

## Glutensiz kek üretiminde siyah pirinç unu ve siyah nohutunun kullanım potansiyelinin araştırılması

Özge RUNT KÜTÜK, Ezgi ÖZGÖREN ÇAPRAZ

### Cite this article as:

Runt Küçük, Ö., Özgören Çapraz, E. (2025). Glutensiz kek üretiminde siyah pirinç unu ve siyah nohutunun kullanım potansiyelinin araştırılması. *Food and Health*, 11(1), 27-40. <https://doi.org/10.3153/FH25003>

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,  
Denizli, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

Ö.R.K. 0009-0003-2471-2280

E.Ö.Ç. 0000-0001-9583-817X

Submitted: 03.10.2024

Revision requested: 21.10.2024

Last revision received: 26.10.2024

Accepted: 31.10.2024

Published online: 24.12.2024

### Correspondence:

Ezgi ÖZGÖREN ÇAPRAZ

E-mail: [ezgio@pau.edu.tr](mailto:ezgio@pau.edu.tr)



© 2024 The Author(s)

Available online at  
<http://jfhns.scientificwebjournals.com>

### ÖZ

Yapılan çalışmada, son yıllarda rengi ve bileşimi ile dikkat çeken siyah pirinç unu (SPU) ve siyah nohutunun (SNU) beyaz pirinç ununa (PU) alternatif olarak kullanımının araştırılması ile yeni bir glutensiz kek formülasyonunun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kek formülasyonunda 1:1 oranlarında PU:SPU, PU:SNU, SPU:SNU kullanılarak üretilen örnekler tamamen PU kullanılarak üretilen kontrol örneği ile kıyaslanmıştır. SPU'nun ilavesi ile örneklerin renginin daha koyu olduğu gözlenirken, SNU ilavesinin örneklerin protein ve kül miktarını önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir. SPU ve SNU'nun fenolik bileşenlerce oldukça zengin olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı kontrol örneğinde 70.05 mg GAE/100g olarak belirlenirken PU:SPU, PU:SNU, SPU:SNU örneklerinde sırasıyla 114.05 mg GAE/100g, 96.18 mg GAE/100g ve 147.63 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivite değerleri kontrol örneği ile kıyaslandığında sırasıyla PU:SPU örneğinde 2.2 kat, PU:SNU örneğinde 1.4 kat, SPU:SNU örneğinde ise 3.0 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca hem SPU hem de SNU ilavesinin kek örneklerinin mineral madde miktarında artış sağladığı saptanmıştır. Tüm bu özelliklerinin yanında SPU ve SNU'nun glutensiz kek formülasyonuna ilave edilmesinin duyu özellikleri açısından kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Siyah pirinç unu, Siyah nohut unu, Glutensiz kek

### ABSTRACT

#### Investigation the potential use of black rice flour and black chickpea flour in gluten-free cake

This study aimed to develop a new gluten-free cake formulation by investigating the use of black rice flour (BRF) and black chickpea flour (BCF), which have attracted attention with their color and composition in recent years, as an alternative to white rice flour (RF). The samples produced using RF:BRF, RF:BCF and BRF:BCF in the cake formulation at 1:1 ratios were compared to the control sample which was produced entirely with RF. It was observed that the addition of BRF resulted in a darker color in the samples, while the inclusion of BCF significantly increased their protein and ash content. BRF and BCF were found to be rich in phenolic compounds. The total phenolic content was determined to be 70.05 mgGAE/100g in the control sample, while it was found to be 114.05 mgGAE/100g, 96.18 mgGAE/100g and 147.63 mgGAE/100g in the RF:BRF, RF:BCF and BRF:BCF samples, respectively. Antioxidant activity of the RF:BRF sample was 2.2-times higher, RF:BCF sample was 1.4-times higher and BRF:BCF sample was 3.0-times higher than control sample. Additionally, it was found that the addition of both BRF and BCF increased the mineral matter content of the cake samples. Besides these properties, the inclusion of BRF and BCF to the gluten-free cake formulation was found to be acceptable in terms of all sensory properties.

**Keywords:** Black rice flour, Black chickpea flour, Gluten-free cake

## Giriş

Çölyak hastalığı, genetik olarak yatkın bireylerde gluten veya diğer prolaminlerin alınması sonucu ortaya çıkan immün sistemin aracılık ettiği kronik bir enteropatidir. Dünya nüfusunun yaklaşık %1'lik kısmının bu hastalıktan etkilendiği bildirilmiştir. Tek tedavi yöntemi ise yaşam boyu glutensiz gıdalarla beslenmektir. Glutensiz ürünlerin üretiminde genellikle zayıf gıda bileşimine sahip kaynaklar kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak da glutensiz diyet uygulanırken bazı beslenme yetersizlikleri meydana gelmektedir (Yıldırım, 2020).

Tüketicilerin sağlıklı beslenme konusunda bilinçlenmesi ile birlikte doğal kaynaklarla zenginleştirilmiş gıdalara yönelimde artış meydana gelmiştir. Literatürdeki glutensiz ürün zenginleştirme çalışmaları incelendiğinde; protein, diyet lifi ve antioksidan zengin kaynakların tercih edildiği görülmüştür. Baklagiller hem protein hem de diyet lifi bakımından zengin kaynaklar oldukları için bu çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedirler. Bunun yanında, antioksidan açısından zengin siyah renkli yiyecekler (siyah mercimek, siyah nohut, siyah pirinç, siyah fasulye vb.) de son dönemde üzerinde çalışılan önemli gıda kaynakları arasında yer almaktadır (Costantini ve ark., 2021; Özgören Çapraz, 2023; Sahan ve Ozgoren Capraz, 2024).

Siyah renkli yiyecekler rengiyle tüketicilerin beğenisini kazanırken, son yıllarda sağlık faydalarının da anlaşılması ile birlikte oldukça fazla dikkat çeken kaynaklar haline gelmişlerdir (Özgören Çapraz, 2023).

Siyah pirinç (*Oryza sativa* L.) özellikle Asya ülkelerinde popüler olan rengiyle dikkat çeken özel aromatik bir pirinçtir. Siyah pirincin rengi tohum kabuğundaki antioksidan özellik gösteren antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır. Başlıca 6 antosiyanin tanımlanmıştır. Bunlar içerisinde en fazla bulunanlar siyanidin-3-glukozit (572.47 µg/g, toplamın yaklaşık %91'i) ve peonidin-3-glukozittir (29.78 µg/g; toplamın yaklaşık %4.5'u) (Kushwaha, 2016b). Doğal antosiyanin pigmentleri gıda ürünlerinde renklendirici olarak kullanılması ve sağlık üzerine olan olumlu etkileri nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir (Kushwaha, 2016a). Bunların yanında siyah pirincin lizin ve triptofan gibi esansiyel amino asitleri, demir, kalsiyum ve fosfor gibi mineralleri, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve folik asit gibi vitaminleri içerdiği bildirilmiştir (Maurya ve ark., 2022).

Nohut, Dünya'da en çok üretilen baklagiller içerisinde 2. sırada yer almaktadır. Özellikle son yıllarda dikkat çeken siyah

nohut (*Cicer arietinum*) antosiyaninler ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Önemli bir protein kaynağı olmasının yanı sıra demir, diyet lifi ve çoklu doymamış yağ asitlerini de önemli miktarda içermektedir (Özgören Çapraz, 2023).

Siyah nohut ve siyah pirincin tahıl ürünlerinde zenginleştirme materyali olarak kullanımına ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu iki kaynağın glutensiz kek formülasyonunda birlikte kullanıldığı bir çalışmaya ise rastlanmamıştır. Bu çalışmada, siyah pirinç unu (SPU) ve siyah nohut unu (SNU) kullanılarak glutensiz kek örneklerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Yalnızca beyaz pirinç unu (PU) kullanılarak üretilen glutensiz kek örnekleri ise kontrol grubu olarak seçilmiştir. Üretilen örnekler kimyasal kompozisyon, tekstürel özellikler, renk özellikleri ve duyu özellikler bakımından incelenmiştir. Bu çalışma ile gıda bileşimine zengin yeni bir glutensiz ürün formülasyonunun geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Araştırmada kullanılan PU (Migros), SNU (Most Natura), SPU (Most Natura), yumurta (Abalı Çiftliği), şeker (Şafak), tam yağlı süt (Carrefour), mısır yağı (Sırma), Ksantan Gam (Katkı Dünyası) ve kabartma tozu (Dr. Oetker) Denizli'deki yerel marketlerden temin edilmiştir.

