

반응표면 분석법을 이용한 스피루리나 첨가 마들렌 제조의 최적화

김민희 · 김혜정 · 김미연 · 김미리*
충남대학교 식품영양학과

Optimization of Spirulina Madeleine Using Response Surface Methodology

Min Hee Kim, Hye Jeong Kim, Mi Yeon Kim, Mee Ree Kim*
Department of Food & Nutrition, Chungnam National University

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimum amount of four ingredients (spirulina, sugar, lemon and orange) for the preparation of spirulina madeleine using response surface methodology. Spirulina was added at a level of 3.5-6.0 g, sugar powder, at 40-60 g, while lemon and orange peel were included at a level of 0-8 g. The optimum mixing rates of spirulina powder, sugar powder, lemon and orange were 3.5, 40, 0, and 8 g for overall quality and 3.52, 54.42, 0, and 8 g for maximum score of overall organoleptic quality, respectively.

Key Words: Madeleine, Spirulina, Response surface methodology

1. 서 론

우리나라는 산업기술의 발달과 경제수준의 향상으로 사회 구조가 조직적으로 발달되면서 식생활 형태가 변화하여 식품문화의 간편화, 단순화, 외식화가 이루어지고 있으며 식사 및 간식대용으로 과자 및 빵류에 대한 수요가 증가되고 있다. 그 중에서도 마들렌, 머핀과 같은 제과제빵제품은 완전식품으로 불리는 달걀이나 우유 등을 혼합해서 구워내기 때문에 영양가가 풍부하여 식사대용과 간식으로 많이 소비되고 있으며, 비교적 제빵하기 쉬운 편리성으로 인해 다른 부재료의 첨가가 용이하여 다양한 제품으로 제조할 수 있다 (Im 등 1998; Jeon 등 2003). 최근에는 검은콩 청국장 가루를 첨가한 마들렌(Jang 2007), 흑미가루 첨가 쿠키(Lee & OH 2006), 쥐눈이콩 첨가 냉동쿠키(Ko & Joo 2005), 보리 도정 겨의 첨가 머핀(Kim & Lee 2004), 감초 추출물을 첨가한 머핀(Kim 등 2004), 포도씨 추출분말과 같은 기능성 물질을 첨가한 머핀(Joo 등 2004)에 대한 연구 등이 보고되고 있다. 한편, 경제성장과 해외문화 도입으로 인한 식생활의 서구화로 인해 현대인들에게는 비만, 심순환계 질환과 암의 발병률이 증가하고 있다. 따라서 이들 질환들의 예방과 치료에 도움을 줄 수 있는 생리활성을 지닌 다양한 기능성 식품의 개발이 현대 식품사업의 주된 과제로 떠오르고 있다(Bilyk & Sapers 1985; Jeon 등 2002).

기능성 소재로서의 스피루리나(Spirulina)는 지구상에서

가장 오래된 조류(algae)의 하나로 약 30억년의 역사를 가지고 있다. 스피루리나와 클로렐라와 같은 조류들은 인류의 좋은 식량으로 사용되어 왔고, 생물학적 활성을 갖는 물질을 함유하고 있어 기능성 식품으로 활용되고 있다(Kay 1991; Yang 등 1997). 스피루리나에는 단백질이 55-70%, 지방이 6-9%, 탄수화물이 15-20% 함유되어 있고 다량의 무기질, 비타민, 섬유질 및 색소성분을 함유하고 있다(Kay 1991). 스피루리나는 단백질 함량이 높을 뿐 아니라 8가지 필수아미노산을 포함하고 있으며, 지질성분 중에는 free-fatty acid가 70-80%에 달하고 linoleic acid, γ -linolenic acid 등의 지방산이 큰 비중을 차지하고 있다(Mahajan & Kamat 1995). 탄수화물로는 포도당, 람노스, 만노스, 자일로스 등이 있고, 색소 성분으로는 등황색의 카로티노이드, 녹색의 클로로필, 청색의 피코시아닌 등을 가지고 있다(Ciferri 1983). 피코시아닌은 최근 연구가 활발한 색소 성분 중의 하나로 남조류에만 함유된 청색 색소로서 인간과 동물의 담즙 색소와 같이 지방의 소화를 돕는 작용을 하며(Ciferri 1983; Kay 1991), 항산화능을 증진시킬 뿐 아니라 항염증 작용(Kay 1991, Pinero Estrada 2001)을 한다고 보고되고 있다. 또한 스피루리나는 많은 비타민과 무기질을 포함하고 있다. 특히 비타민 B₁₂와 항산화제 역할을 하는 phenolic acid, tocopherols, β -carotene를 다량 함유하고 있다(Herbert & Drivas 1982; Miranda 등 1998). Kapoor & Mehta(1998)는 스피루리나에 함유되어 있는 철

*Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon, Korea
Tel: 82-42-821-6837 Fax: 82-42-821-8887 E-mail: mrkim@cnu.ac.kr

분의 흡수율은 계란의 철분과 비슷하다고 보고했으며, 스피루리나의 프로스타글란딘은 혈소판의 응집을 막아주고, 혈액순환을 향상시키며 항염증 작용을 한다고 알려져 있다. 이처럼 스피루리나에 대한 여러 생리활성에 대한 연구가 보고되어 천연의 기능성 식품 소재로서의 이용가치가 높고, 다방면에서의 이용 가능성이 높으나 현재 대부분 건강식품으로 제조섭취하여 섭취대상이 한정되어 식생활에 응용되는 실질적인 연구는 미비한 수준이다. 이에 본 연구에서는 건강 기능성이 뛰어난 스피루리나를 첨가하여 마들렌을 제조하기 위해 반응표면분석법에 의한 마들렌 제조 최적조건을 얻고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

마들렌의 재료로는 스피루리나 원말((주)ES 바이오텍), 박력분(제일제당), 슈가파우더(삼선식품), 버터(서울우유), 베이킹파우더(신진식품), 달걀(반석농장), 오렌지(미국), 레몬(미국)을 사용하였다.

2. 스피루리나 마들렌의 제조

스피루리나 원말을 첨가한 마들렌의 배합비는 <Table 1>과 같다. 마들렌의 제조는 일반 마들렌 제조방법에 준하여 밀가루, 스피루리나 원말, 베이킹파우더는 체질하여 두고, 달걀에 슈가파우더를 넣고 반죽기(Kitchen Aid, MODEL K5SS, USA)로 3분간 거품을 낸 후 체질한 재료들을 넣어 1분간 더 반죽하였다. 반죽에 녹인 버터를 넣어 잘 섞고, 완성한 반죽은 30분간 휴지시킨다. 반죽을 틀에 80 g씩 취하여 180°C로 예열된 오븐에서 20분간 구워 낸 후 꺼내어 상온에서 방냉하여 시료로 사용하였다.

