

자맥가루와 올리브유 첨가 식빵의 제조조건 최적화

김진곤¹ · 김영호² · 오종철³ · 유현희^{4*}

¹군산대학교 일반대학원 가정학과, ²혜전대학교 제과제빵학과
³군산대학교 통계컴퓨터학과, ⁴군산대학교 식품영양학과

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

Jin Kon Kim¹, Young-Ho Kim², Jong Chul Oh³, and Hyeon Hee Yu^{4*}

¹Dept. of Home Economics, Kunsan National University, Jeonbuk 573-701, Korea

²Dept. of Baking Technology, Hyejeon College, Chungnam 350-702, Korea

³Dept. of Statistics & Computer Science and

⁴Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Jeonbuk 573-701, Korea

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions of two different amounts of purple barley flour (X_1), and olive oil (X_2) in baking white pan bread. The experiment was designed according to the central composite design of response surface methodology, which showed 10 experimental points including 2 replicates. The more purple barley flour added, the more weight, yellowness (b-value), hardness, gumminess, and chewiness increased; but the more volume, specific loaf volume, lightness (L-value), and springiness decreased. The greater the amount of olive oil added, the more hardness, cohesiveness, gumminess, and chewiness increased; but the more yellowness (b-value) and springiness decreased. The physical and mechanical properties were affected more by the amount of purple barley flour than by the amount of olive oil. Sensory properties except flavor were more affected by the amount of purple barley flour than by the amount of olive oil.

Key words: response surface methodology, white pan bread, purple barley flour, olive oil

서 론

보리(Barley, *Hordeum vulgare* L.)는 세계적으로 중요한 5대 작물 중의 하나로, 65~68%의 전분, 10~17%의 단백질, 4~9%의 β -glucan, 2~3%의 지방, 1.5~2.5%의 무기질 등을 함유하고 있다(1-3). 보리는 β -glucan을 비롯한 수용성, 불용성 식이섬유를 다량 함유하고 있는데, 이는 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시켜 지질대사를 개선시키고, glycemic index를 낮추어 당뇨 환자에게도 좋은 효과를 주는 등 영양 및 기능성면에서도 우수하여 건강식품 소재로 이용 가능성이 높다고 한다(4-7). 보리가루는 밀가루의 대체 가능한 복합분으로 평가되어 보리가루를 이용한 빵류, 케익류, 쿠키류, 과자류, 면류 및 스낵류 등의 다양한 제품이 가공되고 있다(8-13).

천연식품에 존재하는 색소 성분은 인체 내에서 다양한 생리활성 효과를 나타내는 것으로 보고됨에 따라 흑미와 검정콩과 같은 유색 작물에 대한 연구가 증가하고 있다(14,15).

자맥(紫麥)은 겨층에 안토시아닌계 색소를 함유하고 있는 유색 보리의 일종이다(16,17). 안토시아닌 색소는 떡, 식혜, 죽, 껌 및 과자 등의 식품첨가용 천연착색 물질로서 이용될 뿐만 아니라 생체 내에서 항균, 항산화, 항염증, 심장병 예방 및 암세포 성장 억제 등 주요한 생리활성 기능이 알려지면서 이들 색소에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(18). Bel-lido와 Beta(19)는 유색 보리에서 추출한 안토시아닌은 보리의 겨층에 풍부하며, 안토시아닌 함량이 보통 보리보다 황색 보리는 5배, 자색 보리는 15배가 많고 이는 산소 라디칼 소거능과 유의한 상관관계가 있다고 하였다.

최근에 건강과 관련하여 지방의 섭취량을 줄이는 것을 권장하고 있으며, 심장혈관 질환을 예방하는 의미에서 특별히 포화지방산과 트랜스지방산, 콜레스테롤 섭취량을 줄이는 것을 권장하고 있다(20). 올리브유는 올리브 열매에서 채취한 담황색의 불건성유로 스페인, 이탈리아, 그리스, 튀니지, 모로코와 리비아 등의 지중해 연안 지역에서 주로 생산되어 지중해식 식단에서 중요한 자리를 차지하고 있는 식품이다

*Corresponding author. E-mail: youhh@kunsan.ac.kr
Phone: 82-63-469-4636, Fax: 82-63-466-2085

USA)를 이용하여 유지류를 제외한 나머지 원료를 첨가하여 크린-업 상태까지 혼합하였다. 크린-업된 반죽에 쇼트닝을 첨가하여 1단 속도에서 2분간 혼합한 후 2단 속도에서 최적 상태의 반죽이 형성될 때까지 혼합하였다. 혼합 후 최종 반죽온도는 26~28°C가 되도록 하고 1차 발효는 27°C, 상대습도 80%의 발효기(BP-40, Dae Young Co., Seoul, Korea)에서 최적의 발효상태까지 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 180 g으로 분할하여 둥글리기 한 후 15분간 중간 발효를 시켰다. 중간 발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스빠기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵틀에 3개씩(180 g×3) 넣고 발효실(37°C, 상대습도 85%)에서 빵틀에 1 cm 정도 높이까지 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 200°C의 오븐(FDO-7102, Dae Young Co.)에서 굽기를 하였다.

무게, 부피, 비용적 측정

빵의 무게는 구운 후 실온에서 1시간 동안 냉각한 후 측정하고, 부피는 중차 치환법에 의해 세 개의 시료를 각각 세 번씩 측정한 후 비용적(mL/g)값으로 나타내었다.

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

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, 0.783으로 하였다.

물성 측정

빵의 물성 측정은 Texture Analyzer(TA-XT Express, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 사용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 빵은 구운 후 실온에서 2시간 방치 후 2×2×2 cm로 동일한 크기로

잘라 3회 반복하여 측정하였다. 측정 조건은 압착율 80%, table speed 1.00 mm/sec, adaptor diameter 50 mm, load cell 2 kg으로 하였다.

