흑맥가루와 올리브유 첨가 식빵의 제조조건 최적화

김진곤 · 김영호¹ · 오종철² · 유현희^{3,*}

군산대학교 일반대학원 가정학과, ¹혜전대학교 제과제빵학과,
²군산대학교 통계컴퓨터과학과, ³군산대학교 식품영양학과

Optimization of White Pan Bread Preparation by Addition of Black Barley Flour and Olive Oil using Response Surface Methodology

Jin Kon Kim, Young-Ho Kim¹, Jong Chul Oh², and Hyeon Hee Yu^{3,*}

Department of Home Economics, Kunsan National University

¹Department of Baking Technology, Hyejeon College

²Department of Statistics & Computer Science, Kunsan National University

³Department of Food and Nutrition, Kunsan National University

Abstract The purpose of this study was to determine the optimal amount of 2 ingredients, i.e., black barley flour (X_1), and olive oil (X_2), for the production of white pan bread from black barley flour. The experiment was designed according to the central composite design of response surface methodology, which showed 10 experimental points, including 2 replicates for black barley flour and olive oil. Significant differences were found in the results of the physical and mechanical properties analysis of each sample, including weight ($p<0.05$), volume ($p<0.01$), specific loaf volume ($p<0.01$), color L ($p<0.01$), color a ($p<0.001$), color b ($p<0.05$), hardness ($p<0.001$), springiness ($p<0.01$), cohesiveness ($p<0.01$), gumminess ($p<0.001$) and chewiness ($p<0.05$). Significant differences in the sensory measurements were observed in color ($p<0.01$), appearance ($p<0.01$), texture ($p<0.05$), taste ($p<0.05$) and overall quality ($p<0.05$). The optimum formulation, which was calculated using the numerical and graphical methods, was determined to be 18.00% black barley flour and 1.80% olive oil.

Keywords: response surface methodology, white pan bread, black barley flour, olive oil

서 론

흑맥(黑麥)은 유색 보리의 일종으로, 다른 유색 보리에 비해 안토시아닌 색소 뿐만 아니라, 폴리페놀, 플라보노이드 함량도 높아 항산화력이 높은 것으로 보고되고 있다(1). 안토시아닌 색소는 포도, 베리류, 빨간 양배추, 사과, 당근 등 식물체에서 밝은 오렌지색, 분홍색, 적색, 자색, 청색을 내는 수용성 색소로 종류가 다양하다(2). 안토시아닌 색소는 식품 첨가물 착색 물질로 이용될 뿐 아니라 항산화 기능과 심혈관계 질환, 암, 당뇨병과 같은 질병 예방에도 효과가 있다고 한다(3,4). 흑맥을 포함한 보리는 효율적인 β -glucan의 급원 식품인데, β -glucan은 체내 혈중 콜레스테롤과 glycemic index를 저하시킬 뿐 만 아니라 체내에서 다양한 생리활성을 나타낸다고 알려져 있다(5-8). 또한 보리에는 tocopherols, tocotrienols과 같은 tocopherols 등이 함유되어 있는데, 이것들은 항산화 기전을 통해 혈중 LDL 콜레스테롤 수치를 저하시

킨다고 한다(9,10). 최근에는 미국의 FDA (Food and Drug Administration)에서 보리의 수용성 β -glucan이 혈중 콜레스테롤을 저하시킨다고 공식적으로 발표함에 따라 보리와 보리 가공 식품에 대한 관심이 더욱 집중되었다(11).

현대인들의 식생활이 간편화, 서구화 되어 빵과 과자의 수요가 증가하고 빵에 대한 인식도 바뀌어 감에 따라 기능성과 건강을 모두 갖춘 빵에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그 예로 빵에 미생물(12)이나 효소(13)를 이용한 품질개선이나, 밀가루 대신 보리(6,14-16), 보리등겨 가루(17), 쌀(18-20), 현미(21), 흑미(22-24), 메밀(25) 등의 가루를 사용하여 밀가루의 영양적, 기능적 특성을 보완한 연구들이 있다. 제빵용 유지(fat & oil)로 버터, 라드, 마가린, 쇼트닝 등의 고체 지방을 일반적으로 사용하고 있는데(26), 이들 지방은 포화지방산 뿐 만 아니라 트랜스지방산 함량도 높다. 유지는 섭취하는 종류나 양에 따라 고지혈증, 동맥경화증, 고혈압, 심장병 등 심혈관계 질환 및 암 등 만성퇴행성 질환 발생과 관련된다. 음식 중 포화지방산이 많고, 불포화지방산이 적은 경우, 즉 식물성 지방보다 동물성 지방 섭취량이 많으면 혈중 LDL 콜레스테롤 수치가 증가하게 된다(27). 식물성 지방인 올리브유의 지방산 성분으로는 단일 불포화지방산인 올레산이 55-83%로 가장 많고, 포화지방산과 다가 불포화지방산은 각각 20% 미만 함유되어 있다(28,29). 올리브유에는 hydroxytyrosol, tyrosol, oleuropein과 같은 페놀류와 스쿠알렌 등이 다량 함유되어 있어, LDL 콜레스테롤을 저하 작용, 항동맥경화, 암 예방 등의 생리활성

*Corresponding author: Hyeon Hee Yu, Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk 573-701, Korea
Tel: 82-63-469-4636
Fax: 82-63-466-2085
E-mail: youhh@kunsan.ac.kr
Received September 13, 2012; revised January 12, 2013;
accepted January 24, 2013

