

부분배치법을 활용한 울금 분말 첨가 우유식빵의 관능적 영향 인자 탐색

정경임¹ · 박재하² · 김미정^{1*}

¹신라대학교 식품영양학과
²이레테크 소프트웨어사업부 남부사업소

Investigation of Factors on the Sensory Characteristics of Milk Bread with Turmeric Powder (*Curcuma longa* L.) Using Fractional Factorial Design Method

Kyong Im Jung¹, Jae Ha Park², and Mi Jeong Kim^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Silla University, Busan 617-736, Korea

²Dept. of Software Business, Eretec Inc., Busan 600-811, Korea

ABSTRACT We developed various recipes of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) added to milk bread and assessed the individual effects of seven ingredients [milk (X_1), turmeric powder (X_2), bread improver (X_3), fresh yeast (X_4), butter (X_5), sugar (X_6), and salt (X_7)] as well as the 2-way interaction effects of the ingredients on the sensory characteristics of breads using fractional factorial design method. The center and end points of each component were determined via literature review and multiple test baking. Seven trained sensory test panels evaluated the outside appearance (OA), inside appearance (IA), and flavor & texture (FT) of 38 breads using 46 items of sensory evaluation. Findings are as follows: for the OA, X_1 ($P<0.05$) and X_4 ($P<0.0001$) exhibited significant individual effects, whereas $X_1 \times X_7$, $X_2 \times X_5$, $X_3 \times X_6$, and $X_4 \times X_6$ indicated significant interaction effects ($P<0.05$). For the IA, X_1 ($P<0.0001$), X_4 ($P<0.0001$), X_6 ($P<0.05$), $X_2 \times X_4$ ($P<0.05$), and $X_3 \times X_6$ ($P<0.01$) showed individual and interaction effects, respectively. For the FT, X_1 and X_2 showed the most significant individual effect ($P<0.0001$), followed by X_4 , X_5 and X_6 ($P<0.05$) in descending order. $X_4 \times X_7$ indicated the only significant interaction effect. We computed the magnitudes of the 2-way interaction effects of the ingredients with a distinct emphasis. Model equations predicting the levels of the ingredient effects on the breads were also provided via regression analyses. In summation, X_4 appeared to be the most significant component affecting the sensory characteristics based on its individual and 2-way interaction effects. Further, X_6 , X_1 , X_2 , and X_5 indicated both individual and interaction effects. X_3 and X_7 showed only interaction effects. The center point effect appeared to be unequivocal for whole sensory characteristics. Findings of the present study may provide insights into the selection of ingredients to derive an optimal model for turmeric powder-added bread using the response surface method hereafter.

Key words: turmeric powder, fractional factorial design method, milk bread, sensory characteristics, 2-way interaction effect

서 론

최근 식생활의 서구화로 인하여 한국인의 식단에서 빵이 차지하는 비중이 점점 증가하는 추세이며, 고령화 및 생활수준의 향상은 웰빙 식생활에 대한 국민적 기대감을 높여 왔다. 식빵은 한국인이 가장 많이 이용하는 베이커리 제품으로서, 최근에는 천연 소재를 첨가함으로써 건강 지향적 식빵제품 개발과 더불어 식빵의 기능성에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다(1-4).

울금(*Curcuma longa* L., turmeric powder)은 생강과(Zingiberaceae), 울금속(*Curcuma*)에 속하는 다년생 초본

식물로 인도를 중심으로 한 열대 및 아열대 지역의 고온 다습한 곳에 주로 분포하고 있으며 한국과 일본의 일부 지역에서도 재배된다. 우리나라에서는 울금이 고지혈증의 민간요법에 사용되었으며, 본초강목에는 코피, 혈뇨, 토혈에 사용하였다는 기록이 전한다(5,6). 최근 들어 울금은 한약재뿐만 아니라 향신료로도 널리 사용되고 있으며, 부가가치가 높은 신약 개발이나 식품산업에 있어서 매우 중요한 자원으로 각광받고 있다(7,8). 울금 추출물의 콜레스테롤 저하 효과, 항산화, 신경전달물질 생성, 항비만 효과 등이 보고되었으며(9-12), 울금의 대표적인 성분인 커큐민(curcumin)은 폴리페놀 성분으로서 동물실험과 역학조사 등을 통하여 항산화 및 해독작용뿐만 아니라 혈청 및 간 콜레스테롤 저하 효과 및 콜레스테롤 생합성에 관여하는 스쿠알렌 합성효소 억제 효과를 나타내었다(13,14).

Received 4 December 2013; Accepted 13 February 2014

*Corresponding author.

E-mail: mjkim@silla.ac.kr, Phone: +82-51-999-5248

울금이 식품가공 및 제품 개발에 응용된 예는 다수에 이른다. 쿠키 제조 시 밀가루 중량의 2%에 해당하는 울금을 첨가한 결과, 외관, 색, 맛, 질감이 개선되었으며 특히 보관 중 지방의 산화가 지연되었고(15), 울금을 첨가한 식빵에서는 반죽의 pH를 감소시켜 반죽 내 가스 보유력이 향상되었으며, 울금 첨가량이 증가할수록 조밀한 기공이 형성되어 빵의 부피가 감소되고 부착성, 씹힘성 등이 상승하였으나 전체적 기호도는 울금 첨가량에 반비례하였다(16). 또 어묵 제조 시 부재료인 밀가루의 3%에 해당하는 울금을 쓴 결과 냄새, 맛, 종합적 기호도가 가장 우수하였고 생선의 비린내 감소에 효과적이었다(17). 이외에도 울금 분말은 저지방 소시지(7), 국수(8), 매작과(18), 쌀가루첨가 쿠키(19)에 이용되었으며, 울금이 가진 색과 향뿐만 아니라 높은 항산화 및 항균 활성은 식품가공에 있어 울금의 이용 가치를 더욱 높여주는 것으로 보인다(20).

식빵 제조를 위한 과학적 제빵 공정 확립과 최종 제품의 품질 향상을 위해서는 식빵 재료의 개별적 영향뿐만 아니라 재료 간 상호작용에 의한 영향도 규명되어야 한다. 그동안 연구자들은 실험인자의 영향을 규명함에 있어 나머지 인자를 고정시킨 가운데 하나의 인자 수준을 변화시키는 방법을 주로 택하였는데(15-19), 이는 인자 간 교호작용을 분석하기 어렵고 실험에 영향을 미치는 인자가 다수 존재할 때 최적의 조건을 찾기 어렵다는 단점이 있다(21). 최근 반응표면 분석법을 이용한 베이커리 제품의 최적화 연구가 활발하게 수행되고 있지만(22-26) 식빵 재료들의 교호작용에 의한 식빵의 물리적 및 관능적 특성 변화에 주목한 연구는 보고된 바가 없다. 즉 결과변수에 영향을 미치는 독립변수들의 개별 효과에 주목하였을 뿐 인자 간의 교호작용은 대체로 간과되어 왔다. 실험계획법은 다수의 실험인자가 관여된 반응일지라도 인자 간의 상호관계를 분석하기에 용이한 방법이다. 2수준 부분배치법은 각 인자의 수준이 저수준(-1)에서 고수준(+1)으로 변동할 때 일어나는 결과 값의 변화 정도를 파악함으로써 인자들의 개별 효과 및 인자 간 교호작용이 결과 변수에 미치는 영향을 종합적으로 해석할 수 있다. 특히 반응표면분석법을 이용한 반응공정의 최적화를 하기에 앞서서 실험 인자들의 주효과와 인자 간의 교호작용에 의한 효과를 검토함으로써 합리적인 공정설계가 가능하도록 한다(21). 본 연구에서는 요인실험계획법을 이용하여 울금 분말을 첨가한 우유식빵의 관능적 특성에 미치는 재료의 특성을 파악하였다. 즉 2수준 부분배치법에 따라 울금우유식빵의 외관, 내관 및 향미와 질감에 영향력이 높은 주효과와 2인자 교호작용을 고찰함으로써 단일인자들이 미치는 영향력뿐만 아니라 2인자가 만나서 일어나는 영향력도 파악하였다. 본 실험의 결과는 향후 최적화 기법인 반응표면분석을 이용한 울금우유식빵 제조 시 필수적으로 요구되는 단계인 주요 인자 결정에 있어 그 과학적 근거를 제공할 것이며 이를 토대로 가장 영향력이 높은 인자로만 구성된 최적화된 실험 설계가 가능할 것으로 기대된다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 재료는 강력분(Samyang Co., Seoul, Korea), 우유(Busanmilk, Busan, Korea), 버터(Seoulmilk, Seoul, Korea), 백설탕(Samyang Co., Seoul, Korea), 소금(Sajo, Seoul, Korea), 생이스트(Jenico, Seoul, Korea), 제빵개량제(Sunin Co., Asan, Korea)로 제빵 재료 판매처에서 구입하여 사용하였다. 울금(Jejuulgeum Co., Jeju, Korea)은 구입 즉시 -25°C 냉동고에 보관하며 사용하였다.

