



Kenevir Tohumu Unu İkamesinin Glutensiz Muffinlerin Fiziksel ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi

Effect of Hemp Seed Flour Substitution on Physical and Sensory Properties of Gluten-Free Muffins

Mukarrem Kırşanu^{1*}, Fundagül Erem¹, Emine Yılmaz Can²

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, kompozit glutensiz un (pirinç unu ve hindistan cevizi unu) ile yapılan muffinlerin fiziksel, tekstürel, renk ve duyuşal özellikleri üzerine farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30) kenevir tohumu unu (KTU) ikamesinin etkisi araştırılmıştır. Kompozit un bileşimindeki hindistan cevizi unu oranı (%20) tüm formülasyonlarda sabit tutulurken, pirinç unu belirtilen oranlarda KTU ile ikame edilmiştir. KTU'nun ikame oranı arttıkça muffinlerin hacim ve spesifik hacim değerleri artmıştır ($p < 0.05$). Tekstürel özellikler değerlendirildiğinde, ikame oranına bağlı olmakla birlikte KTU ilavesinin muffinlerin sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerlerini azalttığı, yüzey yapışkanlığı değerini ise artırdığı bulunmuştur ($p < 0.05$). Sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin azalması ürünleri daha yumuşak ve daha kolay çiğnenip yutulabilir hale getirmiştir. KTU ikamesi muffinlerin dış yüzeyinde L^* , a^* , b^* değerlerini önemli seviyede azaltırken ($p < 0.05$); iç kısımlarında sadece L^* ve b^* değerlerini azaltmış ($p < 0.05$), a^* değerini istatistiksel olarak değiştirmemiştir. KTU oranının artması dış renkte ΔE^* değerini istatistiksel olarak etkilememiştir. İç renk için hesaplanan ΔE^* değerleri açısından örnekler arasında anlamlı ($p < 0.05$) farklılıklar tespit edilmiş, KTU oranı arttıkça ΔE^* değeri de artmıştır. Duyusal olarak dış görünüş ve iç renk parametreleri açısından örnekler arasında farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Dış görünüş açısından kontrol ve %10 KTU içeren muffinler daha yüksek puan almıştır ($p < 0.05$). KTU ikamesi iç rengin beğenilirliğini de azaltmış ancak istatistiksel olarak belirgin değişim %30 KTU içeren örneklerde görülmüştür. Tat, koku, yumuşaklık, nemlilik, yutulabilirlik ve genel beğeni parametreleri için örnekler arasında istatistiksel fark olmaması KTU'nun potansiyel bir muffin bileşeni olabileceğini göstermiştir. Tüm örnekler için duyuşal analiz puanları ortalamanın üstünde olmakla birlikte, genel beğeni açısından %10 KTU içeren muffinler en yüksek puanı almıştır.

Anahtar Kelimeler: *Cannabis sativa* L., fırıncılık ürünü, kompozit un, renk, tekstür.

Abstract

This study investigated the impact of substituting hemp seed flour (HSF) at varying levels (0%, 10%, 20%, 30%) on the physical, textural, color, and sensory characteristics of muffins made with a composite gluten-free flour (rice flour and coconut flour). The proportion of coconut flour in the composite flour blend (20%) remained consistent across all formulations, while rice flour was replaced with HSF at the designated rates. It was determined that as the substitution rate of HSF increased, the volume and specific volume of the muffins also increased ($p < 0.05$). Evaluating the textural properties revealed that depending on the substitution rate, adding HSF reduced the firmness, elasticity, cohesiveness, chewiness, and resilience of the muffins while increasing their adhesiveness ($p < 0.05$). The decreased firmness and chewiness made the muffins softer, easily masticated, and swallowable. While HSF substitution

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: mkirsanu@gmail.com

Mukarrem Kırşanu orcid.org/0009-0005-8934-5527

Fundagül Erem orcid.org/0000-0003-1562-0686

Emine Yılmaz Can orcid.org/0000-0003-4022-2233



significantly reduced the L^* , a^* , b^* values of muffins on the crust ($p < 0.05$), only the L^* and b^* values decreased in the crumb; it did not cause any change in the a^* value. The increase in the HSF levels had no substantial effect on the ΔE^* values of crust color. Significant differences were determined among the samples in terms of ΔE^* values calculated for crumb color ($p < 0.05$); ΔE^* values increased with increasing HSF ratio. Sensorily, significant differences were observed among the samples only in terms of appearance and crumb color parameters ($p < 0.05$). Control and 10% HSF-containing muffins received higher scores for appearance ($p < 0.05$). HSF substitution also decreased the appreciation of crumb color; however, the change was significantly greater for 30% HSF-containing muffins. No substantial differences among the samples for the parameters taste, odor, softness, moistness, swallowability, and overall appreciation showed that HSF could be a potential muffin ingredient. Sensory scores for all samples were above average, but muffins made with 10% HSF received the highest rating in terms of overall appreciation.

Keywords: Bakery product, *Cannabis sativa* L., color, composite flour, texture.

1. Giriş

Kenevir *Cannabaceae* familyasının *Cannabis* cinsinden çift çenekli bir bitkidir (Aloo vd. 2024). Yetiştirilen ilk kültür bitkilerinden olan endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), binlerce yıldır insanlık için önemli, çok yönlü ürünlerden biri olmuş, sağlık, gıda, tekstil, inşaat, kozmetik, kompozit malzemeler, kâğıt, biyoyakıt ve hayvan yemi üretimi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmıştır (Li 1974, Callaway 2004, Gökgöz & Yılmaz Can 2021, Alonso-Esteban vd. 2022, Naeem vd. 2023). Tarih boyunca yüksek katma değeri ve stratejik önemi nedeniyle pek çok ülkenin tarımsal ekonomisinde yer almıştır. Kısa yetiştirme süresi, çevre dostu özellikleri ve geri dönüştürülebilir yapısı sayesinde iklim değişikliği ile mücadelede potansiyel çözüm sunabilmektedir (Kaur & Kander 2023, Budhathoki vd. 2024). Kenevir düşük çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilir, potansiyel olarak karlı ve besleyici değeri oldukça yüksek bir ürün olup (Burton vd. 2022), Türkiye’de kendir ya da çedene olarak da adlandırılmaktadır (Göre & Kurt 2021).

Kenevir tohumu, lif açısından zengin bir dış kabuk ile protein ve yağ açısından zengin bir çekirdekten oluşmaktadır ve bu çekirdek kenevir kalbi olarak tanımlanmaktadır (Burton vd. 2022). Yaklaşık 10 yıl önceye kadar kenevir tohumları bitkinin atık kısmı olarak düşünülmüş ve genellikle endüstriyel lif üretiminde kullanılmıştır. Ancak kenevir tohumu, çeşit ve yetiştiği coğrafi alana da bağlı olarak %25-35 yağ, %20-25 protein ve %20-30 karbonhidrat içermektedir. Yağ asidi profili mükemmel olup çoklu doymamış yağ asitlerine sahiptir. Proteinleri yüksek sindirilebilirliklidir ve esansiyel aminoasit içeriği zengindir. Karbonhidratlarının çoğu çözünmeyen diyet lifi formundadır. Ayrıca yüksek düzeyde vitamin, mineral, antioksidan ve diğer biyoaktif bileşenlere sahiptir (Del Vecchio vd. 2025). Kenevir tohumu unu (KTU), kenevir tohumlarının yağı alındıktan sonra geriye kalan kısmının öğütülmesi ile elde edilmektedir. Dolayısıyla kenevir yağı üretim prosesinin bir yan maddesidir. Biyoaktif bileşenlerce zengin, protein, diyet lif, vitamin ve mineral

içeriği ile besinsel açıdan değerli bir üründür ve gıda endüstrisi için fonksiyonel ham madde özelliğindedir (Pojić vd. 2015, Merlino vd. 2022).

