Korean J. Food & Nutr. Vol. 27. No. 3, 522~531 (2014)
http://dx.doi.org/10.9799/ksfan.2014.27.3.522

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

상백피 분말 첨가 쿠키의 제조조건 최적화

박 영 일 · 주 나 미†
숙명여자대학교 식품영양학과

Optimization of Cookies Prepared with *Mori cortex radicis* Powder

Young Il Park and Nami Joo†
Dept. of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the antioxidant effects of *Mori cortex radicis* powder and to determine the optimal composite recipe by testing different amount of *Mori cortex radicis* powder and sugar in cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder. In regard to its antioxident effects, *Mori cortex radicis* powder had a total phenolic content and DPPH free radical scavenging activity of 149.56 mg GAE/g and 137.77 μg/mL, respectively. The response surface methodology was used to obtain ten experimental points (including two replicates for *Mori cortex radicis* powder and sugar) and *Mori cortex radicis* cookie formulation was optimized using rheology. The results of the sensory evaluation produced significant values for color ($p<0.05$), texture ($p<0.05$), sweetness ($p<0.01$) and overall quality ($p<0.05$), and the results of instrumental analysis showed significant values in sweetness ($p<0.001$), redness ($p<0.01$) and spread ratio ($p<0.5$). As a result, the optimum formulations obtained by numerical and graphical methods were found to be 16.84 g of *Mori cortex radicis* powder and 64.42 g of sugar.

Key words: *Mori cortex radicis* powder, cookie, optimization, sensory evaluation, response surface methodology

서 론

상백피는 뽕나무과(Moraceae)에 속한 낙엽교목인 뽕나무속 식물의 근피로 한방에서는 이뇨제, 소염제, 진해제로 쓰이고 있다(Kim 등 1995). 상백피는 해열, 항경련, 항알러지, 항염증(Cho 등 2005) 등의 기능을 가진 것으로 알려져 왔으며, tyrosinase 활성 저해 효과(Jung 등 1995)와 일부 어병세균에 대한 산화 작용(Jee SO 2009)과 더불어 항균 효과(Mok 등 2001), 혈당 강하 작용(Yoon 등 2001) 및 항암 작용(Park 등 1998)이 있는 것으로 알려져 있다. 상백피를 식품에 응용한 선행연구로는 상백피 수육의 연화와 관능적 특성(Park & Kwon 1998), 상백피 및 강황 추출 혼합물 첨가 생면의 저장성 및 품질 증진 효과(Park 등 2010), 상백피, 곰피 및 강황 추출물 첨가에 의한 카스테라의 저장성 및 품질 증진 효과(Yoon 등 2009)등이 있으나, 다른 재료에 비하여 조리에 유용하게 활용되고 있지 않아 다양한 응용 연구가 필요한 실정이다.

쿠키는 수분 함량이 적어 저장성이 우수한 식품으로 먹기에 간편하고 맛이 좋아 현대인들의 주된 간식으로 애용되고 있으며, 쿠키에 기능성을 가진 천연 소재를 첨가하여 건강에 유익한 쿠키를 제조하는 연구가 활발히 진행되고 있다(Lee 등 2002). 쿠키에 관한 연구로는 모시잎 첨가 쿠키(Paik 등 2010), 유자 과피 분말 첨가 쿠키(Kim & Kong 2006), 솔잎가루 첨가 냉동 쿠키(Jin 등 2006), 홍삼 분말을 첨가한 냉동 쿠키(Lee 등 2006), 기능성 쌀쿠키의 품질 특성 연구(Kim 등 2002), 마늘 첨가 쿠키의 품질 특성(Kim 등 2002) 등 여러 가지 성분을 첨가하였을 때의 쿠키의 물성 변화, 품질 특성, 관능 등에 관한 많은 연구가 이루어졌다.

식물에 널리 분포되어 있는 폴리페놀계 물질들은 한 분자

† Corresponding author: Nami Joo, Dept. of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea. Tel: +82-2-710-9471, Fax: +82-2-710-9479, E-mail: namij@sm.ac.kr

내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl(－OH)기를 가진 방향족 화합물이다(Lee TB 1979). 식물계 폴리페놀 물질은 항산화, 항암, 고혈압 억제, 충치 예방, 항염증 등의 다양한 생리활성을 가지며, 여러 식물에 널리 분포되어 있어 천연 항산화 물질로 중요한 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(Park 등 2010).

이에 본 연구는 다양한 기능성을 가진 상백피를 이용한 식품 개발의 모델로 저장성이 우수하며, 모든 연령층에서 기호도가 높은 냉동 쿠키에 접목시켜 상백피 분말 쿠키의 품질특성 및 최적 배합비를 최근 식품공업에서 널리 이용되고 있는 반응표면분석법(Response surface methodology: RSM)을 통해 관능적 최적점을 갖는 조리법을 확립하여 기능성 쿠키로서의 상품 가능성을 평가해 보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 재료 중 상백피 분말(경동시장, 국산)은 건조 분말을 사용하였고, 발아 통밀가루(농협, 국산)를 사용하였다. 무염버터(서울우유, 국산), 베이킹파우더(초야식품, 국산), 설탕(CJ, 국산), 달걀(영림축산, 국산)은 마트에서 구입하여 사용하였다.

2. 상백피 분말의 항산화능

1) 총 폴리페놀 함량

상백피 분말의 총 폴리페놀 함량은 Singleton 등(1999)의 Folin-Ciocalteu법을 변형한 Liu 등(2002)과 Cho 등(2008)의 방법으로 분석하여 측정하였다.

상백피 분말 0.1 g을 취하고 100 mL의 ethyl alcohol을 가해 시료로 사용하였다. 증류수 0.5 mL를 가한 시험관에 시료 125 μL를 가해 1분간 교반하였다. 6분 후 7% Na_2CO_3 용액 125 μL를 첨가하고 1분간 교반한 후, 90분 동안 암소에 정치한 다음 분광광도계(V-530 UV/VIS Spectrophotometer, JAS Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis. MO, USA)를 사용하여 검량선을 구하였으며, 총 폴리폴리페놀 함량은 3회 반복 측정하여 얻은 평균값을 mg gallic acid(mg GAE/g)로 나타내었다.

