

반응표면분석법을 이용한 쌀과자의 제조 최적화

최옥자·정희남·김용두¹·심재한²·곽상호³·심기훈[†]

순천대학교 조리과학과, ¹순천대학교 식품공학과, ²전남대학교 생명화학과, ³청암대학교

Optimization of the Preparation of Rice Snack by Response Surface Methodology

Ok Ja Choi · Hee Nam Jung · Young Doo Kim¹ · Jae-Han Shim² · Sang Ho Kwak³ · Ki Hoon Shim[†]

Department of Food & Cooking Science, Sunchon National University

¹*Department of Food Technology, Sunchon National University*

²*Department of Biological Chemistry, Chonnam National University*

³*Cheongam College*

Abstract

This study aimed at the optimization and development of rice snack by response surface methodology (RSM). The effect of rice soaking time and additional ratio of soybean milk on physicochemical properties and sensory evaluation of dried rice flour for non-fried snack was studied. After soaking for 0 to 12 days, Baekjinju rice was milled and then air-dried. A quadratic model was selected for weight, volume, hardness, taste and appearance. Two-factor interaction model was selected for expansibility, color and overall preference. A linear model was selected for yellowness and flavor. Weight, hardness and appearance were increased and decreased thereafter as rice soaking time increased, but the volume was reversed. Expansibility, color, taste and flavor were decreased as rice soaking time increased, but yellowness was reversed. Weight and overall preference decreased as additional ratio of soybean milk increased, but volume, expansibility and yellowness were reversed. Hardness, taste and appearance were increased after initial decrease as additional ratio of soybean milk increased, color and flavor were not changed by additional ratio of soybean milk. The optimum conditions of each factor were set to where the rice soaking time and additional ratio of soybean milk were at their minimum. Weight, volume, expansibility, yellowness, hardness, color, taste, flavor, appearance and overall preference were established at maximum level where the objective of the optimum was in level. Our data indicated the statistically predicted values of the highest desirability was 1.24 day of rice soaking time and 15.80% of additional ratio of soybean milk.

Key words: dried rice flour, soybean milk, rice snack, RSM

I. 서론

현대의 식생활은 간편하면서 영양과 맛이 우수하고, 건강지향적인 식품을 요구하는 경향으로 점점 변화하고 있다. 이에 따라 식사대용품, 간식용 식품들은 건강적인 측면에서 주재료, 첨가재료 뿐만 아니라 조리방법 등을 고려하여 다양한 제품들이 개발되고 있다(Park CK와 Maeng YS 1992, Park G 등 2005, Jang EY 등 2006, We GJ 등 2010).

가공식품 중 간식으로 가장 많이 선호되고 있는 스낵류는 비교적 무게가 가볍고 가격이 저렴하여 지역과 연령에 관계없이 부담없이 즐길 수 있는 식품이다(Kang KT

등 2007, Jin T 등 2012). 스낵 제조 시 사용되는 주재료는 곡류, 서류, 두류, 전분류, 견과류 등으로 그 가운데 가장 많이 사용되는 재료는 밀가루와 옥수수가루이다(Jin T 등 2012). 그러나 밀가루에 포함되어 있는 gluten이 영유아의 아토피, 알레르기 및 셀리악병 등을 유발한다고 알려져 gluten-free 제품의 개발 필요성이 강조되고 있으며, 유럽과 미국에서는 gluten이 없는 쌀을 이용한 스낵류를 개발하여 수요가 증가되고 있는 실정이다(Sim YJ 등 2001, Gujral HS 등 2003).

우리나라 전통식품 중 하나인 유과는 한과류의 한 종류로서 외국의 쌀과자와 유사하며 곡류인 찹쌀을 이용하여 제조한다. 유과 제조시 찹쌀을 일반적으로 7-14일 이상 수침하고, 수침한 찹쌀을 분쇄한 후 콩, 청주 또는 막걸리 등과 혼합, 증자한 후 반대기를 만들어서 기름에 팽화시키는 공정으로 제조된다(Sohn KH 등 2001, Kang SH와 Rhu GH 2002). 전통 쌀과자인 유과에 관한 연구는 찹쌀 전분(Yu C 등 2006, Yu C 등 2007), 가루녹차(Park JN

[†]Corresponding author: Ki Hoon Shim, Dept. of Food & Cooking Science, Sunchon National University
Tel: +82-61-750-3697
Fax: +82-61-750-3690
E-mail: khshim@sunchon.ac.kr

등 2008), 구기자 분말(Park BH 등 2012) 등을 첨가한 연구, 콩물 첨가 농도(Cho MN과 Jeon HJ 2001, Sohn KH 등 2001)에 관한 연구 그리고 extruder와 진공팽화기를 이용한 유과 제조(Lee SY 등 2007, Eun JB 등 2009, Yu JH와 Ryu KH 2010)에 관한 연구로 대부분 첨가재료의 종류 및 함량, 가공공정에 관한 것이고, 쌀을 이용한 과자류 연구는 즉석팽화 또는 압출성형을 이용한 제조조건(Lee SH와 Kim CK 1994, Jung BM 등 2000, Jin T 등 2012), 흑미 쌀과자 저장(Lee JC 등 1999), 쌀가루와 옥수수가루를 이용한 생선스낵(Sim YJ 등 2001), 영유아 팽화스낵(We GJ 등 2010) 그리고 시판 쌀과자의 관능적 품질 특성(Lee SJ 등 2013)으로 쌀 또는 찹쌀 종류에 따른 연구는 미흡하다. 찹쌀보다 amylopectin 함량이 낮은 품종으로 중간 찰벼인 백진주 품종은 amylopectin 함량이 약 90%로 혼합 밥류, 떡류, 과자류, 주류 및 음료 등 다양한 식품재료 활용될 수 있을 것으로 예상되었으나(Choi HC 2002), 과자류에 백진주 품종을 이용한 가공식품에 대한 연구가 부족한 형편으로 백진주 품종의 다양한 활용방법이 필요한 실정이다.