### Keklerin Üretimi

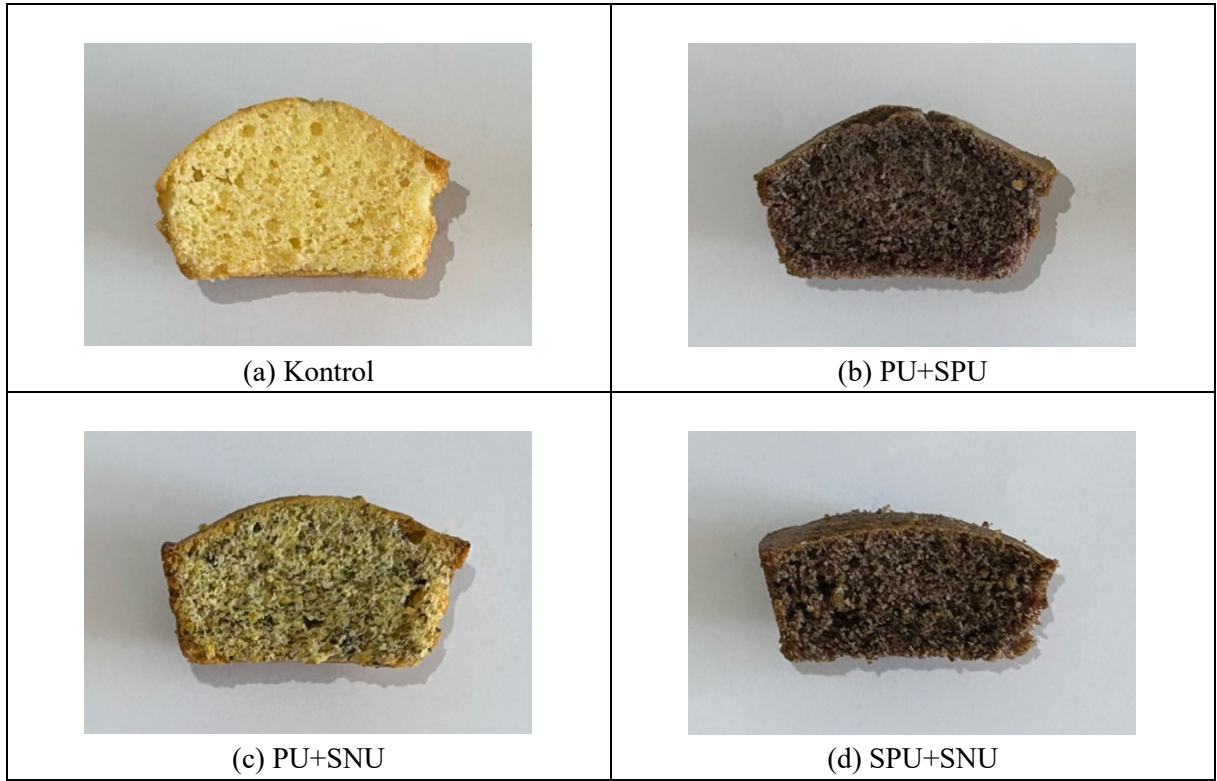
Üretilen glutensiz kek örneklerinin formülasyonları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Formülasyonda verilen miktarda yumurta ve şeker mikserde (Kenwood KMM060, İngiltere) yüksek devirde 5 dk. karıştırılmıştır, daha sonra mısır yağı ve süt eklenip orta devirde 3 dk. karıştırılmaya devam edilmiştir. En son formülasyolarda belirtilen unlar, ksantan gam ve kabartma tozu da ilave edilip yavaş devirde 2 dk. daha karıştırılarak keklerin mikserleri hazırlanmıştır. Kek miksi teflon kalıplara 35'er g olacak şekilde tartılıp, 170°C'deki fırında (Özköseoğlu Isı Sanayi ve Ticaret A.Ş., Türkiye) 19 dk. pişirilmiştir. Pişirme süresi ön denemeler ile belirlenmiştir. Analizler gerçekleştirilinceye kadar örnekler ağız kilitli poşetlerde -18°C'de depolanmışlardır. Üretilen keklerin kesit görüntüleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Glutensiz kek örneklerinin formülasyonları (g)**Table 1.** Formulations of gluten-free cake samples (g)

	Kontrol	PU+SPU	PU+SNU	SPU+SNU
<b>Pirinç Unu</b>	100.0	50.0	50.0	-
<b>Siyah Pirinç Unu</b>	-	50.0	-	50.0
<b>Siyah Nohut Unu</b>	-	-	50.0	50.0
<b>Yumurta</b>	78.1	78.1	78.1	78.1
<b>Şeker</b>	58.2	58.2	58.2	58.2
<b>Mısır Yağı</b>	47.0	47.0	47.0	47.0
<b>Süt</b>	20.0	20.0	20.0	20.0
<b>Kabartma Tozu</b>	5.7	5.7	5.7	5.7
<b>Ksantan Gam</b>	0.3	0.3	0.3	0.3

Kontrol: %100 PU ile üretilen kek örneği, PU+SPU: %50 PU ve %50 SPU ile üretilen kek örneği, PU+SNU: %50 PU ve %50 SNU ile üretilen kek örneği, SPU+SNU: %50 SPU ve %50 SNU kullanılarak üretilen kek örneği

**Şekil 1.** Kek örneklerinin kesit görüntüleri**Figure 1.** Cross-sectional images of cake samples

## Metot

### Genel Kompozisyon

Nem tayini (AOAC metot 934.01) ve kül tayini (AOAC metot 942.05) gravimetrik yöntemle göre, yağ tayini Soxhlet yöntemine (AOAC metot 954.02) göre, protein tayini ise Kjeldahl yöntemine (AOAC metot 988.05) göre gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1990).

### Mineral Madde Analizi

Mineral madde analizinde örneklerden 0.5 g tartılıp üzerlerine 10 mL HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Ardından 280 °C'deki mikrodalga fırında yağ yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrasında filtre kağıdından (Whatman No:42) geçirilerek 50 mL'lik balon jöjelere süzülüş ve üzeri saf su ile tamamlanmıştır. İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) kullanılarak, örneklerin P, K, Ca, Mg ve Fe miktarları belirlenmiştir (Boss ve Fredeen, 2004).

### Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivite Tayini

Fenolik bileşenlerin ekstraksiyonu Ozgoren ve ark. (2019)'nın belirttiği yöntemle gerçekleştirilmiştir. Öncelikle 1 g öğütülmüş örnek tartılmış ve üzerine 10 mL metanol: su (70/30 v/v) karışımı ilave edilerek 1 dk. homojenize edilmiştir. Karışım önce 10 dk. ultrasonik su banyosunda (Elma E60 H, Almanya), ardından 15 dk. mekanik çalkalayıcıda (WiseShake SHO 1D, Almanya) tutulmuştur. En son 4 °C'de 8500 devir/dk.'da 20 dk. santrifüj (Nüve, NF 1200R, Türkiye) edilmiştir. Santrifüj işleminin ardından üst faz 25 mL'lik balon jöjenin içerisinde toplanmıştır. Aynı işlemler bir kez daha tekrarlanmıştır. Son olarak balon jöjede toplanan üst fazlar 25 mL'ye metanol: su (70/30 v/v) karışımı ile tamamlanarak ekstraktlar elde edilmiştir.

