

반응표면분석법을 이용한 우영어우와 올리고당 첨가 머핀의 제조 조건 최적화

김미경 · 김원모¹ · 이혜정² · 최은영^{3*}

우송대학교 식품영양식품과학부, ¹우송정보대학 제과제빵과,
²가천의과학대학교 식품영양학과, ³덕성여자대학교 식품영양학과

Optimization of Muffin Preparation by Addition of Dried Burdock (*Arctium lappa* L) Powder and Oligosaccharide by Response Surface Methodology

Mi-Kyung Kim, Weon-Mo Kim¹, Hey-Joeng Lee² and Eun-Young Choi^{3*}

Department of Food & Nutrition, Woosong University, ¹Department of Baking & Pastry, Woosong College

²Department of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine and Science

³Department of Food & Nutrition, Duksung Women's University

Abstract

This study was performed to determine the optimal composition of a muffin administered dried burdock powder and oligosaccharide. The experiment was designed base on CCD (Central Composite Design), and evaluation was carried out by means of RSM (Response Surface Methodology), which included 10 experimental points with 3 replicates for the two independent variables burdock powder and oligosaccharide. The experimental muffin was made according to a traditional recipe, except that the flour was partially replaced with dried burdock powder (5%, 15%, 25%) and the sugar was partially replaced with oligosaccharide (25%, 50%, 75%). The compositional and functional properties of the prepared products were measured, and these values were applied to the mathematical models. Using the F-test, volume, height, pH, yellowness, chewiness, resilience, springiness, cohesiveness, taste, and overall quality were expressed as a linear model, whereas lightness, redness, adhesiveness, color, flavor, and overall quality were expressed as a quadratic model. The polynomial models developed by RSM for sensory evaluation, color, flavor, texture, taste, and overall quality were highly effective in describing the relationships between the factors ($p < 0.01$). The estimated response surfaces confirmed that the amount of burdock powder had significant effects on color, taste, texture, flavor, and overall quality ($p < 0.01$), whereas and the amount of oligosaccharide had significant effects on color and texture ($p < 0.01$). Increased amount of burdock powder led to reductions of the sensory scores for color, taste, texture, flavor, and overall quality at all oligosaccharide levels. The optimal mixing percentage of burdock powder and oligosaccharide muffin were determined to be 5.00% and 46.25%, respectively.

Key words: burdock, oligosaccharide, muffin, response surface methodology

1. 서론

우영(Burdock, *Arctium lappa* L) 은 유럽, 시베리아, 만주 등지에 널리 분포하고 있으며, 우리나라에서는 주로 경상남도 지역에서 널리 재배되고 있다(Jeong SB 등 1990).

우영은 당질이 주성분으로 그 대부분이 이눌린의 형태로 존재하며(Chow LW 등 1997) 특유한 향기가 있고 섬유질은 많고 비타민은 적은 편이다. 주로 어린순을 삶아 먹거나 뿌리를 먹는 근채류로서 이용범위가 다양하다. 우리나라에서는 우영을 주로 소금물에 절이거나 식초에 살짝 데친 것을 마늘, 생강, 고춧가루, 젓국, 참쌀 풀 등의 양념에 버무려 먹는 것으로 전해지고 있다(Han JS 등 1995). 우영은 민간요법으로 이뇨제, 해열제로 쓰이고 있으며 최근에는 고혈압, 통풍, 심혈관질환, 간염에 효과가 있으며 항변이원성, 항암, 항노화 등 항산화 기능이 있는 것으로 알

*Corresponding author: Eun-Young Choi, Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University
Tel: 02-901-8377
Fax: 02-901-8372
E-mail: eunyoungchoi@hanmail.net

려지고 있다(Lin CC 등 1996, Duh PD 1998). 올리고당류는 약한 단맛을 가지고 있고 열량이 낮으며 인체 내 장내 유용세균의 증식 및 유도, 노폐물의 원활한 대사 등과 같은 기능성을 가지고 있다(Tomomatsu H 1994). 또한 식품 산업에서 지방과 설탕 사용 시 부분적으로 대체 되어 조식감을 향상시키고 쌀 가공품의 노화를 억제시키는 등 긍정적인 역할이 보고되면서 기능성 식품첨가물로서 그 관심이 집중되고 있다(Son HS 등 1997). 식가공 재료로 우영과 올리고당을 이용한 연구로는 우영김치 재료 배합비의 표준화(Choi MJ 등 1998), 올리고당 시럽의 첨가에 따른 가래떡의 노화 억제효과(Son HS 등 1997) 등이 있다. 건강 기능성 식품재료를 이용하여 제조한 머핀 관련 연구는 수수가루가 첨가된 머핀의 품질특성(Im JK 등 1998), 감초추출물 첨가량을 달리하여 제조한 기능성 머핀의 관능적 기계적 특성(Kim YS 등 2004), 반응표면분석법을 이용한 시금치가루 첨가 머핀 제조의 최적화(Joo SY 등 2006), 다시마 머핀의 제조 및 품질특성(Kim JH 등 2008), 반응표면 분석을 통한 쥐눈이콩가루 첨가 머핀 제조 조건의 최적화(Lee SM과 Joo NM 2008), 포도씨 추출 분말을 첨가한 기능성 머핀의 품질특성에 관한 연구(Jung KI 등 2008) 등이 보고되고 있다. 최근 한국인의 식생활이 서구화됨에 따라 제과 제빵의 소비가 증가되고 있으며, 건강기능성 식품에 대한 관심이 높아지면서 건강기능성분을 함유한 식품을 첨가한 다양한 제과 제빵에 대한 연구가 발표되고 있는 것과 관련하여 본 연구는 머핀 재료 중 밀가루의 일부를 생리활성 기능을 가진 우영 분말로 대체하고 설탕의 일부를 올리고당으로 대체하여 현대인의 건강 추구에 부합할 수 있는 건강 기능성 머핀 개발을 목적으로 시도되었으며, 반응표면분석을 이용한 최적 배합비를 찾고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 재료는 우영분말(진주마), 프락토올

리고당 (제일제당), 박력분 (삼양사), 버터(롯데), 설탕(대한제당), 탈지분유(서울우유), 베이킹파우더 (제니코)를 사용하였다.

2. 우영분말의 일반성분 분석

우영분말의 일반 성분인 조지방, 조단백질, 수분, 조회분, 식이섬유 함량을 AOAC법(AOAC, 1995)에 준해서 측정하였다. 조지방은 soxhlet 추출법으로, 조단백은 kjeldahl 질소정량법으로, 조회분은 500℃에서 직접회화법으로, 식이섬유함량은 AOAC 측정법을 개량한 Prosky법 (Prosky L 등 1985)으로 분석하였고, 모든 실험은 3회 반복 실시하여 평균값으로 나타내었다.

3. 실험계획

우영분말 및 올리고당 첨가 머핀의 배합비율을 설정하기 위해서 문헌조사와 예비실험을 통해 확인한 머핀의 배합비율은 Table 1과 같다. 밀가루의 일부 대체재료로 첨가되는 우영분말(X1)과 설탕의 대체재료로 사용되는 올리고당(X2)의 함량을 2개 요인으로 설정하고 각 요인을 3개 수준으로 나누어 분석 하였다. 이 요인을 근거로 색도(L, a, b), 단면의 높이, 부피, 비용적, 물성 특성(경도, 응집성, 탄력성, 씹힘성, 탄성, 점착성)을 조사하고 관능검사(색, 맛, 향, 조식감, 전체적인 기호도)를 실시하였다.