또한, 유과는 기름에서 팽화되는 과정에서 찹쌀의 amylopectin과 콩물, 소주 등의 첨가재료에 의하여 아삭하면서 밀도가 낮은 다공성 구조를 형성하여 독특한 식감을 주는 반면(Sohn KH 등 2001), 유통과정과 저장 중 산패가 쉽게 일어날 뿐만 아니라 다공성 구조로 쉽게 부서지는 특성이 있어 제품의 형태 유지를 위하여 포장에 과대해지는 등의 단점이 있다.

따라서 pop corn과 같이 전자레인지로 쉽게 팽화할 수 있으며 유과의 산패, 물성 및 저장성 등의 단점을 보완할 수 있는 과자류 개발과 전보(Choi OJ 등 2013)의 습식 제분한 백진주 쌀가루와 콩물을 첨가하여 제조한 비유당 쌀과자의 연구에 이어 원재료 유통의 편리성이 있는 풍건 처리 쌀가루를 이용하였을 때 비유당 쌀과자의 품질 특성을 알아보고자 하였다. 또한 다양한 쌀 품종의 이용도를 높이기 위하여 멥쌀보다 amylose 함량이 낮은 백진주 품종을 이용한 쌀과자 제조시 적정 수준의 수침시간과 콩물을 첨가하였을 때 적정 첨가 수준을 분석하여 쌀과자 품질을 향상시키기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 백진주 품종 쌀(2010년산)은 전남 나주에서 수확한 것을 사용하였고, 대두(백태, 광복농산, 충남), 소주(참이슬, 진로, 서울), 설탕(백설탕, CJ제일제당, 서울)은 대형마트에서 구매하여 사용하였다.

2. 쌀가루 제조

쌀과자 제조에 사용한 대조구 쌀가루에서 수침 0일자는 기류식 초미분쇄기(Dream Mill DM-150S, Furukawa Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 분쇄 후 100 mesh로 하여 사용하였다. 수침 쌀가루는 쌀을 증류수로 2회 수세한 후 쌀과 증류수의 비율을 1:3(w/v)으로 하여 상온에서 3, 6, 9 및 12일 동안 수침하였다. 수침한 쌀을 증류수로 2회 세척 후 1시간 동안 체에 밭쳐 물기를 제거하여 분쇄기(HMF-100, Hanil Electric Co. Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄한 후 50°C에서 24시간 풍건한 후 100 mesh로 하여 사용하였다. 수침하지 않은 대조구 쌀가루의 수분함량은 10%이고, 3-12일 동안 수침한 후 풍건한 쌀가루의 수분함량은 8%이었다.

3. 실험계획

쌀과자 제조조건은 중심합성계획법을 사용하여 실험을 설계하였고, 쌀과자 제조조건의 최적화를 위하여 반응표면분석법을 사용하였다. 중심합성계획에서 독립변수로 쌀 수침시간(0~12일, A) 및 콩물 농도(0~40%, B)를 Table 1과 같이 -2, -1, 0, +1, +2의 5단계로 부호화하였다. 쌀과자 제조의 품질 특성에 관련된 종속변수로는 무게, 부피, 밀도, 부피팽창율, 색도, 경도 및 관능검사로 하였고, 측정된 값으로 회귀분석을 하였으며, 최적조건을 예측은 Design Expert 8.0(Design-Expert V8 Software for Design

Table 1. Experimental range and values of the independent variables in the central composite design for rice snack using dried Baekjinju rice flour and soybean milk

Independent variables	Symbols	Coded levels				
		-2	-1	0	1	2
Rice soaking time (day)	A	0	3	6	9	12
Soybean milk (%)	B	0	10	20	30	40

No.	Code variables		Real variables		Sugar (g)	Soju (g)	Water (%)
	A	B	Rice soaking time (days)	Soybean milk (%)			
1	-1	-1	3	10	30	5	41
2	1	-1	9	10	30	5	41
3	1	1	9	30	30	5	35
4	-1	1	3	30	30	5	35
5	-2	0	0	20	30	5	36
6	2	0	12	20	30	5	38
7	0	-2	6	0	30	5	44
8	0	2	6	40	30	5	32
9	0	0	6	20	30	5	38

of Experiment, Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA)을 이용하여 분석하였다.

4. 쌀과자 제조

쌀과자의 반죽은 쌀가루 200 g과 설탕 30 g에 콩물을 쌀가루의 0~40%(w/w)를 첨가하였고, 예비실험을 통하여 쌀과자 반죽의 최적조건인 최종 수분함량을 45%로 조절하기 위하여 물을 쌀가루에 32~44%(w/v)을 첨가하여 제조하였다. 쌀과자 반죽에 사용한 콩물은 대두와 물을 1:3의 비율로 25°C에서 8시간 침지한 후 껍질을 제거하고 물을 제거한 후 믹서기(HR-2860, Philips, Eindhoven, Netherlands)를 사용하여 분쇄하여 사용하였다. 이와 같이 제조한 각각의 반죽을 찜기에서 15분간 증자한 후 반죽기(KM-800, Kenwood, Co. Ltd., Havant, U.K)에 넣고 소주 5 g을 첨가한 후 80회/min.의 조건에서 3분간 반죽하였다. 반죽은 압출성형기(MS-2006-I, Dongaocar Co., Busan, Korea)에서 폭 1.0 cm, 두께 0.5 cm로 일정하게 성형하여 50°C에서 6시간 건조시킨 후 길이 1.0 cm로 절단한 후 50°C에서 24시간 더 건조하였다. 건조된 쌀과자를 microwave oven(MW209QB, LG Electronics, Seoul, Korea)에 넣고 700W에서 40초간 팽화시켜 쌀과자를 제조하였다.

5. 무게, 부피, 밀도 및 부피팽창률 측정

무게는 팽화시킨 시료를 측정하였고, 부피는 팽화 전과 후 시료의 부피를 각각 종자치환법(Campbell AM 등 1979)으로 측정하였다. 밀도는 팽화된 시료의 무게를 부피비로 나타내었고, 부피팽창률은 팽화 전과 후의 부피비로 나타내었다.

6. 색도 측정

색도는 걸면을 색차계(JC 801S, Color Techno System, Tokyo, Japan)를 사용하여 백색도, 적색도, 황색도 값을 측정하였다.

7. 경도 측정

경도는 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro System Co., Surrey, UK)를 사용하여 measure force compression 조건에서 측정 속도는 1.0 mm/sec이었고, 35.0 mm의 cylinder를 이용하여 시료 70%를 압착하는 조건으로 측정하였다.

