

반응표면분석법을 이용한 하수오 가루를 첨가한 쿠키의 제조조건 최적화

유 현 희 · 오 종 철

군산대학교 식품영양학과, *군산대학교 통계컴퓨터과학과

Optimization of Cookie Preparation by Addition of *Polygonum multiflorum* Radix Powder using Response Surface Methodology

Hyeon Hee Yu and Jong Chul Oh

Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

*Dept. of Statistics & Computer Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing ratios of three different ingredients of *Polygonum multiflorum* Radix powder, butter, and sugar for the development of recipe for cookies with *Polygonum multiflorum* Radix powder. Response surface methodology based on a five level and three variables by central composite design was employed to obtain the best possible combination for the ratios of *Polygonum multiflorum* Radix powder (X_1), butter (X_2), and sugar (X_3). The analytical results of the physical and mechanical properties for each sample including color L ($P<0.01$), color a ($P<0.01$), color b ($P<0.01$), spread ratio ($P<0.001$), and hardness ($P<0.001$) showed significant differences. The sensory measurements were significantly different in color ($P<0.05$), appearance ($P<0.05$), texture ($P<0.001$), flavor ($P<0.01$), taste ($P<0.01$), and overall quality ($P<0.001$). The optimal compositional ratios were determined to be 4.00 g for the *Polygonum multiflorum* Radix powder, 75.42 g for the butter, and 45.67 g for the sugar.

Key words: *Polygonum multiflorum* Radix powder, cookies, response surface methodology, optimization

서 론

생활양식이나 식습관의 변화에 따라 건강에 대한 소비자의 관심이 높아지면서, 식품의 선택 및 섭취에 있어 좀 더 가능성을 갖춘 식품을 선호하는 추세가 강해지고 있다. 과거의 제과에 관한 연구들이 주재료와 부재료의 역할과 맛이나 영양 및 경제성의 향상을 목적으로 하는데 중점을 두었다면, 오늘날에는 천연재료를 첨가하여 가능성을 부여한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 쿠키류에도 기능성 소재를 첨가한 쿠키에 관한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 그 중에서도 약용식물을 이용한 연구에는 감국(Bae 등 2009), 갈근(Lee 등 2008), 구기자(Park 등 2005), 당귀(Choi SH 2009), 울금(Choi SH 2012), 더덕(Song & Lee 2014), 도라지(Jeong 등 2013), 마

(Joo 등 2008), 인삼(Kim & Park 2006), 연근(Lee 등 2011), 연잎(Kim & Park 2008), 상수리(Kim 등 2012), 손바닥 선인장(Han 등 2007), 솔잎(Jin 등 2006), 황기 주박(Lim 등 2013), 천년초 줄기(Jung 등 2013)의 가루를 첨가한 쿠키가 보고되었다. 위의 선행 연구결과에서 약용식물을 쿠키에 첨가한 경우, 항산화 활성 등 여러 가지 기능성뿐만 아니라, 기호도도 각 재료를 첨가하지 않았을 때보다 적정 비율로 첨가했을 때 더 좋아졌다고 하였다.

하수오(*Polygonum multiflorum* Radix)는 마디풀과(Polygonaceae)에 속하는 덩이 뿌리를 말린 것으로 인삼, 구기자와 함께 3대 정력초로 불리며, 자양강장약으로 오랫동안 사용되어 왔다(Park 등 2011). 한방에서 하수오 성질은 약간 온(溫)하며, 맛은 쓰고 달고 뽀으며, 쓴맛은 신장을 보하며, 뽀은맛은 정기

* Corresponding author: Hyeon Hee Yu, Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea. Tel: +82-63-469-4636, Fax: +82-63-466-2085, E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

를 수렴한다고 한다. 또한 혈허위황(血虛萎黃), 수발조백(鬚髮早白), 보익정혈(補益精血), 해독절학(解毒截瘡), 윤장통변(潤腸通便)에 효능이 있다고 한다. 하수오의 성분에는 전분 45%, 조지방 3.1%와 anthraquinone, stilbene glycosides, phenols, flavonoids, tannins 등이 있다. Anthraquinone 화합물인 emodin, chrysophanol, rhein, physcion 중 가장 많은 emodin은 항균, 항염증 작용, 항산화 작용, 항암 작용 등이 있는 것으로 보고되었다 (Na 등 2000; Kim 등 2005; Seo H 2012). 또한 stilbene glycosides는 파킨슨병과 같은 신경병성 질병(Li & Lin 1993; Kim 등 2008)뿐만 아니라, 항염증, 항산화, 항-HIV, 심혈관계 질환(Jia 등 2008)에도 효과가 있는 것으로 보고되었다. 이 밖에도 하수오는 고지혈증, 심장질환, 신경질환(Seo H 2012), 간경변(Wu XQ 2009), 당뇨병(Huang 등 2007), 골다공증(Kim OK 2008), 항염증(Kim 등 2004), 발모(Jeong 등 2013)에 효과가 있다고 보고된 바 있다. 그러나 식품 개발 관련 연구로는 하수오 첨가 죽(Lee 등 2010), 증편(Cho OH 2007), 머핀(Lee & Park 2011), 설기떡(Bae 등 2011), 페이스트(Nam & Park 2012) 등이 있으며, 많지 않은 편이다.

쿠키를 비롯한 과자류 제조 기술은 다른 형태의 다양한 재료들을 이용하여 제품을 개발하기에 용이하며, 과자류의 소비계층 및 시장 또한 국내외적으로 크다. 본 연구에서는 하수오의 제과 가공 산업에 적용하기 위한 일환으로 하수오 가루를 첨가한 쿠키를 제조하고, 관능적 최적점을 갖는 레시피를 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 쿠키 제조용 재료로 박력분(CJ Cheiljedang, Seoul, Korea), 버티(Lottesamkang Co., Cheonan, Korea), 설탕(Samyang Co., Ulsan, Korea), 소금(Daesang, Seoul, Korea), 달걀(Gemgangchucksan, Kunsan, Korea)을 제조 직전에 전량 구입하여 사용하였으며, 하수오 가루는 가루나라(<http://www.garunara.co.kr>)에서 구입하여 사용하였다.

2. 실험계획

하수오 가루 첨가 쿠키의 최적 배합 비율을 설정하기 위해

쿠키 레시피의 연구를 참고하여 예비 실험 및 예비 기호도 평가를 실시하고, 회전중심합성계획법으로 실험을 설계하여 하수오 가루(X_1), 버티(X_2), 설탕(X_3)을 독립변수로 하고, 0, ± 1 , ± 1.682 의 다섯 단계로 부호화하였다(Table 1). 이에 따른 실험에 쓰인 쿠키 배합은 Table 2와 같이 하였다. 기본 배합비율을 중심으로 5수준이 되게 하고, 3요인의 fractional factorial design에 의하여 20개 처리구를 조합하여 제조하였다. 이 요인을 근거로 색도(L, a, b), 퍼짐성, 경도, 관능적 특성(색, 외관, 조직감, 풍미, 맛, 전체적인 기호도)을 종속변수로 하였다. 관능적 특성 점수의 목표값을 최고값으로 설정하고, 만족도

Table 2. Formulas for cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder, butter and sugar (Unit: g)