관능적 특성 검사

자맥가루 식빵의 관능적 특성을 검사하기 위해 군산대학교 식품영양학과 대학원생 중 제빵 교육을 받은 학생 10명을 대상으로 본 연구의 목적과 취지를 설명하고 관능검사와 관련된 교육을 실시한 후 관능평가를 실시하였다. 시료는 빵의 중간부분을 일정한 크기(2×2×2 cm)로 잘라 각각 흰 접시에 담아 물과 함께 실온에서 동시에 제시하였다. 각 시료를 검사하고 나면 반드시 물로 입안을 헹군 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.

통계분석

자맥가루(X₁)와 올리브유(X₂)을 첨가한 식빵 제조 최적조건을 구하기 위해 중심합성계획법에 따라 실험설계를 하였고 SAS(version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)와 Design Expert(version 8.0.7.1, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA)를 사용하여 반응표면분석을 하였다. 자맥가루(X₁)와 올리브유(X₂)의 배합비율을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응 변수와의 관계를 이차회귀식으로 구하였고, 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자간 교호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면 상태를 3차원 그래프와 perturbation plot로 나타내어 분석을 실시하였다. 이상의 회귀분석 결과를 통하여 최적점을 구하는 다중 특성 최적화를 수행하였다.

결과 및 고찰

자맥가루와 올리브유를 첨가한 식빵 제조조건 최적화를 목적으로 실시한 중심합성 계획에 따른 두 가지 독립변수의 10가지 조건에서 얻어진 무게, 부피, 비용적과 색도, 물성 특성은 Table 3과 같다. 5 수준 2 요인에 대한 이차회귀식에

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

Sample No.	Purple barley flour (%)	Olive oil (%)	Response factor										
			Weight (g)	Volume (mL)	Specific loaf volume	L	a	b	Hardness (g _i)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (g _i)	Chewiness (g _i)
1	10	1	493.67	1921.67	3.89	73.50	1.33	16.76	704.84	0.53	0.53	355.42	202.853
2	30	1	498.33	1383.33	2.78	62.50	3.19	12.72	3981.01	0.26	0.56	2182.40	586.786
3	30	3	502.17	1240.00	2.47	62.54	2.59	13.72	6163.72	0.21	0.57	3376.70	729.400
4	10	3	494.67	1891.67	3.82	71.70	1.22	16.86	1351.85	0.51	0.54	674.57	304.236
5	6	2	491.67	1923.33	3.91	79.26	1.04	17.33	638.76	0.55	0.52	381.94	183.931
6	20	0.6	498.00	1636.67	3.29	69.32	1.99	15.73	1441.40	0.33	0.53	727.30	319.600
7	34	2	501.83	1348.33	2.69	61.73	3.63	13.27	4087.91	0.26	0.58	3560.30	644.184
8	20	3.4	497.67	1528.33	3.07	65.37	1.61	15.81	3586.46	0.29	0.57	1923.75	551.954
9	20	2	498.67	1618.33	3.24	68.40	1.77	16.77	1956.51	0.34	0.55	1081.63	387.976
10	20	2	498.33	1616.67	3.24	68.36	1.84	16.27	2140.04	0.33	0.54	1223.48	405.593

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

Response	Polynomial equation	Model	R ² ¹⁾	F-value	p-value
Weight	= 489.776 + 0.332X ₁ + 0.547X ₂	Linear	0.9013	31.98	0.0003***
Volume	= 2184.137 - 24.403X ₁ - 40.818X ₂	Linear	0.9397	54.58	0.0001***
Specific loaf volume	= 4.459 - 0.052X ₁ - 0.086X ₂	Linear	0.9587	81.28	0.0001***
L	= 81.342 - 0.562X ₁ - 0.918X ₂	Linear	0.9317	47.74	0.0001***
a	= 0.986 + 0.003X ₁ + 0.082X ₂ + 0.003X ₁ ² - 0.013X ₁ X ₂ + 0.002X ₂ ²	Quadratic	0.9956	27.66	0.0045**
b	= 18.451 - 0.162X ₁ + 0.152X ₂	Linear	0.8420	18.66	0.0016**
Hardness	= -2102.042 + 162.073X ₁ + 732.912X ₂	Linear	0.8802	25.70	0.0006***
Springiness	= 0.638 - 0.012X ₁ - 0.058X ₂	Linear	0.8905	28.47	0.0004***
Cohesiveness	= 0.494 + 0.002X ₁ + 0.009X ₂	Linear	0.9094	35.13	0.0002***
Gumminess	= 951.288 - 94.565X ₁ - 381.765X ₂ + 4.090X ₁ ² + 21.879X ₁ X ₂ + 86.219X ₂ ²	Quadratic	0.9989	114.01	0.0003***
Chewiness	= -76.496 + 18.249X ₁ + 71.574X ₂	Linear	0.9684	107.34	0.0001***

¹⁾R² is coefficient of determination. **p<0.01, ***p<0.001.

