

흑미의 배합비와 굽기시간에 따른 흑미쿠키의 품질특성

김양선¹ · 김경화² · 이준호^{1*}

¹대구대학교 식품공학부

²경북대학교 식품공학과

Quality Characteristics of Black Rice Cookies as Influenced by Content of Black Rice Flour and Baking Time

Yang Sun Kim¹, Gyeong Hwa Kim² and Jun Ho Lee^{1*}

¹Div. of Food Science & Engineering, Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea

²Dept. of Food Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

Response surface methodology was used to investigate the cookie manufacturing process with black rice flour. A three-variable, three-level central composite design was employed where the independent variables were the amount of black rice flour (0~20%), baking time (10~14 min), and sugar type (sucrose, aspartame, and oligosaccharides). pHs of dough and cookie tended to increase with the addition of black rice flour. Moisture content of dough slightly increased with the addition of black rice flour but nearly affected by baking time. Spread factor increased with the addition of black rice flour and it was more evident in the samples prepared with sucrose. L^{*}-value decreased but a^{*}-value increased significantly with the addition of black rice flour. Generally the amount of black rice flour in the sample did not affect the textural characteristics of cookie. As the amount of black rice and baking time increased, sensory flavor became stronger. Sensory sweetness as well as hardness increased but sensory color became darker with the addition of black rice flour. In addition, the response surface models developed in this study for most of physicochemical and sensory characteristics of black rice cookie were adequate.

Key words: cookie, black rice, physicochemical, sensory, RSM

서 론

흑미(*Oryza sativa* var. Suwon 415)는 쌀겨층에 자홍색의 색소를 가지고 있는 쌀로 주요 생산지는 중국이나 동남아시아 지역이고 우리나라의 경우 진도, 해남, 보성 등 일부 지역에서 생산되고 있다(1,2). 흑미는 단백질(lysine), 식물성지방(phytofats), 섬유소(cellulose), 무기질, 비타민 등 영양성분(3)이 풍부하고 항산화활성(4)과 항변이원성(5) 등과 같은 생리활성 효과가 높으며 anthocyanins에 의한 자색과 향미 등 인체에 유효한 기능성 성분들을 가지고 있다. 특히 흑미에는 보통 흰쌀에는 결핍된 vitamin C, carotene 등을 함유하고 있어 흰쌀에 비하여 훨씬 높은 영양성분을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(3).

흑미는 신장과 간을 보호하고 눈과 피를 맑게 하는 생리활성 물질을 함유하고 있고, 그 성분의 기능성 연구결과 일반 미보다 항산화활성 및 항변이원성 등이 높게 나타나 쌀 가공식품 소재로의 이용가능성이 보고된 바 있다(4,5). 또한 많은

한국인들은 일반미에 흑미를 첨가하여 밥을 조리하는 것을 선호하고 있으며 흑미 생산은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(6).

한편 흑미의 기능성과 응용에 대한 관심의 증가와 더불어 흑미를 이용한 rice cake의 제조에 관한 연구(6), 흑미를 첨가한 인절미의 품질특성 연구(7), 흑미첨가가 절편의 물성과 노화에 미치는 영향에 관한 연구(8), 흑미가루를 첨가한 식빵의 품질 특성에 관한 연구(9) 등이 보고되고 있다.

소비자의 식생활 패턴이 간편화·서구화로 변화함에 따라 제과·제빵의 수요가 꾸준히 증대되고 있으며 제과산업도 양적·질적으로 팽창하고 있다. 패스트푸드와 외식산업의 발달 또한 제과산업의 성장 걸림돌로 작용하고 있음에도 불구하고 제과산업의 미래에도 충분히 경쟁력을 가지고 있다는 것이 업계의 공통된 시각이다. 90년대 중반부터 각 제과사의 경영혁신을 통한 거듭나기가 더욱 밀도 있게 추진되고 있고, 최근 들어 이러한 변화의 속도가 더욱 빨라지고 있기 때문이다. 소비자들의 기호는 변화하며 그 기호성을 충족시

*Corresponding author. E-mail: leejun@daegu.ac.kr
Phone: 82-53-850-6535, Fax: 82-53-850-6539

킬 수 있는 신제품 개발에 대한 연구가 꾸준히 진행되어야 한다.

이에 본 연구에서는 기능성 스낵 개발을 위한 시도의 일환으로 흑미의 첨가량을 달리하여 첨가한 쿠키를 제조하고 제조공정조건(당종류, 굽기시간)에 따른 물리적 및 관능적 품질특성을 연구하여 기능성 흑미쿠키의 개발에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 재료는 제과용 밀가루((주)제일제당, 서울)는 1등급 박력분을 사용하였으며, 흑미는 진도산 핵흑향미를 사용하였다. 설탕((주)제일제당, 인천), 올리고당((주)제일제당, 인천), 합성감미료((주)제일제당, 부산), 버터((주)서울유유, 서울), 쇼트닝((주)웰가, 경남양산), 소금(태화제염, 대구)을 시중으로부터 구매하여 사용하였다.

