

## 반응표면검사를 이용한 RS 함유 노화쌀가루를 첨가한 단호박식혜 개발 및 시판음료와 품질비교

하경애<sup>1</sup> · 박보석 · 장혜자<sup>†</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 정보미디어대학원 식품영양정보전공, 단국대학교 자연과학대학 식품영양학과

### Development of *Squash Sikhye* Added with Retrograded Rice Flour Containing Resistant Starch Using Response Surface Methodology and Quality Comparison with Commercial Beverages

Kyungae Ha<sup>1</sup> · Boseock Park · Hyeja Chang<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Major in Food and Nutrition Information of Graduate School of Information and Media Technology,  
Dankook University, Yongin 448-701 Korea  
Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701 Korea

#### Abstract

This research aimed to develop squash *sikhye* containing retrograded rice flour using response surface methodology. For this, nonlinear regression equation was calculated with the setting of independent variables as retrograded rice flour containing resistant starch and squash, and dependent variables as viscosity, sugar content, pH, color, and sensory attributes. Under the experimental condition, the quality characteristics of squash *sikhye* were found as 6.20~6.25 for pH, 14.00~17.33°Brix for sweetness, 2.64~4.45 cP for viscosity, 57.51~60.18 for lightness, 4.94~7.52 for redness, and 50.98~60.29 for yellowness. It also was revealed overall acceptability in sensory evaluation rated as 9.67~10.83 out of 15 point. These results showed statistically significant differences in quality attributes with the increase of retrograded rice flour and squash ( $p < 0.05$ ). Thus, optimal mixing quantity of squash and retrograded rice flour for squash *sikhye* was identified as 114 g and 65 g, respectively. Comparison of sensory qualities of four samples, namely squash *sikhye* with and without retrograded rice, and two commercial products, showed that squash *sikhye* including retrograded rice flour had the best quality in terms of color, taste, mouth feeling, flavor and overall acceptability ( $p < 0.05$ ). Thus the squash *sikhye* with retrograded rice flour can be the potential products as a health benefit beverage for the old adult and the young generation.

**Key words:** *squash sikhye*, retrograded rice flour, resistant starch, response surface methodology

## I. 서론

건강에 대한 관심 증가로 고섬유소, 저지방, 저칼로리의 기능성 물질을 함유한 상품 개발에 관한 관심이 커지고 있다. 저항전분(resistant starch: RS)은 인간의 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 식이섬유와 유사한 물질이며, 다양한 형태의 저항전분에서 전분의 노화에 의해 형성된 전분을 RS3라고 한다(Song JY 등 2000). 인체 혈당 조절에 저항전분이 미치는 영향을 분석한 연구에서 RS3

는 당의 소화흡수율을 지연시켜 빠른 혈당 상승을 지연시키고, 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 수준을 낮추는 효과가 있는 것으로 보고된다(Lee YH와 Oh SH 2004).

RS3는 인체에서 소화, 흡수되지 않는 전분으로 생리활성 물질, 불용성 식이섬유로 분류되며, 변통을 좋게 하여 대장 건강 유지에 효력이 있다고 알려졌다(Hylla S 등 1998). 이러한 기능성을 식품 상품 개발에 적용하려는 연구들이 시도되었다(Song JY 등 2000, Özboy-Özbos Ö 등 2010, Kim W 2010). 제빵 제품 개발에서 일반 식이섬유를 사용하면 수분 보유력이 커서 빵을 저장하는 과정에 품질 안정성을 저해하고 색깔, 질감에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 식이섬유와 유사한 기능을 가진 저항전분을 첨가하여 관능적 품질개선과 영양 기능성 개선을 유도하려는 연구가 진행된 바 있다(Song JY 등 2000).

<sup>†</sup>Corresponding author: Hyeja Chang, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701 Korea  
Tel: 82-31-8005-3175  
Fax: 82-31-8021-7200  
E-mail: hjc10@dankook.ac.kr

저항전분을 첨가하여 제품 개발한 예로는 국수 제품 개발(Mun SH와 Shin MS 2000), 마들렌의 개발(Kim W 2010), Sugar-Snap Cookie 개발(Park YS와 Chang HG 2008) 등 빵류, 쿠키, 면류 식품 개발에 한정되었다. 따라서 한국인이 즐겨 섭취하는 식품으로 확대 적용하고자 하는 필요성이 제기되었다.

식혜는 주원료인 멥쌀이나 찰쌀중의 전분을 맥아의 효소로 당화시켜 당류를 주성분으로 하는 전통음료(Lee HJ와 Jun HJ 1976)로, 영양적 측면에서 볼 때 열량과 단맛 제공에만 그쳐 아쉬운 점이 있다. 노인 인구의 증가와 더불어 노인의 식사대용식으로 적합한 식품개발(Chang HJ 2013)에 관심이 증가하고 있는 현 시점에서 노인들이 선호하는 식혜음료(Kim HH와 Park GS 2006)에 건강기능성이 있는 노화쌀가루나 단호박을 첨가하여 고부가가치의 상품 개발이 필요하다. 단호박은 늙은 호박보다 유리당 함량이 많아 당도(14-16°Brix)가 높고, 총유리아미노산 함량이 높으며(846 mg%), Vt A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C가 많고 칼슘, 철분 함량이 높다. 특히 기능성물질인 카로틴의 함유량이 285.91 mg%로 늙은 호박보다 많이 들어 있고, 래디칼 소거능이 큰 식품이다(Kim SR 등 2005, Heo SJ 등 1998). 한편 식혜의 이용실태를 분석한 연구(Kim HH와 Park GS 2006)에서 50대 이상 연령층과 30대 연령층이 다른 연령층 보다 식혜를 더 자주 섭취하였다. 식혜를 선호하는 이유는 맛이 좋고 소화 가 잘 되기 때문이며, 식혜 제품에 부재료를 첨가하여 맛을 개선한다면 소비 시장이 확대될 것으로 전망하였다. 따라서 단호박과 저항전분과 같은 기능성 성분을 식혜에 첨가한다면, 식혜의 영양 문제 개선과 더불어 독특한 맛을 지닌 음료 상품 개발이 가능할 것으로 기대된다.