효과와 노화 방지 효과 등이 있다(28,30,31). 식빵에 가장 많이 쓰이는 쇼트닝은 반죽의 팽창을 도와주는 윤활작용(lubrication)을 하며, 결과적으로 빵의 속살(crumb) 구조와 조직의 형성에 큰 역할을 한다. 쇼트닝은 수분 보유 효과가 있기 때문에 저장성을 좋게 해주며 겉껍질을 부드럽게 유지하도록 하는 효과를 가지고 있다. 쇼트닝의 종류에는 라드, 식물성 및 동물성 쇼트닝, 액체 쇼트닝과 액체유가 있다(26). 그러나 액상유를 첨가한 반죽은 전분이 호화되기 전이나 글루텐이 열에 의하여 응고되기 전의 낮은 온도에서 발생하는 수증기나 이산화탄소 또는 공기를 보유하지 못하는 등의 이유로, 액상유를 첨가한 빵은 고체 지방을 첨가한 빵보다 체적이 작은 빵이 될 수 있다고 한다(32,33). 따라서 이러한 현상을 방지하기 위해서는 고체 지방이 일정한 온도까지는 가소성을 유지할 필요가 있어 액상유를 제빵에 사용한 경우 빵의 부피 형성 및 품질에 미치는 영향을 고려해야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 실험은 제빵에 있어 주요 지방 원료인 쇼트닝 대신 올리브 액상유를 대체 원료로 사용하여 품질특성과 식미가 우수한 적정 비율의 최적화를 찾아 기능성을 함유한 건강에 좋은 식빵을 제조하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 흑맥가루와 올리브유를 활용하는 제빵개발을 위해 식빵재료 중 밀가루를 흑맥가루로 대체하고, 쇼트닝은 올리브유로 대체하여 식빵을 제조한 후 품질특성을 측정하고 반응표면분석법(response surface methodology)을 통해 흑맥가루와 쇼트닝, 올리브유의 최적배합비를 산출함으로써 과학적인 제빵성을 구축하여 제빵 제품의 실용화에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 흑맥가루는 (주)청맥(Gochang, Korea)에서 쌀보리인 흑맥을 겨층이 있는 상태에서 제분한 것을 제공받아 시료로 사용하였으며, 강력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea), 올리브유(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 쇼트닝(Lottesamkang Co., Cheonan, Korea), 설탕(Samyang Co., Ulsan, Korea), 소금(Daesang, Seoul, Korea), 탈지분유(Seoulmilk, Seoul, Korea), 이스트(Ottogi Co., Anyang, Korea)를 구입하여 사용하였다.

실험계획

흑맥가루와 올리브유 첨가 식빵의 최적 배합 비율을 설정하기 위하여 예비실험을 기초로 하여 반응표면분석법(response surface methodology)을 이용하였으며, 실험계획은 중심합성계획(central

Table 1. Variable and their levels for central composite design of white pan bread

Variable	Symbol	Coded-variables				
		$-\sqrt{2}$	-1	0	1	$\sqrt{2}$
Black barley flour (%)	X_1	6	10	20	30	34
Olive oil (%)	X_2	0.6	1	2	3	3.4

composite design)을 적용하였다. 독립변수로는 흑맥가루(X_1), 올리브유(X_2), 그리고 종속변수(Y)로는 무게, 부피, 비용적, 색도(L , a , b), 물성 특성(경도, 응집성, 탄력성, 씹힘성, 점착성), 관능적 특성(색, 맛, 향, 조직감, 전체적인 기호도)을 각각 설정하였다. 실험계획은 $-\alpha$, -1 , 0 , 1 , α 의 다섯 단계로 code 값을 정하였으며, 직교중심합성(orthogonal central composite center)에 따라서 독립변수의 수 2개와 중심점의 수 2개에 대한 축점인 α 값으로 $\sqrt{2}$ 로 하였다. 중심합성계획에 의하여 밀가루 대체 흑맥가루 첨가량은 6-34%로, 쇼트닝 대체 올리브유 첨가량은 0.6-3.4%로 하여 10개의 처리를 조합하여 제조하였다(Table 1). 이에 따른 흑맥가루와 올리브유 첨가 식빵 배합은 Table 2와 같이 하였다. 모든 실험의 결과는 SAS (ver. 9.1, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 통계처리를 하였다. 반응표면 분석에서 2개의 독립변수에 대한 2차 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{22} X_2^2$$

여기에서 Y 는 종속변수, X_1, X_2 는 독립변수, β_0 는 절편, β_n 은 회귀계수이다.

식빵 제조법

제빵은 직접반죽법(straight dough method)을 사용하였다. 제조 공정은 호바터 믹서(Model 200, Hobart Co., Troy, MI, USA)를 이용하여 유지류를 제외한 나머지 원료를 첨가하여 크린-업 상태 까지 혼합하였다. 크린-업된 반죽에 쇼트닝을 첨가하여 1단 속도 에서 2분간 혼합한 후 2단 속도에서 최적 상태의 반죽이 형성될 때 까지 혼합하였으며, 혼합 후 최종 반죽온도는 26-28°C가 되도록 하였다. 온도 27°C, 상대습도 80%의 발효기(BP-40, Dae Young Co., Seoul, Korea)에서 최적의 발효상태까지 1차 발효를 실시하였다. 그 후 180 g으로 반죽을 분할하여 둥글리기 한 후 15분간 중간 발효를 하였다. 이 반죽을 성형하여 3개씩(180 g×3)

Table 2. Formulas for white pan bread added with black barley flour and olive oil

[illegible]

빵틀에 넣고, 온도 37°C, 상대습도 85%의 발효기에서 빵틀에 1 cm 정도 높이까지 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 이것을 윗불 180°C, 아랫불 200°C의 오븐(FDO-7102, Dae Young Co., Seoul, Korea)에서 30분간 굽기를 하였다.