실험설계 및 쿠키제조

쿠키 반죽은 AACC(10) 방법을 일부 변경하여 제조하였으며 재료의 배합은 흑미가루의 양(0~20%), 굽기시간(10~14분) 및 당종류(설탕, 올리고당, 합성감미료)를 변화시키면서 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 위한 실험설계에 따라 정하였다. 3요인-3수준(three-factor and three-level experimental design) 실험계획법에 따라 실험을 설계한 후 실험오차를 최소화하기 위하여 실험은 무작위 순서로 실시되었다(Table 1, 2). 완성된 반죽은 냉장고에서 30분간 숙성시킨 후 rolling pin을 이용하여 두께가 0.4 cm가 되도록 sheeting한 후 직경이 4.26 cm인 쿠키틀을 이용해 성형하였다. 성형된 쿠키 반죽은 약간의 기름을 바른 baking tray에 놓고 180°C 오븐에서 10~14분간 baking하였다. 굽기가 완료된 쿠키는 실온에서 1시간 동안 냉각한 후 polyethylene bag에 넣어 보관하면서 이화학적 검사 및 관능검사를 실시하였다.

pH 및 수분함량

쿠키 반죽의 특성을 알아보기 위해 비이커에 반죽 5 g과 증류수 45 mL를 넣고 충분히 교반시킨 후 상온에서 pH를 측정하였다. 쿠키의 pH는 제조한지 24시간이 지난 시료를 증류수로 1%(w/w)용액을 만들어 여과한 후 그 여과액을

Table 2. Three-factor, three-level experimental design used for RSM

Experiment No.	Factor 1 (X ₁)	Factor 2 (X ₂)	Factor 3 (X ₃)
	Black rice (%)	Time (min)	Sugar type
1	1	1	-1
2	-1	1	-1
3	1	-1	-1
4	1	1	0
5	-1	1	0
6	1	-1	0
7	-1	-1	-1
8	-1	-1	0
9	0	0	1
10	0	0	1
11	1	0	1
12	0	1	1
13	0	0	-1
14	1	0	1
15	0	-1	1
16	0	0	0

25°C에서 pH meter(model 340, Mettler Delta Co., Halstead, UK)로 3회 반복 측정된 후 평균값을 비교하였다. 시료의 수분함량은 105°C에서 상압 건조하여 측정하였다.

쿠키의 퍼짐성 및 비체적

쿠키의 퍼짐성 지수(spread factor)는 AACC method 10-50D의 방법(10)을 사용하여 3회 반복 측정된 후 평균값을 이용하였다. 직경(mm)에 대한 쿠키 6개 높이(mm)의 비로 나타낸 것으로 아래의 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{spread factor} = \frac{\text{diameter of cookie (mm)}}{\text{height of 6 cookies (mm)}} \times 10$$

쿠키의 비체적은 부피를 종실법(11)에 의하여 측정된 후 시료의 무게로 나누어 구하였다.

색도 및 조직감

쿠키의 색도는 색차계(model CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 명도(lightness, L*), 적색도(redness, a*), 황색도(yellowness, b*) 값을 3회 반복 측정된 후 평균값으로 나타내었다. 표준 색판으로 백판(L*=100.00, a*=-0.43, b*=-0.03)을 사용하였다. 쿠키의 조직감은 Texturometer(model LRXPlus, Lloyd Instrument Limited, Fareham, Hampshire, UK)로 경도(hardness) 및 파손강도(fracture force)를 10회 반복 측정하여 평균값을 이용하였다. Crosshead의 속도는

Table 1. Independent variables and their coded and actual values used for analysis

Independent variable	Units	Symbol	Coded levels		
			-1	0	+1
Black rice flour	%	X ₁	0	10	20
Baking time	min	X ₂	10	12	14
Sugar type	-	X ₃	Aspartame	Sucrose	Oligosaccharides

Same amount for each treatment was used for following materials: 33 g butter, 33 g shortening, 1.5 g salt, 15 g water, and 10 g egg.

50 mm/min 그리고 conical형 probe를 사용하여 측정하였다.

관능검사

제조된 흑미쿠키에 대한 관능검사는 식품공학전공 학생 10명을 관능검사요원으로 구성하여 훈련을 거쳐 실시하였다. 평가내용은 쿠키의 품질특성에 영향을 미치는 냄새(고소한 냄새), 맛(단맛), 색(갈색) 및 경도(조직의 단단함)를 9점 척도법을 이용하여 측정하였다. 특성 평가 시 좌측으로 갈수록 특성의 강도가 약해지고 우측으로 갈수록 강도가 강해지도록 표시하였다. 또한 특성이 발현되는 순서에 따라 냄새, 맛, 조직감, 색의 순서로 측정하였다.

반응표면분석

실험결과(experimental data)는 2차식 형태의 반응모형식에 SAS(statistical analysis system)의 반응표면 회귀분석(RSREG procedure)을 이용하여 회귀계수들(regression coefficients)을 구하였다(12). 반응표면분석을 위해 적용된

일반적인 2차 반응모형식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j=1}^3 \beta_{ij} x_i x_j$$

여기서, Y는 측정값이고, x_i, x_j 는 coded 독립변수들이며 $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}$ 및 β_{ij} 는 회귀계수들이다.

결과 및 고찰

pH

흑미 첨가량을 0~20%, 굽기시간을 10~14분, 당종류를 달리하여 제조한 반죽 및 쿠키의 pH의 측정값과 변화는 Table 3과 Fig. 1에 각각 나타나 있다. 흑미 첨가량이 증가함에 따라 반죽과 쿠키의 pH는 증가하는 경향을 나타내었고 반죽의 경우 그 증가폭이 큰 것으로 나타났으며 이는 Lee 등(13)의 연구결과와 일치하였다. 반죽의 pH는 굽기시간에

Table 3. Experimental data for the responses on physicochemical properties under different processing conditions shown in Table 2