최근에 제품 개발에 반응표면검사법을 이용하여 재료의 최적 배합비율을 구하는 연구 (Joo SY 등 2006, Kim KM 등 2007, Kim SS와 Chung HY 2009, Wadikar 등

2010, Özboy-Özbas Ö 등 2010, Aigstera A 등 2011, Chang HJ 2012, Kim S 등 2012, Chang HJ 2013)가 늘어나고 있다. 반응표면검사법은 비선형적 회귀분석법의 하나로 반응에 영향을 미치는 독립변수와 종속변수간의 관계를 2차방정식 함수로 표현한 방법이다(Kim S 등 2012). 그 중에 중심합성법(central composition design)은 비선형적 모델방정식 해를 구하는 과정에 필요한 독립변수들의 실험 조건을 2<sup>k</sup>, 입방체 지점, 축 점, 중심점을 근거로 지정해주는 실험계획법이다. 과학적이고 통계적 기법을 적용한 방법으로 제품 개발에서 재료들의 최적 배합비를 결정하는데 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 전통음료로 한국인의 기호도가 높은 식혜 음료(Kim HH와 Park GS 2006)에, 영양적으로 우수하여 성인병 예방에 효과적이고, 회복기의 환자 건강식으로 이용되고 있는 단호박과 RS3 함유 노화쌀가루를 첨가하여 영양보충식, 식사대용식으로 활용가능한 영양음료를 개발하고자 한다. 식혜의 새로운 맛을 부가하고 영양기능성을 보강한 단호박 식혜를 제조하기 위해 반응표면분석법(Response Surface Methodology, RSM)의 중심합성법(Central Composite Design, CCD)에 의한 실험계획으로 최적 배합비를 도출하여 제품의 레시피를 구축하고자 한다. 또한 RS함유 노화쌀가루를 첨가하지 않은 단호박 식혜와 시판 식혜제품, 식사대용의 캔음료의 품질특성을 비교하여 영양보충용 음료로 활용가능성을 평가하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용한 쌀은 2010년에 생산된 경기도 이천 쌀(임금님표 이천쌀, 부발농협미곡처리장, 이천, 대한민국)이며, 엿기름(엿기름, 초야식품, 충북 음성, 대한민국),

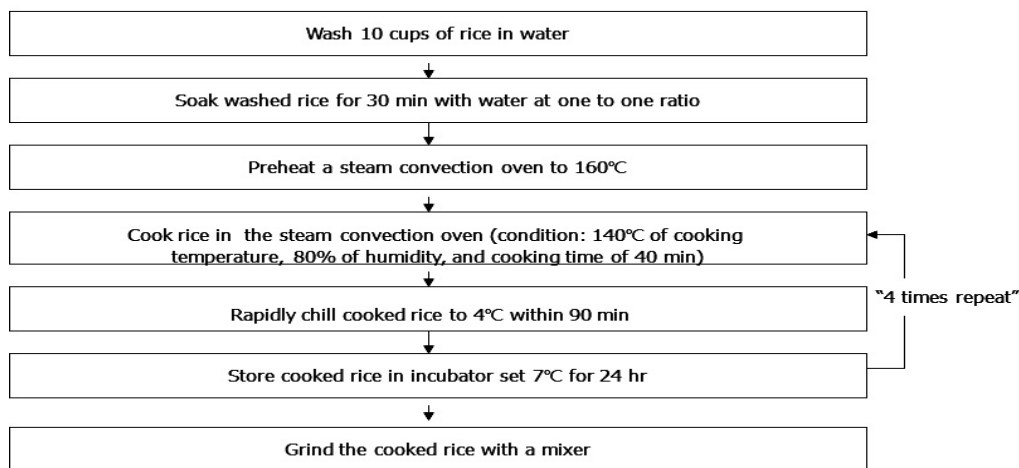


Fig. 1. Manufacturing process for retrograded rice flour. A steam convection oven, a blast chiller, an incubator, and a mixer were used as equipments.

백설탕(백설하얀설탕, CJ, 인천, 대한민국), 단호박(뉴질랜드산), 생강(국내산)을 구입하여 사용하였다.

RS 함유 노화쌀가루의 제조는 선행연구(Kim JS와 Shin MS 2006)를 참조하였다. RS3함유 노화쌀가루 제조 방식은 Fig.1과 같다. 쌀은 씻어 불려 140°C에서 40 분 가열하여 완전히 호화시키고, 냉각하는 과정을 거쳐 노화 결정화를 유도하였다. 가열-냉각 과정을 4회 반복한 후 믹서기 (NFM-8860, NUC, Daegu, Korea)에 갈아 노화쌀가루를 얻었다.

개발된 단호박식혜의 품질비교를 위하여 일반 식혜음료(B사)는 마트에서 구입하였고, 단호박음료(J사)는 인터넷을 통해 대리점에서 구매하였다.

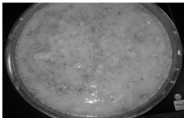





## 2 실험 디자인

단호박 식혜의 최적 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 Minitab 14.0 ver 프로그램(MiniTab 14.0 version, Minitab Inc, PA, USA)을 사용하였으며 RSM의 중심합성 계획법에 따라 설계하였다. 실험 방법은 Table 1과 같이, 수차례의 예비실험을 거쳐 최종적으로 단호박 100 g RS 함유 노화쌀가루 65 g을 중심으로 선정하였고, 이를 기준으로 단호박 85~114 g, 노화쌀가루 57~72 g의 범위에서 중심합성법의 축점을 결정하였다. 이에 따라 9개 시료의 재료 배합량이 결정되었다. RSM의 종속변수는 호박식혜의 이화학적 항목인 pH, 당도, 점도, 색도(백색도 L, 적색도 a, 황색도 b)와 관능검사 변수로 정하였다. 관

**Table 1.** Experimental design with variation of the levels of squash and retrograded rice flour using central composite design

Independent variables	Unit	Symbol	Levels				
			-1.414	-1	0	1	1.414
Squash	g	X1	85	90	100	110	114
Retrograded rice flour	g	X2	57	60	65	70	72

**Table 2.** Composition and cooking methods for squash *sikhye*

Ingredient1)	Sample A		Sample B		Cooking procedures	
	Weight (g)	%	Weight (g)	%		
Water	1000	75.0	1000	79.3	(a) Soak 100 g of an extracted malt in 2,000 mL water at 40°C for three hours, and rub it 3-4 times.	
Malt extracts	100	7.5	100	7.9	(b) Put (a) through a sieve and throw out the solids, malt water is kept in a refrigerator at 4°C for soaking the small particles in the bottom. Take 1,000 mL of the supernatant of malt water.	
Squash	100	7.5	100	7.9	(c) Cut squash in half and remove seeds. Divide each part into eight parts and steam them in a steamer for 15 minutes.	
Retrograded rice flour	65	4.9	0	0.0	(d) Strain the steamed squash through a sieve.	
Sugar	60	4.5	60	4.8	(e) After weighting the given quantity of steamed squash, retrograded rice flour, sugar and ginger, place them in 1 L of extracted malt water. Boil them for 10 minutes with mixing frequently.	
Ginger	1	0.1	1	0.1	(f) Place boiled squash <i>sikhye</i> in the film pouches and seal it with a hand sealer. Store it under a refrigerator.	

