

## Maserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri ile üretilen kestane propolis ekstraktlarının farklı gıda modellerinde kullanımı: Fizikokimyasal, duyuusal ve biyoaktif niteliklere etkisi

Sevde Nur ŞENOL YAZKAN, Müge HENDEK ERTOP

### Cite this article as:

Şenol Yazkan, S.N., Hendek Ertop, M. (2024). Meserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri ile üretilen kestane propolis ekstraktlarının farklı gıda modellerinde kullanımı: Fizikokimyasal, duyuusal ve biyoaktif niteliklere etkisi. *Food and Health*, 10(1), 22-39. <https://doi.org/10.3153/FH24003>

Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

S.N.Ş.Y. 0000-0002-4557-592X  
M.H.E. 0000-0003-4300-7790

Submitted: 17.08.2023

Revision requested: 20.09.2023

Last revision received: 10.10.2023

Accepted: 10.10.2023

Published online: 14.11.2023

### Correspondence:

Müge HENDEK ERTOP

E-mail: [mugeertop@kastamonu.edu.tr](mailto:mugeertop@kastamonu.edu.tr)



© 2023 The Author(s)

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

### Öz

Bu çalışmada kestane balı kovanlarından temin edilen propolislerde maserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak etanolik propolis ekstraktları elde edilmiştir. Her üç yöntem ile hazırlanan kestane propolis ekstraktları ısı işlem uygulanmamış gıda modeli olarak çiçek ve kestane ballarına 4 farklı oranda (%0, 1, 2 ve 4) ilave edilerek, bal karışımlarının antioksidan aktivite, toplam fenolik, renk ve duyuusal analizleri yapılmıştır. Kestane balının antioksidan aktivite (AO) (%82.96) ve toplam fenolik madde (TFM) içeriği (412.50 µg GAE/g), çiçek balından (AO: %49.69, TFM:127.50 µg GAE/g) daha yüksek olmasına rağmen, %4 propolis ilavesiyle çiçek balı biyoaktif niteliklerinin (AO: %90.00, TFM: 713.60 µg GAE/g) kestane balına (AO: %89.08, TFM: 849.17 µg GAE/g) yakın düzeye geldiği belirlenmiştir. Yüksek renk yoğunluğuna (1803.5 mAU) sahip kestane balının renginin çiçek balından (378.5 mAU) görsel olarak da önemli düzeyde koyu olması nedeniyle, kestane balına propolis ilavesinde farklı ilave oranı ve ekstraksiyon yöntemi son ürün renk yoğunluğunu önemli düzeyde etkilenmemiştir (p>0.05). Ancak çiçek ballarında propolis ilavesi renk yoğunluğunu önemli düzeyde (p<0.05) artırmıştır. Üç ekstraksiyon yöntemiyle hazırlanan propolis ekstraktları 4 farklı oranda (%0, 1, 2 ve 4), ısı işlem uygulanmış ve çoklu bileşene sahip bir gıda modeli olarak temel kek formülasyonuna ilave edildiğinde ise, ürün biyoaktif niteliklerinin (AO: %11.97, TFM: 285.0 µg GAE/g) artan propolis ilave oranına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Propolis yüksek biyoaktif nitelikleri itibarıyla ilave edildiği gıda modellerinin de antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğini artırmıştır. Ancak kendine özgü keskin tat, koku ve lezzetinin kullanıldığı gıda modelindeki etkisini belirlemek amacıyla bu çalışmada elde edilen gıda örneklerinin duyuusal analizleri yapılmış ve sonuçlar Temel Bileşen Analizi ile değerlendirilmiştir. Her iki gıda modeli açısından da maserasyon ekstraksiyon ile üretilen propolisli ürünler daha yüksek beğeni skorları alırken, propolis kullanılmayan kontrol örnekleriyle, sırasıyla %1 ve %2 propolis ilaveli ürünler benzer olarak bulunmuştur. %4 propolis ilaveli ürünler düşük beğeni skorlarıyla ayrı kümelene göstermişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Kestane propolisi, Arı ürünleri, Bal, Fırıncılık ürünleri

### ABSTRACT

**Use of chestnut propolis extract produced by maseration, reflux and ultrasound-assisted extraction methods in different food models: Effect on physicochemical, sensory and bioactive properties**

