



Araştırma Makalesi

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Meryem GÖKSEL SARAÇ¹, Duygu ASLAN TÜRKER², Mahmut DOĞAN^{2*}

ÖZ

Bu çalışmada pirinç unu ve keçiboynuzu unu ile glutensiz kek üretiminde kullanılacak un formülasyonları geliştirilmiş ve ürün özellikleri analiz edilmiştir. Unlar %100 keçiboynuzu unu (K100), %100 pirinç unu (P100), %25 keçiboynuzu ve %75 pirinç unu (K25P75), %50 keçiboynuzu ve %50 pirinç unu (K50P50) ve %75 keçiboynuzu ve %25 pirinç unu (K75P25) şeklinde hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında un karışımlarının toz ürün ve akış özellikleri, kek hamurlarının dinamik reolojik ölçümleri, keklerin renk özellikleri, fiziksel değerlendirmeleri, pişirme verimleri ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Un formülasyonlarının analiz sonuçlarını etkilediği, karışım unlar ile hazırlanan keklerin daha az ufalanan ürünler olduğu belirlenmiştir. Glutensiz keklerin kabuk renginde a* değerleri 1.16-17.49 aralığında, iç renginde ise 1.70-10.38 aralığında belirlenmiştir. K75P25 örneğinin pişirme verimi değeri % 81.15 olup en verimle ve esnek kek üretimini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Keçiboynuzu unu, pirinç unu, glutensiz, kek, toz akış, tekstür

Determination of Textural Properties and Quality Parameters of Gluten-Free Cakes Enriched with Carob Flour

ABSTRACT

In this study, flour formulations to be used in gluten-free cake production were developed using rice flour and carob flour, and product properties were analyzed. Flours were prepared as 100% carob flour (K100), 100% rice flour (P100), 25% carob and 75% rice flour (K25P75), 50% carob and 50% rice flour (K50P50) and 75% carob and 25% rice flour (K75P25). Within the scope of the study, powder flow properties of flour mixtures, dynamic rheological measurements of cake batter, color properties, physical evaluation, cooking efficiency and textural properties of cakes were determined. It was determined that flour formulations affected the analysis results, and cakes prepared with mixed flours were less crumbly products. The a* values of the gluten-free cakes were determined in the range of 1.16-17.49 in the crust color, and in the range of 1.70-10.38 in the inner color. The baking efficiency value of the K75P25 sample was 81.15%, and it provided the most efficient and flexible cake production.

Keywords: Carob flour, rice flour, gluten-free, cake, powder flow, texture

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-8190-2406, 0000-0002-9579-8347, 0000-0003-1639-4641

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 23.09.2022

Kabul Tarihi: 28.11.2023

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Aşçılık, Sivas

²Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kayseri

*E-posta: dogan@erciyes.edu.tr

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Giriş

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.), Akdeniz bölgesine özgü *Leguminosae* veya *Fabaceae* familyasına ait, yaprak dökmeyen bir ağaç olup yenilebilir meyveleri nedeniyle antik çağlardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Tous ve ark., 2013). Keçiboynuzu, insan sağlığı üzerine önemli yararlarının yanı sıra işlendikten sonra bile kalan karakteristik güçlü aroması nedeniyle gıda endüstrisinde geniş bir kullanım potansiyeline sahiptir (Goulas ve ark., 2016). Keçiboynuzu, bileşiminde bulunan karbonhidrat, diyet lifi ve biyoaktif bileşikler nedeniyle gıda ürünlerinin üretiminde fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Benković ve ark., 2017). Keçiboynuzu unu ise gıda endüstrisinde alkolsüz içecek hazırlama, şekerleme ürünleri ve unlu mamüllerinde kakao veya çikolata yerine kullanılmaktadır (Dakia ve ark., 2007). Yüksek oranda şeker içermesi ile karakterize edildiğinden aynı zamanda doğal bir tatlandırıcı olarak da kullanılmaktadır (El Batal ve ark., 2016). Tatlılığının ve çikolatanınkine benzer lezzetinin yanı sıra, kakao ve çikolata ikamelerinde keçiboynuzu unu kullanmanın diğer bir avantajı da maliyetinin düşük olması, kafein ve teobromin içermemesi, diyet lifi ve biyoaktif bileşiklerce zengin olmasıdır (Benković ve ark., 2017). Öte yandan, keçiboynuzu unu gluten içermediğinden (Rosa ve ark., 2015) glutensiz ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, kakao %25 oranında yağ içerirken keçiboynuzu ununun yağ içeriğinin %2.54 olması (Rosa ve ark., 2015) yağsız ürünlerin üretiminde de dikkat çekmektedir. Literatür verileri de, son yıllarda keçiboynuzu ununun ekmek (Tsatsaragkou ve ark., 2014), bisküvi (Skaltsi ve ark., 2021), kek (Papageorgiou ve ark., 2020) ve makarna (Sęczyk ve ark., 2016) gibi gıda ürünlerinin besin kalitesini artırmak için sıklıkla kullanıldığını göstermektedir.

Fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesinde keçiboynuzu unu gibi hammaddelerin kullanılabilmesi için, fiziksel özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Literatürde keçiboynuzu ununun kimyasal bileşimi ve biyoaktif özellikleri ile ilgili çalışmalar (Durazzo

ve ark., 2014; Musa Özcan ve ark., 2007) bulunmakla birlikte keçiboynuzu ununun fiziksel özelliklerinin değerlendirildiği az sayıda çalışma mevcuttur. Keçiboynuzu ununun fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanımı sadece kimyasal bileşimine bağlı olmayıp aynı zamanda fiziksel ve toz akış özelliklerinden de etkilendiği için formülasyonda kullanılan bileşenlerin fiziksel özellikleri de belirlenmelidir. Genel olarak toz gıda ürünlerinin partikül boyutu, yığın yoğunluğu, kohezyon ve kekleşme gibi fiziksel özelliklerinin nihai ürünlerin tekstürel ve duyuşsal özelliklerini etkilediği bilinmektedir (Majzoobi ve ark., 2013; Turfani ve ark., 2017). Bu nedenle bu çalışmanın amacı fonksiyonel ve biyoaktif özellikleri kanıtlanmış keçiboynuzu unu ile glutensiz kek üretiminde kullanılacak yeni bir formülasyon oluşturmaktır. Çalışma kapsamında ayrıca, glutensiz un karışımlarının fizikokimyasal karakteristikleri ile kekleşme, kohezyon indeksi gibi toz akış özellikleri belirlenmiş; glutensiz unların nihai üründeki etkilerini incelemek için de keklerin tekstürel ve yapısal özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında kek üretimi için un karışımlarında kullanılan keçiboynuzu unu (Arifoğlu A.Ş.) ve pirinç unu (Kent A.Ş.) Kayseri yerel marketlerinden temin edilmiştir. Kek üretiminde kullanılan unlar Çizelge 1'de verilen formülasyon ile hazırlanmış ve kek üretim süreçlerinde un karışımları olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1. Kek üretiminde kullanılan unlar

| Örnekler | Pirinç unu (%) | Keçiboynuzu unu (%) |
|----------|----------------|---------------------|
| P100 | 100 | - |
| K100 | - | 100 |
| K25P75 | 75 | 25 |
| K50P50 | 50 | 50 |
| K75P25 | 25 | 75 |