1) Squash *sikhye* formula when code value is zero (squash 100 g and retrograded rice flour 65 g) under the central composite experiment design.

능검사 변수는 색감, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적인 기호도로 설정하였다. 독립변수가 반응변수에 미치는 영향을 살펴보기 위해 3차원 표면플롯을 작성하였다.

### 3. 단호박 식혜의 제조

노화쌀가루를 첨가한 단호박 식혜의 제조법은 Table 2와 같다.

#### 1) 엿기름 추출

엿기름가루 100 g을 40°C의 물 2 L에 3시간 정도 담가 3~4회 주물러서 껍질을 제거하고 1시간 침지시켰다. 엿기름 고형분은 걸러내고 4°C 냉장고에서 하룻밤 앙금을 가라 앉혀 상층액만 1 L를 취하여 엿기름물로 사용하였다.

#### 2) 단호박 페이스트 제조

단호박 페이스트 제조는 가장 좋은 식감을 나타내는 것으로 연구된 방법(Kim SR 등 2005)에 따라 제조하였다. 단호박을 깨끗이 씻어 2등분하여 씨를 제거 하고 다시 8등분하여 껍질을 제거하였다. 단호박은 김이 오르고 있는 찹쌀에 넣고 15분 쪄서 20 mesh 체에 내렸다.

#### 3) RS 함유 노화쌀가루와 단호박을 첨가한 식혜의 제조

중심합성법에 따라 정해진 시료별 단호박과 노화쌀가루 중량을 각각 계량하여 엿기름물 1 L에 넣은 후 설탕, 생강을 넣고 15분 끓여주었다

### 4. 단호박 식혜의 이화학적 특성분석

#### 1) pH

단호박 식혜의 pH는 pH 측정기 (Orion 3 Star pH Meter, Thermo Electron Co., MA, USA)로 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다

#### 2) 당도

호박 식혜의 당도(°Brix)는 당도계 (Atago N1 Hand Refractometer, Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다.

#### 3) 점도

단호박 식혜의 점도는(DV-II Pro viscometer, Brookfield, MA, USA) Spindle 4로 측정했으며, spindle의 속도는 30 rpm에 고정하여 3회 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

#### 4) 색도

단호박 식혜의 색도는 직경 3.0 cm, 높이 1.0 cm의 용기에 담아 색차계 (JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L (lightness, 명도), a (redness,

적색도), b (yellowness, 황색도) 값을 6회 반복하여 측정하였다. 이때 사용한 표준 백판으로는 L값은 98.50, a값은 0.01, b값은 0.34을 나타내었다.

### 5. 관능적 특성 검사

단호박과 노화쌀가루의 첨가량을 다르게 제조한 식혜의 관능검사는 기호도 특성을 중심으로 평가하였다. 관능검사요원은 관능검사에 흥미를 갖고 관능검사에 참여 경험이 있는 대학원생과 연구원 12명을 선정하여 구성하였다. 관능평가는 15점 척도로 실시하였다. 예비조사를 통해 색감, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적인 기호도 속성별로 나쁘게 평가되는 특성, 좋게 평가되는 특성을 브레인스토밍방법을 활용하여 평가 기준을 정하였다. 색감은 흐리거나 탁한 노란 빛, 갈색 빛이 나면 1점, 보통이면 8점, 맑은 노란빛이나 단호박 특유의 색이 나면 15점, 입안에서의 감촉(mouth feeling)은 텅텅하고 농도가 진하면 1점, 보통이면 8점, 목 넘김이 좋고 거친 느낌이 없으면 15점, 향미(flavor)는 시큼하고 무향이면 1점, 보통이면 8점, 엿기름향과 구수한 향이 나면 15점, 맛(taste)은 신맛이나 탄 맛이 나면 1점, 보통이면 8점, 단맛이 나고 식혜 고유의 맛이 나면 15점, 전반적인 기호도(overall acceptability)는 매우 싫으면 1점, 보통이면 8점, 매우 좋으면 15점으로 평가하게 하였다.

### 6. 개발 제품과 시판제품간의 품질 특성 비교

최종 최적화된 레시피로 만든 실험군과 노화쌀가루를 첨가하지 않은 대조군, 시판 호박음료 1개, 일반 식혜음료 1개 등 총 4 제품을 대상으로 이화학적, 관능적 품질을 조사하였다. 색도(L, a, b), 당도, 점도, pH를 포함하여 관능적 품질의 측정방법은 위에 제시된 방법과 동일하게 실시하였다.

### 7. 통계분석

본 연구를 수행하기 위하여 수집된 자료를 근거로 Minitab 14.0 version(Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하여 통계분석을 하였다. 최적 조건을 찾기 위해 RSM의 중심합성계획법에 따라 단호박과 노화쌀가루의 량을 독립변수로 정하였고, L, a, b, 점도, 당도, pH, 입안에서의 감촉, 색감, 향미, 맛, 전반적 기호도를 종속변수로 설정하여 2차 다항 회귀식을 산출하였다. 독립 변수에 대한 종속 변수의 반응 표면 상태를 보기 위하여 3차원의 반응표면도(response surface plot)를 작성하였다. 노화쌀가루와 단호박의 최적 배합량은 관능평가 결과를 토대로 산출하였다.

최종 최적화된 레시피로 만든 실험군과 노화쌀가루를 첨가하지 않은 대조군, 시판 중인 2가지 제품 간의 관능

적 특성 차이 분석을 위해 일원분산분석(ANOVA)을 실시하였고, LSD 방법으로 유의성 검증을 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 단호박 식혜의 이화학적 특성

##### 1) pH

단호박과 RS 함유 노화쌀가루 양을 달리하여 제조한 9개 식혜의 pH는 Table 3과 같다. 노화쌀가루와 호박의 첨가수준에 따라 단호박식혜 pH는 6.20~6.25의 범위를 보였다. Fig 2의 3차 반응표면플롯과 회귀방정식 모델과 같이 단호박식혜의 pH는 호박량이 증가할수록 증가하였다. 노화쌀가루는 62 g 이하에서는 노화쌀가루량이 증가할수록 pH가 높아졌으나, 62 g 이상에서는 노화쌀가루 첨가량이 증가하면 pH가 감소되었다. 회귀식 모델의 R<sup>2</sup>값은 46.3로 낮은 편이었다.