3. 실험계획 및 분석

마들렌의 특성에 영향을 미치는 요인인 스피루리나 원말, 슈가파우더, 레몬, 오렌지를 주요 변수로 하여 반응표면분석법(Response Surface Methodology: RSM)으로 최적화하였다. 중심합성계획법으로 실험을 설계하여 스피루리나 원말(X_1), 슈가파우더(X_2), 레몬(X_3), 오렌지(X_4)를 독립변수

<Table 1> Normal composition and increment of spirulina madeleine formula

Ingredient	Weight(g)	Increment(g)
Spirulina powder	5.0	±1.5
Sugar powder	50	±10
Lemon	4	±4
Orange	4	±4
Flour	50	-
Butter	50	-
Egg	50	-
Baking powder	0.8	-

<Table 2> Variations and their level or central composition design of spirulina madeleine

Variables	Code	Coded-Variable levels		
		-1	0	1
Spirulina powder(g)	X_1	3.5	5.0	6.5
Sugar powder(g)	X_2	40	50	60
Lemon(g)	X_3	0	4	8
Orange(g)	X_4	0	4	8

(X_n)로 하고 <Table 2>와 같이 -1, 0, +1의 3단계로 부호화하였다. 즉, 스피루리나 원말의 함량(3.5, 5.0, 6.5 g), 슈가파우더의 함량(40, 50, 60 g), lemon 첨가량(0, 4, 8 g), orange 첨가량(0, 4, 8 g)을 달리하여 마들렌을 제조하였다. 마들렌의 품질 특성으로 예상되는 색도(L, a, b), 기계적 특성(Springiness, cohesiveness, Chewiness, gumminess, hardness), 관능적 특성(전체적인 수용도, 구입의향)을 종속변수로 하였다.

4. 색도 측정

마들렌의 색도는 마들렌 내부의 색을 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. LTD., Japan)를 사용하여 L(Lightness), a(Redness), b(Yellowness)값을 측정하였고, 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 90.45, 0.13, 3.38이었다.

5. 조직감 측정

마들렌의 조직감 측정은 마들렌의 내부를 동일한 크기로 잘라 Texture analyser(TA/XT2, Microstable Systems co., England)를 사용하여 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 검성(Gumminess), 경도(Hardness)를 산출하였다. 한 처리군당 4개의 시료를 이용하여 각각 4회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 측정조건은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Operating condition of Texture Analyzer for spirulina madeleine

Operating conditions	
File type	10 g
Acquisition rate	200 pps
Contact area	490.62 mm ²
Contact force	5.0 g
Pre-test speed	5.0 mm/s
Test speed	5.0 mm/s
Post-test speed	5.0 mm/s
Strain	70%
Time	2.0 sec
Trigger type	Auto 10 g

<Table 4> Effect of preparing condition of spirulina madeleine on color, texture different coded values of treatment conditions

Exp. No	Experimental factor								Response factor									
	Real value (g)				Coded variables				Color			Texture				Sensory		
	Spirulina powder (g)	Sugar powder (g)	Lemon (g)	Orange (g)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	L value	a value	b value	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Hardness	Overall acceptability	Purchase	
1	3.5	40	0	8	-1	-1	-1	1	30.40 ^{cd 1)}	-1.53 ^{lm}	13.15 ^d	0.813 ^{ab}	0.419 ^{bcde}	2109.4 ^{ab}	5023.6 ^{abc}	5.9 ^a	6.3 ^a	
2	3.5	60	8	8	-1	1	1	1	34.27 ^a	-1.77 ^{ijk}	14.79 ^b	0.778 ^{de}	0.430 ^{bc}	1409.2 ^{def}	3268.0 ^{ghij}	5.0 ^{abcde}	5.0 ^{abc}	
3	5.0	50	0	4	0	0	-1	0	31.73 ^b	-2.27 ^{bc}	13.84 ^c	0.806 ^{ab}	0.473 ^a	2370.0 ^a	5005.5 ^{abc}	5.3 ^{abcd}	5.7 ^a	
4	3.5	60	0	8	-1	1	-1	1	34.16 ^a	-1.49 ^{lmn}	14.59 ^b	0.803 ^{ab}	0.447 ^b	1634.8 ^{cde}	3656.9 ^{fghi}	5.7 ^{ab}	5.9 ^a	
5	5.0	50	8	4	0	0	1	0	31.46 ^{bc}	-1.94 ^{fghi}	13.66 ^c	0.772 ^e	0.406 ^{cde}	1320.6 ^{efg}	3252.7 ^{ghij}	4.9 ^{abcde}	5.0 ^{abc}	
6	5.0	50	4	4	0	0	0	0	29.82 ^{def}	-1.92 ^{ghi}	12.82 ^{ef}	0.770 ^e	0.393 ^{efgh}	1786.0 ^{bcd}	4551.0 ^{bcde}	5.0 ^{abcde}	4.9 ^{abc}	
7	5.0	50	4	8	0	0	0	1	28.72 ^{fg}	-1.68 ^{ikl}	11.95 ⁱ	0.795 ^{bcd}	0.408 ^{cde}	1457.4 ^{def}	3571.0 ^{fghi}	5.0 ^{abcde}	5.3 ^{abc}	
8	6.5	60	0	8	1	1	-1	1	28.95 ^{efg}	-2.30 ^{bc}	11.96 ⁱ	0.796 ^{bcd}	0.423 ^{bcd}	1459.3 ^{def}	3454.8 ^{ghij}	5.4 ^{abc}	5.6 ^{ab}	
9	3.5	50	4	4	-1	0	0	0	34.28 ^a	-1.25 ^o	15.12 ^a	0.772 ^e	0.424 ^{bcd}	1676.8 ^{cde}	3949.2 ^{defg}	5.1 ^{abcde}	5.4 ^{abc}	
10	6.5	40	0	0	1	-1	-1	-1	25.91 ^j	-2.35 ^b	11.31 ^k	0.803 ^{ab}	0.389 ^{fgh}	2020.7 ^{ab}	5170.7 ^{ab}	3.7 ^e	3.9 ^{bc}	
11	6.5	40	0	8	1	-1	-1	1	26.81 ^{ij}	-2.23 ^{bcd}	11.45 ^{jk}	0.769 ^e	0.375 ^{hij}	1768.8 ^{bcd}	4706.6 ^{abcd}	4.3 ^{bcde}	4.7 ^{abc}	
12	6.5	50	4	4	1	0	0	0	24.87 ^k	-2.04 ^{defg}	10.45 ^m	0.769 ^e	0.399 ^{defgh}	1540.7 ^{de}	3836.2 ^{efg}	5.0 ^{abcde}	5.3 ^{abc}	
13	6.5	40	8	0	1	-1	1	-1	24.05 ^{kl}	-1.75 ^{ijk}	9.82 ^o	0.779 ^{de}	0.393 ^{efgh}	2130.3 ^{ab}	5410.7 ^a	4.3 ^{bcde}	4.7 ^{abc}	
14	3.5	40	0	0	-1	-1	-1	-1	30.00 ^{de}	-1.45 ^{mno}	12.67 ^f	0.809 ^{ab}	0.425 ^{bcd}	2256.6 ^a	5314.6 ^{ab}	4.4 ^{abcde}	4.7 ^{abc}	
15	6.5	60	8	0	1	1	1	-1	27.11 ^{hi}	-2.31 ^{bc}	10.99 ^l	0.772 ^e	0.418 ^{bcde}	1421.5 ^{def}	3397.9 ^{ghij}	4.9 ^{abcde}	5.1 ^{abc}	
16	5.0	60	4	4	0	1	0	0	29.27 ^{def}	-2.17 ^{bcde}	12.23 ^{gh}	0.797 ^{bcd}	0.432 ^{bc}	1447.2 ^{def}	3354.4 ^{ghij}	4.3 ^{bcde}	4.7 ^{abc}	
17	3.5	40	8	8	-1	-1	1	1	29.50 ^{def}	-1.30 ^{no}	12.36 ^g	0.820 ^a	0.357 ^{jk}	1272.4 ^{efg}	3503.5 ^{fghi}	4.3 ^{bcde}	4.6 ^{abc}	
18	3.5	40	8	0	-1	-1	1	-1	28.76 ^{fg}	-1.45 ^{mno}	12.03 ^{hi}	0.804 ^{ab}	0.343 ^k	991.0 ^g	2864.2 ^{ij}	4.9 ^{abcde}	5.0 ^{abc}	
19	5.0	40	4	4	0	-1	0	0	27.20 ^{hi}	-1.63 ^{klm}	11.35 ^k	0.770 ^e	0.337 ^k	1052.7 ^{fg}	3112.4 ^{ghij}	3.9 ^{de}	3.7 ^c	
20	6.5	60	0	0	1	1	-1	-1	26.37 ^{ji}	-2.61 ^a	10.13 ⁿ	0.793 ^{bcd}	0.428 ^{bcd}	1559.9 ^{de}	3649.7 ^{fghi}	4.0 ^{cde}	3.7 ^c	
21	3.5	60	0	0	-1	1	-1	-1	31.47 ^{bc}	-1.83 ^{hij}	13.16 ^d	0.800 ^{abc}	0.416 ^{cde}	1415.1 ^{def}	3399.9 ^{ghij}	4.6 ^{abcde}	4.7 ^{abc}	
22	6.5	60	8	8	1	1	1	1	28.00 ^{gh}	-2.12 ^{cdef}	11.70 ^j	0.748 ^f	0.362 ^{ijk}	1053.7 ^{fg}	2911.8 ^{hij}	4.4 ^{abcde}	5.3 ^{abc}	
23	5.0	50	4	0	0	0	0	-1	30.12 ^d	-2.15 ^{bcde}	13.06 ^{de}	0.781 ^{cde}	0.412 ^{cde}	1777.8 ^{bcd}	4307.7 ^{cdef}	4.7 ^{abcde}	4.7 ^{abc}	
24	6.5	40	8	8	1	-1	1	1	23.62 ^l	-1.31 ^{no}	8.71 ^p	0.793 ^{bcd}	0.358 ^{jk}	1346.3 ^{efg}	3750.0 ^{efgh}	4.0 ^{cde}	4.6 ^{abc}	
25	5.0	50	4	4	0	0	0	0	28.76 ^{fg}	-1.97 ^{efgh}	11.52 ^{jk}	0.778 ^{de}	0.387 ^{ghi}	1457.8 ^{def}	3754.3 ^{efgh}	4.6 ^{abcde}	4.9 ^{abc}	
26	3.5	60	8	0	-1	1	1	-1	33.27 ^a	-2.23 ^{bcd}	14.70 ^b	0.803 ^{ab}	0.421 ^{bcde}	1102.0 ^{fg}	2612.7 ^{ij}	4.4 ^{abcde}	4.9 ^{abc}	

