

반응표면 분석법을 이용한 노화쌀가루첨가 흑임자 튀일 레시피의 최적화

김선희¹ · 조민주² · 장혜자^{2*} · 김우경² · 박혜영³

¹단국대학교 정보미디어대학원 식품영양정보전공, ²단국대학교 식품영양학과, ³농촌진흥청 국립농업과학원

Optimization of Recipe for Black Sesame Tuile Containing Retrograded Rice Flour using Response Surface Methodology

Sunhee Kim¹, Minju Cho², Hyeja Chang^{2*}, Wookyung Kim² and Hyeyoung Park³

¹Major in Food and Nutrition Information of Graduate School of Information and Media Technology, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

³National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

Abstract

Tuile containing retrograded rice and black sesame was developed by optimization of the mixing rate of retrograded rice and egg white using response surface methodology. Nine samples of design points were obtained according to central composite design, and the optimal mixing rate of retrograded rice flour and egg white as independent variables was calculated with the sensory score, color, and texture as response variables. Nine samples of the experimental group and no added retrograded rice flour Tuile were also compared in terms of sensory properties, color and texture. According to the results, the optimal mixing rate of black sesame Tuile was 8.6 g of retrograded rice and 33.5 g of egg white. Regression analysis of the response showed that retrograded rice flour and egg white had effect on the color and texture of black sesame Tuile, with egg white more influential rather than retrograded rice. In a comparison of quality between retrograded rice flour added Tuile and no retrograded rice flour Tuile, lightness ($p<0.05$), hardness ($p<0.001$) and fracturability ($p<0.001$) of retrograded rice flour added Tuile was better than those of the other sample, and sensory quality in terms of color ($p<0.01$), taste ($p<0.001$), texture ($p<0.01$) were more excellent as well.

Key words : Product development, retrograded rice flour, response surface methodology, elder-friendly product.

서 론

전분(starch)은 인체에 없어서는 안 될 영양소 중의 하나로 특히 한국인의 식생활에서 중요한 역할을 한다. 전분은 빨리 분해되는 전분(rapidly digestible starch: RDS), 천천히 분해되는 전분(slowly digestible starch: SDS), 저항 전분(resistant starch: RS)으로 분류된다(Asp NG 1996). 전분의 호화와 노화과정을 반복하면 전분 중에 인체에서 분해되지 않는 저항 전분의 함량이 높아진다(Sajilata *et al* 2006, Ha *et al* 2012). 식품 중의 저항전분의 함량은 조리온도, 가열과 냉각의 횟수에 따라 달라지며, 일반적으로 갓 조리된 밥은 3% 이내(Sajilata *et al* 2006), 쌀가루는 9.1% 함유된 반면, 노화와 호화를 반복한 쌀은 13.9%로 그 함량이 증가된다(Ha *et al* 2012). 본 연구에서는 전분의 호화와 노화를 반복시켜 저항전분의 함량을 높인 쌀을 노화쌀(retrograded rice)로 정의하였다.

노화쌀에 함유된 저항전분 RS3는 정상인의 소장에서 흡수되지 않는 전분(Asp NG 1996)으로 조리과정에서 높은 열에 의해 쉽게 호화되지 않고 혈당을 낮춰 주는 저칼로리원으로 작용하며(Nugent 2005), 당의 소화 흡수를 지연시켜 혈당 상승을 조절하는 기능이 있다고 보고되었다(Lee & Oh 2004). 또한 대장에서 미생물 발효로 뷰티릭산과 같은 단쇄지방산을 생성하여 식이섬유와 유사한 생리활성을 지닌 것으로 보고되었다(Englyst *et al* 1996, Brown II 2004, Park & Chang 2008). 이러한 생리기능을 가진 물질을 식품에 적용한 연구들이 진행되고 있다. 식이섬유소 대신에 RS를 breakfast cereal이나 스낵류 등에 사용하면 생리활성 물질로서의 역할뿐 아니라 수분흡수력이 낮고 아삭한 텍스처를 유지할 수 있어 간식류의 품질 향상을 기할 수 있다(Lorraine LN 2002). 그러나 저항전분은 인간에게 건강상의 유익을 제공함에도 불구하고, 식품에 따라서 관능적 품질 저하를 초래할 수 있어 식품개발에 걸림돌이 되고 있다. 제과류에 사용 시 식감이 거칠고 단단한 알갱이의 잔존감을 주며, 떡 제품에 이용하면

* Corresponding author : Hyeja Chang, Tel : +82-31-8005-3175, Fax : +82-31-8021-7200, E-mail : hjc10@dankook.ac.kr

노화가 촉진되고 경도가 증가한다고 보고(Kim & Shin 2003) 된다. 따라서 저항전분을 첨가할 때 개발되는 식품의 특성에 맞춰 저항전분의 최적량 결정과 타 재료 첨가를 통한 물성 개선에 관한 연구가 필요하다.