Kenevir tohumu ununun farklı tip unlara ikame olarak çeşitli fırıncılık ürünlerinde, ayrıca vegan ve glutensiz formülasyonlarda kullanımına ilişkin çok sayıda araştırma literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalarda genellikle, KTU ikamesinin ürünlerin besin değerini ve biyoaktif niteliklerini artırmakla birlikte özellikle belirli bir orandan sonra fiziksel ve duyuşal özellikleri olumsuz olarak etkileyebildiği bildirilmiştir (Pojić vd. 2015, Merlino vd. 2022, Dedeabas & Cebi 2024, Hayit vd. 2024, Kazkondur vd. 2024, Del Vecchio vd. 2025, Du vd. 2025). Bu çalışmada pirinç unu ve hindistan cevizi unu karışımı kullanılarak üretilen glutensiz muffinlerde, pirinç ununun belirli oranlarda KTU ile ikame edilmesinin ürünlerin fiziksel (ağırlık, ağırlık kaybı, hacim, spesifik hacim, hacim indeksi, simetri indeksi, tekdüzelik indeksi, renk), tekstürel (sertlik, yüzey yapışkanlığı, elastikiyet, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, esneklik) ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Gereç ve Yöntemler

2.1. Gereçler

Muffin üretiminde kullanılan kenevir tohumu unu (Aktarix, Antalya, Türkiye), hindistan cevizi unu, karnıyarık otu (*Plantago psyllium* L.) tozu (Değirmencibaşı, İzmir, Türkiye), bütün yumurta tozu (Kor Agro, İzmir, Türkiye) ve yağsız süt tozu (Dr. Gusto, İstanbul, Türkiye) çevrimiçi satış platformlarından temin edilmiştir. Pirinç unu (Migros, İstanbul, Türkiye), tuz (Billur, İzmir, Türkiye), şeker (Irmak, İstanbul, Türkiye), ayçiçek yağı (Yudum, Balıkesir, Türkiye), kabartma tozu (Dr. Oetker, İzmir, Türkiye) ve içme suyu ise Zonguldak’taki yerel marketlerden satın alınmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kenevir Tohumu Ununa Uygulanan Ön İşlemler

İri partikül boyutuna sahip olması nedeniyle kenevir to-



Şekil 1. a) Orijinal ve b) elenmiş kenevir tohumu unları.

humu unu, öğütücü (Miza TB200, Çin) ile yeniden öğütülmüş, 500 µm'lik elekten geçirilerek muffin üretiminde kullanılmıştır. Orijinal ve elekten geçirilen kenevir tohumu ununa ait görseller Şekil 1'de gösterilmiştir.

2.2.2. Muffinlerin Hazırlanması

Muffinlerin üretimi Min vd. (2010)'nin kek bileşimi ve metodu modifiye edilerek gerçekleştirilmiş, bileşimleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Tüm formülasyonlarda hindistan cevizi unu oranı, toplam un ağırlığının %20'si olarak sabit tutulmuş, kontrol dışındaki diğer örneklerde pirinç unu, toplam un ağırlığı üzerinden

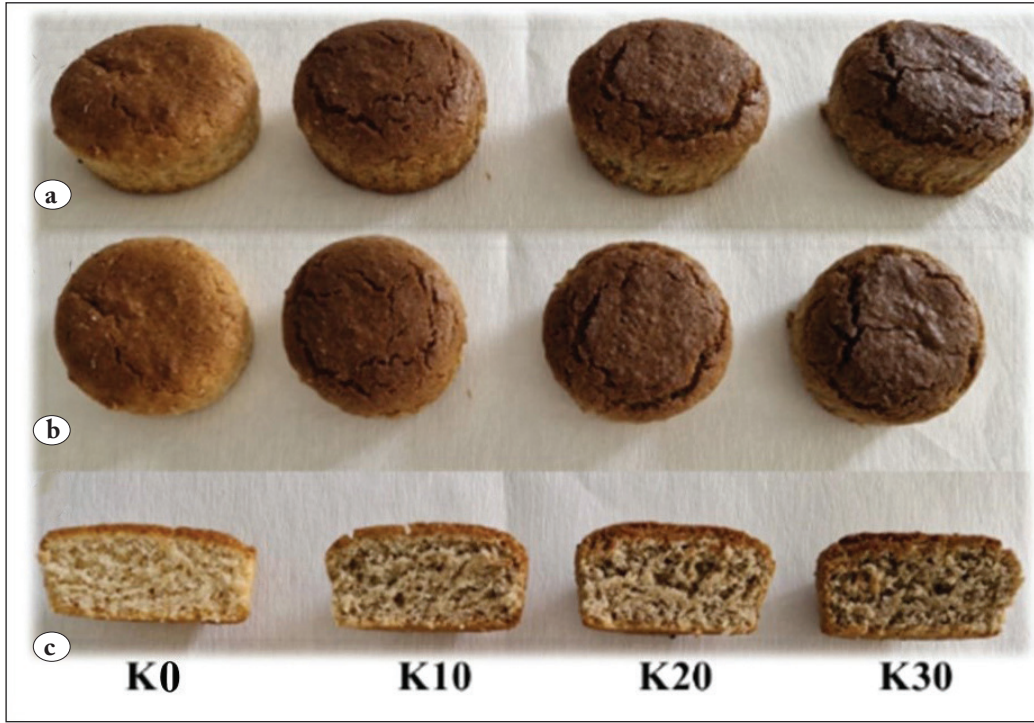
%10, %20, %30 oranında kenevir unu ile ikame edilmiş ve bu örnekler sırasıyla K10, K20 ve K30 olarak kodlanmıştır. Kenevir tohumu unu içermeyen kontrol kek örneği ise K0 olarak isimlendirilmiştir.

Muffin üretiminde öncelikle bütün yumurta tozu ve su, hız kademesi en düşükten en yükseğe 1-8 arasında değişen mikserin (Gtech EF708, Guangdong, Çin) 6. kademesinde 3 dakika çırpılmıştır. Ardından şeker ilave edilerek aynı hızda 1 dakika daha çırpılmış, sonrasında yağ eklenip kısa süreli homojenizasyon yapılmıştır. Kalan kuru bileşenlerin ilavesinden sonra karışım 3. kademe hızda 2 dakika daha çırpılarak homojen bir hamur elde edilmiştir. Elde edilen

Çizelge 1. Muffinlerin bileşimi.