2) DPPH 자유라디칼 소거능

상백피 분말의 자유 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법에 준하여 측정하였다. 시료 용액은 총 폴리폴리페놀 함량 측정에 이용한 것과 같은 것을 사용하였으며 시료용액 900 μL를 DPPH solution(1.5×10^{-4}mM) 330 μL와 혼합하여 암소, 실온에서 30분간 방치하여 반응시킨 후 517 nm에서 분광광도계(V-530 UV/VIS Spectrophotometer, JAS Co., Japan)로 흡광도를 3회 측정하였으며, 다음 식을 통해 DPPH 라디칼 소거능 값을 구하여 평균값으로 DPPH 자유라디칼 소거활성을 나타내었으며, DPPH 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC_{50}을 구하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능(\%)}=\left(1-\frac{\text{실험구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right)\times100$$

3. 실험계획

상백피 분말 첨가 쿠키의 모든 실험계획, 데이터 분석 및 품질의 최적화 분석은 Design Expert 8(Stat-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였다. 품질의 최적화는 response surface methodology 중 중심합성계획법(Central Composite Design)에 따라 설계하였다. 수십 번의 예비 실험을 통해 상백피 쿠키의 품질에 관능적으로 영향을 줄 수 있는 재료인 발아 통밀가루의 일부 대체 재료로 첨가되는 상백피 분말(X_1), 설탕(X_2)의 함량을 독립 변수로 설정하였으며, 종속변수로는 색도(L, a, b), 퍼짐성, 당도, 경도, 관능적 특성의 색, 향, 외관, 조직감, 전반적인 기호도로 설정하였다. 예비실험을 통해 각 요인의 최소 및 최대 범위를 각각 상백피 분말 5~35 g, 설탕 40~80 g 으로 정하였다. 중심합성계획법에 의한 실험점은 정중앙점(0.0)과 $\pm\alpha$점(axial point), ±1 level점(factorial point)으로 이루어지며, 이러한 실험점들 사이에는 모델 설정 및 적합 결여 검증을 위한 반복점이 존재한다(Park & Jang 2007). 이에 따라 실험점은 10개가 설정되었으며, replication 설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다. 완성된 실험 디자인의 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

4. 상백피 분말 첨가 쿠키 제조

Table 1과 같은 재료와 분량으로 크림법(creaming method)으로 제조하였다(American Association of Cereal Chemists 1995). 계량된 버터를 반죽기(Modle K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, USA)에 넣고 2단으로 1분간 부드럽게 한 후 설탕을 3회에 걸쳐 나누어 넣으면서 4단에서 2분간, 달걀을 넣고 1분간 크림화 하여 반죽을 균일한 상태로 만든 후, 발아 통밀가루와 베이킹파우더, 상백피 분말을 함께 3회에 걸쳐 체에 내린 후, 1단으로 10초 동안 혼합한다. 이를 지퍼 백(크린랩, 국산)에 담아 밀봉하여 4℃의 냉장실(FRB4350-NT, Daewoo Co., Gumi, Kyungbuk, Korea)에서 1시간 동안 휴지시킨 후 4.0×4.0×30 cm의 막대모형으로 성형하고, －18℃에서 12시간 동안 냉동시킨 후 꺼내어 4.0×4.0×1.0 cm가 되도록 균일하게 절단하여(18±0.5 g) 윗불 170℃, 아랫불 165℃로 예열해 둔 convection oven(Model FDO-7102, Daeyoung Co., Anshan, Korea)에서 13분간 구웠다. 구운 쿠키는 20±4℃에서 냉각한 후 위와 같은 밀봉 방법으로 밀봉하여 보관하고, 24시간 후 물리적

Table 1. Experimental design for cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder

Sample No.	Variable level ingredient					
	Mori cortex radicis powder(g)	Whole wheat flour (g)	Sugar (g)	Butter (g)	Baking powder (g)	Whole egg (g)
1	5.00	205	40.00	120.00	3.00	60.00
2	35.00	175	40.00	120.00	3.00	60.00
3	5.00	205	80.00	120.00	3.00	60.00
4	35.00	175	80.00	120.00	3.00	60.00
5	5.00	205	60.00	120.00	3.00	60.00
6	35.00	175	60.00	120.00	3.00	60.00
7	20.00	190	40.00	120.00	3.00	60.00
8	20.00	190	80.00	120.00	3.00	60.00
9	20.00	190	60.00	120.00	3.00	60.00
10	20.00	190	60.00	120.00	3.00	60.00

검사와 관능검사를 실시하였다.

5. 상백피 분말 첨가 쿠키 물리적 특성

1) 색도

쿠키의 표면색은 color difference meter(Colormeter CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L(lightness, 명도), a (redness, 적색도), b(yellowness, 황색도)의 색채 값을 3회 반복 측정하였으며, 이때 사용한 표준백판(standard plate)의 L값은 96.74, a값은 +0.57, b값은 +1.78이었다.

2) 당도

쿠키의 당도는 0~54% 범위를 갖는 당도계 Digital Hand-Held Pocket Refractometer(PAL-2, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 쿠키의 당도를 측정하기 위해서 5 g의 시료와 10배의 증류수를 넣고, 1분 30초간 균질화하여 1시간 방치한 후 Whatman No.2 filter paper로 여과해 3회 반복 측정하였다.

3) 퍼짐성 측정

쿠키의 퍼짐성(spread ratio)은 직경에 대한 두께의 비로 나타낸 것으로 AACC Method 10-52의 방법으로 다음의 공식을 이용하여 퍼짐성 지수를 구하였다. 쿠키의 직경은 쿠키 6개를 나란히 수평으로 정렬한 후 전체 길이를 측정하고, 각각의 쿠키를 90°로 회전시킨 후 같은 방법으로 전체 길이를 측정하여 쿠키 한 개에 대한 평균 직경을 구하였다. 쿠키의 두께는 위의 쿠키 6개를 수직으로 쌓은 후 수직 높이를 측정하고, 다시 쿠키의 놓인 순서를 바꾸어 높이를 측정하여 쿠키 한 개에 대한 평균 두께를 구하였다. 쿠키 1개에 대한 평균 직경과 두께는 3회 반복 측정 후 평균값을 이용하였다.