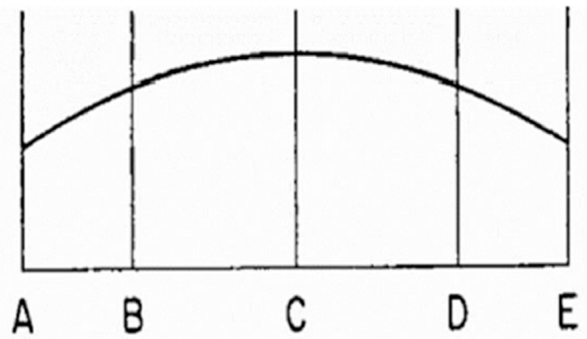
Sonrasında elde edilen ekstraktlardan Singleton ve ark. (1999)'nın belirttiği Folin-Ciocalteu yöntemine göre toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Önce standart kalibrasyon eğrisi çizdirilmiştir. Bu eğrinin çizilmesi için 1:4, 1:7, 1:9 ve 1:19 oranlarında gallik asit çözeltisi: saf su kullanılarak dilüsyonlar hazırlanmıştır. Bu dilüsyonlardan 1'er mL alınarak üzerine 5 mL Folin-Ciocalteu: su çözeltisi (1:10) ve 4 mL sodyum karbonat çözeltisi (75g/L) ilave edilmiştir. Elde edilen karışımlar vortekslenerek 2 saat oda sıcaklığında karanlık bir ortamda tutulmuştur. Aynı işlemler örneklerden elde edilen ekstraktlardan 1 mL alınarak tekrarlanmıştır. Süre sonunda standartların ve ekstraktların absorbans değerleri, 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede (PG Instruments Ltd, T80 UV/VIS Spektrofotometre, İngiltere) okutulmuştur. Sonuçlar mg GAE/100 g kuru madde olarak verilmiştir

Ayrıca Thaipong ve ark. (2006)'nın belirttiği DPPH yöntemine göre antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. DPPH stok çözeltisi (24 mg DPPH/ 100 mL metanol) 515 nm dalga boyunda  $1.1 \pm 0.02$  absorbans değeri elde edilecek şekilde metanol ile karıştırılarak DPPH çalışma çözeltisi elde edilmiştir. Standart kalibrasyon eğrisinin çizdirilmesi için trolox çözeltisi:saf su 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 ve 1:9 oranlarında karıştırılarak dilüsyonlar elde edilmiştir. Hazırlanan dilüsyonlardan 150 µL alınarak üzerine 2850 µL DPPH çalışma çözeltisi ilave edilmiş ve 1 saat oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Aynı işlemler örneklerden elde edilen ekstraktlardan 150 µL alınarak tekrarlanmıştır. Süre sonunda standartların ve ekstraktların absorbans değerleri 550 nm dalga boyunda spektrofotometrede (PG Instruments Ltd, T80 UV/VIS Spektrofotometre, İngiltere) okutulmuştur. Sonuçlar µmol TE/100 g kuru madde olarak verilmiştir.

### Fiziksel Analizler

Üretilen kek örneklerinin spesifik hacmi (cm<sup>3</sup>/g) kek hacminin kek ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Keklerin hacmi, kolza tohumuyla yer değiştirme esasına göre belirlenmiştir (Çelik, 2021).

Kek örneklerinin hacim indeksi, simetri indeksi ve tekdüzelik indeksi değerlerinin belirlenmesi için öncelikle kek örnekleri zemine dik olacak şekilde merkezlerinden kesilmiş ve milimetrik kağıt üzerine kesilen yüzeyleri koyularak Şekil 2'de gösterilen B, C ve D yükseklikleri ölçülmüştür. Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hacim indeksi (1), simetri indeksi (2) ve tekdüzelik indeksi (3) değerleri hesaplanmıştır (AACC, 2000).



Şekil 2. Kek ölçümü için kullanılan şablon

Figure 2. Template used for cake measurement

$$\text{Hacim indeksi} = B + C + D \quad (1)$$

$$\text{Simetri indeksi} = 2C - B - D \quad (2)$$

$$\text{Tekdüzelik indeksi} = B - D \quad (3)$$

### Tekstür Profil Analizi

Tekstür Profili Analizi (TPA), Brookfield CT3-4500 tekstür analiz cihazı (Brookfield Engineering Laboratories Inc., ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde 3.81 cm çapında silindirik prop kullanılmıştır. Test parametreleri: ön test hızı 1 mm/s, test hızı 1 mm/s ve sıkıştırma %50 olarak belirlenmiştir. Keklerin sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri belirlenmiştir (Sahan ve Ozgoren Capraz, 2024).

### Renk Analizi

Çalışma kapsamında kullanılan un çeşitlerinin renkleri ve üretilen glutensiz keklerin iç ve dış renkleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) HunterLab Mini Scan XE renk ölçüm cihazı (Reston, VA, ABD) ile ölçülmüştür. Kontrol örneğine kıyasla üretimi yapılan örneklerin renk farklılıklarının belirlenmesi amacıyla toplam renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) aşağıdaki eşitlikten (4) hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= L * \text{örnek} - L * \text{kontrol} \\ \Delta a &= a * \text{örnek} - a * \text{kontrol} \\ \Delta b &= b * \text{örnek} - b * \text{kontrol} \end{aligned}$$

Yamauchi (1989)' nin toplam renk değişim değerleri için yaptığı sınıflandırmaya göre;  $\Delta E > 12$  olan örnekler “başka bir renk grubu” kategorisinde yer alırken,  $\Delta E = 6.0-12.0$  olan örnekler “aynı renk grubundaki büyük farklılık” kategorisinde,  $\Delta E = 3.0-6.0$  olan örnekler “toplumun çoğu tarafından algılanabilir” kategorisinde,  $\Delta E = 1.5-3.0$  olan örnekler “eğitim almış panelistler tarafından saptanabilir” kategorisinde,  $\Delta E = 0.5-1.5$  olan örnekler “insan gözüyle fark edilmesi zor” kategorisinde,  $\Delta E = 0-0.5$  olan örnekler ise “iz miktardaki fark” kategorisinde yer almıştır.

### Duyusal Analiz

Duyusal analiz, gıdaların çeşitli özelliklerine dokunma, tatma, koklama, görme veya işitme duyularının tepkilerini oluşturan ve ölçen önemli bir disiplindir (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011). Duyusal analizde panelistler kekleri iç renk, dış renk, tekstür, koku, gözenek yapısı, lezzet ve genel beğeni açısından 7 puanlık hedonik skala (1: çok kötü, 7: çok iyi) kullanarak değerlendirmiştir. Panelist olarak Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği öğrencileri ve öğretim elemanları katılım sağlamıştır. Analiz 2 tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Analize 12 erkek ve 28 kadın olmak üzere toplamda 40 yarı eğitimli panelist katılmıştır. Her bir örnek tadımından sonra ağız tadının nötrlenmesi için su içilmesi istenmiştir (Al-

tuğ Onoğur ve Elmacı, 2011). Bunların yanında her bir glutensiz kek örneği için duyusal kabul edilebilirlik indeksi (DKI) aşağıdaki eşitlikten (5) hesaplanmıştır (Zarzycki ve ark., 2021):

$$DKI = \left(\frac{OP}{7}\right) * 100 \quad (5)$$

OP: Bir örnek için verilen genel beğeni puanlarının ortalaması

### İstatistiksel Analiz

Tüm sonuçlar SPSS 22.0 programı (IBM corp, Armonk, NY, ABD) kullanılarak Duncan çoklu karşılaştırma yöntemi ile  $\alpha = 0.05$  güven aralığında karşılaştırılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### Hammaddelere Ait Analiz Sonuçları

Üretimde kullanılan hammaddelerin (unların) bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Hammaddelerin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

**Table 2.** Some chemical and physical properties of raw materials

	PU	SPU	SNU
<b>Nem (%)</b>	9.74	11.45	10.15
<b>Protein (%)<sup>1</sup></b>	7.37	10.52	22.21
<b>Kül (%)<sup>1</sup></b>	0.58	0.93	2.98
<b>Yağ (%)<sup>1</sup></b>	0.48	2.96	4.78
<b>P (mg/kg)<sup>1</sup></b>	1350.43	2000.36	2812.15
<b>K (mg/kg)<sup>1</sup></b>	1460.24	2123.54	9143.23
<b>Ca (mg/kg)<sup>1</sup></b>	200.52	250.77	1700.17
<b>Mg (mg/kg)<sup>1</sup></b>	325.76	900.73	1429.65
<b>Fe (mg/kg)<sup>1</sup></b>	3.54	13.93	55.69
<b>TFM (mg GAE/100g)<sup>1</sup></b>	21.38	170.73	78.27
<b>AA (µmol TE/100g)<sup>1</sup></b>	6.36	52.99	17.72
<b>Renk Değerleri</b>			
<b><math>L^*</math></b>	91.19	73.80	77.30
<b><math>a^*</math></b>	-1.45	0.17	0.31
<b><math>b^*</math></b>	7.27	2.96	18.81