Hammadde (g)	K0 (Kontrol)	K10	K20	K30
Kenevir tohumu unu	-	25	50	75
Pirinç unu	200	175	150	125
Hindistan cevizi unu	50	50	50	50
Ayçiçek yağı	83.33	83.33	83.33	83.33
Su	233.33	233.33	233.33	233.33
Şeker	250	250	250	250
Bütün yumurta tozu	15	15	15	15
Yağsız süt tozu	20.83	20.83	20.83	20.83
Tuz	7.5	7.5	7.5	7.5
Kabartma tozu	15	15	15	15
Karniyarik otu tozu	12.5	12.5	12.5	12.5

K0, K10, K20 ve K30 örnekleri toplam un ağırlığı üzerinden sırasıyla %0, %10, %20 ve %30 oranında Kenevir tohumu unu içermektedir.



Şekil 2. Muffinlerin
a) yandan, b) üstten
görünüşü ve c) kesit alanı.

karışımdan yuvarlak kek kalıplarına (72.2x35 mm, ÇxY) 60 g tartılmış ve konveksiyonel fırında (CVS DN-3906L, İstanbul, Türkiye) 160 °C'de 25 dakika pişirilmiştir. Üretimler 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş, analizler üretimden bir saat sonra yapılmıştır. Üretilen muffinlere ait görseller Şekil 2'de verilmiştir.

2.2.3. Ağırlık Kaybı, Hacim ve Spesifik Hacim

Muffinlerdeki yüzde ağırlık kaybı, muffin hamuru ağırlığı (W_0) ile pişmiş muffin ağırlığı (W_1) dikkate alınarak Eş. 1'e göre hesaplanmıştır (Sumnu vd. 2010).

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

Muffinlerin hacimleri kolza tohumu ile yer değiştirme prensibine göre ölçülmüş (AACC, 2001), spesifik hacim ise muffin hacminin muffin ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır.

2.2.4. Hacim İndeksi, Simetri İndeksi, Tekdüzelik İndeksi

Muffinlerin hacim indeksi, simetri ve tekdüzelik indeksleri, kullanılan kek kalıplarının boyutlarına göre modifiye edilmiş standart kek şablonuna (AACC, metod 10-91) göre belirlenmiştir. Kekin merkezinden boyuna kesiti alınmış

yarım muffinler, iç kısımları şablon üzerine gelecek şekilde yerleştirilmiş; BB', CC', ve DD' değerleri mm cinsinden ölçülerek sırasıyla Eş. 2, Eş.3 ve Eş. 4'e göre indeks değerleri hesaplanmıştır (AACC, 2000). Burada BB' ve DD' muffinlerin sırasıyla sol ve sağ taraflarından iç tarafa doğru eşit mesafedeki yüksekliklerini; CC' ise orta eksen (merkez) üzerindeki yüksekliği temsil etmektedir.

$$\text{Hacim indeksi (mm)} = |BB'| + |CC'| + |DD'| \quad (2)$$

$$\text{Simetri indeksi (mm)} = 2x|CC'| - |BB'| - |DD'| \quad (3)$$

$$\text{Tekdüzelik indeksi (mm)} = |BB'| - |DD'| \quad (4)$$

2.2.5. Renk Ölçümü

Her bir tekerrürde üç muffinin hem üst yüzeyinden hem de iç kısmından 3 farklı nokta seçilip renk ölçüm cihazı (CHN CS-410, Hongzhou, Çin) kullanılarak CIELab parametreleri ölçülmüştür. Ölçümler 10° gözlem açısı ile D65 aydınlatıcı kullanılarak yapılmış, L^* (+ parlaklık, - koyuluk), a^* (- yeşil, + kırmızı) ve b^* (- mavilik, + sarılık) değerleri belirlenmiştir. Toplam renk farkı (ΔE), L_0^* , a_0^* ve b_0^* kontrol örneğine, L^* , a^* ve b^* kenevir tohumu unu içeren örnekler için olmak üzere Eş. 5'e göre hesaplanmıştır (Ureta vd. 2014).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (5)$$

2.2.6. Tekstür Ölçümü

Tekstür profil analizi (TPA) Troilo vd. (2022)'nin metodu kısmen modifiye edilerek kullanılmıştır. Muffinlerin alt ve üst kabuk kısımları uzaklaştırıldıktan sonra 20x20x20 mm boyutlarında küpler elde edilmiş, 5 kg'lık yük hücresi ve 36 mm çaplı silindirik prob kullanılarak çift sıkıştırma testi tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, TA.XT. PlusC, Godalming, UK) ile gerçekleştirilmiştir. Kek küpleri yüksekliklerinin %50'sine kadar 1 mm/s hızla sıkıştırılmış, sıkıştırma döngüleri arasında 5 s ara verilmiştir. Elde edilen kuvvet-zaman grafiğinden yararlanarak sertlik, yüzey yapışkanlığı, elastikiyet, iç yapışkanlık (bağlayıcılık), çiğnenebilirlik ve esneklik gibi yapısal özellikler tespit edilmiştir.

2.2.7. Duyusal Değerlendirme

Duyusal analiz 11 yarı-egitimli panelist ile gerçekleştirilmiş, duyusal analiz öncesinde panelistlere muffin bileşenleri ile ilgili bilgi verilmiş ve gönüllü katılım formu imzalatılarak yazılı izinleri alınmıştır. Muffinler üç haneli rastgele rakamlarla kodlanmış, panelistlerden muffinleri dış görünüş, iç renk, yumuşaklık, nemlilik, yutulabilirlik, tat, koku ve genel beğeni yönünden değerlendirerek her bir parametre için 5 puan üzerinden hedonik skalaya göre 1 puan "hiç beğenmedim", 5 puan ise "çok beğendim" anlamına gelecek şekilde puan vermeleri istenmiştir (Harastani vd. 2021). Örnekler arası geçiş yaparken panelistlere su içmeleri, kahve koklayarak koku algılarını tazelemeleri gerektiği bildirilmiştir.

2.2.8. İstatistiksel Analiz

Kenevir tohumu unu ilavesinin muffinlerin bazı fiziksel, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiş, örnekler arasındaki istatistiksel olarak önemli farklılıklar SAS System Software (SAS OnDemand for Academics) kullanılarak, tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelenmiştir. İncelenen parametrelerden $p < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilenlere Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Muffin üretimleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş, analizler üç paralelli olacak şekilde yürütülmüş, sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ağırlık Kaybı, Hacim, Spesifik Hacim, Hacim İndeksi, Simetri İndeksi ve Tekdüzelik İndeksi Sonuçları