Exp. No.	pH		Moisture (%)	Specific volume (mL/g)	Spread factor	Color			Hardness (N/mm)	Fracture force (kgf)
	Dough	Cookie				L*	a*	b*		
1	6.23	5.45	15.88	0.83	0.83	62.53	1.72	12.99	6.96	0.03079
2	6.06	5.34	16.03	0.69	0.69	81.38	-1.25	28.17	11.07	0.02962
3	6.22	5.60	15.70	0.72	0.72	64.62	1.57	11.50	6.09	0.03155
4	6.42	5.94	15.61	0.75	0.75	53.56	4.08	17.51	29.76	0.17407
5	6.26	5.77	15.44	0.81	0.81	80.15	-2.62	26.14	16.40	0.04555
6	6.44	6.08	15.76	0.65	0.65	59.24	2.47	8.97	18.36	0.05107
7	6.10	5.58	16.06	0.82	0.82	83.18	-3.86	23.54	7.31	0.03384
8	6.29	5.98	15.60	0.85	0.85	81.49	-4.04	24.06	27.88	0.04170
9	6.37	5.77	19.10	0.64	0.64	65.14	1.34	17.26	9.98	0.03621
10	6.36	5.74	18.74	0.73	0.73	66.18	0.99	15.56	10.71	0.03207
11	6.37	5.68	18.72	0.71	0.71	60.37	2.02	11.88	13.55	0.04183
12	6.27	5.59	19.15	0.77	0.77	64.20	1.87	18.80	10.62	0.03485
13	6.17	5.24	17.08	0.80	0.80	71.83	-0.04	15.57	12.27	0.02885
14	6.27	5.70	18.81	0.68	0.68	80.11	-2.93	27.41	9.90	0.03601
15	6.38	5.80	19.27	0.88	0.88	68.46	0.32	13.77	8.09	0.03676
16	6.35	5.67	15.52	0.77	0.77	68.44	0.52	15.90	18.03	0.03920

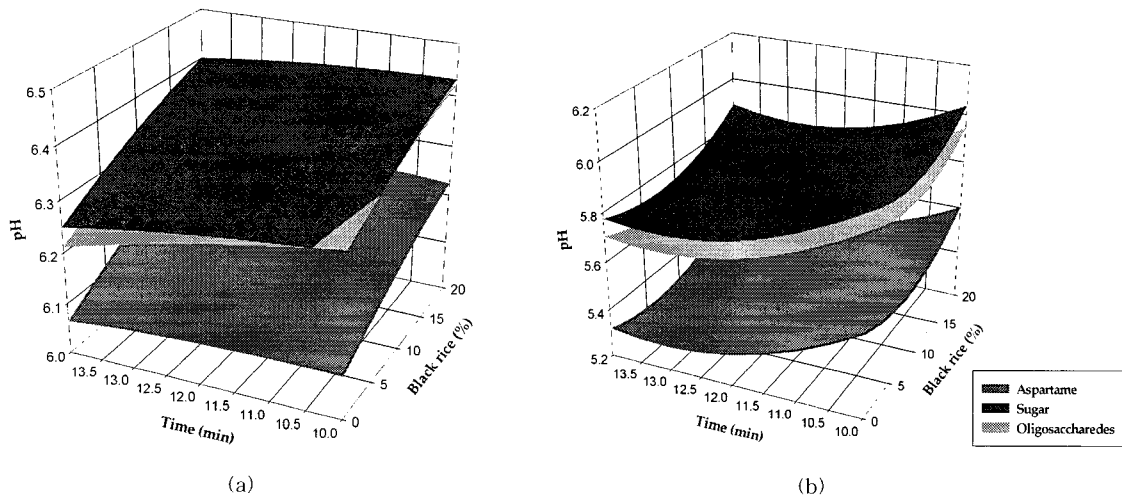


Fig. 1. Response surface of pH as a function of black rice content and baking time. (a) dough and (b) cookie.

따라 거의 영향을 받지 않았으나 쿠키의 경우 굽기시간이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향이 나타났다. 또한 반죽 및 쿠키의 pH는 첨가된 당의 종류에 따라 큰 영향을 받았는데 설탕을 첨가한 경우 합성감미료(아스파탐)를 첨가한 시료에 비해 현저하게 높은 값이 나타났다. 설탕과 올리고당이 첨가된 시료간에 pH의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

반죽의 수분함량

반죽의 수분함량은 흑미 첨가량이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 나타내었고 굽기시간에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다(Fig. 2). 흑미 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하는 것은 식이섬유소의 높은 수분결합력에 기인하는 것으로 추정된다. 한편 당의 종류에 따라서는 현저한 차이를 보이는데 올리고당, 아스파탐, 설탕으로 제조된 반죽의 수분함량이 많은 것으로 나타났다. 특히 올리고당으로 제조된 반죽의 수분함량이 다른 시료에 비해 현저하게 높은 것을 알 수 있는데 이는 올리고당의 우수한 보습효과 때문으로 생각된다.

쿠키의 퍼짐성과 비체적

Fig. 3에서 보는 바와 같이 쿠키의 퍼짐성은 흑미 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였고 그 증가폭은 설탕이 첨가된 쿠키에서 보다 뚜렷하게 나타났으며 이는 Lee 등(13)이 보고한 연구결과와 유사하였다. 굽기시간에 따른 쿠키의 퍼짐성의 변화는 현저하지 않는 반면 올리고당이 첨가된 쿠키의 퍼짐성이 다른 시료에 비해 현저하게 높은 것을 알 수 있다. 이는 쿠키의 퍼짐성은 수분함량과 상관관계를 가지고 있으며, 흡습성이 높은 당이 수분을 많이 함유하여 baking에 영향을 주어 퍼짐성을 증가시킨다고 보고한 Henry의 연구결과(14)와 수분함량의 증가가 쿠키의 퍼짐성을 증가시킨다고 보고한 Miller의 연구결과(15)와 일치하고 있다.