퍼짐성(Spread ratio) = A / B

A = 쿠키 1개의 평균 직경(cm)

B = 쿠키 1개의 평균 두께(cm)

4) 경도 측정

제조한 쿠키의 조직감은 texture analyzer(TA. XT Express v2.1, London, England)의 stable micro systems(Expression, TA. ST Express v2.1, London, England) 프로그램을 사용하여 경도(Hardness) 값을 나타내었다. 쿠키는 probe가 침투한 후에 쉽게 깨지고 복원력이 없는 시료이므로 one cycle test를 이용하였으며, Hardness는 그래프 중 최고 피크점을 기준으로 각 실험군별로 3회 반복하여 측정한 값의 평균값과 표준편차로 나타내었다. 측정 조건은 probe(3 mm cylinder probe-SMS P/2), pre-test speed(3.0 mm/s), test speed(1.0 mm/s), return speed(5.0 mm/s), test distance(3.0 mm), trigger force(5.0 g)이었다.

6. 상백피 분말 첨가 쿠키 관능적 특성

관능검사는 식품영양학을 전공한 대학원생 중에서 훈련된 패널 16명을 선정하여 이들에게 실험의 목적과 취지를 설명한 뒤 실험에 응하도록 하였다(Larmond E 1977). 관능 평가에 이용된 상백피 분말 첨가 쿠키는 흰색 바탕의 동일한 접시에 4자리의 난수표로 표시하였으며, 관능평가 항목은 색(color), 향(flavor), 외관(appearance), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall quality)에 대한 특성이었으며, 7점 기호 척도법으로 평가하여 선호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

7. 통계 분석

상백피 분말 첨가 쿠키의 품질특성 및 성분들 간의 상호작용과 경향을 알아보기 위하여 design expert 8 프로그램의 ANOVA

test 및 회귀분석을 이용하였으며, model의 적합성 여부는 *F*-test로 유의성을 검증하였다. 각 성분들의 반응을 보기 위해서는 perturbation plot과 response surface 3D plot을 이용하였다.

수치 최적화(numerical optimization)는 canonical model을 기준으로 하는 모델의 계수에 독립변수인 상백피 분말, 설탕은 범위 내에서, 반응변수인 관능평가의 항목 중 유의적인 결과를 나타낸 항목은 목표범위(goal area)를 최대(maximum)로 설정하였으며, 수치 최적화를 통해 제시된 최적점 중 다음의 식에 기준하여 적합도(desirability)를 구하고, 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다.

모형의 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

결과 및 고찰

1. 상백피 분말의 항산화능

1) 총 폴리페놀 함량

본 연구에서 상백피 분말의 총 폴리페놀 함량은 149.56 mg GAE/g dry powder로 나타났다(Table 2). Jeong 등(2010)의 연구에서 당귀, 백복령, 상백피, 상엽, 총목피 및 홍삼에 존재하는 총 폴리페놀 함량을 측정하여 비교한 결과, 에탄올 추출물에서 상백피가 가장 높은 115.15 mg/g의 총 폴리페놀 함량을 보였으며, 이는 본 실험과 비교하여 볼 때 비슷한 경향임을 확인할 수 있었다. Heo 등(2007)에 따르면 약용 식물의 경우, 총 폴리페놀 함량이 30 mg/g 이상이면 뛰어난 항산화 활성을 나타낸다고 하였으며, Seo 등(2011)의 연구에서 약용식물 중 높은 폴리페놀 함량을 보인 사철쑥 추출물의 총 폴리페놀 함량이 90.19±2.03 mg/g으로 나타난 것과 비교하여 볼 때 상백피 분말의 항산화 기능성이 우수함을 확인할 수 있었다.

Table 2. The contents of total phenol, and DPPH free radical scavenging activity in the *Mori cortex radicis* powder

Mean±S.D.

Composition	Content
Total phenol(mg GAE/g)[1)]	149.56±0.42
DPPH free radical scavenging activity(μg/mL)[2)]	137.77±0.34

[1)] The total phenol contents are expressed as gallic acid equivalents(GAE).

[2)] IC_{50}(μg/mL): The values indicate 50% inhibitory concentration of DPPH radical.

2) DPPH 자유 라디칼 소거능

항산화 활성 측정방법 중 DPPH 자유 라디칼 소거능은 분자 내에 비교적 안정한 radical을 가지고 있는 짙은 보라색의 화합물인 DPPH가 항산화 효과가 있는 물질과 만나면 radical이 소거되어 탈색되는 원리를 이용한 것이다(Han 등 2007).

상백피 분말의 70% ethyl alcohol 추출물의 DPPH 자유 라디칼을 50% 소거하는 농도인 IC_{50}을 구한 결과(Table 2), 상백피 분말의 IC_{50}은 137.77 μg/mL로 나타났다. 이는 항산화능이 높다고 알려진 사철쑥의 항산화능(Seo 등 2011)은 105.80±4.27 μg/mL으로 보고된 것과 비슷한 경향을 보여 높은 항산화능이 입증된 상백피 분말을 활용한 다양한 식품의 개발이 가능하다고 판단된다.

