

## YAĞI AZALTILMIŞ KEK ÜRETİMİNDE EKZOPOLİSAKKARİT KULLANIMI

İsmail Sait Doğan\*, Özkan Akbaş, Yusuf Tunçtürk

Yüzüncü Yıl Üniv., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van

Geliş tarihi / Received: 09.02.2012

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 28.03.2012

Kabul tarihi / Accepted: 30.02.2012

### Özet

Gıda teknolojisindeki yoğun gelişmeler ve diyet ürünlerin tüketimindeki artış, gıda üreticilerini sürekli artan bu talebi karşılamaya yöneltmiştir. Diyet gıdalar arasında kalorisiz azaltılmış unlu mamuller önemli bir yer tuttuğundan, bu çalışmada ekzopolisakkaritlerin kek üretiminde yağ miktarını azaltıcı bileşen olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada Tepki Yüzey Yöntemi (TYY) deneme deseni ile optimize edilen standart keklerde farklı yağ seviyeleri (% 25-100) ve ekzopolisakkarit (EPS) içeren çözeltilerin farklı seviyeleri (% 9.25-37) kullanılarak yağ oranı azaltılmış kek üretilmiştir. EPS çözeltisi içeren keklerin hamur yoğunluğu 0.82–1.23 g/ml ve kek hacimleri 202–242 cm<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Yağ seviyelerinin lineer ve kuadratik etkisi ile yağ-EPS interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Üretilen keklerin sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerine yağın lineer ve kuadratik etkisi, saklama süresi, yağ ve saklama süresi interaksyonu, yağ ve EPS interaksyonu önemli seviyede etkilemiştir. Değerlendirilen tüm kek özellikleri göz önüne alındığında formüldeki yağ ve EPS oranının artmasıyla beğenilirlik değeri artmıştır. Yağ oranının % 30 azaltılıp, % 30 seviyesine kadar EPS çözeltisi kullanılmasıyla standart tam yağlı kek özelliklerine yakın kek üretilmiştir. Bu keklerin beğenilirlik değeri ise 0.8–1.0 arasında değişmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ekzopolisakkarit, kek kalitesi, yağ ikame edici

## UTILIZATION OF EXOPOLYSACCHARIDE IN REDUCED FAT CAKE PRODUCTION

### Abstract

The intensive development in food technology and increasing diet food consumption directed food manufacturers to meet the continually rising demand. The low-calorie baked goods such as cakes have an important place in diet food; therefore, as a fat reducing ingredient, the possibility of exopolysaccharide utilization was investigated. Standard cake formula first was optimized by using Response Surface Methodology (RSM), later reduced fat cakes were produced with shortening levels of 25-100% and exopolysaccharide (EPS) solution at the levels of 9.25-37%. The densities of experimental cake batters ranged between 0.82 to 1.23 g/ml and cake volumes were changed between 202 and 242 cm<sup>3</sup>. The linear and quadratic effect of shortening and interaction of shortening and EPS were significant. Hardness, cohesiveness, resilience values of the produced cakes was influenced by linear and quadratic effects of shortening and storage period, shortening and time interaction and shortening and EPS interaction. Taken into consideration all evaluated cake attributes, desirability value increased with higher fat and EPS level. Reducing shortening up to 30% and increasing EPS solution level up to 30% yielded similar cake attributes to the full fat standard cake. Desirability values of those cakes were between 0.8-1.0.

**Keywords:** Exopolysaccharide, cake quality, fat replacer

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ isdogan@yyu.edu.tr

☎ (+90) 432 225 1727

☎ (+90) 432 225 1730

## GİRİŞ

Son yıllarda gıda endüstrisi, ürün yelpazelerini genişletmek ve daha sağlıklı ürün üretmek üzere araştırma ve yeni ürün geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır. Halkımızın sağlık bilincinin artmasına paralel olarak da ülkemizde sağlıklı ürünlerin pazar payı günden güne hızla artmaktadır. Gıda reçetelerine giren bileşenler arasında fonksiyonel role sahip olan maddelerin ilavesi veya mevcut olanlarla yer değiştirmesi son derece önemlidir.

Bazı unlu mamullerde yağın üstlendiği fonksiyondan dolayı reçeteden yağın tamamen uzaklaştırılması mümkün değildir. Özellikle yağ içeren formüllerde yağ fazında tutulan hava kabarcıklarının, yağı azaltılmış kek hamurlarının hazırlanması aşamasında, sıvı fazda tutulmaya ve istenilen viskozitenin elde edilmeye çalışılması, tercih edilecek ikame edicilerin seçiminde dikkatli olunmasını zorunlu kılar. Yağ ikamelerin kullanıldığı sistemlerde yağın sahip olduğu lezzet profilinin ve ürüne kazandırdığı yapının yakalanması gereklidir. Bu yapı gamların, çözünebilir dolgu maddelerinin, modifiye nişasta ve emülgatörlerin ilavesini gerekli kılar. Ayrıca kullanılan yağ ikame sistemlerinin ürünün fiziksel, kimyasal ve reolojik özelliklerine etkisinin bilinmesi önemlidir (1).