Glutensiz kek üretimi için 34 gr tüm yumurta ve 50 gr şeker mikserde 4dk çırpılmıştır. Ardından 42 gr süt, 22 gr sıvı yağ, 2 gr kabartma tozu ve 50 gr un karışımı eklenmiş ve 3 dk daha

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

çırpılmıştır. 30 gr kek hamuru muffin kaplarına eklendikten sonra 170 C° de 17 dk elektrikli fırında (Siemens, Almanya) pişirilmiştir. Üretim

sonrası elde edilen glutensiz kekler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Farklı un karışımları ile hazırlanan glutensiz kek örnekleri

Glutensiz Unlar ve Karışımlarında Toz Özellik Analizleri

Glutensiz un karışımlarının toz özelliklerinin belirlenmesinde yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk, Carr İndeks ve Hausner Oranı analizleri kullanılmıştır. Analizler için 50 ml’lik mezürler kullanılmıştır. Yığın yoğunluk analizinde 50 ml mezür çizgisine kadar ilave edilen glutensiz un karışımları tartılmış ve yığın yoğunluk formülü ile hesaplanmıştır ($\rho_{yığın} \text{ g/cm}^3$). Sıkıştırılmış yoğunluk analizi için ise mezürlere doldurulmuş un karışımları mezürlerin sabit bir hız ile 180 kez tezgaha vurulması ile belirlenmiştir ($\rho_{sıkıştırılmış} \text{ g/cm}^3$) (Tatar, 2012). Elde edilen sıkıştırılmış ve yığın yoğunluk değerleri ile aşağıdaki formüller kullanılarak Carr indeksi ve Hausner oranı değerleri belirlenmiştir (Turchiuli ve ark., 2005).

Carr indeksi = $(\rho_{sıkıştırılmış} / \rho_{yığın}) \times 100$

Hausner oranı = $\rho_{sıkıştırılmış} / \rho_{yığın}$

Glutensiz Unlar ve Karışımlarında Toz Akış Özellikleri

Un karışımlarının toz akış özellikleri tekstür analiz cihazında (Stable Micro System TA-XT2 Plus, İngiltere) cam silindir içerisinde özel toz akış probu ile gerçekleştirilmiştir. Toz akış özellikleri için kohezyon ve kekleşme değerleri ölçülmüştür. Kekleşme değerleri prob sıkıştırma özelliğinden faydalanılarak ölçülen kolon

yüksekliği baz alınarak belirlenmiştir. Kohezyon testleri için ise probun (döner sarmal bıçak) (Rotor no. R48/50/10/2/A- DMLS, İngiltere) 50 mm.s⁻¹ sabit hız ile yukarı çıkması sürecinde ölçülen değerler belirlenmiştir (Göksel Saraç ve ark. 2021).

Glutensiz Kek Hamurlarının Dinamik Reolojik Ölçümleri

Farklı formülasyonlarda hazırlanmış glutensiz kek unlarından hazırlanmış kek hamurlarının dinamik reolojik özellikleri reometre (ThermoHAAKE, Mars III, Karlsruhe, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için 0.2 Pa değerinde plaka-plaka konfigürasyonunda 0.1-10 Hz frekans aralığında ölçümler yapılmıştır. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen analizler esnasında sabit örnek hacimleri alınmış ve her hamur için 2 tekekür 3 paralel olacak şekilde analizler tamamlanmıştır.

Glutensiz Kek Analizleri

Glutensiz Keklerin Renk Değerleri

Keçiboynuzu ve pirinç unu kullanılarak farklı formülasyonlar ile elde edilen un karışımlarından elde edilen keklerde oluşan renk farklılıkları renk tayin cihazı (Konica-Minolta, CR400, Japan) kullanılarak belirlenmiştir (Özgür Göksu, 2019). Kek örnekleri iç ve kabuk rengi özellikleri üzerinden incelenmiş ve sonuçlar L*,a* ve b* değerleri ile analiz edilmiştir.

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Glutensiz Keklerin Pişirme Verimi, Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri

Kek örneklerinin pişirme verimi analizleri pişirmeden önce pişirme kaplarına 30 gr tartılan kek hamurlarının, pişirme sonrası son ağırlıklarının belirlenmesi tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Tüm kek örnekleri sabit pişirme uygulamasına maruz bırakılmış ve pişirme işlemi sonrası 30 dk bekletilerek son kek ağırlıkları belirlenmiştir. Pişirme verimi analiz sonuçları yüzde değer olarak ifade edilmiştir.

Kek örneklerinin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri milimetrik kağıt kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla kek örnekleri dikey olarak kesilip milimetrik kağıt üzerine standart şekilde yerleştirilmiş ve keklerin uç noktaları milimetrik olarak ölçülmüştür. Milimetrik kağıt üzerinde |BB'|, |CC'| ve |DD'| ölçümleri yapılmış ve aşağıda belirtilen formüller ile ilgili analizlerin hesaplamaları yapılmıştır (AAAC, 2000).

Hacim indeksi (mm) = |BB'| + |CC'| + |DD'|

Simetri indeksi (mm) = 2 X |CC'| - |BB'| - |DD'|

Tekdüzelik indeksi (mm) = |BB'| - |DD'|

Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri

Farklı un karışımları nedeniyle farklı dokusal özelliklerde elde edilen keklerin tekstürel özellikleri tekstür cihazı (Stable Micro System, TAXT2 Plus) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için silindir prob (SMS P/50) tercih edilmiş ve analiz parametreleri hız 2 mm/sn, mesafe 10 mm, süre 5 s ve tetik kuvveti 5 g olarak tercih edilmiştir. Analiz öncesi kekler 4 cm en, 2.5 cm boy yüksekliğinde sabit kesilmiş ve her bir kek örneği aynı şartlarda analiz edilmiştir. Analiz sonucunda sertlik, esneklik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet özellikleri belirlenmiştir (Topkaya ve Işık, 2018).

İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında yapılan tüm analizlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Minitab (Windows Sürüm 18 için MINITAB) programı kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi

kullanılırken örnekler arası farklar ise Tukey testi ile belirlenmiştir. İstatistik sonuçları tablolarla da harfler ile ifade edilmiş ve gerekli açıklamalar tablo altlarında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Glutensiz Un ve Karışımlarında Toz Özellik Analizleri

Toz ürün özellikleri ve akış davranışları, tozların parçacık boyutları, şekilleri ve yığın yoğunlukları gibi bir çok özelliğinden etkilenmektedir (Chávez Montes ve ark., 2019). Çizelge 2'de glutensiz un karışımlarının yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk analizleri ve Carr İndeksi ile Hausner Oran değerleri ifade edilmiştir.

