

반응표면 분석법을 이용한 시금치가루 첨가 머핀 제조의 최적화

주신윤 · 김현진 · 백재은¹ · 주나미 · 한영실
숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학
¹부천대학교 식품영양과

Optimization of Muffin with Added Spinach Powder Using Response Surface Methodology

Shin-Youn Joo, Hyun-Jin Kim, Jae Eun Paik¹, Nami Joo, Young-Sil Han
Department of Food & Nutrition, sookmyung Women's University
¹Department of Food & Nutrition, Bucheon College

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions of three different amounts of spinach powder, butter and egg for the preparation of spinach muffins. The mixing condition for spinach muffins was optimized by response surface methodology. Egg was the most influential on height. The maximum point was achieved with 30.08 g of spinach powder, 247.69 g of butter and 184.97 g of egg. The optimum mixing rates of spinach powder, butter and egg were 29.51 g, 252.24 g and 192.33 g for color, 32.43 g, 249.87 g and 180.90 g for overall quality and 28~34 g, 250~260 g and 175~210 g for maximum score of overall organoleptic quality, respectively.

Key words : spinach powder, butter, egg, response surface methodology

1. 서 론

우리나라는 산업기술의 발달과 경제수준의 향상으로 사회구조가 조직적으로 발달되면서 식생활 형태가 변화하고 있다. 식생활 문화에서도 많은 변화가 일어나 식품문화의 간편화, 단순화, 외식화가 이루어지고 있으며 식사 및 간식대용으로 빵류에 대한 수요가 증가되고 있다. 그 중에서도 머핀은 빵 종류의 하나로서 다른 부재료의 첨가가 용이하여 다양한 제품으로 제조할 수 있다(Jeon SY 등 2003, Im JC 등 1998).

한편, 풍요로운 식생활과 평균 수명의 연장에 수반

되어 비만, 심순환계 질환과 암의 발병률이 증가하고 있다. 일반적으로 성인병의 발병은 운동부족, 스트레스, 식생활 및 유전적인 요인 등이 주요 요인으로 지적되고 있으며 이들 질환들의 예방과 치료에 도움을 줄 수 있는 생리활성을 지닌 다양한 기능성 식품의 개발이 현대 식품산업의 주된 과제로 떠오르고 있다(Jeon SY 2002). 최근에는 보리 도정 겨의 첨가 머핀(Kim JH와 Lee YT 2004), 감초 추출물을 첨가한 머핀(Kim YS 2004), 포도씨 추출분말과 같은 기능성 물질을 머핀에 첨가한 연구(Joo SY 2004) 등이 보고되고 있다.

시금치(Spinach, *Spinacia oleracea L.*)는 페르시아 원산의 명아주과(Chenopodiaceae)에 속하는 일년생 또는 2년생 초본으로 비타민과 단백질이 풍부하다. 특히 시금치 단백질에는 리신과 트립토판이 많이 들어있고 시스테인도 많아 동물성 단백질과 비슷한 특징이 있으며

Corresponding author : Shin-Youn Joo, Sookmyung Women's University
53-12 Chungpa-dong 2-ga Yongsan-gu Seoul 140-742, Korea
Tel : 02-710-9471
Fax : 02-2077-7140
E-mail : jsy0506@hanmail.net

철분의 함량이 높아 빈혈예방에도 좋지만, 가공식품으로의 연구는 아직 미흡한 상태이다(Zhang HX와 J.A.D. Zeevaart 1998, Sim JH 2003).

본 연구에서는 이러한 천연색소를 가진 시금치가루를 첨가하여 머핀을 제조하기 위해 반응표면분석법에 의한 머핀제조 최적조건을 얻고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

머핀의 재료로는 2002년 생산된 시금치가루(컬러푸드), 박력분(제일제당), 설탕(제일제당), 버터(서울우유), 소금(해표, 정제염), 탈지분유(서울우유), 베이킹파우더(성진식품), 달걀(영림축산)을 사용하였다.

2. 시금치 머핀의 제조

시금치가루를 첨가한 머핀의 배합비는 Table 1과 같다. 머핀의 제조는 일반 머핀 제조방법에 준하여 밀가루, 시금치가루, 베이킹파우더, 소금, 전지분유는 체질하여 두고, 버터에 설탕, 달걀을 넣어 크림상이 되도록 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, U.S.A.)로 3분간 반죽한 후 체질한 재료들을 넣어 1분간 더 반죽하였다. 유산지를 깎 머핀 컵에 80 g씩 취하였고 180℃로 예열된 오븐에서 25분간 구워 낸 후 꺼내어 상온에서 방냉하여 시료로 사용하였다.

Table 1. Normal composition and increment of spinach muffin formula

Ingredient	Weight(g)	Increment(g)
Flour	190	±4
Spinach powder	10	±4
Butter	80	±10
Egg	65	±10
Water	120	-
Sugar	120	-
Powder milk	15	-
Baking powder	7	-
Salt	0.8	-

Table 2. Variations and their level or central composition design of spinach muffin

Variables	Symbol	Coded - Variable levels				
		-2	-1	0	1	2
Spinach powder(g)	X ₁	2	6	10	14	18
Butter(g)	X ₂	60	70	80	90	100
Egg(g)	X ₃	45	55	65	75	85

3. 실험계획 및 분석

머핀의 특성에 영향을 미치는 요인은 시금치가루, 버터, 달걀을 주요 변수로 하여 반응표면분석법(Response Surface Methodology : RSM)으로 최적화하였다. 중심합성계획법으로 실험을 설계하여 시금치가루(X₁), 버터(X₂)와 달걀(X₃)을 독립변수(X_n)로 하고 Table 2와 같이 -2, -1, 0, +1, +2의 다섯 단계로 부호화하였다. 머핀의 품질 특성으로 예상되는 높이, 부피, 색도(L, a, b), 기계적 특성(hardness, cohesiveness, springiness, gumminess)을 종속변수로 하였다.

4. 시금치머핀의 물리적 특성

1) 부피 및 높이 측정

머핀의 부피는 구운 후 실온에서 방치한 후에 종자치환법으로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 머핀 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 정확히 반으로 자르고 자른 단면의 최고 높이를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

2) 색도측정

머핀의 색도는 머핀 내부의 색을 색차계(Colorimeter CR-300, Minolta Co. Japan)를 사용하여 L (Lightness), a (Redness) 및 b (Yellowness)값을 측정하였는데 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b값은 각각 97.26, -0.07, +1.86이었다.

