

마분말 첨가 쿠키 제조조건 최적화

주나미 · 이선미[†] · 정희선 · 박상현 · 송윤희 · 신지훈 · 정현아¹

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공, ¹대구한의대학교 한방식품조리영양학부

Optimization of Cookie Preparation by Addition of Yam Powder

Na-Mi Joo, Sun-Mee Lee[†], Hee-Sun Jung, Sang-Hyun Park, Yun-Hee Song,
Ji-Hun Shin and Hyeon-A Jung¹

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul, 140-742, Korea

¹Department of Herbal Cuisine and Nutrition, Daegu Haany University, Kyongsan, 712-715, Korea

Abstract

This study was conducted to develop an optimal composite recipe for a cookie including yam powder that would be attractive to all age groups. Wheat flour was partially substituted by yam powder to reduce the content of wheat flour. This study has produced the sensory optimal composite recipe by making cookies, respectively with each 5 level of yam powder (X_1), sugar(X_2), butter(X_3), by C.C.D (Central Composite Design) and conducting sensory evaluation and instrumental analysis by means of RSM (Response Surface Methodology). Sensory items showed very significant values in color, softness, overall quality ($p<0.01$), flavor ($p<0.05$) and those of instrumental analysis showed significant values in lightness, redness ($p<0.05$), spread ratio, hardness ($p<0.01$). Also sensory optimal ratio of yam cookie was calculated at yam powder 37.35 g, sugar 50.75 g, butter 78.40 g and it was revealed that the factors of influencing yam cookie aptitude were in order of yam powder, butter, sugar.

Key words : yam powder, cookie, sugar, butter, optimization, RSM(Response Surface Methodology)

서 론

다년생 초본으로 고구마의 형태와 비슷하나 덩이줄기를 이루며 전분이 풍부한 저장근을 가진 마(*Dioscorea japonica*, *D. batatas*)는 마과(*Dioscoreaceae*)에 속하며 열대 및 아열대 지방에 널리 분포되어 있는 식량작물의 하나로 생약으로 쓰여 지고 있다. 마의 주성분(1)은 전분질(19.5%)로 토란전분(10.3%), 칩전분(16.1%) 그리고 고구마전분(10.6%)에 비해 상당히 높은 수치를 나타내 제과적성에서 일부 밀가루를 대체할 수 품목으로 고려될 수 있겠다. 또한 마에 함유된 단백질은 생물가가 우수한 당단백질이며 무기질 중 특히 Na, K, Fe가 다량 함유되어 있고 Zn의 함량도 높고 Vitamin C 및 Vitamin B₁ 등을 함유하고 있으며 mucin이 있어 점성이 높다(2-4). 일반용도로는 봄, 가을에 덩이뿌

리를 채취하여 굵거나 찌서 먹고 생으로 갈아서 먹기도 하며, 빵, 비스킷 과자 등의 각종 요리 재료로 쓰이기도 한다(5). 일본에서는 많이 식용되는 전분성 부식품의 하나로 알려져 있고, 미국 등지에서는 참마성분을 이용하여 소화율이 높은 칼로리 공급원 또는 건강식품으로서 어린이나 병약자들을 위한 제빵, 비스킷, 소스, 스프 등의 원료로 쓰이고 있다(6-7). 우리나라에서는 건강식품으로 생으로 갈아서 먹거나 차등으로 음용하고 있으며 그 양은 매년 증가 추세에 있다(8). 한방에서는 마(*Dioscorea*)를 산약이라고도 하며, 당뇨병, 폐결핵 및 신체가 허약할 때 약재로 많이 쓰였으며, 자양, 강정, 지사작용이 있으며 소염, 해독, 진해, 거담, 신경통, 류마티즘에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(9). 마의 식용으로 하는 덩이뿌리 내부의 유백색 또는 황갈색을 띠는 끈끈한 마 점질물은 mannose가 80% 이상을 차지하는 glucomannan과 단백질로 이루어져 있으며(10), 당뇨병을 비롯한 콜레스테롤혈증, 대장암 예방 및 면역기능 증강에 효능이 있다고 보고 되었다(11). 마의 이러한 기능들이 임상

[†]Corresponding author. E-mail : sunranco@naver.com,
Phone : 82-02-710-9471, Fax : 82-02-2077-7140

실험을 통해 알려지면서 마를 이용한 여러 가지 제품들이 나오고 있으나 과학적으로 제품의 특성에 대해 제시한 선행연구가 미흡한 실정이다. 현재 식품에 응용한 선행연구는 마분말의 식빵 품질특성에 관한 연구(12), 마를 첨가한 스폰지케이크의 연구(13), 마국수에 관한 연구(14), 마첨가 요구르트(15) 등이 있으나 조리에 유용하게 활용되고 있지는 않아 다양한 응용연구가 필요하다고 생각된다. 따라서 최근 많은 연구가 보고되고 있으나, 마의 활용도를 높이고자 새로운 식품개발의 한 방법으로 우리나라 사람들의 기호에 적합한 쿠키를 개발하고자한다. 본 연구에서는 마분말의 약리작용을 활용하는 식품개발을 위해 쿠키재료 중 밀가루의 일부를 영양분이 우수한 마분말로 대체하여 쿠키를 제조한 후 품질특성을 측정하고 반응표면분석법 (RSM: Response Surface Methodology)을 통해 최적배합비를 산출하여 기능성 쿠키로서의 상품가능성을 평가해보고자 한다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에서 사용된 재료 중 마분말 (산약촌 마분말, 복후농협, 경북)은 가열처리한 분말형태로 사용하였고, 밀가루는 시판 1등급 박력분(대한제분)을 사용하였으며, 그 외 버터는 무염 버터(유크림 100% 서울우유, 한국), 팽창제로는 베이킹 파우더(초야식품)를 설탕은 CJ(주)의 백설탕(원당 100%)을 사용하였으며 소금은 (꽃소금, 샘표, 국산)을 그리고 달걀은 영림축산제품을 사용하였다.

실험계획

마분말 첨가 쿠키의 배합 비율을 설정하기 위하여 쿠키 레시피의 문헌조사와 보리 도정 거의 첨가 쿠키(16)와 쥐눈이콩 첨가 쿠키(17)등의 연구를 참고하여 예비실험 및 예비 관능평가를 실시하여 확정된 마분말 첨가 쿠키 배합 비율은 Table 1과 같다. 밀가루의 일부 대체 재료로 첨가되는 마분

Table 1. Normal composition and increment of Yam cookie

Ingredients	Content	B/P ¹⁾ (%)	T/P ²⁾ (%)
Yam powder	40.00 g	36.36	12.42
Wheat flour	110.00 g	100.00	34.16
Sugar	60.00 g	54.55	18.63
Butter	80.00 g	72.73	24.85
Egg(whole)	30.00 mL	27.27	9.32
Baking powder	1.00 g	0.91	0.31
Salt	1.00 g	0.91	0.31
Total	322.00	292.73	100.00

¹⁾B/P: Bakar's Percent.