8. 관능검사

쌀과자에 대한 관능검사는 조리과학과 대학(원)생 19명을 대상으로 색(color), 맛(taste), 향미(flavor), 외형(appearance), 질감(texture) 및 전체적인 선호도(overall preference)를 15

cm 선척도로 측정하였고, 소수점 첫 번째 자리까지 표기할 수 있도록 하여 1점은 '매우 좋지 않다', 15점은 '매우 좋다'로 평가하였다. 관능검사 쌀과자는 개인용 용기에 담아 제공하였고, 각 시료의 용기에는 난수표를 이용하여 추출된 숫자를 기입하였으며, 제시 순서는 무작위로 하였다. 평가 시 입을 행굴 수 있도록 정수된 물과 빨는 컵을 함께 제공하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 쌀과자의 무게, 부피, 밀도 및 부피팽창률

Table 1과 같은 조건에서 제조한 쌀과자의 무게, 부피, 밀도 및 부피팽창률 측정 결과는 Table 2와 같다. 쌀 수침시간과 콩물 첨가량이 쌀과자 제조에 미치는 영향을 알아보기 위하여 설정된 반응별로 모델링화를 하였고, 분석은 모델에 대한 F-test를 통하여 유의성을 검증하였으며, 선택된 모델은 반응표면분석을 이용하여 가시화하여 나타냈다. 각각의 조건에서 제조한 쌀과자의 무게는 2.37~3.25 g, 부피는 13.17~30.00 mL, 밀도는 0.10~0.25 g/mL 그리고 부피팽창률은 299.46~918.56%로 나타났다(Table 2). 무게 측정 결과의 회귀곡선에 대한 결정계수(R^2)는 0.7416($p < 0.001$), 부피의 R^2 은 0.4074($p < 0.05$), 밀도의 R^2 은 0.2463($p > 0.05$) 그리고 부피팽창률의 R^2 은 0.2877($p < 0.05$)으로 밀도를 제외한 무게, 부피 및 부피팽창률은 모델의 적합성이 인정되었다. 무게와 부피는 독립변수간의 교호작용하는 quadratic model이 선택되었고, 부피팽창률은 독립변수간의 상호작용하는 2FI(two-factor interaction) model이 선택되었다(Table 3). 쌀과자의 무게, 부피, 밀도 및 부피팽창률의 변화는 Fig. 1과 같다. 쌀과자의 무게는 쌀 수침시간이 길어질수록 증가하다가 감소하는 경향을 보였고, 쌀 수침시간이 2.01~8.14일에 가장 높은 것으로 나타났다. 쌀과자의 부피는 쌀 수침시간이 길어질수록 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였고, 콩물 첨가량이 증가할수록 부피도 증가하였는데 쌀 수침시간이 1.24일 이하이고 콩물 첨가량이 31.27% 이상일 때 가장 부피가 높은 구간으로 나타났다. Chinnaswamy S와 Hanna MA(1988)은 팽화 스낵의 부피는 첨가재료의 단백질과 지방 함량이 증가할수록 감소하지만 전분 함량이 증가할수록 증가하고, 전분의 함량과 아밀로오스 및 아밀로펙틴 비율에 의해서도 영향을 많이 받는다고 하였다. Table 3의 회귀식에서 볼 수 있듯이 콩물 첨가량은 부피에 영향을 주지 않는 것으로 나타나 콩물 첨가량 증가에 따른 단백질과 지방 함량이 증가에 의한 영향보다 백진주 쌀가루의 전분과 아밀로오스 및 아밀로펙틴 비율에 의한 영향으로 생각된다. 밀도는 쌀 수침시간이 길어지고 콩물 첨가량이 증가할수록 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 부피팽창률은 쌀

Table 2. The central composite experimental design with the observed responses of rice snack using dried Baekjinju rice flour and soybean milk

No.	Code variable		Weight (g)	Volume (mL)	Density (g/mL)	Expansibility (%)	L	a	b	Hardness (kg)	Color	Taste	Flavor	Appearance	Texture	Overall preference
	A	B														
1	-1	-1	3.25	24.07	0.10	622.49	82.88	-2.27	6.97	10.99	11.46	10.82	9.49	11.01	9.35	11.06
2	1	-1	2.84	24.17	0.12	630.23	79.25	-1.79	9.74	9.64	11.14	6.68	5.90	10.55	10.01	11.47
3	1	1	2.89	30.00	0.10	918.56	80.54	-2.90	7.47	6.66	12.70	8.70	10.23	11.04	11.29	11.95
4	-1	1	2.76	21.83	0.13	554.67	80.87	-2.02	11.61	8.77	8.37	7.66	6.23	9.16	10.20	8.77
5	-2	0	2.37	19.17	0.17	426.01	82.93	-1.67	9.62	10.80	11.13	10.16	8.98	10.26	10.39	11.50
6	2	0	2.61	24.83	0.17	463.40	82.02	-2.68	11.08	6.48	7.27	8.36	5.63	7.92	9.30	6.75
7	0	-2	3.23	13.17	0.25	299.46	84.13	-2.46	9.38	14.97	8.50	5.30	7.15	8.42	8.81	8.67
8	0	2	2.89	18.83	0.15	463.29	82.39	-1.41	9.95	8.33	9.78	9.65	7.61	9.63	9.30	7.21
9	0	0	3.17	19.00	0.11	631.52	81.33	-4.91	10.10	13.43	10.89	9.69	7.95	10.98	10.20	9.33

All values are mean.

¹⁾A: Rice soaking time (days), B: Soybean milk (%).