최근 노인인구의 증가와 함께 노인의 간식으로 맛과 기능적 특성을 함유한 제품의 개발에 관심이 고조되고 있다. 특히 노인은 치아문제로 고생하기 때문에 쉽게 씹을 수 있고, 맛과 즐거움을 더해 줄 수 있는 간식 개발이 필요하다. 특히 경제력이 있는 노인 중 고콜레스테롤혈증, 고혈당, 비만 문제로 어려움을 겪고 있는 계층에게 저항전분이 다량 함유된 노화쌀 가루를 활용한 간식제품은 소비자 맞춤형 상품으로써 가치가 있을 것이다. 튀일은 '기와모양'과 같다는 프랑스 쿠키이며, 프랑스어로 프티(petit) '작은', 푸르(four) '오븐', 세크(sec) '마른' 뜻을 갖는다(KoSFoST 2008, Kim YM 2002). 얇게 펴 발라 구운 쿠키이므로 바삭하여 치아가 좋지 않은 노인들이 적합하고, 노인들이 유년시절에 경험한 전통과자류인 전병과 유사하여 향수를 느낄 수 있는 제품이다. 더욱이 당 섭취 의존율이 높은 노인에게 저항전분을 첨가한 간식은 당에 기인한 지방 형성을 저해한다(Lee & Oh 2004)는 점을 착안한다면, 지나친 당 섭취를 지양해야 하는 소비자층에게 상품성이 높을 것으로 기대된다. 또한 흑임자(*Sesamum indicum* L.)는 참깨과에 속하며, 지질 51%, 단백질 20%이 함유하고 있고, 칼슘, 인, 아연, 철, 비타민 B₁, B₂ 및 나이아신 등이 풍부하다. 또한 불포화 지방산인 올레산, 리놀레산을 다량 함유하며(Lee & Kim 2005, Lee et al 2005), 세사민(sesamin), 세사몰(sesamol) 등 리그난 성분이 다량 함유되어 있어 항산화 활성, 노화 억제, 암세포의 증식 억제, 혈압 상승 억제, 간 기능 증강 등의 효과가 있다(Ryu et al 2003, Park & Kang 2004). 그러므로 흑임자를 첨가한 튀일은 노인용 상품으로 높은 가치를 지닐 것으로 평가된다.

최근 식품 제품 개발에 재료의 최적 배합비를 결정하는데 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)이 많이 활용되고 있다(Han et al 2003, Joo et al 2006, Bruwer et al 2007, Ozboy-Ozbas et al 2010, Wadikar et al 2010). 반응표면분석법은 반응에 영향을 주는 여러 개의 독립변수가 복합적으로 작용하여 나타나는 변화를 통계적으로 분석한 것으로, 하나 또는 그 이상의 반응변수와 정량적인 실험변수 간의 관계를 규명하거나, 반응변수를 최적화하는 인자 조건을 찾는데 활용된다(Eretec Minitab Division 2005). 반응표면 분석을 위하여 많이 사용되는 실험계획법 중의 하나가 2차 회귀모형(second order regression model)식을 산출하는 중심합성계획법, 회전계획법이 많이 활용된다(Park SH 2006). 특히 중심합성법(central composite design)은 2^k 요인 설계와 입방체 점, 축 점(axial point), 중심점(center point)의 실험 구성을 통해 최적점을 산출한다(Eretec Minitab Division 2005).

국내에서 수행된 일부 연구에서 제과, 제빵류에서 저항전분을 이용하여 식품의 물성을 개선하거나, 제품 개발한 시도가 있었다(Song et al 2000, Mun & Shin 2000). 제빵류의 밀가루 반죽과 품질 특성을 개선하는 연구에서 밀가루의 5%를 저항전분으로 대체할 경우 반죽 형성 시간은 증가하고 안정성은 감소되지만, 수분흡수력 증가로 빵의 촉촉함이 유지되어 품질 저하를 방지할 수 있다고 보고되었다(Song et al 2000). 밀가루에 저항전분을 첨가하여 쿠키를 제조할 경우, 저항전분 첨가량이 증가되면 쿠키의 직경은 감소, 퍼짐성도 감소되고, 색감측면에서는 저항전분 함량이 높아지면 L값은 증가, a, b값은 감소하는 경향을 보였으며, 저항 전분을 10% 첨가 시 관능성이 저하되지 않는 쿠키를 만들 수 있다고 보고되었다(Park & Chang 2010). 난백은 또한 식품에 특유한 물리적 특성을 부여하므로 제품개발에 적정함량의 결정이 요구된다. 약과에 난백을 첨가한 연구에서 난백을 첨가하면 경도가 증가하지만, 저장기간이 길어짐에 따라 노화 지연을 유도하고 이 때문에 경화현상을 지연시킨다고 보고(Yoon SJ 2002)된다. 그러나 노인용 간식제품으로 흑임자, 노화쌀을 첨가한 튀일을 제조하는 데 있어 노화쌀과 난백을 어느 정도 첨가할 때 아삭하면서 쉽게 부서지며, 입안에서 잔존감이 없는 튀일 제품을 개발할 수 있느냐에 관한 연구는 진행된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 노인의 생리적 특성에 적합하고 건강유익성을 주는 간식제품으로 흑임자 튀일을 개발함에 있어, 반응표면분석법을 이용하여 과학적으로 최적의 재료 배합비를 산출하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용하는 노화쌀가루는 RS3가 함유된 전분이며, 직접 제조(Kim & Shin 2006)하여 사용하였다. 함께 들어가는 재료로는 박력분(대한제분), 설탕(제일제당), 무염버터(서울유유), 달걀(농협), 흑임자(농협), 꽃소금(샘표)을 사용하였다.

2. 튀일 제조방법

RS3 함유 노화쌀 제조는 Kim & Shin(2006)의 방법을 참조하였다. 쌀 10컵을 계량하여 씻은 후 30분간 불리고, 동량의 물을 넣어 160℃로 예열된 Steam convection oven(셀프쿠킹센터 6*1/1GN, 라치오날 코리아, 한국)에서 밥을 짓는다. 이때 온도는 140℃, 습도 80%이며, 40분간 조리한다. 밥 조리가 완료되면 Blast chiller(IRINOX, 이탈리아)를 이용하여 4℃로 급속냉장을 한 후, 급속 냉장된 밥을 4℃로 설정된 인큐베이터(HB-103S, 한백과학, 한국) 안에서 24시간 동안 보관한다.

이 밥을 Steam convection oven(셀프쿠킹센터)에서 140℃, 습도 80%, 40분간 다시 조리하고, 급속냉각, 건조하는 과정을 4회 반복한다. 모든 과정이 끝난 노화 쌀을 믹서(NFM-8860, NUC, 한국)를 이용하여 곱게 분쇄한 후 50 mesh 체에 내려 고운 가루만 제품 개발에 이용하였다.

