

Glutensiz Bisküvi Unu Formülasyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi Kullanılarak Optimizasyonu

Fatma Hayit¹ , Hülya Gül² ¹Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Yozgat²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 02.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 28.12.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): fatma.hayit@bozok.edu.tr (F. Hayit)

☎ 0 354 290 30 02 📠 0 354 290 30 03

ÖZ

Bisküvilik buğday unu bisküvi üretiminde en önemli hammaddedir. Fakat çölyak hastaları glutene karşı gösterdikleri intolerans nedeniyle buğday unundan yapılan bisküvileri tüketmemelidirler. Bu nedenle çalışmada mısır nişastası, mısır unu, pirinç unu ve patates nişastası kullanılarak uygun bir glutensiz bisküvi unu formülasyonu (GBUF) oluşturulması amaçlanmıştır. Bu bileşenlerin kullanım oranları yanıt yüzey metodundan yararlanılarak belirlenmiştir. GBUF deneme deseni oluşturulmadan önce formülasyonda kullanılacak bağımsız değişkenlerin alt ve üst limit miktarları, mısır unu ve pirinç unu ve mısır nişastası için sırasıyla; %5-20, %0-50 ve %0-30 olarak belirlenmiştir. GBUF'nda oranlar patates nişastası ile yüz birime tamamlanmıştır. Belirlenen bu değerler kullanılarak yanıt yüzey yöntemi ile Box Behnken metoduna göre GBUF deneme deseni oluşturulmuştur. Bağımlı değişkenler olarak genel kabul edilebilirlik, tekstürel sertlik, renk farkı (delta E) ve yayılma oranı seçilmiştir. Yapılan bu optimizasyon çalışmasından elde edilen verilere göre; %7 mısır nişastası, %8 mısır unu, %40 pirinç unu ve %45 patates nişastası karışımı kullanılarak kabul edilebilir kalitede glutensiz bisküvi üretilbileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Box Behnken, Çölyak, Glutensiz bisküvi, Yanıt yüzey yöntemi

Optimization of Gluten-Free Cookie Flour Formulation by Using Response Surface Methodology

ABSTRACT

Soft wheat flour is the most important raw material in the production of cookies. But, celiac patients, because of their gluten intolerance, should not consume gluten containing cookies made from wheat flour. Therefore, in this study, it was aimed to form a suitable gluten-free cookie formulation (GFCF) with corn starch, corn flour, rice flour and potato starch. Ratios of these ingredients in formulation were determined by the response surface methodology. Before the construction of the GFCF experimental design, the lower and upper limits of the independent variables to be used in the formulation were determined as 5- 20%, 0-50% and 0-30% for corn flour, rice flour and corn starch, respectively. In the GFCF, the proportions were completed to 100% with potato starch. By using these values, the GFCF experimental design was established by the response surface methodology according to Box Behnken method. General acceptability, textural hardness, color difference (delta E) and spread ratio values were selected as dependent variables. According to the data obtained from this optimization study; a mixture of 7% corn starch, 8% corn flour, 40% rice flour and 45% potato starch was the best to produce gluten-free cookies with acceptable quality.

Keywords: Box Behnken, Celiac, Gluten-free cookie, Response surface methodology

GİRİŞ

Buğday unu hemen hemen tüm bisküvi ve kurabiyelerin ana bileşenidir. Çünkü buğday unu su ile karıştırıldığında oluşan gluten yapısı ile visko elastik özellikteki hamur oluşur [1]. Fakat çölyak hastaları glutene karşı alerjik durumları nedeniyle gluten içeren gıdaları tüketememektedirler [2-5]. Söz konusu hastalık, buğday gluten proteininin tüketimi ile ilgili olup [6], genetik olarak hassas bireylerde gluten alımı ile tetiklenir. Çölyak hastalığı genetik ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimin sonucunda ortaya çıkan bağıışıklık merkezli bir enteropati olarak tanımlanmaktadır [7, 8].