Sample no.	<i>Polygoni multiflori</i> Radix powder	Butter	Sugar	Wheat flour	Salt	Egg
1	1	60	40	97	1	20
2	4	80	20	97	1	20
3	4	80	60	91	1	20
4	4	40	20	91	1	20
5	4	40	60	94	1	20
6	8	94	40	99	1	20
7	8	60	6	94	1	20
8	8	60	40	94	1	20
9	8	60	40	91	1	20
10	8	60	40	94	1	20
11	8	60	40	94	1	20
12	8	60	40	91	1	20
13	8	60	40	91	1	20
14	8	60	74	97	1	20
15	8	26	40	94	1	20
16	12	80	20	97	1	20
17	12	80	60	94	1	20
18	12	40	20	94	1	20
19	12	40	60	94	1	20
20	15	60	40	89	1	20

Table 1. Variable and their levels for central composite design of cookie

Variable	Symbol	Coded-variables				
		-1.68	-1	0	1	1.68
<i>Polygoni multiflori</i> Radix powder	X_1	1.27	4	8	12	14.73
Butter	X_2	26.36	40	60	80	93.64
Sugar	X_3	6.36	20	40	60	73.64

함수(desirability function)를 이용하여 만족도를 최대화하는 하수오 가루, 버터, 설탕의 최적값을 구하였다.

3. 쿠키의 제조

하수오 가루를 첨가한 쿠키의 반죽 제조방법은 크림법을 사용하였다. 반죽기(5K5SSA, Whirlpool Corp., St. Joseph, MI, USA)에 버터와 설탕, 소금을 넣고 speed 1에서 4분간 혼합한 후, 달걀을 조금씩 넣어 크림을 완성하였다. 완성된 크림에 밀가루와 하수오 가루를 넣어 적절하게 반죽하여 냉장고(GC-124GGFP, LG, Changwon, Korea)에서 1시간 숙성시킨 후, 밀대로 2회 밀어서 두께를 4 mm로 균일하게 하고, 둥근 성형틀(직경 5 cm)로 찍었다. 성형된 반죽은 쿠키판에 올려 윗불 190℃, 아랫불 150℃로 예열해 둔 오븐(FDO-7102, Daeyoung Co., Seoul, Korea)에서 15분간 구운 후 실온에서 1시간 동안 냉각하였다. 모든 실험에 사용된 쿠키는 지퍼백(LDPE, Cleanrap Co., Gimhae, Korea)에 보관하여 실험에 이용하였다.

4. 쿠키의 색도 측정

쿠키의 색도는 색도계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 표준백판으로 보정한 후 L, a, b값을 5회 반복 측정하였다.

5. 쿠키의 퍼짐성 측정

쿠키의 퍼짐성 지수는 쿠키의 직경(mm)과 두께(mm)를 각각 측정한 후, AACC Method 10-50D(2000)의 방법(American Association of Cereal Chemist)을 이용하였다. 쿠키의 직경은 쿠키 6개를 가로로 정렬해 구 길이를 측정한 후, 각각의 쿠키를 90°로 회전시켜 다시 측정해 얻은 수치를 각각 6으로 나누어 평균값을 계산하였다. 높이는 6개의 쿠키를 세로로 쌓아 올려 높이를 측정한 후, 해체해 쌓아 올린 순서를 바꾸어 다시 쌓아올려 높이를 측정해 얻은 수치를 각각 6으로 나누어 평균값을 얻었다.

$$\text{쿠키의 퍼짐성} = \frac{\text{쿠키 6개의 평균 직경 (mm)}}{\text{쿠키 6개의 평균 두께 (mm)}}$$

6. 쿠키의 경도 측정

쿠키의 경도는 Texture Analyzer(CT3, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleborough, Massachusetts, USA)로 10회 반복 측정하였다. Probe는 2 mm cylinder probe(Part No. TA39)를 사용하였고, 분석조건은 pre test speed 1.0 mm/sec, post test speed 1.0 mm/sec, test type compression, trigger load 4.5 g, test speed 0.5 mm/sec, return speed 0.5 mm/sec, test distance 5.0 mm, holding time 0 sec, cycle count 1로 하였다.

7. 관능적 특성 검사

시료의 관능검사는 18명의 검사요원(20~25세, 여자)들을 대상으로 실험목적 및 평가항목들에 대해 설명하고, 훈련과정을 거친 다음 관능평가에 임하게 하였다. 시료의 평가는 제조 후 1시간 동안 방냉한 것을 이용하였고, 시료번호는 난수표를 이용하여 3자리 숫자로 표시하였다. 모든 시료는 동시에 제공하여 각 항목별로 최저 1점, 최고 7점으로 7점 척도법을 사용하였다. 쿠키를 흰색 폴리에틸렌 1회용 접시에 담아 제공하였고, 한 개의 시료를 먹고 난 다음 물로 헹군 뒤 평가하도록 하였다. 검사항목은 색(color), 맛(taste), 외관(appearance), 조직감(texture), 풍미(flavor), 전반적인 기호도(overall quality)로서 매우 좋다 7점, 매우 싫다 1점으로 하였다.

8. 통계분석

하수오 가루(X_1), 버터(X_2), 설탕(X_3)을 첨가한 쿠키 제조 최적조건을 구하기 위해 회전중심 합성계획법에 따라 실험설계를 하였고, Design Expert(version 8.0.7.1)을 사용하여 반응표면분석을 하였다. 하수오 가루(X_1), 버터(X_2), 설탕(X_3)의 배합비율을 각각 독립변수로 하고, 실험결과인 반응 변수와의 관계를 이차회귀식으로 구하였고, 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자간 교호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면 상태를 3차원 그래프와 perturbation plot으로 나타내어 분석을 실시하였다. 회귀분석 결과, 정상점이 안장점일 경우, 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다. Canonical 모형의 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 최적화를 위한 하수오 가루, 버터, 설탕 첨가량을 결정하였다.

결과 및 고찰

하수오 가루, 버터, 설탕을 첨가한 쿠키 제조의 최적 조건을 구하기 위해 중심합성 계획에 따른 세 가지 독립변수의 20종류 조건에서 얻어진 쿠키의 색도, 퍼짐성, 경도에 관한 특성은 Table 3과 같다. 5수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면분석의 결과, 반응표면식, 결정계수 R^2 와 p -value는 Table 4, 각 성분들의 반응을 보기 위한 반응표면 곡선은 Fig. 1, perturbation plot은 Fig. 2에 제시하였다.

1. 쿠키의 색도

쿠키의 명도를 나타내는 L값은 quadratic 모델이 선택되었고, 이차회귀모형은 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.8471$, p -value=0.0045). 하수오 가루의 첨가량이 증가하면 L값은 감소하였으며, 설탕과 버터의 영향은 중심값(각각 60 g, 40 g) 이하에서는 첨가량이 증가하면 L값이 감소하였으나, 중심값 이상에서는 L값이 거의 일정

Table 3. Physical and mechanical properties of cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder, butter and sugar