Table 3. Polynomial equations calculated by RSM program for rice snack using dried Baekjinju rice flour and soybean milk

Responses	Model	R-square ¹⁾	F value	p-value	Polynomial equation ²⁾
Weight	Quadratic	0.7416	12.05	0.0001***	3.17-0.12B-0.30A ²
Volume	Quadratic	0.4074	2.89	0.0388*	19.00+3.00A ²
Density	Quadratic	0.2463	1.37	0.2744	0.11+0.005A-0.016B+0.002A ² +0.029B ²
Expansibility	2FI	0.2877	3.10	0.0468*	556.63-92.91AB
L	2FI	0.2595	2.69	0.0702	81.82-0.58A-0.40B+0.99AB
a	Quadratic	0.2218	1.20	0.3445	-4.91-0.008A+0.080B+0.100AB+1.32A ² +1.44B ²
b	Linear	0.4473	9.71	0.0008***	9.55+1.12A
Hardness	Quadratic	0.7942	16.20	0.0001***	13.43-0.67A-1.82B+0.86AB-2.68A ² -1.17B ²
Color	2FI	0.2736	20.97	0.0001***	10.14-1.26A-1.00AB
Taste	Quadratic	0.2454	10.73	0.0001***	9.69-0.97A+0.63A+0.77AB-1.08B ²
Flavor	Linear	0.2302	25.12	0.0001***	7.68-1.54A
Appearance	Quadratic	0.1386	5.31	0.0001***	10.98-0.71A-0.60A ² -0.63B ²
Texture	Linear	0.0412	3.61	0.0291*	9.70+0.48B
Overall Preference	2FI	0.2524	18.80	0.0001***	9.63-1.19A-0.48B-0.89AB

¹⁾0 < R² < 1, close to 1 means more significant.

²⁾A: Rice soaking time (days), B: Soybean milk (%).

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

수침시간이 길어질수록 감소하였고, 콩물 첨가량이 증가할수록 높아졌는데 쌀 수침시간이 1.83일 이하이고, 콩물 첨가량이 34.21% 이상일 때 부피팽창이 가장 높은 구간으로 나타났다. Jung BM 등(2001)의 옥수수가루, 탈지 콩가루 및 오징어를 이용한 스낵제품의 연구에서도 탈지 콩가루의 첨가량이 증가할수록 팽화율은 증가하는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Kang SH와

Ryu GH(2002)의 전통 유과 가공공정에서 수침 및 파리 치기 공정에 대한 분석에서는 수침시간이 증가할수록 팽화도는 증가하였다고 하여 본 연구결과와 상이한 결과를 보였는데, 이와 같은 결과는 수침시간과 콩물 첨가량에 따른 분석으로 두 요인과의 상호작용에 의한 것으로 생각되며, 같은 조건에 제조한 유과 반대기를 열전달 방법과 온도 등을 달리하면 차이가 나타나는 것으로 알려져

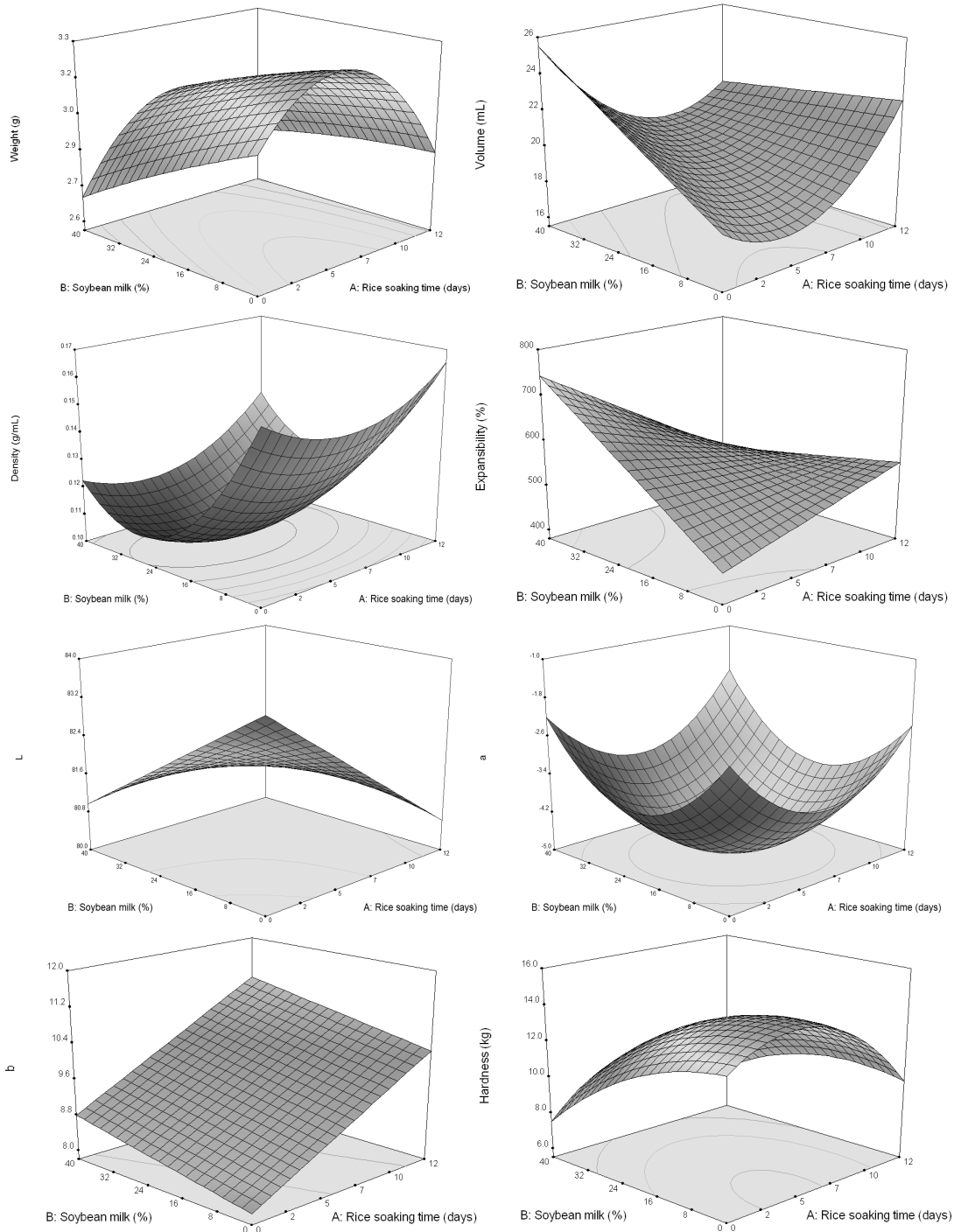


Fig. 1. Response surface for the effect of rice soaking time (A), and soybean milk (B) on weight, volume, expansibility, density, Hunter's color value and hardness of rice snack using dried Baekjinju rice flour and soybean milk

있어(Lim KR 등 2003) 팽화방법에 의한 차이가 큰 것으로 보인다.