^{1)a-p}Different superscripts within a same row are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

6. 관능적 특성

스피루리나 마들렌의 관능적 특성을 관찰하기 위해 품질 차이를 구별할 수 있는 충남대학교 식품영양학과 대학생 및 대학원생 10명을 패널요원으로 선발하여 7점 평점법을 사용하여 관능검사를 수행하였다. 관능적 특성으로는 전반적인 수용도(1점: 매우 나쁘다, 7점: 매우 좋다), 구입의향(1점: 구입하고 싶지 않다, 7점: 항상 구입하고 싶다)에 대해 관능검사원 10명에게 26개의 시료를 한 번에 5-6개씩 제시하여 5번에 걸쳐 평가를 실시하였다. 시료는 실온에서 방냉한 후 균일한 크기로 잘라서 백색의 접시에 담아 물과 함께 제시하였다.

7. 통계분석

모든 자료는 Design-Expert 7.0.3 Trial을 이용하여 반응표면분석을 실시하였으며, 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

스피루리나를 첨가한 마들렌 제조조건의 최적화를 목적으로 실시한 중심합성 계획에 따른 네 가지 독립변수의 26가지 조건에서 얻어진 물리적 특성과 관능적 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 반응변수 중 물리적 특성에서 유의성이 인정된 L(Lightness)값, a(Redness)값, b(Yellowness)값과 탄력성(spinginess), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 경도(hardness), 관능적 특성에서 전반적인 수용도(overall acceptability), 구입의향(purchase)의 결과를 바탕으로 주어진 조건에서의 변화 특성을 알아보고자 하였다.

1. 색도

스피루리나 원말의 첨가량별로 비교하면 스피루리나 원말의 첨가량이 증가할수록 L, a, b값이 점점 감소하는 경향을

나타내었다(Table 4). 슈가파우더 함량별로 보면 슈가파우더 함량이 증가할수록 L값이 증가하는 경향을 나타냈다(Table 4). 이와 같은 결과는 스피루리나의 녹색을 띠는 클로로필 색소가 스피루리나 마들렌의 L값, a값에 영향을 준 것으로 사료된다. 시금치가루를 첨가한 머핀연구에서도 L값과 a값에 대해 영향을 주는 인자는 시금치가루의 함량이라고 보고하였고(Joo 2006), 수수가루 첨가 머핀연구에서도 수수가루의 첨가량이 증가할수록 어두운 색을 나타낸다고 보고하였다(Im 등 1998). 슈가파우더 함량별로 보면 슈가파우더 함량이 증가할수록 L값이 증가하는 경향을 나타냈다(Table 4). 이와 같은 결과는 슈가파우더의 흰색이 스피루리나 마들렌의 L값에 영향을 준 것으로 생각된다. L값, a값, b값의 회귀분석에 대한 결정계수 R²은 0.827, 0.713, 0.713로서 높게 나타났으며 적합도는 모두 유의수준 0.1%에서 유의한 결과를 보여주었다(Table 5). <Figure 1-3>은 마들렌의 L값, a값과 b값 대해 교호작용을 3차원 그래프로 나타난 것으로 스피루리나와 슈가파우더의 관계를 보면 슈가파우더 양이 증가할수록 L값과 a값이 커지는 경향을 보였다. 스피루리나와 슈가파우더의 관계에서 스피루리나 원말 3.5 g, 슈가파우더 60 g일 때 L값이 최대점을 나타내었고, 각각 6.5, 40 g일 때 최저점을 나타내었다. a값에 대해서 스피루리나 원말 6.5 g, 슈가파우더 40 g일 때 최저점을 나타내었고, 각각 3.5, 60 g일 때 최고점을 나타내었다. 이와 같은 결과를 종합해보면 스피루리나 원말의 양이 증가할수록 L값과 a값이 감소하는 경향을 보였다. 마찬가지로 슈가파우더의 양이 증가할수록 L값은 증가하고, a값은 증가하는 경향을 보였고, 스피루리나의 첨가량이 5 g 이상이 되면 슈가파우더에 따른 a값의 차이가 크지 않은 경향을 보였다.