예비실험 결과(Kim HY 등 2009) 우영가루 10~20% 올리고당 50% 첨가 군에서 기호도가 높은 것으로 나타나 이를 토대로 각 요인의 최소 및 최대 첨가수준을 설정하여 밀가루 대신 우영가루 5%, 15%, 25%를, 설탕대신 올리고당 25%, 50%, 75%를 대체 하였다. 정 중앙과 ±1 level 점에 따른 10개의 실험군과 모델설정 및 적합성 결여 검증을 위해 중심점을 2반복 실험하였다. 각각의 결과를 보기 위해 response surface plot을 이용하였다.

4. 우영 올리고당 머핀 제조

우영 올리고당 머핀은 일반 머핀 제조 방법을 변형 적

Table 1. Formulas for preparation of muffin with addition of burdock powder and oligosaccharide

Ingredients(g)	Normal	Experimental group									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flour	500	475	475	475	425	425	425	375	375	375	425
Burdock powder	0	25	25	25	75	75	75	125	125	125	75
Oligosaccharide	0	100	200	300	100	200	300	100	200	300	200
Sugar	400	300	200	100	300	200	100	300	200	100	200
Water	135	111	87	63	111	87	63	111	87	63	87
Egg	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Butter	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Baking powder	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Powdered skim milk	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

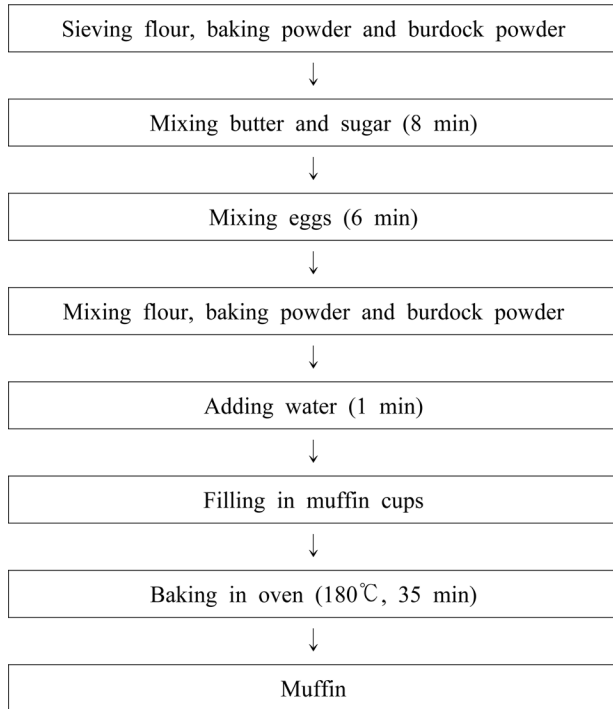


Fig. 1. Process of muffins prepared with different burdock powder and oligosaccharide.

용하여 제조하였다(Kim JH 등 2008). 버터, 달걀, 베이킹 파우더, 분유의 함량은 일정하게 유지 하였으며, 박력분의 5%, 15%, 25%를 우영분말로 대체하였고, 전체 설탕량의 25%, 50%, 75%를 올리고당으로 대체하여 머핀을 제조하였다. 상온에 두었던 버터와 설탕, 올리고당을 믹싱볼에 넣고 믹서기(SM 200, Sinmag, Taiwan)를 이용하여 중속으로 총 8분간 저어 크림상태로 만들었다. 이 과정에서 4~5차례 믹서기를 정지시키고 고무주걱으로 믹싱볼의 안쪽 면에 붙은 버터를 긁어주며 고르게 섞어주었다. 달걀의 흰자와 노른자를 골고루 혼합 한 후 달걀을 4~5회 나누어 넣어 주면서 6분간 크림화 하였다. 여기에 100 mesh 체에 통과시킨 박력분, 베이킹파우더, 우영분말과 물을 넣고 고르게 섞은 후 반죽하여, 머핀 컵 속의 유산지(직경: 85 mm, 높이: 50 mm)에 75%씩 채우고 180°C로 예열된 오븐(Dae Yung Machinery Co., Korea)에서 35분간 굽는다. 우영분말 첨가 머핀의 주요 제조 과정은 Fig. 1과 같다. 완성된 머핀은 제조 직후 실온에서 1시간 방냉하여 식힌 후, 비닐팩에 담아 항온 저장고(B.O.D Incubator, HYSC)를 사용하여 20°C에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

5. 물리적 특성

1) 부피, 무게, 비용적, 높이 측정

완성된 머핀의 부피는 종실치환법으로 측정하였다. 총 3회 반복 측정하여 평균값을 낸 후 유의성을 검증 하였다. 머핀의 높이는 전자 자(Digimatic caliper, Mitutoyo co.

Japan)를 이용하여 각각 3회 측정하여 그 평균값을 나타 내었다. 한편, 머핀의 무게는 높이와 동일한 조건에서, 전자저울을 이용하여 3회 측정 후 평균값을 나타내었다. 측정된 부피를 무게로 나누어 비용적을 산출하였다.

2) 수분 함량 및 pH 측정

수분함량은OHAOUS MB 45를 이용하여 105°C에서 60 초간 무게 변동이 없을 때의 무게를 함량으로 판단하여 3 회 반복 측정한 후 평균값을 구하였다. pH는 시료 5 g에 증류수 50 mL를 가하여 pH/Ion meter(DP 880 m, Dong Woo Medical System, Korea)를 사용하여 각각의 pH를 측정하였다.

6. 색도 측정

색차 색도계(Chroma color CR-400 Minolta, Japan, 2009)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 색채 값을 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값을 구하였다. 이때 사용된 calibration plate는 L값이 +93.4, a값이 +0.3135, b값이 +0.3191이었다.

7. 물성 측정

머핀의 물성 측정은 Texture analyzer(Stable Micro Sys. TAXT2i Texture analyzer, England)를 이용하였다. Trigger force 5 g, distance 80%, time 2.00 sec, sample height 20 mm, sample width 6 mm, probe 1 cm stickiness type 조건 하에서 측정하여 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 그리고 탄성(resilience)을 측정하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

8. 기호도 평가

관능평가는 우송대학교 식품영양학과 학생 중 본 실험에 관심이 있고 식별 능력이 있는 20명을 관능검사 요원으로 선정하여 이들에게 실험의 목적과 평가법을 숙지시키고 반복 훈련시킨 후 7점 척도법(1점: 대단히 나쁨, 4 점: 보통, 7점: 대단히 좋음)으로 평가하도록 하여 평균값을 나타내었다. 시료가 건조해지는 것을 막기 위해 PE 비닐팩에 담아 흰색 접시에 제공하였고 한 개의 시료를 검사하고 난 뒤, 반드시 입안을 헹군 후 다음 시료를 평가하도록 하였다.