²⁾T/P: True Percent.

말(X₁), 설탕(X₂), 버터(X₃)의 함량을 3개의 요인으로 설정하였으며, 각 요인들의 수준을 -2, -1, 0, 1, 2의 다섯 단계로 부호화하였고, 실험값은 Table 2와 같다.

Table 2. Variable and their levels for central composite design of Yam cookie

Variable	Symbol	Increment(g)	Coded-variables				
			-2	-1	0	1	2
Yam powder(g)	X ₁	±15.00	10	25	40	55	70
Sugar(g)	X ₂	±15.00	30	45	60	75	90
Butter(g)	X ₃	±15.00	50	65	80	95	110

쿠키제조

마분말 첨가 쿠키 제조는 Table 1와 같은 재료를 3배의 분량으로 AACC method10 - 52의 방법(18)을 참고하여 제조 후 실험에 사용하였다. 계량된 버터를 반죽기(Model K5SS, Kitchen Aid Co., Joseph, Michigan, U.S.A)에 넣고 2단으로 1분간 버터를 부드럽게 풀어준 뒤 소금, 설탕을 3회 걸쳐 나누어 넣은 뒤 4단에서 1분간, 계란을 넣고 1분간 작동시켜 크림화하였으며, 혼합하는 동안 분마다 3차례에 걸쳐 믹싱 볼에 붙은 쿠키반죽을 긁어내려(Scraping) 반죽을 균일한 상태로 만들었다. 완성된 크림에 밀가루와 베이킹파우더, 마분말을 함께 3회에 걸쳐 체에 내린 후 가볍게 혼합하여 반죽을 제조하고, 이를 밀봉하여 4℃의 냉장실(FRB4350-NT, DAEWOO Co., Gumi, Korea)에서 1시간 동안 휴지시켰다. 반죽이 작업할 수 있는 정도가 되면 pie rollor(Fritsch GMBH & CO. KG D-97348 Markt Einersheim)를 사용하여 반죽의 높이를 20, 15, 12, 8 mm로 조절하면서 각 높이에서 1회씩 통과시켜 두께를 균일하게 한 후 직경 5 cm의 원형 쿠키틀로 찍어 성형하여 평철판을 두개 겹쳐놓고 사방 2 cm 간격으로 배치하였다. 165℃로 예열해 둔 Convection oven(RSF - 22, Rinnai Co., Incheon, Korea)에서 13분간 구웠다. 구운 쿠키는 1시간 동안 20±4℃에서 냉각시킨 후 O.P.P(Oriented Pony Propylene)필름으로 포장하고 24시간 후 실험의 시료로 이용하였다.

색도측정

마분말을 첨가한 쿠키의 색도는 Color difference meter (Colorimetrymeter CR-300, Minolta CO., Ltd, Osaka, Japan)를 사용하여 L (lightness), a (redness), b (yellowness)의 색채 값을 3회 반복 측정하였으며, 이때 사용한 표준백색판(Standard Plate)의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86 이었다.

퍼짐성 측정

쿠키의 퍼짐성(Spread Ratio)은 직경(Width; Diameter, cm)에 대한 두께(Thickness; cm)의 비로 나타낸 것으로

AACC Method 10-52의 방법(18)으로 다음의 공식을 이용하여 퍼짐성 지수를 구하였다. 쿠키의 직경은 쿠키 5개를 나란히 수평으로 정렬한 후 전체 길이를 caliper로 측정하고, 각각의 쿠키를 90°로 회전시킨 후 같은 방법으로 전체 길이를 측정하여 쿠키 한 개에 대한 평균 직경을 구하였다. 두께는 위의 쿠키 5개를 수직으로 쌓은 후 수직 높이를 측정하고, 다시 쿠키의 놓인 순서를 바꾸어 높이를 측정하여 쿠키 한 개에 대한 평균 두께를 구하고 쿠키 1개에 대한 평균 직경과 두께는 3회 반복 측정 후 평균값을 이용하였다.

$$\text{퍼짐성} = \frac{\text{쿠키1개에 대한 평균 직경 (cm/개)}}{\text{쿠키1개에 대한 평균 두께 (cm/개)}}$$

경도측정

조직감은 Rheometer (Compac-100, Sun scientific CO., LTD., Tokyo, Japan)를 이용하였다. Rheometer의 조건은 Max wt; 10 kg, Distance; 50%, Table speed; 120 mm/min, rupture; 1bite, 및 prove는 직경 2 mm의 number 4needle을 이용하여 쿠키 표면으로부터 4 mm 침투하도록 설정하고 침투할 때 생기는 조직적 특성을 측정하였다. 쿠키가 중심에서 부러질 때 받는 최대 힘(Maximum Force;g)을 3회 반복하여 측정하고 경도(Hardness)로 나타내었다.

관능적 특성

관능검사는 기호 척도법으로 scoring test를 실시하였다. 관능요원은 숙명여자대학교 식품영양학과 대학원생 16명을 선정하여 충분한 지식과 용어, 평가기준 등을 숙지시킨 후 16명의 관능요원에게 각각 6개의 시료를 제시하여 전체적으로 16개의 시료에 대해 6반복의 값을 얻을 수 있도록 하는 균형 불완전 블록 계획(BIBD: balanced incomplete block design)으로 계획하여 관능검사를 실시하였다. 관능평가에 이용된 마분말 첨가 쿠키는 오븐에서 구워내어 1시간 냉각시킨 후 O.P.P (Oriented Pony Propylene)필름으로 포장하고 보관하면서 24시간 후에 1개씩 똑같은 접시에 담아 제공하였으며 모든 시료들은 난수표에 의해 4자리 숫자로 표시되었다. 한 개의 시료를 먹고 나면 반드시 생수로 입안을 헹군 후 다른 시료를 평가 하도록 하였다. 관능평가 항목은 색(Color), 외관(Appearance), 향(Flavor), 부드러움(Softness), 전반적인 기호도(Overall Quality)에 대한 기호도 특성으로 scoring test 중 7점 점수법으로 평가하여 선호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

통계분석

통계 package SAS (version 8.12)를 이용하여 마분말(X₁), 설탕(X₂), 버터(X₃)의 재료의 배합성분을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응변수와의 관계를 2차 다항 회귀식으로 구하였고 1차 선형 효과, 2차 곡선효과 및 인자간의 교호

작용을 살펴보았으며 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면상태를 3차원 그래프와 등고선분석을 실시하였다. 회귀분석 결과 정상점이 안장점일 경우에는 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다.