Sample no.	<i>Polygoni multiflori</i> Radix powder (g)	Butter (g)	Sugar (g)	Response factor				
				L	a	b	Spread ratio	Hardness (gf)
1	1	60	40	70.88	6.53	26.48	5.42	1,759.67
2	4	80	20	70.41	4.68	25.37	5.66	980.67
3	4	80	60	74.18	4.06	25.06	6.67	2,643.33
4	4	40	20	79.01	2.57	26.14	4.42	1,262.17
5	4	40	60	74.46	2.81	24.15	4.94	4,574.00
6	8	94	40	70.82	5.62	28.40	6.83	772.33
7	8	60	6	73.47	4.71	26.32	4.13	817.17
8	8	60	40	69.50	5.64	27.78	5.50	2,268.00
9	8	60	40	69.63	5.39	29.38	5.45	2,357.17
10	8	60	40	69.79	5.75	28.70	5.56	2,263.17
11	8	60	40	69.59	5.48	28.84	5.55	2,245.67
12	8	60	40	69.59	5.49	28.85	5.55	2,253.67
13	8	60	40	69.83	5.67	29.22	5.55	2,274.17
14	8	60	74	68.31	6.05	28.42	6.12	4,074.00
15	8	26	40	75.18	3.98	26.52	4.02	4,526.00
16	12	80	20	66.45	6.07	28.40	5.61	1,080.67
17	12	80	60	62.74	10.33	30.85	7.12	2,052.00
18	12	40	20	72.48	5.59	26.68	4.63	2,190.67
19	12	40	60	62.01	9.12	27.47	5.47	4,627.00
20	15	60	40	68.24	7.09	29.17	5.41	2,301.33

Table 4. Analysis of predicted model equation for the physical and mechanical properties of cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder (X_1), butter (X_2) and sugar (X_3)

Response	Polynomial equation	Model	R^2 ¹⁾	F-value	P-value
L	$Y = 99.44193 + 0.040345 X_1 - 0.60183 X_2 - 0.24617 X_3 + 0.005588 X_1 X_2 - 0.020922 X_1 X_3 + 0.004713 X_2 X_3 - 0.015591 X_1^2 + 0.002415 X_2^2 + 0.005519 X_3^2$	Quadratic	0.8471	6.15	0.0045
		Lack of fit		541.09	<0.0001
a	$Y = -0.11966 + 0.32793 X_1 + 0.028566 X_2 + 0.035331 X_3$	Linear	0.5617	6.83	0.0036
		Lack of fit		134.22	<0.0001
b	$Y = 22.59259 - 0.00218 X_1 + 0.11400 X_2 + 0.015272 X_3 + 0.007755 X_1 X_2 + 0.008651 X_1 X_3 + 0.001042 X_2 X_3 - 0.030893 X_1^2 - 0.001558 X_2^2 - 0.001633 X_3^2$	Quadratic	0.8902	9.00	0.0010
		Lack of fit		2.90	0.1339
Spread ratio	$Y = 1.98876 + 0.020785 X_1 + 0.037780 X_2 + 0.026483 X_3$	Linear	0.9377	80.23	<0.0001
		Lack of fit		38.01	0.0004
Hardness	$Y = -264.20796 + 339.24059 X_1 - 29.70912 X_2 + 114.88436 X_3 - 2.30130 X_1 X_2 - 2.44818 X_1 X_3 - 0.97318 X_2 X_3 - 4.84915 X_1^2 + 0.35286 X_2^2 + 0.17292 X_3^2$	Quadratic	0.9804	55.47	<0.0001
		Lack of fit		65.62	0.0001

¹⁾ R^2 is coefficient of determination.

하여 영향력이 적었다.

쿠키의 적색도를 나타내는 a값은 Linear 모델이 선택되었고, 회귀모형은 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.5617$, $p\text{-value}=0.0036$). 하수오 가루, 버

터, 설탕의 첨가량이 증가하면 a값은 증가하였다.

쿠키의 황색도를 나타내는 b값은 quadratic 모델이 선택되었고, 이차회귀모형 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.8902$, $p\text{-value}=0.0010$). 하수오 가

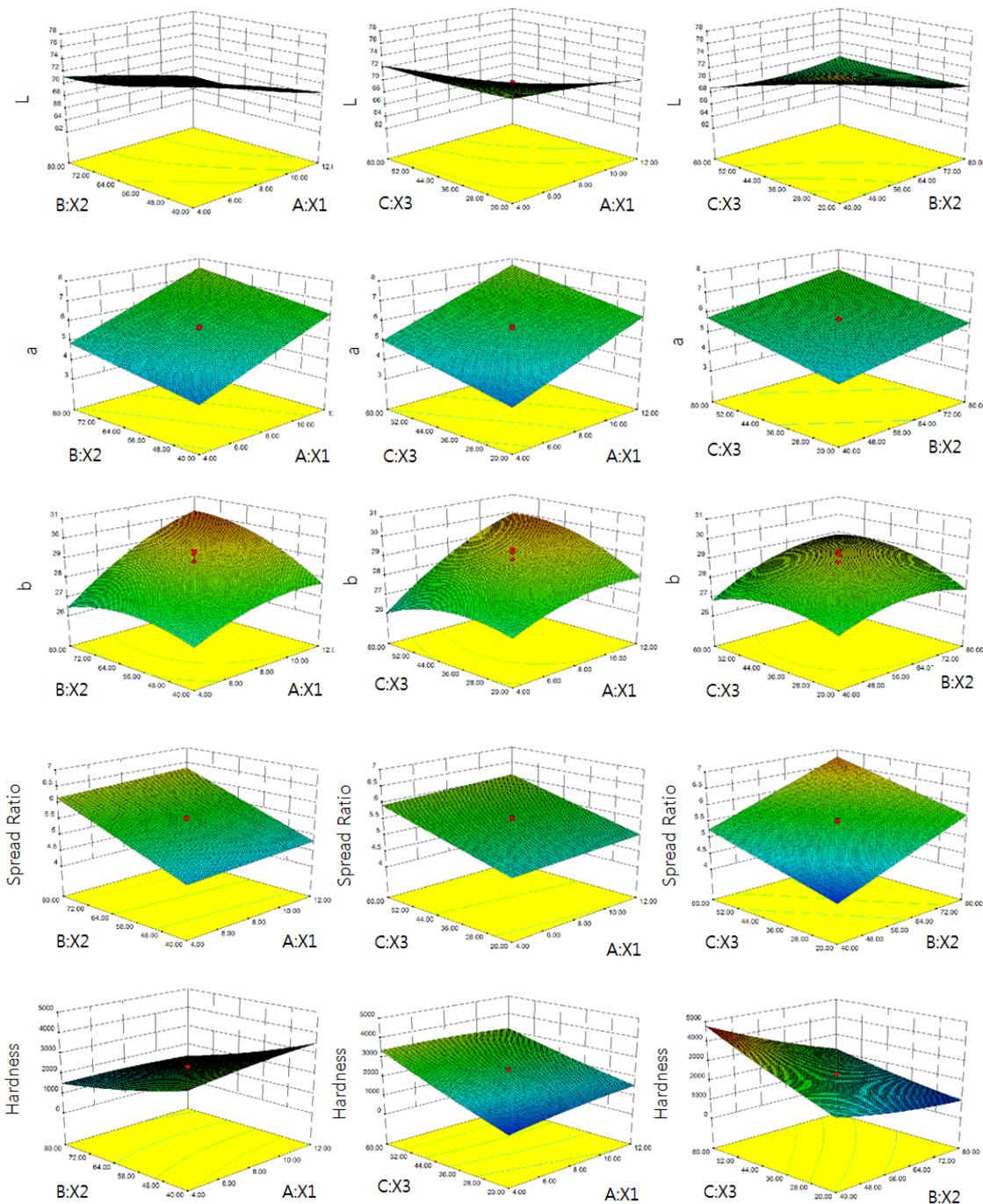


Fig. 1. Response surface plot for physical and mechanical properties of cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder (A: X₁), butter (B: X₂) and sugar (C: X₃).