실험 설계

울금을 첨가한 식빵의 관능적 특성에 미치는 재료의 개별 및 복합적 영향을 파악하기 위하여 요인실험계획법의 부분배치법을 적용하였다. 요인실험계획법의 적용에 앞서 10회의 예비실험을 통해 울금 첨가 수준에 따른 관능 특성을 파악하였다. 예비실험 결과와 문헌(1-4,23,24)에 제시된 식빵 재료별 비율에 근거하여 우유(X_1), 울금(X_2), 제빵개량제(X_3), 이스트(X_4), 버터(X_5), 설탕(X_6), 소금(X_7)에 대한 저수준(-1), 중심점(0) 및 고수준(+1) 실험 조합으로 구성하였다(Table 1). 요약하면, 우유식빵의 재료 7가지에 대해 부분배치법을 적용함으로써 꼭지점 실험 횟수를 완전배치법(2^7 , 128회)에 비하여 1/4로 축약하였다. 즉 $2^{(7-2)}$ 의 꼭지점 32회 실험과 중심점 6회를 포함하여 총 38회의 실험을 진행하였다. 한편 총 38회의 실험을 2일에 걸쳐 진행함에 따라 2개의 블록으로 처리함으로써 일간 변동을 분리하였다. 종속변수는 울금우유식빵에 대한 관능평가 항목인 외관(Y_1), 내관(Y_2), 향미와 질감(Y_3)으로 정하였다.

관능검사 패널 선정 및 교육 훈련

울금우유식빵 관능검사의 신뢰도를 높이기 위하여 검사 결과의 정확성, 일치성, 일관성을 평가할 수 있는 패널 선정 실험을 실시하였다. 자발적으로 참여한 식품영양학과 전공자 10인을 대상으로 설탕물 3, 6, 9% 및 소금물 0.03, 0.06, 0.09%를 이용하여 각각 단맛과 짠맛에 대한 평가 능력을 알아보았다. 울금 맛의 강도는 국가공인 제빵자격시험에서 제시하는 우유식빵 레시피에(27) 밀가루의 0.5, 0.8, 1.0%에 해당하는 울금 분말을 각각 첨가하여 만든 울금식빵으로 평가하였으며, 황색 식용색소를 이용하여 시료 간 반죽색상을 통일함으로써 측정 오류를 최소화하였다. 관능평가 패널 선정 실험 결과, 단맛, 짠맛, 울금 맛에 대한 정확성, 일치성, 일관성이 모두 높게 나타난 상위 6명을 최종 관능평가 패널로 결정하였다. 선정된 패널의 관능평가 항목의 이해 및 평가자 간 편차를 최소화하기 위하여 제빵기능사 자격증을 소지한 연구원이 교육훈련을 실시하였다. 요약하면, 전 패널 요원은 울금우유식빵의 중심점 레시피 결정을 위한 10회의 예비실험 중 최소 6회 이상 관능검사 및 평가결과 공개토의에 참여하였고 상기 연구원이 패널의 이해도를 개별적으로

Table 1. The experimental design of 38 turmeric powder added milk bread using fractional factorial design method

Ingredients		Milk		Turmeric powder		Bread improver		Fresh yeast		Butter		Sugar		Salt	
Level Value		-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
		60	80	0.2	2	1	3	1	7	2.5	9.5	1	9	0.5	3.5
No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	1	1	1	-1	1	-1	-1	20	-1	1	1	1	1	-1	-1
2	-1	1	1	-1	1	1	1	21	-1	-1	1	-1	-1	-1	1
3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	22	-1	-1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	23	-1	1	1	-1	-1	1	-1
5	1	-1	-1	1	1	1	-1	24	1	-1	-1	-1	1	-1	1
6	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	25	-1	1	-1	-1	1	-1	1
7	-1	1	1	1	-1	-1	1	26	-1	1	-1	1	-1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	27	-1	-1	-1	-1	1	1	-1
9	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0
10	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	29	0	0	0	0	0	0	0
11	1	-1	1	-1	1	1	1	30	1	1	-1	-1	1	1	-1
12	1	1	1	1	-1	1	-1	31	1	-1	-1	1	-1	1	1
13	-1	-1	1	1	-1	1	-1	32	1	1	1	-1	-1	-1	1
14	1	1	-1	1	1	-1	1	33	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	-1	-1	-1	1	1	34	1	-1	1	-1	-1	1	-1
16	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	35	0	0	0	0	0	0	0
17	1	-1	1	1	-1	-1	1	36	1	1	-1	1	-1	-1	-1
18	-1	-1	-1	1	1	-1	1	37	1	-1	1	1	1	-1	-1
19	-1	1	-1	1	1	1	-1	38	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1

X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

확인하였다.

울금우유식빵의 제조

식빵은 직접반죽법(straight dough method)을 사용하여 제조하였다(1,23). 요약하면, 버터를 제외한 모든 재료를 믹서(K5SS, KitchenAid Co., St. Joseph, MO, USA)에 넣고 클린업 단계까지 믹싱한 후, 버터를 첨가하여 8단 속도에서 9분, 2단 속도에서 1분 동안 반죽하였으며 최종 반죽온도는 27±1°C가 되도록 하였다. 1차 발효는 온도 30°C, 상대습도 80%의 발효기(DMPR-020/040, Sinsin Industry Co., Busan, Korea)에서 50분간 실시하였고, 중간발효는 1차 발효가 끝난 반죽을 50 g으로 분할하여 둥글리기 한 후 10분간 실시하였다. 식빵틀은 가로(12 cm), 세로(4.5 cm), 높이(4.5 cm)의 규격으로 일반적인 식빵틀 부피의 약 1/3에 해당하였으며, 성형하여 2개씩 팬닝한 다음 온도 38°C, 상대습도 85%에서 40분 동안 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 윗불 190°C, 아랫불 180°C로 예열된 오븐(Auto 21, Sinsin Industry Co.)에서 19분간 구워낸 다음 실온에서 60분간 방랭 하여 시료로 사용하였다.

울금우유식빵의 높이, 중량 및 단면조직 촬영

울금우유식빵의 높이 및 중량은 오븐에서 구워낸 후 실온에서 60분간 냉각시킨 후 처리군당 5개의 시료를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 높이는 식빵의 최고 높이 부분에서 종단으로 절단한 단면의 높이를 측정하였으며, 단면조직을 관찰하기 위하여 디지털카메라(D5100, Nikon

Co., Ltd., Bangkok, Thailand)를 사용하여 촬영하였다.

울금우유식빵의 관능검사

기존의 식빵 품질평가서(28)와 논문(29)을 참고하여 외관, 내관, 향미와 질감에 대하여 평가하였다. 외관(35점)은 부피(10점), 겉겉질 특성(14점), 대칭성 및 브레이크와 슈레드(11점)로 평가하였고, 내관(30점)은 조직(10점), 기공(10점) 및 색상(10점)에 대하여 향미와 질감(35점)은 냄새(10점), 맛(15점), 감촉(10점)에 대하여 평가하였다. 다음에 제시하는 항목별 세부 항목이 해당될 경우 지정된 점수만큼 총점에서 감하는 방식으로 결과를 집계하였다. '부피'는 외관의 핵심 요소로서 '적당하지 않다'는 10점, '겉겉질 특성'은 '윗면이 겹다', '불균일하다', '흰반점이 있다', '윗색상이 약하다'의 각 2점 및 '겉겉질이 두껍다', '질기다', '딱딱하다', '옆면 색이 약하다', '밑면 색이 약하다', '밑면 색이 겹다'의 각 1점, '대칭성'은 '옆면, 윗면, 아랫면이 패여 있다', '윗면의 두 개의 봉이 붙어있다'의 각 2점, 브레이크와 슈레드는 '아예 없거나 적다', '겉겉질이 분리된다'의 각 1점을 감하였다. 내관에서 '조직'은 '거칠다', '덩어리져 있다', '치밀하다', '건조하다'의 각 2.5점, '기공'은 '불규칙하다', '구멍이나 터널이 있다', '거칠다', '조밀하다' 각 2.5점, '색상'은 '어둡다', '고르지 않다', '흐릿하다', '윤기가 없다'의 각 2.5점을 감하였다. 향미와 질감에서 '냄새'는 '이취', '톡 쏘는 냄새', '불쾌취', '이스트냄새', '부패취'의 각 2.5점, '맛'은 '너무 달다', '짜다', '기름지다', '톡 쏘듯 맵다', '덧맛이 불쾌하다'의 각 2.5점, '감촉'은 '탄력성이 없다', '신장성이 없

다, ‘속살이 건조하고 단단하다’, ‘질기다’, ‘씹을 때 찢긴 느낌이 없다’의 각 2점을 감하였다. 관능평가에 이용된 식빵은 오븐에서 구워낸 후 실온에서 60분간 냉각시킨 후 일정한 크기(4×4×2 cm)로 잘라 동일한 흰색 접시에 담아 음용수 및 행균물과 함께 제공하였다. 시료 38가지에 대한 관능평가는 총 3회 실시하였으며 점수의 평균값을 분석에 활용하였다. 매 회당 관능평가는 미니탭 프로그램이 제시하는 런순서(표준순서를 무작위로 섞어놓은 순서)에 따라 진행하였으며 각각의 런순서는 난수표를 이용하여 4개의 숫자로 구성된 시료번호를 부여하였다. 시료는 런순서에 따라 4개씩 제시하였는데 정사각형(30×30 cm)의 흰 접시(자체 제작함)에 상하, 좌우 동일 간격으로 구획한 뒤 시료번호를 각각 부착하여 시료를 제시하였고 관능평가지 또한 시료 제시 순서와 동일하게 좌-상, 우-상, 좌-하, 우-하 순서로 기입하도록 하였다. 4개의 식빵을 평가하는데 소요된 시간은 평균 20분이었고 평가 간 5분씩 휴식함으로써 패널의 피로를 최소화하고자 하였으며, 1회의 관능평가에 소요된 총 시간은 2시간 30분가량이었다. 관능평가 항목에 대한 정확한 이해 및 평가자 간 오차를 최소화하기 위하여 관능평가의 세부 항목별 교육 및 훈련을 10회 실시하였고 각 패널은 최소 6회 이상을 참여하도록 하였다. 훈련을 통하여 6인의 패널은 평가항목에 대한 철저한 이해가 가능하였으며 관능평가를 시작하기 전 항목별 평가방법을 다시 설명함으로써 측정 오류를 방지하도록 조치하였다.