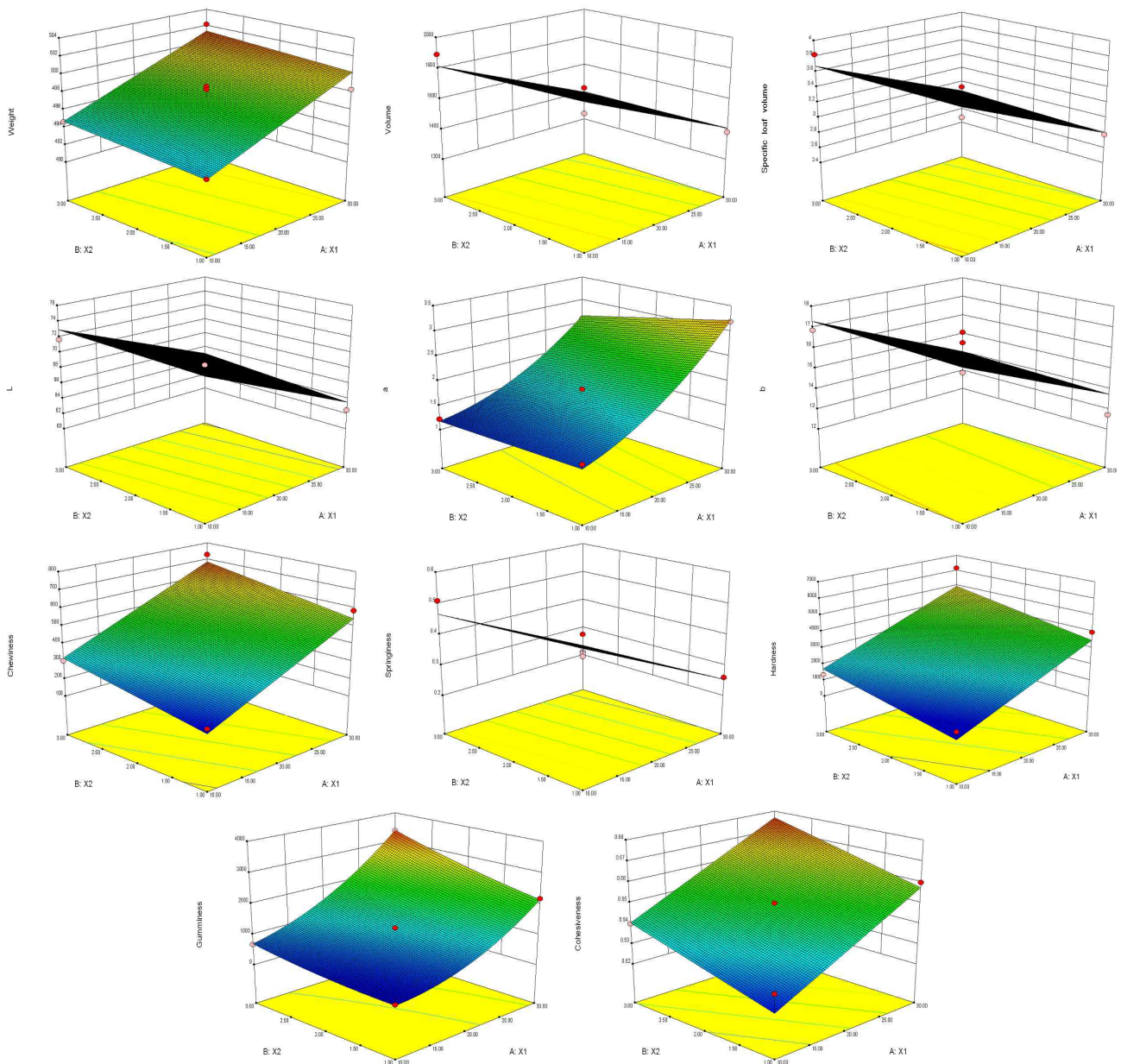


Fig. 1. Response surface for physical and mechanical properties of white pan bread containing purple barley flour (A: X₁) and olive oil (B: X₂).