Ekzopolisakkaritler (EPS), gıdalarda viskoziteyi artırma, stabilizasyonu sağlama ve bağlayıcılık gibi fonksiyonel özellikler sağladığından, bu polimerleri üreten bakterilerin kullanımı, bazı durumlarda ticari stabilizörlere ve yağ ikame maddelerine karşı bir alternatif oluşturabileceği ifade edilmektedir (2, 3). EPS üreten laktik asit bakterileri genel olarak "ropy" kültür adıyla anılır (4). Ayrıca, tüketici sağlığı üzerinde de yararlı etkide bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda ekzopolisakkaritlerin bağırsak florasını düzenlediği, kolesterolü düşürdüğü, antitümör ve antiülser etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (3).

EPS'ler, kimyasal yapıları bakımından homopolisakkaritler ve heteropolisakkaritler olmak üzere iki gruba ayrılır. Homopolisakkaritler, aynı monosakkarit veya disakkaritten oluşurken, heteropolisakkaritler farklı monomer yapılardan oluşur. Laktik asit bakterilerinin ürettiği EPS'lerin molekül büyüklükleri genellikle 10 kDa ila 200 kDa arasında değişmekte olup, 1000 kDa'a kadar çıkabilmektedir (5).

Laktik asit bakterileri tarafından sentezlenen EPS'ler kimyasal kompozisyon, elektriksel yük, üç boyutlu yapı, pıhtı sağlamlığı ve proteinlerle interaksiyon yapabilme yetenekleri gibi birçok özellik bakımından pek çok değişkenlik gösterdiğinden, ürün viskozitesi ve ortamdaki EPS konsantrasyonu arasındaki ilişki tam olarak açıklanmış değildir (6). Ancak EPS'nin viskozite üzerindeki etkisinin büyük oranda fizikokimyasal özelliklerine bağlı bulunduğu bildirilmektedir. Bu nedenle, bu biyopolimerlerin yapı-fonksiyon ilişkisine ait bilgiler, özellikle teknolojik uygulamalara uygun polimerlerin seçimi veya tasarlanmasında büyük önem arz etmektedir (7).

EPS oluşturan ekşi hamur laktik asit bakterilerinin, hamur reolojisini ve ekmekek tekstürünü geliştirmek için kullanılan ksantan ve guar gamlarının yerine kullanıma potansiyelinin olduğu ifade edilmektedir. Ekşi hamur fermentasyonu sırasında oluşacak olan EPS'nin de teknolojik olarak önemli olacağı ifade edilmektedir (8).

Bu çalışmada, ekzopolisakkaritlerin kek üretiminde yağ oranını azaltıcı bileşen olarak kullanılabilirliği araştırılmış, üretilen keklerin fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri standart yağlı kekle karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Kek yapımında buğday unu (Söke Un, İstanbul) ve buğday nişastası (Kent, İstanbul) karışımı, piyasadadan sağlanan granül toz şeker, yumurta akı, yağsız süt tozu (Berdici Göktürk, İstanbul), hamur kabartma tozu (Dr. Oetker, İzmir), vanilin, genel amaçlı pastacılık margarini (Puratos Gıda, Adana) ve sofralık rafine tuz kullanılmıştır. Kek reçetesinde yağ ikamesi olarak kullanılan ekzopolisakkarit (EPS) ise Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Süt Teknolojisi laboratuvarında üretilmiştir.

### Yöntem

#### Ekzopolisakkarit (EPS) üretimi

Yüksek düzeyde EPS ürettiği saptanan starter kültür kombinasyonu (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*) ilave edilerek üretilen peynirlerin işlenmesi sonucu açığa çıkan peynir altı suyu, 34 °C sıcaklıkta 8 sa

süreyle inkübe edildi. Daha sonra ortam pH'sı 4.6'ya ayarlanıp, 5000 x g değerinde 20 dk santrifüjlenerek içerdiği yağ ve peynir altı suyuna geçmiş olan kazeinlerden arındırıldı. Daha sonra pH 6.8'e ayarlandı ve kaynayan su banyosunda 20 dk tutuldu. Pıhtılaştıran serum proteinleri 3500 x g değerinde ve 4 °C sıcaklıkta 20 dk santrifüjlenerek ortamdaki uzaklaştırıldı. Ardından 10 kDa'luk gözenek yapısına sahip diyaliz tüplerine aktarılan örnekler, kendi hacimlerinin 10 katı saf suya karşı 6 kez 3 sa süreyle diyalize edildi. Böylece laktoz ve minerallerden arındırıldı. Buzdolabı koşullarında diyaliz tüplerindeki örnekler soğuk föne tabi tutularak suyunun büyük bir kısmı uzaklaştırılıp EPS konsantrasyonu % 0.60'a yükseltildi.