2수준 부분배치법을 이용한 교호작용 탐색

본 연구는 울금식빵의 관능적 특성에 미치는 재료의 영향을 파악하기 위하여 재료의 주효과뿐만 아니라 2인자 교호작용에 의한 효과도 살펴보았다. 2인자 교호작용의 효과는 두 인자 간 발생 가능한 4수준 조합(--, +-, -+, ++)에 대한 교차합이 +부분의 평균과 -부분의 평균의 차이로 나타낸다. 즉 교호작용 효과는 $\overline{Y_{AB(+)}}$ 와 $\overline{Y_{AB(-)}}$ 의 차로 나타낼

수 있으며 $\overline{Y_{AB(+)}}$ 는 두 인자의 수준이 모두 높거나(A_+B_+) 낮을(A_-B_-) 때의 반응값의 평균이고, $\overline{Y_{AB(-)}}$ 는 두 인자 중 하나의 수준은 높고 다른 하나의 수준은 낮은 두 경우 $\{A_+B_-, A_-B_+\}$ 의 평균을 나타낸다. 2인자 교호작용의 효과 $E_{AB} = \overline{Y_{AB(+)}} - \overline{Y_{AB(-)}}$ 이나 요인실험계획법 모델에서의 계수는 총 평균에 대한 효과 모델이므로 효과의 절반이 모델의 계수가 된다(30). 본 연구에서는 울금우유식빵의 관능 지표에 영향을 줄 수 있는 가능한 모든 2인자 조합의 영향력을 살핀 후 유의수준 5% 하에서 영향력 있는 2인자 교호작용의 조합에 대해서 교호작용 계수의 산출 과정, 교호작용도 및 표면도를 제시하였다.

통계분석

울금우유식빵의 관능적 특성에 대한 영향 인자 탐색을 위하여 3개의 종속변수(외관, 내관, 향미와 질감)에 대한 주효과와 2인자 교호작용 항을 대상으로 Minitab Statistical Program(version 16, Minitab Inc., State College, PA, USA)의 요인실험계획법을 적용하였다. 본 연구에 사용한 38회의 부분배치법 실험은 중앙점에서 6회의 반복 실험을 2개 블록에서 각각 3회씩 실시하였다. 오차분산 추정을 위하여 유의수준 5% 하에서 영향력이 없는 2인자 교호작용 항을 대상으로 풀링한 축소모델로 최적 모델을 구하였다. 부분배치법을 이용하여 울금우유식빵의 관능적 요소에 영향을 주는 요인 항의 검정, 분산분석, 주효과도, 2인자 교호작용도, 표면도 분석을 통해 주효과와 2인자 교호작용의 영향을 종합적으로 판단하였다.

결과 및 고찰

울금우유식빵의 높이, 중량 및 단면조직

조건별 제조한 울금우유식빵의 사진 및 중심높이와 중량을 Fig. 1과 Table 2에 제시하였다. 높이의 최상위 5분위수

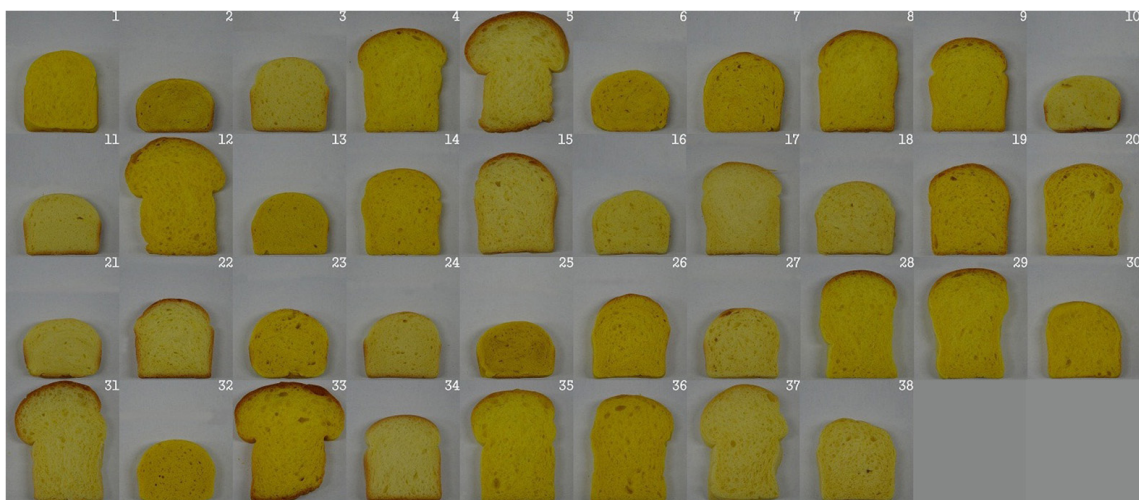


Fig. 1. Photograph of baked and sliced breads according to the 38 experimental design.

Table 2. Weights and heights for 38 experimental design of turmeric powder added milk bread

No	Weight	Height	No	Weight	Height
1	90.8±0.36	5.8±0.12	20	86.3±0.21	6.1±0.10
2	93.8±0.26	3.8±0.10	21	90.3±0.20	3.7±0.21
3	90.0±0.21	5.1±0.12	22	89.7±0.10	4.8±0.10
4	90.5±0.36	7.3±0.06	23	91.5±0.12	4.4±0.06
5	85.9±0.31	8.5±0.35	24	89.3±0.15	4.0±0.15
6	94.5±0.44	4.2±0.17	25	94.4±0.21	3.4±0.00
7	92.5±0.50	5.5±0.17	26	92.3±0.26	5.2±0.25
8	90.3±0.82	7.5±0.10	27	93.5±0.25	4.4±0.17
9	91.2±0.31	6.8±0.23	28	88.2±0.25	7.2±0.15
10	95.2±0.15	3.8±0.00	29	87.3±0.15	7.2±0.00
11	93.4±0.32	4.2±0.06	30	91.6±0.06	5.0±0.15
12	86.8±0.52	9.0±0.50	31	86.4±0.26	7.9±0.23
13	94.7±0.38	4.4±0.12	32	93.4±0.26	3.9±0.10
14	91.2±0.76	6.4±0.12	33	85.6±0.21	8.0±0.15
15	91.4±0.21	6.7±0.35	34	88.3±0.21	6.0±0.15
16	93.9±0.50	4.4±0.15	35	88.7±0.21	7.3±0.21
17	90.9±0.61	6.5±0.00	36	86.5±0.21	7.4±0.20
18	93.8±0.20	4.9±0.15	37	87.2±0.15	7.6±0.35
19	90.7±0.42	6.4±0.12	38	89.5±0.06	5.7±0.42

에 포함된 실험조건(5, 8, 12, 31, 33, 35, 36, 37번) 중 중심점을 제외한 5, 12, 31, 33, 36, 37번은 우유와 이스트가 모두 (+1)수준이었으나 나머지 재료의 수준은 일치하지 않았다. 중량의 최상위 5분위수에 포함된 조건은 2, 6, 10, 13, 16, 18, 25, 27번으로 이는 굽기 손실률이 낮은 것으로 해석할 수 있는데, 굽기 손실률은 중량뿐만 아니라 높이와도 관계가 있다. 중량의 최하위 5분위수에 포함된 조건은 5, 12, 20, 29, 31, 33, 36, 37번으로 이 중 5, 12, 31, 33, 36, 37번은 높이의 최상위 5분위수에도 포함된 것으로 이 6가지 조건은 울금, 제빵개량제, 버터, 설탕, 소금의 첨가수준에는 차이가 있지만 우유와 이스트는 (+1)수준으로 동일하였다. 굽기 손실은 굽기 과정 중의 휘발성 물질과 수분이 증발 잠열에 의해 휘발하면서 일어나는 현상으로(31) 식빵의 부피는 빵의 품질을 평가하는 주요한 지표이다(32). 특히 같은 굽기 조건에서 호화가 양호하고 착색이 좋을수록 굽기 손실률이 증가한다고 보고(31)된 바와 같이 본 연구에서는 이스트의 발효능과 우유 수분에 의한 호화 및 유당의 캐러멜화 반응과 메일러드 반응에 기인한 것으로 사료된다.