Çizelge 2. Glutensiz un ve un karışımlarının toz özellik analizleri

| Örne kler | Yığın Yoğunluk (g/cm ³) | Sıkıştır ılmış Yoğunluk (g/cm ³) | Carr İndeks (%) | Hausner Oranı |
|-----------|-------------------------------------|--|-------------------------|------------------------|
| P100 | 0.57±0.00 ^a | 0.77±0.00 ^a | 26.00±0.43 ^c | 1.35±0.00 ^d |
| K100 | 0.51±0.00 ^b | 0.68±0.00 ^c | 26.00±0.18 ^c | 1.35±0.00 ^d |
| K25P 75 | 0.51±0.00 ^b | 0.76±0.00 ^a | 34.03±0.66 ^a | 1.52±0.00 ^a |
| K50P 50 | 0.53±0.01 ^{ab} | 0.73±0.01 ^b | 28.00±1.08 ^b | 1.40±0.00 ^c |
| K75P 25 | 0.52±0.00 ^b | 0.74±0.01 ^b | 29.90±0.17 ^b | 1.43±0.00 ^b |

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir. Ortalama ± standart sapma

Keçiboynuzu ve pirinç unları ve karışımları ile elde edilen glutensiz unların yığın yoğunluk değerleri 0.51-0.57 (g/cm³) değerleri arasında bulunmuştur. Pirinç unu en yüksek yığın yoğunluk değerine sahip olurken keçiboynuzu unu ilavesi ile yığın yoğunluk değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. Üreticiler üretim prosesleri, nakliye ve depolama süreçleri için yüksek yığın yoğunluğuna sahip toz ürünleri tercih etmektedir (Aslan Türker ve ark., 2021). Yüksek yığın yoğunluğu toz ürün morfolojisinin pürüzsüz olduğunu ve standart bir şekle sahip olduğunu gösterirken (Bicudo ve ark., 2015)

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

düşük yığın yoğunluğu pürüzlü yapılar arasında hava kaldığının göstergesidir (Kelly vd., 2002).

Un karışımlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri incelendiğinde pirinç ununun daha yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değerine (0.77 g/cm³) sahip olduğu görülmektedir. Benzer şekilde un karışımlarında pirinç unu miktarı arttıkça sıkıştırılmış yoğunluk değerinin arttığı tespit edilmiştir. Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin birbirinden farklı ve aradaki farkın fazla olması tozların akabilirlik değerinin arzu edildiği şekilde orta ve kekleşme değerinin düşük olduğunu ifade etmektedir (Türker ve ark., 2018).

Toz ürünlerde akabilirlik özelliğinin iyi olması ve yapışkanlık olarak ifade edilen kohezyon değerinin düşük olması ürün işleme süreçlerinde istenen durumlardır (Baykal ve ark., 2018). Bu kapsamda toz ürünlerin fiziksel açıdan toz özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan Carr İndeks değeri akabilirlik, Hausner Oranı değeri ise yapışkanlık davranışları hakkında bilgi vermektedir. Yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri kullanılarak hesaplanan Carr İndeks değerleri çalışmada kullanılan un karışımlarında %26.00-34.03 aralığında belirlenmiştir. Carr İndeks sınırlamasında %20-35 değer aralığı 'orta' akış olarak tanımlanmaktadır (Santhalakshmy ve ark., 2015). Bu kapsamda glutensiz kek üretiminde kullanılan un ve un karışımları akabilirlik değeri açısından 'orta' sınıflamasına tabi olmuştur.

Hausner oranı tozların akışları hakkında bilgi veren bir diğer parametredir. Özellikle toz ürünlerin akabilirlik özelliklerinden kohezyon hakkında yorum yapma şansı sağlayan Hausner oranı düşük, orta ve yüksek tanımlamalarını sırasıyla elde edilen değer 1.2'den küçük, 1.2-1.4 aralığında ve 1.4'den büyük olduğunda ifade etmektedir (Hausner, 1967). Analiz sonucunda çalışmada kullanılan pirinç ve keçiboynuzu unlarının 'orta', farklı formülasyonlarda karışım

hazırlanan unların ise 'yüksek' kohezyon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Glutensiz Un ve Karışımlarında Toz Akış Özellikleri

Toz gıda gruplarının akış özellikleri özellikle ürün işleme prosesleri için önemli değerlendirme kriterlerindedir. Ürün işleme süreçlerinde verim ve homojen ürün eldesi gibi parametreleri etkileyen akış davranışı ürün hareketliliğinin olduğu her işlem basamağında değerli olmaktadır (Poux ve ark., 1991). Öte yandan depolama süreçlerinde akış özellikleri ürün kalitesini etkileyen ve tüketici tercihlerini değiştirebilen önemli etkenlerdir.

Depolama süreçlerinde gıda tozları, ürünlerin yapısındaki farklılıklardan (yağ bileşimi, değişen nem miktarı vb) kaynaklı oluşabilen partiküller arası temas nedeniyle yapışkanlık göstermeye meyilli ürünlerdir (Adhikari ve ark., 2001). Bu durum akış davranışlarını etkilemektedir. Ayrıca toz ürünlerinin kohezyon indeksi değerleri ve akış davranışları toz yapısı (boyut, şekil, gözenek), elektrostatik aktivite ve nem değerleri gibi fiziksel özelliklerden etkilenmekte ve değişiklik göstermektedir (Thomas ve ark., 2004).

Kohezyon davranış gösteren ürün gruplarının kohezyon testi sonucu akış özellikleri yüksek değerlerde olmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan un ve un karışımlarının kohezyon indeksi değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. K25P75 ve K50P50 örnekleri haricinde diğer unlar arasındaki bileşim değişimin kohezyon indeksi değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (<0.05). Un örnekleri içerisinde kohezyon indeksi değeri ile serbest akış özelliğine sahip tek ürün pirinç unu olurken, en yüksek kohezyon indeksi değeri ile en kohezif ürün ise K25P75 un karışımı olmuştur.

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

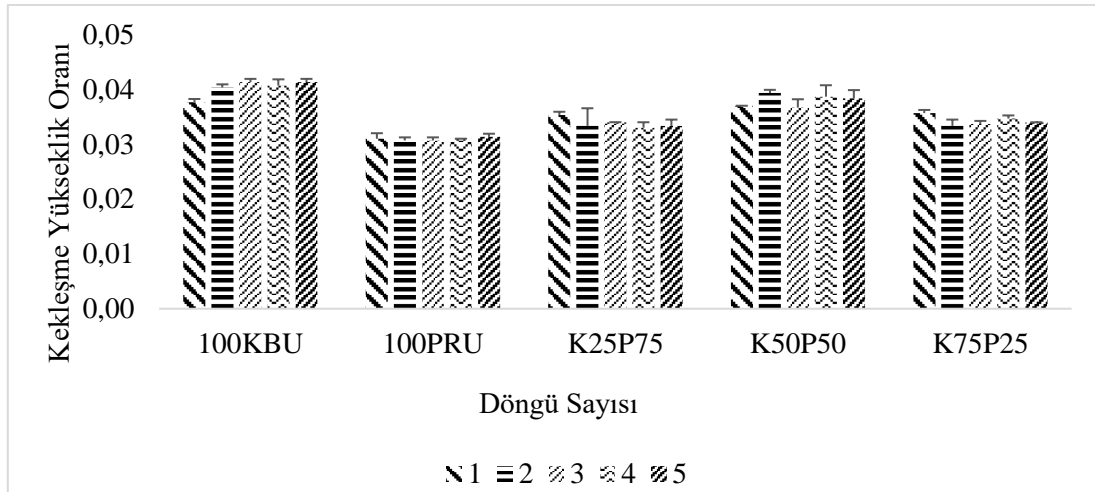
Çizelge 3. Glutensiz un karışımlarının kohezyon indeksi ve akış kategorisi sonuçları

| Örnekler | Kohezyon İndeksi | Akış Kategorisi |
|----------|-------------------------|-----------------|
| P100 | 8.17±0.04 ^d | Serbest akış |
| K100 | 12.67±0.02 ^c | Kolay akış |
| K25P75 | 15.01±0.01 ^a | Kohezif |
| K50P50 | 13.53±0.06 ^b | Kolay akış |
| K75P25 | 13.86±0.12 ^b | Kolay akış |