본 연구팀에서 제조한 동일한 노화쌀가루로 저항전분의 함량을 분석한 결과, 13.9%(Ha *et al* 2012)로 확인되었으며, 이 노화쌀가루를 Table 1의 재료와 분량으로 실험군과 대조군의 튀일을 제조하였다. 예비실험을 통해 실험군의 배합비는 결정되었고, 대조군은 실험군에서 노화쌀을 제외시킨 시료이다. 튀일 제조 방법은 분량의 재료를 계량한 후, 끓는 물에 중탕한 버터에서 모든 재료를 혼합하고 나서, 팬닝 팬에 모양 틀을 얹고 고르게 퍼 바른다. 예열된 Steam convection oven(셀프쿠킹센터, 라오치오날코리아, 한국)에서 온도 150℃, 습도 0% 조건으로 8분간 조리하였다.

3. 흑임자 튀일 실험계획

예비조사를 통해 튀일의 관능적 특성에 난백과 노화쌀가루의 비율이 텍스처의 아삭함 증가, 노화쌀의 이취 감소에 영향을 미치는 변수로 결정되었다. 따라서 흑임자 튀일의 특성에 영향을 미치는 노화쌀가루(X_1)와 난백(X_2)의 양을 독립 변수로 설정하고, 중심합성계획법에 따라 Table 2와 같이 두 요인들의 수준을 -1.414, -1, 0, 1, 1.414의 다섯 단계로 부호

화 하였다. 흑임자 튀일의 품질특성으로 예상되는 색도(L, a, b), 텍스처, 관능적 특성을 종속변수로 하였다.

4. 실험방법

1) 색도

색도는 색차계(Model: JC-801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(Lightness: L), 적색도(Redness: a), 황색도(Yellowness: b)값을 측정하였다. 각 시료 당 5회 반복측정하였고 평균값으로 나타내었으며, 이때 사용한 표준백판(standard plate)의 L값은 98.51, a값은 -0.06, b값 -0.56을 사용하였다.

$$\Delta E = \sqrt{[(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 - (b_0 - b_1)^2]}$$

2) 텍스처

노화 쌀을 이용한 튀일의 경도분석을 위하여 Texture Analyzer (TXT2i, Stable Micro Systems LTD, version 1.22, UK)를 이용하여 시료의 경도(hardness), 파쇄성(fracturability), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 “Measure force in compression return to start” 방법으로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 제품 특성에 적합한 probe (P/O, 25s-1/4inch diameter ball)를 이용하여 pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, distance 1.0 mm, force 5 g의 조건으로 시료를 측정하였다.

3) 관능검사

관능검사는 한식조리 교육생 중 미각이 뛰어난 연수생 10명을 모집하여 이를 대상으로 실시되었다. 관능검사를 위한 사전 교육은 2011년 7월 초 30분간 실시되었으며, 실험목적과 취지를 설명하고 평가항목을 잘 인지할 수 있도록 하기 위해 실시하였다. 관능 패널은 남성 2명, 여성 8명으로 구성되었고, 평균 연령은 39.7세(표준편차 5.29세)이었다. 제품에 관능적 특성을 보다 정확하게 측정하기 위하여 15점 척도를 이용한 정량적 묘사분석방법(quantitative descriptive analysis)을 이용하였다. 색감(color) 1점은 ‘색이 균일하지 않고 연하거나 지나치게 진한 색을 띤다’, 15점은 ‘균일한 색을 띤다’, 향미 1점은 ‘밀가루 향 또는 산패취가 난다’ 15점은 ‘버터 향

Table 1. Recipe for black sesame Tuile (unit: g)

Ingredient	RS Tuile	No RS Tuile
Weak flour	20	20
Retrograded rice flour	6	0
Sugar	30	30
Egg white	30	30
Black sesame	2	2
Salt	0.3	0.3
Butter	10	10

RS Tuile : Sample recipe showed the highest sensory score among 9 experimental samples.

No RS Tuile : Tuile sample without retrograded rice flour.

Table 2. Independent variables and their levels for central composite design

(unit : g)

Independent variables	Symbol	Levels				
		-1.414	-1	0	1	1.414
Retrograded rice flour	X_1	4.14	6.00	10.50	15.00	16.86
Egg white	X_2	8.27	12.00	21.00	30.00	33.73

또는 고소한 향이 난다' 라고 표현하고 평가하게 하였다. 맛 1점은 '단맛이 없거나 고소하지 않다', 15점은 '단맛이 나고 고소하다', 식감 1점은 '눅눅하고 입안에 달라붙는다', 15점은 '바삭거린다'로 정하였고, 전체적인 기호도 1점은 '매우 싫다', 15점은 '매우 좋다'로 설정하여 평가하도록 하였다.

4) 통계처리

MINITAB(version 14.0) 프로그램을 이용하여 반응표면분석을 실시하였다. 튀일의 재료배합비를 최적화하기 위해 반응표면분석(RSM: response surface methodology)으로 자료를 분석하였다. 재료의 배합성분(X_1 : 노화쌀가루, X_2 : 난백)을 각각의 독립변수로 설정하고, 색도, 텍스처, 관능특성을 종속변수 Y 로 설정하였다. 종속변수 Y 값을 Minitab 통계프로그램을 이용하여 2차 다항 회귀식을 산출하였고, 독립변수에 대한 종속값의 반응표면 상태를 3차원 그래프를 통해 관찰하였고, 최적배합비를 산출하였다. 실험군, 대조군간의 차이를 검증하기 위하여 독립 t -test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 흑임자 튀일의 관능검사

노화쌀가루와 난백의 첨가량을 달리하여 제조한 흑임자튀일의 관능 평가 결과는 Table 3에 제시하였다. 노화쌀 6 g, 난백

30 g 시료에서 색감 11.60, 질감 11.67, 맛 12.47, 향미 10.63, 전반적 기호도 12.47의 가장 높은 관능적 품질을 보인 반면에 노화쌀 6 g, 난백 12 g의 배합에서 가장 낮은 관능점수를 보였다.