Çalışmada üretilen muffinlerin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Sonuçlar pirinç ununun kenevir tohumu unu (KTU) ile ikamesinin muffinlerin ağırlıklarının

da istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmadığını göstermektedir. KTU ilavesi muffinlerin pişirme kaybı olarak da ifade edilen ağırlık kaybı değerlerinde bir miktar artışa neden olsa da bu artış da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak muffin bileşiminde KTU'nun bulunması muffinlerin hacminde ve spesifik hacminde istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p < 0.05$) artışa yol açmıştır. Bileşiminde %10, %20 ve %30 oranında KTU içeren muffinlerin hacmi kontrole göre sırasıyla %6.9, %22.9 ve %24.5 oranında artmıştır. Bu durum KTU ilavesi ile muffinlerin daha fazla kabardığının göstergesidir. Muffinlerin hacim değerleri kek kalıbına koyulan hamur miktarına bağlı olarak değiştiği için aynı zamanda spesifik hacim değeri de hesaplanmış ve Çizelge 2'de gösterilmiştir. Du vd. (2025) kenevir tohumu protein izolatu ilavesiyle ürettikleri buğday unu içeren vegan muffinlerde pişirme kaybının azaldığını, hacmin ise arttığını tespit etmiş, muffin hacmindeki artışı kenevir tohumu protein izolatının önemli seviyedeki köpürme kapasitesi ile ilişkilendirmişlerdir. Hayit vd. (2024) ise mısır unu, mısır nişastası, patates nişastası ve pirinç unu karışımını %25, %50, %75 ve %100 oranında kenevir tohumu unu ile ikame etmiş ancak kenevir tohumu unu oranı arttıkça kek hacminin düştüğünü saptamışlardır. Hacimdeki azalmayı kenevir unu tohumu ununun partikül büyüklüğünün iri olmasına dayandırmışlardır. Bu çalışma ile karşılaştırıldığında, bizim çalışmamızda KTU'nun 500 μm 'lik elekten geçirilerek, daha ince partiküllü olarak kullanılmasının muffinlerde hacim artışının nedeni olabileceği düşünülmektedir.

Kek boyutları ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan indeks değerleri arasında birincil kalite parametresi olan hacim indeksi değeri, kekin genel boyutu hakkında bilgi vermektedir. Simetri indeksi kabarmanın ölçüsü olup kek yüzeyinin yapısına ilişkin değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır. Negatif değerler kek yüzeyinin çökmüş olduğuna işaret ederken, değerlerin sıfır olması yüzeyin düz, pozitif olması ise yuvarlak şekilde kabarma olduğunu göstermektedir. Tekdüzelik indeksi ise kabarmanın ne kadar merkezi olduğuna ilişkin bilgi vermektedir. Kekin bir tarafı diğer tarafından daha yüksek olduğu zaman tekdüzelik indeksi pozitif ya da negatif değer almaktadır. Dolayısıyla optimum bir kek için tekdüzelik indeksinin sıfır olması istenmektedir (Dizlek 2015). Çizelge 2'de verilen değerler bu açıdan incelendiğinde hacim indeksi değerinin hacim değeriyle paralel olarak arttığı görülmektedir. Pozitif ancak sıfıra oldukça yakın simetri indeksi değerlerinin elde edilmiş olması kek yüzeyinin düze yakın olduğuna, kabarmanın yuvarlak şekilli gerçekleşmediğine işaret etmektedir. Kek yüzeylerinin düz olduğu şekil

2'de de görülmektedir. Ayrıca simetri indeksi değerlerindeki değişim, KTU artış oranı ile de bağlantılı olmamıştır. K10 ve K20'nin simetri indeksleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli seviyede (p<0.05), diğer örnekler arasında önemli farklılık bulunmamaktadır. Örneklerin tekdüzelik indeksleri arasında istatistiksel fark saptanmamış, negatif değerler elde edilmiştir. Ancak değerler sıfıra oldukça yakın olup, tek taraflı kabarmaya işaret edecek şekilde gözle doğrudan ayırdedilebilir bir farklılık oluşturmamaktadır. Simetri indeksi değerlerinin pişirme işleminin son safhasındaki gaz tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Gómez vd., 2008). Bu bağlamda incelendiğinde, KTU ikamesindeki artış, muhtemelen protein içeriğindeki artışla birlikte, olumlu bir etki göstererek muffin hacimlerini artırmış olsa da arzu edilen yuvarlak şekilli kabarmanın oluşmamasının (düşük simetri indeksi), formülasyonun tamamen glutensiz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Glutenin olmaması, gaz tutma kapasitesinde azalmaya ve simetri değerinde düşmeye neden olmaktadır. Benzer şekilde mercimek unu içeren glutensiz muffinlerde de simetri indeksi düşük bulunmuştur (Gülhan & Can Karaça, 2023). Hayıt vd. (2024) kenevir unlu glutensiz keklerin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerlerinin sırasıyla 6.60-7.80 mm, 0.03-0.80 mm ve 0.03-0.13 mm aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Vegan muffinlerde hacim indeksinin 9.38-12.33 mm, simetri indeksinin -0.14 ile 1.08 mm, tekdüzelik indeksinin ise -5.42 ile 15.25 mm arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Kutlu vd. 2024). Farklı oranlarda beyaz buğday unu, tam buğday unu ve siyez unu içeren muffinlerde ise hacim indeksi 124.0-132.0 mm, simetri in-

deksi 8.70-14.00 mm, tekdüzelik indeksi ise 2.00-3.00 mm arasında bulunmuştur (Işık vd. 2022). Karpuz kabuğu tozu ilave edilmiş pirinç unu içeren glutensiz muffinlerde ise hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri sırasıyla 84.0-95.5 mm, 5.75-13.50 mm ve 0.25-0.75 mm arasında değişmiştir.

3.2. Tekstür Profil Analizi Sonuçları

Enstrümental olarak tekstür profil analizi, bir maddeyi iki kez sıkıştırma sonucunda elde edilen kuvvet-deformasyon eğrisinden o maddenin mekanik özelliklerinin ölçülmesi olarak ifade edilmektedir. Söz konusu mekanik özellikler fiziksel ve duyuşsal olarak farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Duyuşsal olarak tanımlar dikkate alındığında, katı gıdalar için sertlik, gıdayı ağız dişleri arasında sıkıştırmak için gereken kuvvet olarak tanımlanırken; yüzey yapışkanlığı, yeme işlemi sırasında dişlere-damağa yapışan bir gıdanın, dişlerden ayrılması için gereken kuvvet olarak ifade edilmektedir. Dişler arasında sıkıştırıldıktan sonra bir gıdanın orijinal şekline dönebilme derecesi elastikiyet, gıdanın kırılmadan önce dişler arasında sıkıştırılabilme derecesi bağlayıcılık (iç yapışkanlık) olarak belirtilmektedir. Çiğnenebilirlik ise gıdanın sabit bir kuvvet ile çiğnenerek yutulabilir kıvama getirilmesi için geçen saniye cinsinden süre olarak tanımlanmaktadır (Szczeniak 2002). Esneklik, gıdanın kuvvet uygulandıktan sonra eski şekline ve boyutuna ulaşabilmek için gösterdiği direncin bir göstergesidir (Johnson 2015).

Çizelge 3'te muffinlerin tekstür profil analizi sonuçları verilmiştir. Çizelgedeki sertlik değerleri incelendiğinde, KTU ilave edilen örneklerin kendi içlerinde istatistiksel farklılık göstermediği ancak kontrol örneğine göre sertlik değerle-

Çizelge 2. Muffinlerin bazı fiziksel özellikleri.