2. 상백피 분말 첨가 쿠키 물리적 특성

1) 색도

상백피 분말을 첨가한 쿠키의 색도를 측정한 결과(Table 3), 명도(L) 값은 54.88~65.42, 적색도(a) 값은 5.03~6.91, 황색도

Table 3. Physical and mechanical characteristics of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder

Sample No.	*Mori cortex radicis* powder(g)	Sugar (g)	Responses					
			L	a	b	Sweetness(%)	Spread ratio(cm)	Hardness(N)
1	5.00	40.00	64.55±0.87	6.09±0.29	26.32±0.17	1.69±0.52	4.03±0.57	376.20±.106.46
2	35.00	40.00	54.88±0.67	6.72±0.11	26.35±0.37	1.79±0.10	3.27±1.89	641.03±135.35
3	5.00	80.00	65.36±0.67	5.03±0.03	26.94±0.34	2.26±0.10	3.33±0.62	732.20±126.76
4	35.00	80.00	57.95±0.58	6.91±0.37	26.32±0.31	2.35±0.11	3.05±0.62	1,039.83±162.55
5	5.00	60.00	57.69±0.43	5.98±0.14	25.73±0.20	2.20±0.16	4.52±0.34	535.56±124.39
6	35.00	60.00	65.42±0.60	6.44±0.36	26.21±0.40	2.16±0.05	3.26±1.85	1,048.33±300.97
7	20.00	40.00	60.54±0.51	6.30±0.22	25.95±0.16	1.68±0.05	3.77±0.37	542.46±154.99
8	20.00	80.00	60.42±0.45	6.15±0.05	25.31±0.07	2.47±0.05	2.97±1.75	627.50±74.95
9	20.00	60.00	61.43±0.32	6.30±0.13	22.52±0.24	2.06±0.05	3.82±0.79	1,141.43±347.45
10	20.00	60.00	61.10±0.45	6.03±0.17	25.81±0.30	2.13±0.17	4.06±1.54	1,066.63±253.35

(b) 값은 22.52~26.94의 범위로 나타났으며, 명도는 분말 35 g과 설탕 60 g일 때 가장 높았고, 적색도는 분말 35 g과 설탕 80 g, 황색도는 분말 5 g, 설탕 80 g일 때 가장 높았다. 설정된 반응별로 모델링화하여 *F*-test로 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 색도에 미치는 영향을 살펴보기 위한 회귀식은 Table 4와 같다. 명도는 Linear model, 적색도는 2FI model, 황색도는 Quadratic model이 채택되었으며, *p*값은 적색도에서 0.0029($p<0.01$)로 유의성이 인정되었다.

명도, 적색도, 황색도 수치의 perturbation plot과 반응표면곡선의 결과(Fig. 1), 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 감소한 반면, 설탕의 첨가량이 증가할수록 명도는 조금씩 증가하였으며, 적색도는 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 급격히 증가하였고, 설탕의 양이 증가할수록 조금씩 감소하였다. 황색도는 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다.

상백피 분말의 첨가량이 증가될 때 급격히 명도가 감소하는 것으로 보아 상백피 분말이 쿠키의 명도에 영향을 끼치는 경향을 보였다. 이러한 결과는 첨가물인 상백피 분말의 명도가 낮아 그 자체의 색에 따라 첨가물의 양이 증가할수록 쿠키의 명도를 증가시키는 것으로 판단되며, 쥐눈이콩 첨가 쿠키(Ko & Joo 2005), 마분말 첨가 쿠키(Joo 등 2008)의 결과와도 일치하였다. 적색도의 경우, 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 급격히 증가한 것으로 보아 첨가물인 상백피 분말의 적색도가 높아, 그 자체의 색에 따라 첨가물의 양이 증가할수록 쿠키의 적색도를 감소시키는 것으로 판단된다.

2) 당도

상백피 분말을 첨가한 쿠키의 당도를 10배수의 증류수를 넣고 희석하여 측정한 결과, 1.68~2.47%의 범위를 나타냈다(Table 3). 각 요인들이 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었으며, *p*-value는 0.0001($p<0.001$)로 유의적인 결과를 나타냈으며(Table 4), 상백피의 함량 증가에 따른 당도는 거의 변화가 없고, 설탕의 함량이 증가할수록 쿠키의 당도가 증가하였다(Fig. 1). 이는 천년초 분말을 첨가한 쿠키(Jung 등 2013)의 결과와도 일치하였다.

3) 퍼짐성

반죽의 점도에 의하여 조절되는 퍼짐성은 구울 때 반죽 내 수분함량이 많을수록 퍼짐성 지수가 작아지는데 오븐의 온도가 오르면 반죽의 건조도가 매우 높아짐에 따라 유동에 필요한 일정한 점도를 상실했을 때 퍼짐성이 멈추게 된다(Miller 등 1997). 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 퍼짐성 지수는 2.97~4.52 cm의 범위(Table 3)로 각 요인들이 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었으며, *p*-value는 0.0413($p<0.05$)으로 유의적인 결과를 나타냈다(Table 4). perturbation plot과 반응표면곡선의 결과(Fig. 1), 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성은 낮아지는 것을 볼 수 있으며, 이는 연잎(Kim & Park 2008)과 백련초(Jeon ER 2006), 시금치(Lee & Joo 2010) 등의 분말 첨가가 쿠키의 퍼짐성을 감소시킨다는 연구결과와 유사하였다.

4) 경도

상백피 분말을 첨가한 쿠키의 경도는 376.20~1,141.43 N의 범위를 나타냈고(Table 3), 상백피 가루 20 g, 설탕 60 g일 때 가장 높았으며, 독립변수간의 교호작용하는 Quadratic model이 적합한 모델로 선정되었으며, 유의적인 차이는 없었다. 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하다 점차 감소하는 경향을 볼 수 있으며(Fig. 1), 이는 쿠키의 경도는 부재료의 첨가량이 많거나 수분 함량이 적을 경우, 반죽의 밀도가 낮을 경우(Lee 등 2002; Kim & Park 2008), 기공의 발달 정도가 낮을 경우(Chabot 1979) 경도가 상승한다는 연구결과와 유사하였다.