결과 및 고찰

물리적 특성

중심합성계획에 따라 세 가지 독립변수의 16가지 조건에서 얻어진 각 검사의 결과는 Table 3이며, 5수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석의 결과 반응표면식과 R²와 p-value는 Table 4에 나타내었다. 회귀분석 결과 최적 값은 Table 5와 같으며 각 요인간의 교호작용을 나타내는 3차원 그래프는 Fig. 1-Fig. 4에 제시하였다.

Table 3. Experimental combinations and data under various conditions of yam powder (X₁), sugar (X₂), butter (X₃) and their responses for physical properties of Yam cookie

No. ¹⁾	Variable level ²⁾			Responses ³⁾				
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	25	45	65	69.05	6.87	31.54	3.49	2976437
2	25	45	95	68.88	5.99	31.02	3.67	1667430
3	25	75	65	67.25	6.68	30.84	3.88	3187999
4	25	75	95	65.35	6.46	29.61	3.97	2557000
5	55	45	65	62.14	7.31	30.03	3.60	3335128
6	55	45	95	63.33	6.56	29.66	3.87	1610838
7	55	75	65	61.54	8.78	31.86	3.72	2897366
8	55	75	95	62.88	8.69	31.04	3.96	2623675
9	40	60	80	63.59	6.91	30.13	3.72	2492109
10	40	60	80	64.39	7.36	29.26	3.69	2645484
11	10	60	80	74.02	4.43	29.65	3.58	1794717
12	70	60	80	55.83	10.16	32.22	3.79	2331066
13	40	30	80	67.80	6.36	30.90	3.56	1816182
14	40	90	80	63.55	9.34	31.74	3.89	3706342
15	40	60	50	61.16	7.75	31.48	3.48	4356173
16	40	60	110	63.62	6.21	29.49	4.05	1962173

¹⁾Sample No : The number of experimental conditions by central composite design.

²⁾X₁: Yam powder (10g-70 g), X₂: Sugar (30g-90 g), X₃: Butter (50g-110 g).

³⁾Y₁: L (lightness), Y₂: a (redness), Y₃: b (yellowness), Y₄: Spread Ratio, Y₅: Hardness.

색도(Color Value)

Table 4에서와 같이 마분말 첨가 쿠키의 명도(Color Value L값)에 대한 회귀곡선에 대한 결정계수 R²(결정계수) 값은 0.9206으로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며 p-value는 0.0109로 5% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 1에 제시된 쿠키의 명도에 대한 각 요인의 교호작용에서는 마분

Table 4. Polynomial equations for physical properties calculated by RSM program for mixing of Yam cookie

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ²²⁾	P-value ³⁾
Y ₁	$Y_1=82.519306-0.667806X_1-0.311556X_2+0.257306X_3 +0.001039X_1^2 +0.002378X_2X_1+0.001872X_2^2+0.002556X_3X_1-0.000878X_3X_2 -0.001778X_3^2$	0.9206	0.0109*
Y ₂	$Y_2=13.925694-0.066444X_1-0.186778X_2-0.043139X_3+0.000178X_1^2 +0.001844X_2X_1+0.000794X_2^2+0.000144X_3X_1+0.000733X_3X_2 -0.000172X_3^2$	0.9059	0.0173*
Y ₃	$Y_3=49.883403-0.292778X_1-0.271750X_2-0.143056X_3+0.001378X_1^2 +0.002956X_2X_1+0.001806X_2^2+0.000311X_3X_1-0.000644X_3X_2 +0.000878X_3^2$	0.8254	0.0879
Y ₄	$Y_4=2.544444+0.009444X_1+0.019833X_2-0.004000X_3-0.00002222X_1^2 -0.000267X_2X_1 +0.0000222222X_2^2+0.000133X_3X_1-0.000066667X_3X_2 +0.000066667X_3^2$	0.9420	0.0045**
Y ₅	$Y_5=12849+69.876396X_1-85.841138X_2-211.033876X_3-0.562117X_1^2 -0.292254X_2X_1+0.213851X_2^2-0.032208X_3X_1+1.182559X_3X_2+0.656286X_3^2$	0.9475	0.0034**

¹⁾X₁: Yam powder (g), X₂: Sugar (g), X₃: Butter (g), Y₁: L (lightness), Y₂: a (redness), Y₃: b (yellowness), Y₄: Spread Ratio, Y₅: Hardness.

²⁾R² is coefficient of determination.

³⁾*p<0.05, **p<0.01.

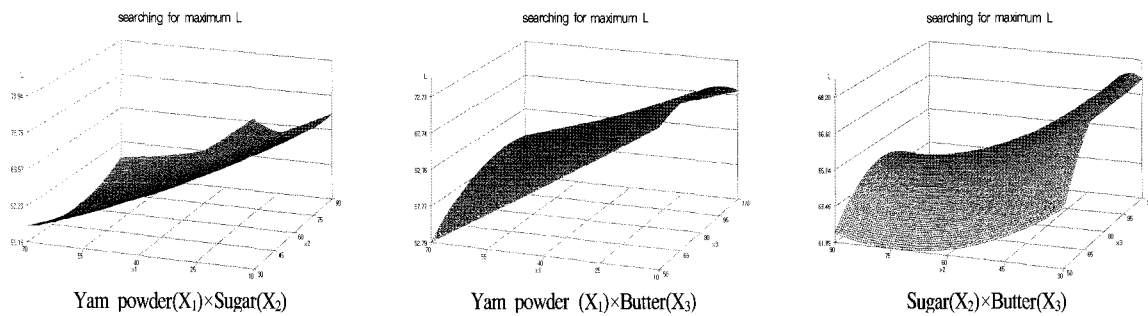


Fig. 1. Response surface for lightness of Yam cookie.