루의 첨가량이 증가하면 b값은 증가하였으며, 설탕과 버터의 영향은 중심값(각각 60 g, 40 g) 이하에서는 첨가량이 증가하면 b값은 증가하였으며, 중심값 이상에서는 거의 일정하여 영향력이 적었다. L값, a값, b값에 설탕, 버터 첨가량보다 하수오 가루 첨가량의 영향이 더 컸다. 쿠키의 제조조건 최적화 연구에서 갈근(Lee 등 2008), 마(Joo 등 2008), 솔잎(Jin 등 2006),

천년초 줄기(Jung 등 2013)와 같은 부재료의 영향이 쿠키의 L값, a값, b값에 주요 요인으로 작용한다는 결과가 얻어졌으며, 본 연구와 비슷한 경향이었다. 다른 기능성 소재를 첨가한 쿠키 연구에서는 구기자(Park 등 2005), 더덕(Song & Lee 2014), 연근(Lee 등 2011), 도라지(Jeong 등 2013)의 가루 첨가량이 증가함에 따라 쿠키의 L값은 감소, a값과 b값은 증가하여 본

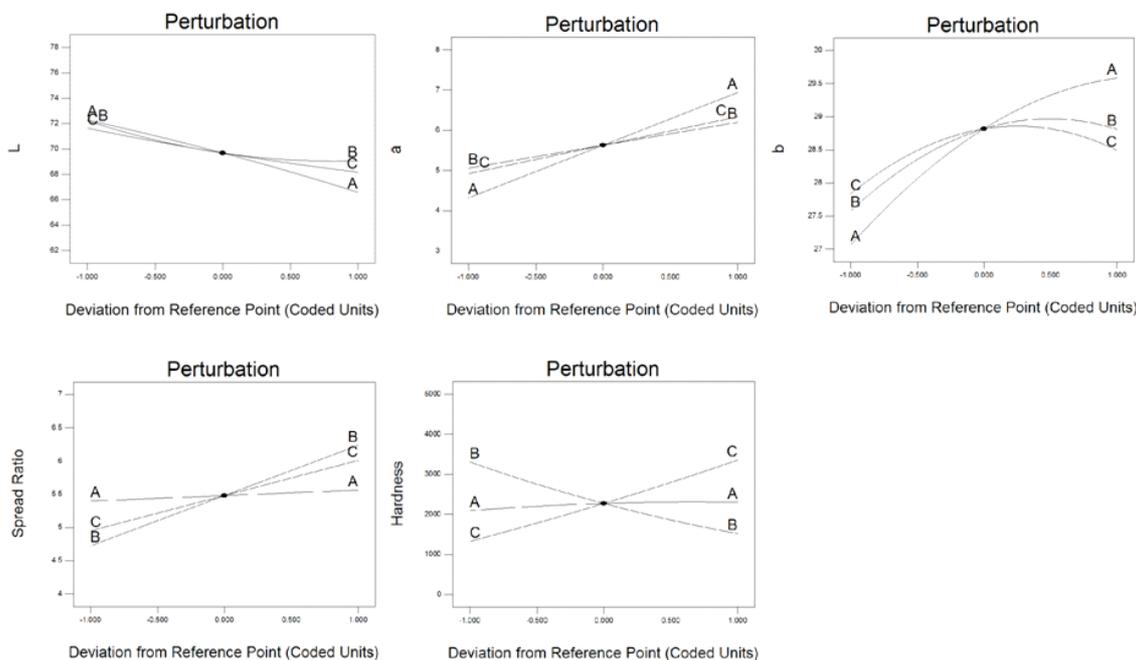


Fig. 2. Perturbation plot for physical and mechanical properties of cookie added with *Polygoni multiflori Radix* powder (A), butter (B) and sugar (C).

연구와 비슷한 경향이였다. 그러나 감국(Bae 등 2009), 당귀(Choi SH 2009), 상수리(Kim 등 2012), 황기(Lim 등 2013) 가루를 넣은 쿠키에서는 첨가량이 증가함에 따라 쿠키의 L값과 b값은 감소, a값은 증가하여 본 연구와 다른 경향을 나타내었다.

쿠키의 색에 쿠키 각각의 구성성분이 영향을 주기도 하고(Kim & Park 2006; Bae 등 2009; Choi SH 2009; Park 등 2011; Jeong 등 2013), 쿠키 제조과정 중 여러 반응에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다(Park 등 2005; Joo 등 2008; Lee 등 2011; Lim 등 2013). Walker 등(2012)은 쿠키의 색에 가장 큰 영향을 주는 것은 마이야르 반응과 카라멜화 반응이라고 하였으며, 마이야르 반응은 아미노산의 아미노기와 환원당의 카르보닐기가 반응하여 생성된 화합물이 변화를 일으켜 갈색의 복잡한 중합체인 멜라노이딘을 만드는 반응이며, 카라멜화 반응은 당이 열을 받아 분해하여 생기는 착색성 반응이다(Pérez 등 2013). 본 연구에서도 하수오 자체 색의 영향도 있지만, 하수오의 구성성분인 phenols, flavonoids, tannins 등(Seo H 2012)이 마이야르 반응과 카라멜화 반응에 영향을 주어 L값, b값, a값에 차이를 가져온 것으로 보인다.

2. 쿠키의 퍼짐성

쿠키의 퍼짐성은 Linear 모델이 선택되었고, 회귀모형은 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.9377$, $p\text{-value}<0.0001$). 버터, 설탕 첨가량이 증가할수록 퍼짐성은 증가하였는데, 하수오 가루에 대한 영향은 버터

나 설탕보다 적었다. 쿠키 제조조건 최적화 연구에서 갈근(Lee 등 2008), 마(Joo 등 2008), 솔잎(Jin 등 2006) 가루가 각각 설탕과 버터 영향보다 적으며, 설탕과 버터 함량이 증가할수록 퍼짐성이 증가한다고 하여 본 연구와 같은 경향이였다.

홍삼(Park 등 2011), 도라지(Jeong 등 2013)의 가루 첨가 쿠키에서는 대조군에 비해 퍼짐성의 유의적 차이가 없다고 하여 본 연구와 같은 경향을 보였으나, 감국(Bae 등 2009), 구기자(Park 등 2005), 당귀(Choi SH 2009) 터덕(Song & Lee 2014), 인삼(Kim & Park 2006), 연근(Lee 등 2011), 상수리(Kim 등 2012), 손바닥 선인장 열매와 줄기(Han 등 2007) 가루 첨가 쿠키는 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 퍼짐성은 유의적으로 감소하였다고 하여 본 연구와 다른 경향을 나타내었다. 쿠키의 퍼짐성은 쿠키의 반죽의 두께가 감소하고, 직경이 커지는 현상으로, 이러한 퍼짐성이 크거나 직경이 넓은 쿠키가 좋은 제품으로 인식되고 있다(Joo & Choi 2012.). Pareyt 등(2009)은 지방 함유량(8.7~15.8%)과 설탕 함유량(17.6~31.2%)이 증가할수록 쿠키가 구워지는 동안 두께는 줄어들고, 직경은 증가하여, 쿠키의 퍼짐성과는 유의한 양의 상관관계가 있다고 하였으며, 본 연구와 같은 경향이였다. 본 연구에서는 하수오 가루보다 설탕과 버터 함량에 더 영향을 받았는데, 설탕과 지방량은 쿠키의 퍼짐성에 중요한 요인일 뿐만 아니라, 쿠키의 경도, 바삭함, 색, 크기에도 영향을 주므로 관능검사의 최적치에 맞는 설탕과 지방 함량을 구하는 것이 중요하다고 생각된다.