EPS çözeltisi örneklerinde karbonhidrat tayini ile sonucun doğrulanması için 100 katı seyreltilen EPS çözeltisinden 200 µl alındı % 5'lik fenol ile karıştırıldı. Konsantre sülfürik asitten 1 ml ilave edildikten sonra tüpler oda sıcaklığında 10 dk süreyle bekletildi ve ardından 15 s süreyle vorteks ile karıştırıldı. 20 dk sonra 490 nm dalga boyundaki bir spektrometre ile örneğin absorpsiyonu ölçüldü. Örneklerdeki şeker konsantrasyonu, glukoz ile hazırlanan standart (0-100 mg/L) bir eğri kullanılarak ölçüldü (9) ve değerlerin % 0.55-0.62 arasında değiştiği bulundu.

### Kek üretimi

Kek denemelerinde Kitchen Aid Model KSM45 Mikser (St. Joseph, MI, ABD) kullanıldı. Çizelge 1. de verilen kuru bileşenler karıştırma kabına ekledikten sonra ekzopolisakkarit çözeltisinin tamamı ve suyun % 60'ı ilave edildi. Düşük hızda (2. devir) 30 s ve orta hızda (4. devir) 4 dk karıştırıldıktan sonra kalan suyun yarısı ilave

edilerek, 2. devirde 30 s ve 4. devirde 2 dk daha karıştırılarak kek hamuru hazırlandı (10). Orta hızda çalıştırılmadan önce kek kabı spatula ile karıştırılarak homojen yapı sağlandı. Hazırlanan hamurun sıcaklığı ve yoğunluğu belirlendi. 107\*50\*40 mm boyutlarında yağlanmış kek kalıplarına 80'er g kek hamuru konularak, 175 °C'de 20 dk süre ile fansız elektrikli fırında pişirildi ve ardından 20 dk krom ızgara üzerinde soğutulduktan sonra analiz edilinceye kadar ambalajlanarak oda sıcaklığında muhafaza edildi.

### Fiziksel ve kimyasal analizler

#### Unun protein, kül, gluten ve sedimentasyon değeri

Un karışımının proteini kül, sedimentasyon ve gluten miktarı Elgün ve ark., (1999) tarafından belirtilen yöntemlerle gerçekleştirildi (11).

#### Hamur yoğunluğu

Kek üretiminde kullanılan hamurların yoğunluğu daha önceden su ile tartılan ve darası alınan hacmi belirli bir kap ile ölçüldü. Hamur ağırlığı elde edilen su ağırlığına bölünerek yoğunluk hesaplandı (10).

#### Kek pişirme denemeleri

Pişirme denemelerinde optimize edilen kek formülü kullanıldı (Çizelge 1). EPS ilave edilen kek denemelerinde kek reçetesindeki yağ ve su oranı hariç, diğer bileşenlerin oranı sabit tutuldu. Kullanılan EPS çözeltisinin optimum seviyesini belirlemek için Çizelge 2'de verilen TYY deneme deseni kullanılarak elde edilen seviyeler kullanıldı.

Çizelge 1. Optimize edilen kek formülü

Bileşenler	Standart (g)
Un	80
Şeker	57
Şortening	50
Yağsız süt tozu	12
Yumurta akı	50
Nişasta	20
Kabartma tozu	6
Tuz	1.5
Vanilya	1.5
Su	37

Çizelge 2. EPS içeren kek üretiminde TYY deneme desenine göre kullanılan seviyeler

Yağ (%)	EPS çözeltisi (%)
62.50	23.12
25.00	37.00
9.50	23.12
115.50	23.12
100.00	37.00
62.50	42.75
62.50	23.12
100.00	9.25
25.00	9.25
62.50	3.50

### Kek Özellikleri

Hazırlanan keklerin hacimleri kolza tohumu kullanılarak yer değiştirme metoduyla belirlendi ve spesifik hacim değeri hesaplandı (11). Keklerin üst kabuk ve gözenek L, a ve b değerleri belirlendi (12). Program tarafından 0–255 arasında ifade edilen L, a, b değerleri standart renk ölçerde ifade edilen değerlere çevrildi: L=0–100, +a=0–60, +b=0–60. Belirlenen değerlerden L değeri rengin beyazlığını veya siyahlığını, +a değeri kırmızılık, +b değeri ise sarılık değerini ifade etmektedir.

Keklerde tekstür analizi, TA-XT Plus tekstür analiz cihazında (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) P/25 donanımı kullanılarak TPA (Texture Profil Analizi) metodu ile keklerin tekstürel özellikleri 1., 7. ve 14. günde belirlendi. Test parametreleri olarak ön test ve test hızı 1 mm/s, test sonrası hızı 1 mm/s, sıkıştırma oranı ise 10 mm/30 s olarak uygulandı. Parametrelerden sertlik (hardness), çiğnenebilirlik (chewiness), yapışkanlık (cohesiveness) ve esneklik (resilience) değerlendirildi. Sertlik, TPA testinde örneğin ilk sıkıştırılması esnasında elde edilen pik değeridir (örneklerinin % 25 oranında sıkıştırılması için gerekli olan g kuvvet). Esneklik değeri, uygulanan yük kaldırıldıktan sonra kekta ilk boyuta ulaşma derecesini ifade etmekte olup, ilk sıkıştırma sırasında pikten sonra oluşan alanın, pike kadar olan alana bölünmesiyle bulundu. Yapışkanlık, prob tarafından uygulanan ikinci sıkıştırma sırasında grafik altında kalan alanın, birinci sıkıştırmadaki alana oranı olarak hesaplandı. Çiğnenebilirlik değeri ise, sakızimsılık değeri ile esneklik değerlerinin çarpılmasıyla elde edildi.