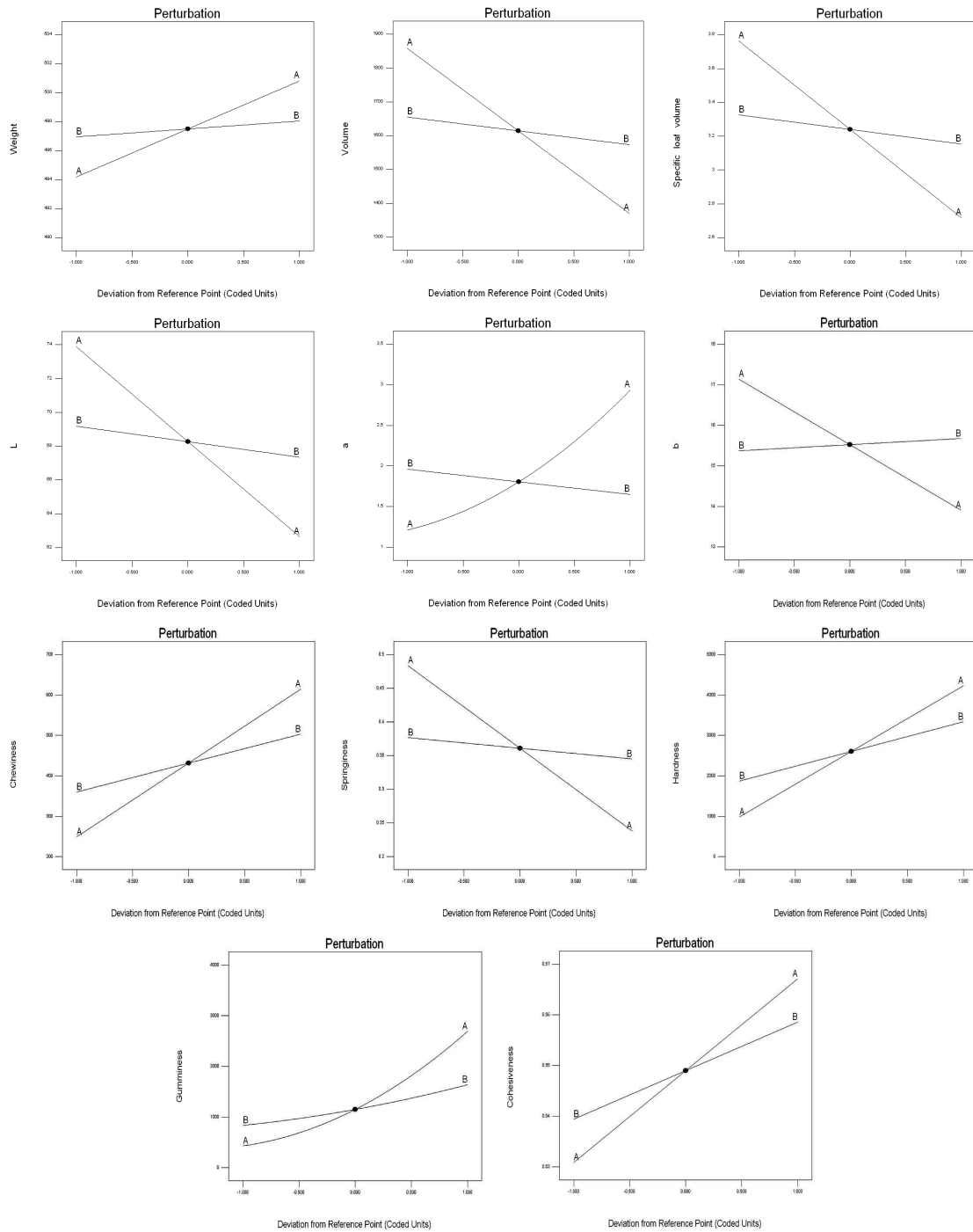


Fig. 2. Perturbation plot for physical and mechanical properties of white pan bread containing purple barley flour (A) and olive oil (B).

의하여 형성된 반응표면분석의 결과 반응 표면식, 결정계수 R^2 와 p-value는 Table 4, 각 성분들의 반응을 보기 위한 반응 표면곡선(surface plot)은 Fig. 1, perturbation plot는 Fig. 2에 제시하였다.

빵의 무게, 부피, 비용적

Table 4에 제시한 바와 같이 빵의 무게에 대한 회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9013, p-value는 0.0003으로 0.1% 이

내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 무게는 증가하였으며, 올리브유보다 자맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 고식이섬유 함유 보리가루(7), 찰성과 메성 보리가루(10), 새싹보리와 새싹보리 가루(26), 메밀가루(28)의 첨가량이 증가할수록 식빵의 무게가 증가하여, 밀가루 대신 복합분을 첨가하면 빵의 무게가 증가한다는 다른 연구결과

와 같은 결과를 보였다.

부피에 대한 회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9397, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가하면 부피는 감소하였으며, 올리브유에 대한 영향은 중심점까지는 거의 변화가 없다가 중심점보다 첨가량이 크면 부피가 약간 감소되었다. 올리브유보다 자맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 제빵류에서 보리가루의 함량이 증가할수록 무게는 증가하고, 부피는 감소한다고 한 연구 결과와(7,10,11, 26) 같은 결과를 보였다. 액체유를 넣은 빵은 쇼트닝을 넣은 빵보다 팽창정도가 더 작는데(25,28), 본 실험에서 중심점(2%)보다 올리브유 첨가량이 많으면 빵 반죽의 팽창도가 감소되는 경향을 보였다.

비용적에 대한 회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9587, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 부피와 마찬가지로 자맥가루의 함량이 증가하면 비용적은 감소하였으며, 올리브유의 영향을 보면 중심점까지는 거의 변화가 없다가 중심점보다 첨가량이 크면 비용적이 약간 감소되었다. 올리브유보다 자맥가루 첨가량의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 보리가루(7,10, 26)뿐만 아니라, 메밀가루(29), 현미가루(30), 쌀가루(31) 첨가 시에도 비용적이 감소하였다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Parkkonen 등(32)은 적절하게 혼합된 반죽의 글루텐은 얇은 막으로 형성되어 전분이나 다른 부재료들이 침투되어 분산되어 있으며 발효가 진행됨에 따라 반죽에 기공이 형성된다고 하였다. 식빵의 부피는 반죽상태, 단백질의 양과 질, 수분 흡수율, 발효정도, 글루텐 함량의 차이 등에 의하여 가스 생성력 및 보유력이 달라지기 때문에 부피의 차이가 있다고 한다. 그리고 반죽에 첨가하는 유지는 2~6% 이내에 첨가 시 비용적이 가장 좋다(33)고 한다. 이로부터 본 실험에서 쇼트닝과 올리브유 전체 함량이 4%를 넘지 않았으며 이 범위 내에서 쇼트닝 대신 올리브유를 적절하게 첨가하여 올리브유에 의한 빵의 부피와 비용적의 변화가 적은 것이라고 생각된다.

색도

Table 4에 제시한 바와 같이 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 명도 L값에 대한 회귀모형의 결정계수 R^2 값은 0.9317, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 식빵의 색은 어두워지는 것으로 나타났다. 이는 식빵 제조 시에 밀가루 외 첨가물이 증가할수록 첨가물로부터 유래된 색소의 영향으로 빵의 명도가 낮아진다는 다른 연구와 같은 결과로서 보리등겨 가루(11), 새쌀보리와 새찰보리 가루(26)를 첨가한 빵과 블렌칭한 후 건조시킨 청보리와 증기로 쪄 후 건조시킨 청보리를 함유한 빵이 밀가루로만 만든 빵보다 명도가 감소하였다(12)는 연구와 일치하였다. 유색보리에는 안토시아닌을 비롯한 폴리페놀, 플라보노이

드가 다량 함유되어 있는데 이는 우수한 항산화력, 금속이온 제거력을 가진다(16,17,19)고 하였다. 올리브유에는 클로로필, 페오피틴, 카로티노이드와 같은 다양한 색소 성분이 함유되어 있다(34). 따라서 본 연구에서 밀가루 외에 첨가한 자맥가루와 올리브유의 색소성분이 발효과정, 굽기과정 등 제빵 과정 중 변성되어 빵의 색이 탁해지거나 어두워지는 것이라고 볼 수 있겠다.

적색도 a값에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9956, p-value는 0.0045로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 식빵의 적색도는 높아지며, 올리브유 첨가량이 증가하면 적색도는 약간씩 감소하는 것으로 나타났다. 적색도의 변화에는 올리브유보다 자맥가루의 첨가량의 영향이 매우 컸다. 안토시아닌 색소를 가진 자맥가루 첨가량이 증가함에 따라 적색도가 높아진 것으로 보인다. 이는 안토시아닌 색소를 다량 함유한 흑미가루(35)와 자색고구마(36)의 첨가량이 증가할수록 빵의 적색도가 증가하였다는 연구와 같은 경향이라고 볼 수 있다. 보리등겨 가루를 5~15% 첨가하였을 때 빵의 적색도는 거의 변화가 없다고 하여(11), 일반 보리에는 안토시아닌 색소가 거의 들어 있지 않음을 알 수 있다.