무게, 부피, 비용적 측정

빵의 무게는 구운 후 1시간 동안 냉각한 후 측정하였고, 부피는 종자 치환법(rape seed displacement)으로 측정하였으며, 이로 부터 빵의 비용적(mL/g)을 구하였다. 세 개의 시료를 각각 세 번씩 측정하였다.

$$\text{Specific loaf volume (mL/g)} = \text{Bread volume (mL)} / \text{Bread weight (g)}$$

색도 측정

빵의 색도는 CR-200 Chroma Meter (Minolta Inc., Ramsey, NJ, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 명도(L, lightness)는 0(검정색)에서 100(흰색)까지, 적색도(a, redness)는 -80(녹색)에서 100(적색)까지, 황색도(b, yellowness)는 -70(청색)에서 70(황색)까지 측정하였다. 표준판은 백색판을 사용하고 이 백색판이 나타내는 L, a, b는 각각 89.2, 0.923, 0.783로 하였다.

물성 측정

빵의 물성 측정은 Texture Analyser (TA-XT Express, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 감성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 빵은 구운 후 실온에서 2시간 방치 후 2 cm×2 cm×2 cm로 동일한 크기로 잘라 3회 반복하여 측정하였다. 측정 조건은 압착율은 80%, table speed 1.00 mm/sec, adaptor diameter 50 mm, load cell 2 kg로 하였다.

관능적 특성 검사

흑맥가루 식빵의 관능적 특성을 검사하기 위해 군산대학교 식품영양학과 대학원생 중 제빵 교육을 받은 학생 11명을 대상으로 본 연구의 목적과 취지를 설명하고 관능검사와 관련된 교육을 실시한 후 관능평가를 실시하였다. 시료는 빵의 중간부분을 일정한 크기(2 cm×2 cm×2 cm)로 잘라 각각 흰 접시에 담아 물과 함께 실온에서 동시에 제시하였다. 각 시료를 검사하고 나면 반드시 물로 입안을 행군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다. 관능적 특성 검사는 색(color), 외관(appearance), 조직감(texture), 향

(flavor), 맛(taste), 전체적 기호도(overall quality)로 하고 7점 평점법(1점: 매우 싫다, 7점: 매우 좋다)으로 평가하였다.

통계처리

흑맥가루(X_1)와 올리브유(X_2)를 첨가한 식빵 제조의 최적조건을 구하기 위하여 중심합성계획법에 따라 실험설계를 하였고, 통계분석은 SAS (SAS Institute, Inc.)를 이용하여 분석하였다. 또한 통계분석 결과 얻어지는 모든 그래프는 Design Expert (ver. 8.0.7.1, State-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA)를 이용하여 표시하였다. 흑맥가루(X_1)와 올리브유(X_2)의 배합비율을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응 변수와의 관계를 이차회귀식으로 구하였다. 이를 통해 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자간 교호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면 상태를 3차원 그래프와 perturbation plot으로 나타내어 분석을 실시하였다. 회귀분석결과 정상점이 안장점일 경우 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다. Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 최적화를 위한 흑맥가루와 올리브유 첨가량을 선정하였다. 관능적 특성 점수의 목표값을 최대점으로 설정하고, 만족도 함수(desirability function)를 이용하여 만족도를 최대화하는 흑맥가루, 올리브유 배합비율의 최적값을 구하였다.

결과 및 고찰

빵의 무게, 부피, 비용적

흑맥가루와 올리브유를 첨가한 식빵의 제조조건 최적화를 위해 사용한 중심합성 계획에 따라 두 가지 독립변수의 10가지 조건에서 얻어진 무게, 부피, 비용적과 색도, 물성 특성은 Table 3, 분산분석과 회귀분석 결과는 Table 4, 반응표면 곡선(surface plot)은 Fig. 1, perturbation plot은 Fig. 2와 같다.

Table 4에 제시한 바와 같이 빵의 무게에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9478, p -value는 0.0113으로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 정상점은 안장점으로 능선분석을 통한 무게의 최대점은 흑맥가루 29.82%, 올리브유 2.12%이며, 이때 무게의 최댓값은 560.35 g이었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 무게는 증가하였으며, 올리브유보다 흑맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

부피에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9552, p -value는 0.0084으로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명

Table 3. Physical and mechanical properties of white pan bread containing black barley flour and olive oil

Sample No.	Black barley flour (%)	Olive oil (%)	Response factor										
			Weight (g)	Volume (mL)	Specific loaf volume (mL/g)	L	a	b	Hardness (g _f)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (g _f)	Chewiness (g _f)
1	10	1	548.00	3093.33	5.64	71.87	-0.65	14.95	2067.53	0.64	0.49	981.13	662.43
2	30	1	557.00	1783.33	3.20	59.42	1.26	13.14	4198.09	0.46	0.43	2306.51	974.56
3	30	3	559.17	1736.67	3.11	60.76	1.26	12.64	4798.91	0.41	0.41	2723.33	1073.01
4	10	3	548.50	3063.33	5.58	74.13	0.04	14.79	2249.43	0.58	0.47	1053.08	692.97
5	6	2	548.33	3136.67	5.72	78.57	-0.79	15.03	1655.41	0.65	0.48	875.62	537.86
6	20	0.6	550.33	2191.33	3.98	68.39	0.20	14.15	2706.38	0.53	0.45	1404.55	782.05
7	34	2	568.00	1655.00	2.91	57.03	1.47	11.06	5502.59	0.33	0.40	2869.32	1348.96
8	20	3.4	554.33	1841.67	3.32	63.47	0.52	13.74	3628.15	0.50	0.43	1632.53	795.95
9	20	2	551.33	1886.67	3.42	66.61	0.19	13.71	3516.11	0.55	0.45	1569.06	786.11
10	20	2	552.17	1955.00	3.54	65.84	0.41	13.35	3473.85	0.53	0.45	1548.10	786.10