3. 쿠키의 경도

쿠키의 경도는 quadratic 모델이 선택되었고, 이차회귀모형은 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.9804$, $p\text{-value}<0.0001$). 경도는 하수오 가루, 설탕 첨가량이 증가할수록 증가하였고, 버터 첨가량이 증가할수록 감소하는데, 하수오 가루의 영향이 설탕이나 버터 영향보다 높았다. 부재료가 설탕이나 버터보다 경도에 더 영향을 주는 현상은 천년초 줄기 가루 첨가 쿠키 제조조건 최적화 연구(Jung 등 2013)와 같은 결과였다. 그러나 같은 가루 첨가 쿠키 제조조건 최적화 연구(Lee 등 2008)에서는 같은 가루와 황설탕, 버터 첨가량에 따라 경도의 유의적인 차이가 나지 않는다고 하였고, 마 가루 첨가 쿠키 제조조건 최적화 연구(Joo 등 2008)에서는 버터가 가장 큰 영향을 준다고 하여 본 연구와 다른 경향을 나타내었다. 쿠키의 경도는 부재료의 첨가량, 수분함량, 섬유소 함량, 반죽의 밀도 등에 의해 영향을 받는데(Joo & Choi 2012), 감국(Bae 등 2009), 당귀(Choi 2009), 연근(Lee 등 2011), 상수리(Kim 등 2012)의 가루 첨가 쿠키에서 부재료 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하여 본 연구와 같은 경향을 나타내었다.

4. 관능적 평가

하수오 가루, 버터, 설탕을 함량을 다르게 첨가하여 제조한 20종류 쿠키에 대한 7점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Table 5, 회귀분석 결과는 Table 6, 각 성분들의 반응을 보기 위한 반응표면곡선은 Fig. 3, perturbation plot은 Fig. 4와 같다.

하수오 가루 첨가 쿠키의 관능적 평가 항목은 모두 quadratic 모델이 선택되었고, 그 중에서 색은 이차회귀모형은 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.7738$, $p\text{-value}=0.0246$). 버터나 설탕 첨가량보다 하수오 가루 첨가량이 관능 평가의 색에 영향을 많이 주는 것으로 나타났으며, 하수오 가루와 버터는 첨가량이 증가함에 따라 색에 대한 기호도는 감소하는 경향이었고, 설탕은 중심점(40 g) 부근까지 증가하다가 감소하였다.

외관에 대한 하수오 가루 첨가 쿠키의 이차회귀모형은 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.7510$, $p\text{-value}=0.0366$). 설탕 첨가량이 하수오 가루나 설탕 첨가량보다 관능 평가의 외관에 영향을 많이 주는 것으로 나타났으며, 하수오 가루의 첨가량이 증가할수록 외관에 대

Table 5. Sensory properties of cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder, butter and sugar

Sample no.	<i>Polygoni multiflori</i> Radix powder (g)	Butter (g)	Sugar (g)	Responses					Overall quality
				Color	Appearance	Texture	Flavor	Taste	
1	1	60	40	5.286	5.286	5.357	4.929	5.143	4.929
2	4	80	20	4.857	4.714	3.500	4.286	4.071	4.214
3	4	80	60	4.714	4.929	5.000	5.357	5.714	5.429
4	4	40	20	4.500	4.643	3.357	3.143	2.357	2.857
5	4	40	60	4.714	4.786	1.571	3.714	4.357	2.357
6	8	94	40	5.000	5.143	4.429	4.500	4.714	4.071
7	8	60	6	4.214	4.571	2.357	3.286	1.571	1.857
8	8	60	40	4.714	4.571	5.214	4.429	4.071	4.500
9	8	60	40	4.929	5.143	5.357	5.143	4.929	4.571
10	8	60	40	5.429	5.214	5.643	5.429	5.071	5.357
11	8	60	40	5.429	5.214	4.571	5.286	4.571	4.500
12	8	60	40	4.643	5.357	5.357	5.357	4.786	4.643
13	8	60	40	5.143	5.500	5.714	5.143	4.500	4.214
14	8	60	74	4.429	4.643	3.643	5.214	4.071	4.071
15	8	26	40	5.214	4.643	1.286	3.786	3.786	2.429
16	12	80	20	4.500	4.500	3.357	3.500	3.000	2.786
17	12	80	60	3.214	4.214	5.286	4.786	5.571	4.429
18	12	40	20	4.643	3.429	3.929	5.000	3.286	2.929
19	12	40	60	4.500	4.429	1.857	4.643	4.643	3.214
20	15	60	40	4.286	4.429	4.500	4.071	3.500	3.357

Table 6. Analysis of predicted model equation for the sensory properties of cookie added with *Polygoni multiflori* Radix powder (X_1), butter(X_2) and sugar(X_3)

Response	Polynomial equation	Model	R^2 ¹⁾	F-value	P-value
Color	$Y = 0.67617 + 0.34337 X_1 + 0.046227 X_2 + 0.10572 X_3 - 0.002790 X_1 X_2 - 0.00234 X_1 X_3 - 0.000468 X_2 X_3 - 0.009268 X_1^2 - 0.000086 X_2^2 - 0.000781 X_3^2$	Quadratic	0.7738	3.80	0.0246
		Lack of fit		0.86	0.0246
Appearance	$Y = 1.70673 + 0.019528 X_1 + 0.062637 X_2 + 0.075198 X_3 + 0.001004 X_1 X_2 + 0.000558 X_1 X_3 - 0.000379 X_2 X_3 - 0.010892 X_1^2 - 0.000404 X_2^2 - 0.000656 X_3^2$	Quadratic	0.7510	3.35	0.0366
		Lack of fit		1.16	0.4390
Texture	$Y = -4.09368 + 0.18656 X_1 + 0.22144 X_2 + 0.031647 X_3 - 0.001116 X_1 X_2 + 0.000223 X_1 X_3 + 0.002276 X_2 X_3 - 0.008538 X_1^2 - 0.002172 X_2^2 - 0.002046 X_3^2$	Quadratic	0.9454	19.23	<0.0001
		Lack of fit		1.47	0.3404
Flavor	$Y = -3.23494 + 0.64395 X_1 + 0.13585 X_2 + 0.049947 X_3 - 0.006473 X_1 X_2 - 0.001116 X_1 X_3 + 0.000669 X_2 X_3 - 0.013197 X_1^2 - 0.000843 X_2^2 - 0.000748 X_3^2$	Quadratic	0.8404	5.85	0.0054
		Lack of fit		1.54	0.3244
Taste	$Y = -1.86319 + 0.19704 X_1 + 0.057873 X_2 + 0.13710 X_3 - 0.003794 X_1 X_2 + 0.000446 X_1 X_3 + 0.000267 X_2 X_3 - 0.002362 X_1^2 - 0.000157 X_2^2 - 0.001420 X_3^2$	Quadratic	0.8816	8.28	0.0014
		Lack of fit		2.85	0.1378
Overall quality	$Y = -4.03978 + 0.30478 X_1 + 0.17106 X_2 + 0.062236 X_3 - 0.005245 X_1 X_2 + 0.001897 X_1 X_3 + 0.000959 X_2 X_3 - 0.008861 X_1^2 - 0.001143 X_2^2 - 0.001396 X_3^2$	Quadratic	0.9232	13.36	0.0002
		Lack of fit		1.12	0.4504

¹⁾ R^2 is coefficient of determination.

