를 보였고(Fig. 1), a값에 가장 영향을 주는 요인으로는 생강가루(A-A)이며, 생강가루 양이 증가할수록 a값은 증가하나, 달걀(B-B)과 대두유(C-C) 첨가량이 증가할수록 a값의 미세한 감소를 보여 주었다. b값에 영향을 주는 요인은 생강가루의 첨가량보다는 달걀이며, 달걀(B-B)의 첨가량이 증가하면 b값이 증가됨을 보였는데, 이는 재료 중 달걀의 난황에 존재하는 카로티노이드의 색소의 의한 것으로 사료되며, 재료 자체의 색소에 의한 영향이 색도의 차이를 나타냄을 선행연구(Kim YS 등 2004, Park SH와 Lim SI 2007)에서 같이 보여주었다.

2) 높이, 부피 및 굽기 손실률

(1) 높이

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 높이에 대한 R^2 값은 0.4034, p-value는 0.0922로 유의성이 없었다(Table 4). Johnson FC(1990)은 머핀 제조 시 밀가루 대신 찹쌀가루를 대체한 결과, 찹쌀가루 함량이 증가할수록 머핀의 높이가 줄고 옆으로 퍼지는 모양을 한다고 하였으나 본 연구에서는 반죽을 규격화 된 형태에 넣어 구웠기 때문에 옆으로 퍼지지 못하고 위로 팽창되어, 단면의 높이는 29~38 mm 사이로 차이가 있음을 보여주었다.

Fig. 1. Response surfaces for the effect of ginger powder(A), whole egg(B), soybean oil (C) on color values and baking loss rate of ginger powder muffins

(2) 부피

부피의 측정에서 R^2 값은 0.7022, p-value는 0.2996으로 유의성이 없었다(Table 4). 제빵류에서 버터는 creaming process에서 많은 공기를 포함하여 부피를 증가시키는 작용을 하는데 이 연구에서는 식물성 유지인 대두유를 사용하였으므로 creaming 과정이 없었다. Ju JE 등(2006)의 연구는 쌀가루 혼합 분으로 제조한 스펀지 케이크에서 쌀가루의 대체비율이 높아질수록 글루텐이 희석되어 부피 감소의 요인

으로 작용한다고 보고하였는데 본 연구에서 사용한 찹쌀가루도 비슷한 현상을 보여줄을 알 수 있었다.

(3) 굽기 손실률

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 굽기 손실률은 R^2 값은 0.7114, p-value는 0.0390으로 5%이내의 유의수준을 보여주었다. 굽기 공정에서 부피의 증가, 껍질 형성, 단백질의 변성, 전분의 호화, 갈변반응이 일어나며, 반죽에 열이 침투하여 수증

Table 5. Experimental data on textural properties of ginger powder sweet rice muffins

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Textural properties					
				Hard -ness (Dyne/cm ³)	Cohesive -ness (g)	Springi -ness (%)	Gummi -ness (g)	Chewi -ness (g)	Adhesive -ness (%)
1	1.5	100	10	683.94	0.83	0.94	530.46	491.45	0.14
2	10.5	100	10	646.09	0.84	0.99	470.59	466.32	0.1
3	1.5	300	10	944.50	0.84	0.95	716.58	679.44	-1.2
4	10.5	300	10	1075.67	0.85	0.99	766.16	869.44	-1.7
5	1.5	100	110	482.85	0.80	0.93	386.61	356.74	-0.4
6	10.5	100	110	516.44	0.79	0.93	450.14	376.93	0.1
7	1.5	300	110	821.27	0.80	1.01	658.09	655.57	-1.54
8	10.5	300	110	1011.6	0.78	1.11	787.04	876.08	-1.6
9	1.5	200	60	569.84	0.81	1.25	456.38	497.57	-0.8
10	10.5	200	60	675.47	0.79	1.19	526.16	593.46	-1.37
11	6.0	100	60	777.90	0.78	0.93	597.37	551.85	-1.2
12	6.0	300	60	1189.94	0.79	0.94	933.57	872.91	-2.47
13	6.0	200	10	827.47	0.80	0.98	655.10	636.95	-0.37
14	6.0	200	110	536.67	0.80	0.96	426.07	405.98	-0.87
15	6.0	200	60	748.40	0.79	1.03	590.79	560.42	-0.07
16	6.0	200	60	792.17	0.80	1.09	630.58	599.48	-2.04