황색도 b값에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8420, p-value는 0.0016으로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 식빵의 황색도는 감소하며, 올리브유의 첨가량에 대해서는 중심점까지는 증가하다가 중심점보다 첨가량이 크면 황색도가 감소되었다. 황색도의 변화에는 올리브유보다 자맥가루의 첨가량의 영향이 컸다. 흑미가루와 자색고구마 첨가량이 증가할수록 빵의 황색도가 감소하였다는 연구(35,36)와 같은 경향이라고 볼 수 있다. 보리등겨 가루를 첨가한 빵에 대한 연구(11)에서는 보리등겨 가루를 5~15% 첨가하였을 때 황색도는 거의 변화가 없다고 하였는데, 이는 적색도와 마찬가지로 품종별 보리 색소 함량에 따른 차이라고 보인다.

물성 특성

Table 4에 제시한 바와 같이 경도에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8802, p-value는 0.0006으로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 경도는 증가하는 것으로 나타났다. 밀가루 빵에 비해 메성과 찰성 보리가루를 넣은 빵이 경도가 크며(10), 보리등겨가루(11), 새쌀보리와 새찰보리가루(26), 흑미가루(35), 자색고구마(36) 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였다고 하였다. 빵의 경도에 영향을 미치는 주요 요인은 빵의 부피와 수분함량, 2차 발효 중 반죽 내 기공의 발달정도 등이 있는데(10), 기공이 잘 발달된 빵은 부피가 크고 부드러워져 경도가 낮다고 한다. 본 연구에서 자맥가루와 올리브유

첨가량이 증가함에 따라 무게는 증가하고, 부피와 비용적은 감소하여 기공이 작은 제품이 되었으며 이로 인해 경도가 높아진 것으로 보인다.

탄력성에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8905, p-value는 0.0004로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유 첨가량이 증가할수록 탄력성은 감소하였으며, 올리브유보다 자맥가루 첨가량이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

응집성에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9094, p-value는 0.0002로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 응집성은 증가하는 것으로 나타났다.

검성에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9989, p-value는 0.0003으로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 분석 결과 자맥가루 30.00%, 올리브유 3.00%일 때 최대 3395.27 gr를 나타내었다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가할수록 식빵의 검성은 증가하는 것으로 나타났으며, 검성의 변화에는 올리브유보다 자맥가루의 첨가량의 영향이 매우 컸다.

씹힘성에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9684, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루와 올리브유의 첨가량이 증가하면 씹힘성은 증가하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 자맥가루, 올리브유 함량이 증가하면 경도, 응집성, 검성, 씹힘성은 증가하고 탄력성은 감소한 것으로 나타났다. Lee와 Chang(10)은 찰성과 메성 보리가루 20%를 첨가 시 무첨가 식빵에 비해 경도, 검성, 씹힘성이 증가하였다고 하였다. Choi(11)는 식빵에 보리덩겨 가루를 5~15% 첨가 시 경도, 탄력성, 검성, 파쇄성이 증가하였고, 응집성은 큰 변화는 없다고 하였다. 밀가루 대체 복합분이 증가하면 밀 단백질 함량이 낮아 단백질 matrix 구조가 영성하고 기포의 크기도 균일하지 못하며, 불연속적인 matrix를 형성하여 경도, 검성, 씹힘성이 증가한다(9)고 한다.

관능적 평가

10개의 자맥가루와 올리브유 첨가 식빵에 대한 7점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Table 5, 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면분석의 결과 반응 표면식, 결정계수 R^2 와 유의확률 p-value는 Table 6, 각 성분들의 반응을 보기 위한 반응표면곡선은 Fig. 3, perturbation plot는 Fig. 4에 제시하였다.

색에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.8533, p-value는 0.0012로 1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루 첨가량이 증가할수록 색에 대한 기호도가 감소하였는데, 외관에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9289, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 외관에 대한 기호도는 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 중심점까지는 긍정적으로 평가되다가 중심점보다 커지면 외관에 대한 기호도가 감소하였다. 즉, 올

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

Sample No.	Purple barley flour (%)	Olive oil (%)	Responses					
			Color	Appearance	Texture	Flavor	Taste	Overall quality
1	10	1	6.2	6.6	6.0	6.2	6.0	6.4
2	30	1	3.6	2.8	3.0	5.0	4.4	3.6
3	30	3	3.8	2.6	3.0	5.4	4.4	3.2
4	10	3	6.0	5.8	6.0	5.4	5.6	6.0
5	6	2	6.6	6.8	6.4	6.2	6.4	6.6
6	20	0.6	5.8	5.6	5.4	5.2	5.4	5.5
7	34	2	3.6	2.6	3.0	5.2	4.2	3.0
8	20	3.4	4.6	4.6	4.4	6.0	4.8	4.4
9	20	2	5.8	5.4	4.8	6.4	5.2	5.2
10	20	2	6.0	5.4	4.8	6.2	5.0	4.8

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

Response	Polynomial equation	Model	R^2 ¹⁾	F-value	p-value
Color	=7.885-0.113X ₁ -0.212X ₂	Linear	0.8533	20.36	0.0012**
Appearance	=8.658-0.162X ₁ -0.302X ₂	Linear	0.9289	45.72	0.0001***
Texture	=7.736-0.135X ₁ -0.177X ₂	Linear	0.9560	76.05	0.0001***
Taste	=6.929-0.073X ₁ -0.156X ₂	Linear	0.9659	99.03	0.0001***
Overall quality	=8.132-0.134X ₁ -0.294X ₂	Linear	0.9830	201.88	0.0001***

¹⁾ R^2 is coefficient of determination.
p<0.01, *p<0.001.