이 결과는 단호박의 첨가수준을 달리하여 식혜의 pH 변화를 살펴본 연구(An YH 등2011)에서 단호박 첨가량이 증가함에 따라 pH가 상승한다는 결과와 일치한다. 선행연구에서 녹차가루를 첨가한 식혜의 pH는 5.85~5.81 (Park SI 2006) 수준이었고, 시판 식혜 pH는 5.93-6.87로 조사되었다(Kim MR 등 2002). 이 결과와 비교해 볼 때, 본 연구에서 개발된 단호박식혜 pH는 녹차가루를 첨가한 식혜보다는 높았고, 시판 식혜와는 유사하였다.

##### 2) 점도

점도는 유체의 흐름에 대한 저항성을 의미하며, 유체 흐름에서 분자간의 상호작용에 따라 저항성이 증가하면 점도는 감소한다(Park SY 2011). 단호박 식혜의 점도는 2.64~4.45 centi Poise (cP)로 나타났다(Table 3). Fig. 2 (b)

에 나타난 바와 같이 단호박 식혜의 점도는 단호박 첨가량이 증가할수록 감소하였고, RS 함유 노화쌀가루 첨가량이 증가하면 크게 증가하다가 노화쌀가루 68 g을 기점으로 감소하였다. 비선형적 회귀방정식 모델의 설명력은 71.1%로 높았다. 단호박을 첨가한 식혜제조 연구(Jung HA 등 2011)에서 단호박 첨가량이 늘어나면 식혜의 점도는 감소하는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서도 유사하게 나타났다.

시판 식혜 6종과 가정에서 제조하는 전통 식혜의 품질 특성을 비교한 연구(Kim MR 등 2002)에서 시판 식혜 6종의 점도는 5.33~9.33 cP으로 가정에서 제조한 식혜(9.33 cP) 보다 낮았다. 식혜의 점도는 밥의 양이 증가하면 증가되지만, 가정에서 제조하는 식혜와 달리 일부 시판 식혜에서 높은 점도를 보이는 이유는 밥 량 증가보다는 시럽, 당류의 첨가에 따른 것임을 지적하였다. 이 결과와 비교하면 본 연구의 단호박 식혜의 점도는 비교적 낮은 점도를 보이며, 이는 단호박과 노화쌀의 첨가에 따른 점도 감소로 사료된다.

##### 3) 당도

단호박 식혜의 당도(Table 3)는 14.00~17.33 °Brix 범위를 나타냈다. Fig. 2 (c)와 같이, 단호박 식혜의 당도는 단호박량이 증가할수록 감소하는 반면에 RS함유 노화쌀가루 첨가량이 증가할수록 증가하였다(R<sup>2</sup>=87.0) 이는 옛기름이 노화쌀가루에 작용하여 단맛이 증가된 것으로 사료된다.

시판 식혜의 당도는 11.6~12.5 Brix (Kim MR 등 2002) 범위를 보이며, 옛기름 가루와 밥 량이 증가할수록 식혜의 당도는 증가되었다. 본 연구에서도 노화쌀가루량이 증가할수록 당도가 높아지는 것으로 나타나 선행연구와 유

**Table 3.** Experimental data for pH, viscosity, sweetness, and color of *squash sikhye* among samples

Run order	Variable levels		Response			Response (Hunter's value)		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	pH	Viscosity (cP)	Sweetness (°Brix)	L	a	b
1	100	65	6.22±1.56	4.16±2.68	15.18±4.12	59.02±14.9	6.49±2.83	55.36±14.57
2	85	65	6.25±0.13	4.45±1.14	14.78±1.68	59.57±0.93	4.97±1.44	52.23±7.61
3	100	57	6.22±0.10	3.13±1.46	14.00±8.14	57.51±0.78	5.20±2.65	51.74±6.58
4	110	70	6.21±0.09	3.20±1.91	17.33±2.31	58.61±1.91	7.52±1.91	60.29±2.06
5	100	72	6.22±0.10	3.05±0.66	15.00±1.00	59.31±1.59	5.45±1.82	55.18±4.02
6	114	65	6.20±0.07	3.54±1.10	15.67±0.58	58.71±0.80	6.97±1.03	59.27±4.35
7	90	70	6.22±0.10	3.27±0.12	14.33±1.15	60.18±1.24	5.13±1.70	52.29±4.51
8	90	60	6.21±0.08	3.02±0.38	15.17±1.30	58.39±1.47	4.94±0.34	50.98±9.98
9	110	60	6.22±0.10	2.64±0.12	15.00±0.00	58.71±0.62	6.47±0.79	56.27±2.97