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

Table 6. Analysis of predicted model equation for textural properties of ginger powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob > F	Equation of on terms of pseudo component
Hard -ness (Dyne/cm ³)	Quadratic	0.9809	34.18	0.0002***	763.47+42.29A ¹⁾ +193.58B ²⁾ -80.88C ³⁾ +40.72AB +16.33AC+17.93BC-137.40A ² +223.86B ² -77.99C ²
Cohesive -ness (g)	Linear	0.5058	4.09	0.0324*	0.81-0.003A+0.002B-0.019C
Springi -ness (%)	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
Gummi -ness (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
Chewi -ness (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
Adhesive -ness (%)	Linear	0.7483	4.85	0.0195*	-0.96-0.067A-0.73B-0.13C

¹⁾A :ginger 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

기압이 증가되고 비점이 낮은 액체부터 물까지 팽창하여 기체로 빠져나가며 굽기 손실이 발생된다. Fig. 1에서 생강가루, 달걀, 대두유 3요인의 첨가량이 늘어나면 굽기 손실률은

미미한 증가를 보이는데, 이는 대두유의 수분은 0.02%, 버터의 수분함량은 15.24%로 버터보다 수분함량이 낮아 버터 첨가한 것 보다 굽기 손실이 낮다. Yang HY 등(2003) 그리고

Fig. 2. Response surfaces for the effect of ginger powder(A), whole egg(B), soybean oil(C) on textural characteristics of ginger powder sweet rice muffins

Choi SM과 Chung NY(2006)은 식물성유를 사용한 케이크의 연구에서 대두유를 첨가한 케이크가 버터를 첨가한 것보다 굽기 손실이 낮아 촉촉한 질감을 유지해 준다고 보고하였다.

3) 머핀의 기계적 텍스처 특성

머핀의 기계적 특성에 대한 측정값은 Table 5와 같으며, 분산 분석 결과 경도(hardness), 탄력성(springiness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며, 응집성(cohesiveness), 점착성(adhesiveness)은 생강가루, 달걀과 대두유에서 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 선택되었다(Table 6). 경도의 신뢰구간 R^2 은 0.9809, p-value는 0.0002로 0.1% 이내 유의수준을 보였고, 세 요인 중에서 가장 영향을 미치는 것은 달걀이었다. 달걀 단백질은 굽는 동안 단백질이 응고되어 최종제품의 구조에 기여하고 부드러움을 감소시킨다는 (McWilliams M 2001)연구와 같은 현상을 보여, Fig. 2에서 달걀(B-B)의 증가는 경도의 증가를 보여 주었다. 응집성의 p-value는 0.0324로 5% 이내 유의수준을 보이며 세 요인이 각각 독립적으로 작용하는 linear model이며, 대두유의 첨가량이 많아지면 응집성의 감소를 보였다. 달걀 단백질의 응고로 인해 달걀 첨가량이 많아지면, 응집성이 증가되는데, 이는 시금치 머핀(Joo SY 등 2006)에서와 같은 현상을 보였다.

탄력성의 R^2 은 0.9281, p-value는 0.0082로 1% 이내 유의수준을 보이며 달걀, 대두유의 첨가량이 중심점 이상으로 많아지거나, 적어지면 탄력성이 감소함을 보여주었다. 겹성은 R^2 은 0.9538, p-value는 0.0023으로 1% 이내 유의수준으로 달걀양이 증가할 경우 겹성의 증가를 보여주었다. 씹힘성의 신뢰구간 R^2 은 0.9696, p-value는 0.0007로 0.1% 이내 유의수준을 보이며 달걀의 첨가량 증가는 씹힘성 증가함을 보여주며, 점착성은 R^2 은 0.7483, p-value는 0.0195로 5% 이내 수준으로 달걀양의 증가는 점착성의 감소를 보여주었다.