9. 통계분석

우영분말(X1)과 올리고당(X2)을 사용한 머핀 제조 최적 조건을 구하기 위해 중심합성계획법에 따라 실험설계를 하였고 SAS(version 9.1)와 Design Expert 7.1.6(Stat-Easy

Co., Minneapolis)을 사용하여 반응표면분석을 하였다. 우영분말(X1)과 올리고당(X2) 배합비율을 각각 독립변수로 하고 실험결과인 반응 변수와의 관계를 이차 회귀식으로 구하였고, 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자간 교호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면상태를 3차원 그래프와 등고선으로 나타내어 분석을 실시하였다. 회귀분석결과 정상점이 안장점일 경우 능선분석을 행하여 최적점을 구하였다. 이차 회귀식으로 설명되지 않는 실험 결과는 실험군 간의 차이를 SAS(version 9.1)를 이용하여 one way ANOVA를 실시하였다. 분산분석결과 실험군간의 차이가 있는 특성의 경우 실험군의 평균값 간의 차이수준여부를 결정 하기 위해 Duncan 다중비교 방법을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

중심합성계획법에 따라 두 가지 독립변수의 10가지 조건에서 얻어진 각 검사의 결과는 Table 2~4와 같고 3수준 2요인에 대한 이차회귀식에 의하여 형성된 반응표면 분석결과 반응표면식의 설명력이 높은 종속변수의 R²값과 p-value는 Table 6에 나타내었다. 각 요인간의 교호작용을 나타내는 3차원그래프는 Fig. 2, 3에 제시하였다.

1) 우영분말 일반성분

AOAC법 분석결과 우영 가루의 일반 성분은 조단백 9.72%, 조지방 0.52%, 수분 5.77%, 총 식이섬유 46.7%로 나타났다.

2) 부피

실험 머핀의 부피에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R² 값은 0.9815로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며, p-value는 0.0015로 1% 이내의 유의 수준을 나타내었다. 정상점은 안장점으로 능선분석결과 우영가루 5.63% 올리고당 41.20%일 때 최대 212.86 mL를 나타내었다. 우영가루와 올리고당의 함량이 증가하면 부피가 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 수수가루 첨가 머핀(Im JK 등 1998) 및 쥐눈이콩 가루 첨가 머핀의 경우(Lee SM와 Joo NM 2008)와 같이 밀가루 대체 식품의 함량이 증가하면 부피가 감소하는 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 이소말토 올리고당을 첨가한 고당배합 케이크의 경우 팽화율을 크게 감소시키지 않는다는 연구 결과(Lee KA와 Lee YJ 1997)와는 일치하지 않는 결과를 나타내어 이소말토 올리고당과 프락토 올리고당이 고당배합 케이크의 물리적 특성에 차이를 보이는 것으로 사료된다.

3) 무게

무게에 대한 회귀곡선의 결정 계수 R²값은 0.5319, p-value는 0.5522로 이차회귀 분석에 대한 설명이 유의적이지 않은 것으로 나타났다. One way ANOVA 분석결과 9번 시료(우영 25% 올리고당 75%)의 무게가 가장 높았으며, 5번 시료(우영 15% 올리고당 50%)가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 9번 시료(우영 25% 올리고당 75%)의 수분함량이 가장 높은 것과 상관관계가 있을 것으로 사료된다.

4) 비용적

부피를 무게로 나눈 비용적에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R²값은 0.9684로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며, p-value는 0.0042로 1% 이내의 유의 수준을 나타내었다. 정상점은 안장점으로 능선분석결과 우영가루 5.44%, 올리고당 42.60%일 때 최대 2.61의 비용적을 나타내었다. 우영가루와 올리고당의 함량이 증가하면 비용적이 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 밀가루와 설탕이 다른 물질로 대체되면서 글루텐 형성의 약화와 수분함유량의 변화로 부피 증가가 충분히 일어나지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

5) 높이

우영 올리고당 첨가 머핀의 높이에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R²값은 0.9370으로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며, p-value는 0.0163으로 5% 이내의 유의수준을 나타냈다. 정상점은 안장점으로 능선분석결과 우영가루 5.00%, 올리고당 49.90%일 때 최대 6.93 cm를 나타내었다. 머핀의 높이는 우영가루에 의해 크게 영향을 받아 우영가루의 함량이 증가할수록 높이는 낮아지는 것으로 나타났다. 마 분말 첨가 머핀(Joo SY 등 2008), 다시마 첨가 머핀(Kim JH 등 2008) 등의 연구에서도 밀가루를 대신한 기능성식품의 첨가량이 증가할수록 높이가 감소하여 본 연구와 같은 결과를 나타내어 머핀 제조시 밀가루를 대체하여 기능성 식품을 첨가할 때 이의 보안을 위한 방법을 찾는 것이 필요하다고 사료된다.

6) pH

우영 올리고당 첨가 머핀의 pH에 대한 이차회귀모형의 결정계수 R²값은 0.9564로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며 p-value는 0.0079로 1% 이내 유의수준을 보였다. 정상점은 안장점으로 능선분석결과 우영 5.00%, 올리고당 50.179%일 때 최고 7.97의 pH를 가지는 것으로 나타났다. 우영가루 함량이 증가할수록 pH는 유의적으로 감소하였다.

7) 수분

우영 올리고당 첨가 머핀의 수분 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 수분에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의

Table 2. The physical properties of muffin prepared with different burdock powder and oligosaccharide content (store at 20°C)

Sample No.	Burdock Powder (%)	Oligosaccharide (%)	Physical properties					
			Volume (mL)	Weight (g)	Specific volume (mL/g)	Height (cm)	Moisture contents (%)	pH
1	5	25	218.33 ^{a1)}	6.86	21.43 ^{cde}	7.83	81.7 ^{abc}	7.83
2	5	50	211.66 ^a	6.9	20.71 ^f	7.98	81.4 ^{bcd}	7.98
3	5	75	203.33 ^b	6.76	22.04 ^{abc}	7.85	81.5 ^{bc}	7.85
4	15	25	201.66 ^b	6.33	21.37 ^{def}	7.35	81.1 ^{ab}	7.35
5	15	50	200 ^b	6.46	21.78 ^{bcd}	7.47	80.5 ^e	7.47
6	15	75	190 ^{bd}	6.5	21.01 ^{ef}	7.30	81.1 ^{bcd}	7.30
7	25	25	196.66 ^{bc}	6.2	20.77 ^{ef}	7.31	81.5 ^{cd}	7.31
8	25	50	190 ^{cd}	6.33	22.14 ^{ab}	7.26	81.06 ^{bcd}	7.26
9	25	75	188.33 ^d	6.06	22.46 ^a	7.26	82.53 ^a	7.26
10	15	50	196.66 ^{bc}	6.63	21.04 ^{ef}	7.59	81.5 ^{bc}	7.59

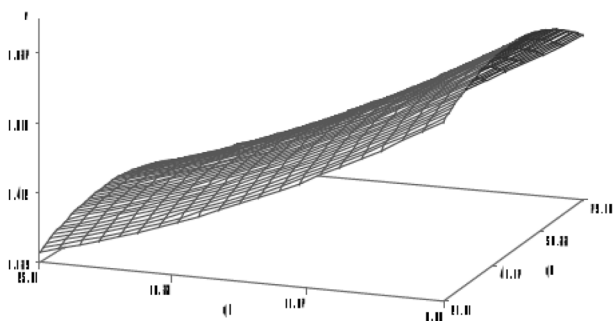
¹⁾ Mean

²⁾ Means in a column by different superscripts are significantly different at $\alpha=5\%$, those data were not adequate to explain the RSM models because their levels of R^2 were not more than 70%.