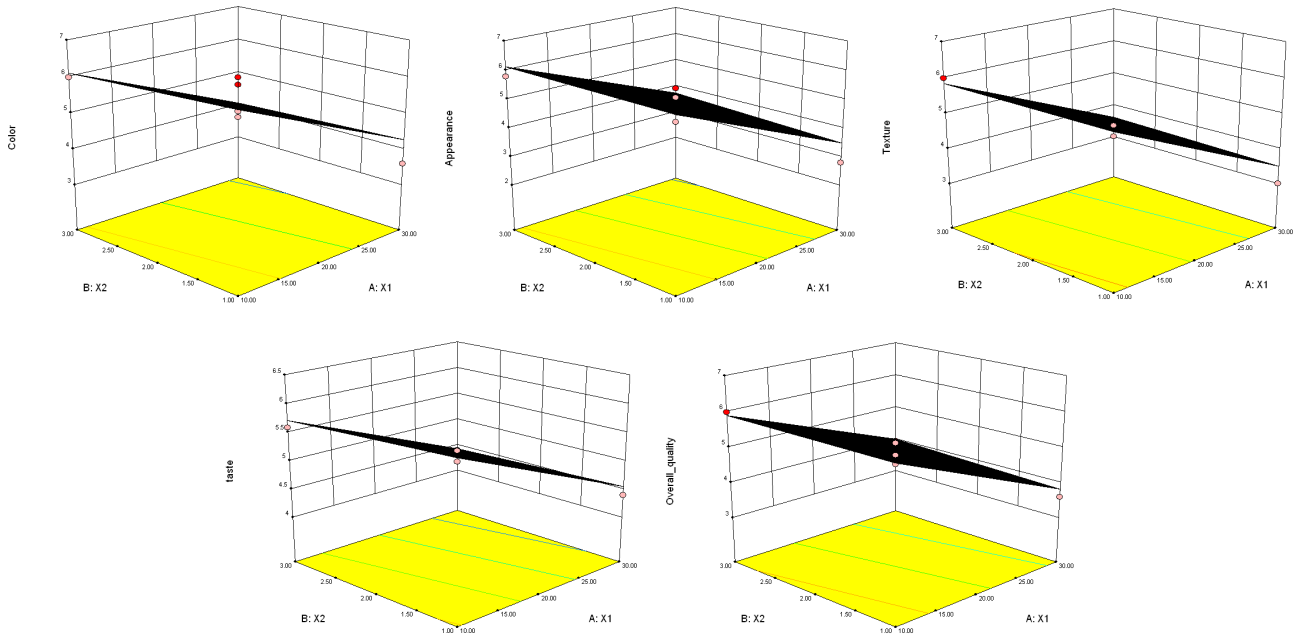


Fig. 3. Response surface for sensory properties of white pan bread containing purple barley flour (A: X_1) and olive oil (B: X_2).

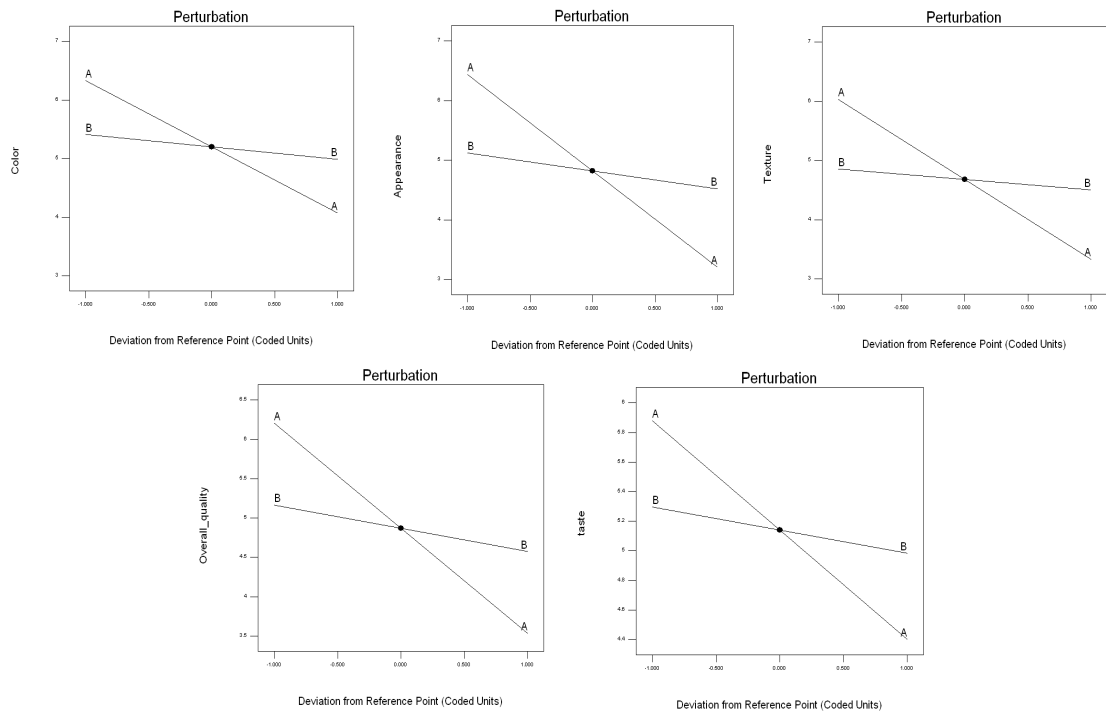


Fig. 4. Perturbation plot for sensory properties of white pan bread containing purple barley flour (A) and olive oil (B).

리브유보다 자맥가루 첨가량이 커질수록 외관에 대한 기호도는 더 많이 감소하였다.

조직감에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9560, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 조직감에 대한 기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량은 거의 영향을 받지 않는 것으로

나타났다.

향에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선은 5% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 유의적이지 않은 것으로 나타났다. 이는 자맥가루와 올리브유 첨가량에 따라 향에 대한 기호도가 유의적인 차이가 없어 나타난 결과로 보인다.