3) 조직감 측정

머핀의 조직감 측정은 머핀의 내부를 동일한 크기로 잘라 Rheometer(Sun Rheometer Compac-100, Japan)를 사용하여 masticability test를 실시하였고 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess)을 산출하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

측정조건은 Table 3과 같다.

5. 시금치머핀의 관능적 특성

관능검사는 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원에 재학 중인 학생 중 본 실험에 흥미를 갖는 16명을 선정하여 7에 가까울수록 큰 기호도를 나타내는 7점 기호 척도법으로 평가하였다. 관능검사원 16명 각각에게 6개의 시료를 제시하여 균형불완전블록법(BIBD : balanced incomplet block design)으로 머핀의 색(color), 향(flavor), 촉촉함(moisture), 질감(texture), 전반적인 기호도(overall quality)에 대한 바람직한 정도를 나타내었고 머핀은 실온에서 방냉한 후 균일한 크기(1/4조각)로 잘라서 백색의 접시에 담아 물과 함께 제시하였다.

6. 통계분석

모든 자료는 통계 package SAS(version 8.12)를 이용

Table 3. Operating conditions of Texture Analyzer for spinach muffin

Operating conditions	
Test type	Mastication
Sample type	Vertical round
Table speed	120 mm/min
Height	12 mm
Adaptor type	Circle(diameter 10 mm)

하여 분석하였다. 중심합성계획법에 따라 실험을 설계하였고 RSREG(Response Surface Regression Analysis)방법으로 자료를 분석하였다. 재료의 배합성분을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자 간 교호작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태를 3차원 그래프 분석을 실시하였다. 회귀분석결과 정상점이 안장점일 경우에는 능선분석을 실시하여 최적점을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

시금치를 이용한 머핀의 제조조건의 최적화를 목적으로 한 중심합성계획에 따라 세 가지 독립변수의 16 가지 조건에서 얻어진 물리적 특성과 관능적 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 5수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석의 결과 반응 표면식과 R²와 P-value는 Table 5에 나타내었고 각 요인 간 F-ratio와 최적조건을 Table 6과 Table 7에 나타내었다.

반응변수 중 물리적 특성에서 유의성이 인정된 높이(height), L(Lightness)값, a(Redness)값과 응집성(cohesiveness), 관능적 특성에서 색도(color)와 전반적인

Table 4. Effect of preparing condition of spinach muffin on height, volume, color and texture different coded values of treatment conditions

Exp. number ¹⁾	Spinach powder	But-ter	Egg	Hei-ght	Volu-me	Color of the muffin			Texture properties				Sensory evaluation				
						L	a	b	Hard-ness	Cohessi-vness	Spring-iness	Gum-miness	Color	Flavor	Mois-ture	Text-ure	Overall quality
1	42	270	225	5.83	143.33	53.35	-14.41	40.48	874.67	33.18	56.52	52.42	3.33	3.67	5.17	4.33	4.50
2	42	270	165	5.90	143.33	53.19	-14.41	39.68	757.36	30.59	53.45	42.21	3.83	3.17	3.83	4.50	4.50
3	42	210	225	6.20	143.33	51.32	-13.73	39.26	1024.13	33.62	60.87	62.20	4.00	4.00	4.17	3.33	4.33
4	42	210	165	5.63	143.33	52.35	-14.38	39.58	960.42	31.37	53.45	54.90	3.83	3.67	4.17	3.50	4.33
5	18	270	225	5.73	140.00	64.24	-13.54	38.36	1073.95	34.62	60.00	67.16	4.17	4.50	4.83	3.83	3.17
6	18	270	165	6.10	148.33	63.90	-13.59	37.52	878.10	31.03	53.45	49.65	4.50	4.00	4.67	3.67	3.67
7	18	210	225	6.17	141.67	62.56	-13.35	38.30	971.39	34.72	60.35	61.46	3.67	4.67	3.67	4.50	4.17
8	18	210	165	5.77	136.67	62.66	-13.58	38.94	1062.88	32.23	53.91	61.87	3.67	3.67	3.50	3.67	3.83
9	30	240	195	5.90	143.33	59.11	-14.23	38.91	725.97	33.09	54.39	43.02	6.03	5.00	6.00	5.50	5.23
10	30	240	195	5.93	146.67	58.82	-14.15	38.94	729.92	33.64	53.45	44.74	6.33	5.00	6.03	4.50	5.13
11	6	240	195	5.77	145.67	71.67	-10.60	32.04	896.80	30.46	51.30	49.34	1.83	3.17	3.67	4.50	2.33
12	54	240	195	6.03	146.67	49.95	-14.03	38.37	1009.81	31.93	56.90	58.74	2.50	3.67	4.67	3.83	2.67
13	30	180	195	6.00	148.33	60.38	-14.07	38.51	1001.65	35.98	60.34	63.93	3.87	2.67	4.17	4.17	4.33
14	30	300	195	5.70	152.00	60.84	-14.05	38.80	872.61	27.79	50.00	44.19	5.67	4.50	5.83	5.67	4.83
15	30	240	135	5.87	151.67	60.28	-14.16	37.40	812.24	27.25	46.55	40.32	4.50	3.83	4.83	5.17	5.00
16	30	240	255	5.97	145.00	61.16	-14.09	39.33	1042.74	34.49	59.48	65.52	4.67	4.17	4.17	4.00	4.73

¹⁾ The number of experimental conditions by central composite design.

기호도(overall quality)를 제한 변수로 선정하여 주어진 실험구간에서의 변화 특성을 알아보려고 하였다.