회귀곡선의 R^2 결정 계수 값은 0.4084, p-value는 0.7357로 이차회귀 분석에 대한 설명이 유의적이지 않은 것으로 나타났다. One way ANOVA 분석결과 9번 시료(우영 25%

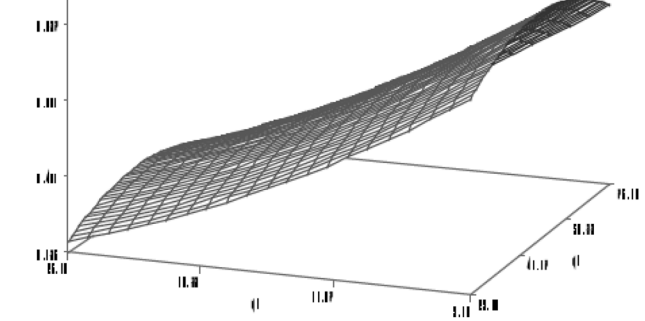
올리고당 75%)가 가장 수분함량이 높았으며 2번 시료(우영 25% 올리고당 50%)가 가장 수분함량이 낮은 것으로 나타났다.

Height



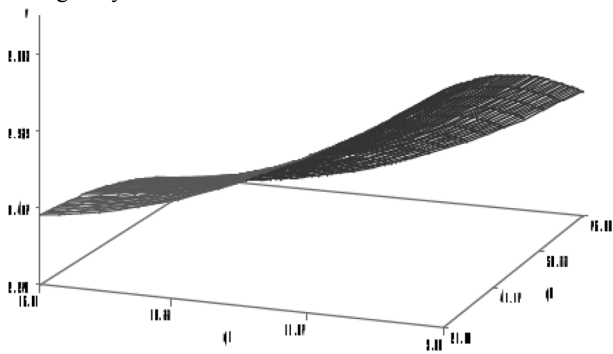
Burdock powder (X1) X Oligosaccharide (X2)

Volume



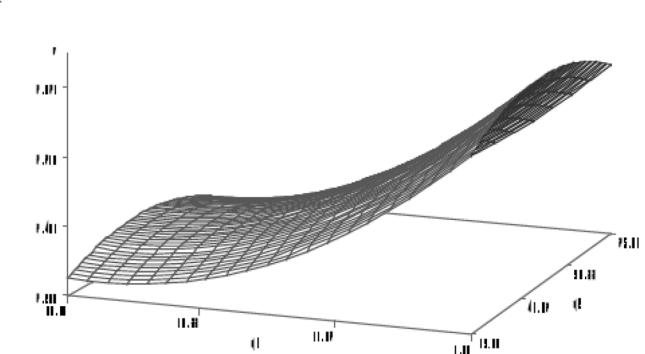
Burdock powder (X1) X Oligosaccharide (X2)

Specific gravity



Burdock powder (X1) X Oligosaccharide (X2)

pH



Burdock powder (X1) X Oligosaccharide (X2)

Fig. 2. Response surface for height, volume, specific gravity and pH of burdock oligosaccharide muffins.

2. 색도

우영 올리고당 첨가 머핀의 명도 (Lightness) L값에 대한 회귀곡선의 결정계수 R²값은 0.9903으로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며, p-value는 0.0004로 1% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 3에 제시된 명도에 대한 각 요인의 교호작용에서 우영가루와 올리고당은 최소점을 나타내었으며, 가장 중요한 요인은 우영가루로 우영가루의 함량이 증가할수록 머핀의 색은 어두워지는 것으로 나타났다. 능선 분석을 통한 최대 L값에 대한 배합비율은 우영분말 5.00%, 올리고당 49.44%로 L값 64.68을 나타냈다. 우영 분말의 함량이 증가할수록 머핀의 명도 값이 낮아진 것은 첨가하는 재료 자체의 색소에 의한 영향이라는 연구 결과 (Yun SJ 1999)와 일치하는 것으로 우영에는 tyrosinase, cresolase, catecholase, catechol oxidase 등으로 불려지는 polyphenol oxidase가 함유되어 있으며 주로 phenol을 quinone으로 산화시킨 후 이를 중합하여 갈색의 melanine을 생성, 착색시키는데 관여하므로 쉽게 갈변되는 특성을 가지고 있어(Lim JH 등 2005) 우영 머핀의 명도가 낮아지는 것으로 사료된다. 적색도(redness) a값에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀곡선의 R² 결정 계수 값은 0.9935로 회귀방정식에 대한 설명력이 높았으며, p-value는 0.0002로 1% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 3에 제시된 명도에 대한 각 요인의 교호작용에서는 우영가루와 올리고당은 정상점이 안장점을 나타내었으며 가장 중요한 요인인 우영가루의 함량이 증가할수록 머핀의 색은 적색도가 높아지는 것으로 나타났다. 능선 분석을 통한 a값에 대한 최대 배합비율은 우영분말 21.27% 올리고당 69.46%로 나타났

Table 3. Hunter's color values of muffin with different burdock powder and oligosaccharide content (stored at 20°C)

Sample No.	Burdock Powder (%)	Oligo-saccharide (%)	Hunter's color value		
			L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾
1	5	25	64.70 ⁴⁾	-2.54	25.74
2	5	50	64.54	-2.19	25.84
3	5	75	64.88	-2.38	27.07
4	15	25	46.09	0.96	23.35
5	15	50	46.51	1.39	23.16
6	15	75	43.57	2.07	21.84
7	25	25	40.16	1.85	21.06
8	25	50	39.88	2.01	20.04
9	25	75	43.09	2.46	21.81
10	15	50	45.58	2.46	22.21