Örnek	Ağırlık (g)	Ağırlık kaybı (%)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (cm ³ /g)	Hacim indeksi (mm)	Simetri indeksi (mm)	Tekdüzelik indeksi (mm)
K0	53.395	11.008	72.667	1.361	82.167	1.333	-0.333
	± 0.896	± 1.496	± 8.524 ^b	± 0.018 ^c	± 1.722 ^c	± 0.816 ^{ab}	± 1.033
K10	52.278	12.868	77.667	1.486	92.167	2.333	0.000
	± 0.578	± 0.963	± 2.582 ^b	± 0.016 ^b	± 2.840 ^b	± 1.329 ^a	± 1.225
K20	52.308	12.820	89.333	1.708	93.583	0.417	-0.583
	± 0.969	± 1.614	± 2.338 ^a	± 0.030 ^a	± 2.178 ^{ab}	± 0.376 ^b	± 0.970
K30	52.682	12.197	90.500	1.718	95.417	1.083	-0.417
	± 0.437	± 0.732	± 3.209 ^a	± 0.001 ^a	± 2.746 ^a	± 1.201 ^{ab}	± 1.357

Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğunu gösterir (p<0.05).

rinin önemli düzeyde ($p<0.05$) daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum muhtemelen pirinç unu ve KTU'nun su tutma kapasitelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Pirinç unu yerine KTU kullanılmasıyla birlikte muhtemelen hem hidrofilik aktif uçlara sahip protein oranı hem de lif içeriği artmış ve bu sebeple su tutma kapasitesi daha yüksek olduğu için keklerde daha fazla nem hapsedilmiş ve kekler daha yumuşak olmuştur. Benzer şekilde Du vd. (2025) de vegan muffinlerde kenevir proteini izolatu ilavesinin muffinlerin sertlik değerini düşürdüğünü gözlemlemiş ve durumu su tutma kapasitesi ile açıklamışlardır. Kenevir unu ilavesiyle üretilen buğday unu ekmeklerinde ise kenevir unu oranı düşük iken kontrole göre sertlikte azalma gözlenmiş fakat kenevir unu oranı yükseldiğinde sertlik de artmıştır. Araştırmacılar ayrıca ekmeğin spesifik hacmi yüksek ise sertlik değerinin de düşük olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir (Del Vecchio vd. 2025). Bu durum, bu çalışmada elde edilen sonuçlar için de geçerlidir, spesifik hacim değerleri arttıkça (Çizelge 2), sertlik değeri azalmıştır (Çizelge 3).

Yüzey yapışkanlığı için elde edilen negatif değerler, kuvvetin ters yönde olduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla negatiflik dikkate alınmadan, sayısal olarak büyük olan değer yapışkanlığın da daha fazla olduğunun göstergesidir. KTU oranı arttıkça örneklerin yüzey yapışkanlıklarının da arttığı Çizelge 3'te görülmektedir. Ancak istatistiksel olarak sadece K30 örneği diğerlerinden farklılık arz etmektedir. Yapışkanlığın artması muhtemelen KTU'nun su tutma kapasitesi ile ilişkilidir. Bu çalışmada su tutma kapasitesi veya nem değeri ölçümü yapılmamıştır. Ancak literatüre göre KTU'nun (Absi vd. 2023) pirinç ununa (Matsuki vd. 2015) göre daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle lif içeriğinden kaynaklanan yüksek su tutma kapasitesi KTU içeren ürünlerin pişme sırasında daha az su kaybetmesine ve muffinlerin daha yüksek nem içeriğinde olmasına yol açabilecektir. Gül ve Özkan (2025) incir çekirdeği unu ilavesi ile ürettikleri glutensiz muffinlerde nem içeriğini daha yüksek bulmuş ve bu durumu incir çekirdeği

ununun yüksek diyet lifi içeriği ile ilişkilendirmişlerdir. Ancak Gül & Özkan (2025), bizim çalışmamızdaki ile ters olarak %10'dan daha fazla incir çekirdeği unu kullanıldığında ürünlerin nem içeriği artmasına rağmen yüzey yapışkanlığının azaldığını tespit etmişlerdir. Tsykhanovska vd. (2024), bizim çalışmamızdaki ile benzer olarak ay çekirdeği unu ilavesinin muffinlerin yüzey yapışkanlığını artırdığını tespit etmiş, bu durumu ay çekirdeği ununun protein içeriğini artırması, dolayısıyla da proteinlerin hidrasyon ve yapı oluşturma özelliklerini değiştirmesi ile açıklamışlardır. Kenevir ununun protein içeriğinin de yüksek olduğu bilinmektedir (Del Vecchio vd. 2025) ve benzer bir etki göstermiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Tsykhanovska vd. (2024), nemin dış katmanlardan iç katmanlara göçünün de yüzey yapışkanlığını artırabileceğini ifade etmişlerdir. Sciammaro vd. (2018) ise *Prosopis alba* unu ilave ettikleri muffinlerde yüzey yapışkanlığı değerinin arttığını tespit etmiş, bu durumu *Prosopis alba* ununda yüksek düzeydeki çözünmeyen diyet lifi ve sakaroz içeriği nedeniyle yapıya az miktarda su katılması ile açıklamışlardır.

Muffin örneklerinin elastikiyet değerlerine bakıldığında K0 ve K10 örnekleri birbiri ile benzerlik arz ederken diğer örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diğer bir ifadeyle KTU oranı arttıkça, örneklerin uygulanan kuvvet kaldırıldıktan sonra orijinal şekillerine dönme oranları azalmaktadır. Örneklerin bağlayıcılık değerindeki azalma ise %20 KTU oranından sonra başlamaktadır ($p<0.05$). Bu durum, %20'den fazla KTU kullanılmaya başlandığında iç bağların kuvvetinde azalma olduğuna işaret etmektedir. İlk sıkıştırmadan sonra ürün tamamen deforme olursa, bağlayıcılık değeri 0 olmaktadır, elastikiyetini tamamen koruyup deforme olmadığında ise bu değer 1 olarak ölçülmektedir. Bağlayıcılık değeri çok düşük olduğunda ise ürünün dilimlenebilirliği güçleşmektedir (Gül & Özkan 2025). Çizelge 3'te KTU ilavesiyle birlikte örneklerin çignenebilirlik değerlerinin düştüğü görülmektedir ($p<0.05$). Bu durum, ürünü yutmaya hazır hale getirmek için çiğneme

Çizelge 3. Muffinlerin tekstürel özellikleri.