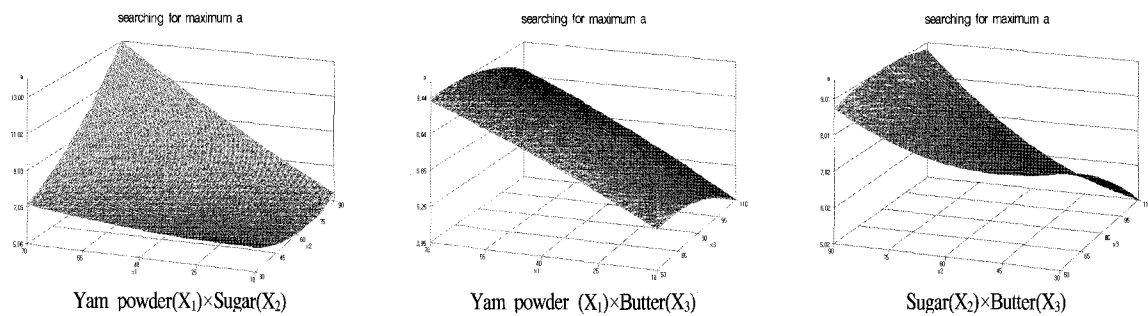


Fig. 2. Response surface for redness of Yam cookie.

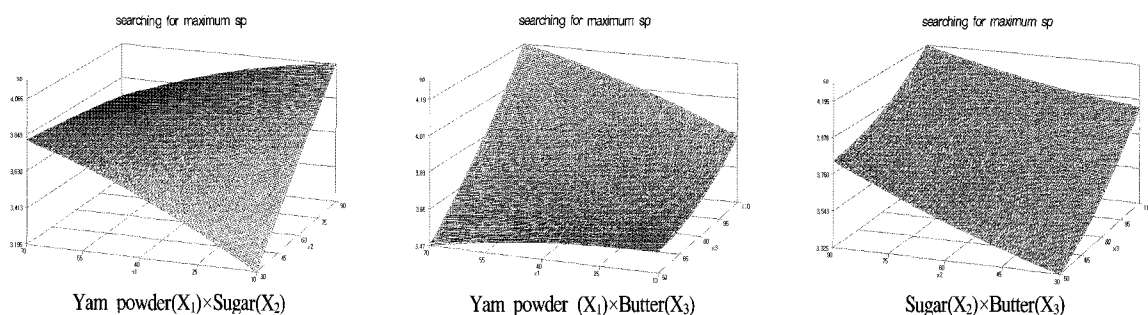


Fig. 3. Response surface for spread ratio of Yam cookie.

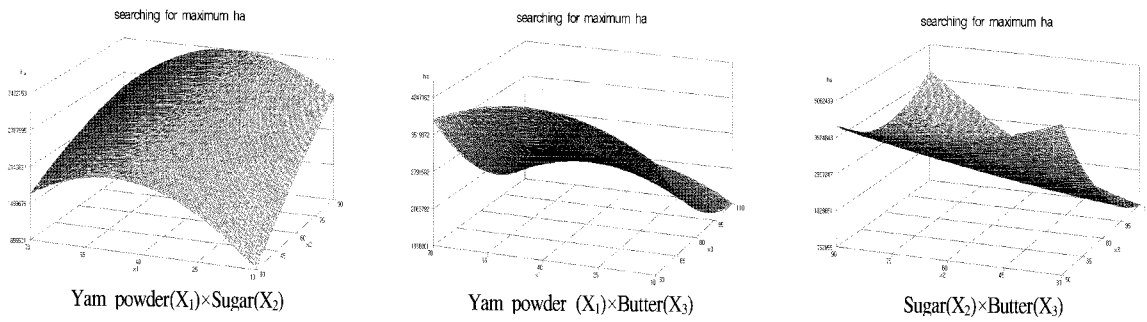


Fig. 4. Response surface for hardness of Yam cookie.

말과 설탕은 최소값을 마분말과 버터, 설탕과 버터는 안장점을 나타내었으며 가장 중요한 요인은 마분말의 함량으로 마분말의 함량이 증가 할수록 쿠키의 색은 어두워지고 설탕의 함량에도 영향을 받아 설탕이 증가할 수록 어두워지는 경향을 관찰할 수 있었다. 이는 쥐논이콩 냉동 쿠키 연구결과(17)와 같은 견해를 보임을 알 수 있었다. 마분말 함량이 증가할수록 명도값이 낮아진 것은 첨가하는 재료 자체의 색소에 의한 영향이 색도의 차이를 나타낸다는 선행연구(19)와 같은 견해를 보이며 또한 굽기 과정 중에 마분말의 잔존 환원당과 배합비 내의 아민화합물과의 메일라드반응에 의한 갈색화에 기인하는 것으로 생각된다. L값에 대한 최적배합 함량은 마분말 13.56 g, 설탕 46.98 g, 버터 77.96 g으로 나타났다(Table 5).

적색도(Color Value a)에 대한 회귀분석의 결과 이차회귀식에 의한 R²값이 0.9059로 높은 신뢰구간으로 나타났으며 p-value는 0.0173으로 5% 이내 수준에서 유의하였다. Fig. 2에서 적색도의 교호작용에서는 마분말과 버터는 최소값을, 마분말과 설탕, 설탕과 버터는 안장점을 나타냈으며 마분말과 설탕이 중요한 요인으로 두 요인의 첨가 함량이 많아지면 적색도는 증가하는 경향을 보이며 마분말과 버터는 거의 독립적으로 마분말의 함량이 증가하면 적색도가 증가하여 이는 마가루를 첨가한 국수 연구결과(4)와 같은 견해를 보였다. a값에 대한 최적배합 함량은 마분말 61.46 g, 설탕 80.96 g, 버터 79.58 g 이었다(Table 5).

Table 5. Predicted level of optimum preparation conditions for maximized physical properties of Yam cookie by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

Preparation condition	Responses				
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
Yam powder	13.56	61.46	59.38	49.43	40.29
Sugar	45.98	80.96	81.79	65.20	61.39
Butter	77.96	79.58	72.95	107.99	77.36
Morphology	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.	S.P.

S.P. : Saddle point.
Y₁: L (lightness) Y₂: a (redness) Y₃: b (yellowness) Y₄: Spread Ratio Y₅: Hardness.

쿠키의 황색도(Color Value b)의 회귀분석 결과 이차회귀식에 의한 R²값은 0.8254, p-value는 0.0879로 5% 이내 유의하지 않아 다중회귀분석을 할 필요가 없음을 보여주었다. 마를 첨가한 스펀지 케이크의 연구(13)에서 적색도는 전체적으로 유의적 차이가 없었으며, 황색도는 마 첨가비율이 증가함에 따라 감소한다는 결과와는 달랐다.