난백, 노화쌀 비율을 달리한 9시료의 색, 질감, 맛, 향미, 전반적 기호도가 난백, 노화쌀에 영향을 받는 정도를 이차 회귀방정식 모델로 나타내면 Table 4와 같다. 관능적 평가에서 R^2 값은 60.7~87.1%로 비교적 높은 설명력을 보였고, 색, 질감, 맛, 향미, 전반적인 기호도는 모두 노화쌀의 함량이 적을수록, 난백의 함량은 많아질수록 높아짐을 보였다(Table 4, Fig. 1(a)).

쌀가루 저항전분을 이용하여 쿠키를 제조한 연구는 전무한 실정이다. 본 연구에서 사용한 쌀전분 형태 대신 밀전분을 가열, 냉각하여 제조한 RS3를 박력분에 첨가하여 쿠키의 관능특성 변화를 살펴본 연구(Kim & Shin 2006)에서 박력분에 30% RS를 첨가했을 때 맛, 바삭함, 색 측면에서 대조군보다 더 좋은 관능특성을 보였고, 촉촉한 정도는 낮은 점수를 보였다. 또한 땅콩쿠키에 30% RS를 첨가한 경우, 색, 모양, 바삭한 정도, 전반적인 관능특성도 RS 비첨가군과 비교시 별 차이가 없는 것으로 조사되었다. 즉, 박력분에 30% 밀전분 RS를 첨가해도 RS 비첨가군보다 맛이 좋았지만, 본 연구에서 사용한 쌀가루 RS의 경우 첨가량이 늘어나면 튀일의 맛이 저하되었으며, 노화쌀가루 함량 대비 난백 함량이 증가할 경우에는 관능적 특성이 개선됨을 확인할 수 있었다.

Table 3. Effect of different level of RS and egg white on the sensory quality of black sesame-Tuile (Mean±S.D.)

Run order	Variable ¹⁾ levels		Response				
	X_1	X_2	Color ²⁾	Texture ³⁾	Taste ⁴⁾	Flavor ⁵⁾	Overall acceptability ⁶⁾
1	6	12	5.70±1.82	5.17±2.18	7.90±2.68	7.90±2.62	5.93±2.15
2	17	21	8.30±3.02	8.37±2.72	9.67±2.77	8.93±2.68	8.50±2.78
3	10.5	21	8.56±2.79	9.46±2.43	10.07±2.29	9.28±2.37	9.57±2.22
4	10.5	34	8.47±3.34	9.73±2.78	9.73±2.26	9.80±2.28	9.47±2.49
5	10.5	30	8.77±3.66	9.97±2.13	9.33±1.84	10.10±2.14	9.90±2.60
6	6	30	11.60±2.47	11.67±3.29	12.47±2.29	10.63±2.46	12.47±2.46
7	10.5	8.3	5.50±2.45	6.83±2.69	7.43±2.22	8.87±2.42	6.77±1.65
8	15	12	6.73±3.44	7.87±2.46	9.23±2.42	8.80±2.78	8.50±2.86
9	4.1	21	8.87±2.93	10.30±3.59	10.93±3.12	9.60±3.02	10.33±2.81

¹⁾ X_1 : retrograded rice flour, X_2 : Egg white.

²⁾ 15-point scale for color - 1: not uniform in color, too bright or too dark, 8: average, 15: uniform in color.

³⁾ 15-point scale for texture - 1: soggy or sticky, 8: average, 15: crispness.

⁴⁾ 15-point scale for taste - 1: not sweet and spicy fragrance, 8: average, 15: sweet and aromatic.

⁵⁾ 15-point scale for flavor - 1: stale or rancid flavor, 8: average, 15: buttery or nutty flavor.

⁶⁾ 15-point scale for overall acceptability - 1: extremely dislike, 8: neither like, nor dislike 15: extremely like.

Table 4. Polynomial equations for color, texture and sensory properties of black sesame-Tuile calculated by RSM

Responses	Polynomial equation	R ²	F-value
Sensory	Color $Y_1=8.80-0.28X_1+1.89X_2+0.11X_1^2-0.54X_2^2-0.45X_1X_2$	62.9	39.01***
	Texture $Y_2=9.51-0.76X_1+2.00X_2+0.34X_1^2-0.75X_2^2-1.15X_1X_2$	85.2	132.82***
	Taste $Y_3=9.93-0.46X_1+1.14X_2+0.21X_1^2-0.71X_2^2-1.10X_1X_2$	87.1	155.75***
	Flavor $Y_4=9.47-0.32X_1+1.00X_2+0.43X_1^2-1.00X_2^2-0.73X_1X_2$	60.7	35.53***
	Acceptability $Y_5=9.81-0.68X_1+1.46X_2+0.16X_1^2-0.56X_2^2-0.35X_1X_2$	73.4	63.39***
Color	L $Y_6=68.94-1.00X_1-1.25X_2+0.19X_1^2-0.07X_2^2-0.22X_1X_2$	75.0	68.83***
	a $Y_7=4.15+0.02X_1+102X_2+0.32X_1^2-0.07X_2^2-0.08X_1X_2$	61.9	37.34***
	b $Y_8=23.56-0.03X_1+2.15X_2+1.31X_1^2-0.14X_2^2-0.27X_1X_2$	50.4	23.35***
	ΔE $Y_9=38.26-0.78X_1+2.39X_2+0.73X_1^2+0.01X_2^2-0.01X_1X_2$	66.9	46.59***
Texture	Hardness $Y_{10}=1769.40+2255.23X_1+27.95X_2-154.03X_1^2+309.42X_2^2+283.28X_1X_2$	10.1	2.58***
	Fracturability $Y_{11}=827.57+425.78X_1+302.14X_2+512.30X_1^2+460.13X_2^2-367.98X_1X_2$	37.2	13.64***
	Adhesiveness $Y_{12}=0.15-0.034X_1+0.02X_2-0.03X_1^2-0.02X_2^2+0.04X_1X_2$	86.7	149.40***
	Springiness $Y_{13}=0.01+0.01X_1+0.001X_2-0.01X_1^2-0.002X_2^2-0.002X_1X_2$	43.3	17.57***
	Chewiness $Y_{14}=0.002+0.00X_1+0.002X_2-0.002X_1^2+0.001X_2^2-0.00X_1X_2$	30.6	10.13***

X₁ is retrograded rice flour, X₂ is egg white and Y₁~Y₁₄ are intensity score of the attributes.