### İstatistiksel analizler

Tepki Yüzey Yöntemine (TYY) göre denenen parametrelerin optimizasyonunda, yağ ve EPS seviyesinden oluşan iki bağımsız değişken için belirlenen 3 seviye değeri Central Composite Design (CCD) kullanılarak çalışma gerçekleştirildi. Çalışmada elde edilen değerler StatGraphics Centrium 15.1 (13) ve CoStat istatistik programları (14) kullanılarak veri analizine tabi tutuldu, her bir kalite kriteri için modelin lineer, kuadratik ve interaksiyon etkileri hesaplandı ve faktörlerin kek özelliklerine etkisi Pareto grafikleri ile ifade edildi. Bu grafikte her bir bileşenin ve bunlara ait interaksiyonların tahmini etkisinin önem seviyeleri yatay çubuk grafiği olarak

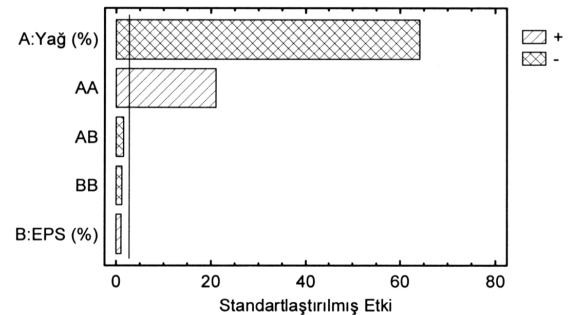
gösterildi. Y eksenine paralel olarak çizilen çizgi  $P < 0.05$ 'e göre önem seviyesini göstermektedir. Bu çizginin sağ tarafına geçen çubuk ne kadar uzunsa etkisi o kadar fazla demektir. Etki seviyesinin (+) olması, bileşenin miktarının artmasıyla etkisinin arttığını, (-) olması ise azaldığını ifade etmektedir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan karışımının (% 80 un + % 20 nişasta) protein ve kül oranları sırasıyla % 8.4 ve % 0.63 (km); protein kalitesinin göstergesi olarak yaş gluten miktarı % 24, sedimentasyon değeri 23.5 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler kullanılan unun kek üretimi için uygun özellikte olduğunu göstermektedir.

### Kek hamur yoğunluğu

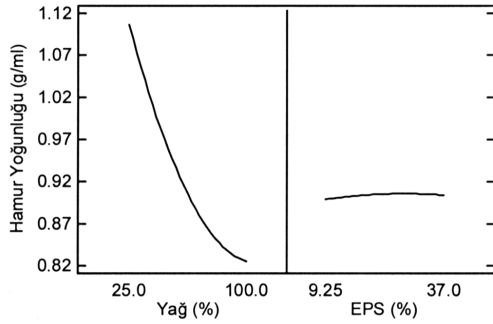
Çalışmada üretilen EPS içeren kek hamurlarının yoğunlukları 0.82–1.23 g/ml arasında değişmiştir. Farklı EPS çözelti seviyelerinin yoğunluğa etkisi ise  $P > 0.05$  olasılık düzeyinde önemsiz bulunmuştur. Şekil 1'de yağ ve EPS seviyelerinin kek hamur yoğunluğu üzerine etkilerine ait standartlaştırılmış Pareto grafiği verilmiştir. Yağ oranının artmasıyla kek hamur yoğunluğunun azaldığı, EPS çözelti seviyelerinin ise hamur yoğunluğunu etkilemediği gözlenmiştir (Şekil 2). Yağ seviyeleri ile yağın kuadratik etkisi  $P < 0.001$  düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 1. Yağ ve EPS seviyelerinin kek hamur yoğunluğuna etkisi

Yoğunluk değerleri üzerinde faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{Yoğunluk} = 1.28118 - (0.0089745 * \text{Yağ}) + (0.0016816 * \text{EPS}) + (0.0000435 * \text{Yağ}^2) - (0.0000096 * \text{Yağ} * \text{EPS}) - (0.0000194 * \text{EPS}^2)$$

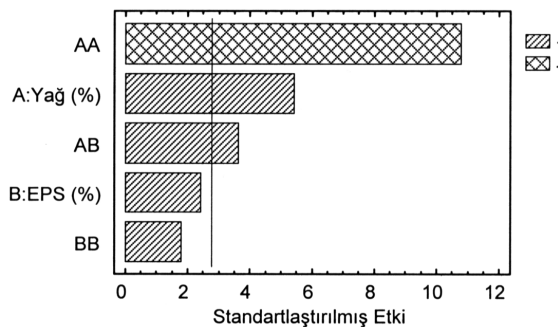


Şekil 2. EPS içeren keklerde yoğunluk üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