<sup>1</sup>Sonuçlar KM üzerinden verilmiştir. TFM: Toplam Fenolik Madde Miktarı, AA: Antioksidan Aktivite Değeri

TS 2639 Pirinç unu standardı (Anonim, 2018)'na göre; pirincin nem oranının en fazla %14, protein miktarının en az KM'de %6, kül miktarının ise en çok KM'de %0.7 olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan PU'nun, %9.74 nem miktarına, KM bazında %0.58 kül miktarına ve %7.37 protein miktarına sahip olduğu ve pirinç unu standardı ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Literatürde SPU'nun nem miktarının %10.64-13.01 arasında, protein miktarının %8.17-10.85 arasında, kül miktarının %1.16-1.80 arasında, yağ miktarının ise %2.15-3.41 arasında değiştiği bildirilmiştir (Dhull ve ark., 2021; Fatchiyah ve ark., 2020; Ito ve Lacerda, 2019; Maurya ve ark., 2022). Bu çalışmada kullanılan SPU'nun nem, protein, kül ve yağ miktarının sırasıyla %11.45, %10.52, %0.93 ve %2.96 olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan SPU'nun nem, protein, kül ve yağ miktarının literatür ile kısmen uyumlu olduğu saptanmıştır. Kimyasal bileşimindeki küçük farklılıkların çevre ve yetiştirme koşulları ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Yıldız, 2019).

SNU üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde nem miktarının %9.00-10.19 aralığında, kül miktarının %2.96-3.18 aralığında, protein miktarının ise %18.20-23.59 aralığında değiştiği belirlenmiştir (De Pasquale ve ark., 2021; Demirkesen-Bicak ve ark., 2018; Pasqualone ve ark., 2019; Summo ve ark., 2019). Bu çalışmada kullanılan SNU'nun %10.15 nem, %2.98 kül ve %22.21 protein içerdiği saptanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan siyah nohut unu (SNU)'nun nem, kül ve protein miktarlarının literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Mineral madde bileşimi çevresel ve genetik faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Topcu ve ark., 2014). SNU'nun, PU ve SPU'na kıyasla daha zengin mineral madde bileşimine sahip olduğu belirlenmiştir. SNU'nun P, K, Ca, Mg ve Fe miktarlarının SPU'na kıyasla sırasıyla 1.4, 4.3, 6.8, 1.6 ve 4.0 kat, PU'na kıyasla ise sırasıyla 2.1, 6.3, 8.5, 4.4 ve 15.7 kat fazla olduğu saptanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, PU'nun mineral madde bileşimi Çelik (2021)'in yaptığı çalışmada 2648.90 mg/kg P, 1750.62 mg/kg K, 946.41 mg/kg Ca, 769.63 mg/kg Mg, 38.03 mg/kg Fe olarak belirlenirken, Sahan ve Ozgoren Capraz (2024)'in yaptığı çalışmada P, K, Ca, Mg ve Fe miktarlarının sırasıyla 1339.9 mg/kg, 1357.9 mg/kg, 4.9 mg/kg, 322.3 mg/kg ve 3.4 mg/kg

olduğu rapor edilmiştir. Yapılan bir çalışmada 5 farklı siyah pirinç çeşidi incelenmiş ve Ca miktarlarının 60.70-347.82 mg/kg, Fe miktarlarının ise 21.35-30.30 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Nashrurrokhman ve ark., 2019). Shao ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada ise farklı siyah pirinç çeşitlerine ait mineral madde analizi sonucunda örneklerin 2105.50-2791.63 mg/kg K, 1204.63-1518.13 mg/kg Mg, 10.73-12.60 mg/kg Fe içerdikleri rapor edilmiştir. Yedi farklı bölgeden alınan siyah nohutların mineral madde bileşimi ise Toğay ve ark. (2019) tarafından araştırılmış ve P, K, Ca ve Fe miktarlarının sırasıyla 2800-4300 mg/kg, 9700-12500 mg/kg, 2800-5800 mg/kg ve 40.67-73.20 mg/kg arasında değiştiği rapor edilmiştir.

Gıdalarda doğal olarak bulunan fenolik bileşiklerin sağlık faydaları arasında AA'lerinin yüksek olması da yer almaktadır. Bu tür bileşikler, serbest radikallerin canlı hücrelerde neden olduğu oksidasyon süreçlerini engelleyerek veya yavaşlatarak, oksidatif stresle ilişkili çeşitli rahatsızlıklara karşı korunmaya yardımcı olmaktadır (Sahan ve Ozgoren Capraz, 2024). Yapılan çalışmada TFM miktarı glutensiz ürün formülasyonlarında sıklıkla kullanılan PU'nda 21.38 mg GAE/100g KM olarak belirlenirken, SPU'nda 170.73 mg GAE/100 g KM, SNU'nda 78.27 mg GAE/100g KM olarak belirlenmiştir. Literatürdeki daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, PU'nun TFM miktarı Sahan ve Ozgoren Capraz (2024)'in çalışmasında 23.96 mg GAE/100 g KM, Çelik (2021)'in çalışmasında 16.25 mg GAE/100 g KM olarak belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada PU'nun TFM miktarı 45.29 mg GAE/100g KM olarak belirlenirken, SPU'nun TFM miktarının 49.99-201.99 mg GAE/100g KM arasında değiştiği rapor edilmiştir (Hanifa ve ark., 2020). Yaver (2022)'in yaptığı çalışmada SNU'nun TFM miktarı 57 mg GAE/100g KM olarak belirlenirken, Köse ve ark. (2022)'nin yaptığı çalışmada 105.01 mg GAE/100g KM olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan unların TFM miktarlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında üretilen glutensiz keklerin formülasyonlarında kullanılan unların AA değerleri de incelenmiştir. AA değerlerinin PU'na kıyasla, SPU'nda yaklaşık 8 kat, SNU'nda ise yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu bulunmuştur. Siyah pirincin yüksek polifenol içeriği nedeniyle beyaz pirince kıyasla oldukça yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu literatürde de yer almaktadır (Ali ve ark., 2023). Pirinç

çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek antioksidan aktivite değerine siyah pirinç çeşitlerinin (0.53-1.65 mg GAE/g) sahip olduğu, en düşük değere ise beyaz pirinç çeşitlerinin (0.06-0.14 mg GAE/g) sahip olduğu rapor edilmiştir (Colombo ve ark., 2023). Aynı şekilde siyah nohutun özellikle renkli kabuk kısmının içerdiği fenolik bileşenler sayesinde yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu yapılan bir çalışmada bildirilmiştir (Costantin, 2021).

Glutensiz keklerin üretiminde kullanılan unlar renk özellikleri bakımından incelenmiştir. Renk parametrelerinden biri olan  $L^*$  değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişim göstermekte ve açıklık koyuluğu ifade etmektedir.  $a^*$  değeri kırmızılığı ( $+a^*$ ) ve yeşilliği ( $-a^*$ ) gösterirken,  $b^*$  değeri sarılığı ( $+b^*$ ) ve maviliği ( $-b^*$ ) göstermektedir (Pal ve ark., 2019).  $L^*$  değeri en düşük örneğin SPU olduğu, en yüksek örneğin ise PU olduğu belirlenmiştir. En yüksek  $+a^*$  değerine SNU'nun sahip olduğu, onu SPU'nun takip ettiği belirlenmiştir. PU'nun  $a^*$  değeri ise -1.45 olarak bulunmuştur. En yüksek  $b^*$  değeri SNU'nda belirlenirken onu sırasıyla PU ve SPU'nun takip ettiği saptanmıştır.

### Glutensiz Kek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında üretimi gerçekleştirilen kek örneklerinin bazı kimyasal özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Örneklerin nem miktarlarının %20.12 ile %22.53 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. SNU kullanılarak üretilen örneklerin (PU+SNU ile SPU+SNU) diğerlerine (Kontrol ile

PU+SPU) kıyasla daha yüksek ( $p<0.05$ ) protein ve kül miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun SNU'nun zengin protein ve mineral içeriğinden (Tablo 2) kaynaklandığı düşünülmektedir. Kek örneklerinin yağ miktarları ise istatistiksel olarak benzer ( $p>0.05$ ) bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada SNU kullanılarak glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Bisküvi formülasyonuna SNU ilave edilmesi ile örneklerin protein ve kül miktarının önemli derecede arttığı rapor edilmiştir (Çubuk ve Özgören, 2023).