Table 4. Analysis of predicted model equation for the physical and mechanical properties of white pan bread containing black barley flour and olive oil

Response	Polynomial equation	Model	R ² ¹⁾	F-value	p-value ²⁾
Weight	$=549.299-0.565X_1+1.124X_2+0.027X_1^2+0.042X_1X_2-0.229X_2^2$	Linear	0.9478	14.53	0.0113*
Volume	$=4797.308-174.617X_1-467.398X_2+2.908X_1^2-0.417X_1X_2+101.084X_2^2$	Linear	0.9552	17.05	0.0084**
Specific loaf volume	$=8.753-0.316X_1-0.860X_2+0.005X_1^2-0.0009X_1X_2+0.185X_2^2$	Linear	0.9562	17.48	0.0080**
L	$=82.142-0.940X_1+0.946X_2+0.007X_1^2-0.023X_1X_2-0.226X_2^2$	Linear	0.9591	18.76	0.0070**
a	$=-1.789-0.093X_1+0.232X_2+0.0005X_1^2-0.017X_1X_2+0.063X_2^2$	Linear	0.9881	66.69	0.0006***
b	$=16.532-0.044X_1-1.210X_2-0.001X_1^2-0.008X_1X_2+0.306X_2^2$	Linear	0.9471	14.32	0.0116*
Hardness	$=285.444+93.224X_1+751.410X_2+0.309X_1^2+10.473X_1X_2-175.019X_2^2$	Linear	0.9919	97.87	0.0003***
Springiness	$=0.673-0.002X_1+0.002X_2-0.0001X_1^2+0.0001X_1X_2-0.005X_2^2$	Linear	0.9691	25.07	0.0041**
Cohesiveness	$=0.513-0.002X_1-0.002X_2-0.00002X_1^2+0.0002X_1X_2-0.003X_2^2$	Linear	0.9793	37.80	0.0018**
Gumminess	$=933.009-14.458X_1-58.672X_2+1.748X_1^2+8.622X_1X_2-2.958X_2^2$	Quadratic	0.9961	205.89	0.0000***
Chewiness	$=646.513-10.319X_1-5.696X_2+0.748X_1^2+1.698X_1X_2-2.418X_2^2$	Linear	0.9428	13.19	0.0135*

¹⁾R² is coefficient of determination.

²⁾* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

력이 높았다. 능선분석결과 흑맥가루 29.43%, 올리브유 2.30%일 때 최소 1608.0 mL을 나타내었고, 흑맥가루 5.88%, 올리브유 1.92%일 때 최대 3341.54 mL였다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 부피는 감소하였다. 유지를 첨가하지 않은 빵반죽과 올리브유 4%를 첨가한 각각의 빵반죽 간의 팽창력은 차이를 보이지 않았으나, 올리브유 6% 첨가한 빵 반죽은 팽창력이 낮아졌다(33)고 하였다. 본 실험에서 중심점(2%)보다 올리브유 첨가량이 많으면 빵 반죽의 팽창도가 감소되는 경향을 보였다. 또한 올리브유보다 흑맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

비용적에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R² 값은 0.9562, p -value는 0.0080으로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 흑맥가루 5.88%, 올리브유 1.92%일 때 최대 6.09 mL/g를 나타내었고, 흑맥가루 29.48%, 올리브유 2.28%일 때 최소 2.87 mL/g를 나타내었다. 부피와 마찬가지로 흑맥가루와 올리브유의 함량이 증가하면 비용적은 감소하였으며, 올리브유보다 흑맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 보리가루(6,15,16) 뿐만 아니라, 쌀가루(19), 흑미가루(22-24), 현미가루(21), 메밀가루(34)와 같은 복합분 뿐만 아니라 밤가루(35), 황기가루(36) 첨가 시에도 무게는 증가하고 부피는 감소하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 식빵의 부피는 반죽상태, 단백질의 양과 질, 수분 흡수율, 발효정도, 글루텐 함량의 차이 등에 의하여 가스 생성력 및 보유력이 달라지기 때문에 부피의 차이가 있다(37)고 한다. 따라서 본 실험에서 흑맥가루 첨가량이 많아짐에 따라 비용적이 줄어든 것은 밀가루 외 부재료인 흑맥가루 양이 많아지면서 상대적으로 밀가루의 글루텐이 적어져 망상구조 형성이 어려워졌을 뿐 아니라 수분 흡수율, 발효정도 등도 줄어들고, 이에 따라 가스 생성력 및 보유력이 약해져 나타난 결과로 보인다. 그러나 올리브유의 영향은 흑맥가루보다 적었는데 이는 빵 제조에 적당한 유지의 경우 0.5% 첨가에 빵의 부피가 11% 증가하고 3.0% 첨가에는 빵의 내관이 향상된다. 즉, 이스트 발효 빵에 있어 유지는 빵의 부피와 조직을 개선하고, 유허작용을 하며, 슬라이싱을 쉽게 하고, 식감과 보존성을 좋게 하는 효과가 있다. 이러한 기능을 위해 빵 반죽에 첨가하는 유지는 3-6% 이내에 첨가가 가장 적당한다(32), 본 실험에서 쇼트닝과 올리브유 전체 함량이 4%를 넘지 않았으며 이 범위 내에서 쇼

트닝 대신 올리브유 적정하게 첨가하여 올리브유에 의한 빵의 부피와 비용적의 변화가 적은 것이라고 생각된다.