맛에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결

정계수 R^2 값은 0.9659, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량의 영향은 미미하였다.

전체적 기호도에 대한 자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 회귀곡선의 결정계수 R^2 값은 0.9830, p-value는 0.0001로 0.1% 이내의 유의수준에서 회귀방정식에 대한 설명력이 높았다. 자맥가루의 첨가량이 증가할수록 전체적 기호도가 감소하였으며, 올리브유 첨가량의 영향은 미미한 것으로 나타났다.

자맥가루, 올리브유 첨가 식빵의 비율 최적화

최적화는 Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 자맥가루와 올리브유 첨가량을 선정하였다. 관능평가 중 유의적으로 나타난 색, 외관, 조직감, 맛, 전체적 기호도 항목에 대해 최고값을 목표점으로 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 점을 수치 최적화와 모형적 최적화를 통해 선정하고 가장 높은 desirability를 나타낸 구간

을 도출하였다(Fig. 5). 예측된 최적값은 자맥가루 10.00%, 올리브유 1.45%였다. 이 경우에 기호도는 색 6.45, 외관 6.60, 조직감 6.13, 맛 5.96, 전체적 기호도 6.37으로 desirability 0.910인 것으로 나타났다.

또한, 다소 관능평가 점수가 낮아지더라도 자맥가루를 첨가량을 최대 늘릴 수 있는 방안을 모색하고자, contour plot를 통해 전체적 기호도의 목표값을 낮추어 자맥가루와 올리브유 첨가량을 산출하였다(Fig. 6). 자맥가루가 15.85~22.10%에서는 올리브유 첨가량에 관계없이 5.0의 전체적 기호도를 보였다. 그리고 자맥가루가 14.62% 이하일 때 올리브유 첨가량에 관계없이 6.0 이상의 전체적 기호도를 보였다.

요 약

본 연구에서는 기능성이 뛰어난 자맥가루와 올리브유를 첨가한 제빵개발을 위해 중심합성계획법에 따라 자맥가루와 올리브유의 양을 독립변수로 하여 빵을 제조한 후, 품질 특성을 조사하고 반응표면분석법을 이용하여 최적배합비를 구하였다. 실험 결과 이화학적 특성과 물성 중 무게, 부피, 비용적, 명도, 황색도, 경도, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성이 linear 모델이 채택되었으며, 적색도는 quadratic 모델이 채택되었다. 관능적 특성 중에서는 색, 외관, 조직감, 맛, 전체적 기호도가 linear 모델이 채택되었고, 향은 이차 회귀분석의 설명력이 부족한 것으로 나타났다. 이화학적 특성과 물성 중 자맥가루 첨가량이 증가할수록 무게, 황색도, 경도, 검성, 씹힘성이 증가하였고 부피, 비용적, 명도, 탄력성은 감소하였다. 올리브 첨가량이 증가하면 경도, 응집성, 검성, 씹힘성은 증가하고, 황색도, 탄력성은 감소하였다. 이화학적 특성과 물성 특성에 자맥가루 첨가량에 대한 영향이 올리브유 첨가량에 대한 영향보다 컸다. 관능특성 검사 결과, 자맥가루 첨가량이 증가할수록 향을 제외한 모든 기호도가 감소하였으며, 올리브유에 의한 영향은 거의 없었다. 관능특성 중 유의성이 있었던 항목의 최대값을 충족시키는 최적의 배합 비율은 자맥가루 10.00%, 올리브유 1.45%로 이 경우에 기호도는 색 6.45, 외관 6.60, 조직감 6.13, 맛 5.96, 전체적 기호도 6.37로 산출되었다. 또한 다소 관능평가 점수가 낮아지더라도 자맥가루를 첨가량을 최대 늘릴 수 있는 방안을 모색한 결과, 자맥가루가 15.85~22.10%에서는 올리브유 첨가량에 관계없이 5.0의 전체적 기호도를 보였고, 자맥가루가 14.62% 이하일 때 올리브유 첨가량에 관계없이 6.0 이상의 전체적 기호도를 보였다. 본 연구 결과는 자맥가루와 올리브유를 이용한 식빵을 비롯한 기능성식품의 개발에 있어 기초자료로 이용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공

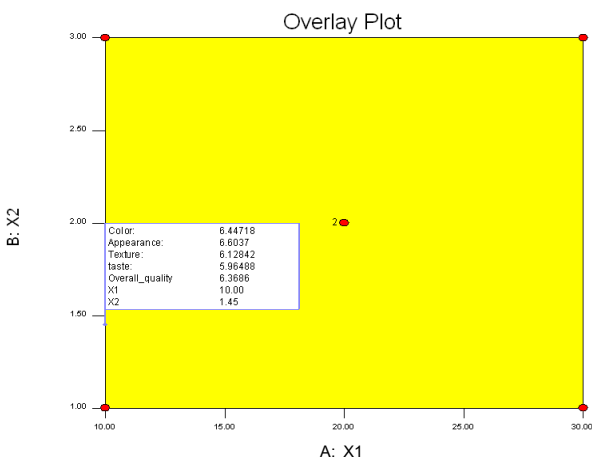


Fig. 5. Overlay plot of sensory properties of white pan bread containing purple barley flour (A: X_1) and olive oil (B: X_2).

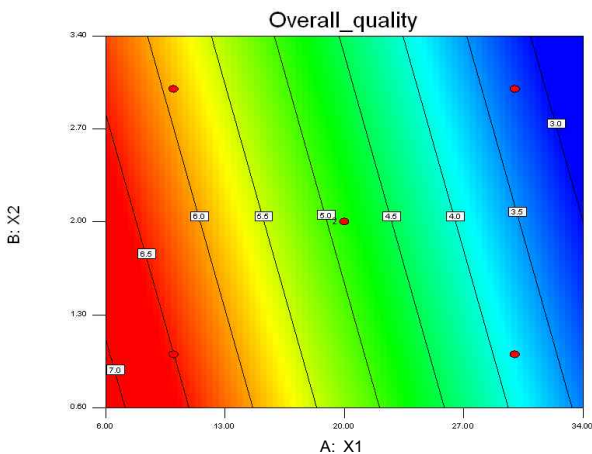


Fig. 6. Contour plot of overall quality of white pan bread containing purple barley flour (A: X_1) and olive oil (B: X_2).