TFM miktarı en yüksek olan örneğin SPU+SNU olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneği ile kıyaslandığında sadece SPU ilave edilmiş olan PU+SPU örneğinin %62.8 oranında, sadece SNU ilave edilmiş olan PU+SNU örneğinin ise %37.3 oranında fazla TFM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. SPU+SNU örneğinin ise kontrol örneğine kıyasla %110.7 oranında fazla TFM miktarına sahip olduğu saptanmıştır. AA değerleri bakımından da en yüksek değere SPU+SNU örneğinin sahip olduğu, bu örneği sırasıyla PU+SPU, PU+SNU ve kontrol örneğinin takip ettiği görülmüştür. Croitoru ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada, buğday ununa %0, %50 ve %100 oranlarında SPU ikame edilerek kek üretimi gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri tamamen buğday unuyla üretilen kontrol örneğine kıyasla, %50 oranında SPU kullanılarak üretilen kek örneğinde sırasıyla yaklaşık 2.6 ve 3.6 kat, %100 oranında SPU kullanılarak üretilen kek örneğinde ise sırasıyla 3.5 ve 4.4 kat artış gösterdiği rapor edilmiştir.

**Tablo 3.** Kek örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

**Table 3.** Some chemical properties of cake samples

	Kontrol	PU+SPU	PU+SNU	SPU+SNU
Nem (%)	21.64±0.37 <sup>a</sup>	20.12±0.57 <sup>b</sup>	21.45±0.44 <sup>ab</sup>	22.53±0.58 <sup>a</sup>
Protein (%)*	10.72±0.16 <sup>b</sup>	10.79±1.04 <sup>b</sup>	14.26±0.92 <sup>a</sup>	14.82±0.68 <sup>a</sup>
Kül (%)*	2.01±0.04 <sup>c</sup>	2.14±0.06 <sup>c</sup>	2.44±0.06 <sup>b</sup>	2.62±0.04 <sup>a</sup>
Yağ (%)*	32.61±0.86 <sup>a</sup>	29.40±2.11 <sup>a</sup>	30.64±2.23 <sup>a</sup>	32.67±1.47 <sup>a</sup>
TFM (mg GAE/100g)*	70.05±5.12 <sup>d</sup>	114.05±4.42 <sup>b</sup>	96.18±0.42 <sup>c</sup>	147.63±2.38 <sup>a</sup>
AA (µmol TE/100g)*	6.95±1.01 <sup>d</sup>	15.14±1.87 <sup>b</sup>	9.98±1.69 <sup>c</sup>	21.09±0.99 <sup>a</sup>

\*Sonuçlar KM üzerinden verilmiştir.

Aynı satırdaki farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).



Mineral maddelerin, kemik ve dişlerin gelişimi üzerinde etkili olmaları, hücrelerin işlevlerini yerine getirmesi için gerekli olmaları ve hücre içi ve dışı sıvılarının dengede tutulmasında görev almaları gibi önemli işlevleri vardır (Topcu ve ark., 2014). Glutensiz kek örneklerinin mineral madde kompozisyonları Tablo 4’de gösterilmiştir. Analiz edilen tüm mineral maddeler (P, K, Ca, Mg, Fe) bakımından SPU+SNU örneğinin en zengin örnek olduğu belirlenirken, tüm örnekler içerisinde en fakir mineral madde bileşimi kontrol örneğinde tespit edilmiştir. SPU+SNU örneği kontrol örneği ile kıyaslandığında P, K, Ca, Mg ve Fe miktarlarında sırası ile yaklaşık %16, %176, %108, %162 ve %83 oranında artışların meydana geldiği saptanmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde de bu çalışma ile benzer şekilde mineral madde bakımından zengin kaynaklarının kullanımı ile üretilen kek örneklerinde hammaddenin mineral madde içeriğiyle benzer şekilde değişimler meydana geldiği

gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada pirinç ununun %45 oranında bamyaya tohumunu ile ikame edildiği glutensiz kek örneklerinde tamamen pirinç unu kullanılarak üretilen kontrol örneklerine kıyasla P, K, Ca, Mg ve Fe miktarlarının sırasıyla yaklaşık 1.4, 3.0, 3.5, 5.9 ve 7.1 kat artış gösterdiği bildirilmiştir (Sahan ve Ozgoren Capraz, 2024).

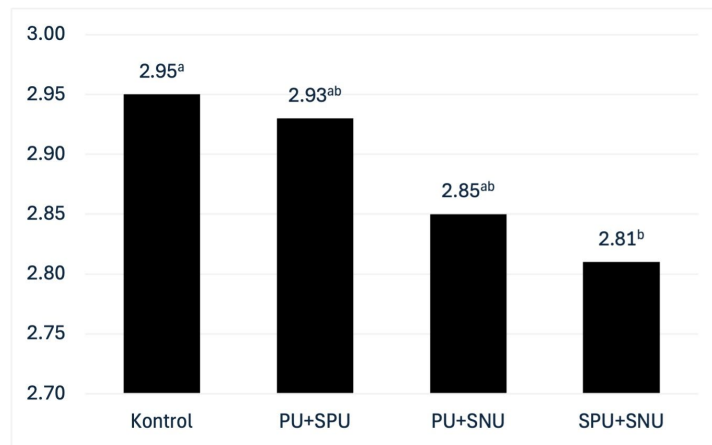
Spesifik hacim, birim kütlenin hacmi olarak tanımlanmaktadır. Kek örneklerinin spesifik hacim değerleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen kek örneklerinin spesifik hacim değerlerinin 2.95 (kontrol) ile 2.81 (SPU+SNU)  $\text{cm}^3/\text{g}$  aralığında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada glutensiz kek üretiminde karpuz kabuğu tozu kullanılması ile spesifik hacmin azaldığı rapor edilmiştir. Bu durum, karpuz kabuğu tozunda fazla miktarda bulunan diyet lifinin, kek miksinde su tutmayı fazlaştıran miksin yoğunluğunu arttırması ile ilişkilendirmiştir. Keklerde ideal kıvamın üzerine çıkılmasının kabarmayı olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Çelik, 2021).

**Tablo 4.** Kek örneklerinin mineral madde kompozisyonları (mg/kg)

**Table 4.** Mineral matter composition of cake samples (mg/kg)

Mineral Maddeler	Örnekler			
	Kontrol	PU+SPU	PU+SNU	SPU+SNU
<b>P</b>	2885.17±20.97 <sup>c</sup>	3012.27±17.35 <sup>b</sup>	3111.97±16.92 <sup>b</sup>	3346.16±65.28 <sup>a</sup>
<b>K</b>	983.62±23.17 <sup>d</sup>	1311.72±16.57 <sup>c</sup>	2492.68±10.36 <sup>b</sup>	2717.12±24.20 <sup>a</sup>
<b>Ca</b>	297.08±4.14 <sup>c</sup>	486.72±18.79 <sup>b</sup>	596.78±4.55 <sup>a</sup>	621.83±30.87 <sup>a</sup>
<b>Mg</b>	197.17±4.00 <sup>d</sup>	291.62±11.86 <sup>c</sup>	416.27±23.01 <sup>b</sup>	516.17±22.87 <sup>a</sup>
<b>Fe</b>	13.67±0.59 <sup>c</sup>	18.04±1.14 <sup>b</sup>	19.95±0.55 <sup>b</sup>	25.01±0.48 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).



Farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ ).