한 기호도는 중심점(8 g) 부근까지는 감소폭이 적다가 그 이후부터는 급격히 감소하였으며, 버터와 설탕 첨가량에 대한 외관에 대한 기호도는 중심점(각각 60 g, 40 g) 부근까지 증가하다가 감소하였다.

조직감에 대한 하수오 가루 첨가 쿠키의 이차회귀모형은 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.9454$, p -value=<0.0001). 버터 첨가량이 하수오 가루나 설탕 첨가량보다 관능 평가의 조직감에 영향을 많이 주는 것으로 나타났으며, 조직감에 대한 기호도는 버터, 설탕 첨가량이 중심점(각각 60 g, 40 g) 부근까지는 증가하다가 그 이후부터는 감소하는 경향을 나타내었고, 하수오 가루에 대한 영향은 적었다.

풍미에 대한 하수오 가루 첨가 쿠키의 이차회귀모형은 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.8404$, p -value=0.0054). 향에 대한 관능적 기호도는 하수오 가루 첨가량이 버터, 설탕 첨가량보다 영향을 많이 주는 것으로 나타났으며, 하수오 가루와 버터 첨가량이 증가함에 따라 증가하다가 중심점 부근(각각 4 g, 60 g)을 지나면 약간씩 감소하는 경향을 보였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 향에 대한 기호도는 중심점(40 g) 부근까지는 급격히 증가하다가 그 이후부터는 약간씩 증가하였다.

맛에 대한 하수오 가루 첨가 쿠키의 이차회귀모형은 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.8816$, p -value=<0.0014). 맛에 대한 관능적 기호도는 하수오 가루 첨가량이 버터나 설탕 첨가량보다 영향을 많이 주는 것으로 나타났다. 하수오 첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도는 감소하였고, 버터과 설탕 첨가량은 증가할수록 중

심점(각각 60 g, 40 g) 부근까지는 급격히 증가하다가 그 이후부터는 약간씩 증가하였다.

전체적 기호도에 대한 하수오 가루 첨가 쿠키의 이차회귀 모형은 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다($R^2=0.9232$, p -value=0.0002). 전체적 기호도에는 하수오 가루 첨가량이 설탕, 버터 첨가량보다 영향을 많이 주는 것으로 나타났으며, 하수오 가루 첨가량이 증가할수록 전체적 기호도는 감소하였고, 버터와 설탕 첨가량이 증가할수록 중심점(각각 60 g, 40 g) 부근까지는 급격히 증가하다가 그 이후부터는 약간씩 증가하였다.

5. 하수오 가루 첨가 쿠키의 제조 비율 최적화

기능성 소재를 첨가한 쿠키에서 부재료, 버터, 설탕의 적당한 배합비를 설정하는 것이 기호도를 높이는 요인이므로, canonical 모형의 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 하수오 가루, 버터, 설탕 첨가량을 선정하였다. 관능평가 항목에 대해 최고값을 목표점으로 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점을 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정하고, 가장 높은 만족도를 나타낸 최적점을 선택하여 지점 예측을 통해 도출하였다(Fig. 5). 예측된 최적값은 하수오 가루 4.00 g, 버터 75.42 g, 설탕 45.67 g이었다. 이 경우에 기호도는 색 5.20, 외관 5.19, 조직감 5.58, 풍미 5.44, 맛 5.51, 전체적 기호도 5.43으로 desirability 0.945인 것으로 나타났다. 또한 이때 색도 중 L값은 71.71, a값은 4.96, b값은 26.63, 퍼짐성은 6.13, 경도는 1,895.56 g이었다.

요 약

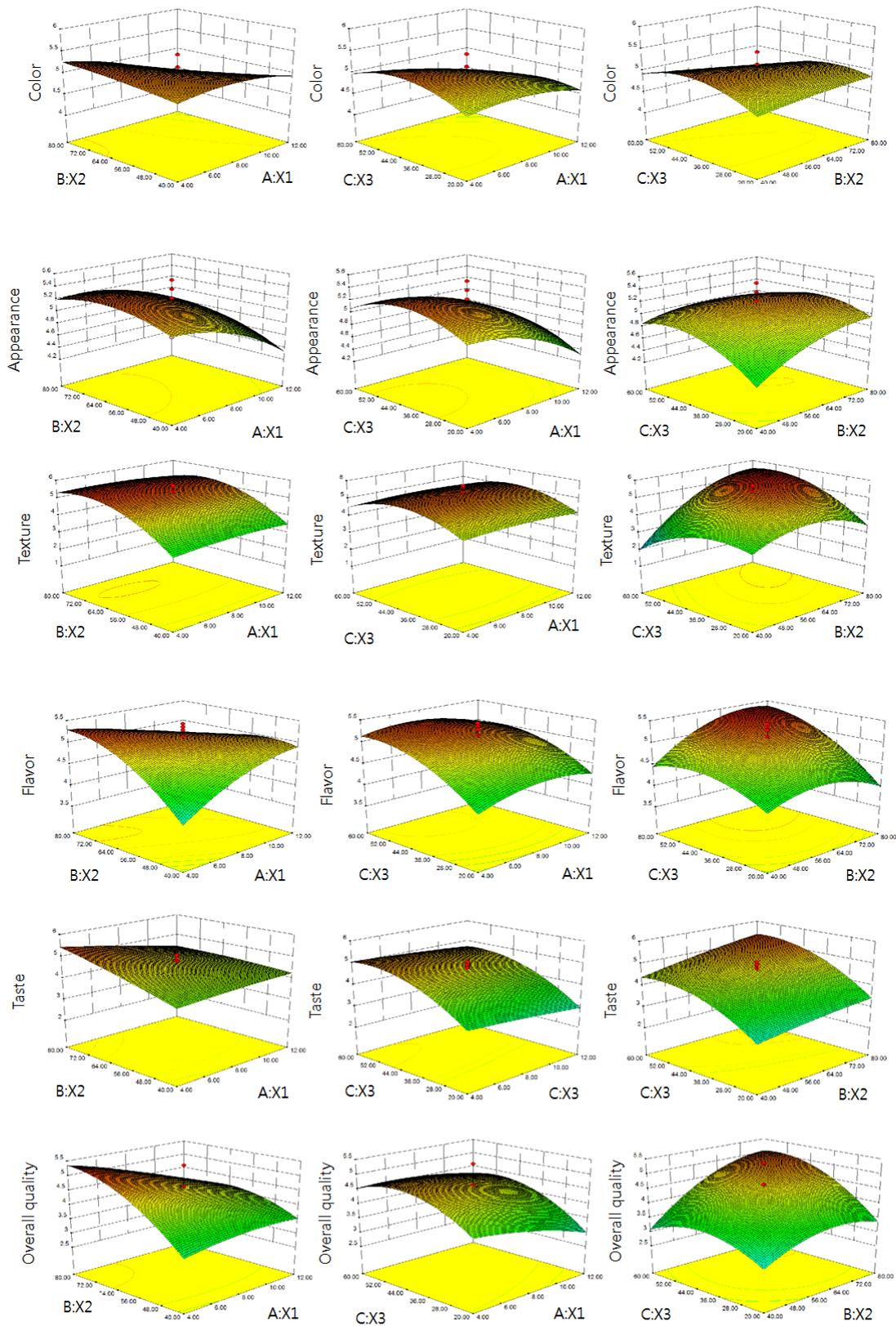


Fig. 3. Response surface plot for sensory properties of cookie added with *Polygoni multiflori Radix* powder (A: X₁), butter (B: X₂) and sugar (C: X₃).