1) Lightness
 2) Redness
 3) Yellowness
 4) Mean

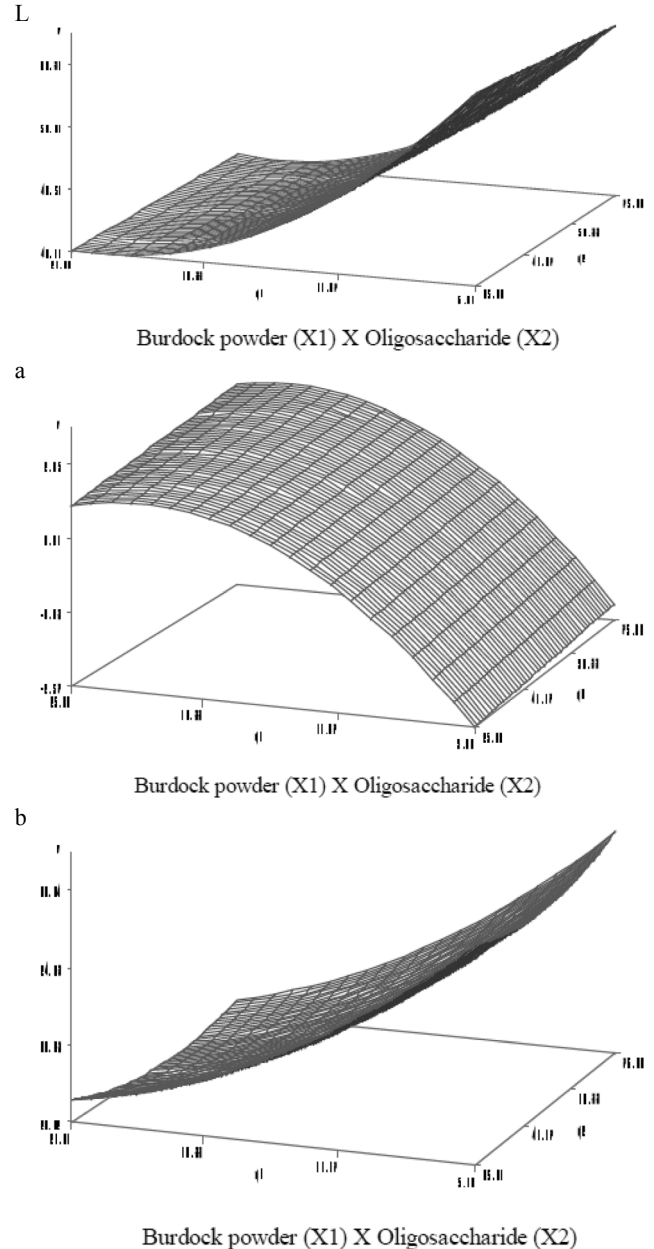


Fig. 3. Response surface for L, a, b of burdock oligosaccharide muffins.

다. 황색도(Yellowness) b값에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀곡선의 R² 결정 계수 값은 0.9267로 회귀방정식에 대한 설명력이 높았으며, p-value는 0.0218로 5% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 3에 제시된 황색도에 대한 각 요인의 교호작용에서는 우영가루와 올리고당은 최소점을 나타내었으며, 최소 b값에 대한 배합비율은 우영분말 30.22% 올리고당 52.93%로 나타났다.

3. 물성

경도(hardness)에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀

곡선의 R^2 결정 계수 값은 0.5733, p-value는 0.4856로 이차회귀 분석에 대한 설명이 유의하지 않은 것으로 나타났다. One way ANOVA 분석결과 4,7,9번 시료(우영 15% 올리고당 25%, 우영 25% 올리고당 75%, 우영 25% 올리고당 25%)의 경도가 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 점착성(adhesiveness)에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀곡선의 R^2 결정 계수 값은 0.9577로 회귀방정식에 대

한 설명력이 높으며 p-value는 0.0005로 1% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 4에 제시된 점착성에 대한 각 요인의 교호작용에서는 우영가루와 올리고당은 최대점을 나타내었으며 가장 중요한 요인은 우영가루로 우영가루의 함량이 증가할수록 머핀의 점착성이 낮아지는 것으로 나타났다. 점착성에 대한 최대 배합비율은 우영분말 10%, 올리고당 42%로 나타났다. 탄력성(springiness)에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀곡선의 R^2 결정 계수 값은 0.8825로 이차 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며 p-value는 linear model 에서만 5% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. Fig. 4에 제시된 바와 같이 탄력성에 대한 정상점은 안장점을 가지므로 능선분석결과 우영가루 8.83% 올리고당 69.67% 일 때 최고 0.39를 나타내었다. 응집성(cohesiveness)에 대한 우영 올리고당 첨가 머핀의 회귀곡선의 R^2 결정 계수 값은 0.9811로 회귀방정식에 대한 설명력이 높으며 p-value는 0.0015로 1% 이내 유의수준을 보였다. Fig. 4에 제시된 바와 같이 정상점은 안장점을 가지는 것으로 나타났다. 우영분말의 경우 함량이 증가할수록 응집성이 유의적으로 감소하였다. 능선분석을 통한 응집성 최고비율은 우영가루 5.11%, 올리고당 46.28%일 때 0.35로 나타났다. 씹힘성(chewiness)의 경우 R^2 결정 계수 값은 0.7351로 설명력을 가지나 p-value는 0.2299로 이차회귀 분석에 대한 설명이 유의적이지 않은 것으로 나타났다. One way ANOVA 분석결과 4번 시료(우영 15% 올리고당 25%)의 씹힘성이 유의적으로 높은 것으로 나타났으며 8번 시료(우영 25% 올리고당 50%)의 씹힘성이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다. 탄성(resilience)의 경우 R^2 결정 계수 값은 0.7363으로 이차회귀방정식이 설명력을 가지나 p-value는 0.2299로 이차회귀 분석에 대한 설명이 유의적이지 않은 것으로 나타났다. One way ANOVA 분석결과 2번 시료(우영 5% 올리고당 50%)의 탄성이 가장 높은 것으로 나타났으며 8번, 9번 시료(우영 25% 올리고당 50%, 우영 25% 올리고당 75%)의 탄성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

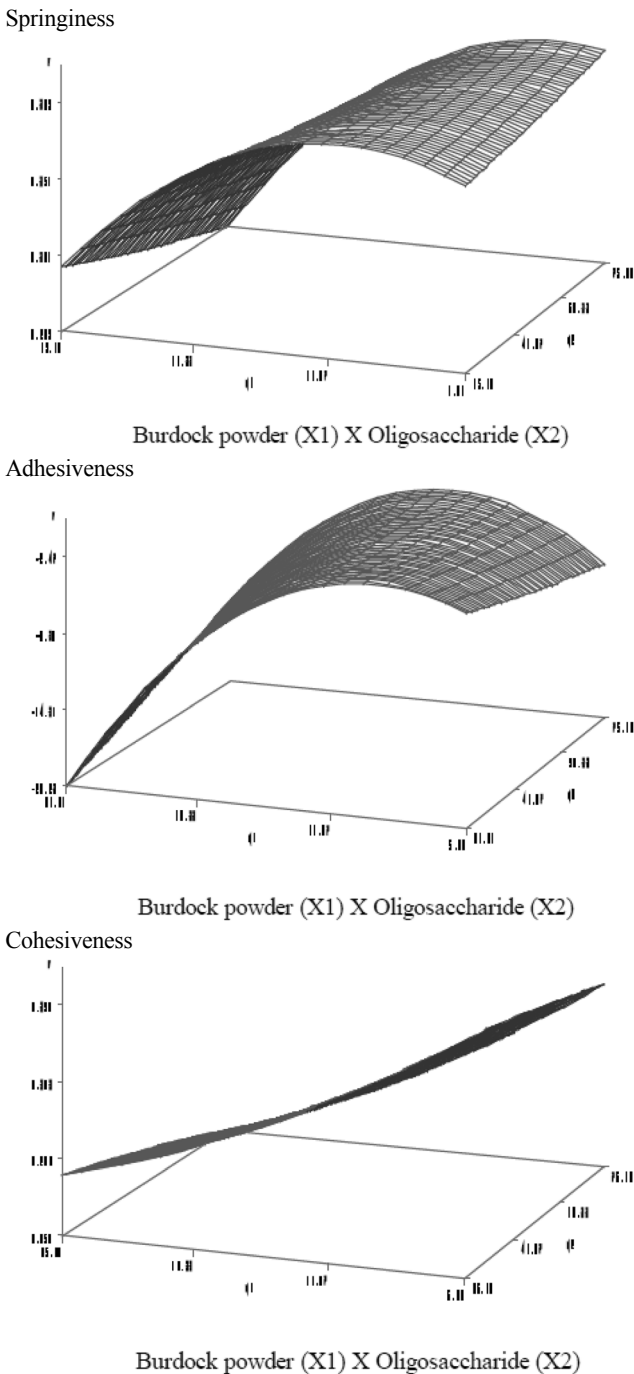


Fig. 4. Response surface for springiness, adhesiveness and cohesiveness of burdock oligosaccharide muffins.