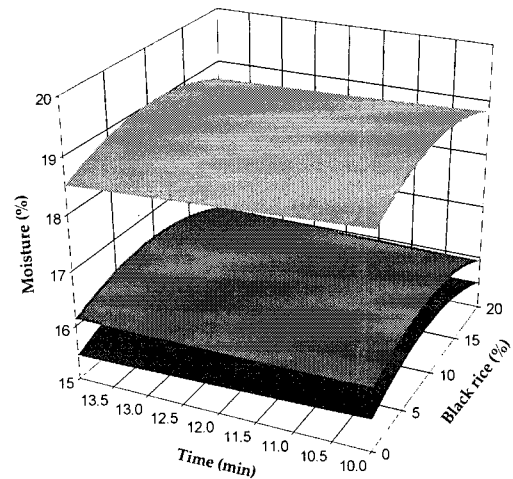


Fig. 2. Response surface of moisture content of dough as a function of black rice content and baking time.

쿠키의 비체적은 대조구에 비해 흑미 첨가량이 20%일 때가 가장 낮게 나타났는데 이는 밀가루에 흑미가루의 혼합비율이 증가함에 따라 단백질 함량이 감소된 것이 주요한 원인이며 이로 인해 반죽 물성에서 신장도가 감소되어 비체적이 감소된 것으로 생각된다. 쿠키의 제조시 사용된 당의 종류에 따른 영향은 현저하지는 않았지만 올리고당이 첨가된 시료의 비체적이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 올리고당은 설탕이나 합성감미료에 비해 기포 형성 능력과 기포 안정화 능력이 우수하며 또한 당의 종류에 따른 호화지연 정도의 차이에 기인하는 것으로 생각된다(16,17).

쿠키의 색도

공정조건을 달리하여 제조한 쿠키의 색도변화는 Fig. 4에 주어져 있다. 흑미 첨가량이 증가할수록 L*값이 뚜렷하게 감소하여 전체적인 쿠키의 색이 어두워졌음을 알 수 있다. 흑미가루를 첨가할수록 색은 anthocyanin색소의 자홍색이

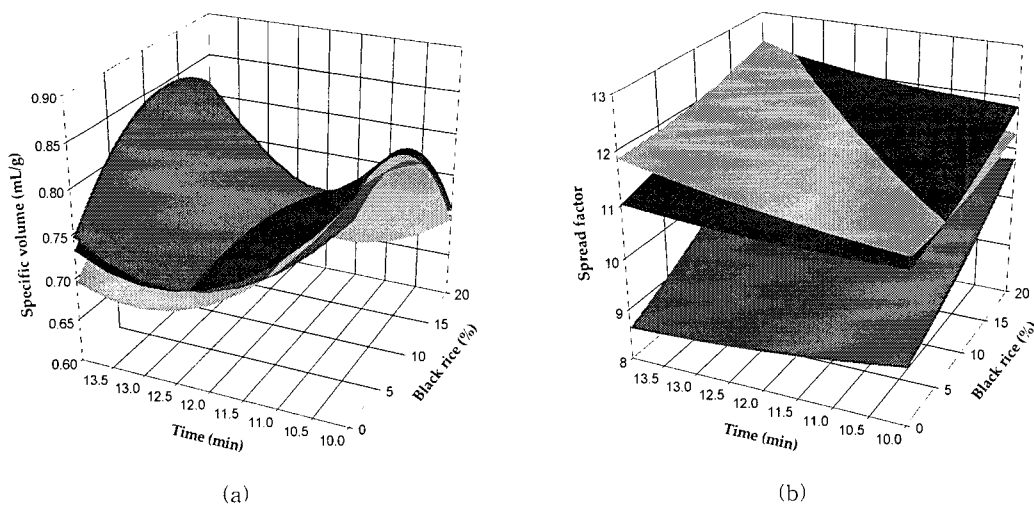


Fig. 3. Response surface of (a) specific volume and (b) spread factor of cookie as a function of black rice content and baking time.

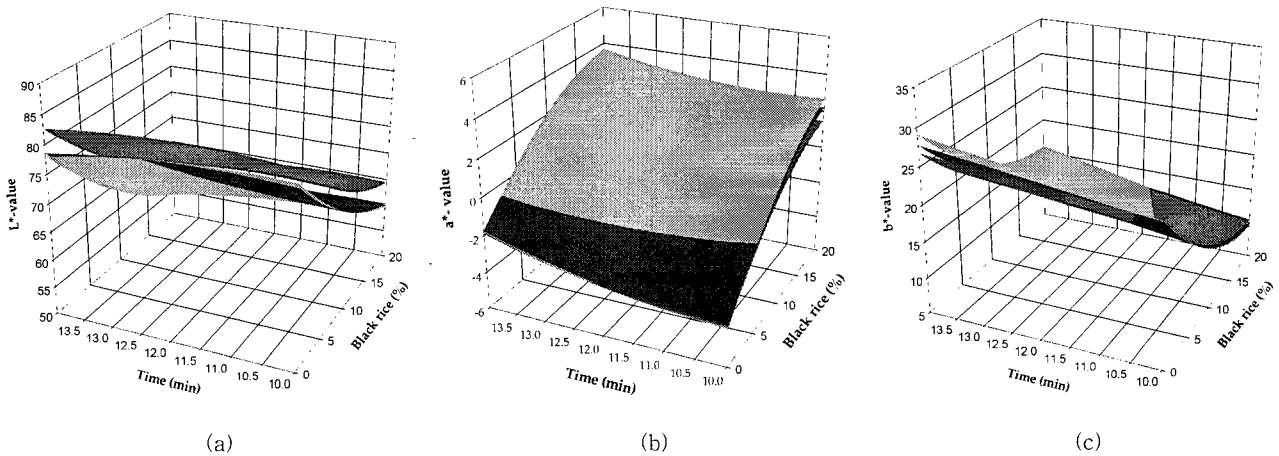


Fig. 4. Response surface of color characteristics of cookie as a function of black rice content and baking time. (a) L*-value, (b) a*-value, and (c) b*-value.