X<sub>1</sub>: Squash

X<sub>2</sub>: retrograded rice flour

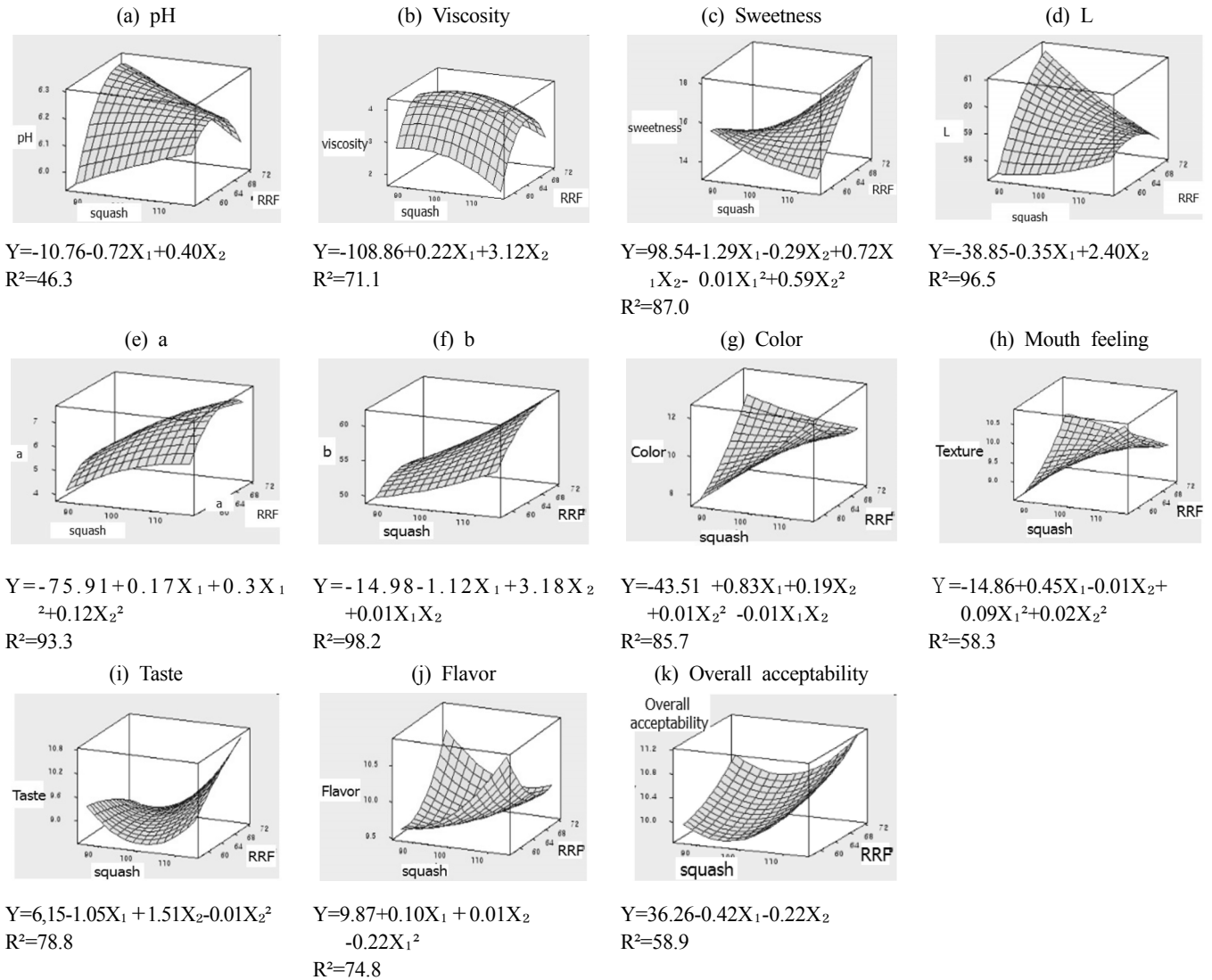


Fig. 2. Response surface plots of chemical, color, and sensory attributes of *squash sikhye* depending on the levels of squash and retrograded rice.  $X_1$  : Squash,  $X_2$  : retrograded rice flour.

사한 결과를 보였다. 단호박을 첨가하여 제조한 넥타형 음료의 당도가 11 °Brix일 때 소비자로부터 가장 높은 기호도를 보였다는 연구(Kim SR 등 2005)와 비교할 때, 본 연구에서 개발된 단호박식혜는 호박, 노화쌀가루에 의해 높은 당도를 지닌 것으로 나타났다.

#### 4) 색도

단호박 식혜의 색도(L, a, b) 측정 결과는 Table 3과 같다. 백색도(L)는 57.51~60.18로 나타났고 9가지 시료 중에서 단호박 100 g, RS 함유 노화쌀가루 57 g인 3번 시료에서 가장 낮은 L값을 보였고, 단호박 90 g, RS 함유 노화쌀가루 70 g인 7번 시료에서 가장 높은 L값을 보였다. Fig. 2 (d)에 제시된 표면플롯을 보면 L값의 변화는 호박량 첨가량이 증가할수록 완만하게 증가하였고, 노화

쌀가루 첨가량이 증가하면 증가하다가 60 g 이상이 되면 감소하는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 쿠키 제조시 단호박 가루 함량이 증가할수록 쿠키의 명도는 감소한다고 보고한 연구(Lee SM 등 2005)와는 상이한 연구를 보였다.

단호박 식혜의 적색도(a)는 4.94~7.52 범위를 보였고, 8번 시료(단호박 90 g, 노화쌀가루 60 g)가 가장 낮은 적색도를 보인 반면에 4번 시료(단호박 110 g, 노화쌀가루 70 g)에서 가장 높은 적색도를 보였다. Fig. 2 (e) 그림에서 나타났듯이 단호박이 노화쌀가루보다 적색도 증가에 더 큰 영향을 미쳤고, 단호박과 노화쌀가루의 첨가량이 많을수록 적색도는 증가하였다( $p < 0.05$ ,  $R^2 = 52.4$ ).

9개 시료의 황색도(b)는 50.98~60.29의 범위를 나타냈다. 8번 시료인 단호박 90 g, 노화쌀가루 60 g에서 가장 낮은 황색도를 보였고, 4번 시료인 단호박 110 g, 노화쌀

가루 70 g에서 가장 높은 황색도를 나타냈다( $R^2=80.1$ ,  $p<0.05$ ). 단호박식혜의 황색도는 단호박량과 노화쌀가루량이 증가할수록 증가하였으며, 특히 단호박량이 노화쌀가루량보다 더 큰 영향을 미쳤다(Fig. 2. (f)).

본 연구에서도 단호박식혜의 색도는 노화쌀 보다는 단호박에 의해 큰 영향을 받았다. 이는 단호박식혜에 단호박 페이스트 첨가량이 증가할수록 황색도가 높게 나타났고(An YH 등 2011), 크림스프에 단호박첨가한 경우에는 호박첨가량이 증가하면 백색도 감소, 적색도 및 황색도는 증가한다는 결과와 유사하였다(Kim JM 등 2004).

## 2. 단호박 식혜의 관능적 특성

단호박과 노화쌀가루를 독립변수로 하여 9가지 배합비율로 제조한 식혜의 관능검사는 색감, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적인 기호도로 평가하여 Table 4에 제시하였다. 단호박 식혜의 색은 15점 만점에서 8.08~11.21 범위를 보였다. 색감에서 가장 높은 점수를 얻은 시료는 단호박 114 g, 노화쌀가루 65 g의 6번 시료로 나타났다. Fig. 2 (g)에 제시된 바와 같이, 단호박 첨가량이 많았을 때 색감에 대한 관능평가 결과가 좋게 나타났다.

단호박 식혜의 입안에서의 감촉은 8.71~10.46, 맛은 8.29~10.00점, 향미는 9.63~10.29점의 평가점수 분포를 보였다. 전반적인 기호도는 9.67~10.83의 범위를 나타내었다. 단호박 식혜의 관능 검사결과에 대한 2차 회귀모델 식과 반응표면플롯을 Fig. 2. (g)~(l)에 제시하였는데  $R^2$  값은 색 62.1, 입안에서의 감촉 33.9, 맛 68.9, 향미 64.8,

전반적인 기호도 47.5를 나타냈으며, 시료별로 유의적인 관능 특성 차이를 보였다.

색, 입안에서의 감촉과 맛의 특성에서는 단호박 첨가량이 증가하면 관능 점수가 높아지는 경향을 보였다. 단호박식혜의 향미 속성은 단호박 첨가량이 증가할수록 점수가 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 단호박의 첨가로 인해 식혜의 고유한 향이 감소되는 경향을 보였기 때문으로 사료된다. 그렇지만, 전반적인 기호도 측면에서 볼 때 단호박 첨가량이 많을수록 높은 점수를 보였으며, 노화쌀가루의 첨가량은 별다른 영향을 미치지 않았다.