R² is coefficient of determination.

*** p<0.001.

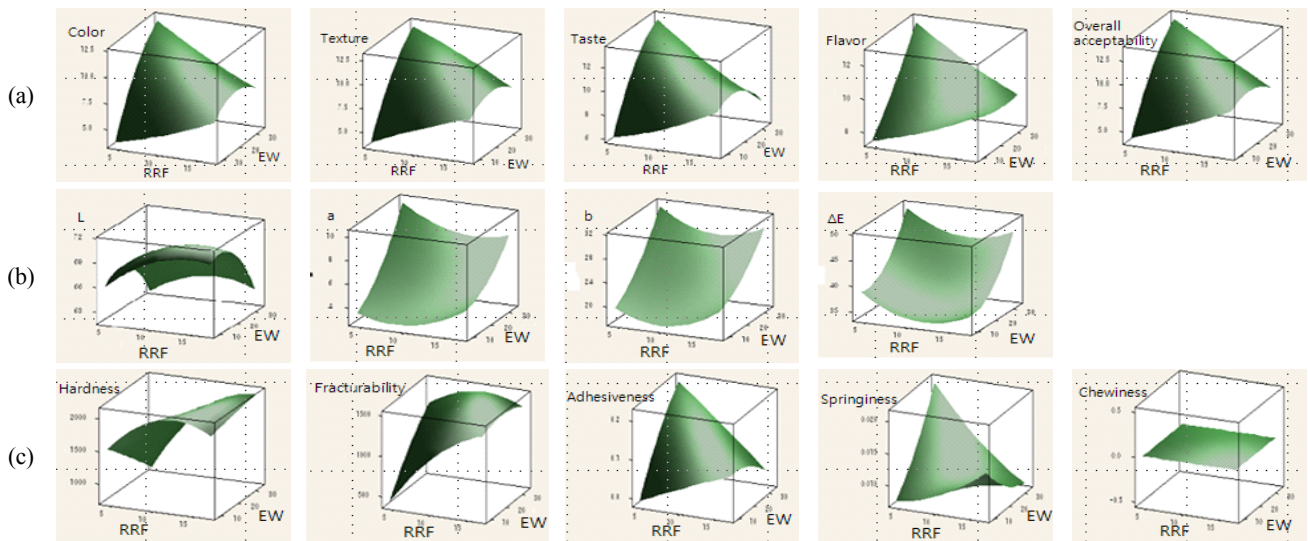


Fig. 1. Response surface on sensory and physical properties of black sesame-Tuile.

RRF: retrograded rice flour, EW: egg white.

(a) sensory properties, (b) color properties, (c) texture properties.

2. 흑임자 튀일의 색도

노화쌀가루(X₁)와 난백(X₂)의 첨가량이 다른 9개의 실험군 흑임자튀일의 색도 측정 결과는 Table 5와 같다. 9개 실험군의 명도(L)값은 64.97~70.71사이의 값을 나타내고 있으

며, 노화쌀 15 g, 난백 12 g일 때 가장 높은 명도값 70.71을 보였다. 이 결과는 RS 첨가한 시리얼 제품 개발 연구(Aigster et al 2011)에서 RS의 함량이 높은 시료에서 명도값이 증가했다는 결과와 유사하다.

적색도(a)는 2.94~8.06의 범위를 나타냈고, 7번 시료에서 적색도가 가장 낮았으며(노화쌀 10.5 g, 난백 8.3 g), 4번 시료(노화쌀 10.5 g, 난백 34 g)에서 가장 높은 적색도를 보였다. 9개 시료의 황색도(b)는 17.26~27.77의 범위에 있으며, 노화쌀 10.5 g, 난백 8.3 g에서 가장 낮은 황색도, 노화쌀 15 g, 난백 30 g에서 가장 높은 황색도 27.77을 보였다.

노화쌀 가루가 모두 같은 양으로 설계된 시료 3, 4, 7과 5, 8번을 각각 비교해 보면, 난백의 양에 따라 명도, 적색도, 황색도의 변화가 일관성 있게 나타났다. 3, 4, 7번 시료에서 노화쌀 함량이 10.5 g일 때 난백의 함량이 많아지면 L값은 감소하고, 적색도 a값, 황색도 b값은 증가함을 보였다. 이런 경향은 5, 8번 시료의 비교를 통해서도 확인할 수 있었다. 따라서 노화쌀의 함량이 동일할 경우, 난백의 함량이 증가하면 명도는 감소하고 황색도와 적색도는 증가하는 것으로 나타났다.

노화쌀가루, 난백의 독립변수에 대한 이차다항식 회귀모델식은 Table 4와 같다. 반응표면식의 R² 값은 명도 75.0, 적색도 61.9, 황색도 50.4로 나타나 모델식의 설명력이 비교적 높은 것으로 평가되었다(p<0.001). 이 모델식에 따르면 명도, 적색도, 황색도에 영향을 미치는 정도는 노화쌀보다는 난백의 함량이 더 높은 것으로 평가되었다.