강해지면서 전체적으로 색상이 어두워지게 되며 흑미에 함유되어 있는 cyanidin-3-glucoside 및 malvidin-3-glucoside 색소 pigments가 영향을 미치는 것으로 생각된다(18). 한편 설탕을 사용해 제조한 시료의 밝기는 다른 시료에 비해 다소 밝은 것으로 나타났다. 시료의 붉은 정도를 나타내는 a*값은 흑미 첨가량이 증가할수록 시료에 사용된 당의 종류와 상관없이 현저하게 증가하였고 굽기시간의 증가에 따라서는 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 쿠키의 노란정도를 나타내는 b*값은 흑미 첨가량이 증가함에 따라 뚜렷하게 감소하였으나 사용된 당에 의한 영향은 미미한 것으로 나타났다. 이들 결과는 흑미를 이용한 쌀케이크 제조연구(6), 인절미 제조연구(7), 식빵 제조연구(9), 쿠키 제조연구(13) 등에서 보고된 결과와 일치하고 있다.

쿠키의 조직감

쿠키의 조직감 특성을 비교한 결과는 Fig. 5에 주어져 있

다. 일반적으로 흑미 첨가량의 변화는 제조에 사용된 당의 종류에 상관없이 쿠키의 경도나 fracture force에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 설탕을 첨가하여 제조한 쿠키의 경우 흑미 첨가량이 많고 굽기시간이 긴 경우 fracture force가 급격히 증가하였는데 이는 흑미량 첨가비율이 증가할수록 단백질 함량이 감소하면서 반죽의 물리적인 특성이 변화하고 쿠키 내부의 기공이 작아지면서 쿠키의 경도를 증가시키는 것으로 생각된다(19).

첨가된 당의 종류에 따라서는 뚜렷한 차이를 보였는데 설탕을 첨가하여 제조한 시료가 다른 시료들에 비해 경도나 fracture force가 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 설탕을 함유한 시료가 수분함량이 상대적으로 낮아 경도를 증가시키는 원인으로 작용한 것으로 생각된다. Sukie와 Shunro(20)는 당류가 쿠키의 경도에 미치는 영향이 당의 녹는점과 수분흡수력 차이 때문이라고 하였고, 녹는점과 수분흡수력

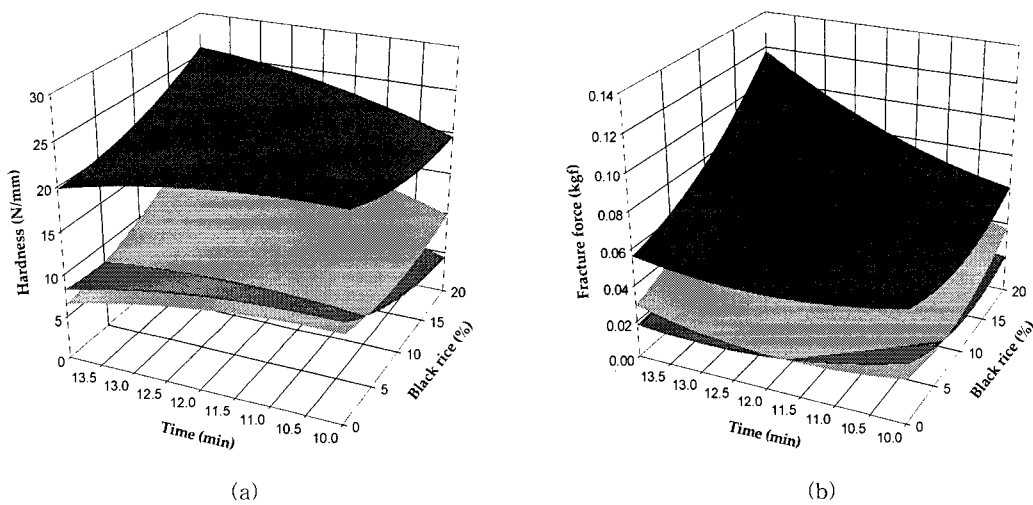


Fig. 5. Response surface of (a) hardness and (b) fracture force of cookie as a function of black rice content and baking time.

에 의해서 쿠키의 물리적 성질이 유의적 차이를 보인다고 한 것과 유사한 경향을 보여주었다. 올리고당을 사용한 쿠키의 경도가 낮은 이유는 설탕에 비해 기포 형성 능력과 기포 안정화 능력이 낮아 충분한 팽화가 일어나지 못했기 때문으로 생각된다.

관능검사

관능적 품질특성의 실험결과는 Table 4에 요약되어 있고 각각의 반응표면은 Fig. 6에 주어져 있다. 쿠키의 향은 흑미 첨가량이 증가할수록 강하고 굽기시간이 증가할수록 높게 나타났고 설탕, 합성감미료, 올리고당을 사용해 제조한 시료 순으로 향이 강한 것으로 나타났다. 단맛은 흑미 첨가량이 증가할수록 증가하였고 대체적으로 합성감미료를 사용한 쿠키의 단맛이 올리고당을 사용한 시료에 비해 뚜렷하게 강한 것으로 나타났다. 합성감미료의 단맛이 설탕의 100~200 배인데도 불구하고 굽기시간이 긴 경우 설탕을 사용한 쿠키가 합성감미료를 사용한 쿠키보다 단맛이 강하다고 평가되

Table 4. Experimental data for the responses on sensory properties under different processing conditions shown in Table 2