퍼짐성 (Spread Ratio)

Table 5에서 마분말 첨가 쿠키의 퍼짐성에 대한 회귀분석 결과 결정계수 R²값은 0.9420으로 회귀방정식에 대한 설명력이 높았으며 p-value는 0.0045로 1% 이내 유의성이 인정되었다. 세 요인 중 쿠키의 퍼짐성에 가장 많은 영향을 주는 인자는 설탕의 함량이었다. Fig. 3에 제시된 퍼짐성에 대한 각 요인의 교호작용 그래프는 마분말과 설탕, 마분말과 버터는 안장점을 보이며 마분말과 설탕은 함께 증가하면 퍼짐성이 증가하나 과도한 증가는 퍼짐성에 부정적인 영향을 주었다. 설탕과 버터는 최소값을 나타내었으며, 그 함량이 증가함에 따라 퍼짐성도 증가하는 경향을 보였으며 이는 단호박가루를 사용한 쿠키 연구(20)에서와 같은 결과가 나타났다. 퍼짐성에 대한 최적배합 함량은 마분말 49.43 g, 설탕 65.20 g, 버터 107.99 g 이었다(Table 5).

경도(Hardness)

Table 4에서와 같이 마분말 첨가 쿠키의 경도에 대한 회귀곡선에 대한 결정계수 R²(결정계수)값은 0.9475로 높은 신뢰도를 나타냈으며 p-value는 0.0034로 1%이내 수준에서 유의하였다. 마분말, 설탕, 버터 세요인 모두 경도에 영향을 주었으나 가장 영향이 있는 것은 버터이며 버터의 함량이 증가할수록 경도가 낮아짐을 보여주었다. 설탕과 버터는 어느 수준까지는 경도의 감소요인으로 마분말의 첨가는 경도의 증가요인임을 보여주었다. Fig. 4는 마분말, 설탕, 버터의 함량에 따른 교호작용을 삼차원 그래프로 나타낸 것으로 마분말과 설탕은 최대값, 마분말과 버터는 안장점, 설탕과 버터 사이에서의 최소값을 보이며 설탕과 버터의 함량이 적당할 때는 마분말이 경도의 증가 요인이 되지 않았다. 경도에 대한 최적배합 함량은 마분말 40.29 g, 설탕 61.39 g, 버터 77.36 g 이었다(Table 5).

Table 6. Experimental combinations and data under various conditions of yam powder(X₁), sugar(X₂), butter(X₃) and their responses for sensory properties of Yam cookie

No. 1)	Variable level			Responses				
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	25	45	65	4.33	3.50	4.66	4.00	4.50
2	25	45	95	5.66	3.16	4.83	4.83	4.00
3	25	75	65	5.00	5.50	5.00	4.16	4.16
4	25	75	95	5.50	3.83	3.83	3.66	4.83
5	55	45	65	4.16	5.00	3.50	4.66	4.00
6	55	45	95	3.83	4.00	4.50	4.50	3.66
7	55	75	65	3.50	4.00	3.66	4.16	4.33
8	55	75	95	3.16	3.33	4.16	3.50	4.33
9	40	60	80	5.33	5.33	5.66	5.50	6.33
10	40	60	80	5.83	5.83	6.00	5.83	5.83
11	10	60	80	4.16	4.00	4.50	3.83	3.33
12	70	60	80	2.66	2.50	4.50	3.66	3.16
13	40	30	80	3.83	3.33	4.50	4.66	4.50
14	40	90	80	4.00	4.50	3.83	4.16	4.16
15	40	60	50	4.16	3.83	4.00	3.50	3.16
16	40	60	110	4.50	4.16	2.66	3.83	4.00

1) Sample No : The number of experimental conditions by central composite design.
 X₁: Yam powder (g), X₂: Sugar (g), X₃: Butter (g).
 Y₁: Color, Y₂: Appearance, Y₃: Flavor, Y₄: Softness, Y₅: Overall quality.

3차원 그래프 형태에서 정상점이 최대, 최소값은 Fig. 5-Fig. 8과 같다.

Table 7은 마분말 첨가 쿠키의 색(Color)에 대한 관능의 분산분석 결과를 보여준 것으로 이차회귀식에 의한 R²값이 0.9323으로 나타났으며 p-value는 0.0069로 1% 이내에서 유의하며, 마분말, 설탕, 버터 모두 1%이내에서 영향이 있었다. Fig. 5는 마분말 첨가 쿠키의 관능의 색에서 마분말, 설탕, 버터의 함량에 따른 교호작용을 삼차원 그래프로 나타낸 것으로 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터 모두 최대값을 나타내었다. 마분말과 설탕, 마분말과 버터는 같이 증가하면 색에 대한 기호도는 낮아지며 버터보다는 마분말과 설탕에 더 민감하게 반응하였다. 이는 색도 실험 결과 마분말과 설탕이 주도적으로 작용했던 것과 연관해서 생각하여 볼 수 있다. 설탕과 버터의 교호작용에서 볼 때 중심점으로부터 설탕, 버터의 함량이 낮은 경우에는 색에 대한 기호도가 크게 떨어졌고 중심점으로부터 증가하면 기호도는 다시 떨어지는 경향을 보였다. 관능평가에 의한 색의 기호도 값이 최대값을 보일 때의 재료분량은 마분말 29.90 g 설탕 61.29 g, 버터 87.59 g 이었다(Table 8).

마분말 첨가 쿠키의 외관(Appearance)에 대한 분산분석 결과를 보여준 Table 7은 이차회귀식에 의한 결과 p-value는 0.1249로 5% 이내에서 유의성을 나타내지 않으며 R²(결정 계수)값이 0.7984로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 낮으므로 다중회귀분석을 실시하지 않았다. Table 7은 마분말

Table 7. Polynomial equations for sensory properties calculated by RSM program for mixing of Yam cookie

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ²²⁾	P-value ³⁾
Y ₁	Y ₁ =-21.942569+0.328500X ₁ +0.298222X ₂ +0.313444X ₃ -0.002411X ₁ ² -0.001022X ₂ X ₁ -0.001850X ₂ ² -0.001389X ₃ X ₁ -0.000467X ₃ X ₂ -0.001389X ₃ ²	0.9323	0.0069**
Y ₂	Y ₂ =-23.799722+0.325583X ₁ +0.376806X ₂ +0.294972X ₃ -0.002589X ₁ ² -0.002411X ₂ X ₁ -0.001850X ₂ ² +0.000189X ₃ X ₁ -0.000556X ₃ X ₂ -0.001761X ₃ ²	0.7984	0.1249
Y ₃	Y ₃ =-19.200486-0.019306X ₁ +0.284028X ₂ +0.441139X ₃ -0.001478X ₁ ² +0.000267X ₂ X ₁ -0.001850X ₂ ² +0.001389X ₃ X ₁ -0.001022X ₃ X ₂ -0.002778X ₃ ²	0.8677	0.0432*
Y ₄	Y ₄ =-23.812917+0.237403X ₁ +0.244931X ₂ +0.442819X ₃ -0.002133X ₁ ² -0.000272X ₂ X ₁ -0.001394X ₂ ² -0.000639X ₃ X ₁ -0.001017X ₃ X ₂ -0.002222X ₃ ²	0.9258	0.0090**
Y ₅	Y ₅ =-20.433194+0.251375X ₁ +0.158264X ₂ +0.411736X ₃ -0.003150X ₁ ² +0.000283X ₂ X ₁ -0.001944X ₂ ² -0.000283X ₃ X ₁ +0.000839X ₃ X ₂ -0.002778X ₃ ²	0.9286	0.0080**