2. 기계적 조직감 특성

스피루리나 원말의 첨가량별로 비교하면 스피루리나 원말의 첨가량이 증가할수록 탄력성, 응집성은 유의적 차이가 없었고, 검성, 경도는 스피루리나 원말의 첨가량이 증가함에

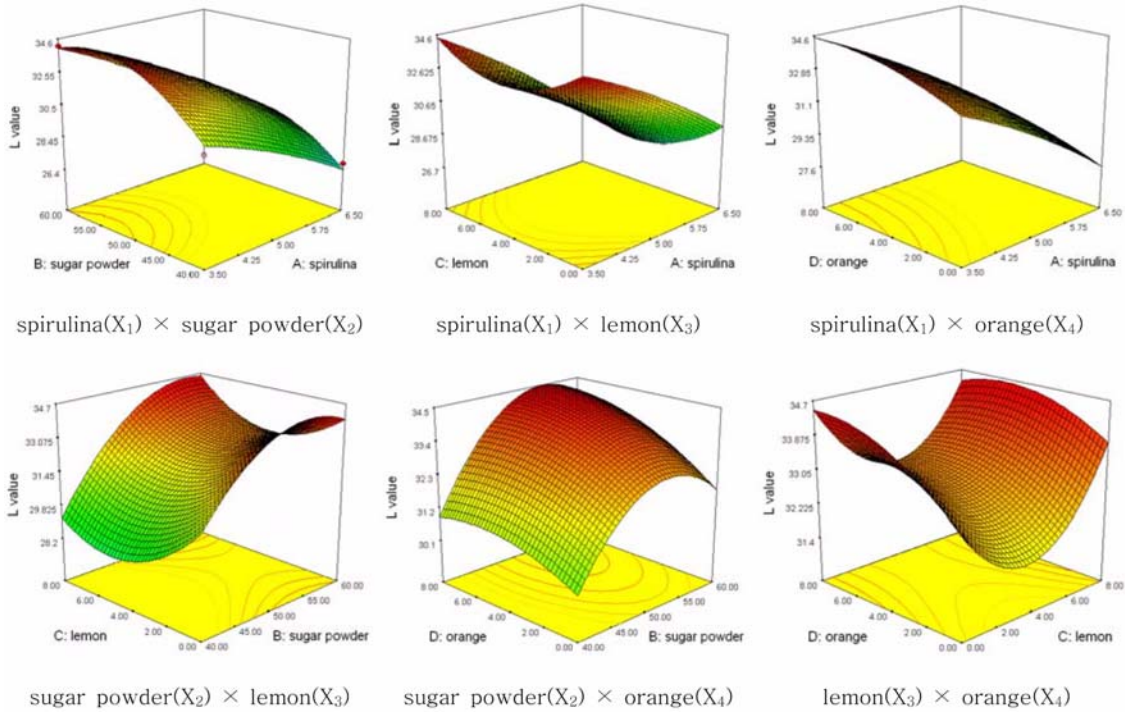
<Table 5> Polynomial equations calculated by RSM program for mixing of spirulina madeleine

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ² ²⁾	p value
L value	Y ₁ =29.188-2.801X ₁ +1.479X ₂ -0.320X ₃ +0.409X ₄	0.827	0.000***
a value	Y ₂ =-1.887-0.262X ₁ -0.213X ₂ +0.104X ₃ +0.133X ₄	0.713	0.000***
b value	Y ₃ =12.289-1.447X ₁ +0.633X ₂ -0.194X ₃ +0.155X ₄	0.713	0.000***
Springiness	Y ₄ =0.788-0.010X ₁ -0.004X ₂ -0.007X ₃ -0.002X ₄	0.379	0.033*
Cohesiveness	Y ₅ =0.403-0.008X ₁ +0.021X ₂ -0.017X ₃ -0.004X ₄	0.547	0.002**
Gumminess	Y ₆ =1570.692+24.106X ₁ -135.861X ₂ -252.644X ₃ -64.644X ₄	0.450	0.011*
Hardness	Y ₇ =3876.538+149.767X ₁ -508.344X ₂ -467.267X ₃ -126.772X ₄	0.573	0.001**
Overall acceptability	Y ₈ =4.692-0.239X ₁ +0.167X ₂ -0.122X ₃ +0.228X ₄	0.365	0.041*
Purchase	Y ₉ =4.935-0.200X ₁ +0.150X ₂ -0.056X ₃ +0.328X ₄	0.340	0.058

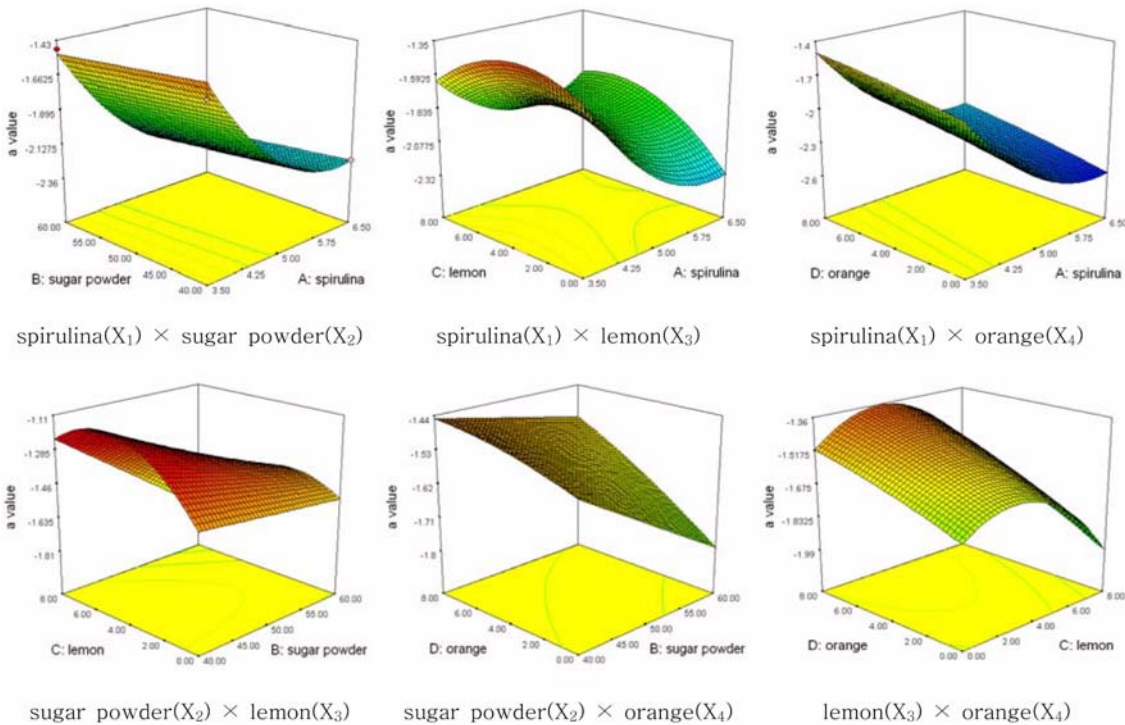
¹⁾X₁ is Spirulina content, X₂ is Sugar powder content, X₃ is Lemon content, X₄ is Orange content and Y1-Y9 are intensity score of the attributes.

²⁾R² is coefficient of determination.