2. 쌀과자의 색도

스낵과 같은 팽화제품의 색도는 전분의 가수분해, 당당류의 증가, 첨가물의 색소, 팽화에 의한 변색, caramelization,

maillard reaction, 단백질과 지방 함량에 따른 산화분해물의 생성 정도 등(Chen J 등 1991, Kim MJ와 Jang MS 2005, Kim KM 등 2010) 팽화에 의한 작용뿐만 아니라 다양한 요인에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim KM 등 2010). 수침 후 풍건 처리한 쌀가루와 콩물 첨가량을 달리하여 제조한 쌀과자의 색도 결과에서

백색도는 79.25~84.13, 적색도는 -4.91~-1.41 그리고 황색도는 6.97~11.61의 결과를 보였다(Table 2). 백색도 측정 결과 값의 회귀곡선에 대한 R^2 은 0.2595($p>0.05$), 적색도의 R^2 은 0.2218($p>0.05$) 그리고 황색도의 R^2 은 0.4473($p<0.001$)으로 황색도에서만 모델의 적합성이 인정되었다. 황색도는 독립변수인 쌀 수침시간과 콩물 첨가량이 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 선택되었다(Table 3). Fig. 1의 반응표면 그래프에 의하면 쌀 수침시간이 길어지고 콩물 첨가량이 증가할수록 황색도는 증가하는 것으로 나타났다. Lee YH 등(2001)의 연구에서 유과 반죽의 수분 함량을 50% 수준으로 조정하고 불린 콩을 찹쌀 중량의 3% 정도 첨가한 후 제조한 유과 반죽의 백색도, 적색도 및 황색도 측정값은 일정한 경향을 보이지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 수침시간과 콩물 첨가량에 따른 백색도와 적색도는 유의적 차이가 없었으나, 황색도는 Table 3의 회귀식에서 볼 수 있듯이 쌀 수침시간에만 영향을 받는 것으로 나타났는데 쌀 수침시간, 반죽의 수분함량, 콩물 첨가 등에 대한 복합적인 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

3. 쌀과자의 경도

수침 후 풍건 처리한 쌀가루와 콩물 첨가량을 달리하여 제조한 쌀과자의 경도는 6.48~14.97 kg 범위의 결과를 보였다(Table 2). 경도 측정 결과에 대한 회귀곡선의 R^2 은 0.7942($p<0.001$)로 모델의 적합성이 인정되었고, 독립변수간의 교호작용하는 quadratic model이 선택되었다(Table 3). Fig. 1의 반응표면분석에 의하면 쌀 수침시간이 길어질수록 쌀과자의 경도는 증가 후 감소하였고, 콩물 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하는 경향을 보였다. 쌀 수침시간이 2.14~6.52일이고, 콩물 첨가량이 13.13%일 때 가장 경도가 단단한 구간으로 나타났다. 쌀 수침시간이 3.80일 이하일 때에는 콩물 첨가량이 28.81% 이상이면 경도가 낮은 범위에 속하고, 쌀 수침시간이 8.64일 이상일 때에는 콩물 첨가량이 21.72% 이상이면 쌀과자의 경도가 낮아지는 것으로 나타났다. Suknark K 등(1997)은 타피오카, 옥수수 및 high amylose 옥수수 전분에 반탈지 땅콩가루를 0~40% 첨가하고 수분함량은 18~22%로 조절하여 압출 성형한 스낵의 전단력 실험 결과, 수분함량이 낮을 때 스낵의 전단력은 낮게 나타났고, 반탈지 땅콩가루를 15~30% 정도 전분을 대신하여 첨가하였을 때 전단력은 감소하였는데 이와 같은 결과는 스낵이 팽화하는데 땅콩가루에 함유된 지방이 스낵 결면 조직을 얇게 만들었기 때문이라고 하였다. 본 연구에서도 콩물 첨가량이 증가할수록 쌀과자의 경도가 낮아졌는데, 이는 Suknark K 등(1997)의 연구에서 땅콩가루에 함유된 지방과 같이 콩물에 함유된 지방에 의해 영향을 받아 결면 조직이 얇아진 것으로 생각된다.

4. 쌀과자의 관능검사

수침 후 풍건 처리한 쌀가루와 콩물 첨가량을 달리하여 제조한 쌀과자의 관능검사 결과에서 색에 대한 선호도는 7.27~12.70, 맛에 대한 선호도는 5.30~10.82, 향미에 대한 선호도는 5.63~10.23, 외형에 대한 선호도는 7.92~11.04, 질감에 대한 선호도는 8.81~11.29, 그리고 전체적인 선호도는 6.75~11.95로 나타났다(Table 2). 회귀곡선 분석결과, 색에 대한 선호도의 R^2 은 0.2736($p<0.001$), 맛에 대한 선호도의 R^2 은 0.2454($p<0.001$), 향미에 대한 선호도의 R^2 은 0.2302($p<0.001$), 외형에 대한 선호도의 R^2 은 0.1386($p<0.001$), 질감에 대한 선호도의 R^2 은 0.0412($p<0.05$) 그리고 전체적인 선호도의 R^2 은 0.2524($p<0.001$)로 관능검사 모든 항목에서 모델의 적합성이 인정되었다. 색과 전체적인 선호도는 독립변수간의 상호작용하는 2FI model이 선택되었고, 맛과 외형은 독립변수간의 교호작용하는 quadratic model이 선택되었으며, 향미와 질감은 쌀 수침시간과 콩물 첨가량의 독립변수가 각각 독립적으로 작용하는 linear model이 선택되었다(Table 3). Fig. 2의 반응표면 그래프에 의하면 색에 대한 선호도는 쌀 수침시간이 길어질수록 선호도는 감소하는 것으로 나타났고, 콩물 첨가량은 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났고, 쌀 수침시간이 1.12일 이하이고 콩물 첨가량이 31.69% 이상일 때 가장 선호도가 높은 구간으로 나타났다. 맛에 대한 선호도는 쌀 수침시간이 길어질수록 낮아졌고, 콩물 첨가량이 증가할수록 높아지다가 약간 감소하는 경향을 보였으며, 쌀 수침시간이 4.18일 이하이고 콩물 첨가량이 5.44~31.81%일 때 맛에 대한 선호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 향미에 대한 선호도는 쌀 수침시간이 길어질수록 낮아지는 것으로 나타났고, Table 3의 회귀식에서도 알 수 있듯이 콩물 첨가량은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 외형에 대한 선호도는 쌀 수침시간이 길어질수록 낮아지고, 콩물 첨가량이 증가할수록 높아지다가 다시 감소하는 경향을 보였으며, 쌀 수침시간은 5.87일 이하이고 콩물 첨가량은 11.99~36.55%일 때 외형에 대한 선호도가 가장 높은 구간으로 나타났다. 질감에 대한 선호도는 Table 3의 회귀선에서와 같이 쌀 수침시간은 영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, 콩물 첨가량이 증가할수록 질감에 대한 선호도는 높아지는 것으로 나타났으며, 콩물 첨가량이 32% 이상일 때 쌀과자 질감에 대한 선호도는 높게 나타났다. 쌀과자의 경도에 대한 기계적 검사에서는 콩물 첨가량이 증가할수록 경도가 낮아지는 것으로 나타나 패널들은 단단하지 않은 쌀과자를 선호하는 것으로 나타났다. 전체적인 선호도는 쌀 수침시간이 길어지고 콩물 첨가량이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났으나 Fig. 3의 반응표면 그래프를 살펴보면 쌀 수침시간이 0.69일 이하일 때에는 콩물 첨가량이 28.81% 이상일 때 전체적인 선호도가 가장 높은 구간으로 나타났다.