This study obtained ethanol-extracted propolis by applying maceration, reflux, and ultrasound-assisted extraction methods to propolis obtained from chestnut honey hives. Chestnut propolis extracts prepared by the methods were added to flower and chestnut honey at four different ratios (0, 1, 2 and 4%) as a food model without heat treatment, and antioxidant activity, total phenolic content, colour, and sensory analysis of honey mixtures were made. Although the antioxidant activity (AO) (82.96 %) and total phenolic content (TPC) (412.50 µg GAE/g) of chestnut honey were higher than that of flower honey (AO: 49.69%, TPC: 127.50 µg GAE/g), it was determined that the bioactive properties of flower honey (AO: 90.00%, TPC:713.60 µg GAE/g) rose close level to that of chestnut honey (AO:89.08%, TPC: 849.17 µg GAE/g) thanks to the addition of 4% propolis extract. Because the colour of chestnut honey with high colour intensity (1803.5 mAU) is significantly darker than flower honey (378.5 mAU), the different addition rates and extraction method of propolis did not significantly affect the final product colour intensity of chestnut honey (p>0.05), the addition of propolis in flower honey increased the colour intensity significantly (p<0.05). When propolis extracts prepared with three extraction methods are added to the basic cake formulation as a heat-treated food model in 4 different ratios (0, 1, 2 and 4%), the bioactive properties of the products (AO: 11.97%, TFM: 285.0 µg GAE/g) were determined to increase depending on the increasing propolis addition rate. Although propolis increases the antioxidant activity and phenolic substance content of the food models to which it is added due to its rich bioactive content, sensory properties of the food models were analysed due to propolis extracts' unique, intense taste, colour and flavor, and the results were evaluated with Principal Component Analysis. In terms of both food models, the products with propolis produced by maceration extraction had higher sensory evaluation scores. In contrast, the control samples without propolis were found to be similar to the products with 1% and 2% propolis added, respectively. The products with 4% propolis added showed separate clustering with low evaluation scores.

**Keywords:** Chestnut propolis, Bee products, Honey, Bakery products

## Giriş

İspanya’da milattan önce 7000’lerde “Cuevas de la Arena”daki kazılarda ortaya çıkan resimler, insanların oldukça eski dönemlerden bu yana arı ve arı ürünleri ile ilgilendiğini göstermektedir. Arıcılığın başlangıcı insanların arılara zarar vermeden ağaç kovuklarının içindeki balın bir miktarını arılara bırakıp geriye kalan kısmını hasat etmeleriyle başlamıştır. Daha sonra ağaç gövdelerinin içi oyularak arılara barınak oluşturmak için arılıklar yapılmıştır. Son zamanlarda ise arıcılık faaliyetleri işçi arı koloni sayısının artırılması, bu kolonilerden yalnızca bal değil polen, arı sütü ve propolis gibi diğer arı ürünlerinin üretimi gibi katma değerli ürünlerin elde edilmesine yönelik tarımsal bir etkinliğe dönüşmüştür (Coşkun ve İnci 2020).

Propolis; arıların alt çeneleriyle çiçeklerin ve bitkilerin (çam, kestane, ökaliptus, kavak) tomurcuk, yaprak ve koruyucu reçinelerini zamk, polen gibi maddelerle karıştırıp alt çeneleriyle kazıyarak toplaması, ağızlarında nemlendirip salgıladıkları çeşitli enzimler ve balmumu ile yumuşatarak pelet şekline getirmesi ve arka ayaklarındaki polen sepetine iletmeleriyle oluşur (Ghisalberti, 1979; Burdock, 1998; Castaldo ve Capasso, 2002; Bayram, 2015). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Arı Ürünleri Tebliği Mevzuat Taslağı (No: 2020/07)’na göre propolis “Bal arılarının, bitkilerin gövde, yaprak ve tomurcuk gibi kısımlarından topladığı reçinemsî maddeler ile bitki nektar ve polenlerini, balmumu ve enzimleri ile karıştırarak oluşturdukları işlenmemiş ürün” şeklinde tanımlanmıştır.

Propolisin kimyasal bileşimi, coğrafi kökeni, bitkisel kökeni, kovan çevresindeki flora, iklim ve coğrafi koşullar, bal arılarının çeşitleri ve hasat zamanı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim gösterir. Genel olarak polifenoller (flavonoidler, fenolik asitler ve esterler), fenolik aldehytlar ve ketonlar gibi 300’den fazla farklı bileşenden oluşur. Reçineler ve bitkisel balsam (%50), balmumu (%30), polen (%5), esansiyel ve aromatik yağlar (%10) ve diğer bazı organik bileşikler içerir (Anjum ve ark., 2019). Propolisin biyoaktivitesindeki değişimler ise kimyasal yapısındaki bileşenlerin farklılığından kaynaklanmaktadır (Moreno ve ark., 2000; Silici ve Kutluca, 2005; Ahn ve ark., 2007).

Propolisin antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiinflamatuvar, antiülser ve antitümör özellikleri gibi faydalı biyolojik aktiviteye sahip olması tıpta ve kozmetikte yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur (Yıldız ve ark., 2014; Bankova ve ark., 2019; Chi ve ark., 2020; Mendonça ve ark., 2020). Propolis içeren kozmetik ürünleri; sabun, losyon, şampuan, cilt kremi, antiseptik solüsyon, burun spreyleri, diş macunu

ve yüz maskeleri şeklinde sıralanabilmektedir (Nori ve ark., 2011; Jung ve ark., 2020). Gıda alanında ise çikolata, sakız, şeker, konserve gıdalar ve diyet ürünlerinde de kullanımı yaygınlaşmıştır (Coşkun, 2020). Propolis antioksidan içeriği sayesinde lipit peroksidasyonunu önlemekte, bu sayede gıdaların raf ömrünü de uzatabilmektedir (Halliwell ve Guttridge, 2015).