본 연구에서 단호박 식혜의 향미는 단호박 첨가량이 많아질수록 식혜향이 낮아지는 결과를 보였는데 이는 단호박 첨가수준에 따른 식혜의 옛기름향을 평가한 연구(An YH 등 2011)에서 단호박 페이스트 첨가량이 높은 시료에서 옛기름향이 유의적으로 낮았다는 지적과 일치하였다.

## 3. 반응표면검사에 의한 단호박 식혜의 최적화

최적화는 실험계획법의 마지막 단계에서 제품의 최적 조건을 규명하는 방법이며, 신제품 개발에 많이 활용된다. 제품의 품질에 영향을 미치는 주요 인자를 결정하여 독립변수로 설정하고 반응변수의 함수식을 구한 후 최적화 조건을 얻어낸다(Joo SY 등 2006, Kim KM 등 2007, Kim W 2010, Kim S 등 2012).

본 실험의 최적 조건은 Fig. 3과 같다. 독립변수로 단호박과 RS 함유 노화쌀가루 함량을 설정하고 반응변수로

**Table 4.** Experimental data for color, mouth feeling, taste, flavor and sweetness overall acceptability of squash *sikhye* by samples.

Run order <sup>1)</sup>	Variable levels <sup>2)</sup>		Response				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Color <sup>3)</sup>	Mouth feeling <sup>4)</sup>	Taste <sup>5)</sup>	Flavor <sup>6)</sup>	Overall acceptability <sup>7)</sup>
1	100	65	9.83±3.05	9.49±2.94	9.50±2.98	9.88±2.51	9.68±2.99
2	85	65	9.13±2.66	8.71±2.42	8.83±2.51	9.63±2.39	9.67±2.76
3	100	57	10.17±2.53	9.42±1.98	8.29±2.49	9.79±2.69	9.58±2.72
4	110	70	10.04±3.09	9.88±3.08	9.96±2.90	9.75±2.77	10.67±2.71
5	100	72	10.96±2.10	9.42±2.17	8.58±2.47	10.08±2.50	10.21±2.41
6	114	65	11.21±2.28	9.63±3.69	10.00±3.16	10.29±2.66	10.83±2.70
7	90	70	10.13±2.74	10.04±2.76	9.04±2.88	10.29±2.73	10.29±2.96
8	90	60	8.08±3.26	9.21±3.22	9.33±2.91	9.83±2.43	10.25±2.52
9	110	60	10.71±2.88	10.46±3.09	9.25±2.83	10.21±2.62	10.33±2.73

<sup>1)</sup> Run order 1 to 9 of samples is set by the central composite design.

<sup>2)</sup> X<sub>1</sub>: Squash, X<sub>2</sub>: retrograded rice flour.

<sup>3)</sup> 15-point scale- 1: murky yellow or brown, 8: average, 15: bright golden yellow.

<sup>4)</sup> 15-point scale: 1: too thick or coarse mouth feeling, 8: average 15: easy to swallow without coarse.

<sup>5)</sup> 15-point scale - 1: tart or no flavor, 8: average, 15: malty taste with savory.

<sup>6)</sup> 15-point scale - 1: sour with burn aroma, 8: average, 15: sweet with malt aroma.

<sup>7)</sup> 15-point scale - 1: extremely dislike, 8: so-so, 15: extremely like.

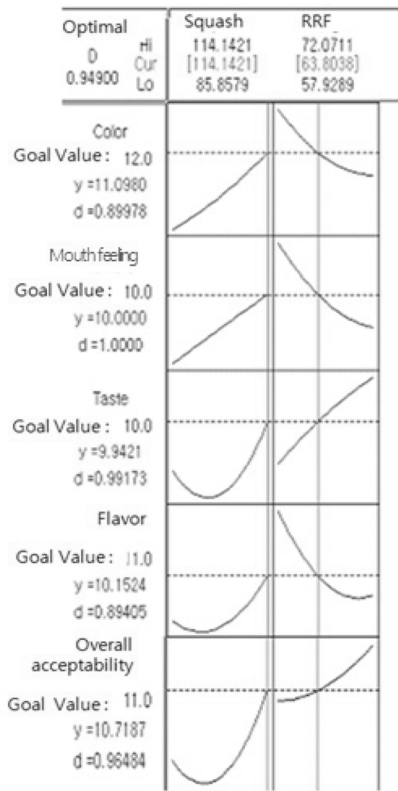


Fig. 3. Response surface optimization of squash *sikhye* RRF: Retrograded rice flour

관능검사 항목인 색감, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적인 기호도로 설정하였다. 관능검사에서 가장 좋은 점수를 얻은 6번 시료의 평가 점수를 참고하여 색, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적 기호도의 목표값을 각 12점으로 설정하였다. 그 결과 Fig. 3과 같이 단호박과 노화쌀가루의 최적 배합량은 단호박 114 g, RS 함유 노화쌀가루

64 g으로 결정되었다. 이 때 예상되는 단호박 식혜의 관능점수는 색감 11.1점, 입안에서의 감촉 10.0점, 맛 9.9점, 향미 10.2점, 전반적 기호도 10.7점으로 나타났다. 이 모델식의 설명력은 94.9%로 매우 높았다.

#### 4. 노화쌀 첨가 단호박식혜와 시판 식혜 음료의 품질 비교

단호박 식혜의 최적 배합비에 따라 제조된 실험군 A와, RS 함유 노화쌀가루를 첨가하지 않은 단호박식혜인 대조군 B, 시판 중인 단호박 건강음료 J사 제품 C, 시판되는 식혜 음료 중 인기 높은 B사 제품 D간의 품질특성을 비교하여 Table 5에 제시하였다.