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir. ortalama ± standart sapma

Toz ürün gruplarında kekleşme iki farklı mekanizma ile açıklanmaktadır. Bunlardan ilkinde tamamen toz olan ürünün sahip olduğu amorf partiküllerin aralarındaki temas bölgesine meydana gelen moleküler difüzyondan sonra sistem enerjisindeki azalma ve kekleşmenin meydana gelmesi şeklinde tanımlanmasıdır. Diğerinde ise toz ürünlerin sahip olduğu lipit, karbonhidrat ya da mineral gibi bileşenlerin yapısal değişikliği sonucu sıvılaşması ve oluşan sıvı köprüleri ile tozların birbirine yaklaşım kekleşmesi olarak ifade edilmektedir (Aguilera ve ark.,1995; Hartmann ve Palzer, 2011). Bu temel mekanizmaların ardından her ürün grubu bireysel açıklanarak farklı kekleşme sebepleri ifade edilebilmektedir. Yapılan çalışmalar ile toz ürünlerde kekleşme testleri çok yumuşak ürün gruplarını tespit edebilirken kaya gibi sert, keseklenmiş ürünleri de ifade belirleyebilmektedir (Barbosa-Cánovas ve ark., 2005). Şekil 2’de glutensiz kek üretiminde kullanılan un ve un karışımlarının kekleşme

yükseklik oranı değişimleri görülmektedir. Değişen döngü sayısı ile kekleşme yükseklik oranlarında gözlenen ani yükselmelerin toz örnekteki kek oluşum davranışına karşı yüksek duyarlılığın göstergesi olduğu ifade edilmektedir (Benković ve ark., 2017). Kekklaşme yükseklik oranları değerlendirildiğinde değişen döngü sayısından etkilenmeyen ve en düşük kekleşme yükseklik oranına sahip örnek pirinç unu olurken, artan döngü sayısı ile kekleşme yükseklik oranı artış gösteren ürün keçiboynuzu unu olarak belirlenmiştir. Karışım unlarda ise formülasyon ve döngü sayısı ile farklılıklar gözlenmiştir. Literatürde benzer çalışmalar bulunmasa da buğday ununun da dâhil edilmesi ile yapılan çalışmada gıda tozlarının depolama süreçlerinde yapışkanlık değerleri ölçülmüştür ve un gruplarının depolama süresi artışı ile kekleşmeye ve yapışmaya meyilli oldukları tespit edilmiştir (Teunou ve Fitzpatrick, 2000).



Şekil 2. Un örneklerinin değişen döngülere karşılık gösterdikleri kek yükseklik oranları

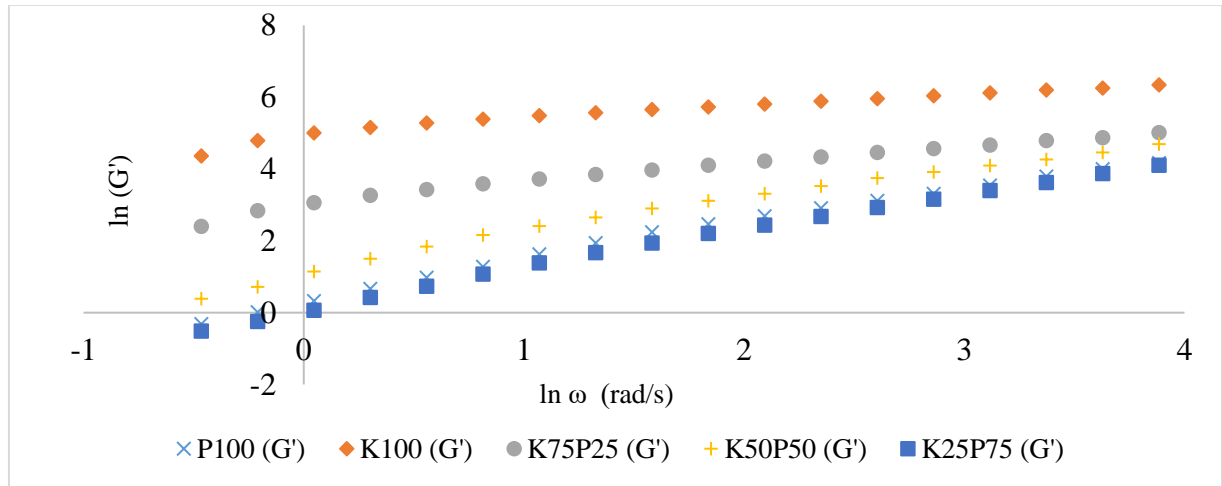
Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Glutensiz Kek Hamurlarının Dinamik Reolojik Ölçümleri

Glutensiz kek üretiminde kullanılmak üzere tercih edilen pirinç ve keçiboynuzu unları ve karışımları ile hazırlanan hamurların hamur yapısı son ürün özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle hamur karışımlarında dinamik reolojik ölçümler yapılmıştır. Dinamik ölçümler sonucunda elastik ve viskoz modül değerlerinin büyük olması hamur yapısı hakkında bilgi vermektedir.

Glutensiz kek hamurunda özellikle gluten olmadığı için kabarcık oluşumunu sağlayabilmek ve kek hamuruna hacim kazandırabilmek önemlidir. Kek hamurlarında kabarcık oluşumunu sağlamak ve pişirme sırasında arzu edilen yapının oluşması için viskoz hamura ihtiyaç vardır (Wilderjans ve ark.,

2008). Ayrıca kek hamurlarının bileşiminde farklı kuru maddeler olsa da su içinde yağ emülsiyonu olduğu ve bu nedenle reolojik özelliklerinin önemli olduğu bilinmektedir (Ronda ve ark., 2011). Farklı un karışımları ile hazırlanan kek hamurlarının dinamik reolojik ölçümlerinin göstergesi olan elastik modülü (G') ve viskoz modülü (G'') değerleri sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde P100, K50P50 ve K25P75 unları ile hazırlanan kek hamurları elastik modülü (G') değerleri viskoz modülü (G'') değerlerinden küçük tespit edilmiş ve sıvı benzeri davranış sergiler olarak yorumlanmıştır. Öte yandan K100 ve K75P25 isimli örnekler ise elastik davranış ($G' > G''$) göstermiştir. Keçiboynuzu unu ve un karışımında keçiboynuzu un miktar fazlalığı kek hamurunun elastik olmasını desteklemiştir.