**Şekil 3.** Kek örneklerinin spesifik hacim değerleri ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )

**Figure 3.** Specific volume values of cake samples ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )



İyi kalitedeki keklerin hacimli, simetrik ve tekdüze bir yapı sergilemesi gerektiği bildirilmiştir (Çelik, 2021). Glutensiz kek örneklerinin hacim indeksi, simetri indeksi ve tekdüzelik indeksi Tablo 5’de gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen kek örneklerinin hacim indeksi değerlerinin 108.67 ile 84.50 arasında değiştiği saptanmıştır. Sadece pirinç unu kullanılarak üretilen kontrol kek örneğinin en yüksek, SPU+SNU örneğinin ise en düşük hacim indeksi değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Simetri indeksi, keklerin yüzey profillerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu değer düşük olması kek yüzeyinin düz bir yapıda, yüksek olması ise yüzeyin daha bombeli bir yapıda olduğunu göstermektedir (Dizlek ve Altan, 2013). Kek formülasyonlarına SNU ilave edilmesi ile örneklerin simetri indekslerinde önemli seviyede azalma meydana geldiği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Tekdüzelik indeksi keklerin yanal simetrisini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Celik ve ark., 2013). Keklerde arzu edilen tekdüzelik indeksinin 0 olduğu bildirilmiştir. Ör-

neklerin tekdüzelik indeksi değerlerinin -0.67 ile 0.33 arasında değiştiği ancak istatistiksel olarak benzer olduğu bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Üretilen kek örneklerinin tekstür analiz sonuçları Tablo 6 ‘da gösterilmiştir. Kontrol örneği ile kıyaslandığında sertlik değerinin SPU+SNU örneğinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Yapışkanlık değeri en yüksek kontrol örneğinde, en düşük SPU+SNU örneğinde tespit edilmiştir. Elastikiyet değerleri en yüksek olan örneklerin kontrol ve PU+SPU örneğinin olduğu, en düşük ise SPU+SNU örneğinin olduğu saptanmıştır. Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ise tüm örnekler için benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Çalışmada kullanılan pirinç unu kepeksiz un olarak, SPU ve SNU ise kavuzları ve kabukları ile birlikte tüm tanenin öğütülmesi ile elde edilmiştir. Bunun sonucu olarak SPU ve SNU’nun lif içeriğinin pirinç ununa kıyasla daha yüksek olduğu ve bu nedenle de kek örneklerinin sertlik değerinde artışa, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinde ise azalmaya neden olduğu düşünülmüştür. Yapılan çalışmalarda da artan lif içeriği ile birlikte glutensiz kek örneklerinin sertlik değerlerinin arttığı, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinin ise azaldığı bildirilmiştir (Kırbaş ve ark., 2019).

**Tablo 5.** Hacim, Simetri ve Tekdüzelik İndeksleri

**Table 5.** Volume, Symmetry and Uniformity Indexes

Kek Örneği	Hacim indeksi	Simetri indeksi	Tekdüzelik indeksi
Kontrol	108.67±2.08 <sup>a</sup>	7.33±1.53 <sup>a</sup>	-0.67±0.58 <sup>a</sup>
PU+SPU	103.67±1.53 <sup>b</sup>	7.83±1.04 <sup>a</sup>	0.17±1.44 <sup>a</sup>
PU+SNU	96.00±2.65 <sup>c</sup>	5.00±1.00 <sup>b</sup>	0.33±0.58 <sup>a</sup>
SPU+SNU	84.50±2.18 <sup>d</sup>	4.50±0.50 <sup>b</sup>	0.17±1.26 <sup>a</sup>

Aynı sütündeki farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

**Tablo 6.** Kek örneklerinin tekstürel özellikleri

**Table 6.** Textural properties of cake samples

Parametreler	Kontrol	PU+SPU	PU+SNU	SPU+SNU
Sertlik	2396.88±326.86 <sup>b</sup>	2579.19±145.40 <sup>ab</sup>	2929.25±318.55 <sup>ab</sup>	3362.62±356.92 <sup>a</sup>
Yapışkanlık	0.61±0.01 <sup>a</sup>	0.59±0.01 <sup>ab</sup>	0.57±0.07 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>c</sup>
Elastikiyet	6.68±0.24 <sup>a</sup>	6.64±0.04 <sup>ab</sup>	6.34±0.17 <sup>ab</sup>	6.20±0.14 <sup>b</sup>
Sakızimsılık	1539.63±276.17 <sup>a</sup>	1669.44±78.05 <sup>a</sup>	1814.45±153.51 <sup>a</sup>	1667.92±72.43 <sup>a</sup>
Çiğnenebilirlik	104.12±14.40 <sup>a</sup>	110.29±4.62 <sup>a</sup>	112.79±6.69 <sup>a</sup>	99.41±4.37 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).

Yapılan bir çalışmada siyah pirinç unu buğday ununa ikame edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Siyah pirinç unu ikame edilmesi ile örneklerin sertlik ve çignenebilirlik değerleri artarken, yapışkanlık değerleri azalmış, elastikiyet değerlerinde ise bir değişim meydana gelmemiştir (Pasqualone ve ark., 2019).

Renk tüketici tercihini etkileyen önemli kalite kriterlerinden biridir. Kek örneklerinin iç rengi içerdiği bileşenlerin renkleri ile ilişkilidir. Dış rengi ise pişirme sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonlarının ve karamelizasyonun etkisi ile oluşmaktadır (Çelik, 2021).

Kek örneklerinin iç renk değerleri incelendiğinde kontrol örneğinin en yüksek  $L^*$  değerine diğer bir deyişle en açık renge sahip olduğu ve en yüksek  $b^*$  değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. SPU ilave edilmiş örneklerin en koyu renge, en yüksek  $a^*$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Kek örneklerinin dış renk değerleri incelendiğinde en yüksek  $L^*$  değeri iç renk değerlerinde olduğu gibi kontrol örneğinde tespit edilmiştir. SPU'nun baskın koyu rengi ilave edildiği kek örneklerinin de renklerinin koyu olmasına neden olmuştur. En düşük  $L^*$  değeri SPU ilave edilen örneklerde tespit edilmiştir. En yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kontrol örneğinde

tespit edilirken, en düşük  $a^*$  değeri SPU ilave edilen örneklerde, en düşük  $b^*$  değeri ise PU+SPU örneğinde tespit edilmiştir.

$\Delta E$  değeri kontrol örneğine kıyasla örneklerin toplam renk farklılıklarını göstermektedir. Hem iç renk değerleri hem de dış renk değerleri için hesaplanan  $\Delta E$  değerlerinin tüm örnekler için 12'den büyük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle tüm örneklerin "başka bir renk grubu" şeklinde tanımlanan gruba girdiği saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada bisküvi üretiminde buğday ununa siyah nohutunun ikame edilmesi ile  $L^*$  değerinin azaldığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerinin arttığı rapor edilmiştir. Bu değişimin kullanılan buğday unu ve siyah nohutunun rengi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Çubuk ve Özgören, 2023).