식빵에 특정 재료의 분말을 첨가함으로써 부피와 중량에 나타난 변화를 보고한 사례는 다수다. 식빵에 첨가한 스피루리나의 양(0, 0.4, 0.8, 1.2%)이 증가할수록 부피가 감소하였고(4), 한라봉 분말 첨가(0, 2, 4, 6, 8%) 시 8%에서 발효 팽창력이 가장 낮았으며(1), 자맥가루와 올리브유를 첨가한 식빵은 무게는 증가하였으나 올리브유 첨가량이 증가할수록 부피는 감소하였다(23). Hwang 등(33)은 자스민차 가루 첨가 시 밀가루의 3%까지는 식빵 무게에 유의적인 차이가 없었으나 4% 이상부터는 자스민차에 함유된 식이섬유 물질 등의 보수력으로 인해 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 이와 같이 식빵에 식물유래 분말을 첨가하면 대체로 무

게는 증가하고 부피는 감소하는 효과가 있는 것으로 보이며 본 연구에서 나타난 부피의 최상위 5분위수 그룹이 무게의 최하위 5분위수 그룹과 일치하는 것은 동일한 맥락에서 이해된다. 식빵의 무게, 부피, 높이 등은 첨가되는 재료의 조성 과 함량에 따라 달라지며, 재료 자체의 특성과 함유된 영양소뿐만 아니라 믹싱, 발효, 굽기 과정의 상호작용에 의해 영향을 받는다. 따라서 식빵의 관능적 특성을 향상시키기 위해서는 재료의 수준 조절 및 인자 간 교호작용에 대한 통찰이 중요할 것으로 사료된다.

실험조건에 따른 관능적 특성

실험조건에(Table 1) 따라 각각 제조한 울금우유식빵의 관능평가 결과를 Table 3에 제시하였다. 울금우유식빵의 외관, 내관, 향미와 질감에 대한 평가 결과를 살펴보면 중심점에 해당하는 4, 8, 9, 28, 29, 35번 조건의 외관, 내관, 향미와 질감 점수가 대체로 높은 경향을 나타내었다. 중심점의 재료배합비는 밀가루에 대한 함량 비율이 우유(70), 울금(1.1), 제빵개량제(2), 이스트(4), 버터(6), 설탕(5), 소금(2)이었다. 외관 점수의 최상위 5분위수에 포함된 조건은 4, 8, 9, 29, 35번의 중심점 5개 및 17, 20, 36번이었다. 중심점을 제외한 이들 세 조건은 이스트가 (+1)수준, 설탕이 (-1)수준인 것은 공통적이었으나 나머지 재료의 수준은 차이가 있었다. 내관 점수의 최상위 5분위수에 포함된 것은 중심점 및 17, 26번 조건이었다. 이 두 조건은 이스트와 설탕은 (+1)수준, 버터는 (-1)수준인 것은 공통적이었으나 나머지 재료의 수준은 상반되었다. 향미와 질감은 4, 8, 9, 28, 29번의 중심점 5개 및 5, 17, 22번 조건이 최상위 5분위수에 포함되었다. 이들 세 조건은 울금은 (-1)수준, 이스트는 (+1)수준으로 동일하였으나 나머지 재료는 차이가 있었다. 외관, 내관 및 향미와 질감의 모든 항목에서 최상위 5분위수에 포함된 중심점 이외의 조건인 17번은 우유, 제빵개량제, 이스트, 소금은 (+1)수준, 울금, 버터, 설탕은 (-1)수준이었다. 식빵에 식물 또는 곡물의 분말을 첨가하여 제조할 경우 관능적 특성에 미치는 영향은 대체로 부정적이었다. 가령 스피루리나(4), 한라봉 분말(1), 자맥 가루(23) 분말을 첨가하였을 때 식빵의 종합적 기호도는 이들 재료를 첨가하지 않은 대조군에 비하여 모두 낮게 나타났다. 본 실험에서 울금 첨가 수준과 관능평가 결과를 살펴보면, 중심점을 제외한 32회 실험 조건 중 울금 수준이 (-1)인 16 조건에 있어 외관, 내관, 향미와 질감의 평균값은 각각 22.0, 21.7, 27.9로 나타났고, 울금 (+1)인 16 조건은 22.6, 21.2, 24.7로 나타났다. 외관과 내관은 거의 차이가 없었으며 향미와 질감은 울금 (-1)수준이 다소 높게 나타나 기존 문헌에서 보고된 바와 같이 울금 수준이 높을수록 향미와 질감은 낮게 평가되었다.

이스트(*Saccharomyces cerevisiae*, X₄)는 호기적 및 혐기적 상태에서 출아 증식하나 빵 반죽 시에는 주로 호기적으로 발효한다. 생육조건은 세포막을 통해 흡수되는 물, 온도

Table 3. Sensory characteristics for 38 experimental design of turmeric powder added milk bread

No	OA	IA	FT	No	OA	IA	FT
1	24.7(6.47) ¹⁾	24.3(1.89)	26.9(3.53)	20	30.9(2.19)	23.2(4.01)	26.4(3.55)
2	17.3(1.50)	17.1(1.89)	19.7(3.04)	21	16.6(3.15)	20.4(4.19)	25.7(2.63)
3	18.7(2.75)	22.1(4.04)	26.4(3.05)	22	21.4(3.99)	23.6(6.27)	31.4(2.57)
4	33.1(1.21)	26.4(3.78)	32.4(2.15)	23	17.1(5.70)	19.6(4.43)	20.6(4.24)
5	21.9(4.98)	24.3(4.50)	31.7(2.50)	24	19.0(1.83)	20.7(5.15)	27.9(3.76)
6	17.3(2.50)	13.6(7.48)	19.6(5.06)	25	19.6(3.36)	15.7(3.74)	21.1(5.67)
7	19.0(3.51)	17.1(6.52)	20.6(3.15)	26	24.6(6.27)	25.0(4.08)	25.7(4.54)
8	30.6(4.93)	25.4(5.29)	33.3(2.14)	27	20.0(5.62)	20.7(5.54)	27.9(3.39)
9	31.4(5.16)	26.8(2.78)	32.3(1.89)	28	29.0(5.20)	25.4(4.19)	31.9(3.48)
10	17.9(2.61)	15.7(8.13)	24.0(3.11)	29	32.0(1.35)	27.5(2.89)	32.7(2.14)
11	19.4(1.51)	22.1(5.09)	28.9(1.68)	30	20.4(4.12)	22.1(3.93)	28.7(3.04)
12	22.7(7.25)	24.6(3.36)	25.6(2.99)	31	28.4(6.29)	24.3(3.74)	30.9(4.49)
13	19.3(2.36)	18.9(3.18)	23.6(4.20)	32	18.4(2.15)	19.6(6.03)	22.6(2.88)
14	27.7(5.19)	23.2(4.26)	28.3(3.45)	33	20.9(6.12)	24.3(4.94)	30.1(2.61)
15	25.4(5.32)	24.3(3.45)	26.6(6.53)	34	23.4(5.71)	24.3(3.13)	29.6(3.46)
16	17.9(2.48)	18.9(4.30)	26.6(4.31)	35	32.6(2.07)	25.4(3.93)	31.1(5.18)
17	32.0(1.41)	25.4(3.36)	31.6(1.90)	36	29.1(4.85)	23.9(2.83)	28.1(3.13)
18	21.7(6.55)	20.4(5.29)	25.3(2.36)	37	26.6(5.35)	24.6(1.73)	29.9(3.02)
19	26.0(5.42)	21.1(2.83)	24.6(4.12)	38	25.6(4.79)	20.7(4.01)	25.3(5.68)

OA: outside appearance, IA: inside appearance, FT: flavor and textures.

¹⁾Mean (SD).

(25~35°C), 산도(pH 5.0 부근), 무기질, 당, 질소 등의 영양 원으로 이 중 이스트 활성에 가장 큰 영향 인자는 당, 산도, 온도이다(34). 본 실험에서 외관, 내관, 향미와 질감 점수의 최상위 5분위수에 해당되는 실험 조건 중 중심점 6회를 제외하면 모두 이스트 수준이 (+1)인 7%였다. 하지만 이 같은 정보만으로는 이스트 수준이 식빵의 외관, 내관, 또는 향미와 질감에 미치는 영향을 정확하게 추론하는 것은 불가능하다. 왜냐하면 중심점을 제외한 32회의 실험조건은 7개의 재료가 각각 (-1)수준과 (+1)수준이 절반씩 분포되어 있으며 특정 재료의 수준과 관능 특성은 일정한 관련성을 드러내지 않았기 때문이다. 따라서 32회 조건에 대하여 각 재료의 주효과와 2인자 간 교호작용을 종합적으로 살펴봄으로써 관능 특성에 미치는 영향을 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

울금우유식빵의 외관에 대한 주효과 및 교호작용

외관의 2인자 교호작용 결과는 Table 4에 제시하였고, 주효과 및 2인자 교호작용은 Fig. 2와 3에 각각 나타내었으

며, 분산분석 결과는 Table 5에 제시하였다. 울금우유식빵의 외관에 미치는 단일 인자의 영향력은 이스트, 우유, 제빵개량제 순으로 나타났다. 우유와 이스트는 첨가 수준이 높을수록 외관 점수가 높았고, 제빵개량제는 첨가수준이 높을수록 낮게 나타났다. 그 외 재료는 식빵의 외관에 유의한 영향을 미치지 않았다.