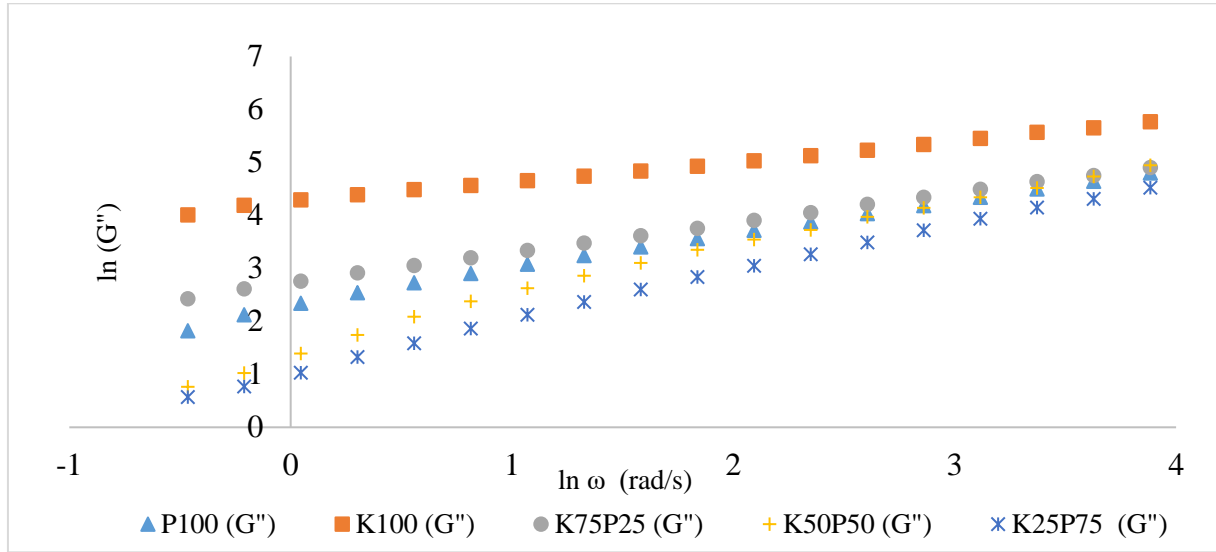


Şekil 3. Farklı unlar ile hazırlanan kek hamurlarının elastik modülü (G') değerleri

Reolojik ölçümler kek hamurlarında son üründe istenilen hacim ve tekstür ile bağlantılıdır ve bu nedenle ölçüm yapılması önemlidir (Şahin 2008). Hamurların viskoz ve elastik davranış gösterme durumları son ürün keklerde fiziksel olarak gözlenebilmektedir. Bu kapsamda

çalışmadaki kekler incelendiğinde K100 ve K75P25 unları ile hazırlanan keklerin fiziksel olarak daha düşük hacimli ve basık formda olduğu görülmektedir (Şekil 1).

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi



Şekil 4. Farklı unlar ile hazırlanan kek hamurlarının viskoz modülün (G'') değerleri

Glutensiz Kek Analizleri

Glutensiz Keklerin Renk Değerleri

Tüketici tercihlerinde ürün rengi çok önemli bir değerlendirme kriteridir. Tüketiciler alışık oldukları, daimi gördükleri ya da daha önce kabul görmüş ürünleri arzu etmektedir. Özellikle yeni ürün geliştirme süreçlerinde bu durum sorun oluştursa da çölyak hastalığı gibi rahatsızlıklar için hazırlanan özel gruplardaki

ürünlerde daha esnek bir kabul görürlük bulunabilmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmada üretilen glutensiz kek örneklerinin kabuk ve iç rengi Çizelge 4'de ifade edilmiştir. Hammaddede olarak kullanılan pirinç ve keçiboynuzu unları nedeniyle kek örnekleri farklı renk değerleri göstermiştir. Bilindiği üzere renk parametrelerini, ürün formülasyonuna eklenen her bir malzeme etkilemekte ve değiştirmektedir.

Çizelge 4. Glutensiz keklerin kabuk ve iç rengi

| Örnekler | Kabuk Rengi | | | İç Rengi | | |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | L^* | a^* | b^* | L^* | a^* | b^* |
| P100 | 58.18±0.01 ^a | 17.49±0.01 ^a | 33.69±0.01 ^a | 74.14±0.00 ^a | 1.70±0.00 ^e | 17.50±0.01 ^b |
| K100 | 29.04±0.01 ^e | 1.16±0.01 ^e | 1.79±0.01 ^e | 28.59±0.01 ^e | 2.25±0.01 ^d | 2.84±0.01 ^e |
| K25P75 | 38.37±0.01 ^b | 7.10±0.00 ^b | 8.57±0.02 ^b | 45.21±0.02 ^b | 10.38±0.01 ^a | 18.07±0.01 ^a |
| K50P50 | 36.05±0.03 ^c | 6.86±0.04 ^c | 7.45±0.01 ^c | 39.32±0.00 ^c | 9.08±0.01 ^b | 14.36±0.01 ^c |
| K75P25 | 31.14±0.02 ^d | 3.22±0.01 ^d | 3.49±0.01 ^d | 35.05±0.01 ^d | 7.49±0.00 ^c | 9.87±0.01 ^d |

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir. ortalama ± standart sapma

Glutensiz kek örneklerinin kabuk ve iç renkleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kabuk renklerinde genel olarak uygulanan ısıl işleme bağlı olarak iç renginden farklılıklar belirlenmiştir. Tüm keklerde aynı renk parametresinde örnekler arası fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Kabuk rengi değerlendirmesinde parlaklık ifadesi olan L^* değeri en yüksek 58.18 ile pirinç unu ile

üretilmiş kekte belirlenirken en düşük keçiboynuzu unu ile üretilmiş kekte 29.04 olarak tespit edilmiştir. Bu durum keçiboynuzunun doğası gereği sahip olduğu koyu renk sayesinde oluşmaktadır. Ayrıca un karışımlarında keçiboynuzu unu miktarı arttıkça parlaklık değerinde azalmalar gözlenmiştir. Bir diğer renk göstergesinde ise $+a^*$ değeri kırmızılığı, $-a^*$ ise yeşil rengi kategorize etmektedir. Glutensiz

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

keklerin kabuk renginde a* değerleri 1.16-17.49 aralığında belirlenmiştir ve en yüksek a* değeri P100 örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek b* değeri ile en sarı ürün olarak yine P100 örneği belirlenmiştir. Un karışımlarında keçiboynuzu unu miktarındaki artış ile b* değerinde azalmalar gözlenmiştir.

Keklerin iç renk değerlendirmesinde L* parametresi kabuk renginde gözlenen değişime paralel şekilde tespit edilmiştir. Fakat ısı işlem etkisinin az olmasını nedeniyle kek iç renginde parlaklık değerleri daha fazla bulunmuştur. Öte yandan keklerin iç renginde a* değerleri 1.70-10.38 aralığında bulunurken b* değerleri 2.84-18.07 aralığında ölçülmüştür. Pirinç unu ilavesi b* değerlerinde artış sağlamıştır.

Farklı tekniklerle alkalize edilmiş kakao çeşitlerinin kullanıldığı çalışmada buğday unu ile üretilen keklerin L* değerleri kabuk kısmında 29-37, kekin iç kısmında ise 16-22 aralığında tespit edilmiştir (Puchol-Miquel ve ark., 2021). Kakaonun alkalizasyon farklılığının bile keklerde renk değişikliğine neden olduğu

görülmüştür. Öte yandan glutensiz kek üretiminde ekstrüde kırmızı pirinç unu kullanılan glutensiz keklerin iç renkleri L, a ve b değerleri ile belirlenmiş ve sırasıyla 13.95-33.06; 2.09-12.11 ve 9.24-12.98 olarak tespit edilmiştir. Keklerin dış kabuk renkleri ise 25.80-30.06; 7.69- 15.59 ve 10.37-19.34 aralığında belirlenmiştir (Das ve Bhattacharya, 2019).