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



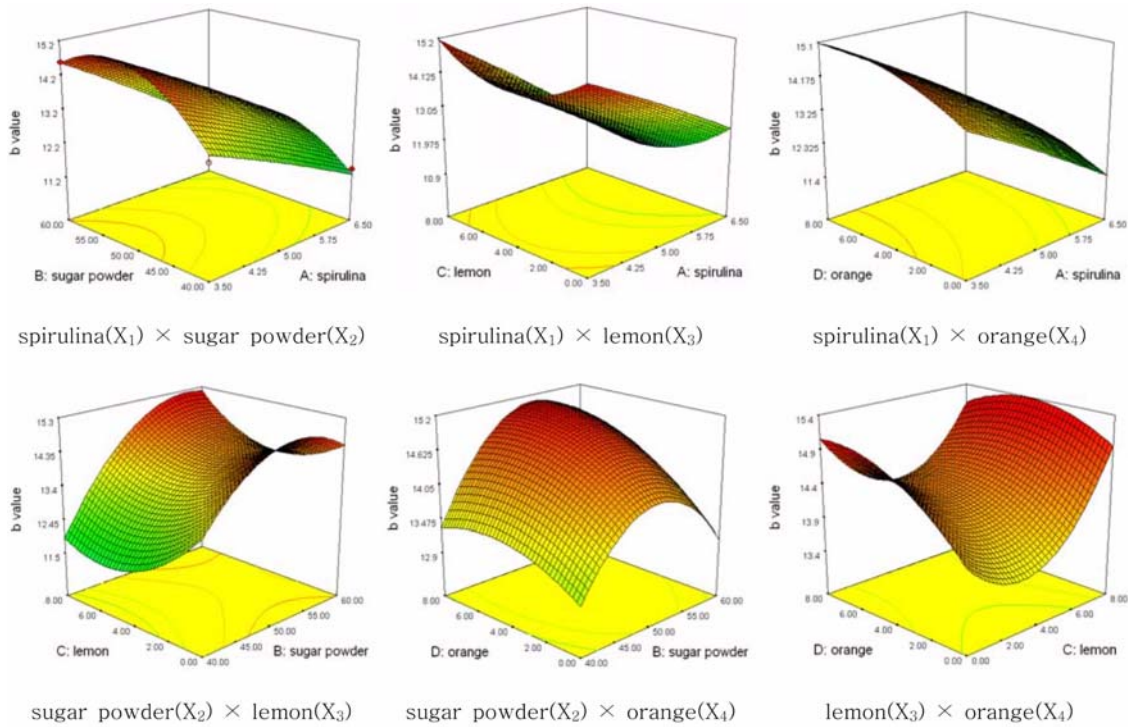
<Figure 1> Response surface for L value of spirulina madeleine



<Figure 2> Response surface for a value of spirulina madeleine

따라 증가하는 경향을 보였다(Table 4). 검은콩 청국장 가루를 첨가한 마들렌에서도 첨가량이 증가함에 따라 경도가 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다(Jang 2007). 빵의 경도에 미치는 요인은 수분 함량, 기공의 발달 정도이며, 빵의 감촉에 영향을 미치는 인자 중 수

분 함량이 높을수록 촉촉하고 부드러우며 빵의 노화를 감소시킨다고 보고되었으며(Jung 등 1999), 케이크의 경우에도 수분 함량이 많을수록 부드럽고 단백질 함량이 증가할수록 덜 부드럽다고 하였다(Kawasome & Yamano 1990), 이처럼 단백질이 풍부한 스피루리나 원말의 첨가가 마들렌의 감



<Figure 3> Response surface for b value of spirulina madeleine

성과 정도에 영향을 주었다고 사료된다. 슈가파우더 함량별로 보면 슈가파우더 함량이 증가할수록 탄력성은 차이를 보이지 않았고, 응집성과 검성은 증가하고, 경도는 감소하는 경향을 나타냈다<Table 4>. 탄력성에 대한 회귀분석에 대한 결정계수 R^2 은 0.379로 낮게 나타나 정확도가 떨어지며 적합도는 유의수준 5%에서 유의적인 결과를 보여주었고, 응집성에 대한 결정계수 R^2 은 0.547로 낮게 나타났으며 적합도는 유의수준 5%에서 유의적인 결과가 나타났다. 검성에 대한 결정계수 R^2 은 0.450으로 정확도가 떨어지며 적합도는 유의수준 5%에서 유의적인 결과가 나타났고, 경도에 대한 결정계수 R^2 은 0.573으로 낮게 나타났으며 적합도는 유의수준 1%에서 유의적인 결과가 나타났다<Table 5>. 이와 같은 결과에서 슈가파우더가 마들렌의 응집성, 검성, 경도에 영향을 주었다고 사료된다. 슈가파우더의 양이 증가할수록 응집성과 검성이 증가하여 마들렌이 잘 부스러지지 않으나 경도는 감소하여 부드러운 마들렌의 제조가 가능하다고 사료된다. <Figure 4-7>은 각각 마들렌의 기계적인 조직감에 유의적인 영향을 미치는 탄력성, 응집성, 검성, 경도에 대해 네 요인의 첨가에 따른 영향을 나타낸 것이다.

3. 관능적 특성

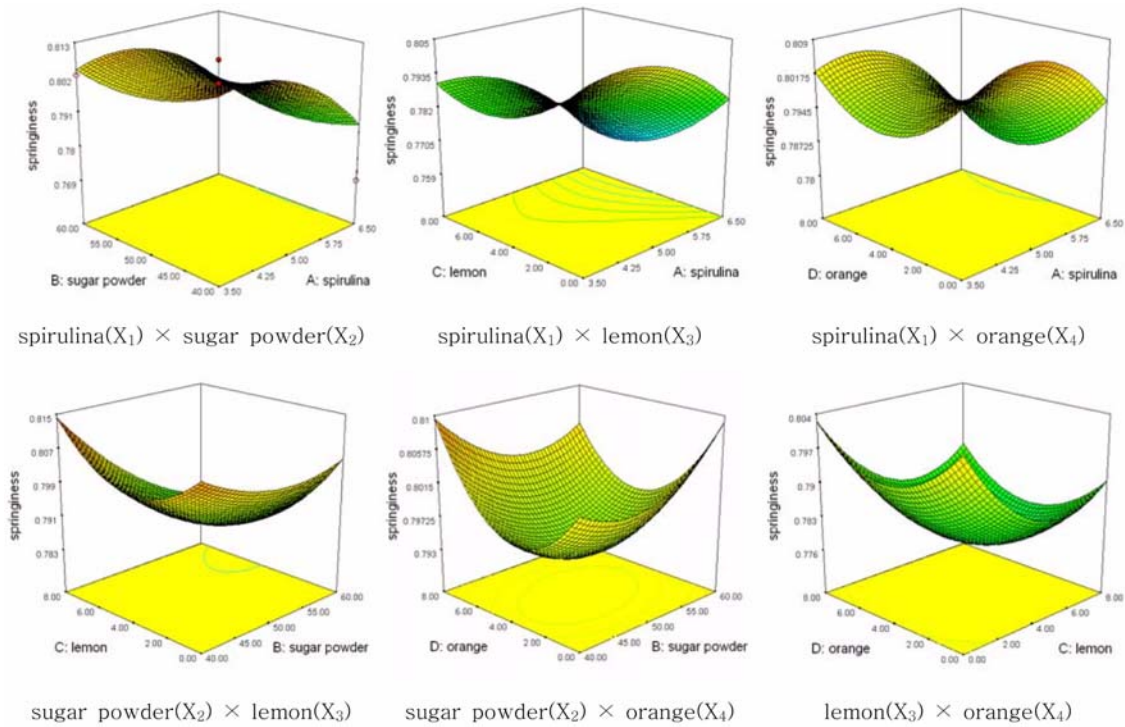
1) 전반적인 수용도

전반적인 수용도는 스피루리나 원말, 슈가파우더, 레몬, 오렌지 함량이 각각 3.5, 40, 0, 8 g에서 5.9로 가장 높은 수용도가 나타났고, 6.5, 40, 0, 0 g에서 3.7로 가장 낮게