외관에 영향을 미친 2인자 교호작용의 크기를 살펴본 결과, 울금-버터(1.23), 제빵개량제-설탕(-1.23), 이스트-설탕(-1.17), 우유-소금(1.05) 순으로 나타났다. 교호작용의 계수가 양수인 울금과 버터의 경우, 두 인자가 모두 (+1)이거나 모두 (-1)의 외관 점수의 평균은 23.29점이며, 두 인자가 (+1)(-1) 또는 (-1)(+1)일 때 평균값은 21.19점이므로 위에서 언급한 공식에 대입하면 교호작용의 계수인 1.05를 얻게 된다(Table 4). 외관에 미치는 2인자 교호작용중 그 영향력이 가장 큰 것은 울금과 버터로서 두 인자 모두 (+1) 수준일 때 외관 점수가 가장 높았다. 설탕과 제빵개량제의 경우 설탕이 (-1)수준에서는 제빵개량제의 영향이 미미하

Table 4. Significant two-way interaction effects for the sensory characteristics of turmeric powder added milk bread

Items	Two-way interactions	Mean scores				Interaction effect scores
		+(-,-)	-(+,-)	-(-,+)	+(+,+)	
OA	X ₁ *X ₇	22.38	22.88	19.50	24.19	1.05
	X ₂ *X ₅	23.06	21.38	20.63	23.88	1.23
	X ₃ *X ₆	22.75	23.44	23.50	19.25	-1.23
	X ₄ *X ₆	19.13	27.06	19.75	23.00	-1.17
IA	X ₂ *X ₄	22.03	19.84	23.28	24.06	0.74
	X ₃ *X ₆	20.31	22.97	23.44	22.50	-0.90
FT	X ₄ *X ₇	25.63	26.88	24.06	28.56	0.81

OA: outside appearance, IA: inside appearance, FT: flavor and textures.

X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

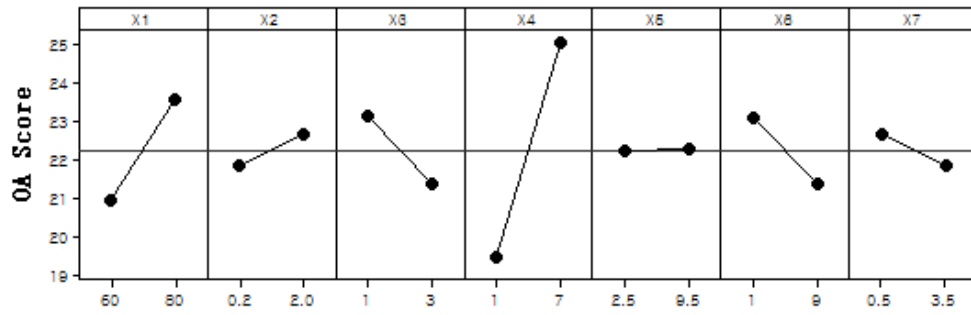


Fig. 2. Main effect plots for outside appearance of yulgeum added milk bread. X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

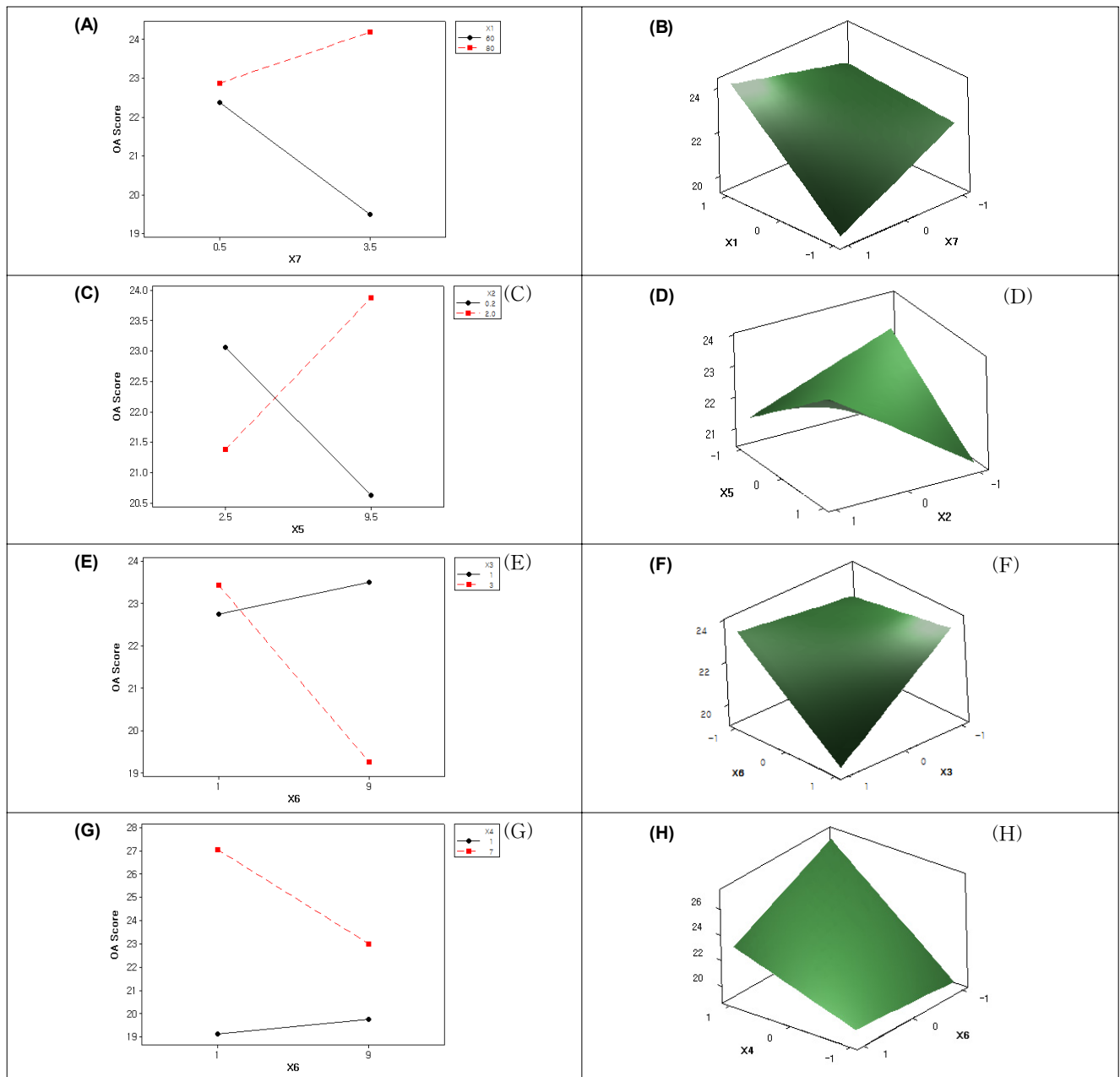


Fig. 3. Interaction and surface plots for outside appearance of yulgeum added milk bread. (A), (C), (E), (G): interaction plots, (B), (D), (F), (H): surface plots. X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

Table 5. The results of analysis of variance for outside appearance of turmeric powder added milk bread

Sources	SS	MS	F-value	P-value
Main effect	362.93	51.85	6.61	0.00
X ₁	53.82	53.82	6.86	0.02
X ₂	4.88	4.88	0.62	0.44
X ₃	25.28	25.38	3.23	0.08
X ₄	250.32	250.32	31.89	0.00
X ₅	0.01	0.01	0.00	0.98
X ₆	23.63	23.63	3.01	0.10
X ₇	4.88	4.88	0.62	0.44
2-way interaction	176.53	44.13	5.62	0.00
X ₁ *X ₇	35.07	35.07	4.47	0.05
X ₂ *X ₅	48.76	48.76	6.21	0.02
X ₃ *X ₆	48.76	48.76	6.21	0.02
X ₄ *X ₆	43.95	43.95	5.60	0.03
Curvature	490.12	490.12	62.44	0.00
Residual error	196.24	7.85		
Lack of fit	183.03	9.15	3.46	0.09
Pure error	13.21	2.64		
Total	125.82			
Center point	9.849	T	7.90	P=0.000
R ²	80.94	Adjusted R ²	71.86	
Model equation	$Y=22.234+1.297X_1+0.391X_2+0.891X_3+2.797X_4+0.016X_5+0.859X_6-0.391X_7+1.047X_1*X_7+1.234X_2*X_5-1.234X_3*X_6-1.172X_4*X_6$			

SS: sum of squares, MS: mean squares.
 X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

나 설탕 (+1)수준에서는 제빵개량제가 (+1)수준일 때 외관 점수가 급격히 하락하였다. 이스트와 설탕의 경우, 이스트 (+1)수준, 설탕 (-1)수준에서 외관이 가장 높게 나타났으며, 이스트 (-1)수준에서는 설탕의 영향은 미미하였고 외관 점수 또한 낮았다. 즉 이스트 수준이 (+1)일 때만 설탕의 수준이 부정적인 상관관계를 나타내었다. 이스트와 설탕 모두 (+1)수준에 해당하는 것은 5, 12, 13, 19, 22, 26, 31, 33번 조건으로서 이들의 외관 점수의 평균은 21.7점으로 낮음을 확인할 수 있다(Table 4). 이 중 5, 12, 31, 33번은 높이의 최상위 5분위수 및 중량의 최하위 5분위수에 포함된 것으로 우유 또한 (+1)수준으로 동일하였고, 13번은 중량의 최상위 5분위수에 포함된 것으로 19, 22, 26번과는 공통적으로 우유가 (-1)수준으로 동일하였다. 식빵 발효의 핵심 재료인 이스트는 첨가 수준이 높을수록 외관 점수가 향상되었으나, 설탕과 교호작용 측면에서는 설탕 양이 증가할수록 외관에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보인다. 설탕은 메일러드 반응과 캐러멜화 반응을 통해 껍질 색을 좋게 하지만 (35) 수준이 지나치게 상승하면 이스트를 과잉 증식시켜 과발효의 원인이 되므로 오히려 외관을 손상시킬 수 있을 것으로 추측된다. 끝으로 외관에 유의한 영향을 미친 2인자는 우유와 소금으로 Fig. 3(D)에 나타난 바와 같이 소금 (-1)수준에서는 우유의 수준에 상관없이 외관 점수가 높았으나, 소금 (+1)수준에서는 우유와 강한 양의 상관관계를 보였다.