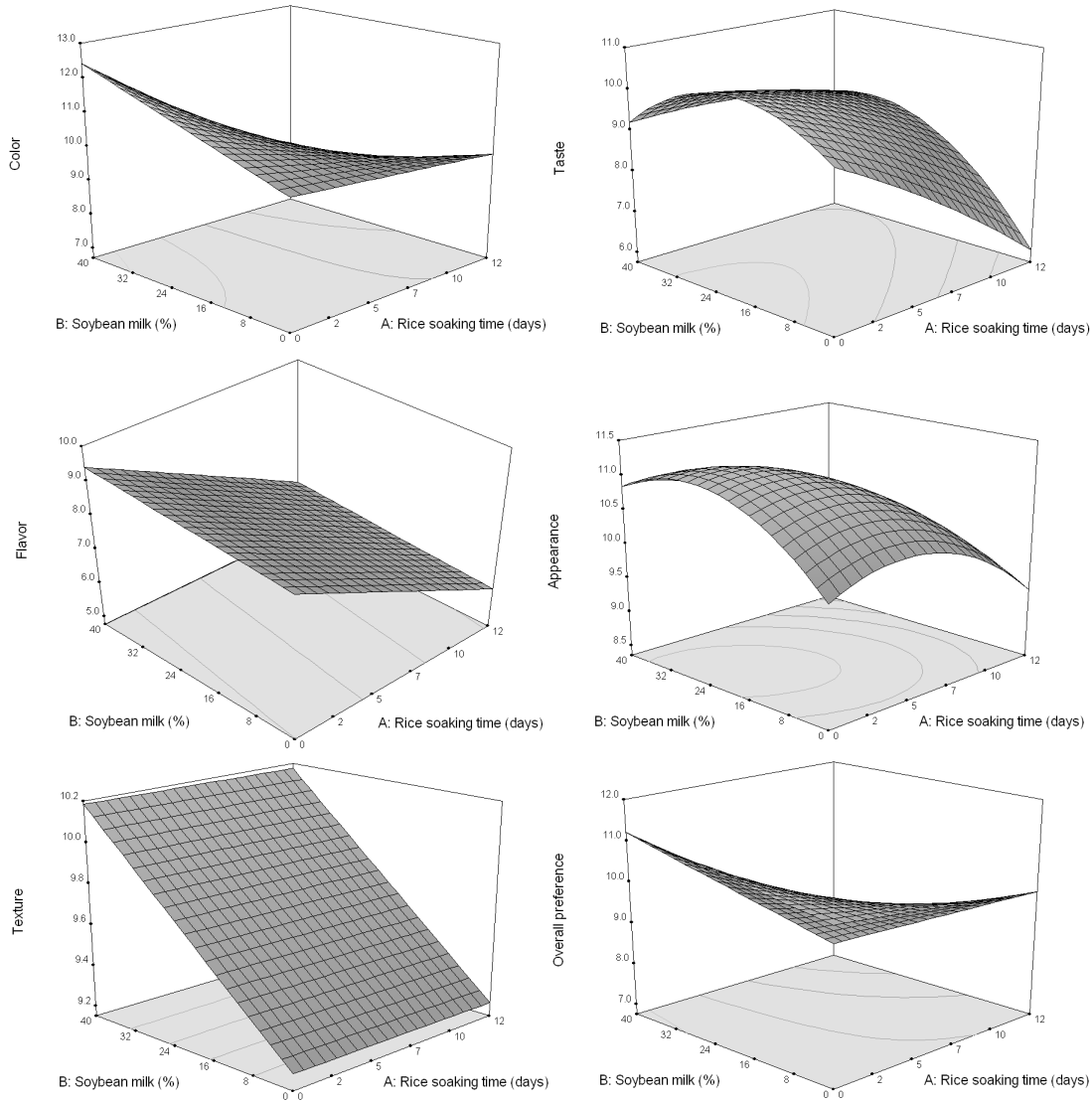


Fig. 2. Response surface for the effect of rice soaking time (A), and soybean milk (B) on sensory evaluation of rice snack using dried Baekjinju rice flour and soybean milk