3. 상백피 분말 첨가 쿠키 관능적 특성

Table 4. Analysis of predicted model equation for the physical and mechanical characteristics of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder

Responses	Model	*R*-squared[1)]	*F*-value[2)]	Prob>*F*	Polynomial equation
L	Linear	0.3407	1.81	0.227	$+61.64-2.25A+0.12B$
a	2FI	0.8886	15.96**	0.0029	$+6.22+0.49A-0.17B+0.31AB$
b	Quadratic	0.6922	1.80	0.2946	$+25.39-0.018A-8.333B-0.16AB+0.69A^2+0.35B^2$
Sweetness	Linear	0.9539	72.45***	0.0001	$2.10-8.333A+0.35$
Spread ratio	Linear	0.5976	5.20*	0.0413	$+3.60-0.39A-0.28B$
Hardness	Quadratic	0.7762	2.77	0.1722	$+982.77+180.87A+139.97B+10.07AB-69.56A^2-276.52B^2$

A: *Mori cortex radicis* powder, B: Sugar

[1)] $0<R^2<1$, close to 1 means more significant, [2)] $*p<0.05$, $**p<0.01$, $***p<0.001$

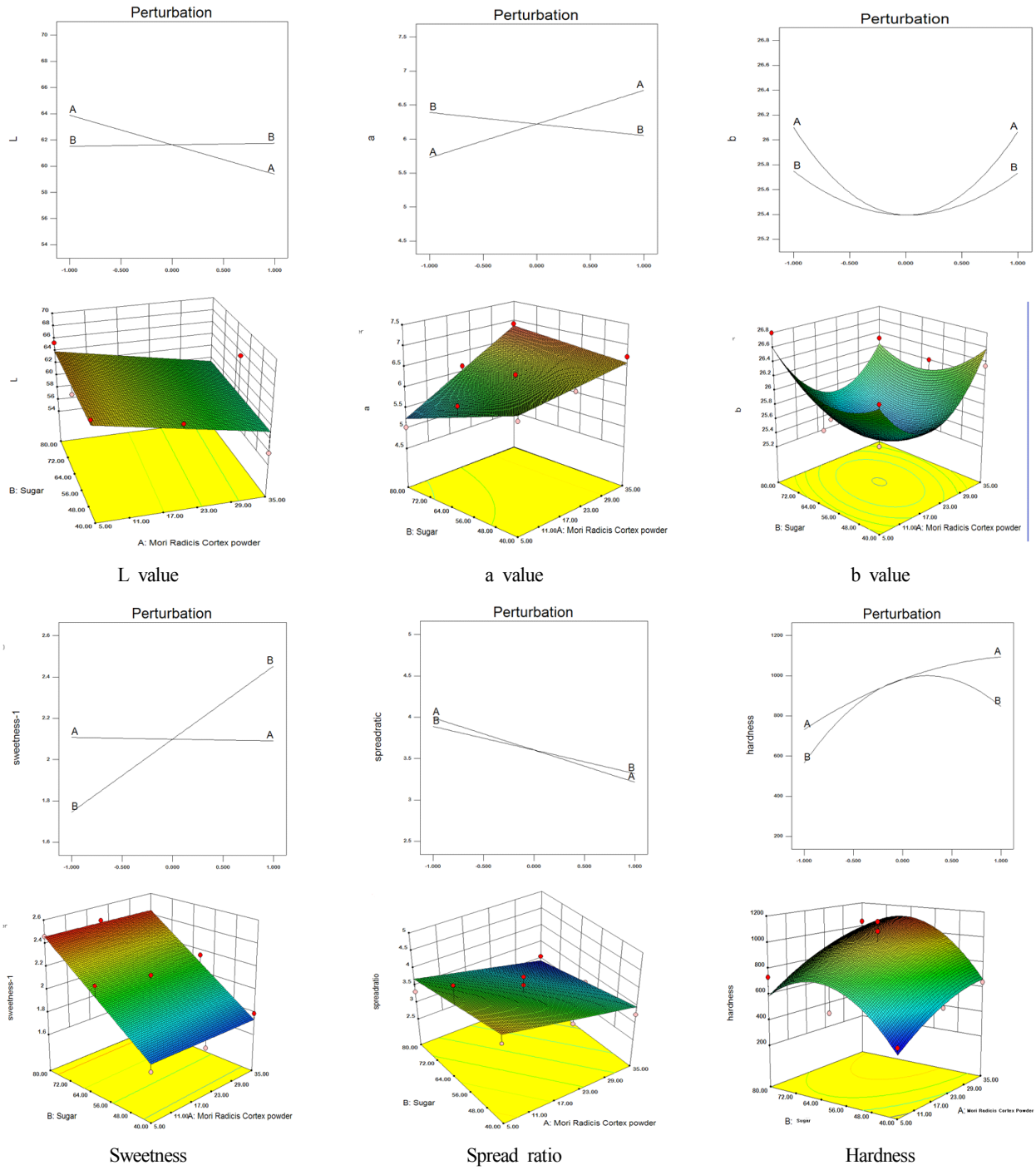

Fig 1. Perturbation plot and response surface for the effect of *Mori cortex radicis* powder(A), sugar(B) on physical and mechanical characteristics of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder.

상백피 분말과 설탕을 독립변수로 제조한 각 10개의 쿠키는 색, 외관, 향, 조직감, 단맛, 전반적인 기호도에 대한 항목에 해당하는 점수는 Table 5와 같다. 결과 값의 회귀식은 Table 6에 제시하였고, 관능적 특성에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 Fig. 2에 제시하였다.