Örnek	Sertlik (g)	Yüzey yapışkanlığı (g.sec)	Elastikiyet	Bağlayıcılık (İç yapışkanlık)	Çignenebilirlik (g)	Esneklik
K0	659.14±56.99 ^a	-0.59±0.17 ^a	0.70±0.02 ^a	0.48±0.03 ^a	223.11±29.62 ^a	0.18±0.01 ^a
K10	428.72±17.01 ^b	-0.89±0.03 ^a	0.68±0.02 ^a	0.47±0.04 ^a	136.26±9.88 ^b	0.18±0.01 ^a
K20	399.94±100.26 ^b	-1.40±0.94 ^a	0.61±0.02 ^b	0.43±0.04 ^b	112.61±21.00 ^b	0.15±0.02 ^b
K30	358.12±36.20 ^b	-3.23±0.48 ^b	0.57±0.03 ^c	0.43±0.04 ^b	86.74±11.82 ^c	0.15±0.01 ^b

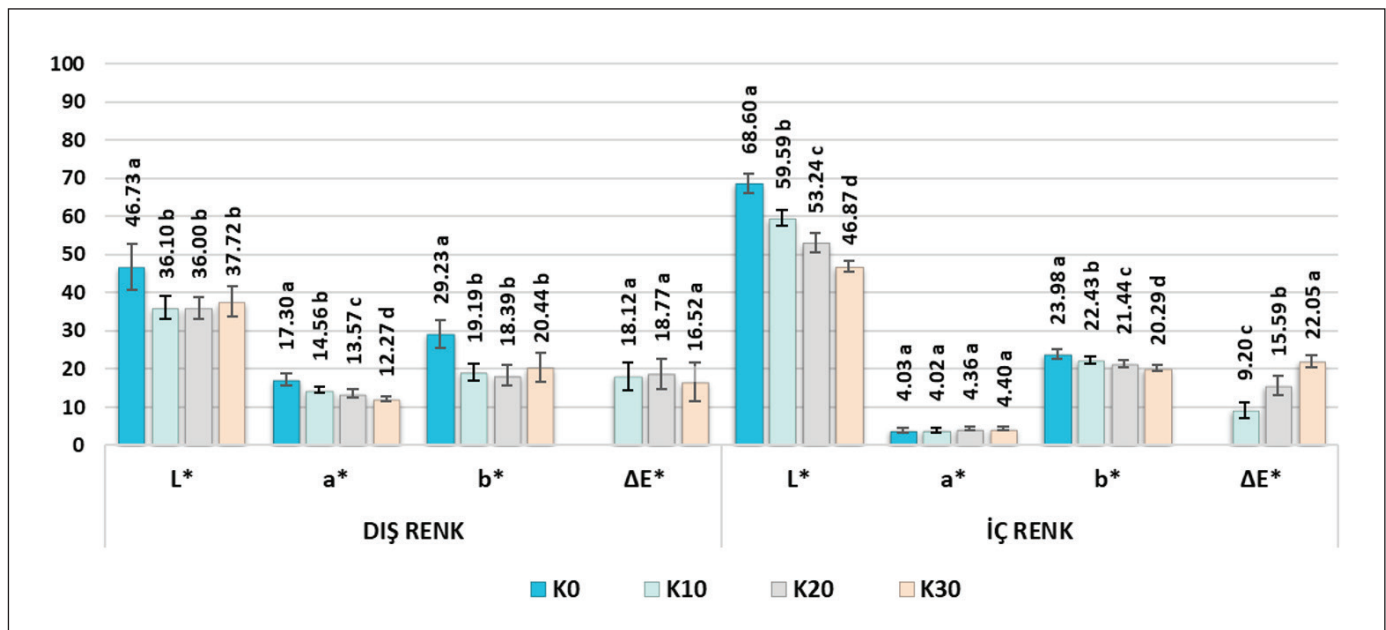
Aynı sütundaki farklı harfler örnekler arasında istatistiksel farklılık olduğunu gösterir ($p<0.05$).

sırasında daha az enerji kullanılması gerektiğini göstermektedir. Çiğnenabilirlik, sertlik ve bağlayıcılık değerlerinin çarpılması sonucu hesaplanan ikincil bir tekstürel parametredir (Szczeniak 2002). Dolayısıyla sertlik ve bağlayıcılık değerlerindeki azalma beraberinde çiğnenabilirlik değerlerini de düşürmüştür, KTU oranındaki artışla birlikte muffinlerin çiğnenmesi de kolaylaşmıştır. Ayrıca %20 KTU ikamesi sonrasında muffin örneklerinin esneklik değerinde de bir miktar azalma olduğu gözlemlenmiştir.

3.3. Renk Ölçümü Sonuçları

Şekil 3'te verilen renk analizi sonuçları incelendiğinde, KTU ilavesinin muffinlerin hem dış yüzeyinde hem de iç kısmında L^* ve b^* değerlerini önemli seviyede ($p < 0.05$) düşürdüğü anlaşılmaktadır. KTU oranının değişimi muffinlerin dış yüzeyindeki L^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak değişikliğe yol açmazken, muffinlerin iç kısmında KTU oranı arttıkça L^* ve b^* değerleri daha fazla azalmıştır ($p < 0.05$). Sonuç olarak, daha koyu renkli ve sarılık değeri daha düşük olan muffinler elde edilmiştir. a^* değeri açısından ise muffinlerin dış yüzeyinde tüm örnekler arasında önemli farklılıklar varken, diğer bir ifadeyle dış yüzeyde KTU oranındaki artışla birlikte yeşillik daha fazla artarken ($p < 0.05$), muffinlerin iç kısmında a^* değerindeki değişim önemsiz düzeyde olmuştur. KTU ilavesi ile kontrol örneğine göre örneklerdeki toplam renk değişimini gösteren ΔE^* değeri, dış yüzeyde değişiklik arz etmemiş ancak iç yüzeyde KTU oranı arttıkça toplam renk değişimi daha fazla olmuştur ($p < 0.05$).

Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, muffin örneklerinin renk değerlerindeki değişim, temel olarak KTU'nun kahverengimsi-yeşilimsi (Şekil 1) olan orijinal renginden kaynaklanmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde pişirme işlemi sırasında gerçekleşen renk oluşumu, genel olarak esmerleşme olarak ifade edilir ve özellikle yüzeyde gerçekleşen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarının bir sonucudur (Purlis 2010). Du vd. (2025) de kenevir protein izolatu ilave ettikleri vegan muffinlerin hem dış hem de iç kısmında bu çalışmadaki ile benzer şekilde L^* ve b^* değerlerinin azaldığını tespit etmiş ancak farklı olarak dış ve iç yüzeyde a^* değerinin arttığını gözlemlemiş, kırmızılık ve esmerleşmedeki artışı Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışmada muffinlerin dış yüzeyinde a^* değeri için gözlemlenen azalma, pirinç unu yerine KTU kullanıldığında nişasta/şeker içeriğindeki azalıştan kaynaklanıyor olabilir. Kenevir tohumunun nişasta içeriği ortalama %1.5-2.0 aralığında olup (Hossain vd., 2025), unda bu oran %1'den daha az da olabilirken (Absi vd. 2023), pirinç ununun nişasta içeriği %80-85 aralığında değişebilmektedir (Puncha-arnon & Uttapap 2013, Qin vd. 2021). Pişirme sırasında nişasta ve şeker hidrolize olarak Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarına katılan indirgen şekerlere dönüşmektedir (Lukinac vd. 2022). Bileşimde pirinç unu azaldıkça reaksiyona girecek olan indirgen şeker içeriğinin azalmış olabileceği düşünülmektedir. KTU renginin yeşile yakın olması, muffinlerde yeşilimsi rengi daha baskın hale getirip a^* değerinin azalmasına neden olan temel etkidir.



Şekil 3. Muffinlerin renk değerleri.