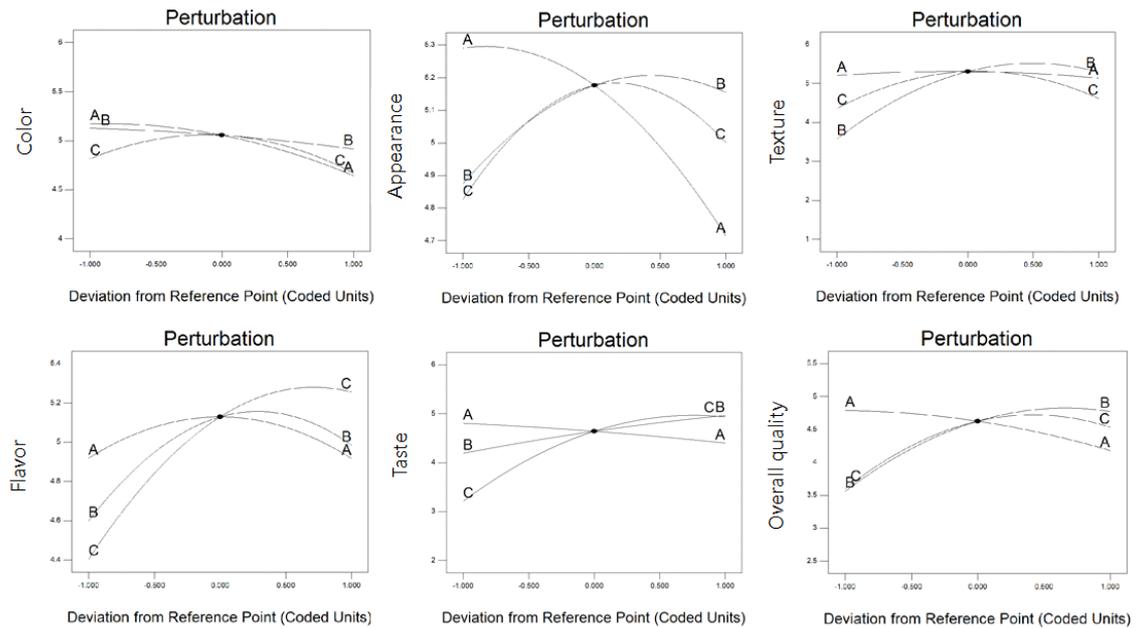


Fig. 4. Perturbation plot for sensory properties of cookie added with *Polygoni multiflora* Radix powder (A), butter (B) and sugar (C).

Design-Expert?Software
 Factor Coding: Actual
 Overlay Plot

Color
 Appearance
 Texture
 Flavor
 Taste
 Overall quality

X1 = A: X1
 X2 = B: X2

Actual Factor
 C: X3 = 45.67

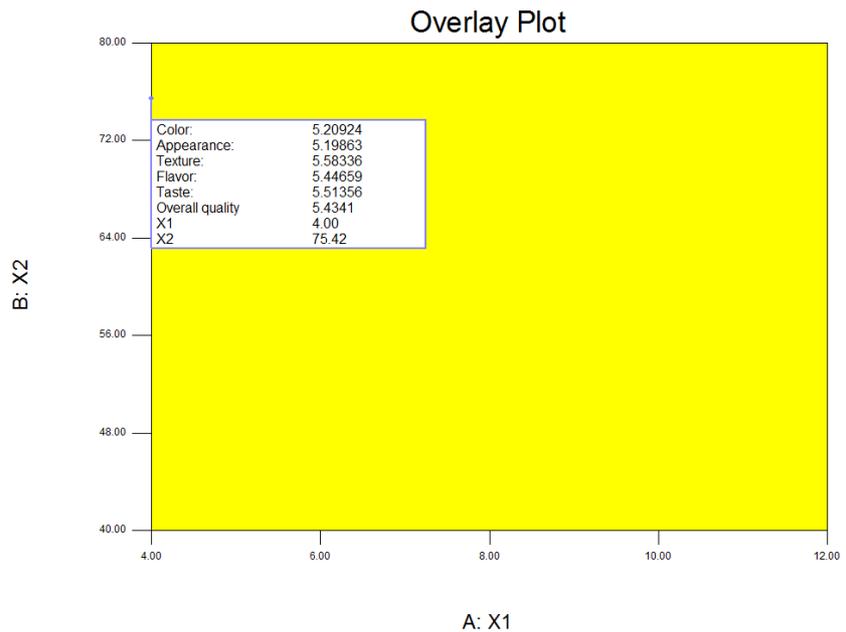


Fig. 5. Overlay plot of sensory properties of cookie added with *Polygoni multiflora* Radix powder (A: X₁), butter (B: X₂) and sugar (C: X₃).

본 연구는 하수오 가루를 첨가한 과자류 개발을 위해 회전 중심 합성계획법에 따라 하수오 가루, 버터, 설탕의 양을 독립변수로 하여 쿠키를 제조하고, 품질 특성을 조사하였으며, 반응표면분석법을 이용하여 최적배합비를 구하였다.

이화학적 특성과 물성 중 L값(명도), b값(황색도), 경도는 quadratic 모델이 채택되었고, a값(적색도), 퍼짐성은 Linear 모델이 채택되었다. 관능적 특성인 색, 외관, 조직감, 풍미, 맛, 전체적 기호도는 quadratic 모델이 채택되었다. 관능특성 검

사 결과, 하수오 가루 첨가량의 증가에 따라 색, 외관, 맛, 전체적 기호도는 감소하였고, 조직감에는 거의 영향이 없었으며, 풍미는 중심점(4 g)까지 증가하다가 감소하였다. 버터 첨가량의 증가에 따라 색의 기호도는 감소하였고, 다른 기호도(외관, 조직감, 풍미, 맛, 전체적 기호도)는 중심점(60 g)까지 급격히 증가하다가 점차 감소하는 경향이였다. 설탕 첨가량의 증가에 따라 풍미, 맛은 중심점까지 급격히 증가하다가 중심점 이후부터는 증가폭이 적었으며, 다른 기호도(색, 외관, 조직감, 전체적 기호도)는 중심점(40 g)까지 증가하다가 감소하는 경향이였다. 또한 색, 풍미, 맛, 전체적 기호도에 대한 기호도는 하수오 가루 첨가량이 버터나 설탕 첨가량의 영향보다 컸으며, 외관은 설탕의 첨가량이 하수오 가루나 버터 첨가량보다, 조직감에는 버터 첨가량이 하수오 가루나 설탕 첨가량의 영향보다 컸다. 관능특성 검사 결과 중 유의성이 있었던 모든 항목의 최대값 목표범위를 충족시키는 최적의 배합량은 하수오 가루 4.00 g, 버터 75.42 g, 설탕 45.67 g으로 산출되었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연공동 기술개발사업(No. C00114666)의 연구수행으로 인한 결과물로 이에 감사드립니다.