소금은 식빵 제조 시 밀가루 중량의 약 2%를 사용하는데 적당량의 소금은 빵의 풍미증진 및 글루텐의 끈기와 탄력을 증가시키고 가스 유지를 도와주지만, 과량이면 이스트에 대한 삼투압이 상승되어 이스트의 활성이 저해된다(17). 따라서 소금 (+1)수준에서는 이스트의 활성이 저해되어 외관에 부정적 영향을 미칠 수 있으나 우유를 (+1)수준으로 첨가한 경우는 우유 중 수분이 삼투압 증가를 저해함으로써 소금의 고농도에 의한 부정적 영향을 차단하는 것으로 추측된다. 우유, 울금, 이스트, 버터는 수준이 높을수록 외관 점수가 상승하였고, 제빵개량제, 설탕, 소금은 수준이 낮을수록 외관 점수가 상승하였다. 외관에 대한 적합 모형의 설명력은 76.31%였고, 곡면효과는 유의하게 나타났다(F=62.44, P<0.0001).

울금우유식빵의 내관에 대한 주효과 및 교호작용

내관에 대한 분산분석 결과를 Table 6에 제시하였고, 주효과 및 2인자 교호작용을 Fig. 4와 5에 각각 도식화하였다. 울금우유식빵의 내관에 유의한 영향을 미치는 개별 인자는 우유, 이스트, 설탕으로 나타났다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 우유는 (-1)수준에 비해 (+1)수준일 때 내관 점수가 급격히 상승하였고 영향력 또한 가장 컸다. 이스트와 설탕도 (+1)수준이 (-1)수준에 비하여 내관 점수가 높게 나타났다.

내관에 유의한 영향을 미친 2인자 교호작용은 울금-이스트, 제빵개량제-설탕으로서 교호작용 계수는 각각 0.74와 -0.90으로 나타났다. 울금과 이스트는 모두 (+1)수준에서

Table 6. The results of analysis of variance for inside appearance of turmeric powder added milk bread

Sources	SS	MS	F-value	P-value
Main effect	193.70	27.67	10.01	0.00
X ₁	98.88	98.88	35.77	0.00
X ₂	3.96	3.96	1.43	0.24
X ₃	5.91	5.91	2.14	0.16
X ₄	59.81	59.81	21.64	0.00
X ₅	10.99	10.99	3.97	0.06
X ₆	14.11	14.11	5.10	0.03
X ₇	0.05	0.05	0.02	0.90
2-way interaction	43.46	21.73	7.86	0.00
X ₂ *X ₄	17.63	17.63	6.38	0.02
X ₃ *X ₆	25.83	25.83	9.34	0.01
Curvature	115.38	115.38	41.74	0.00
Residual error	74.64	2.77		
Lack of fit	69.43	3.16	3.03	0.11
Pure error	5.21	1.04		
Total	427.18			
Ct Pt coefficient	4.7786	T	6.46	P=0.000
R	80.94	Adjusted R ²	71.86	
Model equation	$Y=22.3047+1.7578X_1-0.3516X_2+0.4297X_3+1.3672X_4+0.5859X_5+0.6641X_6+0.0391X_7+0.7422X_2*X_4-1.7969X_3*X_6$			

SS: sum of squares, MS: mean squares.
 X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

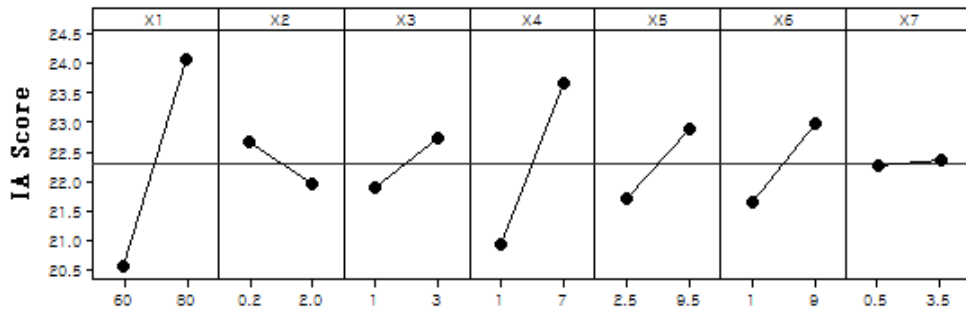


Fig. 4. Main effect plots for inside appearance of tumeric powder added milk bread. X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

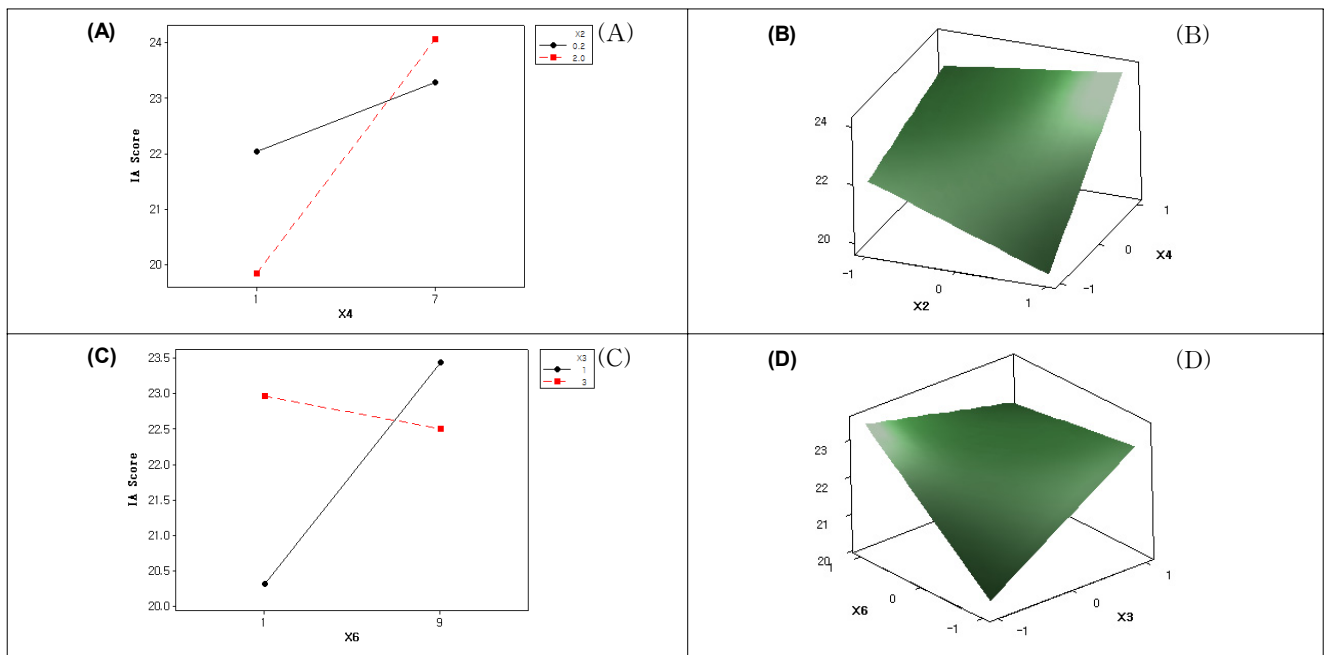


Fig. 5. Interaction and surface plots for inside appearance of tumeric powder added milk bread. (A), (C): interaction plots, (B), (D): surface plots. X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₆: sugar.

24.06점으로 가장 높았고, 울금은 (+1), 이스트는 (-1)수준에서 19.84점으로 가장 낮았다. Jeon 등(16)은 울금 분말의 첨가량이 많을수록 식빵의 발효율은 낮아지고 기공의 크기는 커지는 반면 기공의 균일성은 무첨가군이 가장 균일한 것으로 보고하였는데, 본 연구결과에서 울금이 (+1)수준일 때 이스트가 (+1)수준에서는 내관에 대한 기호도가 가장 높은 반면 이스트가 (-1)수준에서는 가장 낮게 나타난 것으로 보아 이스트는 울금 첨가에 따른 내관 기호도 향상에 긍정적 영향을 주는 재료로 생각된다. 제빵개량제와 설탕은 모두 (-1)수준일 때 내관 점수는 가장 낮게 나타났으나 (20.31점) 나머지 세 경우는 상대적으로 높았다(22.50~23.44점)(Table 4). 설탕은 글루텐의 형성을 억제하고 반죽의 점탄성을 약화시키지만 발효과정 중 탄산가스와 알코올을 생성하여 빵의 부피를 팽창시키고 독특한 풍미를 부여하며(34), 메일러드 반응과 캐러멜화 반응을 통해 겉집 색을 좋게 한다(35). 그러나 10% 이상 첨가할 경우 삼투압이 증

가되어 발효를 지연시키게 된다고 하였는데(34) 본 실험에서 설탕 (+1)수준은 밀가루 중량의 9%로서 10% 미만으로 발효를 지연할 정도는 아니었다고 판단되며 제빵개량제의 (+1)수준이 반죽 물성을 좋게 하고 수질을 개량하여 이스트의 성장을 도와줌으로써(34) 발효촉진 및 안정, 글루텐 강화 기능을(35) 나타낸 것으로 보인다. 요약하면, 우유, 이스트, 설탕은 (+1)수준일 때 내관 점수를 상승시키는 주효과로 작용하였다. 또한 이스트는 울금과 교호작용을 통하여 내관에 영향을 미쳤는데 울금이 (+1)수준일 때 이스트 (+1)수준은 높은 내관 점수를, 이스트 (-1)수준은 낮은 내관 점수를 나타내었다. 제빵개량제와 설탕은 (+1)수준에서는 나머지 인자의 수준에 상관없이 비교적 높은 내관 점수를 나타냈으나 둘 다 모두 (-1)수준에서는 내관 점수가 매우 낮았다. 내관에 대한 적합 모형의 설명력은 76.06%였고, 곡면효과는 유의하게 나타났다(F=41.74, P<0.0001)(Table 6).