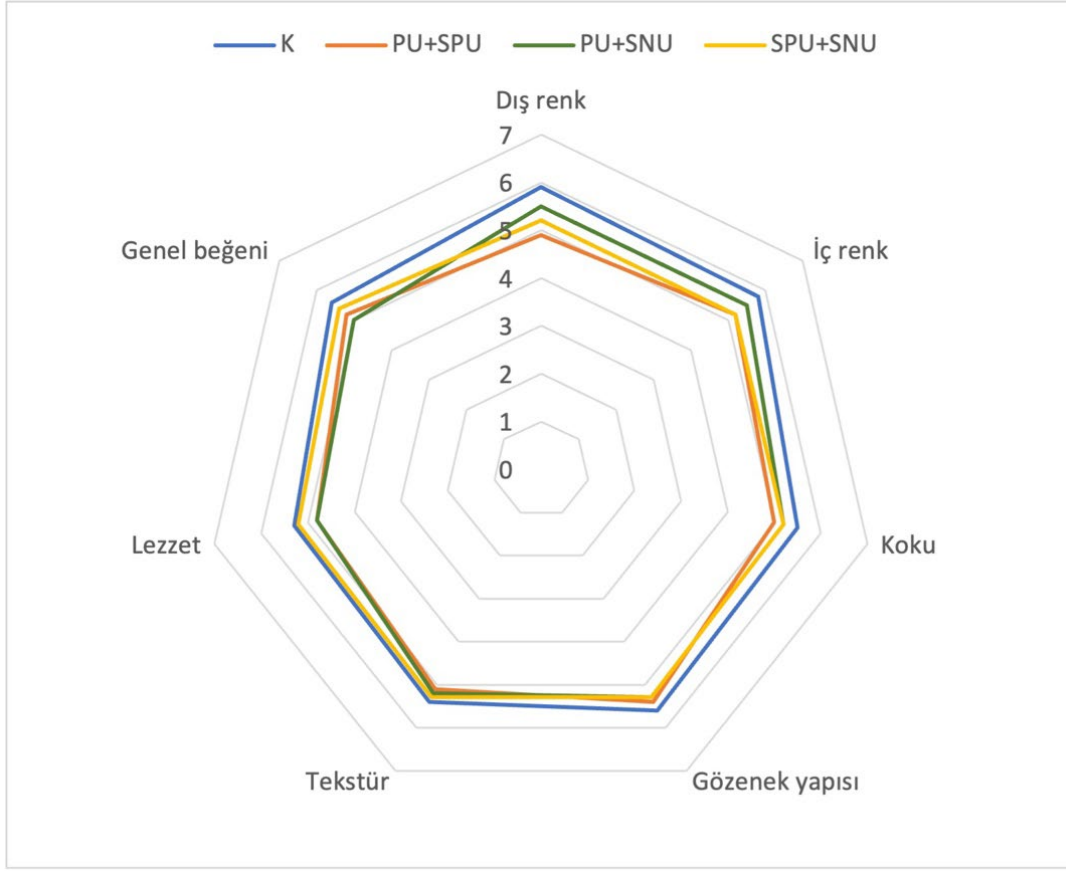
Üretilen kek örneklerinin duyu analizi sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. Duyusal analizde koku, gözenek yapısı, tekstür ve lezzet parametreleri açısından tüm örneklerin benzer puanlar aldıkları belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). İç renk ve dış renk puanları en yüksek olan örneğin kontrol örneği olduğu ve ikinci en yüksek puanı alan PU+SNU örneği ile istatistiksel olarak benzer olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Örnekler genel beğeni parametresi açısından incelendiğinde kontrol, PU+SPU, PU+SNU ve SPU+SNU örneklerinin sırasıyla 5.6, 5.2, 5.0 ve 5.4 puan aldıkları belirlenmiştir.

**Tablo 7.** Kek örneklerinin iç ve dış renk değerleri

**Table 7.** Crumb and crust color values of cake samples

		Kontrol	PU+SPU	PU+SNU	SPU+SNU
<b>İç Renk Değerleri</b>	$L^*$	71.10±1.48 <sup>a</sup>	30.83±1.65 <sup>c</sup>	46.21±0.49 <sup>b</sup>	28.45±1.87 <sup>c</sup>
	$a^*$	3.46±0.19 <sup>b</sup>	5.69±0.28 <sup>a</sup>	2.30±0.06 <sup>c</sup>	5.53±0.09 <sup>a</sup>
	$b^*$	31.59±0.07 <sup>a</sup>	7.60±0.34 <sup>d</sup>	21.34±0.12 <sup>b</sup>	8.91±0.52 <sup>c</sup>
	$\Delta E$		46.93±2.02 <sup>a</sup>	26.95±1.46 <sup>b</sup>	48.35±0.75 <sup>a</sup>
<b>Dış Renk Değerleri</b>	$L^*$	66.46±1.03 <sup>a</sup>	41.22±0.52 <sup>c</sup>	57.36±1.02 <sup>b</sup>	39.14±1.92 <sup>c</sup>
	$a^*$	17.40±0.38 <sup>a</sup>	9.11±0.75 <sup>c</sup>	11.49±0.78 <sup>b</sup>	9.50±0.11 <sup>c</sup>
	$b^*$	45.66±0.47 <sup>a</sup>	16.55±0.98 <sup>d</sup>	35.13±0.81 <sup>b</sup>	19.54±1.16 <sup>c</sup>
	$\Delta E$		39.43±1.39 <sup>a</sup>	15.21±1.30 <sup>b</sup>	38.63±2.84 <sup>a</sup>

Aynı satırdaki farklı harfler (<sup>a,b,...</sup>) istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ).



**Şekil 4.** Kek örneklerinin duysal özellikleri

**Figure 4.** Sensory properties of cake samples

Bedier ve ark. (2020)'nın yaptığı çalışmada noodle üretiminde buğday ununa %5, %10, %15 ve %20 oranlarında siyah pirinç unu ikame edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre tat, koku ve tekstür özelliklerinde %10 oranında siyah pirinç unu ikame edilmiş örnek ile kontrol örneğinin benzer puanlar aldıkları belirlenmiştir. %10 oranına kadar siyah pirinç unu ikamesinin noodle örneği için kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Diğer önemli bir parametre olan duysal kabul edilebilirlik indeksinin %70'den fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Zarzycki ve ark., 2021). Kontrol, PU+SPU, PU+SNU ve SPU+SNU örneklerinin duysal kabul edilebilirlik indekslerinin sırasıyla %80, %74, %71 ve %77 olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerin duysal açıdan kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

## Sonuç

Glutensiz ürünlerin zayıf gıda bileşimine sahip olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada siyah pirinç unu (SPU) ve siyah nohut unu (SNU) kullanılarak gıda bileşimi bakımından zengin, tüketiciler tarafından kabul gören glutensiz kek formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında beyaz pirinç ununa (PU) %50 oranında SPU ikame edilmesi ile PU+SPU örneği, PU'na %50 oranında SNU ikame edilmesi ile PU+SNU örneği, %50 SPU ve %50 SNU kullanılarak SPU+SNU örneği üretilmiştir. Ayrıca kontrol grubu olarak %100 PU kullanılarak üretilen örnek seçilmiştir. SNU kullanılarak üretilen örneklerin (PU+SNU ile SPU+SNU) protein ve kül bakımından zengin oldukları belirlenirken, SPU kullanılarak üretilen örneklerin (PU+SPU ile SPU+SNU) fenolik

bileşenlerce zengin oldukları ve önemli bir antioksidan kaynağı oldukları belirlenmiştir. Mineral madde bakımından en zengin örneğin SPU+SNU olduğu saptanmıştır. Tekstürel sertlik değeri en düşük kontrol örneğinde, en yüksek SPU+SNU örneğinde tespit edilmiştir. Duyusal kabul edilebilirlik indeksi en yüksek örneğin kontrol örneği (%80) olduğu onu sırasıyla SPU+SNU (%77), PU+SPU (%74) ve PU+SNU (%71) örneklerinin takip ettiği belirlenmiştir. Tüm glutensiz kek örneklerinin duyusal kabul edilebilirlik indeksleri %70'in üzerinde olduğu için duyusal açıdan kabul edilebilir oldukları belirlenmiştir.

Araştırmanın bulguları SPU ve SNU'nun glutensiz ürünlerde kullanımının önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı glutensiz ürünlerde SPU ve SNU'nun kullanımı üzerine odaklanılabilir. Ayrıca zenginleştirilmiş ürünlerin sağlık üzerine faydalarının daha iyi anlaşılması adına biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımı da gelecekte yapılacak olan çalışmalar için önemli bir araştırma konusu olabilir.

#### Etik Standartlar ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar, bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

**Veri erişilebilirliği:** Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

**Finansal destek:** -

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** -

#### Kaynaklar

**AACC (2000).** Approved methods of the Analysis (Method 10-91). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

**Ali, A., Nongpiur, R.C., Chrungoo, N.K. (2023).** An efficient Agrobacterium-mediated transformation and regeneration protocol for aromatic black rice, *Oryza sativa* L. (cv. Chakhao Poireiton and Chakhao Amubi). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 152(3), 619-633.

<https://doi.org/10.1007/s11240-022-02435-w>

**Altuğ Onoğur, T., Elmacı, Y. (2011).** Gıdalarda duyusal değerlendirme. Sidaş Medya, İzmir. ISBN: 978-9944-5660-8-7

**Anonim (2018).** TS 2639 Pirinç unu standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

**AOAC (1990).** Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

**Bedier, D., Salem, R., Almashad, A., Barakat, E. (2020).** Quality characteristics of noodles containing various levels of black rice flour. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 11(5), 141-146.

<https://doi.org/10.21608/jfds.2020.106997>

**Boss, C.B., Fredeen, K.J. (2004).** Concepts, instrumentation and techniques in inductively coupled plasma optical emission spectrometry (3rd ed.). Perkin Elmer Inc. USA.