3.4. Duyusal Analiz Sonuçları

Üretilen muffinlere uygulanan duyusal analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Panelistler tarafından değerlendirilen parametreler arasında istatistiksel farklılığın sadece dış görünüş ve iç renkte olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Dış görünüş açısından ürünlerin beğenilirliği %20, iç renk açısından ise %30 kenevir unu ikamesinden sonra istatistiksel olarak azalmıştır. Dış görünüş ve iç renkteki bu beğeni azalmasının, temel olarak KTU'nun keklerle verdiği rengin, panelistlerin alışık oldukları geleneksel muffin rengiyle bağdaşmamasından ileri geldiği düşünülmektedir. Pirinç unu ve hindistan cevizi unlarını içeren kontrol örneği, buğday ununa benzer renk oluşturduğundan, KTU ikame oranı arttıkça keklerin görsel olarak beğenisi azalmıştır. Ancak diğer parametreler (yumuşaklık, nemlilik, yutulabilirlik, tat, koku, genel beğeni) açısından herhangi bir istatistiksel farklılığın olmaması, çalışmanın olumlu bir çıktısı olarak değerlendirilebilir. Genel olarak puanların 5'e yaklaşmamasının ise muffinlerin glutensiz olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

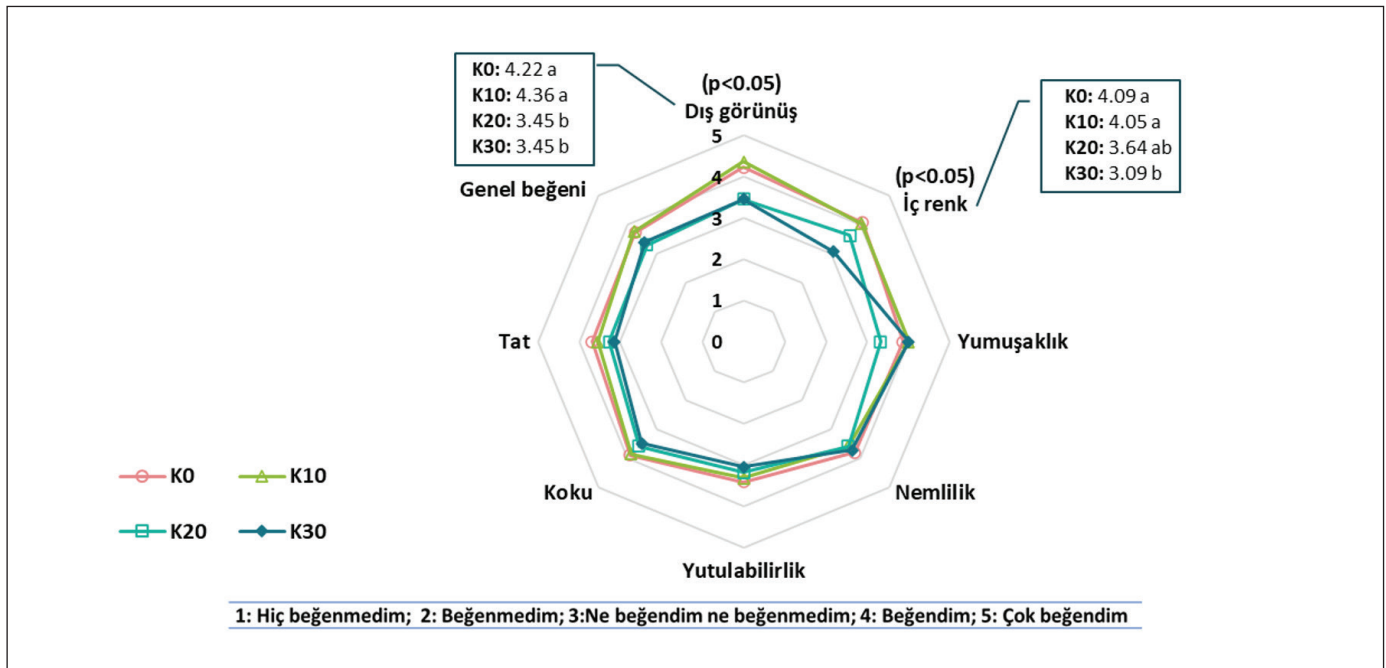
Kenevir tohumu ununun, pirinç unu ve hindistan cevizi unu karışımı ile üretilen glutensiz muffinlerin fiziksel, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, kenevir tohumu ununun muffinlerin hacim değerlerini artırarak daha fazla kabarmasını sağladığı, tekstürel özelliklerden sertliği azaltarak muffinleri daha yumuşak ve

daha kolay çiğnenebilir hale getirdiği belirlenmiştir. Ürünler duyusal olarak da kabul edilebilir bulunmuştur. Kenevir tohumu ununun, değerlendirilen parametreler arasında, muffinler üzerinde olumsuz olarak değerlendirilebilecek etkisinin ürüne verdiği renk olduğu anlaşılmıştır. Kontrol örneğine göre rengin yeşile doğru kayması duyusal olarak muffin rengi ile ilgili beğeniye düşürmüştür ancak diğer duyusal parametreleri olumsuz etkilememiştir. Farklı kenevir tohumu unu oranları ve farklı un karışımları ile tüketici beğenisinin daha da artırılacağı muffin formülasyonu geliştirme çalışmalarının faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2024-43341027-01). Çalışma, 07-09.05.2025 tarihlerinde Zonguldak'ta düzenlenen "9. Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu'nda (EFIS'25)" tam metin-sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Yazar katkısı: Mukarrem Kırşanu: Lisans Bitirme Tezi kapsamında çalışmanın analizlerini yaparak makaleyi yazmıştır, Fundagül Erem: Çalışmayı planlayarak danışmanlık yapmış, verileri analiz etmiş ve makale yazımına katkı sağlamıştır, Emine Yılmaz Can: Çalışmaya ham madde desteği vermiş ve makale yazımına katkı sağlamıştır.

Etik kurul onayı: Etik kurul izni bulunmamaktadır.



Şekil 4. Duyusal analiz sonuçları.