4. 기호도 평가

10개의 우영 올리고당 첨가 머핀에 대하여 7점 척도법으로 기호도를 평가한 결과는 Table 5에 제시되었으며 설정된 반응별로 F-test를 통해 유의성을 검증한 결과와 독립변수가 종속변수에 미치는 효과를 살펴보기 위한 회귀식은 Table 7에 제시하였다.

1) 색(color)

우영 올리고당 첨가 머핀의 색에 대한 회귀곡선의 결정 계수 값 R^2 은 0.9968, p-value 0.0001로 1% 이내 수준에서 유의적인 것으로 나타났다. 정상점은 안장점으로 능선분석 결과 우영 8.625% 올리고당 30.737%일 때 최고 5.23의 기호도를 가지는 것으로 나타났다. 색에는 우영가루와 올리

Table 4. Texture characteristics of muffins prepared with different burdock powder and oligosaccharide content (stored at 20°C)

Sample No.	Burdock Powder (%)	Oligosaccharide (%)	Texture characteristics					
			Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
1	5	25	3097.61 ^{1)b}	-2.08	0.37	0.36	412.47 ^{abcd}	0.11 ^{ab}
2	5	50	3515.71 ^{b2)}	-10.64	0.39	0.35	485.57 ^{ab}	0.12 ^a
3	5	75	3278.28 ^b	-5.16	0.38	0.34	424.79 ^{abc}	0.11 ^{ab}
4	15	25	4345.33 ^a	-6.09	0.37	0.31	504.05 ^b	0.11 ^{bc}
5	15	50	2845.00 ^b	0.26	0.40	0.31	348.65 ^{cde}	0.11 ^{bc}
6	15	75	3407.73 ^b	-5.646	0.39	0.29	386.09 ^{bcd}	0.11 ^{cd}
7	25	25	4219.12 ^a	-20.76	0.31	0.28	381.90 ^{bcd}	0.10 ^d
8	25	50	3443.68 ^b	-16.47	0.28	0.27	260.33 ^e	0.10 ^e
9	25	75	4219.12 ^a	-13.30	0.26	0.25	279.35 ^e	0.09 ^e
10	15	50	3213.98 ^b	-4.17	0.34	0.29	315.29 ^{de}	0.10 ^d

¹⁾ Mean²⁾ Means in a column by different superscripts are significantly different at $\alpha=5\%$, those data were not adequate to explain the RSM models because their levels of R^2 were not more than 70%.**Table 5.** Sensory characteristics of burdock oligosaccharide muffins prepared with different burdock powder and oligosaccharide content

Sample No.	Burdock Powder (%)	Oligosaccharide (%)	Sensory characteristics				
			Color	Taste	Flavor	Texture	Overall quality
1	5	25	5.52 ¹⁾	5.64	4.74	4.83	5.85
2	5	50	5.73	4.73	4.75	5.15	5.35
3	5	75	5.24	5.14	4.42	4.84	5.55
4	15	25	4.23	4.82	4.13	4.30	4.45
5	15	50	4.52	5.13	4.72	4.25	5.05
6	15	75	4.13	4.52	5.13	4.55	4.55
7	25	25	3.62	3.72	4.00	4.00	3.75
8	25	50	3.53	3.62	4.12	3.52	3.55
9	25	75	3.14	3.23	3.93	3.27	3.75
10	15	50	4.53	4.32	4.45	4.67	3.85

¹⁾ Mean

고당의 효과가 유의적인 것으로 나타나 우영가루와 올리고당의 함량이 증가할수록 색에 대한 기호도가 감소하였다.

2) 맛(taste)

우영 올리고당 첨가 머핀의 맛에 대한 회귀곡선의 결정계수값 R^2 은 0.9160, p-value 0.0283으로 5% 수준에서 유의하였다. 정상점은 안장점으로 능선분석결과 우영 5.01% 올리고당 48.66%일 때 최고 5.69의 기호도를 가지는 것으로 나타났다. 맛에는 우영가루의 효과가 유의적으로 크게 나타나 우영가루 함량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 감소하였다.

3) 향(flavor)

우영 올리고당 첨가 머핀의 향에 대한 관능검사결과 회

귀곡선의 결정계수값 R^2 은 0.9131, p-value 0.0302로 5% 이내의 유의수준을 보였다. 정상점은 최대점으로 우영가루 7.006% 올리고당 51.31%일 때 4.77의 기호도를 나타내었다. 향에는 우영가루의 역할이 유의적이었으며 올리고당 함량 51.31%를 기준으로 기호도가 증가하다가 이후 감소하였다.

4) 조직감(texture)

우영 올리고당 첨가 머핀의 조직감에 대한 관능검사결과 회귀곡선의 결정계수값 R^2 은 0.9699, p-value 0.0039로 1% 수준에서 유의하였다. 정상점은 최대점으로 능선분석결과 우영가루 5.0001% 올리고당 50.40%일 때 5.20의 최대의 기호도를 나타냈다. 조직감에는 우영가루와 올리고당의 효과가 유의하게 나타나 우영가루의 함량이 증가하