색에 대한 기호도는 3.30~5.25, 외관은 4.00~5.40, 향은 3.20~5.45, 조직감은 3.05~5.40, 단맛은 2.80~4.70, 전반적인 기호도는 3.05~5.35의 범위를 나타냈으며, 가장 기호도가 높은 것은 모든 항목에서 상백피 분말 20.0 g, 설탕 60.0 g으로 나타났다. 전체 관능 항목인 색, 외관, 향, 조직감, 단맛, 전체적인 기호

Table 5. Sensory evaluation of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder

Sample No.	*Mori cortex radicis* powder(g)	Sugar (g)	Responses					
			Color	Appearance	Flavor	Texture	Sweetness	Overall quality
1	5.00	40.00	4.55	4.50	4.80	4.25	3.55	3.40
2	35.00	40.00	3.30	4.80	3.20	3.05	2.80	3.05
3	5.00	80.00	4.10	4.00	4.95	4.80	4.35	4.50
4	35.00	80.00	3.85	4.00	4.30	3.15	4.10	3.70
5	5.00	60.00	4.15	4.30	4.00	4.90	4.05	4.20
6	35.00	60.00	4.15	4.15	4.21	3.50	3.70	3.65
7	20.00	40.00	4.50	4.40	4.00	4.10	3.40	3.55
8	20.00	80.00	4.55	4.70	4.50	4.35	4.55	4.45
9	20.00	60.00	5.25	5.20	5.45	5.40	4.55	5.35
10	20.00	60.00	5.20	5.40	5.35	4.85	4.70	5.05

Table 6. Analysis of predicted model equation for the sensory characteristics of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder

Responses	Model	*R*-squared[1)]	*F*-value[2)]	Prob>*F*	Polynomial equation
Color	Quadratic	0.8949	6.75*	0.0440	$5.08 - 0.25A+0.025B+0.25AB - 0.79A^2 - 0.41B^2$
Appearance	Quadratic	0.6332	1.38	0.3883	$5.06+0.025A - 0.17B - 0.075AB - 0.59A^2 - 0.26B^2$
Flavor	Quadratic	0.6078	1.24	0.4296	$5.01 - 0.34A+0.29B+0.24AB - 0.52A^2 - 0.37B^2$
Texture	Quadratic	0.9463	14.10*	0.0119	$4.98 - 0.71+0.15B - 0.11AB - 0.63A^2 - 0.61B^2$
Sweetness	Quadratic	0.9545	16.77**	0.0087	$4.49 - 0.22A+0.54B+0.12AB - 0.48A^2 - 0.38B^2$
Overall quality	Quadratic	0.8908	6.52*	0.0466	$4.93 - 0.28A+0.44B - 0.11AB - 0.74A^2 - 0.66B^2$

A: *Mori cortex radicis* powder, B: Sugar
[1)] $0<R^2<1$, close to 1 means more significant, [2)] $*p<0.05$, $**p<0.01$

도 모두 quadratic 모델로 결정되었고, *p*-value는 색 0.0440 ($p<0.05$), 조직감 0.0119($p<0.05$), 단맛 0.0087($p<0.001$), 전반적인 기호도 0.0466($p<0.05$)에서 유의성을 보였다. Perturbation plot과 반응표면곡선의 결과(Fig. 2), 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 색의 기호도가 증가하다가 일정한 수준에서 감소하는 경향을 보였고, 외관의 기호도는 상백피 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정한 수준에서 감소하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 서서히 감소하는 경향을 보였다. 향의 기호도는 상백피 분말의 첨가량이 증가할수록 서서히 증가하다가 일정한 수준에서 급격히 감소하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 향의 기호도가 서서히 증가하는 경향을 보였다. 조직감의 기호도는 상백피 분말의 첨가량이 증가할수록 약간 증가하다가 일정한 수준에서 급격히 감소하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정한 수준에서 서서히 감소하는 경향을 보였다. 단맛의 기호도는 상백피 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정한 수준에서 감소하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. 전반적인 기호도는 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 꾸준히 증가하다가 각각 일정한 수준에서 감소하는 경향을 보였다.

4. 상백피 분말 첨가 쿠키의 품질 최적화

상백피 분말을 첨가한 쿠키의 최적화는 Canonical 모형을 통해 선정하였다. 관능평가 중 유의적으로 나타난 모든 항목을 최대로 결정한 후, 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점을 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 상백피 분말과 설탕의 양으로 선정하였다. 그 중 가장 높은 만족도를 갖는 최적점을 선택하여 지점 예측을 통해 도출하였으며(Fig. 3), 이를 통한 각 독립변수의 예측된 최적값은 상백피 분말 16.84 g, 설탕 64.42 g으로 나타났다.

요약 및 결론

본 연구에서는 다양한 생리활성 기능을 가지는 상백피 분말의 항산화능을 측정하고, 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 최적 배합조건을 도출하고자 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 품