**Çelik, C. (2021).** Karpuz kabuğu tozunun glutensiz kekte kullanım potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

**Celik, I., Isik, F., Gursoy, O., Yilmaz, Y. (2013).** Use of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers as a natural source of inulin in cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 483-488.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00667.x>

**Colombo, F., Cappa, C., Bani, C., Magni, M., Biella, S., Restani, P., Di Lorenzo, C. (2023).** Characterization of color, phenolic profile, and antioxidant activity of Italian pigmented rice varieties after different technological treatments. *Food Bioscience*, 53, 102674.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102674>

**Costantini, M., Summo, C., Faccia, M., Caponio, F., Pasqualone, A. (2021).** Kabuli and apulian black chickpea milling by-products as innovative ingredients to provide high levels of dietary fibre and bioactive compounds in gluten-free fresh pasta. *Molecules*, 26(15), 4442.

<https://doi.org/10.3390/molecules26154442>

**Croitoru, C., Muresan, C., Turturica, M., Stanciuc, N., Andronoiu, D.G., Dumitrajescu, L., Barbu, V., Enachi (Ionita), E., Horincar (Parfene), G., Rapeanu, G. (2018).** Improvement of quality properties and shelf life stability of new formulated muffins based on black rice. *Molecules*, 23(11), 3047.

<https://doi.org/10.3390/molecules23113047>

**Çubuk, B., Özgören, E. (2023).** Glutensiz Bisküvi Üretiminde Siyah Nohut Ununun Kullanımının Araştırılması. 6. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, Aydın. p. 50–60.

**De Pasquale, I., Verni, M., Verardo, V., Gómez-Caravaca, A. M., Rizzello, C.G. (2021).** Nutritional and functional advantages of the use of fermented black chickpea flour for semolina-pasta fortification. *Foods*, 10(1), 182. <https://doi.org/10.3390/foods10010182>

**Demirkesen-Bicak, H., Tacer-Caba, Z., Nilufer-Erdil, D. (2018).** Pullulanase treatments to increase resistant starch content of black chickpea (*Cicer arietinum* L.) starch and the effects on starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 505-513. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.026>

**Dhull, S.B., Punia, S., Kumar, M., Singh, S., Singh, P. (2021).** Effect of Different Modifications (Physical and Chemical) on Morphological, Pasting, and Rheological Properties of Black Rice (*Oryza sativa* L. Indica) Starch: A Comparative Study. *Starch/Staerke*, 73, 2000098. <https://doi.org/10.1002/star.202000098>

**Dizlek, H., Altan, A. (2013).** Pişirme öncesinde hamurun kısa süre bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkisi. *GIDA*, 38(1), 31–38.

**Fatchiyah, F., Sari, D.R.T., Safitri, A., Cairns, J.R.K. (2020).** Phytochemical compound and nutritional value in black rice from Java Island, Indonesia. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(7), 414-421.

**Hanifa, A.P., Millner, J.P., Mc Gill, C.R.M., Sjahril, R. (2020).** Total anthocyanin, flavonoid and phenolic content of pigmented rice landraces from South Sulawesi. 247th ECS Meeting, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 484, 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012036>

**Ito, V.C., Lacerda, L.G. (2019).** Black rice (*Oryza sativa* L.): A review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. *Food Chemistry*, 301, 125304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125304>

**Kırbaş, Z., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2019).** Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 914-926.

<https://doi.org/10.1007/s13197-018-03554-z>

**Kose, B. E., Tacer-Caba, Z., Nilufer-Erdil, D. (2022).** Simulated Digestion of the Pigmented Legumes' (Black Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Brown Lentil (*Lens culinaris* Medikus) Phenolics to Estimate Their Bioavailability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(4), 584-590. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-01006-w>

**Kushwaha, U. K. S. (2016a).** Black Rice Applications. In *Black Rice Research, History and Development*. Springer International Publishing, Cham. pp.105-113. ISBN: 978-3-319-30152-5. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30153-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30153-2_7)

**Kushwaha, U. K. S. (2016b).** Nutrition Profiles of Black Rice. In *Black Rice Research, History and Development*. Springer International Publishing, Cham. pp.55-84. ISBN: 978-3-319-30152-5. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30153-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30153-2_4)

**Maurya, N.K., Yadav, L., Chaudhary, S. (2022).** Nutritional Potentials of Black Rice. *Research & Reviews: Journal of Food Science & Technology*, 11(3), 27–35.

**Nashrurrokhman, M., Sayekti, P.R., Safitri, A.Y.U., Purwestri, Y.A., Pratiwi, R. (2019).** Macronutrient and mineral contents of five local black rice (*Oryza sativa*) cultivars in Indonesia. *Biodiversitas*, 20 (12), 3647-3653. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201225>

**Özgören Çapraz, E. (2023).** Koyu Renkli Yiyecekler: Siyah Yiyecekler. In *Gastronomik Akımlar II*; Türk Aslan, S., Ed.; İksad Yayınevi: Ankara, pp.143-162. ISBN: 978-625-367-361-1.

**Ozgoren, E., Isik, F., Yapar, A. (2019).** Effect of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) supplementation on chemical and nutritional properties of crackers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 2812-2821. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00201-9>

**Pal, S., Bagchi, T. B., Dhali, K., Kar, A., Sanghamitra, P., Sarkar, S., Samaddar, M., Majumder, J. (2019).** Evaluation of sensory, physicochemical properties and Consumer

preference of black rice and their products. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1484-1494.

<https://doi.org/10.1007/s13197-019-03634-8>

**Pasqualone, A., De Angelis, D., Squeo, G., Difonzo, G., Caponio, F., Summo, C. (2019).** The effect of the addition of apulian black chickpea flour on the nutritional and qualitative properties of durum wheat-based bakery products. *Foods*, 8(10), 504.

<https://doi.org/10.3390/foods8100504>

**Sahan, A., Ozgoren Capraz, E. (2024).** The Effect of Okra Seed (*Abelmoschus esculentus*) Powder Supplementation on Nutritional, Textural, Microstructural, and Sensory Properties of Gluten-Free Muffins. *Journal of Food Quality*, 2024, 9423583.

<https://doi.org/10.1155/2024/9423583>

**Shao, Y., Hu, Z., Yu, Y., Mou, R., Zhu, Z., Beta, T. (2018).** Phenolic acids, anthocyanins, proanthocyanidins, antioxidant activity, minerals and their correlations in non-pigmented, red, and black rice. *Food Chemistry*, 239, 733-741.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.009>

**Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.

[https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

**Summo, C., De Angelis, D., Rochette, I., Mouquet-Rivier, C., Pasqualone, A. (2019).** Influence of the preparation process on the chemical composition and nutritional value of canned purée of kabuli and Apulian black chickpeas. *Heliyon*, 5(3), e01361.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01361>

**Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H. (2006).** Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant

activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6), 669–675.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>

**Toğay, Y., Toğay, N., Çiğ, F., Akkoç, G. (2019).** Determination of some quality criteria and nutrient contents of local black chickpea genotypes growth in different locations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(5), 10575-10585.

[https://doi.org/10.15666/aecer/1705\\_1057510585](https://doi.org/10.15666/aecer/1705_1057510585)

**Topcu, A., Saldamlı, İ., Sağlam, F. (2014).** Vitaminler ve Mineraller. In *Gıda Kimyası*; Saldamlı, İ., Ed.; Hacettepe Üniversitesi Yayınları: Ankara. pp. 411–478. ISBN:978-975-491-385-9.

**Yamauchi, J. (1989).** Handbook of color science. Japanese Academy of Color Science. Tokyo: Japanese Academy of Color Science, Tokyo.

**Yaver, E. (2022).** Nutritional and textural properties and antioxidant activity of breads prepared from immature, mature, germinated, fermented and black chickpea flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7164-7171.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.12082>

**Yıldırım, E. (2020).** Çölyak Hastalığı ve Glutensiz Besleme. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 175-187.

<https://doi.org/10.51123/jgehes.2020.8>

**Yıldız, E. (2019).** Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevya kullanımı. Doktora Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Zarzycki, P., Teterycz, D., Wirkijowska, A., Kozłowicz, K., Stasiak, D. M. (2021).** Use of moldavian dragonhead seeds residue for pasta production. *LWT*, 143, 111099.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111099>