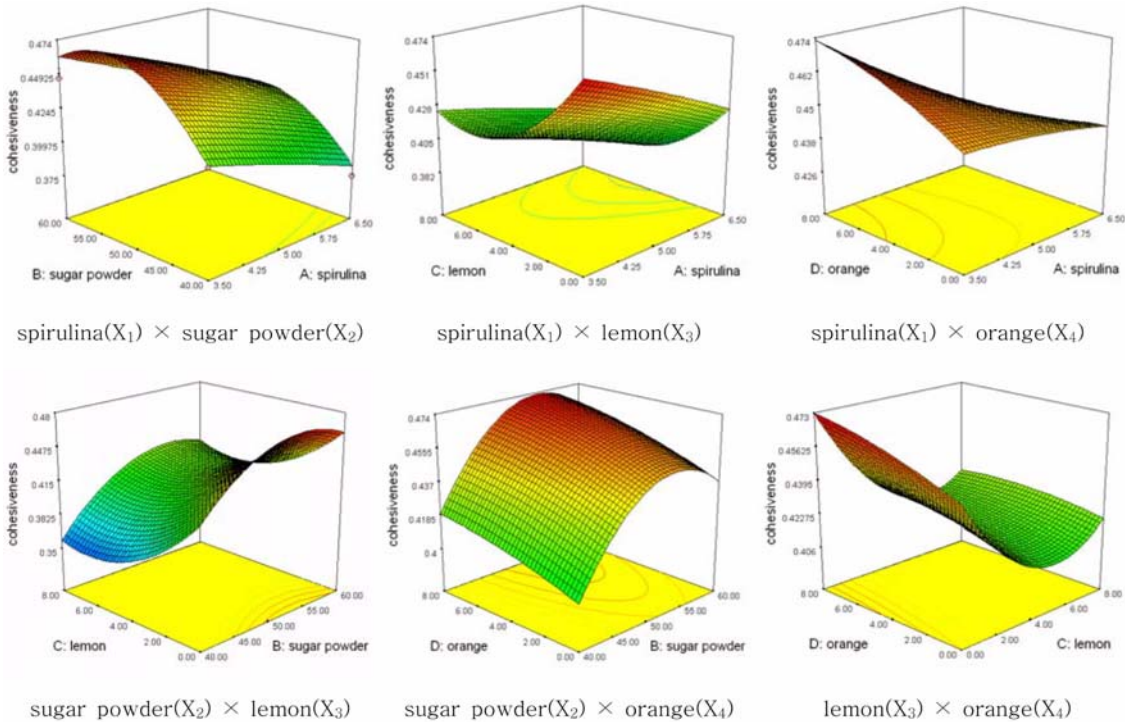
나타났다<Table 4>. 전반적인 수용도 평가 결과, 3.7-5.9 점의 범위로 편차가 커서 전반적인 수용도에 대한 결정계수 R^2 은 0.365로 정확도가 떨어지며 적합도는 유의수준 5%에서 유의적인 결과가 나타났으나<Table 5> 평균 4.7점으로 보통 이상의 점수를 받았다. 스피루리나 원말 첨가 마들렌의 전반적인 수용도에 대해 스피루리나 원말의 첨가량이 가장 많은 영향을 준 것으로 사료된다. 뽕잎분말을 첨가한 머핀에 관한 연구(Ahn & Yuh 2004)에서도 1와 2% 첨가시 향미 및 전체적인 기호도가 높았으며, 3% 첨가시에는 점수가 낮았다. 스피루리나의 첨가량을 늘리면서 기호도를 올리기 위해서는 스피루리나 냄새에 대한 마스킹 연구가 필요할 것이다. 따라서 본 실험에서 향을 마스킹 할 수 있는 레몬과 오렌지를 첨가한 결과, 대체로 레몬향보다 오렌지향을 선호하는 것으로 나타났다<Figure 8>. 또한 슈가파우더 50 g을 첨가한 마들렌이 가장 높은 점수를 얻었다.

2) 구입의향

구입의향은 스피루리나 원말, 슈가파우더, 레몬, 오렌지 함량이 각각 3.5, 40, 0, 8 g에서 6.3으로 가장 높은 구입의향이 나타났고, 5.0, 40, 4, 4 g 또는 6.5, 60, 0, 0 g에서 3.7로 가장 낮게 나타났다<Table 4>. 구입의향 평가 결과, 3.7-6.3점의 범위로 편차가 커서 구입의향에 대한 결정계수 R^2 은 0.340으로 정확도가 떨어지나<Table 5>, 평균 4.9점으로 '간혹 먹거나, 좋아하므로 가끔 먹겠다' 수준의 평가를 받았다. 이 같은 결과는 스피루리나 원말 첨가 마