색도

Table 4에 제시한 바와 같이 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 명도 L값에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R² 값은 0.9591, p -value는 0.0070로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안장점으로 흑맥가루 5.86%, 올리브유 1.99%일 때 최대 L값은 77.59이었고, 흑맥가루 29.82%, 올리브유 2.12%일 때 최소 L값은 59.91이었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 식빵의 색은 어두워지는 것으로 나타났다. 이는 식빵 제조시에 밀가루 외 첨가물이 증가할수록 첨가물로부터 유래된 색소의 영향으로 빵의 명도가 낮아진다는 다른 연구와 같은 결과로서 보리가루(15,16), 흑미가루(23, 24), 현미가루(21), 메밀가루(34), 밤가루(35), 황기가루(36)를 넣은 빵이 밀가루로만 만든 빵보다 명도가 감소하였다는 연구와 일치하였다. 그러나 쌀가루(19)를 넣은 빵은 쌀가루 첨가량이 증가함에 따라 L값이 높게 나타났고 하였다. 유색보리에는 안토시아닌을 비롯한 탄닌, 폴리페놀, 플라보노이드가 다량 함유되어 있고(1, 38,39), 올리브유에는 클로로필, 페오피틴, 카로티노이드와 같은 다양한 색소 성분이 함유되어 있다(40)고 한다. 따라서 본 연구에서 흑맥가루와 올리브유의 색소성분이 발효과정, 굽기과정 등 제빵 과정 중 변성되어 빵의 명도가 낮아지는 결과를 가져온 것이라고 볼 수 있겠다.

적색도 a값에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9881, p -value는 0.0006로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안장점으로 흑맥가루 29.89%, 올리브유 1.96%일 때, a 값은 최대 1.13으로 나타났다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 식빵의 적색도는 높아지며, 올리브유 첨가량이 증가하면 적색도는 약간씩 감소하는 것으로 나타났다. 적색도의 변화에는 올리브유보다 흑맥가루의 첨가량의 영향이 매우 컸다. 안토시아닌 색소를 가진 흑맥가루 첨가량이 증가함에 따라 적색도가 높아진 것으로 보인다.

황색도 b값에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선

Fig. 1. Response surface for physical and mechanical properties of white pan bread containing black barley flour (A:X1) and olive oil (B:X2).

의 결정계수 R^2 값은 0.9471 p -value는 0.0116으로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안정점으로 흑맥가루가 8.46%, 올리브유가 1.18%일 때, b 값은 최대 14.97로 나타났다. 흑맥가루가 29.83%, 올리브유가 2.11%일 때, b 값은 최소 12.19이었다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 식빵의 황색도는 감소하며, 올리브유의 첨가량에 대해서는 중심점까지는 증가하다가 중심점보다 첨가량이 크면 황색도가 감소되었다. 황색도의 변화에는 올리브유보다 흑맥가루의 첨가량의 영향이 컸다.

이는 안토시아닌 색소 등을 다량 함유한 흑미가루(24)와 자색 고구마(41)의 첨가량이 증가할수록 빵의 적색도는 증가하고, 황색도는 감소하였다는 연구와 같은 경향이라고 볼 수 있다. 보리 등겨 가루를 5-15% 첨가하였을 때 빵의 적색도와 황색도는 거의 변화가 없다고 하여(17), 일반 보리와 등겨가루에는 안토시아닌 색소가 거의 들어 있지 않음을 알 수 있다.

물성 특성

Table 4에 제시한 바와 같이 경도에 대한 흑맥가루, 올리브유

Fig. 2. Perturbation plot for physical and mechanical properties of white pan bread containing black barley flour (A) and olive oil (B).

Table 5. Sensory properties of white pan bread containing black barley flour and olive oil

Sample No.	Black barley flour (%)	Olive oil (%)	Responses					
			Color	Appearance	Texture	Flavor	Taste	Overall quality
1	10	1	5.64 ¹⁾	5.45	5.55	5.27	4.91	4.45
2	30	1	3.55	3.36	3.55	3.55	4.18	3.91
3	30	3	3.00	2.64	3.00	3.18	2.82	3.18
4	10	3	5.09	5.36	5.64	5.36	4.73	3.55
5	6	2	5.36	5.91	5.91	5.64	5.55	5.00
6	20	0.6	5.91	5.55	6.00	6.09	5.91	5.09
7	34	2	2.64	2.82	3.00	4.09	3.18	2.91
8	20	3.4	5.64	5.09	5.00	5.82	5.55	4.64
9	20	2	6.00	6.64	5.91	6.00	6.55	5.82
10	20	2	5.91	6.64	5.82	5.82	6.36	5.91

¹⁾Hedonic scale: 1 (extremely bad) to 7 (extremely good).