Table 7. The results of analysis of variance for flavor and textures of turmeric powder added milk bread

Sources	SS	MS	F-value	P-value
Main effect	370.41	52.92	12.30	0.00
X ₁	153.13	153.13	35.60	0.00
X ₂	108.78	108.78	25.29	0.00
X ₃	0.03	0.03	0.01	0.93
X ₄	66.13	66.13	15.37	0.00
X ₅	22.78	22.78	5.30	0.03
X ₆	19.53	19.53	4.54	0.04
X ₇	0.03	0.03	0.01	0.93
2-way interaction	21.13	21.13	4.91	0.04
X ₄ *X ₇	21.13	21.13	4.91	0.04
Curvature	228.08	228.08	53.03	0.00
Residual error	120.44	4.30		
Lack of fit	114.44	4.98	4.15	0.06
Pure error	6.00	1.20		
Total	740.05			
Ct Pt coefficient	6.719	T	7.28	P=0.000
R ²	78.96	Adjusted R ²		70.36
Model equation	$Y=26.281+2.188X_1-1.844X_2-0.031X_3+1.437X_4+0.844X_5+0.781X_6+0.031X_7+0.813X_4*X_7$			

SS: sum of squares, MS: mean squares.
 X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

울금우유식빵의 향미와 질감에 대한 주효과 및 교호작용

향미와 질감에 대한 분산분석 결과를 Table 7에 제시하였고, 주효과 및 2인자 교호작용을 Fig. 6과 7에 각각 도식화

하였다. 향미와 질감에 영향을 미치는 주효과의 영향력은 우유와 울금, 이스트, 버터, 설탕의 순으로 나타났다. 우유와 이스트는 첨가 수준이 증가할수록 향미와 질감 점수가 큰 폭으로 상승하였고, 울금 수준이 높을 때 향미와 질감 점수는 하락하였다. 버터와 설탕은 첨가 수준이 높을수록 향미와 질감 점수가 소폭 상승하는 것으로 나타났다(Table 7, Fig. 6). 울금의 일반성분은 수분 10.16%, 조단백질 13.50%, 조지방 1.36%, 조회분 9.96%로 알려져 있다(6). 밀가루의 수분은 10.41% 정도로(6), Jeon 등(16)은 울금 분말을 많이 첨가할수록 식빵의 부피는 유의적으로 작아진다고 보고하였는데, 이는 울금 분말의 첨가 비율이 증가할수록 글루텐의 비율이 상대적으로 낮아져 글루텐 망상 구조 형성을 저해하고 글루텐 감소는 흡수율에도 영향을 미치기 때문인 것으로 보였다. 본 연구에서도 울금 수준과 향미와 질감 점수는 강한 음의 상관관계가 나타나 유사한 결과로 생각된다. 유지와 설탕은 반죽 시 글루텐 형성을 억제한다고 알려져 있으나(34) 버터가 들어감으로써 반죽 신장성과 가스 보유력이 증가하여 빵의 부피를 좋게 만들며(35) 설탕은 발효과정 중 탄산가스와 알코올을 생성하여 빵의 부피를 팽창시키고 독특한 풍미를 부여한다(34). 본 실험에서도 버터와 설탕이 (+1)수준일 때 향미와 질감 점수가 상승한 점으로 볼 때 제빵 공정에 미치는 버터와 설탕의 영향을 확인할 수 있었다. 향미와 질감에 유의한 영향을 미친 2인자 교호작용은 이스트-소금(0.81)으로, 이스트 수준이 높을수록 향미와 질감 점수는 높게 나타났다. 소금 (-1)수준에서는 이스트의

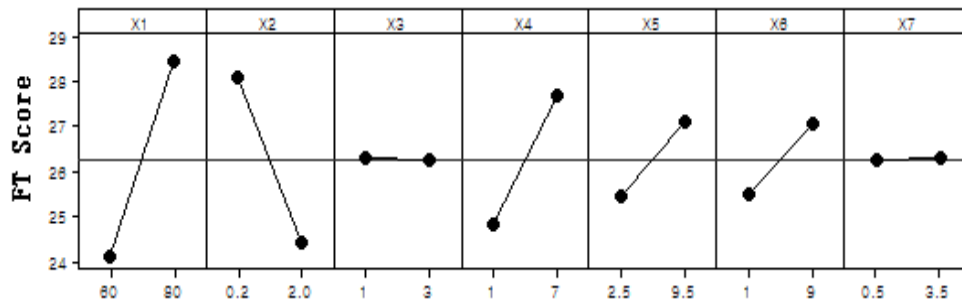


Fig. 6. Main effect plots for flavor and texture of turmeric powder added milk bread. X₁: milk, X₂: turmeric powder, X₃: bread improver, X₄: fresh yeast, X₅: butter, X₆: sugar, X₇: salt.

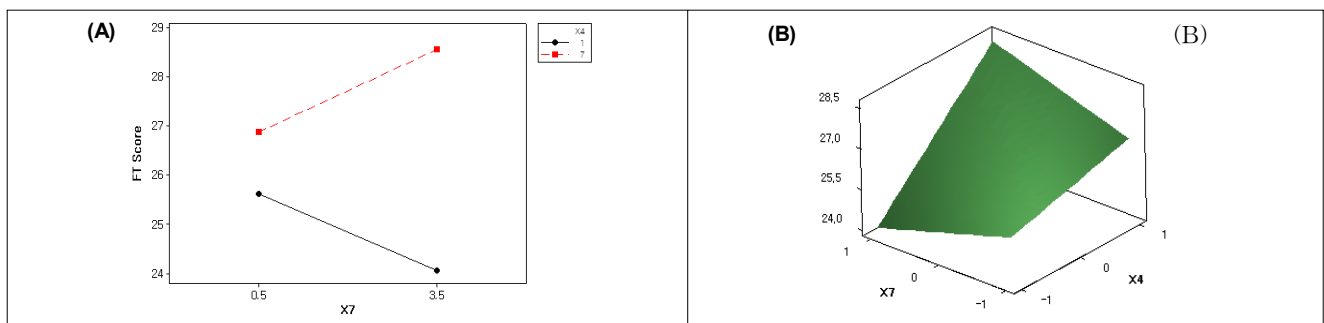


Fig. 7. Interaction and surface plots for flavor and texture of turmeric powder added milk bread. (A) interaction plot, (B) surface plot. X₄: fresh yeast, X₇: salt.

수준에 상관없이 비슷한 향미와 질감 점수를 보였으나(25.63, 26.88점) 소금(+1)수준에서는 이스트의 수준에 따라 매우 큰 차이를 나타내었다(24.06, 28.56점). 소금은 식빵 제조 시 밀가루 중량의 약 2%를 사용하는데 적당량의 소금은 빵의 풍미증진 및 글루텐의 끈기와 탄력을 증가시키고 가스 유지를 도와주지만, 과량이면 이스트에 대한 삼투압이 상승되어 이스트의 활성이 저해된다(34). 본 연구에서는 소금과 이스트 모두(+1)수준에서 향미와 질감 점수가 가장 높게 나타났고 이스트(-1), 소금(+1)일 때 가장 낮았다. 즉 소금의 비율이 증가하면 이스트 활성을 저해하여 빵의 품질을 저하시킬 수 있는데 이스트(-1)수준에서 가장 낮고(+1)수준에서 가장 높게 나타난 것은 바로 이스트와 소금 간의 교호작용이 뚜렷하게 입증된 것으로 생각된다. 또한 당, 우유, 유지 등의 비율이 높은 고배합 조건에서는 소금량을 증가시켜야 제빵적성이 향상된다고 하였는데(35), 본 실험에서 우유, 버터, 설탕, 소금이 모두(+1)수준으로 배합된 조건은 11번과 33번이며 이들의 향미와 질감 점수는 각각 28.9, 30.1점으로 나타나 향미와 질감이 양호함을 알 수 있다. 향미와 질감에 미치는 재료의 주효과 및 교호작용을 요약하면 우유, 이스트, 버터, 설탕, 소금의 수준이 높을수록 향미와 질감 점수가 상승하고, 울금과 제빵개량제의 수준은 낮을수록 향미와 질감 점수가 상승하였다. 이스트와 소금의 교호작용이 유의하였으며 소금의 수준이(+1)일 때 이스트의 수준은 강한 양의 상관관계를 나타내었다. 향미와 질감에 대한 적합 모형의 설명력은 78.45%였고, 곡면효과는 유의하게 나타났다($F=6.323$, $P<0.0001$).