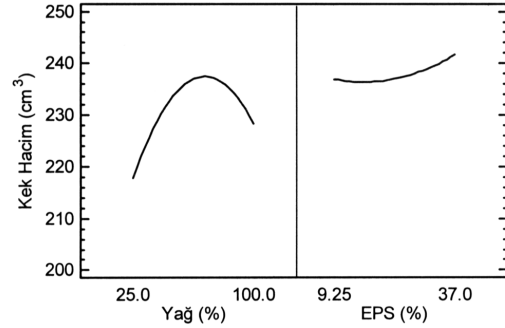
Kek hamur yoğunluğu üzerine yağ seviyesi ile yağın kuadratik etkisinin  $P<0.001$  düzeyinde önemli çıkması, kek formülünden yağın çıkarılmasıyla/azaltılmasıyla, yoğurma sırasında ortama karışan hava kabarcıklarının azalmasına neden olduğundan, hamur yoğunluğunun artacağını ifade etmektedir. Yağ-EPS interaksiyonun  $P<0.05$  düzeyinde önemli bulunması ise EPS'in olumlu etkisinin yağ seviyesine bağlı olduğunu göstermektedir.

### Kek hacmi

EPS çözeltisi kullanılarak üretilen keklerin hacimleri 202–242 cm<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Farklı EPS seviyesinin kek hacmine etkisi önemsiz ( $P>0.05$ ), yağ seviyelerinin kek hacmine etkisi  $P<0.01$ , yağın kuadratik etkisi  $P<0.001$  düzeyinde ve yağ-EPS çözeltisi interaksiyonu ise  $P<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 3). Yağın % 80 seviyesine kadar artmasıyla kek hacmi artmış, bu seviyeden sonra hacim değerinde azalma gözlenmiştir. Yağın kuadratik etkisinin oldukça önemli olması bunu göstermektedir. Kullanılan EPS seviyesinin artmasıyla az da olsa kek hacminde artış gözlenmiştir (Şekil 4). Kek hacmi üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. Yağ ve EPS seviyelerinin kek hacmine etkisi



Şekil 4. EPS içeren keklerde kek hacmi üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

$$\text{Hacim} = 205.844 + (1.15795 * \text{Yağ}) - (0.986531 * \text{EPS}) - (0.0099111 * \text{Yağ}^2) + (0.0096096 * \text{Yağ} * \text{EPS}) + (0.012012 * \text{EPS}^2)$$

### Tekstürel özellikleri

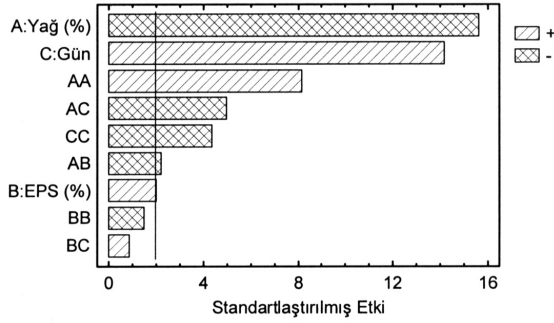
#### Sertlik

Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek sertlik değerlerine olan etkileri incelendiğinde yağ ve saklama süresinin lineer ve kuadratik etkisi  $P<0.001$ , yağ ve gün interaksiyonu  $P<0.001$ , yağ ve EPS çözeltisi interaksiyonu ile EPS seviyesinin etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sırası Şekil 5'de verilmiştir. Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkisi ile interaksiyonlarından oluşan ve kek sertliğini açıklayan modelin regresyon katsayısının yüksek olması, modelin sertlikte meydana gelen değişimleri başarı ile açıkladığını ifade etmektedir ( $r^2=0.90$ ,  $P<0.05$ ). Formüldeki yağ oranının artmasıyla kekin yumuşaklığı ve saklama süresinin uzamasıyla retrogradasyondan dolayı kek sertlik değeri artmıştır. Artan EPS seviyesi de az da olsa sertlik değerini artırmıştır (Şekil 6). Sertlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

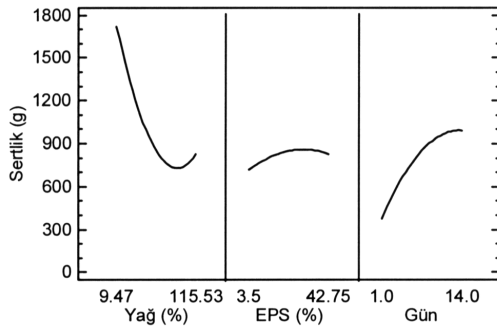
$$\text{Sertlik} = 863.546 - (20.9151 * \text{Yağ}) + (17.3618 * \text{EPS}) + (131.184 * \text{Gün}) + (0.150706 * \text{Yağ}^2) - (0.115349 * \text{Yağ} * \text{EPS}) - (0.493998 * \text{Yağ} * \text{Gün}) - (0.195007 * \text{EPS}^2) + (0.230064 * \text{EPS} * \text{Gün}) - (3.88495 * \text{Gün}^2)$$