Buğday, çavdar ve arpada bulunan gluten, çölyak hastalığı ve çölyak dışı gluten duyarlılığı gibi çeşitli gastrointestinal bozukluklara sebep olmaktadır [7]. Çoğu popülasyonda insanların yaklaşık %1'inde görülürken son zamanlarda tanı oranları artmaktadır [8]. Hastalığın görülme sıklığının artmasıyla beraber sağlık uzmanlarının ve tüketicilerin hastalığa ilgisini de arttırmıştır [6]. Hastalığın birçok klinik belirtisi vardır [8]. Karın şişkinlikleri ve ağrı, kötü kokulu ve yağlı dışkı, kilo kaybı, yorgunluk, açıklanamayan anemi, davranış değişiklikleri, bacaklarda ve kollarda uyuşma karıncalanma, kemik ve eklem ağrıları, kas krampları, ağzı içinde yaralar, kaşıntılı deri döküntüsü bu belirtilerdedir [9, 10]. Çölyak hastalığında, vücudun bağıışıklık sistemi anormal olarak glutene tepki verir, bu durum bağırsaklarda iltihaplanma ve zarara neden olarak bağırsaklarda demir, kalsiyum, vitamin A, D, E, K ve folat emiliminin azalmasına sebep olur [11]. Genel olarak glutensiz ürünlerde de buğday ve türevlerinin kullanılmamasına bağlı olarak mineral madde, protein ve vitamin eksikliği bulunmaktadır [12]. Ürünlerin kalitesi ise gluten ağının zayıflığından dolayı genellikle zayıftır [13]. Özellikle ticari olarak temin edilen glutensiz ürünler düşük kalitede olmakta ve üretimlerinde kullanılan katkı maddeleri yüksek maliyetli malzemeler olduğu için fiyatlarda normal ürünlere göre 10-20 kat artmaktadır [14]. Bu yüzden çölyak hastalarının ihtiyaçları doğrultusunda besin değeri yüksek, kabul edilebilir nitelikte yeni ürünlerin geliştirilmesi gerekmektedir [12].

Yanıt yüzey yöntemi, süreçlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve optimizasyonu için kullanılan istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir kombinasyonudur. Yöntemin kullanılması maliyetin düşmesine, hızlı ve verimli süreç gelişimine olanak sağlar. Bağımsız değişkenlerin süreçler üzerindeki etkisini tek başına ya da kombinasyon halinde açıklar. Bağımsız değişkenlerin etkilerini analiz etmenin yanı sıra bağımsız değişkenler ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkileri tanımlayan matematiksel bir model oluşturur [15]. Yanıt yüzey yöntemi uygulanmasında deneysel dizaynların seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla belirlenen "Central composite, Box behnken ve Doehlert dizayn" gibi bazı deneysel tasarımlar bulunmaktadır. Bu deneysel tasarımlar çeşitli proseslerin optimizasyonu için kullanılmaktadır. Box behnken daha verimli matrisler tasarlar ve son yıllarda yayınlanan eser sayıları artmıştır [16].

Box-Behnken tasarımı, yanıt yüzey yönteminin deneysel tasarımlarından biridir ve deney noktaları, merkez noktadan eşit uzaklıkta yer alan, üç seviyeli faktöriyel tasarımlara dayanmaktadır. Box-Behnken dizaynın önemi aşırı koşullar altında yapılan deneylerden kaçınmasıdır ve tüm faktörlerin aynı anda en yüksek ve en düşük noktalarda oldukları kombinasyonları içermemesidir [17]. Bu yöntem çeşitli faktörlerin örnek tepkisi üzerindeki etkisini eşzamanlı olarak incelemek, doğrusal ve kuadratik etkileri ve bu faktörler arasındaki etkileşimleri hesaplamak için en iyi deneysel strateji olarak bilinmektedir [18].

Bu çalışmada; hastaların ihtiyaçları doğrultusunda besin değeri yüksek mısır unu ve yine beğenilirliğin yüksek olması açısından mısır nişastası, patates nişastası ve pirinç unu karışımı kullanılarak yanıt yüzey yöntemini ile glutensiz bisküvi unu formülasyonun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Optimizasyon için bağımsız değişkenler olarak; tekstür analiz cihazında ölçülen sertlik değeri, bisküvilerin yayılma oranı, renk farkı (delta E) ve duyu test sonucunda elde edilen kabul edilebilirlik faktörleri seçilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Patates nişastası ve mısır nişastası Tat İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş'den (İzmir), mısır unu ve pirinç unu Hüsnü Özmen Gıda Sanayi A.Ş'den (İzmir), ksantan gam Selim Esans Deposu Kimyevi Maddeler İthalat ve Toptan Dahili Ticaret Ltd.Şti'den (İzmir), Sodyum bikarbonat Şişecam Soda Sanayi A.Ş. (Mersin), %42'lik mısır şurubu Sunar Mısır Entegre Tesisleri San. ve Tic. A.Ş. (Adana, Türkiye)'den temin edilmiştir. Pudra şekeri, tuz ve Orkide Marka şortening Isparta'da yerel bir marketten satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

Bisküvi Üretim Metodu

Bisküviler AACC Metot, 10–50-05 [19]'da belirtilen tel keski bisküvi metodunun modifiye edilmesi suretiyle üretilmiştir. Tel keski bisküvi formülasyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Şortening, pudra şekeri, tuz ve sodyum karbonat mikserde (Hobart mikser N50, Almanya) düşük hızda (her bir dakikanın sonunda durdurularak mikser kenarlarının sıyrılarak içeriğe dahil edilmesi suretiyle) karıştırılmıştır. Mısır şurubu ve destile su ilave edilerek 1 dakika orta hızda karıştırılmış ve daha sonra glutensiz un karışımı eklenerek 2 dakika yavaş hızda yoğurma işlemine devam edilmiştir. Mikserden nazik bir şekilde alınan hamur çapı 5.0-6.0 mm arasında olan tahta oklava ile 5 mm kalınlığında olacak şekilde inceltilmiş ve iç çapı 60 mm olan bisküvi kesme aparatı ile yuvarlak bir şekilde kesilmiştir. Şekil verilen bisküviler 205°C'de 10 dakika süreyle konveksiyonel fırında (Fimak, FSET4, Konya) pişirilip oda sıcaklığında soğutulmuş ve hermetikli uygun ambalajlarda analiz edilene kadar depolanmışlardır.