2. 관능적 특성

16개의 생강가루 첨가 찹쌀머핀에 대하여 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 7이며, 설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과는 Table 8에 나타내

었다. 관능평가에서 색은 3.50~5.84, 외관은 3.67~6.00, 향은 4.17~6.00, 부드러움은 3.84~6.17, 전반적 선호도는 3.17~6.00 사이의 범위를 나타내었다.

Table 8은 설정된 반응별로 모델링화 하여 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과, 외관 0.0019, 향미 0.0044, 부드러움 0.0226, 전반적 선호도 0.0170으로 5% 이내에서 유의성을 보이며 색은 0.3470으로 유의적인 결과를 보이지 않았다. Fig. 3은 관능적 특성에 대한 반응표면과 perturbation plot을 나타낸 값이다.

1) 색

Table 8의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, 머핀의 색(color)에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R^2 은 0.6797, p-value는 0.3470로 유의성을 보이지 않았다.

2) 외관

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 외관(appearance)에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R^2 은 0.9567로 높은 신뢰수준을 보였고, p-value는 0.0019로 1% 이내 수준에서 유의하였다. 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며(Table 8), 달걀과 대두유의 교호작용이 외관의 선호도에 영향을 많이 주고 있음을 알 수 있었다. Fig. 3에서도 생강가루(A-A)의 첨가량보다는 달걀(B-B)과 대두유(C-C)의 양에 더 영향을 받는 것으로 나타났으며, 달걀과 대두유의 양이 중심점 근처에서 선호도가 가장 높으며, 양이 첨가될수록 선호도가 떨어짐을 볼 수 있었다(Fig. 3).

3) 향미

향미(flavor)에 대한 관능검사 결과 이차회귀식에 의한 R^2 값은 0.9426, p-value는 0.0044로 1% 이내 수준에서 유의하였고, 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었다(Table 8). Fig. 3에서 향미에 대한 반응표면과 perturbation plot에 의하면 생강가루(A-A), 달걀(B-B), 대두유(C-C) 모두 중심점 근처에서 선호도가 가장 높으며, 중심점보다 적거나, 많은 경우 모두 선호도가 떨어짐을 볼 수 있었다.

Table 7. Experimental data on sensory properties of ginger powder sweet rice muffins

Sample No.	A ¹⁾ (g)	B ²⁾ (g)	C ³⁾ (g)	Sensory properties				
				Color	Appearance	Flavor	Softness	Overall quality
1	1.5	100	10	4.00	4.67	4.34	4.17	4.67
2	10.5	100	10	4.50	4.84	4.17	4.00	4.17
3	1.5	300	10	4.67	4.34	5.34	5.67	5.50
4	10.5	300	10	4.50	4.84	5.50	5.17	5.34
5	1.5	100	110	5.84	4.67	4.34	4.17	5.84
6	10.5	100	110	3.84	4.84	4.50	3.84	5.17
7	1.5	300	110	3.50	3.67	4.67	5.17	3.17
8	10.5	300	110	3.84	3.84	5.00	5.00	4.17
9	1.5	200	60	5.50	6.00	5.34	5.84	5.34
10	10.5	200	60	4.34	5.67	5.67	5.84	5.84
11	6.0	100	60	4.17	4.84	5.17	5.00	5.17
12	6.0	300	60	4.34	4.67	5.50	5.17	4.84
13	6.0	200	10	4.50	5.17	5.17	5.00	5.00
14	6.0	200	110	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50
15	6.0	200	60	5.67	5.67	5.84	5.84	6.00
16	6.0	200	60	5.34	5.84	6.00	6.17	5.84

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

Table 8. Analysis of predicted model equation for the sensory characteristics of ginger powder sweet rice muffins

Responses	Model	R ²	F-value	P-value Prob > F	Equation of on terms of pseudo component
Color	Quadratic	0.6797	1.41	0.3470	$5.11-0.25A^1-0.15B^2-0.015C^3+0.21AB-0.25AC-0.38BC+0.003103A^2-0.66B^2-0.17C^2$
Appearance	Quadratic	0.9567	14.72	0.0019**	$5.67+0.068A-0.25B-0.18C+0.041AB-0.041AC-0.21BC+0.20A^2-0.88B^2-0.55C^2$
Flavor	Quadratic	0.9426	10.94	0.0044**	$5.81+0.081A+0.35B-0.051C+0.063AB+0.063AC-0.19BC-0.25A^2-0.42B^2-0.42C^2$
Softness	Quadratic	0.8962	5.76	0.0226*	$5.87-0.12A+0.50B-0.033C-0.021AB+0.021AC-0.064BC+0.035A^2-0.72B^2-0.55C^2$
Overall quality	Quadratic	0.9066	6.47	0.0170*	$5.71+0.017A-0.20B-0.083C+0.25AB+0.12AC-0.71BC-0.020A^2-0.61B^2-0.36C^2$