### Çiğnenbilirlik

Keklerin çiğnenbilirlik değerleri 118.65 ile 752.83 arasında değişmiştir. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek çiğnenbilirlik değerlerine olan etkileri incelendiğinde yağ seviyelerinin lineer ve kuadratik etkisi  $P<0.001$  seviyesinde,

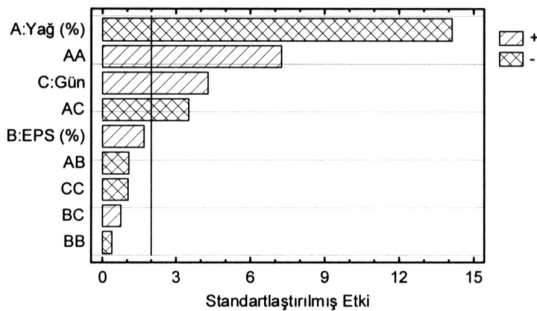


Şekil 5. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek sertlik değerlerine olan etkisi

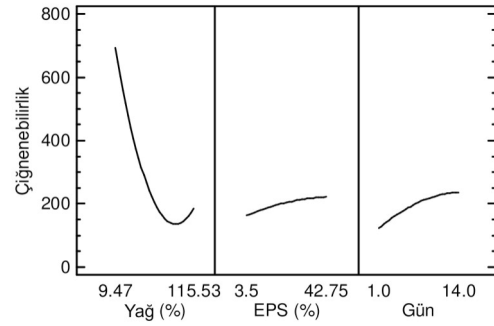


Şekil 6. Sertlik üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

saklama süresinin lineer etkisi  $P<0.001$  seviyesinde, yağ ve gün interaksiyonu ise  $P<0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur. EPS çözelti seviyesinin etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur (Şekil 7). Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkisi ile interaksiyonlarından oluşan regresyon katsayısının yüksek olması modelin değişimi başarı ile açıkladığını ifade etmektedir ( $r^2=0.82$ ,  $P<0.05$ ). Yağ miktarının artmasıyla kek çıgnenebilirlik değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. EPS çözeltisi seviyelerinin ve saklama süresinin artmasıyla çıgnenebilirlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir (Şekil 8). Bu sonuçtan kullanılan yağ



Şekil 7. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek çıgnenebilirlik değerlerine olan etkisi



Şekil 8. Çıgnenebilirlik üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

seviyesinin belirleyici rol oynadığı gözlenmiştir. Çıgnenebilirlik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Çıgnenebilirlik} = & 550.142 - (12.8481 \cdot \text{Yağ}) + (4.23224 \cdot \text{EPS}) + (28.158 \cdot \text{Gün}) + (0.0839122 \cdot \text{Yağ}^2) \\ & - (0.0350908 \cdot \text{Yağ} \cdot \text{EPS}) - (0.215546 \cdot \text{Yağ} \cdot \text{Gün}) - \\ & (0.0318358 \cdot \text{EPS}^2) + (0.124468 \cdot \text{EPS} \cdot \text{Gün}) - \\ & (0.579365 \cdot \text{Gün}^2) \end{aligned}$$

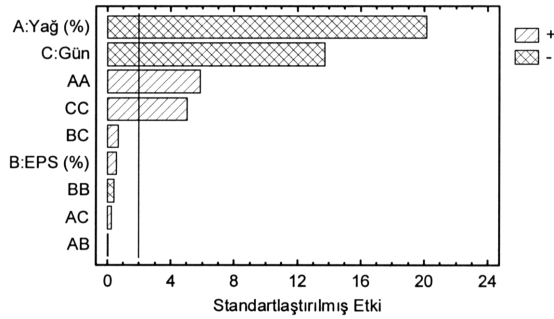
### Yapışkanlık

Keklerin yapışkanlık değerleri 0.259 ile 0.496 arasında değişmiştir. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek yapışkanlık değerlerine olan etkileri incelendiğinde, yağ ve saklama süresinin lineer ve kuadratik etkisi  $P<0.001$  seviyesinde önemli iken EPS seviyesinin etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sırası Şekil 9'da verilmiştir. Yağ seviyesinin ve saklama süresinin artmasıyla yapışkanlık değerleri azalmıştır (Şekil 10). Artan yağ seviyesine bağlı olarak yağlayıcılığın artmasının ve saklama süresine bağlı olarak artan nişasta retrogradasyonunun bu değeri azalttığı düşünülmektedir. Yapışkanlık üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomial modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