1. 머핀의 높이

회귀곡선에 대한 결정계수 R²은 0.8708로서 높게 나타났다으며 두 회귀곡선의 적합도는 유의수준 5%에서

유의한 결과를 보여주었다(Table 5). 머핀의 높이에 유의적으로 가장 영향을 많이 주는 인자는 달걀의 함량, 다음으로 버터의 함량이었으며 시금치가루는 F-Ratio가 0.94로 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다(Table 6). 이는 달걀 단백질의 거품 방울 내에 포집된 다량의 공기는 많은 작은 기공을 형성하고 굽는 과

Table 5. Polynomial equations calculated by RSM program for mixing of spinach muffin

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ² ²⁾	P Value
Height	$Y_1 = -3.210938 - 0.029479X_1 + 0.045063X_2 + 0.043083X_3 - 0.000026042X_1^2 + 0.000003472X_2X_1 - 0.000018056X_2^2 + 0.000163X_3X_1 - 0.000196X_3X_2 + 0.000001389X_3^2$	0.8708	0.0406*
Volume	$Y_2 = 154.134375 + 0.530208X_1 - 0.187479X_2 - 0.013625X_3 + 0.002031X_1^2 - 0.003469X_2X_1 + 0.001435X_2^2 + 0.001156X_3X_1 - 0.001851X_3X_2 + 0.000926X_3^2$	0.4499	0.8016
L	$Y_3 = 123.470937 - 0.563854X_1 - 0.248979X_2 - 0.230542X_3 + 0.003203X_1^2 - 0.000017361X_2X_1 + 0.000457X_2^2 - 0.000385X_3X_1 + 0.000226X_3X_2 + 0.000487X_3^2$	0.9527	0.0025**
a	$Y_4 = -12.992187 - 0.228542X_1 + 0.008646X_2 + 0.019000X_3 + 0.003255X_1^2 - 0.000177X_2X_1 + 0.000036111X_2^2 + 0.000128X_3X_1 - 0.000115X_3X_2 + 0.000018056X_3^2$	0.8964	0.0225*
b	$Y_5 = 42.648750 + 0.241771X_1 - 0.061208X_2 - 0.019458X_3 - 0.006458X_1^2 + 0.000931X_2X_1 - 0.000075000X_2^2 + 0.000097222X_3X_1 + 0.000361X_3X_2 - 0.000156X_3^2$	0.8167	0.0992
Hardness	$Y_6 = 7690.521563 - 5.482812X_1 - 33.952875X_2 - 30.763125X_3 + 0.367812X_1^2 - 0.093854X_2X_1 + 0.054357X_2^2 + 0.026618X_3X_1 + 0.047353X_3X_2 + 0.051679X_3^2$	0.7592	0.1891
Cohesiveness	$Y_7 = -108.700313 + 0.663229X_1 + 0.584792X_2 + 0.667292X_3 - 0.009844X_1^2 + 0.000027778X_2X_1 - 0.001383X_2^2 - 0.000431X_3X_1 + 0.000200X_3X_2 - 0.001665X_3^2$	0.8745	0.0376*
Springiness	$Y_8 = 16.038438 + 0.486042X_1 - 0.068792X_2 + 0.368208X_3 + 0.000313X_1^2 - 0.001229X_2X_1 + 0.000347X_2^2 - 0.000868X_3X_1 - 0.000589X_3X_2 - 0.000251X_3^2$	0.7880	0.1409
Gumminess	$Y_9 = 418.303437 + 0.193021X_1 - 1.897979X_2 - 1.500833X_3 + 0.017639X_1^2 - 0.005538X_2X_1 + 0.002828X_2^2 + 0.000142X_3X_1 - 0.002893X_3X_2 + 0.002511X_3^2$	0.7648	0.1793
Color	$Y_{10} = -53.325625 + 0.586563X_1 + 0.244792X_2 + 0.205458X_3 - 0.006970X_1^2 - 0.000694X_2X_1 - 0.000392X_2^2 + 0X_3X_1 - 0.000139X_3X_2 - 0.000443X_3^2$	0.8925	0.0249*
Flavor	$Y_{11} = -39.203438 + 0.285521X_1 + 0.214146X_2 + 0.132583X_3 - 0.002743X_1^2 - 0.000344X_2X_1 - 0.000393X_2^2 - 0.000233X_3X_1 - 0.000045833X_3X_2 - 0.000278X_3^2$	0.6772	0.3523
Moisture	$Y_{12} = -26.637813 + 0.276875X_1 + 0.129854X_2 + 0.110000X_3 - 0.003203X_1^2 - 0.000580X_2X_1 - 0.000282X_2^2 + 0.000351X_3X_1 + 0.000185X_3X_2 - 0.000421X_3^2$	0.7360	0.2321
Texture	$Y_{13} = -3.992812 - 0.052500X_1 + 0.010021X_2 + 0.077625X_3 - 0.001450X_1^2 + 0.000927X_2X_1 - 0.000022222X_2^2 - 0.000462X_3X_1 - 0.000093056X_3X_2 - 0.000115X_3^2$	0.4890	0.7389
Overall quality	$Y_{14} = -13.781563 + 0.161563X_1 + 0.087500X_2 + 0.059000X_3 - 0.004653X_1^2 + 0.000521X_2X_1 - 0.000167X_2^2 + 0.000055556X_3X_1 - 0.000117X_3X_2 - 0.000087500X_3^2$	0.9270	0.0086**

¹⁾ X₁ is Spinach content, X₂ is Butter content, X₃ is Egg content and Y₁-Y₁₄ are intensity score of the attributes.

²⁾ R² is coefficient of determination.

*significant at 5% level , ** significant at 1% level

Table 6. Regression analysis for regression model of the sensory characteristics in preparation of spinach muffin

Ingredient	F-Ratio													
	Height	Volume	L	a	b	Hardness	Cohesiveness	Springiness	Gumminess	Color	Flavor	Moisture	Texture	Overall quality
Spinach powder(X ₁)	0.94	0.23	29.92****	11.08**	5.68	1.77	3.07	0.17	0.70	11.23**	1.97	2.40	0.79	15.69**
Butter (X ₂)	8.19*	0.91	0.37	0.21	0.29	2.90	4.48	1.27	2.40	2.53	1.91	2.27	0.87	1.39
Egg (X ₃)	8.63*	0.59	0.23	0.21	0.38	2.67	7.26*	4.20	2.92	1.81	1.16	1.47	0.26	0.42

*significant at 5% level , ** significant at 1% level

정에서 열에 의해 팽창되고 달걀 단백질이 굽기 후반부에 변성되고 응고되면서 팽창된 위치에서 고정되게 된다(McWilliams M 2001). 결과적으로 달걀과 버터의 부피팽창 작용으로 인해 상대적으로 높이에도 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 시금치 머핀의 배합비에 따른 높이의 변화(Fig. 1)를 볼 때 정상점이 최고점을 나타내었으며 시금치가루 30.08 g, 버터 247.69 g, 달걀 184.97 g에서 높이가 가장 높은 것으로 보였다(Table 7). 시금치가루와 버터와의 관계에서 정상점은 최고점이고 시금치가루 54.13 g, 버터 197.23 g일 때 높이가 5.98이었다.