<Figure 4> Response surface for springiness of spirulina madeleine

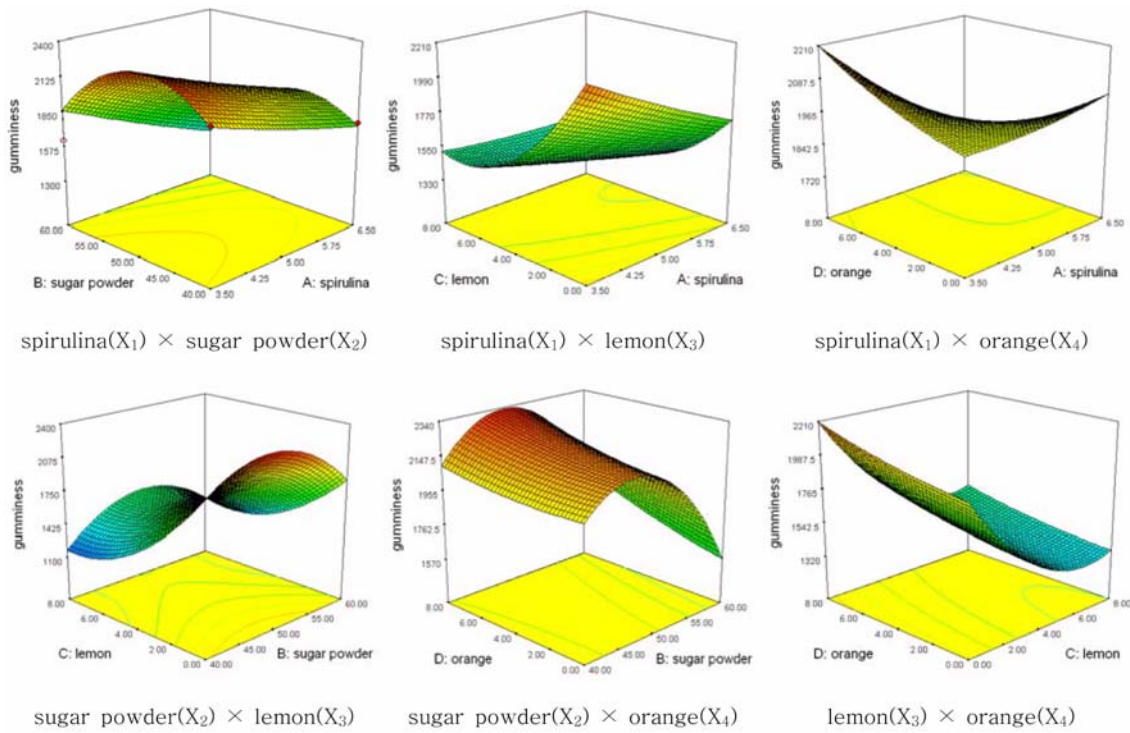


<Figure 5> Response surface for cohesiveness of spirulina madeleine

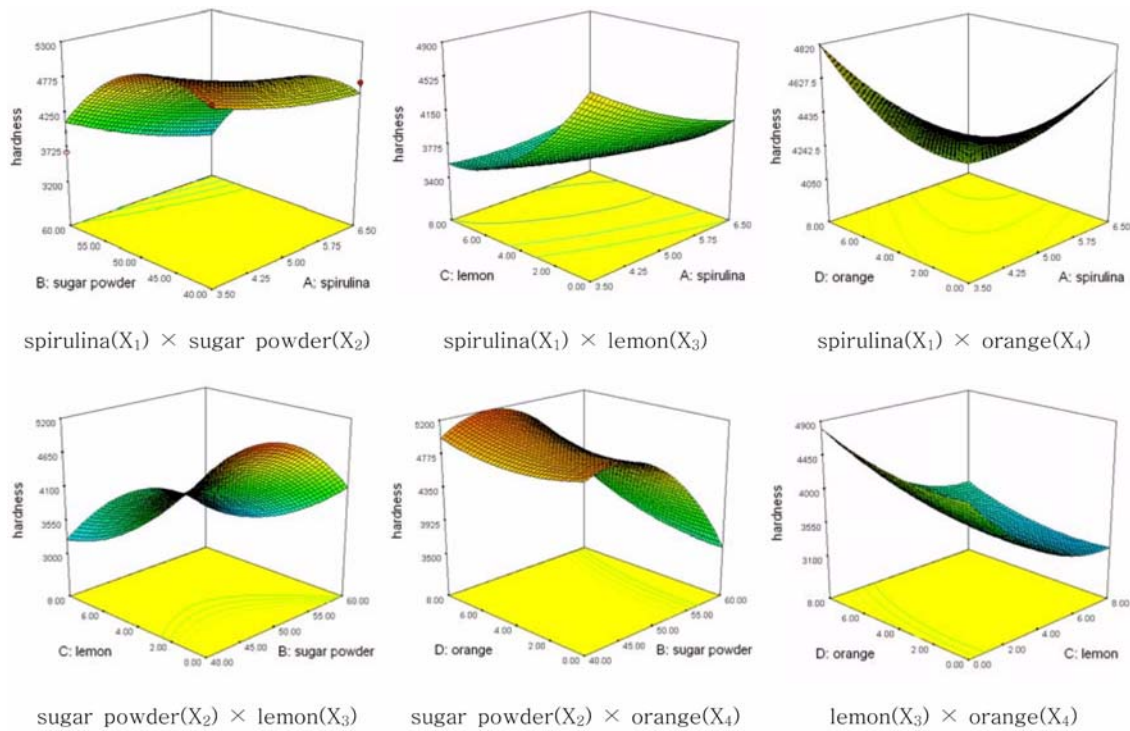
들렌의 구입의향에 대해 전반적인 기호도와 마찬가지로 스피루리나 원말의 첨가량이 가장 많은 영향을 준 것으로 생각되고, 그 다음이 향으로 대체로 레몬향보다 오렌지향을 선호하는 것으로 나타났다<Figure 9>. 또한 슈가파우더 50g을 첨가한 마들렌이 가장 높은 점수를 얻었다.

4. 최적조건의 선정

반응표면분석법은 그래프로 최적조건을 결정하는 방법이므로, 각 항목별 최적조건은 등고선 그래프의 최적 배합 구역 내에서 가장 중앙에 위치한 점으로 이 점이 3차원 그래프의 정상점이라고 할 수 있다(Ko & Joo 2005). 스피루리



<Figure 6> Response surface for gumminess of spirulina madeleine

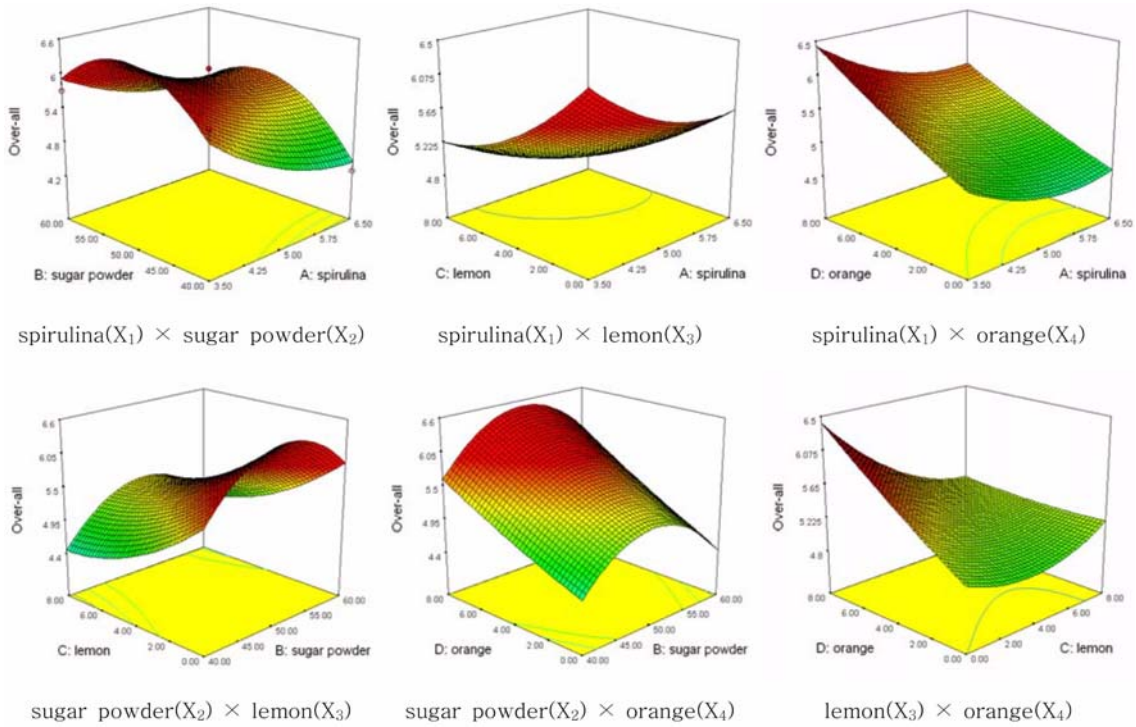


<Figure 7> Response surface for hardness of spirulina madeleine

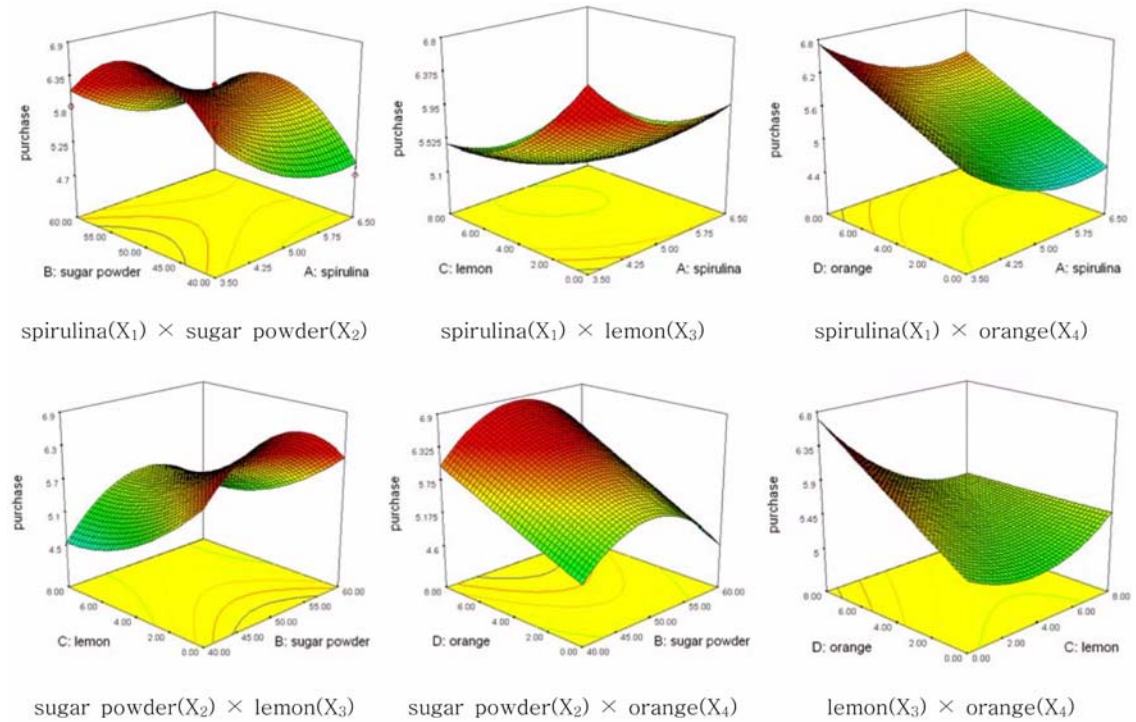
나 마들렌의 최적점을 결정하기 위해 관능적 요인을 중심으로 물리적으로 유의적 차이가 있는 요인을 선정하여 최적점을 산출하였다. 스피루리나 원말은 3.52 g, 슈가파우더는 54.42 g, 레몬은 0 g, 오렌지는 8 g에서 최적조건을 나타내었다. 최적조건을 나타낸 그래프는 <Figure 10>과 같다.