Exp. No.	Sensory			
	Flavor	Sweetness	Color	Hardness
1	6.55	3.90	6.35	4.30
2	4.95	4.65	4.40	5.55
3	4.25	6.60	4.75	3.45
4	6.40	5.50	8.20	6.70
5	7.30	4.55	6.55	6.15
6	5.80	5.10	6.80	5.50
7	4.55	5.85	3.85	3.35
8	4.50	5.95	4.65	4.30
9	5.80	4.30	4.85	4.40
10	5.20	3.95	5.10	4.70
11	6.40	4.90	6.85	5.00
12	5.70	4.20	7.10	6.00
13	6.05	6.70	5.10	4.35
14	4.75	3.90	4.40	5.10
15	4.65	4.35	5.50	4.40
16	5.45	5.95	6.70	7.15

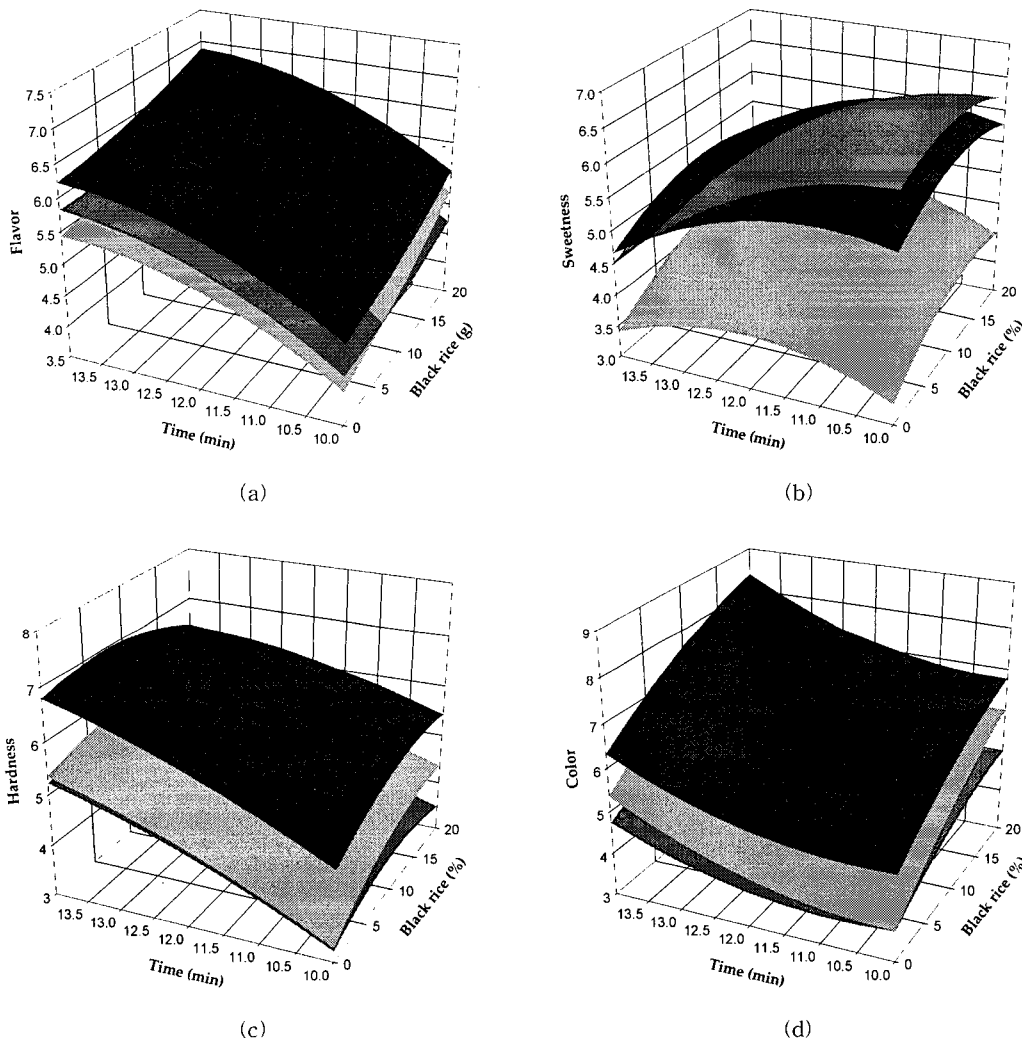


Fig. 6. Response surface of sensory characteristics of cookie as a function of black rice content and baking time. (a) flavor, (b) sweetness, (c) hardness, and (d) color.

Table 5. The equations derived using RSM for the prediction of the dependent variables (physicochemical properties)