2. 머핀의 부피

부피에 영향을 미치는 요인으로는 버터, 달걀, 시금치가루 순으로 나타났다(Table 6). 버터와 달걀 두 요인 간 그래프의 정상점은 최저점이고 버터 259.88 g,

달걀 241.82 g일 경우 부피가 142.67이었다(Fig. 2). 버터의 양이 감소하면 부피 또한 감소하는 경향을 나타내었고 달걀의 양이 증가하면 부피가 증가하는 경향이 나타났다. R^2 은 0.4499로 정확도가 떨어지며 P-value 또한 0.8016으로 유의적이지 못한 수치를 보였다(Table 5). 제빵류에서 지방은 creaming process에서 많은 공기를 포함하여 부피를 증가시킨다(McWilliams M 2001)는 보고와는 다소 차이가 있었지만 상대적으로 버터의 첨가량이 머핀의 부피에 영향을 미치는 것으로 생각되어진다(Table 6).

3. 머핀의 색도

Table 4에서 L값과 a값의 가장 높은 수치, b값의 가장 낮은 수치는 시금치가루 6 g, 버터 240 g, 달걀 195 g이었다. 배합비에 따른 Hunter L값과 a값의 회귀식 결정계수는 각각 0.9527, 0.8964로 유의수준 1%, 5%에

Table 7. Predicted level of optimum preparation conditions for the maximized sensory properties of spinach muffin by the ridge analysis and superimposing of their response surfaces

Preparation conditions	Level for maximum responses													
	Height	Volume	L	a	b	Hard-ness	Cohesive-ness	Springi-ness	Gummi-ness	Color	Flavor	Moist-ure	Texture	Overall quality
Spinach powder	30.08	66.62	102.21	38.73	33.11	36.30	29.41	108.28	44.61	29.51	27.73	30.25	20.52	32.43
Butter	247.69	321.74	218.36	264.81	182.99	272.45	226.86	377.89	321.93	252.24	248.24	265.19	223.17	249.87
Egg	184.97	272.56	226.16	181.41	160.20	163.47	210.18	102.80	112.13	192.33	206.56	201.50	205.51	180.90
Morphology	Max. ¹⁾	Min.	Min. ²⁾	Min.	S.P. ³⁾	Min.	Max.	S.P.	S.P.	Max.	S.P.	Max.	Max.	Max.

¹⁾ Max. : Maximum

²⁾ Min. : Minimum

³⁾ S.P. : Saddle point

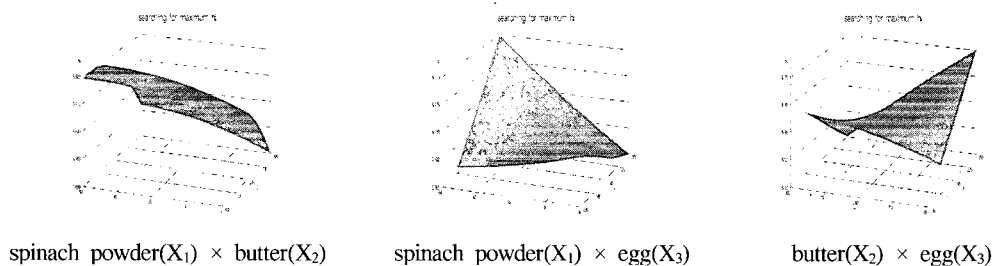


Fig. 1. Response surface for height of spinach muffin

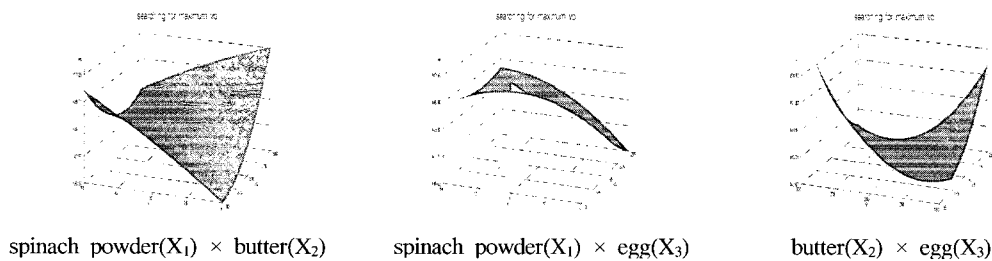


Fig. 2. Response surface for volume of spinach muffin

서 인정되었고, b값의 경우 R^2 가 0.8167로 유의적이지는 않았지만 높은 값을 나타내었다(Table 5). 머핀의 L값, a값과 b값에 대한 배합비의 영향은 시금치가루 함량이 유의적으로 가장 높았다(Table 6). 이와 같은 결과는 시금치의 녹색을 띠는 클로로필 색소가 시금치머핀의 L값, a값과 b값에 영향을 준 것으로 생각된다. 감초추출물 첨가하여 제조한 머핀연구에서 감초추출물의 첨가량이 증가할수록 L값이 감소한다고 보고하였고(Kim YS 등 2004), 수수가루 첨가 머핀연구에서는 수수가루의 첨가량이 증가할수록 어두운 색을 나타낸다고 보고하였다(Im JG 등 1998). Fig. 3, 4와 5는 머핀의 L값, a값과 b값에 대해 교호작용을 3차원 그래프로 나타낸 것으로 L값과 a값의 경우 정상점이 모두 최저점을 갖는다. 각 영향인자의 L값에 대한 최저점은 시금치가루 102.21 g, 버터 218.36 g, 달걀 226.16 g이며, a값에 대한 최저점은 각각 38.73 g, 264.81 g, 181.41 g

을 나타내었다. 머핀 a값의 시금치가루와 버터의 관계에서 정상점은 최저점을 가지며 시금치가루의 양이 39.73g까지는 a값이 감소하였으며 그 이후에는 증가하는 경향을 보였다.