IV. 요약

스피루리나 원말을 첨가하여 마들렌의 영양성과 기호성을 개선하기 위해 스피루리나 원말의 첨가량, 슈가파우더의 첨가량, 레몬과 오렌지의 첨가량을 달리하여 반응표면분석법



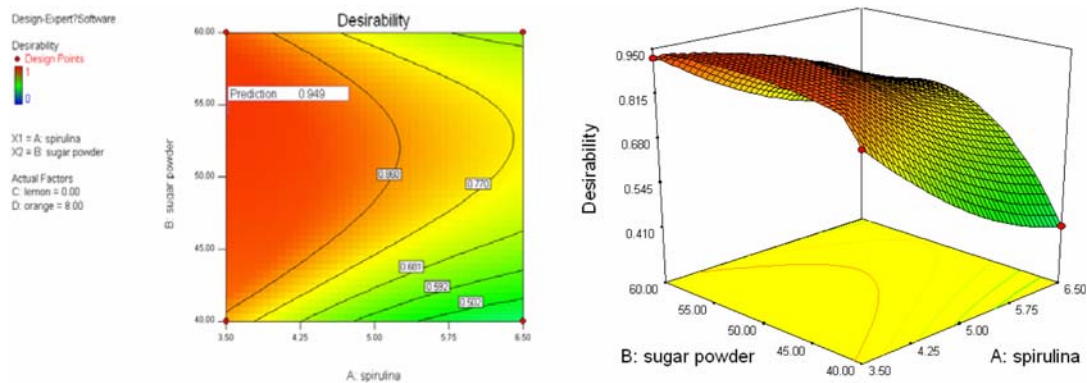
<Figure 8> Response surface for Overall acceptability of spirulina madeleine



<Figure 9> Response surface for purchase of spirulina madeleine

으로 최적화하여 최적조건을 구하고자 하였다. 마들렌의 L 값과 a값에 대한 배합비의 영향은 스피루리나 원말의 함량이 가장 높았고, 그 다음으로 슈가파우더의 함량도 영향을 주는 인자로 나타났다. 검성과 경도에 영향을 미치는 요인에는 스피루리나 원말과 슈가파우더 함량이었다. 스피루리

나 원말 첨가 마들렌의 전반적인 수용도에 대한 관능조건은 스피루리나 원말 3.5 g, 슈가파우더 40 g, 레몬 0 g, 오렌지 8 g에서 가장 높은 점수를 나타내었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 스피루리나를 첨가하여 제조한 마들렌의 최적제조조건은 스피루리나 원말 3.52 g, 슈가파우더 54.42 g,



<Figure 10> Response surface for desirability of spirulina madeleine

레몬 0 g, 오렌지 8 g로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 2단계 BK21과 (주)ES바이오텍의 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

■ 참고문헌

Ahn CS, Yuh CS. 2004. Sensory evaluations of the muffins with mulberry leaf powder and their chemical characteristics. J. East Asian Soc. Dietary Life, 14(6):576-581.

Bilyk A, Sapers GM. 1985. Distribution of quercetin and kaempferol in lettuce, kale, chive, garlic chive, leek, horseradish, red radish, and red cabbage tissues. J. Agric Food Chem, 33(2): 226-232.

Ciferri O. 1983. Spirulina, the edible microorganism. Microbiol Rev., 47(4):551-578.

Herbert V, Drivas G. 1982. Spirulina and Vitamin B₁₂. J. AMA, 248(23):3096-3097.

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.

Jang JO. 2007. Quality properties of madeleine added with black bean *Chungkukjang* flour. J. East Asian Soc. Dietary Life, 17(6):840-845.

Jeon SY, Jeong SH, Kim HC, Kim MR. 2002. Sensory Characteristics of Functional Muffin Prepared with Ferulic acid and p-Hydroxybenzoic Acid. Korean J. Food Cookery Sci., 18(5):476-481.

Jeon SY, Kim HC, Kim MR. 2003. Quality Characteristics of Functional Muffins Containing Hesperetin. Korean J. 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. Korean J. Food Culture, 19(3):267-272.

Joo SY, Kim HJ, 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.

Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS. 1999. Effect of leek (*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of breads. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28(1):113-117.

Kapoor R, Mehta U. 1998. Supplementary effect of spirulina on hematological status of rats during pregnancy and lactation. Plant Foods for Human Nutrition, 52(4):315-324.

Kawasome S, Yamano Y. 1990. Effect of storage humidity on moisture and texture of butter sponge. J. Home Econ. Japan, 41(2):71-76.

Kay RA. 1991. Microalgae as food and supplement. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 30(6):555-573.

Kim JH, Lee YT. 2004. Effects of Barley Bran on the Quality of Sugar-Snap Cookie and Muffin. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33(8):1367-1372.

Kim YS, Choi HS, Woo IA, Song TH. 2004. The Effect on the Sensory and Mechanical Characteristics of Functional Muffin using Glycyrrhizae radix Extract. Korean J. Food Cookery Sci., 20(1):95-99.

Ko YJ, Joo NM. 2005. Quality Characteristics and optimization of iced cookie with the addition of *Jinuni* bean. Korean J. Food Cookery Sci., 21(4):514-527.

Lee JS, Oh MS. 2006. Quality characteristics of cookies with black rice flour. Korean J. Food Cookery Sci., 22(2):193-203.

Mahajan G, Kamat M. 1995. γ -linolenic acid production from spirulina platensis. Appl. Microbio and Biotechnol, 43(3): 466-469.

Miranda MS, Cintra R, Barros SBM, Mancini-Filbo J. 1998. Antioxidant activity of the microalga spirulina maxima. Brazilian J. Medical and Biological res., 31(8):1075-1079.

Pinero Estrada JE, Bermejo Descos P, Villar del Presno AM. 2001. Antioxidant activity of different fractions of spirulina platensis protean extract. Farmaco., 56(5-7):497-500.

Yang HN, Lee EH, Kim HM. 1997. Spirulina platensis inhibits anaphylactic reaction. Lif. Sci., 61(13):1237-1244.

(2008년 11월 6일 신규논문접수, 12월 8일 수정논문접수, 12월 9일 채택)