5. 쌀과자의 제조 최적조건

쌀과자 제조 최적 제조조건 선정은 쌀 수침시간과 콩물 첨가량인 독립변수에 영향을 받는데 유의적인 차이가 없는 반응변수인 밀도, 백색도 및 적색도는 최적조건 설정에서 제외하였고, 관능검사에서 질감의 R^2 은 0.0412로 다른 반응변수들과 비교하여 설명력이 떨어지는 것으로 판단되어 제외하였다. 유의적인 차이가 인정된 반응변수 중 쌀과자의 품질특성에 중요한 요인으로 작용하는 물리적 특성인 무게, 부피, 부피팽창률, 황색도, 경도와 관능검사에서는 색, 맛, 향미, 외형 및 전체적인 선호도의 최적 조건이 최대 범위에 있을 때로 설정하였다. 독립변수인 쌀 수침시간과 콩물 첨가량은 설정한 범위 내에서 최소로 하였을 때를 최적조건을 설정하였다. 주어진 실험조건에서 얻어진 결과를 바탕으로 회귀분석으로 한 반응식

에서 수치 최적화와 모형 최적화를 통해 만족하는 구간을 선정하였고, 각각의 반응변수에 대한 개별적인 등고선을 겹쳐보는 방법으로 중첩 등고선도(overlaid contour plot) 방법을 이용하여 중첩되는 구간을 구하였다. 얻어진 각 반응변수의 예측 범위는 Fig. 3와 같이 무게 3.040 g, 부피 20.246 mL, 부피팽창율 559.319%, 황색도 8.572, 경도 12.800 kg, 색에 대한 선호도 10.964, 맛에 대한 선호도 10.285, 향미에 대한 선호도 8.900, 외형에 대한 선호도 11.070 그리고 전체적인 선호도 10.527이었다. 이들의 예측 범위에서 비유탕 쌀과자 제조에 가장 바람직한 최적 값은 쌀 수침시간 1.24일, 콩물 첨가량은 15.80%로 나타났다. 전보(Choi OJ 등 2013)에서는 쌀 수침시간 0.69, 콩물 첨가량이 26.67%로 나타나 차이가 있는데, 이는 본 연구에서는 습식 제분한 쌀가루를 풍건 처리한 것으로

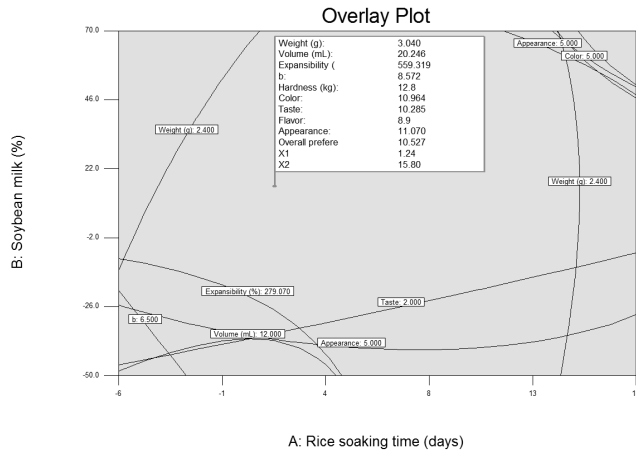


Fig. 3. Overlay plot the optimal mixture by desirability

백진주 쌀가루의 처리 조건에 따른 것으로 생각된다. Chun HS 등(2002)은 신선찰벼를 이용한 유과의 제조에 관한 연구에서는 최적 수침조건은 25°C에서 9일 이상이라고 하였고, Kim HR 등(2009)은 백운찰벼를 이용하여 제조한 강정의 최적 수침조건은 31.5°C에서 9일간 수침이라고 하여 본 연구결과와 다소 상이한 결과나 나타났는데, 이는 중간 찰벼인 백진주 품종 사용, 수침 온도, 제조방법, 팽화방법 등의 차이로 생각된다. 위의 Chun HS 등(2002)과 Kim HR 등(2009)에 비교하여 최적 수침시간은 약 8일 정도 짧은 것으로 나타나 백진주 품종의 쌀을 수침 후 풍건하여 전자레인지에 이용하여 팽화하는 쌀과자를 제조할 경우 시간이 절약되는 것으로 나타났고, 동일한 팽화방법으로 연구한 비풍건 백진주 쌀가루를 이용한 쌀과자(Choi OJ 등 2013) 제조보다는 최적 콩물 첨가량이 적은 것으로 나타났다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 0~12일 동안 수침하여 습식 제분 후 풍건한 쌀가루와 콩물 첨가량을 달리하여 제조한 쌀과자의 최적 제조조건 알아보기 위하여 9가지 조건에서 제조한 쌀과자의 품질특성을 분석하였다. 회귀곡선에서 model의 적합성이 인정된 종속변수에서 무게, 부피, 경도, 맛 및 외형은 quadratic model이 선택되었고, 부피팽창률, 색 및 전체적인 선호도는 2FI model이 선택되었으며, 황색도 및 향미는 linear model이 선택되었다. 쌀 수침시간이 길어질수록 무게, 경도 및 외형은 증가하다가 감소하였고, 부피는 감소하다가 증가하였고, 부피팽창률, 색, 맛 및 향미는 감소하였으며, 황색도는 증가하는 것으로 나타났다. 콩물 첨가량이 증가할수록 무게 및 전체적인 선호도는 감소하였고, 부피, 부피팽창률, 황색도는 증가하였고, 경도, 맛 및 외형은 증가하다가 감소하였고, 색 및 향미는 크게 변

화가 없는 것으로 나타났다. 최적조건을 설정하기 위해 독립변수인 쌀 수침시간과 콩물 첨가량은 최소로 하였고, 종속변수인 무게, 부피, 부피팽창률, 황색도, 경도, 색, 맛, 향미, 외형 및 전체적인 선호도는 최대로 하였을 때 쌀과자의 최적 조건을 쌀을 1.24일 수침 후 풍건한 쌀가루와 콩물 첨가량은 15.80%로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 및 전남농업기술원의 연구비 지원으로 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