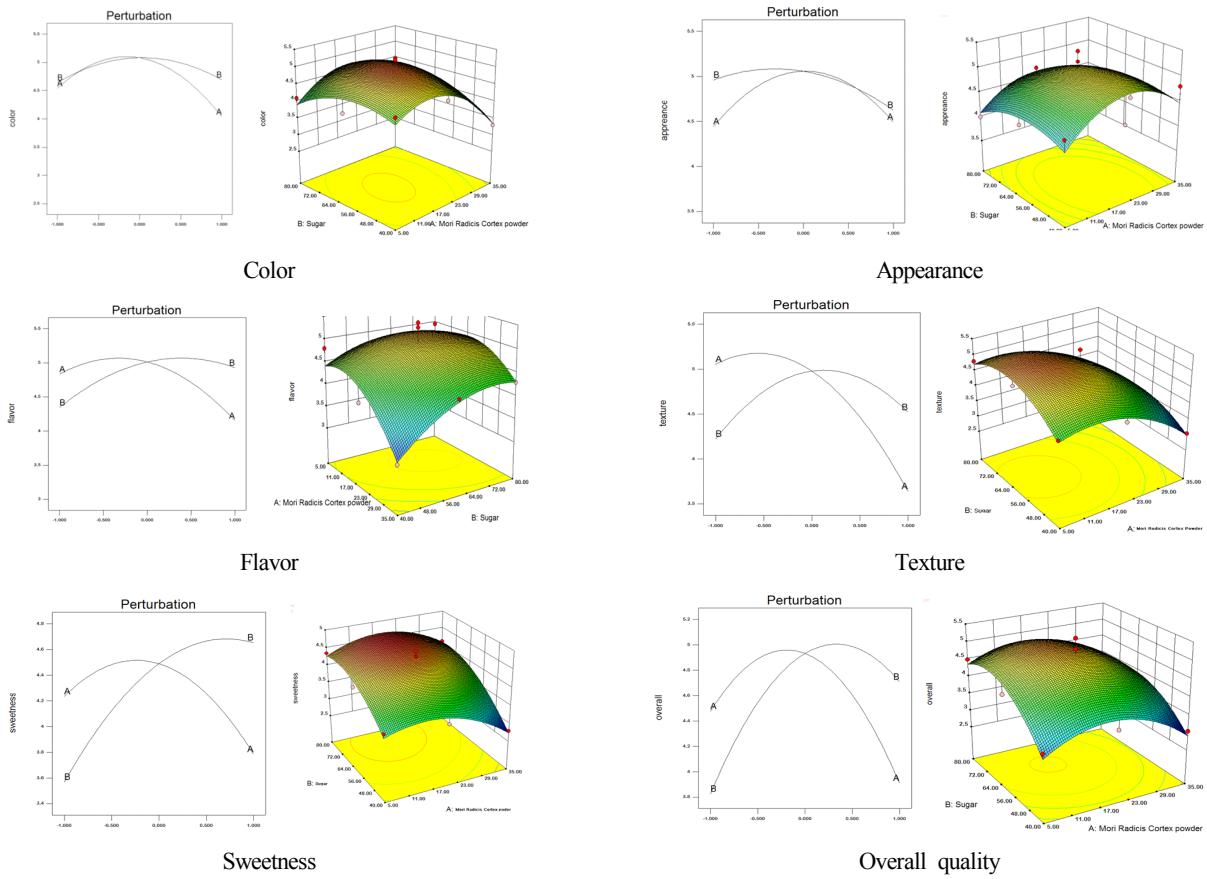

Fig 2. Perturbation plot and response surface for the effect of *Mori cortex radicis* powder(A), sugar(B) on sensory characteristics of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder.

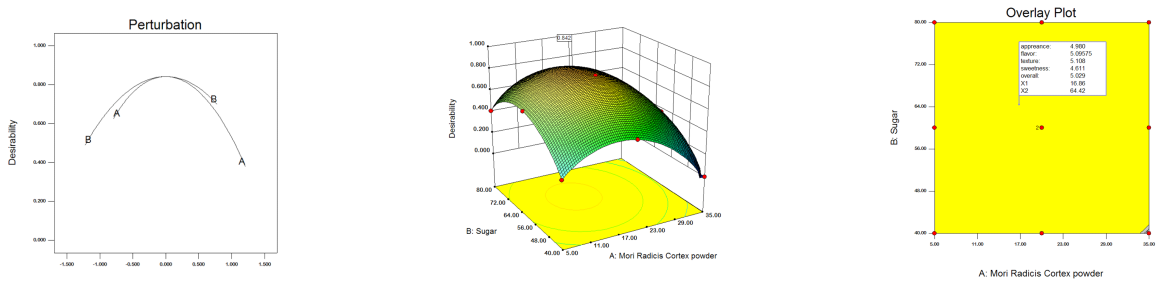

Fig 3. Overlay plot common area and perturbation for the optimization mixture of cookies prepared with *Mori cortex radicis* powder.

질특성 분석과 관능적 최적화의 결과를 기초로 상백피 분말 첨가 쿠키의 최적 배합 비율을 도출하였다.

상백피 분말의 항산화능은 총 폴리페놀 함량 149.56 mg GAE/g, DPPH 자유 라디칼 소거능 137.77 μg/mL로 높은 항산화능을 보여 기능성 쿠키로서의 상백피 분말 첨가 쿠키의 가능성을 보여주었다.

기계적 특성은 색도(L, a, b)와 당도, 퍼짐성, 경도에 대한 실험을 실시하였다. 명도는 Linear model, 적색도는 2FI model, 황색도는 Quadratic model이 채택되었으며, p값은 적색도에서 0.0029(p<0.01)로 유의성이 인정되었다. 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 감소한 반면 설탕의 첨가량이 증가할수록 명도는 조금씩 증가하였으며, 적색도는 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 급격히 증가하였고, 설탕의 양이 증가할수록 조금씩 감소하였다. 황색도는 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 당도는 Linear 모델이 선택

되었으며, *p*-value는 0.0001($p<0.001$)로 유의적인 결과를 나타났다. 상백피의 함량 증가에 따른 당도는 거의 변화가 없고, 설탕의 함량이 증가할수록 쿠키의 당도가 증가하였다. 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 퍼짐성은 Linear 모델이 선택되었으며, *p*-value는 0.0413($p<0.05$)로 유의적인 결과를 나타냈고, 상백피 분말과 설탕의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성은 낮아졌다. 상백피 분말을 첨가한 쿠키의 경도는 상백피 가루 20 g, 설탕 60 g일 때 가장 높았으며, Quadratic model이 적합한 모델로 선정되었으며 유의적인 차이는 없었다. 상백피 분말 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하였고, 설탕의 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하다 점차 감소하는 경향을 볼 수 있었다.

관능적 특성 중 가장 기호도가 높은 것은 모든 항목에서 상백피 분말 20.0 g, 설탕 60.0 g으로 나타났다. 전체 관능 항목인 색, 외관, 향, 조직감, 단맛, 전체적인 기호도 모두 quadratic 모델로 결정되었고, *p*-value는 색 0.0440($p<0.05$), 조직감 0.0119($p<0.05$), 단맛 0.0087($p<0.01$), 전반적인 기호도 0.0466($p<0.05$)에서 유의성을 보였으며, 관능검사 결과 상백피 분말 첨가 쿠키의 관능적 최적 배합비는 상백피 분말 16.84 g, 설탕 64.42 g으로 산출되었다.

이상의 연구결과에서 상백피 분말 첨가 쿠키는 기능성, 품질, 기호도 면에서 충분히 경쟁력이 있을 것으로 사료되며, 상백피 분말을 첨가한 쿠키를 제품화한다면 단순한 기호식품이 아닌 건강한 기호식품으로서 대중들에게 알릴 수 있을 것으로 사료된다.