동기술개발사업(No.C0022514)의 연구수행으로 인한 결과물로 이에 감사드립니다.

문헌

- Czuchajowska Z, Klamczynski A, Paszczynska B, Baik BK. 1998. Structure and functionality of barley starches. *Cereal Chem* 75: 747-754.
- Quinde Z, Ullrich SE, Baik BK. 2004. Genotypic variation in color and discoloration potential of barley-based food products. *Cereal Chem* 81: 752-758.
- Mahesh G, Nissreen A-G, Eimear G. 2010. Barley for brewing: Characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 9: 318-328.
- Newman RK, Lewis SE, Newman CW, Boik RJ, Ramag RT. 1989. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr Rep Int* 39: 749-760.
- Kalra S, Jood S. 2000. Effect of dietary barley β -glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rats. *J Cereal Sci* 31: 141-145.
- Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. 2004. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 80: 1185-1193.
- Cho MK, Lee WJ. 1991. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J Food Sci Technol* 28: 702-706.
- Newman RK, Newman CW. 1991. Barley as a food grain. *Cereal Foods World* 36: 800-805.
- Ryu CH. 1999. 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.
- Lee YT, Chang HG. 2003. Effects of waxy and normal hull-less barley flours on bread-making properties. *Korean J Food Sci Technol* 35: 918-923.
- Choi UK. 2005. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. *Korean J Food Sci Technol* 37: 746-750.
- Yu JS, Shin YM, Kim MR. 2006. Physicochemical and sensory characteristics of bread substituted with green barley. *Chungman J Human Ecology* 19: 64-71.
- Ha DM, Park YK, Kang JH, Kim MH. 2012. Dough properties and quality characteristics of breads added with barley flour. *Korean J Food Preserv* 19: 344-353.
- Nizamutdinova IT, Kim YM, Chung JI, Shin SC, Jeong YK, Seo HG, Lee JH, Chang KC, Kim HJ. 2009. Anthocyanins from black soybean seed coats stimulate wound healing in fibroblasts and keratinocytes and prevent inflammation in endothelial cells. *Food Chem Toxicol* 47: 2806-2812.
- Min SW, Ryu SN, Kim DH. 2010. Anti-inflammatory effects of black rice, cyanidin-3-O- β -D-glycoside, and its metabolites, cyanidin and protocatechuic acid. *Int Immunopharmacol* 10: 959-966.
- Song ES, Park SJ, Woo NAR, Won MH, Choi JS, Kim JG, Kang MH. 2005. Antioxidant capacity of colored barley extracts by varieties. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1491-1497.
- Park SM, Choi YM, Kim YH, Ham HM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Antioxidant content and activity in methanolic extracts from colored barley. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1043-1047.
- Kowalczyk E, Krzesiński P, Fijałkowski P, Błaszczuk J, Kowalski J. 2005. The use of anthocyanins in the treatment of cardiovascular diseases. *Pol Merkuriusz Lek* 19: 108-110.
- Bellido GG, Beta T. 2009. Anthocyanin composition and oxygen radical scavenging capacity (ORAC) of milled and pearled purple, black, and common barley. *J Agric Food Chem* 57: 1022-1028.
- Lou-Bonafonte JM, Amal C, Navarro MA, Osada J. 2012. Efficacy of bioactive compounds from extra virgin olive oil to modulate atherosclerosis development. *Mol Nutr Food Res* 56: 1043-1057.
- Waterman E, Lockwood B. 2007. Active components and clinical applications of olive oil. *Altern Med Rev* 12: 331-342.
- Velasco J, Dobarganes C. 2002. Oxidative stability of virgin olive oil. *Eur J Lipid Sci Technol* 104: 661-676.
- Owen RW, Giacosa A, Hull WE, Haubner R, Würtele G, Spiegelhalter B, Bartsch H. 2000. Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. *Lancet Oncol* 1: 107-112.
- Owen RW, Haubner R, Würtele G, Hull E, Spiegelhalter B, Bartsch H. 2004. Olives and olive oil in cancer prevention. *Eur J Cancer Prev* 13: 319-326.
- Cho NJ, Kim YH. 2001. *Fundamental of Baking Ingredients*. B&C World Co., Seoul, Korea. p 128-129.
- Ha DM, Park YK, Kang JH, Kim MH. 2012. Dough properties and quality characteristics of breads added with barley flour. *Korean J Food Preserv* 19: 344-353.
- Lim SH, Kim SY, Lee NW, Lee CH, Lee SK. 2004. Rheological properties of the wheat flour dough with olive oil. *Korean J Food Sci Technol* 36: 749-753.
- Lee SH, Yun MS, Lee JH, Min SG, Lee SK. 2005. Quality characteristics of white pan bread with olive oil. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 217-221.
- Kim BR, Choi YS, Lee SY. 2000. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 241-247.
- Kim MH, Shin MS. 2003. Quality characteristics of bread made with brown rice flours of different preparation. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 136-143.
- Park MK, Lee KH, Kang SA. 2006. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 419-427.
- Parkkonen T, Harkonen H, Autio K. 1994. Effect of baking on the microstructure of rye cell walls and protein. *Cereal Chem* 71: 58-63.
- Nakae K. 1983. *Baking chemistry*. Pan News Co., Ltd., Tokyo, Japan. p 95-107.
- Moyano MJ, Heredia FJ, Meléndez-Martínez AJ. 2010. 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.
- Kim WM, Lee YS. 2008. A study on the antioxidant activity and quality characteristics of pan bread with waxy black rice flour and green tea powder. *Korean J Culinary Res* 14: 1-13.
- Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 1-16.

(2012년 8월 31일 접수; 2012년 11월 19일 채택)