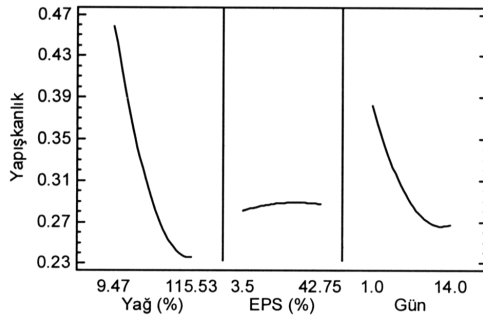
$$\begin{aligned} \text{Yapışkanlık} = & 0.614116 - (0.0047352 \cdot \text{Yağ}) + (0.0004454 \cdot \text{EPS}) - (0.0229758 \cdot \text{Gün}) + \\ & (0.0000209 \cdot \text{Yağ}^2) - (6.24543E-7 \cdot \text{Yağ} \cdot \text{EPS}) + \\ & (0.0000049 \cdot \text{Yağ} \cdot \text{Gün}) - (0.0000110 \cdot \text{EPS}^2) + \\ & (0.0000359 \cdot \text{EPS} \cdot \text{Gün}) + (0.0008674 \cdot \text{Gün}^2) \end{aligned}$$

### Esneklik

Keklerin esneklik değerleri 0.075 ile 0.179 arasında değişmiştir. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek esneklik değerlerine olan etkileri incelendiğinde yağ ve saklama süresinin lineer



Şekil 9. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek yapışkanlık değerlerine olan etkisi



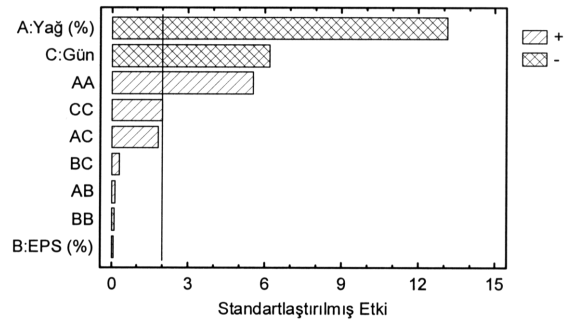
Şekil 10. Yapışkanlık üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

etkileri ile yağın kuadratik etkisi  $P < 0.001$  seviyesinde önemli bulunmuştur. EPS çözelti seviyesinin etkisi ise önemsiz ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Pareto grafiğinde bu etkilerin önem sıraları Şekil 11'de verilmiştir. Bileşenlerin lineer ve kuadratik etkisi ile oluşan ve kek esnekliğini açıklayan modelin regresyon katsayısının yüksek olması, modelin esneklik değerinde meydana gelen değişimleri başarı ile açıkladığını ifade etmektedir ( $r^2 = 0.91$ ,  $P < 0.05$ ). Yağın miktarının artmasıyla kek esneklik değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. EPS seviyesinin esneklik değerleri üzerine etkili olmadığı görülmektedir. Saklama süresinin artmasıyla esneklik değerinin azaldığı belirlenmiştir (Şekil 12). Esneklik üzerine faktörlerin etkisini açıklayan polinomiyal modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

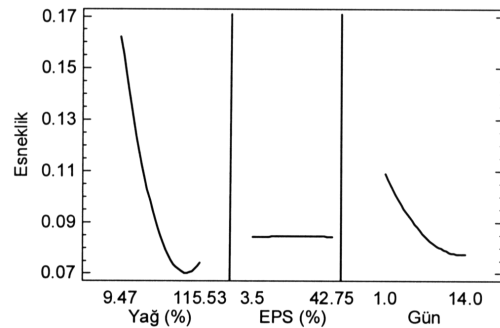
$$\begin{aligned} \text{Esneklik} = & 0.224543 - (0.0025011 * \text{Yağ}) \\ & - (0.0000582 * \text{EPS}) - (0.0069966 * \text{Gün}) + \\ & (0.0000119 * \text{Yağ}^2) + (7.63685E-7 * \text{Yağ} * \text{EPS}) + \\ & (0.0000208 * \text{Yağ} * \text{Gün}) - (0.0000010 * \text{EPS}^2) + \\ & (0.0000086 * \text{EPS} * \text{Gün}) + (0.0002055 * \text{Gün}^2) \end{aligned}$$

### Kek renk değerleri

Kek yüzeyinin L değerleri 65.15–71.14 arasında,



Şekil 11. Yağ ve EPS seviyeleri ile saklama süresinin kek esneklik değerlerine olan etkisi



Şekil 12. Esneklik üzerine bileşen seviyelerinin etkisi

kek gözenek L değerleri ise 79.02–81.45 arasında değişmiştir. Yağ ve EPS seviyelerinin yüzey L değerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ( $P > 0.05$ ) bulunmuştur. Yağ seviyesinin gözenek L değerine etkisi  $P < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Kek dışının a değerleri 15.04–17.96 arasında, gözenek a değerleri ise 7.05–7.44 arasında değişmiştir. Dışa ait a değeri üzerine yağın lineer ve kuadratik etkisi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Gözenek a değeri üzerine yağ ve EPS seviyelerinin etkisi ise önemsiz ( $P > 0.05$ ) bulunmuştur.

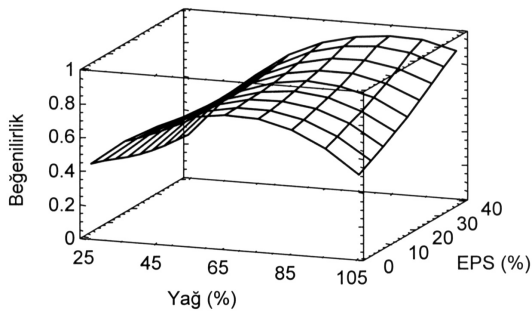
Kek dışına ait b değerleri 34.90–37.88 arasında, gözenek b değerleri ise 21.44–22.56 arasında değişmiştir. Yağ ve EPS seviyelerinin hem dış hem de gözenek b değerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ( $P > 0.05$ ) bulunmuştur.