Table 6. Analysis of predicted model equation for the sensory properties of white pan bread containing black barley flour and olive oil

Response	Polynomial equation	Model	R ² ¹⁾	F-value	p-value ²⁾
Color	$=2.927+0.347X_1+0.742X_2-0.011X_1^2+0.000X_1X_2-0.232X_2^2$	Quadratic	0.9520	15.86	0.0096**
Appearance	$=2.200+0.436X_1+3.412X_2-0.012X_1^2-0.015X_1X_2-0.820X_2^2$	Quadratic	0.9573	17.94	0.0076**
Texture	$=3.247+0.259X_1+1.358X_2-0.008X_1^2-0.016X_1X_2-0.318X_2^2$	Quadratic	0.9475	14.43	0.0114*
Flavor	$=2.997+0.263X_1+1.127X_2-0.007X_1^2-0.011X_1X_2-0.245X_2^2$	ns	0.7411	2.29	0.2211
Taste	$= -0.119+0.491X_1+2.671X_2-0.012X_1^2-0.029X_1X_2-0.584X_2^2$	Quadratic	0.8766	8.21	0.0384*
Overall quality	$=0.473+0.389X_1+2.269X_2-0.011X_1^2-0.004X_1X_2-0.659X_2^2$	Quadratic	0.8513	8.01	0.0399*

¹⁾R² is coefficient of determination.

²⁾* $p<0.05$, ** $p<0.01$

첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9919, p -value는 0.0003로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안장점으로 흑맥가루 29.68%, 올리브유 2.21%일 때 최대 4816.06 g_r을 나타내었고, 흑맥가루 6.06% 올리브유 1.76%일 때 최소 1754.0 g_r을 나타내었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 경도는 증가하는 것으로 나타났다. 빵의 경도에 영향을 미치는 주요 요인은 빵의 부피와 수분함량, 2차 발효 중 반죽 내 기공의 발달정도 등이 있는데(15), 본 연구에서 흑맥가루와 올리브유 첨가량이 증가함에 따라 무게는 증가하고, 부피와 비용적은 감소하여, 이로 인해 경도는 높아지고 탄력성은 낮아진 것으로 보인다.

탄력성에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9691, p -value는 0.0041로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 흑맥가루 6.51%, 올리브유 1.57%일 때 최대 0.64를 나타내었다. 흑맥가루와 올리브유 첨가량이 증가할수록 탄력성은 감소하였으며, 올리브유보다 흑맥가루 첨가량이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

응집성에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9793, p -value는 0.0018로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 흑맥가루 6.67%, 올리브유 1.52%일 때 최대 0.49를 나타내었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 응집성은 증가하는 것으로 나타났다.

검성에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9961, p -value는 0.0000로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안장점으로 흑맥가루 29.76%, 올리브유 2.17%일 때 최대

2465.23 g_r을 나타내었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 검성은 증가하는 것으로 나타났으며, 검성의 변화에는 올리브유보다 흑맥가루의 첨가량의 영향이 매우 컸다.

썩힘성에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R² 값은 0.9428, p -value는 0.0135로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 안장점으로 흑맥가루 29.86%, 올리브유 2.09%일 때 최대 1088.60 g_r을 나타내었다. 흑맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 썩힘성은 증가하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 흑맥가루, 올리브유 함량이 증가하면 경도, 응집성, 검성, 썩힘성은 증가하고 탄력성은 감소한 것으로 나타났다.

Lee와 Chang(15)은 찰성과 메성 보리가루 20%를 첨가시 무첨가 식빵에 비해 경도, 검성, 썩힘성이 증가하였다고 하였다. Choi(17)는 식빵에 보리등겨 가루를 5-15% 첨가시 경도, 탄력성, 검성, 파쇄성이 증가하였고, 응집성은 큰 변화는 없다고 하였다. Kim 등(34)은 메밀가루의 첨가량이 증가할수록 빵의 경도, 강도, 최대하중치는 증가하고, 탄성과 응집성은 감소하였으나, 글루텐, 아스코르브산, hydroxy propyl methyl cellulose를 첨가함으로써 이러한 물성이 개선되었다고 하였다.

밀가루의 글루텐이 수화되면 탄성(elasticity)과 응집성(cohesiveness)을 보이는데 글루텐을 형성하고 있는 글리아딘은 응집성과 신장성을, 글루테닌은 탄력성을 보인다. 따라서 밀가루 반죽에 있어서 글루텐은 구조를 이루고 발효 중 생성되는 가스를 보유하는 기능을 갖게 된다(26). 밀가루 대체 복합분이 증가하면 밀 글루텐을 비롯한 단백질 함량이 낮아 단백질 matrix 구조가 엉성하고, 기포의 크기도 균일하지 못하며, 불연속적인 matrix를 형성하여 경도, 검성, 썩힘성이 증가한다(14)고 한다.

Fig. 3. Response surface for sensory properties of white pan bread containing black barley flour (A:X1) and olive oil (B:X2).

관능적 평가

10개의 흑맥가루와 올리브유 첨가 식빵에 대한 7점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Table 5, 분산분석과 회귀분석 결과는 Table 6, 각 성분들의 반응을 보기위한 반응표면곡선(surface plot)은 Fig. 3, perturbation plot은 Fig. 4와 같다.

색에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9520, p -value는 0.0096으로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 최대점으로 흑맥가루 15.51%, 올리브유 1.60%일 때 최대 6.21을 나타내었다. 흑맥가루 첨가량이 증가할수록 색에 대한 기호도가 감소하였는데, 올리브유는 중심점 부근까지는 색에 대한 기호도가 거의 변화가 없다가 중심점보다 첨가량이 증가하면 감소하였다.