Pişirme Verimi, Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksi Değerleri

Keçiboynuzu unu, pirinç unu ve karışımları kullanılarak üretilen glutensiz keklerin hacim, tekdüzelik, simetri indeks değerleri ve pişirme verimleri Çizelge 5’de verilmiştir. Kek üretiminde önemli bir değerlendirme kriteri olan pişirme verimi, en yüksek K75P25 koduyla ifade edilen ve %75 keçiboynuzu unu %25 pirinç unu içeren örnekte tespit edilmiştir. En düşük pişirme verimleri ise P100 ve K100 örneklerinde tespit edilmiştir. Çalışma pişirme verimi açısından değerlendirildiğinde glutensiz kek üretiminde karışım unlarının hazırlanmasının daha verimli ürün eldesi sağladığı söylenebilir.

Çizelge 5. Glutensiz keklerin hacim, simetri, tekdüzelik indeksi ve pişirme verimi değerleri

| Örnekler | Hacim İndeksi (mm) | Simetri İndeksi (mm) | Tekdüzelik İndeksi (mm) | Pişirme Verimi (%) |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| P100 | 93.00±0.00 ^a | 57.33±0.01 ^a | 1.00±0.00 ^a | 74.90±0.66 ^c |
| K100 | 62.50±0.71 ^d | 32.67±0.10 ^d | 0.50±0.01 ^b | 74.13±0.19 ^c |
| K25P75 | 87.00±0.00 ^b | 56.00±0.07 ^b | 0.50±0.71 ^b | 77.50±0.66 ^b |
| K50P50 | 85.50±0.71 ^b | 56.00±0.02 ^b | 0.50±0.13 ^b | 76.42±0.07 ^{bc} |
| K75P25 | 80.00±1.41 ^c | 49.33±0.01 ^c | 0.50±0.24 ^b | 81.15±0.16 ^a |

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir. ortalama ± standart sapma

Hacim indeksi değeri kek ürünlerinde tüketici tercihleri açısından önemli bir değerlendirme kriteri olan ve kek hacmi hakkında fikir sahibi olunmasını sağlayan bir parametredir (Gómez ve ark., 2008). Hacim indeksi değerleri incelendiğinde pirinç unu ile üretilen keklerin en yüksek hacim indeksi değerine sahip olduğu görülmektedir. Öte yandan farklı oranlarda keçiboynuzu ve pirinç unu kullanılarak hazırlanan un karışımlarının hacim indeksi değerleri K100 örneğinden çok yüksek bulunmuştur. Hacim indeksi değeri açısından bakıldığında formülasyonda pirinç unu varlığı kek özelliklerini iyileştirmektedir. Kek

formülasyonuna eklenen her bir malzeme kek hacim indeksi değerini etkilemektedir.

Simetri indeksi değerinin yüksek olması kek ürünlerinde orta bölümünde yükselme olarak tanımlanmakta ve daha kabarmış kek ürünlerini ifade etmektedir (Borneo ve ark., 2010). Kek örneklerinin simetri indeksi değerlerinde en yüksek sonuca sahip ürünler sırasıyla P100, K25P75 ve K50P50 örnekleridir. Benzer şekilde Şekil 1’de keklerin görselleri incelendiğinde kek yüzeyi ve orta bölmesinde en kabarı ve hacimli örnekler olduğu görülebilmektedir. En düşük simetri indeksi değeri ise 32.67 değeri ile

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

kabarmış ve çökmüş görsel veren K100 örneğinde tespit edilmiştir.

Tekdüzelik indeksinin ise sıfır değerine yakın olması yüksek kalite sınıflamasına neden olmaktadır (Topkaya ve Işık, 2018). Kek simetrisinin yanıl açıdan değerlendirmesi olan tekdüzelik indeksinde (Dizlek ve ark. 2008) en yüksek değer P100 örneğinde belirlenirken, formülasyona keçiboynuzu unu eklenmesi ile tekdüzelik değerlerinde değişim gözlenmemiş ve istatistiksel açıdan fark tespit edilememiştir ($P>0.05$).

Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri

Glutensiz kek örneklerinin tekstür analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Muffin keklerde özellikle sertlik, esneklik ve iç yapışkanlık değerlerinin son ürün kabulünde

tüketici için birincil öncelikte olduğu ifade edilmektedir (Kaur ve ark., 2021). Glutensiz kekler ise arzu edilmeyen doku ve duysal özellikler, ufalanan yapı ve tüketim zorlukları ile karakterize edilmektedir (Chi ve ark., 2020).

Sertlik değeri tüketicilerde tazelik algısı oluşturan deformasyona karşı direnci ifade eden bir özelliktir (Sabanis ve Tzia, 2011). Glutensiz keklerde tekstürel özelliklerden sertlik değeri incelendiğinde en sert ürünün K50P50 kodlu un karışımı ile üretilen kek olduğu görülmektedir. Diğer keklerden oldukça sert olduğu belirlenen bu un formülasyonunun sinerjistik etki oluşturulduğu ve sert bir forma dönüştüğü düşünülmektedir. Öte yandan en yumuşak kekin P100 kodu ile ifade edilen ve tamamen pirinç unundan elde edilen kek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Glutensiz keklerin tekstürel özellikleri

| Örnekler | Sertlik (g) | Esneklik | İç Yapışkanlık | Sakızımsılık | Çiğnenebilirlik | Elastikiyet |
|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| P100 | 60.61±0.39 ^d | 2.84±0.04 ^a | 0.66±0.02 ^c | 34.58±1.15 ^b | 99.72±2.33 ^b | 0.67±0.00 ^a |
| K100 | 78.61±1.17 ^b | 0.76±0.04 ^e | 0.45±0.00 ^d | 31.97±1.05 ^b | 23.20±1.63 ^c | 0.24±0.01 ^e |
| K25P75 | 77.65±1.47 ^b | 1.02±0.00 ^d | 0.62±0.00 ^c | 60.48±0.53 ^a | 164.23±1.37 ^a | 0.53±0.03 ^b |
| K50P50 | 106.85±0.55 ^a | 1.50±0.08 ^c | 0.75±0.01 ^b | 58.21±1.81 ^a | 119.85±0.67 ^b | 0.39±0.00 ^d |
| K75P25 | 67.03±1.41 ^c | 2.26±0.16 ^b | 0.98±0.03 ^a | 55.01±1.18 ^a | 108.76±1.33 ^b | 0.45±0.02 ^c |

Aynı sütündeki farklı harfler örnekler arası farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu gösterir. ortalama ± standart sapma

Kaliteli keklerde yüksek esneklik değeri istenir ve bu durum taze, yumuşak ve iyi havalandırılmış kekleri ifade etmektedir (Shevkani ve Singh, 2014). Çalışmada en yüksek esneklik değeri P100 örneğinde tespit edilmişken ona en yakın esneklik değerine sahip ürün K75P25 örneği olmuştur. En düşük esneklik değeri ise 0.76 ile %100 keçiboynuzu unu içeren keklerde belirlenmiştir.