References

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1200

Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy* 3:279-286

Cho HJ, Lee JY, Kim DG 2005. *In vitro* and *in vivo* anti-inflammatory and anti-allergic responses caused by water extract of *Mori cortex*. *J Korean Oriental Pediatrics* 19: 175-195

Cho Y, Choi MY. 2008. Quality characteristics of jelly containing added Pomegranate powder and *Opuntia humifisa* powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25:134-142

Han IH, Lee K, Lee KE. 2007. The antioxidant activity of Korean cactus (*Opuntia humifusa*) and the quality characteristics of cookies with cacuts power added. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 23:443-451

Heo SI, Jung HJ, Kim MK, Wang MH. 2007. Antioxidative activities and tyrosinase inhibitory effects of Korean medicinal plants. *J Appl Biol Chem* 50:115-119

Jee SO. 2009. Antioxidant activities and whitening effect of the mulberry (*Morus alba* L.) root bark extracts. *Korean J Plant Res* 22:145-151

Jeon ER. 2006. Effect of angelica plant powder on the quality characteristics of batter cakes and cookies. *Korean J Food Cookery Sci* 22:62-68

Jeong HJ, Lee SG, Lee EJ, Park WD, Kim JB, Kim HJ. 2010. Antioxidant activity and anti-hyperglycemic activity of medicinal herbal extracts according to extraction methods. *Korean J Food Sci Technol* 42:571-577

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

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

Jung SW, Lee NK, Kim SJ, Han D. 1995. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 891-896

Kim AK, Ha H, Yoon SH. 1995. Liver protective effects of *Mori cortex radicis* in isolated hepatocytes. *J Korea Soc Hygienic Sci* 1:16-20

Kim GS, Park GS. 2008. Quality characteristics of cookies prepared with lotus leaf powder. *Korean J Food Preserv* 11: 182-188

Kim HY, Chung SJ, Heo MY, Kim GS. 2002. Quality characteristics of cookies prepared with varied levels of shredded garlics. *Korean J Food Sci Technol* 34:637-641

Kim HY, Kong HJ. 2006. Preparation and quality characteristics of sugar cookies using citron powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23:712-719

Kim HY, Lee IS, Kang JY, Kim GY. 2002. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34:642-646

Kim YY, Choue RW, Chung SY, Koo SJ. 1999. Anti-hyperglycemic effect of *Cortex mori radics* in *db/db* mice. *Korean J Food Sci Technol* 31:1057-1064

Ko YJ, Joo NM. 2005. Quality characteristic and optimization of iced cookie with addition of Jinuni bean (*Rhynchosia*

volubilis). *Korean J Food Cookery Sci* 21:514-527

Larmond E. 1977. Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Central Experimental Farm. Ottawa. pp.7-23

Lee HJ, Joo NM. 2010. Optimization of germinated brown rice cookie with added spinach poder. *Korean J Food Cookery Sci* 26:707-716

Lee JA, Park GS, Ahn SH. 2002. Comparative of physicochemical and sensory quality characteristics of cookies added with barleys and oatmeals. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 238-246

Lee SM, Jung HA, Joo NM. 2006. Optimization of iced cookie with the addition of dried red ginseng powder. *Korean J Food & Nutr* 19:448-459

Lee TB. 1979. Illustrated Flora of Korea. Hyangmoon Publishing Co. Seoul. Korea. pp.511

Liu RH, Dewanto V, Wu X, Adom KK. 2002. Thermal processiong enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agri Food Chem* 50: 3010-3014

Miller RA, Hoseney RC, Moris CF. 1997. Effect of formula water content on the spread of sugar-snap cookies. *Cereal Chem* 74:669-671

Mok JS, Song KC, Choi NJ, Yang HS. 2001. Antibacterial activity of ethanol extract of root bark of *Morus alba* against selected fish pathogenic bacteria. *Korean J Aquaculture* 14: 221-226

Paik JE, Bae HJ, Joo NM, Lee SJ, Jung HA, Ahn EM. 2010. The quality characteristics of cookies with added *Boehmeria nivea*. *Korean J Food & Nutr* 23:446-452

Park HY, Jang MS. 2007. Ingredient mixing optimization for the preservation of *sulgidduk* with barely (*Hordeum vulgare* L.) sprout powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23:550-560

Park IK, Lee JO, Lee HS, Seol KY, Ahn YJ. 1998. Cytotoxic activity of *Bombyx mori* and *Morus alba* derived materials against human tumor cell lines. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 41:187-190

Park JH, Lee BG, Byun GI, Kim DW. 2010. Antioxidant activities and inhibitory effect on oxidative DNA damage of nelumbinis semen extracts. *Kor J Herbology* 25:55-59

Park NB, Lee SY, Yoon SY, Kim KBWR, Song EJ, Lee SJ, Lee CJ, Jung JY, Kwak JH, Lee HD, Choi HD, Ahn DH. 2010. Effect of extracts from *Morus alba* L. and *Curcuma aromatica* on shelf-life and quality of wet noodle. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:750-756

Park SW, Kwon SK. 1998. Sensory characteristics and tenderness of boiled beef by addition of the barks (*Morus alba* Linne). *Korean J Food & Nutr* 11:580-584

Seo JU, Hwang ES, Kim GH. 2011. Antioxidaitve and differentiation effects of *Artemisia capillaris* T. extract on hydrogen peroxide-induced oxidative damage of MC3T3-E1 osteoblast cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1532-1536

Sigleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299:152-178

Yoon SH, Jung SY, Ha H. 2001. Hypoglycemic and enzyme effects of the water extract of *Mori cortex radicis* in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Hygienic Sciences* 7:119-123

Yoon SY, Choi JS, Lee SY, Kim KBWR, Song UJ, Kim SJ, Lee SJ, Lee CJ, Kim TW, Ahn DH. 2009. Effect of *Morus alba* root bark, *Ecklonia stolonifera*, and *Curcuma aromatica* extracts on shelf-life and quality of castella. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1444-1451

접 수 : 2014년 4월 30일
최종수정 : 2014년 6월 13일
채 택 : 2014년 6월 17일