Response	The second order polynomial	R ²	Prob>F
Dough pH	$Y = 5.302530 + 0.006693X_1 + 0.053300X_2 + 0.662961X_3 - 0.000129X_1^2 + 0.000375X_1X_2 - 0.001983X_2^2 - 0.000893X_1X_3 - 0.010536X_2X_3 - 0.110534X_3^2$	0.9809	0.0002
Cookie pH	$Y = 8.626791 - 0.024890X_1 - 0.657962X_2 + 1.263946X_3 + 0.000953X_1^2 + 0.001000X_1X_2 + 0.025086X_2^2 - 0.001321X_1X_3 - 0.000893X_2X_3 - 0.264672X_3^2$	0.9327	0.0068
Moisture	$Y = 20.597653 + 0.055898X_1 - 0.039495X_2 - 5.898037X_3 - 0.004343X_1^2 + 0.001375X_1X_2 + 0.002672X_2^2 + 0.006536X_1X_3 - 0.029107X_2X_3 + 1.872655X_3^2$	0.9767	0.0003
Specific volume	$Y = 3.327138 - 0.016788X_1 - 0.428467X_2 + 0.144983X_3 - 0.000603X_1^2 + 0.002375X_1X_2 + 0.017414X_2^2 - 0.000857X_1X_3 - 0.009286X_2X_3 - 0.010328X_3^2$	0.5897	0.5421
Spread factor	$Y = 11.7238100 + 0.048048X_1 - 0.825256X_2 + 2.599586X_3 + 0.001267X_1^2 + 0.004813X_1X_2 + 0.022931X_2^2 - 0.037357X_1X_3 + 0.153214X_2X_3 - 0.782862X_3^2$	0.9666	0.0009
L* -value	$Y = 45.882712 - 1.133216X_1 + 7.518981X_2 - 5.304616X_3 + 0.026698X_1^2 - 0.028938X_1X_2 - 0.310043X_2^2 - 0.063000X_1X_3 - 0.303929X_2X_3 + 1.816586X_3^2$	0.9810	0.0002
a* -value	$Y = 6.169502 + 0.599966X_1 - 2.113624X_2 + 0.229330X_3 - 0.11198X_1^2 - 0.014188X_1X_2 + 0.107543X_2^2 + 0.033250X_1X_3 + 0.023036X_2X_3 - 0.128086X_3^2$	0.9573	0.0019
b* -value	$Y = 20.497424 - 1.531074X_1 + 0.448498X_2 - 3.532232X_3 + 0.033447X_1^2 + 0.020750X_1X_2 - 0.003836X_2^2 - 0.028643X_1X_3 + 0.291429X_2X_3 + 0.161172X_3^2$	0.9669	0.0009
Hardness	$Y = -52.639219 - 2.051110X_1 + 5.306623X_2 + 49.596126X_3 + 0.013547X_1^2 + 0.124938X_1X_2 - 0.253836X_2^2 + 0.168071X_1X_3 - 0.061071X_2X_3 - 12.399328X_3^2$	0.8321	0.0797
Fracture force	$Y = 0.265054 - 0.011050X_1 - 0.051516X_2 + 0.101395X_3 + 0.000107X_1^2 + 0.000766X_1X_2 + 0.001896X_2^2 + 0.000633X_1X_3 + 0.002416X_2X_3 - 0.032444X_3^2$	0.6034	0.5129

Table 6. The equations derived using RSM for the prediction of the dependent variables (sensory properties)

Response	The second order polynomial	R ²	Prob>F
Flavor	$Y = -3.352365 + 0.017389X_1 + 2.081496X_2 - 1.199347X_3 - 0.003405X_1^2 + 0.001875X_1X_2 - 0.116379X_2^2 + 0.021786X_1X_3 + 0.244643X_2X_3 - 0.694741X_3^2$	0.6670	0.3742
Sweetness	$Y = -3.352365 + 0.017389X_1 + 2.081496X_2 - 1.199347X_3 - 0.003405X_1^2 + 0.001875X_1X_2 - 0.116379X_2^2 + 0.021786X_1X_3 + 0.244643X_2X_3 - 0.694741X_3^2$	0.8122	0.1052
Color	$Y = 12.848534 + 0.054624X_1 - 2.354572X_2 + 4.351121X_3 - 0.002526X_1^2 + 0.003438X_1X_2 + 0.105603X_2^2 + 0.025357X_1X_3 + 0.076786X_2X_3 - 1.278707X_3^2$	0.9264	0.0088
Hardness	$Y = -12.337820 + 0.182518X_1 + 1.530018X_2 + 5.984594X_3 - 0.003224X_1^2 - 0.012500X_1X_2 - 0.043103X_2^2 + 0.020536X_1X_3 + 0.008036X_2X_3 - 1.508793X_3^2$	0.8469	0.0630

었는데 이는 합성감미료가 고온(150°C)에서 상대적으로 장시간 조리하면 그 맛을 상실하는데 기인하는 것으로 생각된다. 한편 올리고당을 사용해 만든 시료의 단맛이 가장 낮은 것으로 나타났는데 올리고당 자체의 감미도가 설탕의 약 50%에 해당되기 때문으로 생각된다.

쿠키의 색은 흑미 첨가량이 증가할수록 어둡다고 평가되었고 설탕을 사용한 쿠키의 색이 가장 어둡고 합성감미료를 사용한 시료가 상대적으로 밝은 것으로 평가되었다. 쿠키의 경도는 흑미 첨가량이 증가할수록, 굽기시간이 증가할수록 경도가 높다고 평가되었다. 설탕을 사용한 쿠키의 경도가 올리고당이나 합성감미료를 사용한 쿠키보다 높다고 평가되었는데 이는 설탕이 비스킷 baking 후 냉각할 때 재결정화(recrystallization)되는 성질에 의하여 경화제(hardening agent) 역할을 하여 씹을 때 바삭바삭한 촉감을 느끼게 한다는 보고와 일치하였다(21,22).

반응표면 모델링

흑미쿠키의 물리적 품질특성과 관능적 특성을 예측할 수 있는 반응표면식은 Table 5와 6에 각각 주어져 있다. R²

(coefficient of determination)값은 전체변화(total variation)에 대한 explained variation의 비로 정의할 수 있는데 이 값은 모델식의 적합도(degree of fit)를 나타내는 척도이기도 하다(23). R²값이 1에 가까울수록 실험모델식이 실제 실험값과 가깝게 일치함을 의미한다. 물리적 품질특성에 대한 반응표면분석결과 R²값의 범위가 0.5897~0.9810으로 나타났으며 관능적 품질특성의 경우 그 값들의 범위는 0.6670~0.9264로 각각 나타났다. Joglekar와 May(24)는 R²값이 적어도 0.80 이상일 경우 그 모델식이 적합하다고(good fit of a model) 제시한바 있는데 본 실험의 경우 쿠키의 비체적, 파손강도 및 관능적 향(flavor)특성을 제외한 모든 품질특성에서 적합한 모델식을 얻었다고 판단된다.