¹⁾A :ginger 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

4) 부드러움

Table 8의 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, R²값의 신뢰도 수준은 0.8962이며 p-value는 0.0226로 5% 이내에서 유의적이며, 반응표면적합 모형으로는 독립변수 간 교호 작용하는 quadratic model이 선택되었으며, 반응 표면과

perturbation plot에 의하면 생강가루(A-A)의 양보다는 달걀(B-B)과 대두유(C-C)의 양이 부드러움(softness)에 영향을 더 주었음을 보여주었다. 달걀과 대두유의 양의 증가는 부드러움에 대한 선호도가 증가하는 모습을 보이지만, 많은 달걀 첨가량으로 단백질의 응고작용이 많을 경우와 지방의 함량

Fig. 3. Response surfaces for the effect of ginger powder(A), whole egg(B), soybean oil(C) on sensory characteristics of ginger powder sweet rice muffins

이 많아 지나치게 부드러울 경우에 부드러움에 대한 선호도는 낮아진다. 반응표면분석법을 이용한 쥐눈이콩 가루 첨가 머핀 제조 조건의 최적화(Lee SM과 Joo NM 2008)에서 버터의 첨가량은 중심점 부근에서 최고점을 보이다가 다시 감소하는 결과를 보여 같은 결과를 보여 주었다.

5) 전반적인 선호도

생강가루 첨가 찹쌀머핀의 전반적인 선호도(overall quality)에 대한 관능평가 결과, 이차회귀식에 의한 R^2 은 0.9066, p-value는 0.0170로 5%이내 수준에서 유의하였고, 각각의 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic model이 선택되

었으며(Table 8), 전반적인 선호도는 생강가루의 양보다는 달걀, 대두유의 비율에 따라 선호도에 영향을 많이 주는 것으로 나타나 생강가루 첨가는 머핀에 긍정적인 반응으로 보았다. Fig. 3에서 전반적인 선호도에 대한 반응표면과 perturbation plot과 3차원적 그래프에서도 달걀(B-B), 대두유(C-C)의 재료함량을 첨가할수록 전반적인 선호도에 대한 선호도는 증가하다가 중심점 부근에서 두 재료의 첨가량이 증가하면 점점 선호도가 감소하는 것을 보여주었다.

Fig. 4. Response surfaces plots for optimizing the mixture of ginger powder sweet rice muffins

Fig. 5. Overlay plot of the common area for the optimization of the mixture of ginger powder sweet rice muffins

4. 찹쌀생강머핀의 관능적 최적화

각 항목별 최적조건은 Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 모형의 최적화를 위해 생강가루, 달걀, 대두유의 양을 선정하였다. 최적값을 구하기 위해 생강가루, 설탕, 대두유는 독립변수로 작용하며, 한계 범위 내에서 관능평가 중에서 유의적이지 않았던 색의 항목은 제외하고, 유의적으로 나타난 외관, 향미, 부드러움, 전반적인 선호도의 모든 항목의 최대값으로 결정하고, 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점(numerical point)을 수치 최적화와 모형 최적화(Fig. 4)를 통해 선정했다. 그 중 가장 높은 desirability를 갖는 최적점을 선택하여 지점 예측(point prediction)을 통해 도출하였으며(Fig. 5), 각 독립변수의 예측된 최적값은 생강가루 8.39 g, 달걀 215.37 g, 대두유 54.40 g이었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 여러 가지 생리활성이 풍부한 생강가루를 첨가한 찹쌀머핀의 제조 조건을 최적화하고자 반응표면분석을 통해 머핀의 품질특성을 분석하였고, 관능적인 최적 배합 레시피를 산출하였다.