Kek yüzey ve gözenek renk parametrelerinden L, a ve b değerlerinin değişim aralıklarının fazla olmaması, kullanılan yağ ve EPS seviyelerinin renk üzerinde tüketicinin tercihini etkileyecek seviyede olmadığı söylenebilir.

### Formül optimizasyonu

Çoklu faktörlerin optimizasyonu ve beğenilirlik değerlerinin kullanılması ürün geliştirme çalışmalarında tercih edilen en önemli yöntemlerden biridir. Çalışmada kullanılan yağ ve EPS çözeltisi seviyelerinin beğenilirlik değeri üzerine etkileri Şekil 13'te verilmiştir.

Değerlendirilen kek özellikleri göz önüne alındığında, formüldeki yağ ve EPS çözeltisi oranının artmasıyla beğenilirlik değeri artmıştır. Yağ oranının % 30 azaltılıp, % 30 oranında EPS çözeltisi kullanılmasıyla standart tam yağlı kek özelliklerine yakın kek üretmek mümkün olmuştur. Bu keklerin beğenilirlik değerleri ise 0.8-1.0 arasında yer almıştır.



Şekil 13. Yağ ve EPS seviyelerinin toplam beğenilirlik değerleri

Beğenilirlik değeri ilk defa Harrington (15) tarafından kullanılmıştır. Beğenilirlik değeri, incelenen kalite özelliklerinin 0 ile 1 arasında değişen skalaya dönüştürülmesiyle elde edilir. Bütün faktörler birlikte değerlendirildiğinde ortalama toplam beğenilirlik değeri bulunur. Bu da her faktöre ait beğenilirlik değerlerinin geometrik ortalamasıdır.

### KAYNAKLAR

1. Doğan İS. 1999. Bazı yağ ikamelerinin düşük kalorili unlu mamullerde kullanımı. *Üretimden Tüketime Diyet Gıdalar Sempozyumu, TÜBİTAK ve İSO*. 18 Şubat 1999, İstanbul Sanayi Odası, Odakule, İstanbul. 130-137.
2. Broadbent JR, McMahan DJ, Oberg CJ, Welker DL. 2001. Use of Exopolysaccharide-Producing Cultures to Improve Functionality of Low Fat Cheese. *Int Dairy J* 11: 433-439.
3. Milci S, Yaygın H. 2005. Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Ekzopolisakkaritler ve Süt Ürünlerindeki Fonksiyonları. *GIDA* 30 (2): 123-129.

4. Laws PA, Marshall MV. 2001. The Relevance of Exopolysaccharides to the Rheological Properties in Milk Fermented with Ropy Strains of Lactic Acid Bacteria. *Int Dairy J* 11: 709-721.
5. Vaningelgem F, Zamfir M, Mozzi F, Adriany T, Vancanneyt M, Swings J, De Vuyst L. 2004. Biodiversity of Exopolysaccharides Produced by *Streptococcus thermophilus* Strains is Reflected in their Production and their Molecular and Functional Characteristics. *Appl Environ Microbiol* 70 (2): 900-912.
6. Rawson HL, Marshall VM. 1997. Effect of 'Ropy' Strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on Rheology of Stirred Yoghurt. *Int J Food Sci Technol* 32: 213-220.
7. Ruas-Madiedo P, Hugenholtz J, Zoon P. 2002. An Overview of the Functionality of Exopolysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Int Dairy J* 12: 163-171.
8. Collar C, Andreu P, Martinez JC, Armero, E. 1999. Optimization of Hydrocolloid Addition to Improve Wheat Bread Dough Functionality: A Response Surface Methodology Study. *Food Hydrocolloids* 13: 467-475.
9. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Anal Chem* 28: 350-356.
10. Doğan İS, Yıldız Ö. 2004. Düşük Kalorili Kek Üretimi: I. Formül Optimizasyonu. *GIDA* 29 (1): 17-23.
11. Elgün A, Ertugay Z, Certel M, Kotancılar HG. 1999. *Tabıl Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu*. A.Ü. Ziraat Fak., Yay. No: 335, Erzurum, 238s.
12. Doğan İS. 2002. Bisküvi üretiminde kalite kriteri olarak renk ölçümüne yeni bir yaklaşım. Türkiye 7. Gıda Kongresi. 22-24 Mayıs 2002, Ankara, Türkiye, 357-362.
13. StatGraphics. 2006. *StatGraphics Centrium Release 15.1*. Warrenton, Virginia: Statpoint Inc.
14. CoHort. 2004. *Costat User Guide*. CoHort Software, Monterey, CA.
15. Harrington, EC. 1965. The Desirability Function. *Ind Qual Control* 21: 494-498