요 약

흑미 첨가량(0~20%), 굽기시간(10~14분) 및 당의 종류(설탕, 올리고당, 합성감미료)를 달리하여 쿠키를 제조하고 공정조건이 흑미쿠키의 이화학적 및 관능적 품질특성에 미

치는 영향을 반응표면 분석법에 의해 살펴보았다. 흑미 첨가량이 증가함에 따라 pH는 반죽 또는 쿠키와 상관없이 증가하는 경향을 나타내었고 반죽의 경우 그 증가폭이 큰 것으로 나타났으며, 반죽의 pH는 굽기시간에 따라 거의 영향을 받지 않았으나 쿠키의 경우 굽기시간이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 반죽의 수분함량은 흑미 첨가량이 증가할수록 다소 증가하는 경향을 나타내었고 굽기시간에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 쿠키의 퍼짐성은 흑미 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고 그 증가폭은 설탕이 첨가된 쿠키에서 보다 뚜렷하게 나타났다. 또한 흑미 첨가량이 증가함에 따라 L*값은 감소한 반면 a*값은 현저하게 증가하였다. 일반적으로 흑미 첨가량의 변화는 제조에 사용된 당의 종류에 상관없이 쿠키의 경도나 fracture force에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 쿠키의 향과 단맛은 흑미 첨가량이 증가할수록 강하고 나타났고 색은 흑미 첨가량이 증가할수록 어둡다고 평가되었다. 본 연구에서 제시된 반응표면 모델식은 흑미쿠키 품질특성을 적합하게 예측할 수 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2004학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문이며, 지원에 감사드립니다.

문헌

- Choi SW, Kang WW, Osawa T, Kawakishi S. 1994. Anti-oxidative activity of cryptanthem in black rice hulls. *Foods and Biotechnol* 3: 233-237.
- Choi SW, Kang WW, Osawa T. 1994. Isolation and identification of anthocyanin pigments in black rice. *Foods and Biotechnol* 3: 131-136.
- Defa G, Xu M. 1992. A study on special nutrient of purple glutinous rice. *Scientia Agric Sinica* 25: 36-41.
- Nam SH, Kang MY. 1998. Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agric Chem Biotechnol* 41: 78-83.
- Kang MY, Choi YH, Nam SH. 1996. Inhibitory mechanism of colored rice bran extract against mutagenicity induced by chemical mutagen mitomycin. *Agric Chem Biotechnol* 39: 424-429.
- Kim JD, Lee JC, Hsieh FH, Eun JB. 2001. Rice cake production using black rice and medium-grain brown rice. *Food Sci Biotechnol* 10: 315-322.
- Cho JA, Cho HJ. 2000. Quality properties of *Injulmi* made with black rice. *Korean J Soc Food Sci* 16: 226-231.
- Yoon GS. 2001. Effect of partial replacement of rice flour with black or brown rice flour on textural properties and retrogradation of Julpyun. *J Korean Home Econ Assoc* 39: 103-111.
- Jung DS, Lee FZ, Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34: 232-237.
- American Association of Cereal Chemists. 1995. Approved Methods of the Am. Assoc. Cereal Chem. (Method 10-50D, First approval 2-24-75; Revised 10-28-81). St. Paul, MN, USA.
- Campbell AM, Penfield MP, Griswold RM. 1979. *The experiment study of food*. 2nd ed. Houghton Mifflin Co., Boston, MA. p 59-67.
- SAS Institute, Inc. 1998. *SAS/STAT User's Guide*. Version 8.1, Cary, NC, USA.
- Lee JH, Kim GH, Kim YS. 2005. Physicochemical and sensory properties of dough and cookie added with black rice flour. *Food Eng Prog* 9: 26-31.
- Henry RE. 1976. High fructose corn syrup. New sweetener for the baker. *Bakers Dig* 52: 25-30.
- Miller RA. 1984. Effect of formula water content on the spread of sugar snap cookies. *Cereal Chem* 61: 274-278.
- Bean MM, Osman EM. 1959. Behavior of starch during food preparation. II. Effect of different sugar on the viscosity and strength of starch pastes. *Food Res* 24: 665-670.
- Kim CS, Walker CE. 1992. Effect of sugar and emulsifiers on starch gelatinization evaluated by differential scanning calorimetry. *Cereal Chem* 69: 212-216.
- Yoon HY, Paik JB, Kim JB, Hahn TR. 1995. Identification of anthocyanins from Korean pigmented rice. *Agric Chem Biotechnol* 38: 581-583.
- Hoseney RC, Hsu KH, Junge RC. 1979. A simple spread test to measure the rheological properties of fermenting dough. *Cereal Chem* 56: 141-146.
- Sukie N, Shunro K. 1992. Effect of various sugars on the quality of baked cookies. *Cereal Chem* 69: 160-163.
- Doescher LC, Hoseney RC. 1985. Effect of sugar type and flour moisture on surface cracking of sugar-snap cookies. *Cereal Chem* 62: 263-266.
- Vetter JL, Sutton T, Blockcolsky D. 1986. Effect of sweetener syrups on quality characteristics of soft cookies. *Technical Bull Am Inst Baking* 8: 1-5.
- Sin HN, Yusof S, Hamid NSA, Rahman RA. 2006. Optimization of hot water extraction for sapodilla juice using response surface methodology. *J Food Eng* 74: 352-358.
- Joglekar AM, May AT. 1987. Product excellence through design of experiments. *Cereal Foods World* 32: 857-868.

(2006년 1월 16일 접수; 2006년 4월 3일 채택)