Tablo 1. Bisküvi formülasyonu

Bisküvi Üretiminde Kullanılan Maddeler	Miktar
Shortening ⁽¹⁾ (g)	64.0
Pudra şekeri ⁽²⁾ (g)	130.0
Tuz (g)	2.1
Sodyum bikarbonat (g)	2.5
%42'lik mısır şurubu (g)	33
Distile su (mL)	16.0
Ksantan gam (%)	2.0
Glutensiz un karışımı (%14 nem esasına göre, g)	225

(1): Formülasyonda shortening %50 oranında azaltılmıştır.

(2): Formülasyonda pudra şekeri %23 oranında azaltılmıştır.

Bisküvilerde Yapılan Analizler

Fiziksel Analizler

Bisküvilerin fiziksel kalite özelliklerini belirlemek amacıyla (her denemede 6 bisküvi örneği alınmıştır) üretilen bisküvilerin çap ve kalınlık değerleri dijital mikrometre kullanılarak (her örnekte en az 4 bölgeden) ölçülmüştür. Yayılma oranı bisküvi çapının kalınlığına oranlanması ile hesaplanmıştır.

Renk Analizleri

Renk ölçümü Konica Minolta (Minolta CR-410, Minolta Co Ltd., Tokyo, Japonya) renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Her bir bisküvi örneğinin ile üç farklı noktadan ölçüm alınarak L, a ve b değerleri tespit edilmiştir. Renk skalası; L değeri [(0)Siyah – (100) Beyaz], a değeri [(+) kırmızı, (-) yeşil] ve b değeri [(+) sarı, (-) mavi] olarak kullanılmıştır. Bisküvilik buğday unundan yapılmış kontrol bisküvilerine göre renk farkı belirlenmiştir. L_o, a_o ve b_o değerleri için bisküvilik undan üretilen bisküvilerin renk değerleri kullanılmış (L_o :58.83; a_o :7.07; b_o : 20.4) ve glutensiz bisküvilerin delta E (ΔE) değerleri tespit edilmiştir. Bisküvi örneklerinin ΔE 'si, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_o)^2 + (a - a_o)^2 + (b - b_o)^2}$$

Tekstürel Analizler

Tekstür analiz cihazında (TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) üç noktalı bükme probu ve 30 kg'lık yük hücresi kullanılarak glutensiz bisküvi örneklerinin sertlik değerleri pişirme işleminden 6 saat sonra belirlenmiştir (her denemede 6 bisküvi örneği alınmıştır). Tekstür analiz cihazında test parametreleri; ön test hızı: 1.0 mm/s, test hızı: 3.0 mm/s, son test hızı: 10 mm/s, uzaklık 5.0 mm ve veri alma hızı 500 pps. olarak ayarlanmıştır.

Duyusal Analizler

Üretilen bisküvilerin duyu değerlendirmesi Gül ve ark. [20]'e göre yapılmıştır. Bisküviler pişirme işleminden 4 saat sonra 15 kişilik (üniversite öğrencisi) bir panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. 1'den 5'e kadar puanlandırılan hedonik skala kullanılmıştır. 1 "hiç

beğenmedim" 5 ise "çok beğendim" olarak ifade edilmiştir. Optimizasyon çalışması için genel kabul edilebilirlik değeri bağımlı değişken olarak alınmıştır.

Optimizasyon

Glutensiz bisküvi unu karışımı hazırlamak amacıyla pirinç unu, mısır nişastası ve mısır ununun eş zamanlı etkilerini anlamak için yanıt yüzey yöntemi, yanıt yüzey yöntemi ile bu çalışmanın dizaynında ise Box Behnken dizayn kullanılmıştır. Kontrol edilebilir faktörler (bağımsız değişkenler) pirinç unu, mısır nişastası ve mısır unu olarak belirlenmiştir.

Formülasyon deneme deseni oluşturulmadan önce formülasyonda kullanılacak bağımsız değişkenlerin alt ve üst limit miktarları daha önce yapılan bisküvi ön denemeleri ile; pirinç unu için %0-50, mısır nişastası için %0-30, mısır unu için %5-20 olarak belirlenmiştir. Glutensiz bisküvi unu formülasyonunun tamamlanması için deneme deseninde belirtilen 15 formülasyon için patates nişastası kullanılmıştır.