References

- Campbell AM, Penfield MP, Griswold RM. 1979. The experimental study of food. Houghton Mifflin, Boston, MA. USA p 475
- Chen J, Serafin FL, Pandya RN, Daun H. 1991. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. J Food Sci 56(1):84-89
- Chinnaswamy S, Hanna MA. 1988. Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starches. Cereal Chem 65(2):138-143
- Cho MN, Jeon HJ. 2001. Effect of bean water concentration and incubation time of Yukwa paste and packaging method on the quality of Yukwa. Korean J Food Sci Technol 33(3): 294-300
- Choi HC. 2002. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. Korean J Crop Sci 47(S):15-32
- Choi OJ, Jung HN, Kim YD, Shim JH, Shim KH. 2013. A study of optimization of non-fried rice snack using Baekjinju rice flour. Korean J Food Preserv 20(6):810-817
- Chun HS, Cho SB, Kim HY. 2002. Effects of various steeping periods on physical and sensory characteristics of Yukwa (Korean rice snack). Cereal Chem 79(1):98-101
- Eun JB, Hsieh F, Choi OJ. 2009. Physical properties of Yukwa base according to the extrusion processing condition (I): Manufacturing of Yukwa base with combination of glutinous rice flour and rice flour. J Korean Soc Food Sci Nutr 38(12):1760-1766
- Gujral HS, Guardiola I, Carbonell JV, Rosell CM. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. J Agric Food Chem 51(13):3814-3818
- Jang EY, Jin TY, Eun JB. 2006. Properties of puffed mulberry-rice snack, Ppeongtugi by pellet with mulberry leaf and brown rice flour. Korean J Food Sci Technol 38(6):756-761
- Jin T, Yu JH, Ryu KH. 2012. Effect of moisture content and temperature on physical properties of instant puffed rice snacks. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(6):846-852
- Jung BM, Kim ES, Rhee KC. 2001. Physical and chemical

- properties of cornmeal extrudates by addition of defatted soy flour and squid. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(2): 292-298
- Jung BM, Park DK, Kim ES, Rhee KS, Rhee KC. 2000. Single-screw extrusion puffing of rice flour-defatted soy flour-squid blends : process optimization and product characterization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29(3):412-419
- Kang KT, Heu MS, Kim JS. 2007. Preparation and food component characteristics of snack using flatfish-frame. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(5):651-656
- Kang SH, Rhu GH. 2002. Analysis of traditional process for *Yukwa* making, a Korean puffed rice snack (I): steeping and punching process. *Korean J Food Sci Technol* 34(4): 597-603
- Kim HR, Kim KM, Kim KO. 2009. Optimizing steeping conditions of waxy rice based on the sensory properties of *Gangjung* (a traditional Korean oil-puffed snack). *Korean J Food Sci Technol* 41(4):464-470
- Kim KM, Lee JH, Kim HR. 2010. Quality characteristics of *Gangjung* made of different varieties of waxy rice. *Korean J Food Sci Technol* 42(2):175-182
- Kim MJ, Jang MS. 2005. Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(9):1427-1433
- Lee JC, Kim JD, Eun JB. 1999. Storage of rice cake made of black rice and brown rice using flexible packaging materials. *Korean J Post Sci Technol* 6(3):281-285
- Lee SH, Kim CK. 1994. Optimization for extrusion cooking conditions of rice extrudate by response surface methodology. *Korean J Food Nutr* 7(2):137-173
- Lee SJ, Lee JE, Kim MR. 2013. Sensory characteristics of commercial rice cookies and snacks in market. *Korean J Food Preserv* 20(3):348-355
- Lee SY, Jang SY, Park MJ, Kim BK. 2007. The quality and storage characterization of extrusion-puffed *Yukwa*. *Korean J Food Cook Sci* 23(3):369-377
- Lee YH, Kum JS, Ku KH, Chun HS, Kim WJ. 2001. Changes in chemical composition of glutinous rice during steeping and quality properties of *Yukwa*. *Korean J Food Sci Technol* 33(6):737-744
- Lim KR, Lee KH, Kang SA. 2003. Quality of *Yukwa* base and popped rice for *Salyeotangjung* popped with salt. *Korean J Soc Food Cook Sci* 19(6):729-736
- Park BH, Yand HH, Cho HS. 2012. Quality characteristics and antiperoxidative effect of *Yukwa* prepared with *Lycii fructus* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(6):745-751
- Park CK, Maeng YS. 1992. Quality characteristics of commercial breakfast cereals. *Korean J Food Sci Technol*. 24(3):289-293
- Park G, Hong C, Cho S, Choi Y, Shin Y, Han S, Chough N. 2005. Evaluation of the quality confectionary. *J Fd Hyg Safety* 20(3):179-184
- Park JN, Kweon SY, Kim JG, Park JG, Han IJ, Song BS, Kim JH, Byun MW, Lee JW. 2008. Effect of green tea powder on the quality characteristics of *Yukwa* (Korean fried rice cake). *Korean J Food Preserv* 15(1):37-42
- Sim YJ, Jung BM, Rhee KC. 2001. Quality characteristics of extruded formulated products prepared from blends of rice flour, corn flour and fish muscle by single-screw extrusion. *Korean J Food Sci Technol* 33(1):45-49
- Sohn KH, Cho MN, Jeon HJ, Park J, Joo MS. 2001. Effect of bean water concentration and incubation time on amylase activity and physicochemical characteristics of *Yukwa* paste. *Korean J Food Sci Technol* 33(3):288-293
- Suknark K, Phillips RD, Chinnan MS. 1997. Physical properties of directly expanded extrudates formulated from partially defatted peanut flour and different types of starch. *Food Research International* 30(8):575-583
- Yu C, Choi HW, Kim CT, Kim DS, Choi SW, Park YJ, Baik MY. 2006. Physicochemical properties of hydroxypropylated waxy rice starches and its application to *Yukwa*. *Korean J Food Sci Technol* 38(3):385-391
- Yu C, Choi HW, Kim CT, Ahn SC, Choi SW, Kim BY, Baik MY. 2007. Physicochemical properties of cross-linked waxy starches and its application to *Yukwa*. *Korean J Food Sci Technol* 39(5):534-540
- Yu JH, Ryu KH. 2010. Development of vacuum puffing machine for non-deep fried *Yukwa* and its puffing characteristics by process variables. *Food Eng Progress* 14(3):193-201
- We GJ, Lee Inae, Cho YS, Yoon MR, Shin M, Ko S. 2010. Development of rice flour-based puffing snack for early childhood. *Food Eng Prog* 14(4):322-327

Received on June 18, 2014/ Revised on Aug. 4, 2014/ Accepted on Aug. 4, 2014