1)X₁: Yam powder (g), X₂: Sugar (g), X₃: Butter (g), Y₁: Color, Y₂: Appearance, Y₃: Flavor, Y₄: Softness, Y₅: Overall quality.
 2)R² is coefficient of determination.
 3)*p<0.05, **p<0.01.

관능검사

16개의 마분말 첨가 쿠키에 대해 7점 척도법으로 관능적 품질을 평가한 결과는 Table 6이며 5수준 3요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석의 결과 반응표면식과 R²와 p-value는 Table 7, 회귀분석 결과 최적값은 Table 8에 제시하였으며, 각 요인간의 교호작용을 나타내는

첨가 쿠키의 관능검사의 향(Flavor)에 대해 나타낸 것으로 이차회귀식에 의한 R²값이 0.8677로 나타났으며 p-value는 0.0432로 5% 이내 수준에서 유의하였고, 향에 대한 기호도는 세 요인 마분말, 설탕, 버터 함량에 영향을 받지만 버터가 가장 민감하게 반응함을 알 수 있으며 각 재료는

함량이 많아지면 향에 대한 기호도는 낮아짐을 알 수 있다. Fig. 6은 마분말 첨가 쿠키 향에서 마분말, 설탕, 버터의 함량에 따른 교호작용을 삼차원 그래프로 나타낸 것으로 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터 모두 최대값을 나타내며 설탕과 버터의 함량이 최대값 부근을 벗어나면 향에 대한 기호도는 낮아졌다. 각 영향인자의 향에 대한 최대값은 마분말 35.13 g 설탕 57.87 g, 버터 77.54 g 이었다 (Table 8). Table 7에서와 같이 마분말 첨가 쿠키의 부드러움 (Softness)에 대한 회귀식의 결정계수 R²값은 0.9258로 높은 신뢰도를 나타냈으며 p-value는 0.0090으로 1%이내 수준에서 유의하였고, 부드러움에 대한 기호도에서는 세 요인 마분말, 설탕, 버터 모두 중요하게 작용하며 버터의 함량이 마분말이나 설탕보다 더 민감하게 반응하였다. Fig. 7은

교호작용을 삼차원 그래프로 나타낸 것으로 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터 모두 최대값이며 첨가량이 많아지면 쿠키에 대한 부드러움의 기호도는 중심점 부근까지는 서서히 증가하나 재료의 지나친 증가는 관능에서의 부드러움에 대해 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 각 영향인자의 부드러움에 대한 최적값은 마분말 39.98 g 설탕 54.22 g, 버터 81.49 g 이었다(Table 8).

마분말 첨가 쿠키의 전반적인 기호도(Overall quality)에 대한 회귀식의 결정계수 R²값은 높은 신뢰도 수준인 0.9286이며 p-value는 0.0080로 1% 이내에서 유의적이었다(Table 7). 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 마분말, 설탕, 버터 모두 있으며 마분말과 버터의 함량이 설탕보다 더 민감하게 작용함을 알 수 있었다. 마분말 배합 비에 따른 각 요인간의 교호작용을 제시한 Fig. 8은 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터 모두 최대값을 나타내었으며, 마분말은 중심점을 중심으로 첨가량이 많아지면 쿠키에 대한 전반적인 기호도는 낮아지며 마분말의 함량 28.6~47.3 g에서는 높은 기호도를 보여주었다. 이는 쿠키제조에 있어서 밀가루 대체로 첨가되는 재료가 체면적성이 밀가루와 비슷할 때는 표준품의 품질이 향상됨을 보였다는 견해(21)를 보여 밀가루 대체인 마분말을 첨가하여도 선호하는 것으로 나타나 고무적인 현상이라 할 수 있다. Table 8에서와 같이 마분말 첨가 쿠키의 전반적인 기호도에 대한 반응 표면에서의 최적점은 마분말 38.99 g, 설탕 61.08 g, 버터 81.35 g을 구할 수 있었다.

Table 8. Predicted level of optimum preparation conditions for maximized sensory properties of Yam cookie by ridge analysis and superimposing of their response surfaces

Preparation condition	Responses				
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
Yam powder	29.90	33.60	35.13	39.98	38.99
Sugar	61.29	68.72	57.87	54.22	61.08
Butter	87.59	74.70	77.54	81.49	81.35
Morphology	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.

Max. :Maximum
Y₁: Color, Y₂: Appearance, Y₃: Flavor, Y₄: Softness, Y₅: Overall quality.

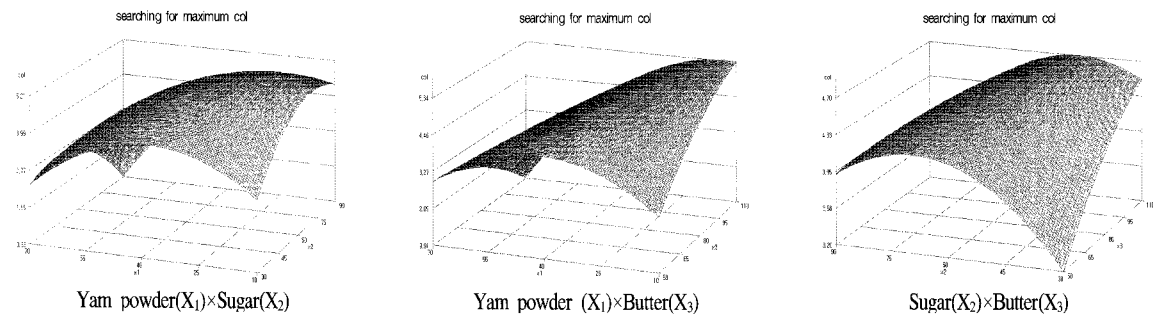


Fig. 5. Response surface for color of Yam cookie.