Glutensiz un formülasyonunun hazırlanması için oluşturulan optimizasyonda, Minitab 17 programı ile Box-Behnken dizayn kullanılarak optimum bileşenler belirlenmiştir. Yüzey alanı farklı seviyelerde (-1, 0 ve +1) üç kontrol edilebilir faktörün (pirinç unu, mısır nişastası ve mısır unu) incelenmesi ile optimize edilmiştir. Deneysel tasarım 12 faktörlü 3 merkezli 15 deneme deseninden (Tablo 2) oluşturulmuştur.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yanıt yüzey yöntemi ile oluşturulan deneme tasarımına göre glutensiz bisküvi unu üretimi için deneme deseninde belirlenmiş olan 15 adet formülasyon (Tablo 2) kullanılarak ayrı ayrı bisküvi üretimi yapılmış ve bu bisküvi örneklerinde fiziksel, tekstürel, duyu ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yanıt yüzey yöntemi kullanılarak ANOVA tablosu ve model katsayıları ile önem durumları belirlenmiştir. Minitab 17 istatistik yazılımı ile anlamlı yanıtlar için şekiller oluşturulmuştur. Şekil planının her birinde bir değişkeni orta seviyede tutarak diğer iki değişkenin farklı seviyeleri için bağımsız değişkenlerin nasıl değiştiği belirlenmiştir [21].

Tablo 2. Optimizasyon programında oluşturulan formülasyon deneme deseni

Deneme Numarası	Kodlanmış Değerler (%)			Kodlanmamış Değerler (%)		
	Mısır nişastası	Pirinç unu	Mısır unu	Mısır nişastası	Pirinç unu	Mısır unu
1	0	+	-	15	50	5.0
2	0	+	+	15	50	20.0
3	0	-	+	15	0	20.0
4	+	0	+	30	25	20.0
5	+	0	-	30	25	5.0
6	-	+	0	0	50	12.5
7	+	-	0	30	0	12.5
8	0	0	0	15	25	12.5
9	0	-	-	15	0	5.0
10	0	0	0	15	25	12.5
11	-	0	-	0	25	5.0
12	-	0	+	0	25	20.0
13	0	0	0	15	25	12.5
14	-	-	0	0	0	12.5
15	+	+	0	30	50	12.5

Optimizasyon için bağımlı değişkenler duyuşsal kabul edilebilirlik, tekstürel sertlik, delta E ve yayılma oranı olarak belirlenmiştir. Optimizasyonun sonuçlarına ulaşmak için hedefler önemlidir [22]. Bu çalışmada, duyuşsal kabul edilebilirlik değerinin maksimum, sertlik ve delta E değerinin ise minimum olması istenmektedir. Benzer olarak, Mudgil ve ark.'nın [15], yaptıkları çalışmada da bisküvilerin hidrolize guar gam miktarı, su miktarı ve pişirme süresinin optimize edildiği çalışmada

bağımlı değişkenler yayılma oranı, sertlik derecesi ve genel duyuşsal kabul edilebilirlik olarak seçilmiştir.

Deneme deseni ile üretilen bisküvilerin bağımlı değişken olarak belirlenen kalite parametre değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3'den görüleceği gibi bisküvilerin sertlikleri 3162.92-7999.61 kg aralığında, genel kabul edilebilirlik değerleri 1-5 puan aralığında bulunmuştur. Yayılma oranları 5.02-19.32 aralığında, delta E değeri 3.82-11.17 aralığında olduğu belirlenmiştir.

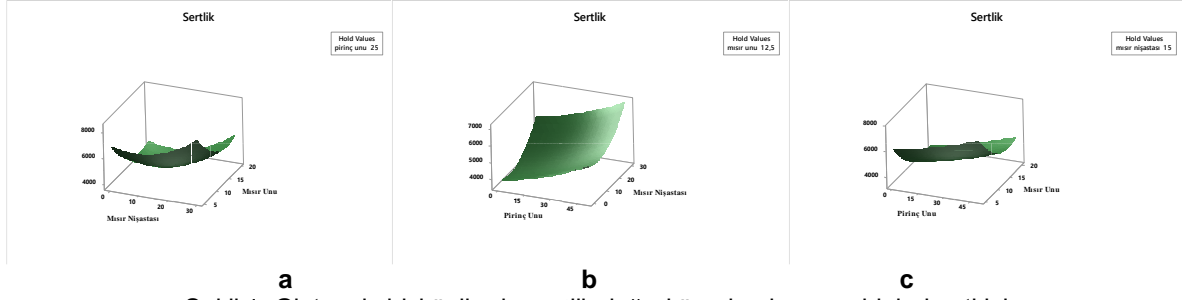
Tablo 3. Glutensiz bisküvi formülasyonu için belirlenen bağımlı kalite parametrelerinin değerleri