Tekstürel değerlendirmelerde düşük yapışkanlık değerinin kolay dağılıbilirlik ve kırılabilirlik ile ilişkilendirildiği bilinmektedir (Shevkani ve ark., 2015). Glutensiz fırıncılık ürünlerinde kırılma ve dağılma arzu edilmeyen durumlardır. Çalışma kapsamında üretilen keklerin iç yapışkanlık değerleri 0.45-0.98 aralığında belirlenmiştir. Özellikle pirinç ve keçiboynuzu

unu ile formüle edilmiş un karışımlarından elde edilen keklerde gözlenen yüksek iç yapışkanlık değeri kırılma ve dağılma sorununa çözüm üretildiğini ifade etmektedir. Bir diğer tekstür değerlendirmesi olan sakızımsılık değeri ise P100 ve K100 örneklerinde düşük, formüle un karışımlarında yüksek tespit edilmiştir. Her iki grupta istatistiksel değerlendirmede kendi içlerinde farksız bulunmuştur ($P>0.05$).

Keçiboynuzu ve pirinç unlarının farklı oranlarda kullanılması ile elde edilen un karışımlarından üretilen glutensiz keklerin çignenebilirlik değerleri P100 ve K100 keklerine göre oldukça yüksek bulunmuştur. Yüksek çigneme değerleri ürünü çignemede ve yutmada zorluk ile ilişkilendirilse de (Martínez-Cervera ve ark., 2011), çalışmamızda elde edilen keklerin yüksek

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

çığnenebilirlik değerine rağmen daha yumuşak ve elastik oldukları gözlenmiştir.

Keklerin elastikiyet değerleri incelendiğinde örnekler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmuştur ($P<0.05$). En elastik kek P100 kodu ile ifade edilen pirinç unu ile üretilmiş kek

olurken en düşük elastikiyet değerine sahip K100 örneği olmuştur. Öte yandan farklı oranlarda unların karışımları ile hazırlanmış formüle keklerde elastikiyet değeri yükselmiştir. Bu durum pirinç ve keçiboynuzu unlarının karıştırılmasının olumlu etkileri olarak yorumlanmıştır.

SONUÇ

Çölyak hastaları günlük diyetlerinde özellikle glutensiz fırıncılık ürünleri konusunda problemler yaşamaktadır. Öte yandan değişen dünya düzeni ile intolerans ve alerji gibi besinsel problemlerin yaygınlaştığı bilinmektedir. Bu kapsamda gluten hassasiyeti oluşan bireyler için günlük diyetlere uygun yeni ürün grupları geliştirilmektedir. Bu çalışmada genel kullanım alanı bulan pirinç ununa ürün yapısında ve besinsel içeriğinde destek sağlayabilecek keçiboynuzu unu ilave edilmiş ve glutensiz kek ürün demeleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında un, hamur ve son ürün kek üzerinde yapılan analizler un formülasyonunun çok önemli olduğunu göstermiştir. Evlerde tüketim için hazırlanabilecek ticari paketlenmiş toz glutensiz kek unu karışımları düşünüldüğünde toz akış özelliklerinin değişkenlikleri belirlenmiştir. Üretim hatları ve toz ürün ambalaj depolama koşullarının belirlenmesi açısından bu analizler önemli bulunmuştur. Son üründe tüketici tercihleri açısından önemli bulunan fiziksel özellikleri etkileyen hamur reolojisi değerlendirmesinde ise formülasyon değişiminin hamurun viskoz ya da elastik olma durumunu ve pişirme sonrası kek özelliklerini etkilediği tespit edilmiştir. Çalışma sonunda tüketici tercihleri için kıymetli olan ve glutensiz ürünlerde çözülmeye çalışılan fiziksel ve tekstürel özelliklerin tespit edilmesi amaçlanmış ve kek örnekleri bu parametreler açısından incelenmiştir. Renk değerlendirmesinde ürün formülasyonunun etkin olduğu ve keçiboynuzu unu ilavesi ile keklerin renkli formalar aldığı gözlenmiştir. Bu durum özellikle çölyak hastalığı ile mücadele eden çocuklar için cazip olabilecek alternatifler olarak değerlendirilmiştir. Son olarak yaptığımız çalışma geliştirilen un formülasyonları ile

özellikle glutensiz ürünlerde gözlenen ufalanma, kırılma ve dağılma gibi sorunlara çözüm üretmesi ve tekstürel değerlendirme sonucunda daha iyi formda kekler üretilmesini sağlaması ile sevindirici sonuçlar içermektedir. Kek üretiminde önemli bir değerlendirme kriteri olan pişirme verimidir. Çalışma pişirme verimi açısından değerlendirildiğinde glutensiz kek üretiminde karışım unlarının hazırlanmasının daha verimli ürün eldesi sağladığı söylenebilir. Bu aşamadan sonra özellikle sağlık problemleri nedeniyle hassas olan ve vegan-vejeteryan beslenme tercih edenler bireyler için farklı ürün formülasyonları geliştirilebilir, bu çalışma çıktıları göz önüne alınarak keçiboynuzu unu formülasyonlara eklenebilir. Kıvam vericiler, diyet lifler ya da besinsel destek malzemeleri kek formülasyonlarına eklenerek son ürün özellikleri belirlenebilir.

KAYNAKLAR

- AAAC (2000) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Method 10-91, 10th ed. St. Paul, Minnesota, USA: American Assoc. of Cereal Chemists.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Truong, V. (2001). Stickiness in foods: A review of mechanisms and test methods. *Int J Food Prop* 4 (1):1-33.
- Aguilera, J.M., del Valle, J.M., Karel, M. (1995). Caking phenomena in amorphous food powders. *Trends Food Sci Technol* 6 (5):149-155.
- Aslan Türker, D., Göksel Saraç, M., Doğan, M. (2021). Tuz Oranı Değişiminin Kırmızı Pul Biberin Toz Akış Özellikleri Üzerine Etkisi. *Çukurova J Agric Food Sci* 36(2):165-176.