시료간의 색도(L, a, b), 당도, 점도, pH와 관능속성인 색감, 입안에서의 감촉, 맛, 향미, 전반적인 기호도를 비교한 결과에서 본 연구에서 개발된 단호박 식혜의 품질 특성은 다른 시판 제품과 차별화되는 다른 특성을 지닌 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 개발제품인 시료 A의 색도는 단호박 첨가에 의해 다른 3제품 보다 높은 명도(58.71), 적색도(6.97), 황색도(59.27)를 보였다. 단호박 식혜 A의 당도는 노화쌀가루를 첨가하지 않은 단호박 식혜 B와 시판 제품 D 보다 높았으나, 건강음료인 C 제품보다는 낮게 나타났다. RS함유 노화쌀가루를 첨가한 제품 A의 당도는 15°Brix 인 반면에 노화쌀가루를 첨가하지 않은 B 제품은 10°Brix로 낮게 나타나, 노화쌀가루의 첨가로 인해 당도가 향상됨을 보였다. 실험군 단호박식혜의 점도는 3.54 cP로 나타났다. 노화쌀가루를 첨가하지 않은 대조군 (2.5 cP)과 유명 식혜 제조업체의 시료 D(2.29 cP) 보다는 높은 점도를 보인 반면에, 호박 함유 건강음료인 시료 C의 점도(8.96 cP)와는 큰 차이를 보였다. 이 결과는 본 연구에서 개발된 노화쌀가루 첨가 단호박 식혜는 일반 호

Table 5. Comparison of the color, sweetness, viscosity, pH, and sensory attributions evaluation and control samples

	Hunter's value			Chemical attributes			Sensory attributes <sup>1)</sup>				
	L	a	b	Sweetness (°Brix)	Viscosity (cP)	pH	Color	Mouth feeling	Taste	Flavor	Overall acceptability
A	58.71±0.8 <sup>c</sup>	6.97±1.03 <sup>d</sup>	59.27±4.35 <sup>d</sup>	15.67±0.58 <sup>c</sup>	3.54±1.10 <sup>b</sup>	6.20±0.07 <sup>b</sup>	11.21±2.28 <sup>c</sup>	9.63±3.69 <sup>c</sup>	10.00±3.16 <sup>c</sup>	10.29±2.66 <sup>c</sup>	10.83±2.70 <sup>c</sup>
B	33.82±0.18 <sup>b</sup>	3.75±0.69 <sup>b</sup>	40.06±0.48 <sup>c</sup>	10.00±0.00 <sup>b</sup>	2.50±0.63 <sup>ab</sup>	6.03±0.25 <sup>a</sup>	6.83±4.34 <sup>b</sup>	8.08±4.78 <sup>b</sup>	4.75±2.57 <sup>ab</sup>	5.17±2.63 <sup>b</sup>	5.25±2.74 <sup>b</sup>
C	67.91±0.08 <sup>d</sup>	4.66±0.09 <sup>c</sup>	28.28±0.15 <sup>b</sup>	22.67±0.58 <sup>d</sup>	8.96±1.30 <sup>c</sup>	6.53±0.62 <sup>c</sup>	3.67±2.06 <sup>a</sup>	4.08±2.22 <sup>a</sup>	3.33±1.88 <sup>a</sup>	3.92±2.65 <sup>a</sup>	4.17±2.73 <sup>a</sup>
D	24.78±0.45 <sup>a</sup>	1.70±0.41 <sup>a</sup>	1.95±0.52 <sup>a</sup>	8.00±0.00 <sup>a</sup>	2.29±0.36 <sup>a</sup>	6.20±0.06 <sup>b</sup>	3.83±2.48 <sup>ab</sup>	8.33±4.29 <sup>b</sup>	4.92±2.02 <sup>b</sup>	5.00±2.32 <sup>b</sup>	4.92±2.26 <sup>ab</sup>
F value	78.929 <sup>***</sup>	53.91 <sup>***</sup>	36.422 <sup>***</sup>	15.502 <sup>***</sup>	97.76 <sup>***</sup>	98.362 <sup>***</sup>	22.21 <sup>***</sup>	33.78 <sup>***</sup>	35.99 <sup>***</sup>	32.91 <sup>***</sup>	9.52 <sup>***</sup>

A : squash 114 g, retrograded rice flour 65 g  
 B : squash 114 g, retrograded rice flour 0 g  
 C : Commercial product of J company  
 D : Commercial product of B company

<sup>1)</sup> Refer The Table 4 he same rate scale for the sensory evaluation

\*\*\* significant at  $p < 0.001$

Different letters on the top of data indicate significant differences using the Fisher's Least Significant Difference test



박 음료의 걸쭉한 느낌과는 차별화 되고, 시판 식혜 음료와는 보다는 약간 걸쭉한 음료로 호박을 함유하여 식사대용이 가능하고 목 넘김이 좋고 시원한 맛을 내는 음료를 보여준다. 단호박 식혜의 pH 6.20으로 시판 식혜제품과 유사하였으며, 노화쌀가루를 첨가하는 않은 B제품(6.03) 보다는 높았고, 호박 함유 건강음료 C제품(6.53)보다는 낮았다.

실험군 A제품의 관능평가 점수는 노화쌀가루를 첨가하지 않은 단호박 식혜 B, 시판 제품 C, D와 비교할 때 색감 11.21점, 입안에서의 감촉 9.63점, 맛 10점, 향미 10.29점, 전반적 기호도 10.83점으로 통계적으로 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.001$ ).

이상의 결과를 통해 단호박과 RS함유 노화쌀가루를 첨가한 단호박 식혜 제품은 RS함유 노화쌀가루를 첨가하지 않은 제품과 시판제품보다 당도, 색도, 점도, 관능적 특성 면에서 모두 우수한 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서 개발된 노화쌀가루를 첨가한 단호박 식혜는 corn syrup와 같은 당류를 많이 첨가하지 않고도 단맛을 많이 내고, 노화쌀가루와 호박의 건강기능성을 보유한 식사대용식으로 상품적 가치가 있는 것으로 판단된다. 노인의 아침식사대용식, 직장인 또는 다이어트를 원하는 계층의 건강식사대용 음료로 활용될 수 있다.

#### IV. 요약 및 결론

저항전분은 식이섬유와 유사한 기능을 하여 혈당조절에 도움이 되며 비만과 당뇨병 예방에 도움이 된다. 본 연구는 RS함유 노화쌀가루의 기능성을 부여하고 단호박을 첨가하여 건강에 유익하면서 식사 대용식으로 활용가능한 단호박식혜를 반응표면검사법을 활용하여 개발하였다. 단호박 식혜 품질에 영향을 주는 변수로 단호박, 노화쌀가루로 결정하였고, 반응표면분석법(RSM)의 중심합성법(CCD)에 의한 실험계획에 따라 9개의 실험군을 산출하여 관능 특성 5가지 변수를 반응변수로 최적배합량을 결정하였다. 통계분석은 Minitab 14.0 version을 이용하였다. 그 결과, 실험조건하에서 단호박 식혜의 pH는 6.20~6.25, 당도 14.00~17.33 °Brix, 점도 2.64~4.45 cP, 백색도 57.51~60.18, 적색도 4.94~7.52, 황색도 50.98~60.29 이었고, 관능검사에서 전반적 기호도는 9.67~10.83점을 보여, 단호박과 RS 함유 노화쌀가루의 첨가량에 따라 유의적인 특성 차이를 보였다. 단호박식혜의 pH는 단호박량이 증가하면 상승하였고, 점도는 단호박량 증가에 따라 감소하였으며, 당도는 단호박량이 증가할수록 감소하는 반면에, RS함유 노화쌀가루 첨가량은 증가할수록 증가하였다. 백색도는 호박량 첨가량이 증가할수록 증가하고, 적색도와 황색도는 단호박과 노화쌀가루 양이 증가할수록 증가하였다. 이상의 결과 값을 기초로 산출된 최적배