Deneme No	Tekstürel Sertlik Değeri (g)	Genel Kabul Edilebilirlik	Yayılma Oranı	Delta E
1	7999.61	4.0	5.48	4.66
2	4431.77	5.0	5.86	9.29
3	4561.45	1.5	6.90	9.04
4	5527.23	1.0	19.32	7.08
5	8498.89	1.0	6.87	4.43
6	5977.40	4.5	5.69	8.18
7	5535.08	1.5	6.67	8.30
8	4391.38	4.0	5.81	7.46
9	5807.20	2.0	6.75	5.95
10	4368.68	4.0	5.79	6.96
11	6924.37	3.0	6.04	3.82
12	4569.10	4.5	5.66	10.39
13	4350.83	4.0	5.65	7.314
14	3161.92	2.5	6.36	9.67
15	7292.10	4.5	5.02	11.17

Sertlik Değeri Üzerine Hammaddelerin Etkisi

Sertlik değeri üzerine hammaddelerin etkisi Şekil 1, Tablo 4 ve 5'te verilmiştir. Sertlik değeri pirinç ununun sabit tutulduğu durumda (Şekil 1a) mısır nişastasının %10 oranlarında, mısır unun %15 oranlarında kullanıldığında en düşük değeri almıştır. Mısır ununun sabit tutulduğu durumda (Şekil 1b) pirinç ununun ve

mısır nişastasının en yüksek oranda kullanılması sertliğin artmasına sebep olmuştur. Pirinç ununun ve mısır nişastasının en az kullanılması ise sertliğin en düşük değeri almasını sağlamıştır. Mısır nişastasının sabit tutulduğu durumda (Şekil 1c) ise mısır unun %10 civarında pirinç ununun ise kullanılmadığı durumda sertlik değeri en düşük değerini almıştır.



Şekil 1. Glutensiz bisküvilerde sertlik değeri üzerine hammaddelerin etkisi

Tablo 4 ve 5'ten de görüldüğü gibi sertlik değeri için interaksiyon terimler önemsiz olarak belirlenmiştir ve sertlik parametresi için interaksiyon terimler [23] modelin anlamlılığını düşürdüğü için kullanılmamıştır. Modelin yeterliliği P-değeri, R² (regresyon katsayısı) ve uyum eksikliği ile belirlenmiştir [24]. R² değeri 1'e (100) yakın olan model deneysel verilere daha uyumlu olacaktır. Bu değer düşük olması veriye modelin uygun olmaması anlamına gelmektedir [25,26]. Sertlik değeri için R²

değeri 91.77, modelin anlamlılığı (P değeri) 0.001 ($p \leq 0.001$), uyum eksikliği de 0.06 olarak belirlenmiş ve optimizasyon da sertlik parametresinin kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir. Benzer olarak Mudgil ve ark. [15], tarafından yapılan çalışmada sertlik değerinin R² değerini 0.95 (95.00) olarak belirlenmiş ve optimizasyon için anlamlı olduğunu bildirmiştir.

Tablo 4. Regresyon modellerinin önemi ve değişkenlerin glutensiz bisküvi unu özelliklerine etkisi

Varyansın Kaynağı	Tekstürel Sertlik Değeri (kg)	Genel Kabul Edilebilirlik	Yayımlama Oranı	Delta E
Lineer				
β_1	0.005	0.012	0.154	0.667
β_2	0.004	0.001	0.606	0.893
β_3	0.000	0.350	0.194	0.001
Kuadratik				
β_{11}	0.018	0.078	0.321	0.198
β_{22}	0.487	1.00	0.371	0.21
β_{33}	0.006	0.046	0.249	0.020
Interaksiyon				
β_{12}	-	-	0.876	0.047
β_{13}	-	-	0.084	0.066
β_{23}	-	-	0.971	0.398
Uyum eksikliği	0.06	0.67	0.001	0.056
Model	0.001***	0.005**	ns	0.001***
R ²	91.77	85.61	73.83	94.82

β_0 sabit katsayısı, β_i birinci dereceden terim katsayılarını, β_{ij} ikinci dereceden terim katsayılarını, ve β_{ij} etkileşim terimlerine ait katsayıları ifade etmektedir. Genel eşitlik formu $Z = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j$, *, anlamlı $p \leq 0.05$; **, anlamlı $p \leq 0.01$; ***, anlamlı $p \leq 0.001$; ns, anlamlı değil ($p > 0.05$)