Fig 1(b)는 튀일의 색도에 대한 노화쌀가루, 난백의 교호작용을 3차원 그래프로 나타낸 것이다. 명도는 노화쌀 함량이 4.1 g에서 증가할수록 증가하다가 15 g을 기점으로 낮아지는 경향을 보였고, 난백의 함량이 증가하면 명도가 증가하다가 난백 16 g 이상부터 명도가 감소하는 경향을 보였다. 나머지 황색도와 적색도의 경우 노화쌀의 함량이 늘어나면 감소하다가 12 g 이상에서 다시 증가하는 양상을 보였고, 난백함량이 많아질수록 적색도와 황색도가 증가하였다.

3. 흑임자 튀일의 텍스처

노화쌀가루와 난백의 첨가량을 달리하여 제조한 흑임자 튀일의 텍스처는 Table 3과 같다. 경도(hardness)는 물체의 굳기, 단단한 정도를 나타내는 실험(KoSFoST 2008)으로 9개 시료는 707.77~2,542.41의 범위를 보였다. 파쇄성(fracturability)은 어느 정도 힘을 주었을 때 금이 가거나 깨지는 정도를 나타낸다. 9개 시료의 파쇄성은 609.11~1,862.51로 나타났다. 경도와 파쇄성 모두 6번 시료인 노화쌀 6 g, 난백 30 g에서 낮은 값을 보였고, 4번 시료의 노화쌀 10.5 g, 난백 34 g에서 가장 높은 값을 보였다. 부착성은 물질표면에 들러붙는 성질인 부착성은 9시료에서 0.04~0.16 수준으로 매우 낮았다. 본 실험 시료에서 “외부 힘에 의해 변형된 물체가 힘이 제거되면 다시 원래의 형태로 되돌아가는 성질”인 탄성과 “입에서 되풀이하여 깨물어 삼키기 쉽게 되는 성질”인 씹힘성은 모든 시료에서 0.00~0.02 수준으로 매우 낮게 나타났다.

4. 반응표면검사에 의한 최적화

관능적 특성(맛, 색감, 질감, 향미, 기호도), 색도(명도, 황색도, 적색도), 텍스처(경도, 파쇄성, 부착성)의 총 11가지 변수를 반응변수로 설정하여 노화쌀과 난백의 최적 배합비를 산출하였다(Fig. 2). 반응변수인 관능속성 5가지의 목표값은 13점으로 설정하였고, 색도와 텍스처의 목표치는 단순히 높은 값이 좋은 것은 아니므로 관능검사에서 가장 높은 점수를 보인 6번 시료의 측정치를 기준으로 삼았다. 즉, 명도 65, 적색도 8.0, 황색도 28.0, 경도 2,500.0, 파쇄성 1,500.0, 부착성 0.2를 목표값으로 설정하였다. 그 결과, 최적의 배합비로 노화쌀 8.6 g, 난백 33.5 g이 결정되었다. 이 배합비에서 색감 10.2 점, 식감 11.2점, 맛 11.0점, 향미 11.2점, 기호도 11.3점, L값 64.3, a값 8.6, b값 28.4, 경도 1546.8, 파쇄성 1458.8, 부착성 0.20으로 예측되며, 각각의 소망함수(d)는 0.62~0.97의 범위이며, 합성된 소망함수값은 0.88으로 높게 확인되었다.

Wadikar *et al*(2010)은 반응표면분석법을 이용하여 생강을 넣은 즉석편이식食品的 애피타이저를 개발하였다. 소비자

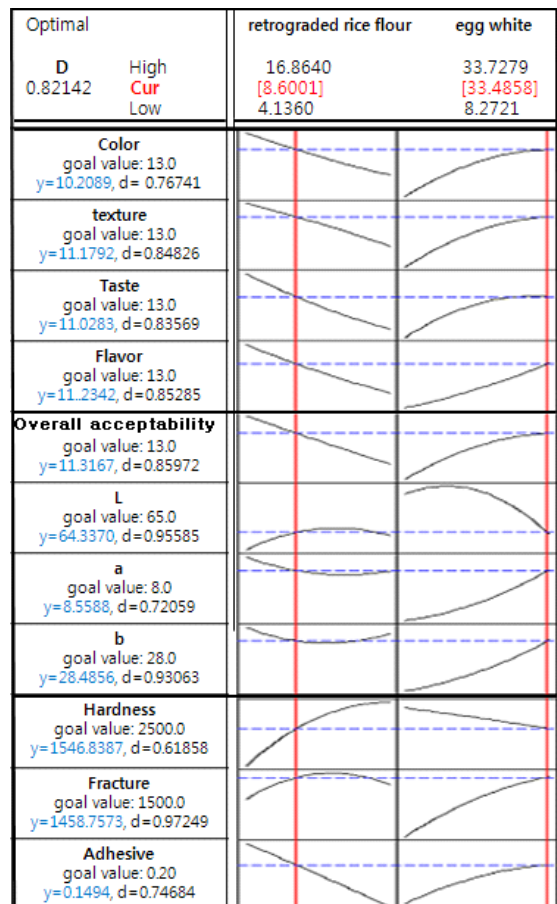


Fig. 2. 3D plot depicting effect of retrograded rice flour and egg white on sensory, color and texture properties for black sesame-Tuile.

Table 5. Effect of different level of RS and egg white on color and texture properties of black sesame-Tuile (Mean±S.D.)