합비는 단호박 114 g, RS 함유 노화쌀가루 64 g으로 결정되었고, 이때 예상되는 관능점수는 색감 11.1점, 입안에서의 감촉 10.0점, 맛 9.9점, 향미 10.2점, 전반적 기호도 10.7점으로 추정되었다. 본 연구에서 개발된 단호박식혜, 노화쌀가루 무첨가 단호박식혜, 시판되는 식혜상품 2종 등 총4종에 대한 품질특성 비교 결과에서도 단호박과 RS 함유 노화쌀가루가 첨가된 실험군이 관능점수에서 가장 높은 점수를 보였으며, 시판 중인 호박음료보다는 산뜻한 식감을, 일반 식혜 음료 보다는 걸쭉한 식감을 주었다. 이상의 결과에서 본 연구에서 개발된 노화쌀가루 첨가 단호박식혜는 노인과 젊은 세대의 식사대용식으로 손색이 없으며, 목 넘김이 좋고 시원한 식혜 맛을 지닌 건강음료로 상품적 가치가 높을 것으로 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술개발연구사업(주관 과제번호 PJ007519)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### References

- Aigstera A, Duncan SE, Conforti FD, Barbeau WE. 2011. Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *LWT-Food Sci Technol* 44:2159-2165
- An YH, Lee IS, Kim HS. 2011. Quality characteristics of *sikhye* with varied levels of sweet pumpkin during storage. *J Korean Food Cook Sci* 27(6):803-814
- Chang HJ, Ha KA, Lim JY, Ju SY, Lim WK, Park HY. 2012. Development of dume-buchu (*Allium senescens* L.) cracker with retrograded rice for children snacks. *Food Sci Biotechnol* 21(5):1349-1358
- Chang HJ. 2013. Development of well-being menu for the elderly generation in middle class and its commercialization strategies. Youlchon Foundation. Seoul. pp 15-34
- Choi EY, Joo NM. 2005. Optimization of homemade pasta with addition of basil using response surface methodology. *Korean J Food Culture* 20(1):61-67
- Heo SJ, Kim JH, Kim JK, Moon KD. 1998. The comparison of food constituents in pumpkin and sweet-pumpkin. *Korean J Food Culture* 13(2):91-96
- Hylla S, Gostner A, Dusel G, Anger H, Bartram HP, Christl SU, Kasper H, Scheppach W 1998. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 67:136-142
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. *J Korean Food Cook Sci* 22(1):45-55
- Jung HA, Kim AN, Ahn EM, Kim YJ, Park SH, Lee JE, Lee

- SM. 2011. Quality characteristics of curd yogurt with sweet pumpkin. *Korean J Food Preserv* 18(5):714-720
- Kim HH, Park GS. 2006. A study on the preference and actual condition of the utilization of traditional *sikhe*. *J East Asian Soc Dietary Life* 16(5):506-514
- Kim JO, Shin MS. 2003. Effect of RS3 type resistant prepared from nonwaxy rice starch on the properties of *Injulmi*. *J Korean Food Cook Sci* 19(1):65-71
- Kim JS, Shin MS. 2006. Quality characteristic of cookies with resistant starches. *J Korean Food Cook Sci* 23:659-665
- Kim JM, Rho YH, Yoo YJ. 2004. Quality properties of cream soup added with chungdong pumpkin and sweet pumpkin. *J. Korean Soc Food Sci Nutr* 33(6):1028-1033
- Kim KM, Kim OS, Kim JG. 2007. Optimization of sensory and physical properties of oven-roasted glutinous rice cakes prepared with dry glutinous rice flour (by response surface methodology). *J East Asian Soc Dietary Life* 17(6):883-893
- Kim MR, Seo JH, Heo OS, Oh SH, Lee KS. 2002. Physicochemical and sensory qualities of commercial *sikhes*. *J Korean Food Sci Nutr* 31(5):728-732
- Kim S, Cho M, Chang H, Kim W, Park H. 2012. Optimization of recipe for black sesame tuile containing retrograded rice flour using response surface methodology. *J East Asian Soc Dietary Life* 22(2):255-263
- Kim SR, Ha TY, Song HN, Kim YS, Park YK. 2005. Comparison of nutritional composition and antioxidative activity for kabocha squash and pumpkin. *J Korean Food Cook Sci* 37(2):171-177
- Kim SS, Chung HY. 2009. Quality characteristics of korean rice cake(*karedduk*)with mixture of trehalose and modified starch by using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(3):377-383
- Kim W. 2010. Effect of addition enzyme-resistant rice RS3 on quality and textural characteristics of madeleine. *Korean J Human Ecol* 19(1):191-201
- Lee HJ, Jun HJ. 1976. A study on the making of *sikhe*. *J Korean Home Eco Assoc* 14:685-693
- Lee SM, Ko YJ, Jung HA, Paik JE, Joo NM. 2005. Optimization of iced cookie with the addition of dried sweet pumpkin powder. *Korean J Food Culture* 20(5):516-524
- Lee YH, Oh SH. 2004. Effect of resistant starch on human glycemic response. *Korean J Community Nutr* 9(4):528-535
- Mun SH, Shin MS. 2000. Quality characteristics of noodle with health-functional enzyme resistant starch. *Korean J Food Sci Technol* 32(2):328-334
- Özboy-Özbas Ö, Seker IT, Gokbulut I. 2010. Effects of resistant starch, apricot kernel flour, and fiber-rich fruit powders on low-fat cookie quality. *Food Sci Biotechnol* 19(4):979-986
- Park SI. 2006. Application of green tea powder for *sikhe* preparation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 19(2):227-233
- Park SY. 2011. Quality characteristics and processing optimization of chocolate with addition of mulberry fruit. MS thesis, The Graduate School of Sookmyung Women's University. p 76
- Park YS, Chang HG. 2008. Quality of sugar-snap cookie supplemented with resistant starch. *Food Eng. Prog.* 12(1):65-68
- Song JY, Lee SK, Shin MS. 2000. Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *J Korean Food Cook Sci* 16(2):188-194
- Wadikar DD, Nanjappa C, Premavalli KS, Bawa AS. 2010. Development of ginger based ready-to-eat appetizers by response surface methodology. *Appetite* 55(1):76-83

Received on Jan.24, 2014/ Revised on Feb.24, 2014/ Accepted on Feb. 26, 2014