4. 기계적 조직감 특성

경도에서 가장 큰 영향을 미치는 것은 버터였고 그 다음으로 달걀, 시금치가루로 나타났다(Table 6). 경도의 경우 시금치가루, 버터, 달걀의 최저점이 36.30 g, 272.45 g, 163.47 g로 나타났으며(Table 7), 시금치가루와 달걀의 관계에서 시금치가루가 34.18 g, 달걀이 161.00 g일 때 최저점을 보여주었다(Fig. 6). 달걀의 단백질은 푸른 반죽이나 된 반죽에 사용되었을 때 특별히 중요한데, 이것은 굽은 동안 단백질의 응고가 최종 제품의 구조에 기여하고 부드러움을 감소시킨다(McWilliams M 2001).

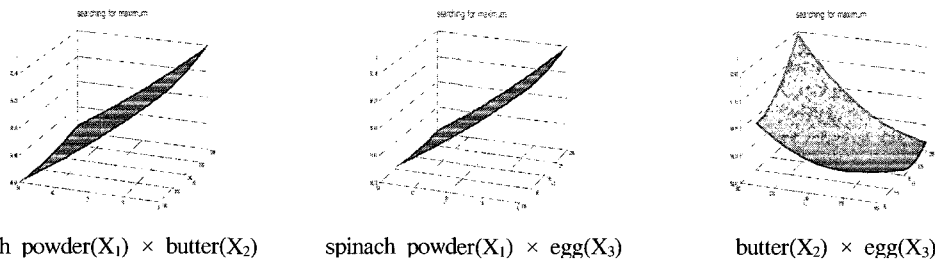


Fig. 3. Response surface for L value of spinach muffin

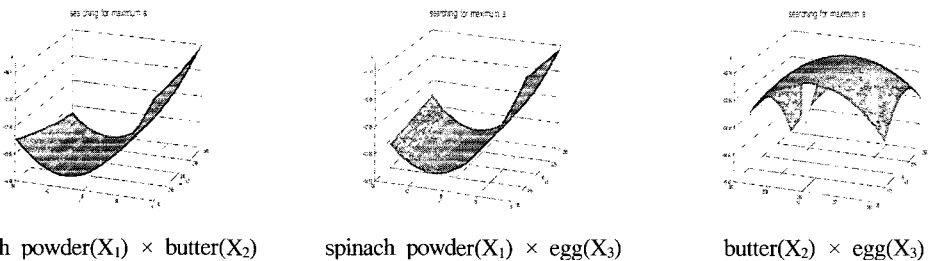


Fig. 4. Response surface for a value of spinach muffin

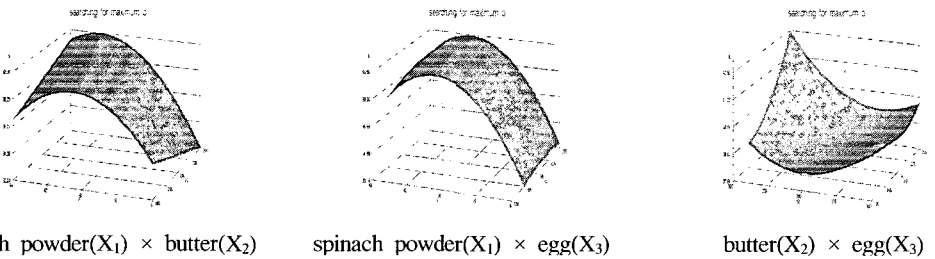


Fig. 5. Response surface for b value of spinach muffin

응집성은 세요인 간 P-value 값이 0.0376으로 5% 수준에서 유의하고 회귀식 결정계수가 0.8745로 높은 정확도를 나타내었다(Table 5). 응집성에 대하여 유의적인 차이를 보이는 것은 달걀의 함량이었다(Table 6). 달걀의 단백질이 열에 의해 변성되고 응고되기 때문에 달걀의 함량이 증가함으로써 응집성도 증가한 것으로 사료된다. Fig. 7은 머핀의 응집성에 대해 세 요인의 첨가에 따른 영향을 나타낸 것으로 시금치가루와 버터의 관계에서 시금치가루의 양이 감소할수록 응집성이 29.39 g까지는 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향이 나타났다. 시금치가루와 달걀의 관계에서는 정상점이 최고점으로 시금치가루가 28.50 g, 달걀이 222.51 g에서 응집성이 35.09로 보여 졌다. 수수가루 첨가 20%까지는 응집성에 영향을 미치지 않았다는 Im JG 등(1998)의 보고와 유사하게 시금치가루는 시금치머핀의 응집성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

탄력성의 경우 R² 값이 0.7780로 다소 높은 정확도

를 나타내고 있었으며(Table 5), 탄력성에 가장 많은 영향을 미치는 순서로는 달걀, 버터, 시금치가루였다(Table 6). Fig. 9는 겉성에 대해 교호작용을 3차원 그래프로 나타낸 것으로 겉성에 가장 영향을 미치는 인자는 달걀인 것으로 나타났다(Table 6). 전반적으로 시금치가루는 머핀의 경도, 응집성, 탄력성, 겉성에서 가장 적게 영향을 미치고 있었으며, 달걀이 많은 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 6). 이와 같은 결과는 시금치가루가 머핀의 품질에는 영향을 미치지 않으면서 건강상에 이점을 주는 생리활성 물질을 첨가할 수 있으므로 기능적인 시금치가루 첨가 머핀이 가능하리라 사료된다.

5. 관능적 특성

1) 머핀의 색(color)