Run order	Variable levels		Response for color				Response for texture				
	X ₁	X ₂	L	a	b	ΔE	Hardness (g-force)	Fracturability (g-sec)	Adhesiveness	Springiness	Chewiness
1	6	12	68.20±2.47	3.05±1.17	19.58±5.05	36.74±3.46	2,039.84±1,277.78	609.11±603.79	0.04±0.08	0.01±0.00	0.00±0.00
2	17	21	70.24±2.82	4.74±0.70	23.28±2.55	37.34±3.16	2,232.63±1,595.21	1,601.85±2,044.17	0.07±0.08	0.01±0.00	0.00±0.00
3	10.5	21	70.03±1.97	4.71±1.48	21.51±2.64	22.05±2.77	1,954.69±1,060.87	1,395.84±903.57	0.10±0.07	0.01±0.01	0.00±0.00
4	10.5	34	64.97±1.85	8.06±2.54	27.71±1.96	44.66±3.21	2,542.41±1,532.98	1,862.51±1,458.20	0.13±0.07	0.01±0.01	0.00±0.00
5	15	30	66.21±1.56	7.96±1.37	27.77±1.83	43.72±2.38	1,418.54±1,280.86	1,214.60±1,481.50	0.06±0.07	0.01±0.00	0.00±0.00
6	6	30	64.97±2.12	7.68±1.08	27.76±1.81	44.61±1.96	707.77±405.10	1,013.33±80.14	0.16±0.05	0.01±0.00	0.00±0.00
7	10.5	8.3	69.89±3.63	2.94±1.29	17.26±1.89	33.87±3.90	1,560.92±1,346.56	1,152.19±1,187.05	0.04±0.12	0.01±0.01	0.00±0.01
8	15	12	70.71±2.73	4.76±1.02	21.04±2.34	35.68±1.46	2,292.50±1,390.65	1,341.51±1,458.05	0.09±0.10	0.01±0.01	0.00±0.01
9	4.1	21	66.94±1.72	6.57±2.18	24.17±2.35	40.69±2.86	1,206.50±700.37	1,234.57±618.13	0.14±0.06	0.01±0.00	0.00±0.00

X₁: retrograded rice flour, X₂: Egg white.
 Run order 1 to 9 : experiment samples by the central composite design.
 L: 0 (black) to 100 (white); a: -60 (green) to 60 (red); b: -60 (yellow) to 60 (blue).

Table 6. Effects of retrograded rice on black sesame-Tuile quality (Mean±S.D.)

	Color			Texture properties					Sensory evaluation		
	L	a	b	Hardness	Fracturability	Color	Texture	Taste	Flavor	Acceptability	
A	64.97±2.12	7.68±1.08	27.76±1.81	707.77±405.10	1,013.33±80.14	11.60±2.47	11.67±3.29	12.47±2.29	10.63±2.46	12.47±2.46	
B	62.91±0.08	8.49±0.09	29.31±0.08	3,607.58±0.08	3,543.56±0.02	8.69±0.03	8.01±0.03	8.20±0.02	8.40±0.01	8.40±0.02	
t value	2.395*	2.112*	2.106*	25.638***	12.772***	2.990**	3.801**	6.604***	1.582	5.425***	

A: Retrograded rice flour 6 g, egg white 30 g.
 B: Retrograded rice flour 0 g, egg white 30 g.
 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

만족도에 많은 영향을 미치는 인자로 관능검사 결과치를 지적하였고, 이를 반응변수로 최적의 배합비를 결정할 때 소망함수(desirability function : D) 값이 0.7 이상이 되어야 함을 지적하였다.

5. 실험군과 노화쌀 무첨가군 간의 비교

노화쌀 첨가군, 노화쌀 무첨가 시료의 색도, 텍스처 관능검사를 비교하여 Table 6에 제시하였다. 색도는 L값에서 2시료간의 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 노화쌀 첨가군의 L값은 64.97로 노화쌀 무첨가군보다 유의적으로 밝은 색을 띠었다. 황색도와 적색도는 역시 2 시료간의 유의적 차이를 보여 노화쌀 함유 튀일이 덜 붉고, 더 푸른 빛깔을 띠었다. 이 결과는 Choi YS(2002)의 저항전분을 첨가한 식빵의 색도 연구 결과, 저항전분 첨가군이 대조군보다 명도는 더 낮았고, a 값은 (-)쪽으로 증가하여 녹색을 띠었다는 결과와는 일치하지만, b 값은 (+) 증가를 보여 대조군보다 노란 빛을 띠는 결과와는 다소 차이가 있었다.

노화쌀 무첨가 시료의 경도는 3,607.58를 보인 반면에 노화쌀 첨가군에서는 707.77의 유의적으로 낮은 값을 보였다($p<0.001$). 과쇄성의 특성 역시 노화쌀 첨가군이 더 낮은 값 1,013.33을 보였다($p<0.001$). 즉, 노화쌀 무첨가군보다 노화쌀 첨가 시료가 덜 단단하고 과쇄하기 쉬운 물성을 지닌 것으로 나타났다. 스낵 제품은 경도와 과쇄성이 낮을수록 바람직하다(Nath & Chattopadhyay 2007)의 결과를 고려할 때 본 제품에서 개발된 제품이 간식으로 높은 품질 특성을 지닌 것으로 평가된다. 노화쌀 첨가군의 관능적 측면은 색감 11.60, 텍스처 11.67, 맛 12.47로 노화쌀 무첨가 시료의 8.01~8.69점과 비교할 때 유의적으로 높은 점수를 보였다($p<0.01$).

이상의 결과를 통해 본 연구에서 개발된 노화쌀을 첨가한 튀일이 노화쌀 무첨가 제품보다 더 우수한 물성과 관능적 특성을 지닌 것으로 평가되었다. 또한 노화쌀의 첨가로 명도가 높아짐을 확인하였고($p<0.05$), 튀일의 황색도와 적색도는 노화쌀보다는 난백의 함량에 따라서 영향을 받으며, 난백량이 많아짐에 따라 적색도와 황색도가 증가함을 확인할 수 있었다.