1. 실험 결과를 모델링하여 유의성을 검증한 결과, a값, b값, 높이, 응집성, 점착성은 세 요인이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었으며, 명도, 부피, 경도, 탄력성, 검성, 씹힘성, 관능평가 항목인 색, 외관, 향미, 부드러움의 정도, 전반적인 선호도는 독립변수간의 교호 작용하는 quadratic 모델로 결정되었고, 높이, 부피, 관능의 색 항목을 제외한 모든 항목에서 5% 이내에서 유의성을 보여 모형의 적합성이 인정되었다.

2. 관능항목 중에서 색과 향미에서 대하여서는 생강가루의 영향을 많이 받는 것으로 외관, 부드러움, 전반적인 선호도에서는 생강가루의 첨가량보다는 달걀과 대두유의 첨가량에 영향을 더 받는 것으로 나타났다.

3. 실험 결과를 바탕으로 관능평가의 모든 항목의 목표범

위를 모두 충족시키는 생강가루, 달걀, 대두유의 최적의 배합비율이 선정되었다. 조리 시 노화가 늦게 일어나고, 부드러운 성질이 있는 찹쌀가루에, 식욕증진, 위장운동촉진을 하는 것으로 알려져 있는 생강가루를 첨가하여, 위장운동기능이 약해져 식욕이 저하된 분들을 위한 간식으로 활용할 수 있을 것이라 사료 된다.

또한 포화지방을 염려하는 현대인들에게 대두유를 사용한 생강가루 첨가 찹쌀머핀의 식품개발의 가능성을 충분히 확인할 수 있었다.

V. 감사의 글

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

참고문헌

- Choi SN, Chung NY. 2006. Quality characteristics of pound cake with vegetable oils. Korean J Food Cookery Sci 22(6): 808-814
- Chung OK. 1981. A three way contribution of wheat flour lipids, shortening and surfactants to bread-making. Korean J Food Sci Technol 13(1): 74-89
- Grundy SM. 1990. Cholesterol and coronary heart disease: Future directions, JAMA 264: 3053-3059
- Huang QR. 1989. The effect of 6-gingerol in ginger on the fiber on gastric damage. Foreign Med Sci-Tradit Chin Med 11(6):32-38
- Johnson FC. 1990. Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour. Cereal Chem 67(2):114-118
- Jo JS. 2000. Food material science. Moonundang Publishing Co. Seoul, Korea. pp 217-218
- Joo SY, Kim HY, Paik JE, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. Korean J Food Cookery Sci 22(1): 45-55
- Ju JE, Nam YH, Lee KA. 2006. Quality characteristics of sponge cakes with wheat-rice composite flour. Korean J Food Cookery Sci 22(6):923-929
- Juliano BO. 1972. Rice, Chemistry and Technology. AACC, Inc. St. Paul, Minnesota, USA pp 553-606
- Kim JS, Koh MS, Kim YH, Kim MK, Hong JS. 1991. Volatile flavor components of Korean ginger. Korean J Food Sci Technol 23(2): 141-149
- Kim MK. 2007. Regulatory mechanism of age-related NF- κ B/PPAR by gingerone from ginger. Doctorate dissertation, Pusan National University. pp 118-121
- Kim MR. 2002. Function of spices and herbs. J East Asian Soc Dietary Life 12:431-453
- 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
- Lee SM, Joo NM. 2008. Optimization of muffin with dried *Rhynchosia molubilis* powder using response surface methodology. Korean J Food Cookery Sci 24(5):626-635
- McWilliams M. 2001. Foods-Experimental Perspectives 4th ed, Life Science publication Co. Seoul, Korea. pp 353-355
- Park SH, Lim SI. 2007. Quality characteristics of muffin red yeast rice flour. Korean J Food Sci Technol 39(3):272-275
- Yang HY, Jo YJ, O SS, Park GH. 2003. Effect of ratio and temperature of soybean oil or butter on the quality of sponge cake. Korean J Food Sci Technol 35(5):856-864
- Yun MS. 2003. In Theory of Baking and Pastry. Bakery. Ji-Gu Co, Ltd, Seoul, Korea. pp 29-30