외관에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9573, p -value는 0.0076로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 최대점으로 흑맥가루 15.62%, 올리브유 1.93%일 때 최대 6.90을

나타내었다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 외관에 대한 기호도는 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 중심점까지는 긍정적으로 평가되다가 중심점보다 커지면 외관에 대한 기호도가 감소하였다. 즉, 올리브유 보다 흑맥가루 첨가량이 커질수록 외관에 대한 기호도는 더 많이 감소하였다.

조직감에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9475, p -value는 0.01147로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 최대점으로 흑맥가루 13.68%, 올리브유 1.79%일 때 최대 6.23을 나타내었다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 조직감에 대한 기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

향에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.7411, p -value는 0.2211로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 유의적이 않은 것으로 나타났다. 이는 흑맥가루와 올리브유 첨가량에 따라 향에 대한 기호도가 유

Fig. 4. Perturbation plot for sensory properties of white pan bread containing black barley flour (A) and olive oil (B).

의적인 차이가 없어 나타난 결과로 보인다.

맛(taste)에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8766, p -value는 0.0384로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 최대점으로 흑맥가루 17.22%, 올리브유 1.85%일 때 최대 6.57을 나타내었다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

전체적 기호도에 대한 흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8513, p -value는 0.0399로 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 능선분석결과 정상점은 최대점으로 흑맥가루 17.79%, 올리브유 1.78%일 때 최대 5.95를 나타내었다. 흑맥가루의 첨가량이 증가할수록 전체적

기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

흑맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 비율 최적화

최적화는 Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 자색가루와 올리브유 첨가량을 선정하였다. 관능평가 중 유의적으로 나타난 색, 외관, 조직감, 맛, 전체적 기호도 항목에 대해 최고값을 목표점으로 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점(numerical point)을 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정하고 가장 높은 desirability를 나타낸 최적점을 선택하여 지점 예측(point prediction)을 통해 도출하였다(Fig. 5). 예측된 최적값은 흑맥가루 18.00%, 올리브유 1.8%였다. 이 때 색 6.14 외관 6.82,

Fig. 5. Overlay plot of sensory properties of white pan bread containing black barley flour (A:X1) and olive oil (B:X2).

조식감 6.08, 맛 6.57, 전체적 기호도 5.95으로 desirability 1.0인 것으로 나타났다.

요 약

흑맥가루와 올리브유를 첨가하여 식빵의 영양성과 기호성을 개선하기 위해, 밀가루 대체 흑맥가루 첨가량은 6-34%로, 쇼트닝 대체 올리브유 첨가량은 0.6-3.4%로 첨가량을 달리 하여 식빵을 제조한 후 반응표면분석법으로 최적화하여 최적조건을 구하고자 하였다. 실험결과 이화학적 특성과 물성 중 무게, 부피, 비용적, 명도, 적색도, 황색도, 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성이 linear 모델이 채택되었으며, 감성은 quadratic 모델이 채택되었다. 관능적 특성 중에서는 색, 외관, 조식감, 맛, 전체적 기호도가 quadratic 모델이 채택되었고, 향은 이차 회귀분석에 대한 설명력이 부족한 것으로 나타났다. 이화학적 특성과 물성 중 흑맥가루와 올리브유 첨가량이 증가할수록 무게, 적색도, 경도, 응집성, 감성, 씹힘성이 증가하였고 부피, 비용적, 명도, 황색도, 탄력성은 감소하였다. 이화학적 특성과 물성 특성에 흑맥가루 첨가량에 대한 영향이 올리브유 첨가량에 대한 영향 보다 컸다. 관능특성 검사 결과 향을 제외한 모든 관능검사 항목에서 흑맥가루와 올리브유 첨가량에 의해 증가하다가 감소하는 경향을 볼 수 있었으며, 올리브유에 대한 영향은 흑맥가루 첨가량에 대한 영향보다 적었다. 관능특성 검사 결과 중 유의성이 있었던 모든 항목의 최대값을 목표범위를 충족시키는 최적의 배합비율은 흑맥가루 18.00%, 올리브유 1.80%로 산출되었다. 본 연구 결과는 흑맥가루와 올리브유를 이용한 식빵을 비롯한 기능성 식품의 개발에 있어 기초자료로 이용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동기술개발사업(No. C0022514)의 연구수행으로 인한 결과물로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Park SM, Choi YM, Kim YH, Ham HM, Jeong HS, Lee JS. Antioxidant content and activity in methanolic extracts from col-