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

- Barbosa-Cánovas, G.V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Yan, H. (2005) Food powders: Physical properties, processing, and functionality. 86, Springer, San Diego, CA, USA.
- Baykal, H., Karais, K., Çalışkan Koç, G., Dirim, S.N. (2018) Tarçın, Keçiboynuzu ve Zencefil ile Zenginleştirilerek Üretilmiş Keçi Sütü Tozlarının Özellikleri. *Gıda* 43 (4): 716-732.
- Benković, M., Belščak-Cvitanović, A., Bauman, I., Komes, D., Srećec, S. (2017) Flow properties and chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flours as related to particle size and seed presence. *Food Res Int* 100:211-218.
- Bicudo, M.O.P., Jό, J., Oliveira, G.A. de, Chaimsohn, F.P., Sierakowski, M.R., Freitas, R.A. de, Ribani, R.H. (2015) Microencapsulation of Juçara (*Euterpe edulis* M.) Pulp by Spray Drying Using Different Carriers and Drying Temperatures. *Dry Technol* 33:153-161.
- Borneo, R., Aguirre, A., León A.E. (2010) Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *J Acad Nutr Diet* 110 (6): 946-949.
- Chávez Montes, B.E., Martínez-Alejo, J.M., Lozano-Perez, H., Gumy, J.C., Zemlyanov, D., Carvajal, M.T. (2019) A surface characterization platform approach to study Flowability of food powders. *Powder Technol* 357:269-280.
- Chi, M.S., Adriana, P., Man, S.M., Mure, V., Ancu, S., Pop, A., Stan, L., Rusu, B. (2020) Textural and Sensory Features Changes of Gluten Free Muffins Based on Rice Sourdough Fermented with *Lactobacillus spicheri* DSM 15429. *Foods* 9 (3): 363.
- Dakia, P. A., Wathelet, B., Paquot, M. (2007) Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chem* 102(4):1368-1374.
- Das, A.B., Bhattacharya, S. (2019) free cake from extruded red rice flour. *LWT- Food Sci Technol* 102:197-204.
- Dizlek, H., Özer, M.S., Gül, H. (2008) Keklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçütler. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, 371-374s
- Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G., Carcea, M. (2014) Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chem* 153:109-113.
- El Batal, H., Hasib, A., Ouattmane, A., Dehbi, F., Jaouad, A., Boulli, A. (2016) Sugar composition and yield of syrup production from the pulp of Moroccan carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). *Arab J Chem* 9:955-959.
- Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M. V., Mavromoustakos, T., Tzakos, A. G. (2016) Functional components of carob fruit: Linking the chemical and biological space. *Int J Mol Sci* 17(11):1875.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V. and Fernandez, E. (2008) Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *LWT- Food Sci Technol* 41: 1701-1709.
- Göksel Saraç, M., Aslan Türker, D., Doğan, M. (2021) Ticari öneme sahip toz süt ürünlerinin morfolojik yapısı ve toz akış özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda* 46(1):119-133.
- Hartmann, M., Palzer, S. (2011) Caking of amorphous powders - material aspects, modelling and applications. *Powder Technol* 206:112-121.
- Hausner, H.H (1967) Friction conditions in a mass of metal powder. *Int J Powder Metallurgy* 3: 7- 13.
- Kaur, A., Viridi, A.S., Singh, N., Singh, A., Kaler, R.S.S. (2021) Effect of degree of milling and defatting on proximate composition, functional and texture characteristics of gluten-free muffin of bran of long-grain

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

- indica rice cultivars. *Food Chem* 345: 128861.
- Majzooobi, M., Farahnaky, A., Nematolahi, Z., Mohamadi, H. M., Taghipour, A. M. (2013) Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread. *J Agric Sci Technol* 15(1):115-123.
- Martínez-Cervera, S., Salvador, A., Muguerza, B., Moulay, L., Fiszman, S.M. (2011) Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT- Food Sci Technol* 44 (3): 729-736.
- Musa Özcan, M., Arslan, D., Gökçalık, H. (2007) Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *Int J Food Sci Nutr* 58(8):652-658.
- Özgür Göksu, A. (2019) Ultrason ön uygulamalı ve mikrodalga kurutma yöntemi ile şeker pancarı posasından diyet gıda lifi eldesi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Papageorgiou, M., Paraskevopoulou, A., Pantazi, F., Skendi, A. (2020) Cake perception, texture and aroma profile as affected by wheat flour and cocoa replacement with carob flour. *Foods* 9(11):1586.
- Poux, M., Fayolle, P., Bertrand, P., Bridoux, D., Bousquet, J. (1991) Powder mixing: some practical rules applied to agitated systems. *Powder Technol* 68:213-234.
- Puchol-Miquel, M., Palomares, C., Fernández-Segovia, I., Barat, J.M., Perez-Esteve, E. (2021) Effect of the type and degree of alkalization of cocoa powder on the physico-chemical and sensory properties of sponge cakes *LWT- Food Sci Technol* 152:112241.
- Rayas-Duarte, P., Mock, C.M., Satterlee, L.D. (1996) Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chem* 73:381-387.
- Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P.A., Pando, V. (2011) Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *J Food Eng* 102 (3):272-277
- Rosa, C., Tessele, K., Prestes, R., Silveira, M., Franco, F. (2015) Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *Int Food Res J* 22(5):2011-2015.
- Sabanis, D., Tzia, C. (2011) Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Crit Rev Food Sci Nutr* 17 (4): 279-291. starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chem* 116:401-412.
- Sahin, S. (2008) *Cake batter rheology* S.G. Sumnu, S. Sahin (Eds.), Food engineering aspects of baking sweet goods. Food engineering aspects of baking sweet goods, CRC Press, Boca Ratón, USA pp. 99-119
- Santhalakshmy, S., Don Bosco, S.J., Francis, S., Sabeena, M. (2015) Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technol* 274:37-43.
- Śęczyk, Ł., Świeca, M., Gawlik-Dziki, U. (2016) Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chem* 194: 637-642.
- Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S., Singh, N. (2015) Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT - Food Sci Technol* 63 (2): 927-933.
- Shevkani, K., Singh, N. (2014) Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *Int J Food Sci Technol* 49 (10):2237-2244.
- Shiau, S.Y., Yeh, A.I. (2001) Effects of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles. *J*

Keçiboynuzu Unu ile Zenginleştirilmiş Glutensiz Keklerin Tekstürel Özellikleri ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

- Cereal Sci 33:27-37.
- Skaltsi, A., Marinopoulou, A., Poriazi, A., Petridis, D., Papageorgiou, M. (2021) Development and optimization of gluten-free biscuits with carob flour and dry apple pomace. *J Food Process Preserv* e15938.
- Tatar, F., (2012) Balık (*Engraulis encrasicolus* L.) Yağının Mikroenkapsülasyonunda Hemiselülozun Kaplayıcı Madde Olarak Kullanımı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120 s.
- Teunou, E., Fitzpatrick, J.J. (2000) Effect of storage time and consolidation on food powder flowability. *J Food Eng* 43(2):97-101.
- Thomas, M. E. C., Scher, J., Desobry-Banon, S. ve Desobry, S. (2004) Milk Powders Ageing: Effect on Physical and Functional Properties. *Crit Rev Food Sci Nutr* 44(5):297-322.
- Topkaya, C., Isik, F. (2018) Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes. *J Food Process Preserv* 1–11.
- Tous, J., Romero, A., Batlle, I. (2013) The carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. *Hortic Rev* 41:385-454.
- Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G., Mandala, I. (2014) Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT-Food Sci Technol* 58(1):124-129.
- Turchiuli, C., Fuchs, M., Bohin, M., Cuvelier, M.- E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M., Dumoulin, E. (2005) Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. *Innov Food Sci Emerg Technol* 6(1):29-35.
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., Carcea, M. (2017) Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT-Food Sci Technol* 78: 361-366.
- Türker, İ., Koç, B., İşleroğlu, H. (2018) Püskürtmeli-Dondurarak Kurutma İşleminin Maltodekstrinin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda* 43 (2): 197-210.
- Veldhorst, M., Smeets, A., Soenen, S., Hochstenbach-Waelen, A., Hursel, R., Diepvens, K., Lejeune, M., Luscombe-Marsh, N., Westerterp-Plantenga, M. (2008) Protein-induced satiety: Effects and mechanisms of different proteins. *Physiol Behav* 94:300-307.
- Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J.A. (2008) The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chem* 110 (4): 909-915.