Tablo 5. Glutensiz bisküvi unu regresyon modelleri

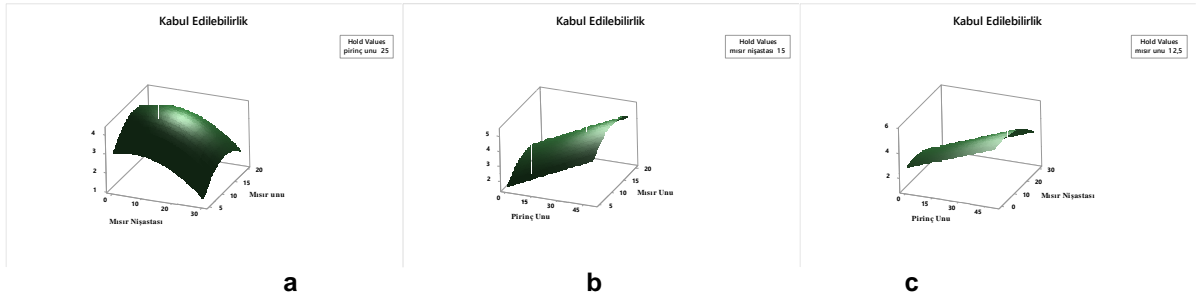
Bağımlı Değişkenler	Model
Sertlik	$9078 - 68.2X_1 + 15.5X_2 - 662X_3 + 4.00X_1 * X_1 + 0.353X_2 * X_2 + 19.72X_3 * X_3$
KE	$-0.10 + 0.0458X_1 + 0.0525X_2 + 0.422X_3 - 0.00333X_1 * X_1 - 0.000000X_2 * X_2 - 0.01556X_3 * X_3$
Yayımlama	$12.92 - 0.450X_1 + 0.104X_2 - 1.122X_3 + 0.00758X_1 * X_1 - 0.243X_2 * X_2 + 0.0359X_3 * X_3 - 0.0065X_1 * X_2 + 0.0285X_1 * X_3 + 0.00031X_2 * X_3$
DELTA E	$Y = 1.96 - 0.0587X_1 - 0.1832X_2 + 1.007X_3 + 0.00286X_1 * X_1 + 0.002312X_2 * X_2 - X_3 + 0.00291X_1 * X_2 - 0.00871X_1 * X_3 + 0.00206X_2 * X_3$

X₁: Mısır nişastası, X₂: Pirinç unu, X₃: Mısır unu

Genel Kabul Edilebilirlik Değeri Üzerine Hammaddelerin Etkisi

Genel kabul edilebilirlik değeri üzerine hammaddelerin etkisi Şekil 2, Tablo 4 ve 5'te verilmiştir. Genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde lineer ve kuadratik terimlerin önemli olduğu belirlenmiştir. Pirinç ununun sabit tutulduğu Şekil 2a'da görüldüğü gibi mısır nişastasının %10 miktarından daha fazla kullanımı kabul edilebilirliğin azalmasına sebep olmuştur. Mısır ununun %10 civarında kullanımı kabul edilebilirliği artırırken daha fazla kullanılması bu değeri olumsuz etkilemiştir.

Mısır nişastasının sabit tutulduğu durumda (Şekil 2b) pirinç unu kullanım miktarı arttıkça kabul edilebilirlik artmış, mısır ununun %10-15 oranında kullanımı bu değer için en yüksek rakamı almasını sağlamıştır. Pirinç ununun en fazla, mısır ununun ise %10-15 civarında kullanıldığı durumda kabul edilebilirlik en yüksek değeri almıştır. Mısır ununun sabit tutulduğu durumda (Şekil 2c) mısır nişastasının %10 civarında ve pirinç ununun maksimum oranda kullanılması kabul edilebilirlik değerinin en yüksek olmasına sebep olmuştur. Kabul edilebilirlik değerinde en yüksek değer için, pirinç ununun maksimum oranda, mısır unu ve mısır nişastasının %10-15 civarında kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 2. Glutensiz bisküvilerde kabul edilebilirlik değeri üzerine hammaddelerin etkisi

Tablo 4 incelendiğinde KE değeri için R^2 değeri 85.61, modelin anlamlılığı (P değeri) 0.005 ($p \leq 0.01$), uyum eksikliği de 0.67 olarak belirlenmiş ve optimizasyon da KE parametresinin de kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir. Benzer olarak Mudgil ve ark. [15], tarafından yapılan çalışmada KE değerinin R^2 değerini 0.75 (75.00) olarak belirlenmiş ve optimizasyon için anlamlı olduğunu bildirmiştir.

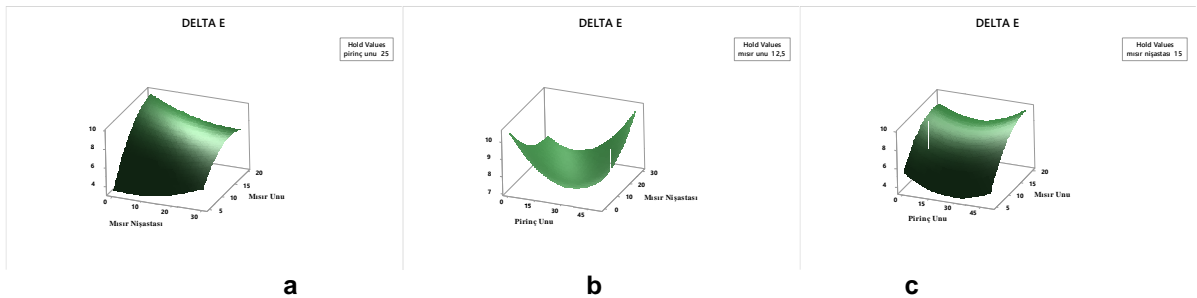
Yayıma Değeri Üzerine Hammaddelerin Etkisi