관능 특성에 미치는 재료의 주효과 및 교호작용 결과를 종합해보면 유의수준 1%에서 유의한 결과를 나타낸 인자는 이스트, 우유, 울금과 제빵개량제 및 설탕이었다(Table 5, 6, 7). 이는 향후 반응표면분석법을 이용한 최적화를 통해 가능성을 부여한 울금우유식빵 개발의 기초자료가 될 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 울금 분말을 첨가하여 제조한 우유식빵의 관능적 특성에 영향을 미치는 인자들의 주효과 및 2인자 교호작용 효과를 파악함으로써 울금우유식빵의 관능적 특성을 향상시키기 위한 전략으로 부분배치법을 이용하였다. 관능평가는 울금우유식빵의 외관, 내관 및 향미와 질감에 대하여 실시하였고 평가 패널의 선정은 단맛, 짠맛 및 울금맛에 대한 정확성, 일치성, 일관성이 높은 식품영양학 전공자 6명으로 구성하였다. 관능평가지는 외관, 내관, 향미와 질감에 대해 각각 18, 12, 16개의 세부항목을 평가하고 배점은 35:30:35로 하였다. 울금의 첨가 수준에 따른 관능 특성을 파악한 후 인자별 중심점을 정하고, 예비실험 및 문헌에 근거하여 우유, 울금, 제빵개량제, 이스트, 버터, 설탕, 소금의(-1) 및(+1) 실험점을 각각 결정하였다. 요인실험계획법은 부분

배치법(2^{7-2})을 적용하여 32개 실험점과 중심점 6개로 구성하였고 주요 실험결과는 다음과 같다. 단일 인자로서 우유와 이스트는 각각 세 가지 관능특성 모두에 유의한 영향을 미쳤으며($P<0.0001$), 설탕은 내관에($P<0.05$), 울금($P<0.0001$), 버터 및 설탕은($P<0.05$) 향미와 질감에 유의한 영향을 미쳤다. 한편 외관에 영향을 미친 2인자 교호작용은 울금-버터(1.23), 제빵개량제-설탕(-1.23), 이스트-설탕(-1.17), 우유-소금(1.05) 순으로 나타났다. 제빵개량제-설탕(-0.90) 및 울금-이스트(0.74)는 내관에, 이스트-소금(0.81)은 향미와 질감에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 울금우유식빵의 관능적 특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 이스트로서 주효과뿐만 아니라 설탕, 울금, 소금과 교호작용을 통하여 각각 외관, 내관 및 향미와 질감에 영향을 미쳤다. 울금은 예상한 바와 같이 향미와 질감의 주요한 인자였으며 버터와 교호작용을 통하여 외관에 영향을 주었다. 제빵개량제는 단독효과와 더불어 설탕과 교호작용을 통하여 외관과 내관에 영향을 미쳤다. 버터는 내관과 향미와 질감의 영향 인자로서 교호작용은 외관에서만 나타났다. 주효과와 교호작용을 종합해 볼 때, 울금우유식빵의 관능적 특성은 이스트와 우유의 수준이 가장 중요한 인자로 드러났으며 제빵개량제와 설탕도 단독 및 교호작용을 통하여 비교적 영향력이 높았다. 본 연구는 울금우유식빵의 관능적 특성에 미치는 재료의 영향을 파악함에 있어 실험계획법을 적용하여 2인자 간 교호작용을 깊이 있게 탐구하였다는 데 가장 큰 의의가 있다고 본다. 한편 본 실험의 결과는 향후 관능 특성에 유의한 결과를 나타낸 인자들의 첨가량을 달리하여 제조한 울금우유식빵의 최적화 연구에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. Bing DJ, Chun SS. 2013. Quality and consumer perception of white bread baked with *Hallabong* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 306-312.
2. Ko SH, Bing DJ, Chun SS. 2013. Quality characteristics of white bread manufactured with Shinan seomcho (*Spinacia oleracea* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 766-773.
3. Oh WG, Kim JH, Lee SC. 2011. Preparation and characterization of white bread with sweet persimmon. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 253-258.
4. Kang SH, Lee JY, Kim HJ, Kim HR, You BR, Kim YM, Yang KH, Shim EK, Kim MR. 2011. Quality characteristics of pan bread with spirulina powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 31-37.
5. Choi YJ. 2009. Yulgum (*Curcuma aromatica*, tumeric). *Nutr Diet* 32(5): 34-36.
6. Kang SK. 2007. Changes in organic acid, mineral, color, curcumin and bitter substance of *curcuma longa* L. and *Curcuma aromatica* Salib according to picking time. *Korean J Food Preserv* 14: 633-638.
7. Kim IS, Jin SK, Park KH, Jeong KJ, Kim DH, Yang M, Chung YS. 2007. Quality characteristics of low-fat sausage containing curcumin extract during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 255-261.

8. Song SH, Jung HS. 2009. Quality characteristics of noodle (Garakguksu) with *Curcuma longa* L. powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 199-205.
9. Kim TH, Son YK, Hwang KH, Kim MH. 2008. Effect of *Angelica keiskei* Koidzumi and turmeric extract supplementation on serum lipid parameters in hypercholesterolemic diet or P-407-induced hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 708-713.
10. Jung YS, Park SJ, Park JH, Jhee KH, Lee IS, Yang SA. 2012. Effects of ethanol extracts from *Zingiber officinale* Rose., *Curcuma longa* L., and *Curcuma aromatica* Salisb. on acetylcholinesterase and antioxidant activities as well as GABA contents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1395-1401.
11. Yang CY, Cho MJ, Lee CH. 2011. Effects of fermented turmeric extracts on the obesity in rats fed a high-fat diet. *J Animal Sci Technol* 53: 75-81.
12. Kim MS, Chun SS, Kim SH, Choi JH. 2012. Effect of turmeric (*Curcuma longa*) on bile acid and UDP-glucuronyl transferase activity in rats fed a high-fat and cholesterol diet. *J Life Sci* 22: 1064-1070.
13. Verma PK, Tiwari S, Pankaj RR, Pankaj NK. 2009. Present use and further possibilities of curcumin: a review. *J Trop Med Plants* 10: 119-127.
14. Rao DS, Sekhara NC, Satyannarayana MN, Srinivasan M. 1970. Effect of curcumin on serum and liver cholesterol levels in the rat. *J Nurt* 100: 1307-1900.
15. Ju SM, Hong KW. 2011. Quality characteristics and antioxidative effects of cookie prepared with *Curcuma longa* L. powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 535-544.
16. Jeon TG, An HL, Lee KS. 2010. Quality characteristics of bread added with turmeric powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 113-121.
17. Choi SH. 2012. Quality characteristics of fish paste containing *curcuma longa* L. power. *Korean J Food Nutr* 25: 833-841.
18. Choi SN, Youn SB, Yoo SS. 2012. Quality characteristics and antioxidative activities of Majakgwa with added turmeric powder. *Korean J Food Cookery Sci* 28: 123-131.
19. Choi SH. 2012. Quality characteristics of *Curcuma longa* L. cookies prepared with various levels of rice flour. *Korean J Culinary Res* 18: 215-226.
20. Choi HY. 2009. Antimicrobial activity of UIGeum (*Curcuma longa* L.) extract and its microbiological and sensory characteristic effects in processed foods. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 350-356.
21. Lim JH, Kang KY, Im B, Lee JS. 2008. Optimization of silver nanoparticles synthesis through design-of-experiment method. *Korean Chem Eng Res* 46: 756-763.
22. Lee KD, Lee JE, Kwon JH. 2000. Use of response surface methodology in food engineering. *Food Sci Ind* 34: 33-45.
23. Kim JK, Kim YH, Oh JC, Yu HH. 2012. Optimization of white pan bread preparation via addition of purple barley flour and olive oil by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1813-1822.
24. Kim JK, Kim YH, Oh JC, Yu HH. 2013. Optimization of white pan bread preparation by addition of black barley flour and olive oil by response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 45: 180-190.
25. Lee SM, Joo NM. 2008. Optimization of muffin with dried rhynchosia molubilis powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 626-635.
26. Lee SM, Joo NM. 2007. The optimization of muffin with the addition dried sweet pumpkin powder. *J Korean Diet Assoc* 13: 368-378.
27. Weekly Patissier. 2007. *Baking: technology and practice*. 1st ed. BnCworld Inc., Seoul, Korea. p 32, 33.
28. Kim SK, Jo MJ, Kim YH, Yun SJ, Lee JJ, Jung SK, Chae DJ. 2009. *Baking science*. 1st ed. BnCworld Inc., Seoul, Korea. p 366.
29. Lotong V, Chambers E IV, Chambers DH. 2000. Determination of the sensory attributes of wheat sourdough bread. *J Sens Stud* 15: 309-326.
30. Montgomery CD. 2009. *Design and analysis of experiments*. 7th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, USA. p 163, 209.
31. Kim WM, Kim MI, Byun MW, Lee GH. 2012. Physical and sensory characteristics of bread prepared by substituting sugar with yacon concentrate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1288-1293.
32. Im JS, Lee YT. 2010. Quality characteristics of rice bread substituted with black rice flour. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 903-908.
33. Hwang YK, Hyun YH, Lee YS. 2004. Study on the characteristics of bread with jasmin tea powder. *Korean J Food Nutr* 17: 41-46.
34. Ahn MS. 2004. *Food and culinary science*. 1st ed. Shinkwang Press Inc., Seoul, Korea. p 52, 53, 109, 111, 116, 117, 119.
35. Weekly Patissier. 2007. *Baking: science*. 1st ed. BnCworld Inc., Seoul, Korea. p 219, 225, 231, 236, 245, 248.