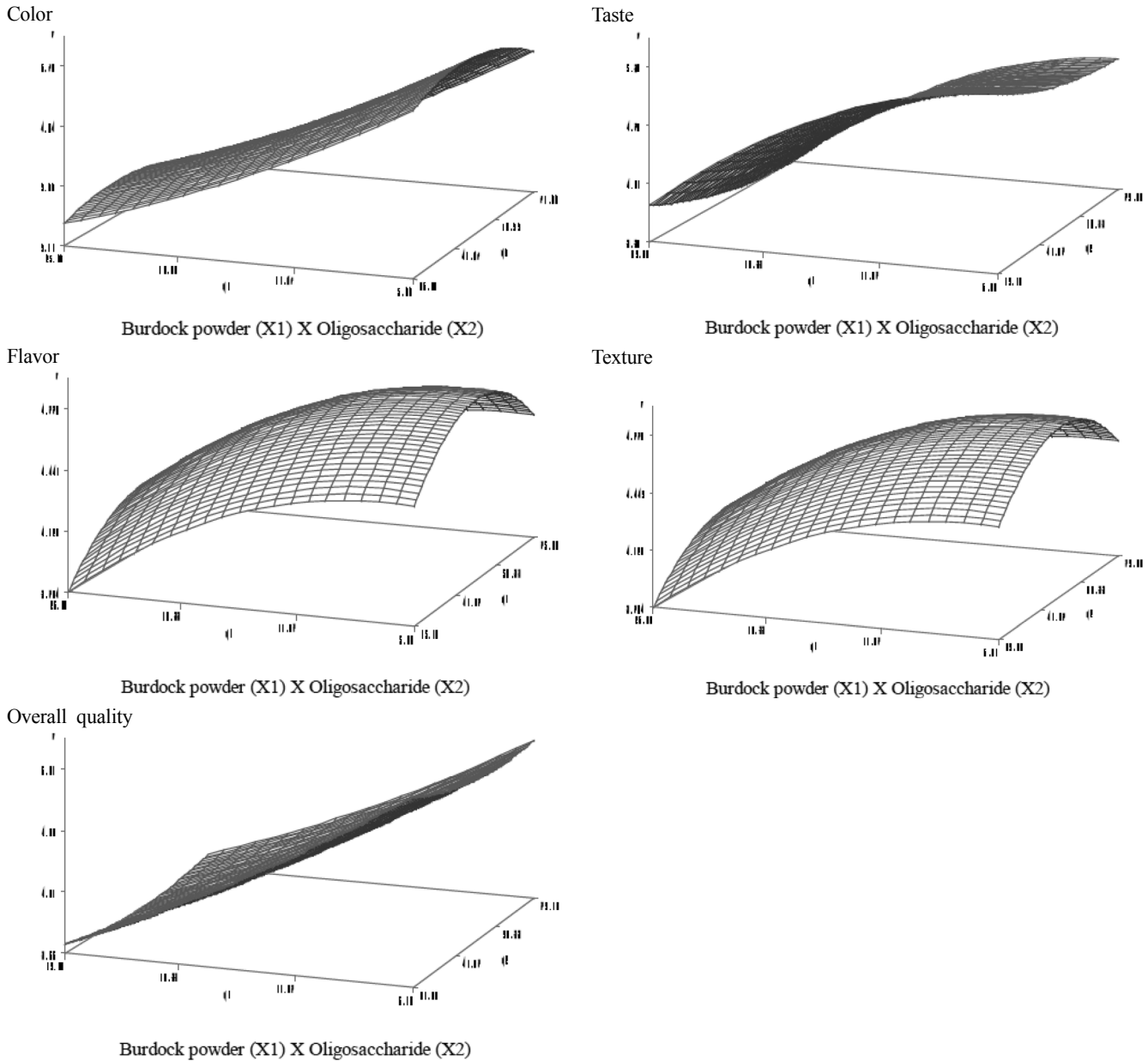


Fig. 5. Response surface for sensory evaluation of burdock oligosaccharide muffins.

면 감소하였고 올리고당 함량 63.15%를 기준으로 조직감 기호도가 증가하다가 이후 감소하였다.

5) 전체적인 기호(overall quality)

우영 올리고당 첨가 머핀의 전체적인 기호에 대한 관능검사결과 회귀곡선의 결정계수값 R^2 은 0.9842, p-value 0.0011로 1% 이내의 유의수준을 보였다. 정상점은 최대점이나 분석한계를 넘어서므로 능선분석 결과 우영가루 5.44%, 올리고당 47.02%일 때 5.07의 기호도를 나타내는 것으로 나타났다. 전체적인 기호에는 우영가루의 효과가 유의하게 있었으며 우영가루의 함량이 증가할수록 기호도는 낮아지는 것으로 나타났다.

6) 우영가루 올리고당 첨가 머핀의 관능적 최적화

각 항목별 최적조건은 등고선 그래프의 최적 배합 구역 내에서 가장 중앙에 위치한 점으로 이점이 3차원그래프의 최적점이라 할 수 있다. 머핀의 품질 평가에 있어 색, 맛, 향, 조직감, 전체적인 기호가 중요한 요인이라 할 수 있으므로 이들 기호도에 대한 반응표면분석의 numerical, graphical 분석결과를 등고선 그래프에 overlay plot 형태로 나타내어 분석하였다. 분석결과 우영분말 5% 올리고당 46.25%인 것으로 나타났으며 이 경우의 기호도는 color 5.69, taste 5.308, flavor 4.749, texture 5.19, overall quality 5.48로 desirability 0.945인 것으로 나타났다.

Table 6. Polynomial equations for physical properties, color value and texture characteristics calculated by RSM program for mixing of burdock oligosaccharide muffins

Responses	Polynomial equation	Model	R ² ¹⁾	P-value
Volume(mL)	= 197.380 - 9.722X1 ²⁾ - 5.833X2 ³⁾ + 4.404X1 ² + 1.666X1X2 - 0.595X2 ²	Linear	0.9815	0.0015**
Specific volume(mL/g)	= 2.43 - 0.121X1 - 0.070X2 + 0.048X1 ² + 0.012X1X2 - 0.0255X2 ²	Linear	0.9684	0.0042**
Height(mm)	= 6.552 - 0.322X1 - 0.011X2 + 0.061X1 ² - 0.008X1X2 - 0.138X2 ²	Linear	0.9370	0.0163*
pH	= 7.491 - 0.306X1 - 0.012X2 + 0.172X1 ² - 0.019X1X2 - 0.119X2 ²	Linear	0.9564	0.0079**
L	= 45.417 - 11.832X1 + 0.099X2 + 7.429X1 ² + 0.686X1X2 + 0.048X2 ²	Quadratic	0.9903	0.0004**
A	= 1.475 + 2.244X1 + 0.313X2 - 1.609X1 ² + 0.114X1X2 + 0.002X2 ²	Quadratic	0.9564	0.0079**
B	= 22.382 - 2.623X1 + 0.095X2 + 0.866X1 ² - 0.143X1X2 + 0.524X2 ²	Linear	0.9267	0.0218*
Adhesiveness	= -7.4428 - 16.6967X1 + 1.4878X2 - 15.8357X1 ² + 5.9387X1X2 - 2.030X2 ²	Quadratic	0.9577	0.0005**
Springiness	= 0.374 - 0.048X1 - 0.003X2 - 0.043X1 ² - 0.015X1X2 + 0.001X2 ²	Linear	0.8825	0.0500*
Cohesiveness	= 0.300 - 0.041X1 - 0.011X2 + 0.008X1 ² - 0.002X1X2 - 0.001X2 ²	Linear	0.9811	0.0015**

¹⁾ R² is coefficient of determination

²⁾ X1: Burdock powder(%)

³⁾ X2: Oligosaccharide(%)

*p<0.05, **p<0.01

Table 7. Polynomial equations for sensory properties calculated by RSM program for mixing of burdock oligosaccharide muffins

Responses	Polynomial equation	Model	R ² ¹⁾	P-value
Color	= 4.492 - 1.033X1 ²⁾ - 0.133X2 ³⁾ + 0.164X1 ² - 0.025X1X2 - 0.335X2 ²	Quadratic	0.9968	0.00001**
Taste	= 4.792 - 0.816X1 - 0.216X2 - 0.485X1 ² - 0.00001X1X2 + 0.014X2 ²	Linear	0.9160	0.0283*
Flavor	= 4.646 - 0.308X1 + 0.033X2 - 0.192X1 ² - 0.00001X1X2 - 0.317X2 ²	Quadratic	0.9131	0.0302*
Texture	= 4.578 - 0.658X1 - 0.025X2 - 0.032X1 ² - 0.050X1X2 - 0.482X2 ²	Quadratic	0.9699	0.0039**
Overall quality	= 4.832 - 0.966X1 + 0.050X2 - 0.039X1 ² - 0.050X1X2 - 0.339X2 ²	Linear	0.9842	0.0011**

¹⁾ R² is coefficient of determination

²⁾ X1: Burdock powder(%)

³⁾ X2: Oligosaccharide(%)