Yayıma değeri üzerine hammaddelerin etkisi Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde R^2 (regresyon katsayısı) değerinin 73.83 olduğu uyum eksikliği değerinin 0.001 olduğu görülmektedir. Uyum eksikliği oluşturulan modelin çevresindeki verilerin varyasyonudur ve modelin uygunluğunun yeterliliğini test eder. Bu değer $p > 0.005$ olması istenir [27]. Yapılan çalışmada uyum eksikliği değerinin çok düşük olduğu görülmektedir. P değerleri modelin anlamlılığını belirten değerlerdir ve 0.05'ten küçük olması modelin

anlamlı olduğunu ifade etmektedir [28,29]. Tablo 4'ten de görüldüğü üzere modellerin P değerinin yayılma parametresi için 0.05'den büyük olduğu ve bu yüzden modellerin anlamlı olmadığı, optimizasyonda yayılma parametresinin kullanılamaz olduğu belirlenmiştir.

Delta E Değeri Üzerine Hammaddelerin Etkisi

Delta E değeri üzerine hammaddelerin etkisi Şekil 4'de ve Tablo 4 ve 5'te verilmiştir. Delta E değeri üzerinde lineer, kuadratik ve interaksiyon terimleri önemli olduğu belirlenmiştir. R^2 değeri 94.82, uyum eksikliği $p > 0.005$ ve modelin P değeri 0.001 ($p \leq 0.001$) olup Delta E değerinin optimizasyon için önemli bir parametre olduğu görülmektedir. Pirinç ununun sabit tutulduğu durumda (Şekil 4a) mısır nişastası ve mısır ununun kullanım oranının artması delta E değerinin artmasına, mısır ununun sabit tutulduğu durumda (Şekil 4b) mısır nişastasının yüksek oranda kullanımı ve pirinç ununun az oranda kullanımı delta E değerinin artmasına sebep olmuştur.



Şekil 3. Glutensiz bisküvilerde Delta E değeri üzerine hammaddelerin etkisi

Mısır nişastasının sabit tutulduğu durumda (Şekil 4c) ise mısır ununun %10 oranından fazla olması pirinç ununun ise %15-30 oranlarından az ya da fazla olması delta E

değerinin artmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Delta E değeri en düşük değeri pirinç ununun %15-30

oranlarında kullanıldığı, mısır ununun en düşük miktarda kullanıldığı durumda almıştır.

Model Doğrulama

Optimizasyon sistemi, glutensiz bisküvi formülasyonu için optimum özelliklere sahip formülasyonu %7 mısır

nişastası, %40 pirinç unu, %8 mısır unu ve %45 patates nişastası olacak şekilde oluşturulan formülasyon olarak belirlemiştir. Modelin doğrulanması için sistem tarafından belirlenen formüle uygun bisküvi örnekleri üretilmiş ve Tablo 6'da görülen tüm parametreler ölçülmüştür.

Tablo 6. Model doğrulama

Analiz	Sistemin Belirlediği Güven Aralığı %95 CI	Sonuç
Tekstürel Sertlik	4956; 6254	4978
Genel Kabul Edilebilirlik	3.794; 5.384	4.8
Delta E	4.739; 7.031	4.832

Modelin geçerliliği için bağımlı değişkenlerin regresyon katsayısı, P değeri, uyum eksikliği testi analiz edilmiştir. Modelin doğrulanması için Tablo 6 incelendiğinde elde edilen sonuçlar ile yapılan örneklerin sonuçların sistemde belirlenen güven aralıklarından %95CI (Confidence Interval) güven aralığına girmesi gerekmektedir. Tablo incelendiğinde sonuçların %95 CI güven aralığında olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak optimizasyonu yapılarak oluşturulan glutensiz bisküvi unu formülasyonu olarak %7 mısır nişastası, %40 pirinç unu, %8 mısır unu ve %45 patates nişastası ile oluşturulan formülasyonun kabul edilebileceği ve bundan sonraki glutensiz bisküvi çalışmalarında bu formülasyonun geliştirilerek kullanılabilmesi belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Kent, N.L., Eversan, A.D. (1994). Introduction for students of food science and agriculture. Technology of cereals, Elsevier Science, Oxford.
- [2] Murray, J.A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 354-365.
- [3] İşleroglu, H., Dirim, S., Ertekin, F. (2009). Gluten içermeyen, hububat esaslı alternatif ürün formülasyonları ve üretim teknolojileri. *Gıda*, 34(1), 29-36.
- [4] Nehra, V., Marietta, E., Murray, J. (2013). Celiac disease. *Encyclopedia of Human Nutrition*, 298-306.
- [5] Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf life evaluation. *Food Chemistry*, 224(1), 144-152.
- [6] Shewry, P.R., Tatham, A.S. (2016). Improving wheat to remove coeliac epitopes but retain functionality. *Journal of Cereal Science*, 67, 12-21.
- [7] Nylund, L., Kaukinen, K., Lindfors, K. (2016). The microbiota as a component of the celiac disease and non-celiac gluten sensitivity. *Clinical Nutrition Experimental*, 6, 17-24.
- [8] Leibold, B., Sanders, D.S., Green, P.H.R. (2018). Celiac disease. *The Lancet*, 391, 70-81.