색깔은 시금치가루 30 g, 버터 240 g, 달걀 195 g에서 6.33으로 가장 좋은 점수를 보였고, 시금치가루, 버

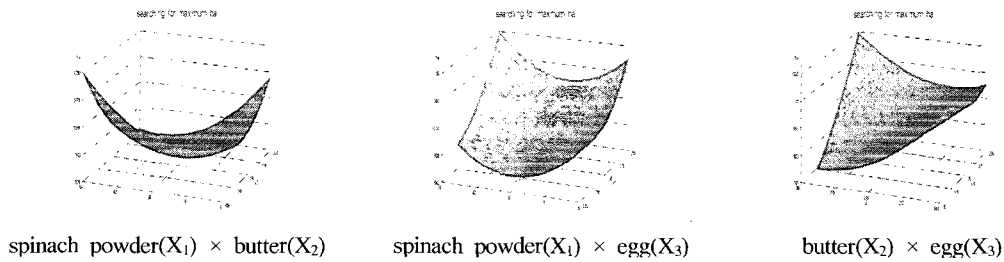


Fig. 6. Response surface for hardness of spinach muffin

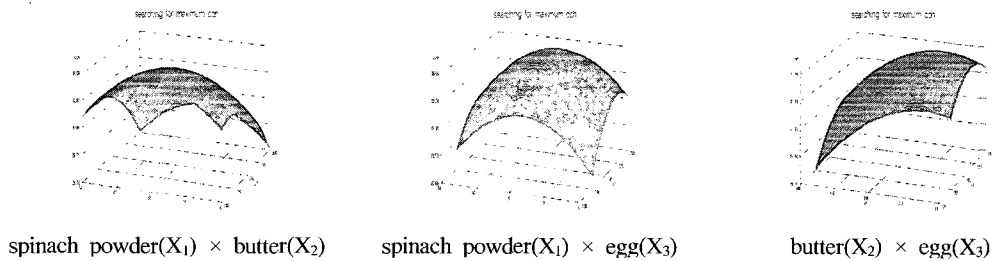


Fig. 7. Response surface for cohesiveness of spinach muffin

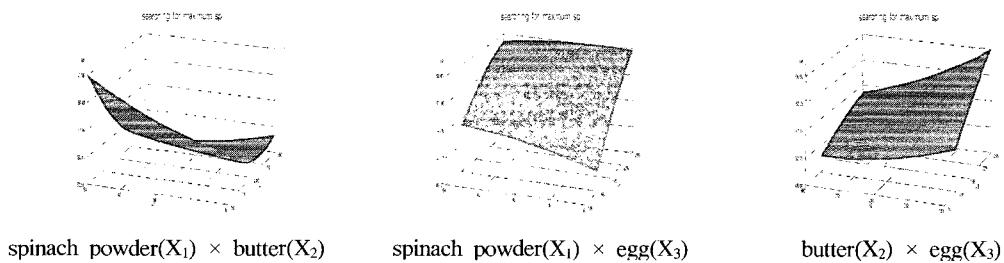


Fig. 8. Response surface for springiness of spinach muffin

터, 달걀 순으로 6 g, 240 g, 195 g과 54 g, 240 g, 195 g에서 각각 1.83, 2.50으로 낮은 점수를 나타내었다 (Table 4). 이는 적당한 양의 시금치가루는 머핀의 관능적 특성인 색깔에 좋은 영향을 미치고 있으나 적은 양의 시금치가루나 지나치게 많은 양은 나쁜 영향을 미친다는 결과를 보여주었다. 색깔의 P-value 값이 0.0249로 5% 수준에서 유의하고 R²값이 0.8925로 높은 정확도를 보였다(Table 5). 색깔에 대한 최적점은 시금치가루 29.51 g, 버터 252.24 g, 달걀 192.33 g이며 (Table 7) 유의적으로 시금치가루가 색에 가장 영향을 미치는 요인으로 나타났다(Table 6). 시금치가루와 달걀의 관계에서 시금치가루의 양이 28.31 g까지는 색의 기호도가 증가하였으며 그 이후에는 감소하는 경향을 보이고, 달걀의 양은 269.52 g까지 증가하다가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 10). 이와 같은 결과는 시금치가루와 색깔이 유사한 녹차가루를 첨가한 젤리의 연구 (Heo HY 등 2004)에서 녹차가루 첨가량이 일정 첨가

량까지는 기호도가 증가하다가 감소하는 경향을 보인 것과 비슷하게 나타났다.

2) 향(flavor)

머핀의 향은 시금치가루, 버터, 달걀의 각각 30 g, 240 g, 195 g에서 5.00으로 가장 높은 기호도가 나타났고 30 g, 180 g, 195 g에서 2.67로 가장 낮게 나타났다(Table 4). 시금치가루와 달걀의 함유량은 30 g, 195 g로 동일하였으나 버터의 함유량이 240 g, 180 g로 차이를 보여 버터의 특유한 향미가 머핀 향의 기호도에 영향을 미치는 것으로 생각되어진다. 시금치가루에 의해 기호도에 미치는 영향은 적은 것으로 보여졌다(Table 6). 버터와 달걀의 관계에서 버터의 양이 251.44 g까지 향의 기호도가 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향을 나타내었고 달걀의 양은 244.26 g까지 증가하다가 감소하는 경향이 나타났다 (Fig. 11).

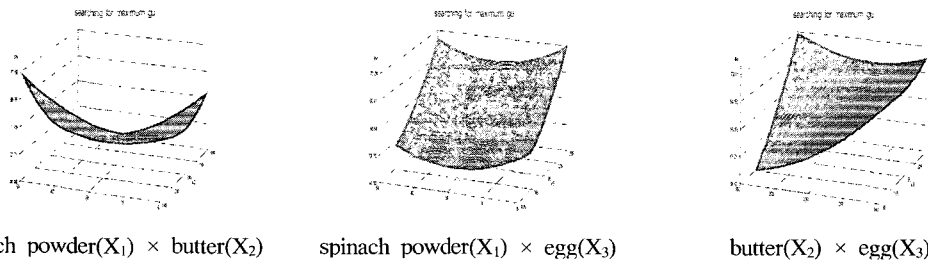


Fig. 9. Response surface for gumminess of spinach muffin

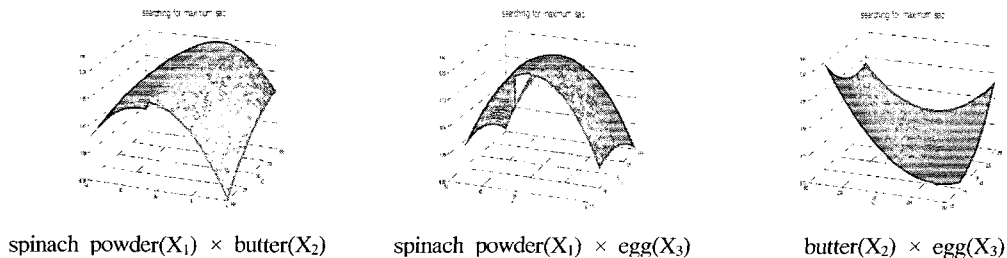


Fig. 10. Response surface for color of spinach muffin

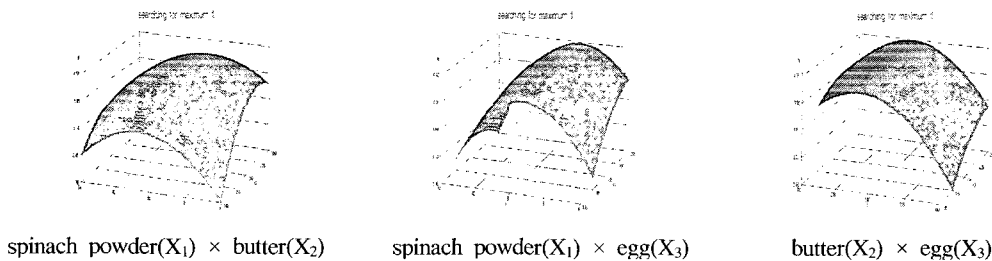


Fig. 11. Response surface for flavor of spinach muffin

3) 촉촉함(moisture)