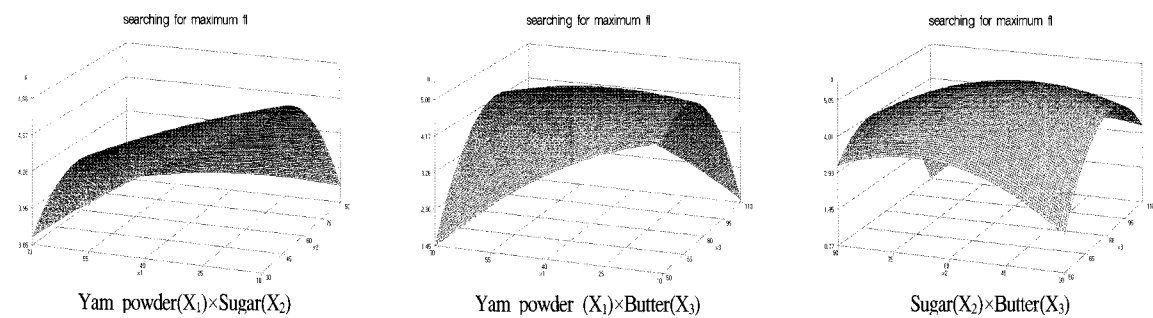


Fig. 6. Response surface for flavor of Yam cookie.

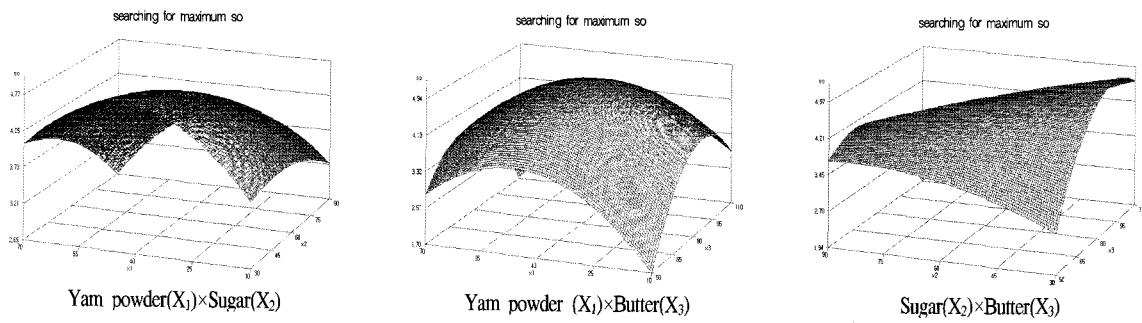


Fig. 7. Response surface for softness of Yam cookie.

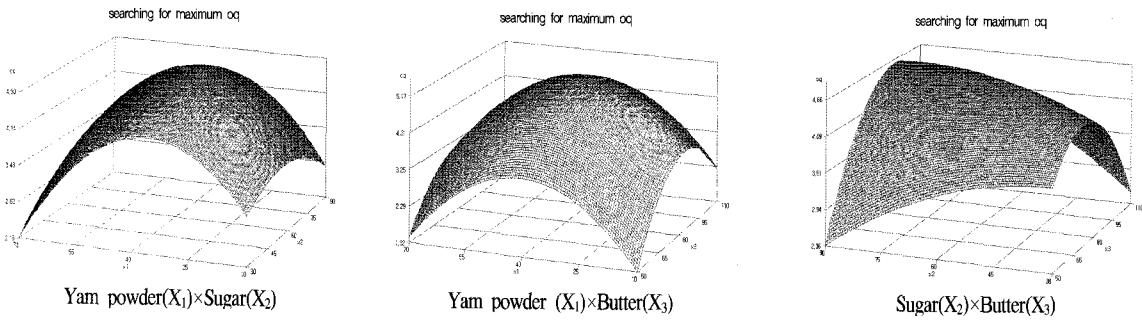


Fig. 8. Response surface for overall quality of Yam cookie.

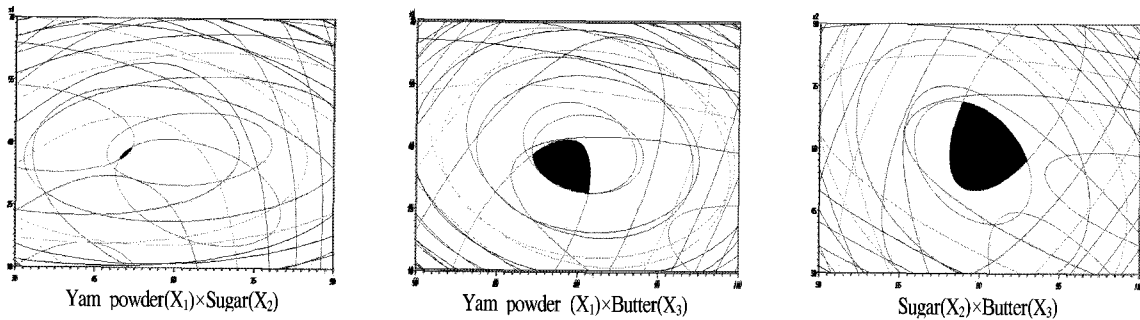


Fig. 9. Sensory optimization of Yam cookie.

마분말 첨가 쿠키의 관능적 최적화

마분말 첨가 쿠키의 관능적 최적점을 결정하기 위해 관능평가 항목 중 유의적이었던 색, 향, 부드러움, 전반적인 기호도에 대한 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터의 등고선 그래프를 교집합 형태로 나타내어 Fig. 9에 제시하였다. 그 결과 마분말과 설탕에서는 각 요인의 배합구간에서의 교집합은 향의 등고선도를 제외한 그래프에서 공통된 최적 배합구간은 마분말은 35.8-38.9 g 설탕은 49.3-52.2 g 이며, 마분말과 버터는 색의 등고선도를 제외한 그래프에서 최적 배합비 부분이 공통되었으며 최적 배합구간은 마분말 28.9-41.8 g, 버터 71.9-82.3 g의 범위에서, 설탕과 버터는 쿠키의 향, 전반적인 기호도에서 최적 배합비 부분이 공통되었으며 설탕 49.7-70.9 g, 버터 74.5-87.8 g에서 최적 배합임을 관찰할 수 있었다. 이와 같이 설정된 각 요인의 배합구간을 모두 충족시키는 범위는 마분말 함량 35.8-38.9 g, 설탕

은 49.7-52.2 g 버터 74.5-82.3 g이었다. 이를 토대로 유의적으로 나타난 관능항목을 모두 충족시키는 값은 마분말 37.35 g 설탕 50.75 g 버터 78.40 g으로 마분말 첨가 쿠키의 최적점을 구할 수 있었다. 이는 마분말, 버터는 중심점에 매우 근접한 값이며 설탕은 중심점보다 보다 낮은 값으로 기존에 있는 쿠키보다 마분말을 적절하게 배합된 달지 않고 관능적으로 높은 기호도를 가진 쿠키를 만들 수 있다는 것을 보여 주었다.