- [9] Tursi, A., Brandimarte, G., Giorgetti, G., Gigliobianco, A., Lombardi, D., Gasbarrini, G. (2001). Low prevalence of antigliadin and anti-endomysium antibodies in subclinical/silent celiac disease. *National Library of Medicine National Institutes of Health*, 96, 10.
- [10] Rampertab, S.D., Pooran, N., Brar, P., Singh, P., Green, P.H. (2006). Trends in the presentation of celiac disease. *National Library of Medicine National Institutes of Health*, 119, 9-14.
- [11] Rosell, C.M., Raquel Garzon, R. (2015). Chemical composition of bakery products. Handbook of Food Chemistry, Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- [12] Hayıt, F., Gül, H. (2017). Çölyak ve çölyak hastaları için üretilen ekmeklerin kalite özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 163-169.
- [13] Renzetti, S., Bello, F.D., Arendt, E.K. (2008). Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48, 33-45.
- [14] Moroni, A.V., Bello, F.D., Arendt, E.K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, 26, 676-684.
- [15] Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.S. (2017). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *Food Science and Technology*, 80, 537-542.
- [16] Bezerra, M.A., Santelli, R.E., Oliveira, E.P., Villar, L.S., Escalera, L.A. (2008). Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta*, 76, 965-977.
- [17] Ferreira, S.L.C., Bruns, R.E., Ferreira, H.S., Matos, G.D., David, J.M., Brandão, G.C., Silva, E.G.P., Portugal, L.A., Reis, P.S., Souza, A.S., dos Santos, W.N.L. (2007). Box-Behnken Design: an Alternative for the Optimization of Analytical Methods. *Analytica Chimica Acta*, 597, 179-186.
- [18] Salinas, M.V., Zuleta, A., Ronayne, P., Puppo, M.C. (2012). Wheat Flour Enriched with Calcium and Inulin: A Study of Hydration and Rheological Properties of Dough. *Food Bioprocess and Technology*, 5, 3129-3141.
- [19] Anonim, (2001). AACC Method 08,-01, 10-50D, 38-10, 56-60, 56-81B. Third Edition. American

- Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul, Minnesota, USA.
- [20] Gül, H., Yanık, A., Acun, S. (2013). Effects of white cabbage powder on cookie quality. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11(1), 68-72.
- [21] Kittisuban, P., Ritthiruangdej, P., Suphantharika, M. (2014). Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast β -glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten-free rice bread using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 57, 738-748.
- [22] Cevik, Ş., Aydın, S., Sermet, O.S., Özkan, G., Karacabey, E. (2017). Optimization of olive oil extraction process by response surface methodology. *Akademik Gıda*, 15(4), 337-343.
- [23] Myers, R.H., Montgomery, D.C. (1995). Response surface methodology, process and product optimization using designed experiments. John Wiley and Sons, New York.
- [24] Nazni, P., Gracia, J. (2014). Application of response surface methodology in the development of barnyard millet bran incorporated bread. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 9(3), 16041-16048.
- [25] Sahoo, C., Gupta, A.K. (2012). Optimization of photocatalytic degradation of methyl blue using silver ion doped titanium dioxide by combination of experimental design and response surface approach. *Journal of Hazardous Materials*, 215, 302-310.
- [26] Shamun, S., Haşimoğlu, C., Murcak, A., Andersson, Ö., Tuner, M., Tunestal, P. (2017). Experimental investigation of methanol compression ignition in a high compression ratio engine using a box-behnken design. *Fuel*, 1, 624-633.
- [27] Nam, S.N., Cho, H., Han, J., Her, N., Yoon, J. (2018). Photocatalytic degradation of acesulfame K: optimization using the Box-Behnken design (BBD). *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 10-21.
- [28] Körbahti, B.K. (2007). Response surface optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 145, 277-286.
- [29] Körbahti, B.K., Rauf, M.A. (2009). Determination of optimum operating conditions of carmine decoloration by UV/H₂O₂ using response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*, 161, 281-286.
-