촉촉함은 시금치가루, 버터, 달걀의 각각 30 g, 240 g, 195 g에서 6.03으로 가장 높은 기호도가 나타났고 18 g, 210 g, 165 g에서 3.50로 가장 낮게 나타났다(Table 4). 촉촉함에 가장 영향을 미치는 요인으로는 시금치가루, 버터, 달걀 순으로 나타났다(Table 6). Kim YS 등(2004)의 감초추출물을 첨가한 머핀의 촉촉한 정도는 처리군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고와는 차이를 나타내었다. 촉촉함에 대한 전반적 기호도 변화는 Fig. 12에 나타난 것으로 시금치가루와 버터의 관계에서 시금치가루의 양이 33.25 g까지는 촉촉함의 기호도가 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향이 나타났고 달걀의 양은 198.34 g까지 증가하다가 감소하는 경향을 보여주었다. 시금치가루 30.25 g, 버터 265.19 g, 달걀 201.50 g에서 촉촉함에 대한 기호도가 높게 나타났다(Table 7). 이는 중심합성계획법에 따른 실험계획의 중심값인 30 g, 240 g, 195 g에 가까운 값으로 기본배합비율(Table 2) 부근에서 촉촉함의 기호도가 가장 높은 것으로 사료된다.

4) 질감(texture)

머핀의 질감은 시금치가루, 버터, 달걀의 각각 30 g, 240 g, 195 g에서 5.67로 가장 높은 기호도가 나타났고 42 g, 210 g, 225 g에서 3.33로 가장 낮게 나타났

(Table 4). 질감의 R²값이 0.4890로서 정확성이 낮게 나타났다(Table 5). 이는 관능평점을 이용한 결과의 경우 다른 실험값과 달리 주관적관점이 많이 포함되므로 R² 값과 P-value가 낮게 보여지는 것으로 생각된다. 질감에 가장 영향을 미치는 인자로는 버터였으며 그 다음이 시금치가루, 달걀이었다. 시금치가루와 달걀의 두 요인간에는 서로 시금치가루가 30.45 g, 달걀이 177.11 g일 때 최고점을 나타내었다(Fig. 13).

5) 전반적인 기호도(overall quality)

전반적인 기호도는 시금치가루, 버터, 달걀의 각각 30 g, 240 g, 195 g에서 5.23으로 가장 높은 기호도가 나타났고 6 g, 240 g, 195 g에서 2.33로 가장 낮게 나타났다(Table 4). 시금치가루 첨가 머핀의 기호도에 대한 반응표면에서 최고점은 시금치가루 32.43 g, 버터 249.87 g, 달걀 180.90 g이었다(Table 7).

시금치가루 첨가 머핀의 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 시금치가루가 유의적으로 가장 높았고 그 다음이 버터였으며 달걀이 가장 영향이 적은 것으로 나타났으나 버터와 달걀의 함량에 대한 영향은 큰 차이가 없었다(Table 6). 배합 조건에 따른 시금치가루 첨가 머핀의 전반적 기호도 변화는 Fig. 14과 같다. 시금치가루와 버터의 관계에서 시금치가루의 양은 32.49 g까지 전반적인 기호도가 증가하다가 그 이후에 감소

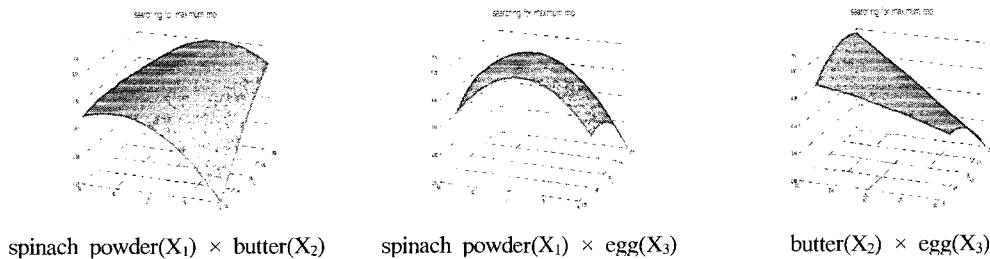


Fig. 12. Response surface for moisture of spinach muffin

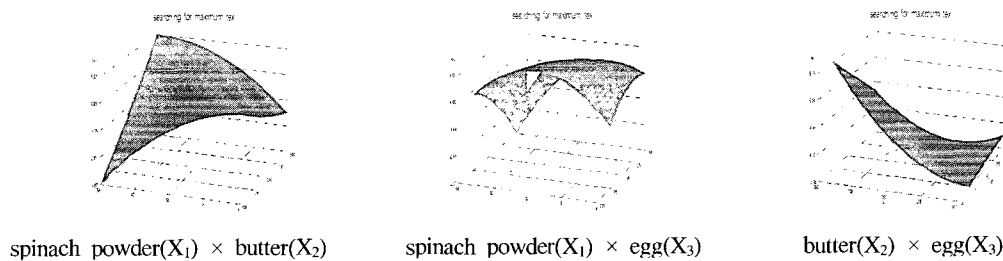


Fig. 13. Response surface for texture of spinach muffin

하는 경향을 나타내고 버터의 양은 246.79 g까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

전반적 기호도에 있어서 시금치가루 함량과 버터의 양이 영향인자임을 볼 때 시금치가루 첨가 머핀에서 향미와 맛에 영향이 큼을 알 수 있다.