요약 및 결론

고령화 친화식품이면서 당뇨병, 비만, 대장암에 유익 가능성이 있는 노인용 간식으로 저항전분이 함유된 흑임자 튀일을 개발하였다. 노화쌀가루가 혼입시 문제점으로 지적되는 입안에서의 잔존감을 없애고 최적의 품질을 얻기 위하여, 난백과 노화쌀가루를 독립변수로 배합비를 달리하였고 색도, 텍스처, 관능적 특성을 반응변수로 설정하여 반응표면분석법을 적용함으로써 최적 배합비를 산출하였다. 그 결과, 노화쌀 6 g, 난백 30 g의 실험군에서 가장 높은 관능점수(12.5

점)를 보였고, 색도는 L값 64.97, a값 7.68, b값 27.76 텍스처의 경도 707.77, 과쇄성 1013.33을 보여 스낵으로 적합한 품질 특성을 보였다. 관능적 특성(맛, 색감, 질감, 향미, 기호도), 색도(명도, 황색도, 적색도), 텍스처(경도, 과쇄성, 부착성)의 총 11가지 반응변수를 이용하여 노화쌀과 난백의 최적 배합비를 산출한 결과, 노화쌀 8.6 g, 난백 33.5 g이 최적의 배합비로 결정되었다. 흑임자 튀일의 품질특성은 노화쌀가루의 함량보다는 난백의 함량에 더 많은 영향을 받았으며, 노화쌀과 난백의 함량이 증가하면 a값, b값, 과쇄성, 부착성이 증가하는 경향을 띠었다. 또한 노화쌀 무첨가 시료와 노화쌀 첨가 시료 두 제품간의 관능특성을 비교한 결과에서 노화쌀 첨가 시료에서 유의적으로 높은 명도($p<0.05$), 낮은 수치의 경도($p<0.001$)와 과쇄성($p<0.001$)을 보였고, 관능적 특성에서 맛($p<0.001$), 식감($p<0.01$), 색감($p<0.01$) 측면에서 더 우수하게 평가되었다. 따라서 전통적인 튀일 제조 방법에 건강기능성이 있는 저항전분 함유 노화쌀가루와 흑임자를 첨가한 레시피가 더 우수한 관능적 특성과 아삭거리는 텍스처를 지닌 것으로 평가되어 건강지향적인 어르신을 대상으로 하는 간식제품으로 상품화 가능성이 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술개발연구사업의 지원(주관과제번호 PJ007519)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문헌

- 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.
- Asp NG (1996) Dietary carbohydrates: Classification by chemistry and physiology. *Food Chem* 57: 9-14.
- Brown IL (2004) Applications and uses of resistant starch. *J. AOAC Int* 87: 727-732.
- Bruwer MJ, MacGregor JF, Bourg WM (2007) Fusion of sensory and mechanical testing data to define measures of snack food texture. *Food Qual Prefer* 18: 890-900.
- Choi YS (2002) The impact of the baking properties of resistant starch addition. *MS Thesis Chonnam National University, Gwangju*. pp 188-194.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH, Beatty ER, Bingham SA (1996) Digestion and physical properties of resis-

- tant starch in the human large bowel. *Brit J Nutr* 75: 733-747.
- Eretec Minitab Division (2005) New minitab practical completion. Eretec Inc., Seoul. pp 618-656.
- Ha AW, Han GJ, Kim WK (2012) Effect of retrograded rice on weight control, gut function, and lipid concentrations in rats. *Nutr Res Pract* 6: 16-20.
- Han HS, Park JH, Choi HJ, Sung TS, Woo HS, Choi C (2003) Optimization of roasted perilla leaf tea using response surface methodology. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 96-106.
- Joo NM, Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Han YS (2006) Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 45-55.
- Kim JO, Shin MS (2003) Effect of RS3 type resistant starch prepared from nonwaxy rice starch on the properties of Injilmi. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 65-71.
- Kim JS, Shin M (2006) Quality characteristic of cookies with resistant starches. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 659-665.
- Kim YM (2002) Kim Youngmo's bread, cakes and cookies. Dong-A Ilbo Inc., Seoul. pp 114-121.
- Korean Society of Food Science and Technology (2008) Dictionary for food technology. Publisher Gwangil Pub., Seoul. pp 37-52.
- Lee MJ, Kim KH (2005) The comparison on the physicochemical properties of sesame seeds by production areas. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 128-131.
- Lee YH, Oh SH (2004) Effect of resistant starch on human glycemic response. *Korean J Community Nutr* 9: 528-535.
- Lee YK, Kim MJ, Lee SB, Kim SD (2005) Quality characteristics of kipfel cookie prepared with chitosan-chungkukjang. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 437-443.
- Lorraine LN (2002) Resistant starch: a potential functional food ingredient. *Nutr Food Sci* 3: 62-67.
- Mun SH, Shin MS (2000) Quality characteristics of noodle with health-functional enzyme resistant starch. *Korean J Food Sci Technol* 32: 328-334.
- Nath A, Chattopadhyay PK (2007) Optimization of oven toasting for improving crispness and other quality attributes of ready to eat potato-soy snack using response surface methodology. *J Food Eng* 80: 1282-1292.
- Nugent AP (2005). Health properties of resistant starch. *Nutr Bull* 30: 27-54.
- Ozboy-Ozbas O, 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: 979-986.
- Park SH (2006) Modern experiments design. Minyoungsa Pub., Seoul. pp 453-524.
- Park SJ, Kang MH (2004) Functional properties of sesame seed. *Food Industry and Nutrition* 9: 31-40.
- Park YS, Chang HG 2010. Quality of sugar-snap cookie supplemented with resistant starch. *Food Engineering Process* 12: 68-71.
- Ryu SN, Lee EJ, Yun HS, Kang SH (2003) Chemical structure and physiological activity of lignan component in sesame. *Korean J Crop Sci* 48: 65-71.
- Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR (2006) Resistant starch-a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 5: 1-17.
- Song JY, Lee SK, Shin MS (2000) Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *Korean J Soc Food Sci* 16: 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: 76-83.
- Yoon SJ (2002) Quality characteristics of Yackwa prepared by different amounts of egg white. *Korean J Food Cookery Sci* 18: 81-86.

접 수: 2011년 11월 24일
 최종수정: 2012년 4월 9일
 채 택: 2012년 4월 13일