- ored barley. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1043-1047 (2011)
2. Castaneda-Ovando A, Pacheco-Hernandez ML, Paez-Hernandez ME, Rodriguez JA, Galan-Vidal CA. Cmmnchemical studies of anthocyanins. Food Chem. 113: 859-871 (2009)
3. Kowalczyk E, Krzesinski P, Fijalkowski P, Blaszczyk J, Kowalski J. The use of anthocyanins in the treatment of cardiovascular diseases. Pol. Merkur. Lekarski. 19: 108-110 (2005)
4. Konczak I, Zhang W. Anthocynins-more than natures colours. J. Biomed. Biotechnol. 5: 239-240 (2004)
5. Newman RK, Lewis SE, Newman CW, Boik RJ, Ramag RT. Hypcholesterolemic effect of barley foods on healthy men. Nutr. Rep. Intl. 39: 749-760 (1989)
7. Kalra S, Jood S. Effect of dietary barley β -glucan on cholesterol and lipoprotein tractions in rats. J. Cereal Sci. 31: 141-145 (2000)
8. Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. Am. J. Clin. Nutr. 80: 1185-1193 (2004)
6. Cho MK, Lee WJ. Preparation of high-fiber bread with barley flour. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 702-706 (1996)
9. Qureshi AA, Burger WC, Peterson DM, Elson CE. Ther structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. J. Biol. Chem. 261: 10544-10550 (1986)
10. Qureshi AA, Qureshi N, Wright JJK, Shen Z, Kramer G, Gapor A, Chong YH, Dewitt G, Ong ASH, Peterson DM, Bradlow BA. Lowering serum choleterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). Am. J. Clin. Nutr. 53: 1021-1026 (1991)
11. Baik BK, Ullrich SE. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. J. Cereal Sci. 48: 233-242 (2008)
12. Matinez-Anaya PB, Bayarri P, Benedito BC. Microflora of the sour doughs of wheat flour bread. Cereal Chem. 67: 85-91 (1990)
13. Chamberlain N, Collins TH, McDermott EE. α -Amylase and bread properties. J. Food Technol. 16: 127-152 (1987)
14. Ryu CH. Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour 1. Rheological properties of dough made with waxy barley-wheat flour mixture. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1034-1043 (1999)
15. Lee YT, Chang HG. Effect of waxy and normal hull-less barley flours on bread-making properies. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 918-923 (2003)
16. Ha YM, Park YK, Kang JH, Kim MH. Dough properties and quality characteristics of breads added with barley flour. Korean J. Food Preserv. 19: 344-353 (2012)
17. Choi UK. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 746-750 (2005)
18. Kim SJ, Kim HJ, Ma SJ, Kim SJ. Preparation and quality characteristics of rice breads. Korean J. Food Culture. 20: 433-437 (2005)
19. Park MK, Lee KH, Kang SA. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. Korean J. Food Cookery Sci. 22: 419-427 (2006)
20. Choi ID. Substitution of rice flour on bread-making properties. Korean J. Food Preserv. 17: 667-673 (2010)
21. Kim MH, Shin MS. Quality characteristics of bread made with brown rice flours of different preparation. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 19: 136-143 (2003)
22. Jung DS, Eun JB. Rheological properies of dough added with black rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 38-43 (2003)
23. Lee YS, Kim WM, Kim TH. A study on the rheological and sensory properties of bread added waxy black rice flour. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 337-345 (2007)
24. Kim WM, Lee YS. A study on the antioxidant activity and quality characteristics of pan bread with waxy black rice flour and green tea powder. Korean J. Culinary Research 14: 1-13 (2008)
25. Kim BR, Choi YS, Lee SY. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 241-247 (2000)
26. Kim SG, Cho NJ, Kim YH, Baking Science. B&C World Co., Seoul, Korea. pp. 128-131 (2009)
27. Jang YG, Park HR, Byeon GY, Lee BG, Gyeon JS. Basic Nutrition, Gyomunsa, Seoul, Korea. pp. 118-120 (2006)
28. José ML-B, Carmen A, Maria AN, Jesús O. Efficacy of bioactive compounds from extra virgin olive oil to modulate atherosclerosis

- development. Mol. Nutri. Food Res. 56: 1043-1057 (2012)
29. Waterman E, Lockwood B. Active components and clinical applications of olive oil. Altern. Med. Rev. 12: 331-342 (2007)
30. Owen RW, Giacosa A, Hull WE, Haubner R, Würtele G, Spiegelhalder B, Bartsch H. Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. Lancet Oncol. 1: 107-112 (2000)
31. Owen RW, Haubner R, Würtele G, Hull E, Spiegelhalder B, Bartsch H. Olives and olive oil in cancer prevention. Eur. J. Cancer Prev. 13: 319-326 (2004)
32. Cho NJ, Kim YH. Fundamental of Baking Ingredients. B&C World Co., Seoul, Korea. pp. 128-129 (2001)
33. Lee SH, Yun MS, Lee JH, Min SG, Lee SK. Quality characteristics of white pan bread with olive oil. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 48: 217-221 (2005)
34. Kim BR, Choi YS, Lee SY. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 241-247 (2000)
35. Oh CH, Kim YM, Han MS, OH NS. Effect of chestnut flour on the rheology of dough and processing adaptability of white pan bread. Food Eng. Prog. 15: 15-21 (2011)
36. Min SH, Lee BR. Effect of *Astragalus membranaceus* powder on yeast bread baking quality. Korean J. Food Culture. 23: 228-234 (2008)
37. Parkkonen T, Harkonen H, Autio K. Effect of baking on the microstructure of rye cell walls and protein. Cereal Chem. 71: 58-63 (1994)
38. Song ES, Park SJ, Woo NAR, Won MH, Choi JS, Kim JG, Kang MH. Antioxidant capacity of colored barley extracts by varieties. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1491-1497 (2005)
39. Bellido GG, Beta T. Anthocyanin composition and oxygen radical scavenging capacity (ORAC) of milled and pearled purple, black, and common barley. J. Agric. Food Chem. 57: 1022-108 (2009)
40. Maria JM, Francisco JH, Antonio JM-M. The color of olive oils: The pigments and their likely health benefits and visual and instrumental methods of analysis. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 9: 278-291 (2010)
41. Lee SM, Park GS. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. Korean J. Food Cookery Sci. 27: 1-16 (2011)