요 약

마분말 첨가 쿠키의 가장 우수한 배합조건을 설정하고자 중심합성계획법에 의해 마분말, 설탕, 버터의 함량을 달리

한 시료를 제조하여 마분말 첨가 쿠키의 관능적 평가와 물리적 특성을 반응표면분석법으로 분석하여 마분말 첨가 쿠키 제조 조건을 최적화하고자 하였다. 물리적 특성의 Color Value에서 마분말 함량이 많을수록 명도는 낮아졌고, 적색도(Color Value a)는 증가하는 경향을 보였다. 퍼짐성은 설탕과 버터의 함량이 함께 증가하면 퍼짐성도 증가하는 경향을 보였고, 마분말, 설탕, 버터 세요인 모두 경도에 영향을 주는 요인으로 설탕과 버터의 함량이 적당할 때는 마분말이 경도의 증가요인은 되지 않았다. 관능항목에서는 마분말 함량이 중심점으로부터 벗어나지 않으며 색과 향은 기호도가 낮지는 않았고 부드러움에 가장 영향을 주는 요인으로 마분말, 설탕보다는 버터에 더 민감하였고, 전반적인 기호도에 대한 배합비의 영향은 마분말, 설탕, 버터 모두 영향이 있었다. 마분말 첨가 쿠키의 관능적 최적점을 결정하기 위해 관능평가 항목 중 유의적이었던 색, 향, 부드러움, 전반적인 기호도에 대한 마분말과 설탕, 마분말과 버터, 설탕과 버터의 등고선 그래프를 교집합 형태로 유의적으로 나타난 관능항목을 모두 충족시키는 최적의 배합비율은 마분말 37.35 g, 설탕 50.75 g, 버터 78.40 g으로 마분말 첨가 쿠키의 최적점을 구할 수 있었다. 마분말, 버터는 중심점에 매우 근접한 값이며 설탕은 중심점보다 낮은 값으로 부드럽고 담백한 마분말 첨가 쿠키를 선호하는 것을 알 수 있었다. 이는 밀가루 대체인 마분말을 첨가하여도 쿠키의 품질 특성에 부정적인 영향을 주지 않아 마분말을 쿠키의 밀가루 대체로서 이용하여 쿠키의 독특한 향과 기능적인 면에서나 품질, 건강지향적인 측면에서 우수한 현대인의 기호에 맞는 형태의 식품을 개발하여 마 이용의 효율성을 증대시키고자 하였다.

참고문헌

- Rasper, V. and Coursey, D.G. (1967) Properties of starches from some West African yams. *J. Sci Food Agric.*, 18, 120-127
- Bonire, J.J., Jail, N.S.N. and Lori, J.A. (1991) Iron, nickel, copper, zinc and cadmium content of two cultivars of white yam (*Dioscorea rotundata*) and their source soils. *J. Sci. Food Agric.*, 57, 431-435
- Muzac-tucker, I., Asemota, H.N. and Ahamad, M.H. (1993) Biochemical composition and storage of Jamaican yams (*Dioscorea* sp). *J. Sci. Food Agric.*, 62, 219-224
- Park, B.H. and Cho, H.S. (2006) Quality characteristics of dried noodle made with *dioscorea japonica* Flour. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 22, 173-180
- Ketiku, A.O. and Oyenuga, V.A. (1973) Changes in the carbohydrate of yam tuber (*D. rotundata*, Poir) during growth. *J. Sci. Food Agric.*, 24, 367-334
- Ciacco, C.F. and D'appolonia, B.L. (1977) Characterization of starches from various tubers and their use in bread baking, *Cereal Chem.*, 54, 1096-1107
- Chol, I.S., Lee, L.S. and Koo, S.J. (1992) Study on Rheological and Phermal Properties of *Dioscorea batatas* DECAISNE Starch, *Korean J. Soc. Food Sci.*, 8, 57-63
- 이상인, (1975) 본초학 (경희대학교 한의학대학 본초학 교실) 수서원, p114-115
- Yoon, K.B. and Jang, J.K. (1989) Wild vegetables good for health-. Seokoh Pub., Seoul. p 334
- Hinohara, K. and Tatsuyous, K. (1990) Chemical composition of mucilage of chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37, 48-51
- Kwon, C.S., Son, I.S., Shim, J.H., Kwun, I.S. and Chung K.M. (1999) Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *J. Korean Soc. Nutr.*, 32, 637-643
- Yi, S.Y. and Kim, C.S. (2001) Effects of added yam powders on the quality characteristics of yeast leavened pan breads made from imported wheat flour and korean wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 56-63
- Yi, S.Y., Kim, C.S., Song, Y.S. and Park, J.H. (2001) Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 48-55
- 이영은, 윤지영, 김인숙, (1999) 마밀 복합분을 이용한 마국수의 제조 및 품질특성, 원광대학교 생활자원 개발 연구, 1, 156-171
- Kim, S.B., Kim, K.Y. and Lim, J.W. (1998) The physicochemical and microbiological properties of yam-yoghurt, *Korean J. Dairy Sci.*, 20, 177-190
- Kim, J.H. and Lee, Y.T. (2004) Effects of barley bran on the quality of suger-snap cookie and muffin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 1367-1372
- Ko, Y.J. and Joo, N.M. (2005) Quality characteristics and optimization of iced cookie with the addition of jinuni bean(*Rhynchosia molubilis*). *Korean J. Food Cookery Sci.*, 21, 514-527
- American Association of Cereal Chemists. (1995) Approved methods of the AACC. 9th ed, Method 10 - 52. American of Cereal Chemists. St. Paul, MN
- Kim, M.H., Park, M.W., Park, Y.K. and Jang, M.S. (1994) Effect of the addition of surichwi on quality characteristics of surichwijulpyum. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 10, 94-98
- Lee, S.M., Ko, Y.J., Jung, H.A., Paik, J.E. and Joo, N.M. (2005) Optimization of iced cookie with the addition of dried sweet pumpkin powder. *Korean J. Food Culture*, 20, 516-524
- Kim, H.S., Ahn, S.B., Lee, H.Y. and Lee, S.R. (1973) Development of composite flours and their products utilizing domestic raw materials. *Korean J. Food Sci. Techno.*, 5, 25-32