Kaynaklar

- AACC. (2000).** Method 10-91.01. Use of Layer Cake Measuring Template. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of Analysis.
- AACC. (2001).** Method 10-05.01. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of Analysis.
- Absi, Y., Revilla, I., & Vivar-Quintana, A. M. (2023).** Commercial hemp (*Cannabis sativa* Subsp. *sativa*) proteins and flours: Nutritional and techno-functional properties. *Applied Sciences*, 13(18), 10130. <https://doi.org/10.3390/app131810130>
- Alonso-Esteban, J. I., Torija-Isasa, M. E., & Sánchez-Mata, M. de C. (2022).** Mineral elements and related antinutrients, in whole and hulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 109, 104516. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104516>
- Aloo, S. O., Mwititi, G., Ngugi, L. W., & Oh, D. H. (2024).** Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(15), 5093–5112. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>
- Budhathoki, R., Maraseni, T., & Apan, A. (2024).** Enviro-economic and feasibility analysis of industrial hemp value chain: A systematic literature review. *GCB Bioenergy*, 16(6). <https://doi.org/10.1111/gcbb.13141>
- Burton, R. A., Andres, M., Cole, M., Cowley, J. M., & Augustin, M. A. (2022).** Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients. *Journal of Cannabis Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s42238-022-00156-7>
- Callaway, J. C. (2004).** Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140(1–2), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Dedebas, T., & Cebi, N. (2024).** Investigation of the effect of different seed flours on gluten-free products: Baton cake production, characterization, and TOPSIS application. *Foods*, 13(6), 964. <https://doi.org/10.3390/foods13060964>
- Del Vecchio, L., Chiodetti, M., Cirlini, M., Ricci, S., Di Fazio, A., Caligiani, A., & Carini, E. (2025).** Hemp flour in bread-making: circularity and opportunities for bread quality and stability during storage. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04687-0>
- Dizlek, H. (2015).** Effects of amount of batter in baking cup on muffin quality. *International Journal of Food Engineering*, 11(5), 629–640. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0066>
- Du, H., Baek, I., Jang, Y., Said, N. S., & Lee, W. Y. (2025).** Effects on physicochemical, nutritional, and quality attributes of fortified vegan muffins incorporated with hempseed as an alternative protein source. *Foods*, 14(4), 601. <https://doi.org/10.3390/foods14040601>
- Gökgöz, A., & Yılmaz Can, E. (2021).** Medikal ve endüstriyel açıdan kannabinoidlerin önemi ve Türkiye ekonomisine katkı potansiyeli. *Batı Karadeniz Tıp Dergisi*, 5(3), 315–323. <https://doi.org/10.29058/mjwbs.928899>
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., & Fernández, E. (2008).** Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1701–1709. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.024>
- Göre, M., & Kurt, O. (2021).** Bitkisel üretimde yeni bir trend: Kenevir. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(1), 138–157. <https://doi.org/10.38001/ijlsb.789970>
- Gül, H., & Özkan, H. (2025).** Evaluation of the impact of fig (*Ficus carica* L.) seed flour on the physicochemical, textural and sensory attributes of gluten-free muffins. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 82(1), 119–134. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst.2025.0003>
- Gülhan, M. E., & Can Karaça, A. (2023).** Effects of lentil flour on the quality of gluten-free muffins. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 25(74), 287–302. <https://doi.org/10.21205/deufind.2023257403>
- Harastani, R., James, L. J., Ghosh, S., Rosenthal, A. J., & Woolley, E. (2021).** Reformulation of muffins using inulin and green banana flour: Physical, sensory, nutritional and shelf-life properties. *Foods*, 10(8), 1883. <https://doi.org/10.3390/foods10081883>
- Hayit, F., Balıkcı, E., Yazıcı, L., & Bescanlar, S. (2024).** Investigation of the usability of hemp flour in the production of gluten-free cakes. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/15428052.2024.2357282>
- Hossain, L., Whitney, K., & Simsek, S. (2025).** Hemp seed as an emerging source of nutritious functional ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2534839>
- Işık, F., Özgören, E., & Sola, Y. (2022).** Comparison of quality characteristics of muffins produced with einkorn, whole grain and white wheat flours. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 28(7), 1051–1061. <https://doi.org/10.5505/pajes.2022.49107>
- Johnson, M. Aralık 2015.** <https://www.texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>
- Kaur, G., & Kander, R. (2023).** The sustainability of industrial hemp: A literature review of its economic, environmental, and social sustainability. *Sustainability*, 15(8), 6457. <https://doi.org/10.3390/su15086457>
- Kazkodu, İ., Kesgin, E., Gökyar, M., & Yılmaz Can, E. (2024).** Endüstriyel kenevirin gastronomik değeri: Yeni ürünlerin geliştirilmesi, çeşitlendirilmesi ve tüketici beğenisinin ölçülmesi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 12(4), 2997–3019. <https://doi.org/10.21325/jotags.2024.1522>

- Kutlu, G., Yılmaz, S., & Karabulut, A. E. (2024).** Development of a new vegan muffin formulation: Assessing its quality and sensory characteristics. *European Food Science and Engineering*, 5(1), 26–34. <https://doi.org/10.55147/efse.1481485>
- Li, H.-L. (1974).** The origin and use of cannabis in eastern asia linguistic-cultural implications. *Economic Botany*, 28(3), 293–301. <https://doi.org/10.1007/BF02861426>
- Lukinac, J., Komlenić, D. K., Čolić, M. L., Nakov, G., & Jukić, M. (2022).** Modelling the browning of bakery products during baking: a review. *Ukrainian Food Journal*, 11(2), 217–234. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-2-3>
- Matsuki, J., Okunishi, T., Okadome, H., Suzuki, K., Yoza, K., & Tokuyasu, K. (2015).** Development of a simple method for evaluation of water absorption rate and capacity of rice flour samples. *Cereal Chemistry*, 92(5), 487–490. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-15-0004-N>
- Merlino, M., Tripodi, G., Cincotta, F., Prestia, O., Miller, A., Gattuso, A., ... & Conduro, C. (2022).** Technological, nutritional, and sensory characteristics of gnocchi enriched with hemp seed flour. *Foods*, 11(18), 2783. <https://doi.org/10.3390/foods11182783>
- Min, B., Lee, S. M., Yoo, S.-H., Inglett, G. E., & Lee, S. (2010).** Functional characterization of steam jet-cooked buckwheat flour as a fat replacer in cake-baking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(13), 2208–2213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.4072>
- Naeem, M. Y., Corbo, F., Crupi, P., & Clodoveo, M. L. (2023).** Hemp: An alternative source for various industries and an emerging tool for functional food and pharmaceutical sectors. *Processes*, 11(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/pr11030718>
- Pojić, M., Dapčević Hadnađev, T., Hadnađev, M., Rakita, S., & Brlek, T. (2015).** Bread supplementation with hemp seed cake: a by-product of hemp oil processing. *Journal of Food Quality*, 38(6), 431–440. <https://doi.org/10.1111/jfq.12159>
- Puncha-arnon, S., & Uttapap, D. (2013).** Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat-moisture treatment. *Carbohydrate Polymers*, 91(1), 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.08.006>
- Purlis, E. (2010).** Browning development in bakery products – A review. *Journal of Food Engineering*, 99(3), 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>
- Qin, W., Lin, Z., Wang, A., Chen, Z., He, Y., Wang, L., ... & Tong, L.-T. (2021).** Influence of particle size on the properties of rice flour and quality of gluten-free rice bread. *LWT*, 151, 112236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112236>
- Sciammaro, L. P., Ferrero, C., & Puppo, M. C. (2018).** Gluten-free baked muffins developed with *Prosopis alba* flour. *LWT*, 98, 568–576. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.045>
- Sumnu, G., Koksel, F., Sahin, S., Basman, A., & Meda, V. (2010).** The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(1), 87–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02107.x>
- Szczesniak, A. S. (2002).** Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Troilo, M., Difonzo, G., Paradiso, V. M., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2022).** Grape pomace as innovative flour for the formulation of functional muffins: how particle size affects the nutritional, textural and sensory properties. *Foods*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/foods11121799>
- Tsykhanovska, I., Stabnikova, O., Riabchykov, M., Lazarijeva, T., & Korolyova, N. (2024).** Effect of partial replacement of wheat flour by flour from extruded sunflower seed kernels on muffins quality. *Plant Foods for Human Nutrition*, 79(4), 769–778. <https://doi.org/10.1007/s11130-024-01232-4>
- Ureta, M. M., Olivera, D. F., & Salvadori, V. O. (2014).** Baking of muffins: Kinetics of crust color development and optimal baking time. *Food and Bioprocess Technology*, 7(11), 3208–3216. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1292-z>