6. 최적조건의 선정

반응표면분석법은 그래프로 최적조건을 결정하는 방법이므로, 각 항목별 최적조건은 등고선 그래프의 최적 배합 구역 내에서 가장 중앙에 위치한 점으로 이 점이 삼차원 그래프의 정상점이라고 할 수 있다(Ko YJ 2004). 시금치 머핀의 관능적 최적점을 결정하기 위해 여러 관능 항목의 각 요인별 등고선그래프를 오버랩시켜 교집합을 구하고(Fig. 15.) 그 범위 내에서 최적점을 산출하였다. 시금치가루는 28-34 g, 버터는 250~260 g, 달걀은 175-210 g에서 최적조건을 나타내었다.

을 개선하기 위해 시금치가루의 첨가량, 버터 첨가량, 달걀 첨가량을 달리 한 후 반응표면분석법으로 최적화하여 최적조건을 구하고자 하였다. 머핀의 높이에 가장 영향을 많이 주는 인자는 달걀의 함량이었고 시금치가루 함량 30.08 g, 버터 함량 247.69 g, 달걀 함량 184.97 g에서 높이가 가장 높은 것으로 나타났다. 머핀의 L값과 a값에 대한 배합비의 영향은 시금치가루 함량이 가장 높았고, 응집성에 대하여 유의적인 차이를 보이는 것은 달걀의 함량이었다.

머핀의 색에 대한 관능평점은 능선분석에 의해 시금치가루 29.51 g, 버터 252.24 g, 달걀 192.33 g에서 관능점수가 가장 높았으며, 시금치가루 첨가 머핀의 전반적인 기호도에 대한 관능조건은 시금치가루 32.43 g, 버터 249.87 g, 달걀 180.90 g에서 가장 높은 점수를 나타내었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 시금치를 첨가하여 제조한 머핀의 최적제조조건은 시금치가루 28~34 g, 버터 250~260 g, 달걀 175~210 g로 보였다.

IV. 요약 및 결론

시금치가루를 첨가하여 머핀의 영양성과 기호성

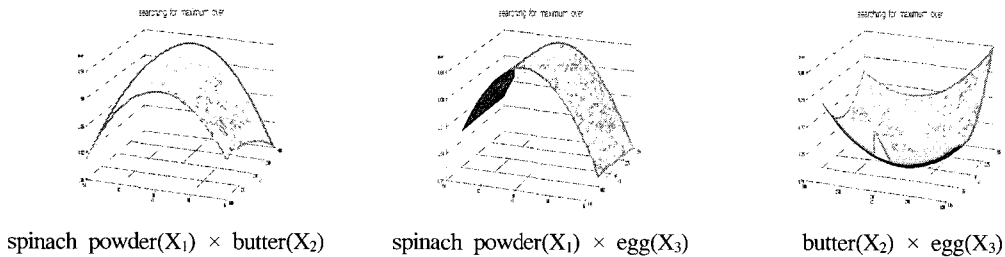


Fig. 14. Response surface for overall quality of spinach muffin

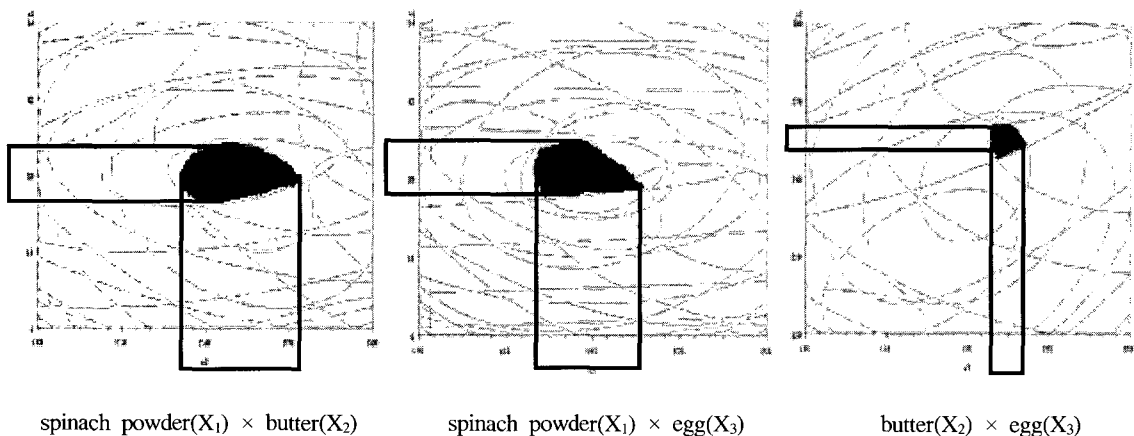


Fig. 15. Sensory optimization of spinach muffin

참고문헌

- Heo HY, Joo NM, Han YS. 2004. Optimization of Jelly with Addition of Green tea Powder using a Response Surface Methodology. 20(1) : 112-118
- Im JC, 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
- Jeon SY, Jeong SH, Kim HC, Kim MR. 2002. Sensory characteristics of functional muffin prepared with ferulic acid and p-hydroxybenzoic acid. Korean J Soc Food Cookery Sci 18(5) : 476-481
- Jeon SY, Kim HC, Kim MR. 2003. Quality characteristics of functional muffins containing hesperetin. Korean J Soc Food Cookery Sci 19(3) : 324-327
- Joo SY, Choi MH, Chung HJ. 2004. Studies on the quality characteristics of functional muffin prepared with different levels of grape seed extract. 19(3) : 267-272
- Kim JH, Lee YT. 2004. Effects of barley bran on the quality of sugar-snap cookie and muffin. 33(8) : 1367-1372
- Kim YS, Choi HS, Woo IA. 2004. The effect on the sensory and mechanical characteristics of functional muffin using glycyrrhizae radix extract. Korean J Soc Food Cookery Sci 20(1) : 95-99
- Ko YJ. 2004. Quality Characteristics and optimization of iced cookie with the addition of Jinuni bean. The Sookmyung Women's University of Korea. pp 98-100
- McWilliams M. 2001. Foods-Experimental Perspectives 4thed, Life science publication Co. Seoul. pp 353-355
- Sim JH, Kim KM, Bae DH. 2003. Comparisons of physicochemical and sensory properties in noodles containing spinach juice, beetroot juice and cuttlefish ink. Food Engineering progress. 7(1) : 37
- Zhang, HX and J.A.D. Zeevaart. 1998. An efficient agrobacterium tumefaciens-mediated transformation and regeneration system for cotyledons of spinach (spinacia oleracea L). Plant Cell reports 18 : 640-645

(2005년 11월 1일 접수, 2006년 2월 16일 채택)