References

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists: Methods 10-50D, vol. 1. 10th Edition, St. Paul MN. USA
- Bae HJ, Lee HY, Paik JE. 2009. Physicochemical properties of sugar-snap cookies prepared with *Chrysanthemum indicum* Linne powder. *Korean J Food & Nutr* 22:570-576
- Bae MJ, Seo GJ, Park GS. 2011. Quality characteristics of the Hasuo (*Polygoni multiflori* Radix) muffin prepared with different types of sweeteners. *Korean J Food Preserv* 18: 836-843
- Cho OH. 2007. Quality characteristics of black bean · black rice porridge prepared with different ratios *Polygonum multiflorum* Thunb. extract. MS Thesis, Myongji Univ. Seoul, Korea
- Choi SH. 2009. Quality characteristics of cookies prepared with *Angelica gigas* Nakai powder. *Korean J Culinary Res* 15: 309-321
- Choi SH. 2012. Quality characteristics of *Curcuma longa* L. cookies prepared with various levels of rice flour. *Korean J Culinary Res* 18:215-226
- Han IH, Lee KA, Byoun KE. 2007. The antioxidant activity of Korean cactus (*Opuntia humifusa*) and the quality characteristics of cookies with cactus powder added. *Korean J Food Cookery Sci* 23:443-451
- Huang CH, Horng LY, Chen CF, Wu RT. 2007. Chinese herb radix *Polygoni multiflorum* as a therapeutic drug for liver cirrhosis in mice. *J Ethnopharmacol* 114:199-206
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies containing *Platycodon grandiflorum* powder. *Korean J Food & Nutr* 26:759-765
- Jeong SY, Han HS, Lee YJ. 2013. Effect of *Polygoni multiflori* Radix water extract on the proinflammatory mediators in RAW 264.7 cells induced by LPS. *Kor J Herbology* 28: 101-109
- Jia X, Chen JZ, Yang ZF, Chen H, Zhang JP, Zhang J, Jiang WF. 2008. Neuroprotective effect of tetrahydroxy stilbene glucoside on the rat model of Parkinson's disease. *Chin J New Drugs* 17:748-752
- Jin SY, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of iced cookies with the addition of pine leaf powder. *Korean J Food Cookery Sci* 22:164-172
- Joo NM, Lee SM, Jung HS, Park SH, Song YH, Shin JH, Jung HA. 2008. Optimization of cookie preparation by addition of yam powder. *Korean J Food Preserv* 15:49-57
- Joo SY, Choi HY. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:182-191
- Jung BM, Kim DS, Joo NM. 2013. Quality characteristics and optimization of cookies prepared with *Opuntia humifusa* powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 29:1-10
- Kim DG, Kim MB, Kim H, Park JH, Lim JP, Hong SH. 2005. Herb Medicinal Pharmacognosy. pp.797-800. Sinilsansa
- Kim GS, Park GS. 2008. Quality characteristics of cookies prepared with lotus leaf powder. *Korean J Food Cookery Sci* 24:398-404
- Kim HK, Choi YH, Choi JS, Choi SU, Kim YS, Lee KR, Kim YK, Ryu SY. 2008. A new stilbene glucoside gallate from the roots of *Polygonum multiflorum*. *Arch Pharm Res* 31: 1225-1229
- Kim HY, Park JH. 2006. Physicochemical and sensory characteristics of pumpkin cookies using ginseng powder. *Korean J Food Cookery Sci* 22:855-863

- Kim MJ, Seo BI, Shin SS, Park JH. 2004. Effect of *Polygoni multiflori* Radix and *Cynanchi wilfordii* Radix on prevention of osteoporosis in ovariectomized rats. *Kor J Herbology* 19:23-34
- Kim OK. 2008. Antidiabetic effect of Ha-Su-O(*Polygoni radix*). *J Korean Oil Chemists' Soc* 25:347-354
- Kim OS, Ryu HS, Choi HY. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of Acorn (*Quercus autissima* Carruther) cookies. *Korean J Food Culture* 27:225-232
- Lee EJ, Kim HI, Hong GJ. 2011. Quality characteristics of cookies added with *Nelumbo nucifera* G. powder. *Korean J Food Culture* 26:394-399
- Lee GS, Park GS. 2011. Quality characteristics of *Jeungpyun* prepared with different ratios of *Polygonum multiflorum* Thunb. powder. *Korean J Food Cookery Sci* 27:35-46
- Lee JH, Soung YH, Lee SM, Jung HS, Paik JE, Joo NM. 2008. Optimization of iced cookie with arrowroot powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 24:76-83
- Lee KM, Lee JS, Kim YC. 2010. The effect of *Polygoni multiflori* Radix water extracts on enzyme activities and gene expression relevant to hair growth in C57BL/6 mice. *J Cosmetologica Sci* 6:287-294
- Li JB, Lin M. 1993. The study on the constituents of the roots of *Polygonum multiflorum* Thunb. *Chin Tradit Herb Drugs* 24:115-118
- Lim JM, Kwon HJ, Yong SE, Choi JH, Lee CH, Kim TJ, Park PS, Choi YH, Kim EM, Park SY. 2013. Antioxidant activity and quality characteristics of rice wine cakes cookies with different ratio of *Astragalus memvranaceus*. *Korean J Food Cookery Sci* 29:11-18
- Na MK, Park JY, An RB, Lee SM, Kim YH, Lee JP, Seong RS, Lee KS, Bae KH. 2000. Quality evaluation of *Polygoni multiflori* Radix. *Kor J Pharmacogn* 31:355-339
- Nam SJ, Park GS. 2012. Optimization and quality characteristics of *Sulgidduk* added with *Hasuo* (*Polygoni multiflori* Radix). *J East Asian Soc Dietary Life* 22:25-32
- Pareyt B, Talhaoui F, Kerckhofs G, Brijs K, Goesaert H, Wevers M, Delcour JA. 2009. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *J Food Eng* 90:400-408
- Park BH, Cho HS, Park SY. 2005. A study on the antioxidative effect and quality characteristics of cookies made with *Lycii fructus* powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21:94-102
- Park HS, Lee MH, Lee JY. 2011. Quality characteristics and potentialities of sugar-snap cookies with red ginseng powder. *Korean J Culinary Res* 17:171-183
- Park SH. 2012. Quality characteristics of red ginseng and *Pleuropterus multiflorus* paste during storage. MS Thesis, Dae-guhaany Univ. Daegu, Korea
- Pérez S, Matta E, Osella C, Torre M, Sánchez HD. 2013. Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *LWT-Food Sci Techno* 50:120-125
- Seo H. 2012. Effects of digestive smooth muscle and antioxidants from *Pleuropterus multiflorus* root ethanol extracts. MS Thesis, Soonchunhyang Univ. Asan, Korea
- Song JH, Lee JH. 2014. The quality and antioxidant properties of cookies containing *Codonopsis lanceolata* powder. *Korean J Food Sci Technol* 46:51-55
- Walker S, Seetharaman K, Goldstein A. 2012. Characterizing physicochemical changes of cookies baked in a commercial oven. *Food Res Int* 48:249-256
- Wu XQ. 2009. General review on chemical constituents and pharmacological effects of *Polygoni multiflori* Radix. *LiShiZhen Med Mater Med Res* 20:146-147

접 수 : 2014년 6월 10일

최종수정 : 2014년 7월 7일

채 택 : 2014년 8월 5일