*p<0.05, **p<0.01

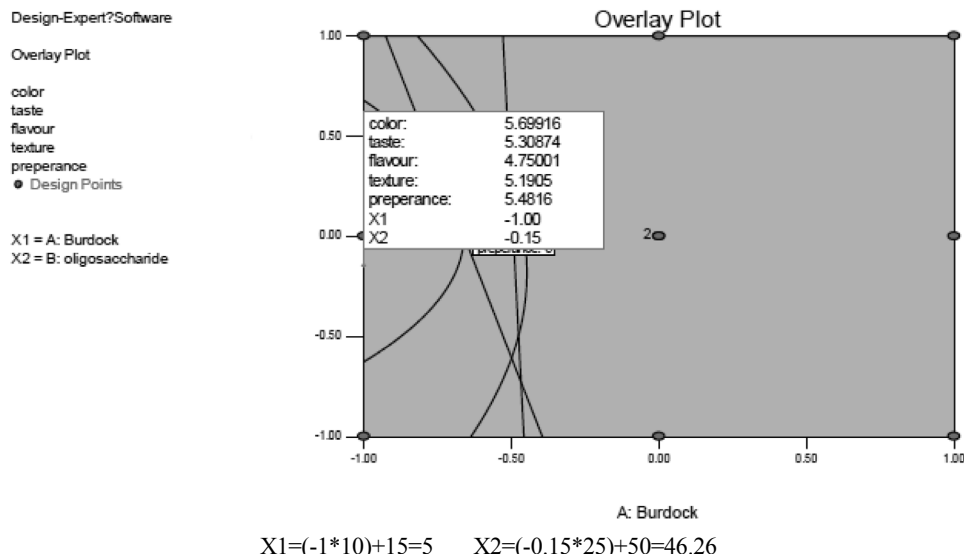


Fig. 6. Overlay plot of sensory evaluation for burdock oligosaccharide muffins.

IV. 요약 및 결론

우영과 올리고당의 기능성을 활용한 머핀 제조의 연구 일환으로 우영가루 일부를 5%, 15%, 25%로 대체하고, 설탕의 일부를 올리고당 25%, 50%, 75%로 대체하여 첨가한 머핀을 제조하여, 품질 특성을 조사하고 관능적 기호도 측면에서 제조조건을 최적화 하고자 하였다. Central composite을 이용하여 우영분말(X1) 올리고당(X2)의 양을 독립변수로 하여 SAS 9.1과 Design Expert 7.1.6을 사용하여 실험디자인하고 데이터를 분석하였다. 실험결과 부피, 높이, pH, 황색도, 탄력성, 점착성, 맛에 대한 기호도와 전체적인 기호는 linear 모델이 채택되었으며, 명도, 적색도, 기호도의 색, 향, 조직감은 quadratic 모델이 채택되었다. 수분, 무게, 경도는 이차 회귀분석에 대한 설명력이 부족한 것으로 나타났다. 머핀의 물리적 특성에서 부피, 높이, pH, L, b는 우영가루의 함량이 증가할 때 감소하였으며 a 값은 증가 하였다. 올리고당 첨가량이 증가 시에는 부피가 감소하는 것으로 나타났다. 물성 특성에서 탄력성, 응집성, 점착성 모두 우영가루 함량이 증가할 때 유의적으로 감소하였다. 관능검사 결과 우영의 함량이 증가할수록 모든 기호도가 감소하였으며 올리고당의 함량은 46.25%를 기준으로 색과 조직감의 기호도가 증가했다가 다시 감소하는 결과가 나타났다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때 머핀의 품질 특성을 유지하면서 우영과 올리고당의 기능성을 갖는 머핀을 제조하기 위해서는 밀가루 량의 5%를 우영가루로, 설탕 량의 46.25%를 올리고당으로 대체하여 머핀을 제조하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

참고문헌

- AOAC. 1995. In: Official Methods of Analysis. 16 th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. pp 1094
- Choi MJ, Han JS, Rhee SH, Park KY. 1998. Standardization of ingredient ratios of Woong(Burdock, *Arctium lappa* L.) Kimchi. J Korean Soc Food Sci Nutr 27(4):618-624
- Chow LW, Wang SJ, Duh PD. 1997. Antibacterial activity of burdock. Food Sci 24(2):195-202
- Duh PD. 1998. Antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa* Linne): Its scavenging effect on free-radical and active oxygen. Journal of the American Oil Chemists Society 75(4): 455-461
- Han JS, Rhee SH, Lee KY, Park KY. 1995. Standardizations of traditional special Kimchi in Kyungsang province. J East Asian Soc Dietary Life 5(2):27-38
- Im JK, YS Kim, Ha TY. 1998. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. Korean J Food Cookery Sci 30(5):1158-1162
- Jeong SB, Shin MS. 1990. The oriental medicinal dictionary. Younglimsa, Seoul, Korea. pp 1010-1011
- Joo SY, Kim HJ, Paik JE, Joo NM, Han YS. 2006. Optimization of muffin with added spinach powder using response surface methodology. Korean J Food Cookery Sci 22(1):45-55
- Jung KI, Shin ES, Kim SA. 2008. Quality characteristics of muffins with fat and methods. Korean J Food Cookery Sci 24(4):473-479
- Kim HY, Park HR, Lee MN, Kim MK. 2009. A study on the quality characteristics of muffins with burdock powder and oligosaccharides. Abstract of 2009 conference of the Korean Society of Food & Cookery Science in Fall. Seoul. p 176
- Kim JH, Kim JH, Yoo SS. 2008. Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. Korean J Food Cookery Sci 24(5):565-572
- Kim YS, Choi HS, Woo IA, Song TH. 2004. The effect on the sensory and mechanical characteristics of functional muffin using *Glycyrrhizae radixextract*. Korean J Food Cookery Sci 20(1):95-99
- Lee KA, Lee YJ. 1997. Characteristics of high-ratiocakes prepared with isomaltooligosaccharide. Korean Assoc Human Econ 6(2):167-172
- Lee SM, Joo NM. 2008. Optimization of muffin with dried *Rhynchosia molubilis* powder using response surface methodology. Korean J Food Cookery Sci 24(5):626-635
- Lim JH, Jeong MC, Moon KD. 2005. Purification and characterization of polyphenoloxidase from burdock (*Arctium lappa* L.). Korean J. Food Preserv 12(5):489-495
- Lin CC, Lin JM, Yang JJ, Chuang SC, Ujiie T. 1996. Anti-inflammatory and radical scavenging effect of *Arctium lappa*. American J Chinese Medicine 24(2):127-137
- Prosky L, Asp NG, Furda I, De Vries JW, Schweizer TF, Harland BF. 1985. Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study. J Assoc Off Anal Chem. 68:677-679
- Son HS, Park SO, Hwang HJ, Lim ST. 1997. Effect of oligosaccharide syrup addition on the retrogradation of a Korean rice cake (Karedduk). Korean J Food Sci Technol 29(6): 1213-1221
- Tomomatsu H. 1994. Health effects of oligosaccharides. Food Tech 48(10):61-65
- Yun SJ. 1999. Sensory and quality characteristics of pumpkin rice cake prepared with different amounts of pumpkin. Korean J Soc Food Sci 15(6):586-590

2010년 8월 9일 접수; 2010년 9월 27일 심사(수정); 2010년 9월 27일 채택