Bal başta olmak üzere diğer arı ürünlerinde kovanların bulunduğu flora, ürünlerin baskın, sekonder ve minör polen içeriğini belirlediğinden hem ürün karakteristiği hem de biyoaktif nitelikleri birbirinden tamamen farklı olmaktadır. Örneğin Kastamonu, Düzce, Zonguldak gibi Karadeniz bölgesinde kestane ağaçlarının yoğun olduğu lokasyonlarda yapılan arıcılık faaliyetlerinden elde edilen bal, arı ekmeği, propolis, polen gibi arıcılık ürünlerinin baskın polen içeriği kestane olduğundan bu lokasyondaki kovanlardan elde edilen arı ürünleri kestane propolisi, kestane balı şeklinde adlandırılmaktadır (Yıldız, 2011).

Propolis ham halinde içinde zamksı maddeler ve reçine bulunması sebebiyle direkt olarak kullanılmadığından içindeki biyoaktif bileşiklerin uygun bir ekstraksiyon yöntemiyle alınması gerekir. Propolis ekstraktlarının hazırlanması için farklı ekstraksiyon yöntemleri vardır. Maserasyon yöntemi, örneğin uygun boyuta küçültülmesinin ardından genellikle oda sıcaklığında, uygun çözücü içerisinde ve uygun kapalı bir kapta belli bir zaman bekletilmek ve karıştırılmak suretiyle ekstrakte edilmesini temel alan bir yöntemdir (Silici ve Kutluca, 2005). Reflüks ekstraksiyonda ise hazırlanan çözeltiye ekstraksiyon esnasında sıcaklık uygulanmakta olup çözelti su banyosunda belirli sıcaklık ve sürede tutulmaktadır (Margretha, 2012). Gıda sanayisinde filtrasyon, homojenizasyon, köpük oluşturma gibi alanlarda yenilikçi bir yöntem olarak kullanım yeri bulan, ultrasonik destekli ekstraksiyonda ise ses dalgalarının molekülleri birbirine doğru itip uzaklaştırması sonucu oluşan kaviteasyon sayesinde hücre zarını tahrip etmesi böylece ekstraksiyon etkinliğini artırmak amaçlanmaktadır (Gallo ve ark., 2018; Büyüktuncel, 2012; Dedebaş ve ark., 2021).

Literatürde propolisle zenginleştirilmiş balın fenolik madde ve antioksidan aktivite özellikleri (Habryka ve ark., 2020), bal ve propolise ilave olarak farklı bitki ve ekstrakt karışımlarının biyoaktif ve fizikokimyasal niteliklerinin (Soylu ve Bayram, 2020) incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Kastamonu kestane propolis ekstraktlarının farklı gıda modellerinde kullanımı ve ürünlerin bi-

yoaktif, fizyokimyasal ve duyuşal niteliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla ham kestane propolisine maserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Ekstraktların fonksiyonel karakterizasyonunu belirlemek için ekstrakte edilen kestane propolislerinin ısıl işlem görmemiş (bal) ve ısıl işlem görmüş (kek) 2 tip gıda modelinde denemesi yapılarak renk, antioksidan aktivite, toplam fenolik içerikleri ile duyuşal analizleri gerçekleştirilmiştir. Kestane ve çiçek balları ile kek örneklerine %0, 1, 2 ve 4 oranlarında kestane propolis ekstraktları ilave edilerek ürün analizleri gerçekleştirilmiştir.

## Materyal ve Metot

Çalışmada hammadde olarak kullanılan ham kestane propolis örnekleri Kastamonu kestane orman bölgesi sınırlarını içine alan Azdavay, Bozkurt, Cide, Doğanyurt, İnebolu, Küre ilçelerindeki arılıklardan, Kastamonu Arı Yetiştiricileri Birliği aracılığıyla 2021 hasat döneminde temin edilmiştir. Bal-propolis karışımlarında hammadde olarak Kastamonu Doğanyurt ilçesinde üretimi yapılan ve primer polen içeriği >%70 kestane poleni olan kestane balı ile polifloral çiçek balı kullanılmıştır. Ballar Kastamonu Arı Yetiştiricileri Birliği'nden; kek yapımında kullanılan buğday unu (%14.29 protein, %0.76 kül), şeker, süt, yumurta, tuz ve kabartma tozu (Dr. Oetker) yerel bir süpermarketten; analizlerde kullanılan kimyasallar ise Merck ve Sigma (Darmstadt, Germany) firmasından temin edilmiştir.

### Kestane Propolis Ekstraktının Hazırlanması

Propolis ekstraksiyon işlemi için farklı ilçelerden temin edilen propolisler -18°C'de derin dondurucuda bekletildikten sonra öğütülüp, homojen toz propolis haline getirilmiş, analizlere kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir. Şenol Yazkan (2022) tarafından yapılan çalışma sonucu kestane propolis ekstraktlarının antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğini en yüksek düzeyde sağlayan ve yüzey yanıt metodu ile optimize edilen proses parametreleri; maserasyon ekstraksiyon için etanol konsantrasyonu %78.46; ekstraksiyon süresi 71.05 saat; refluks ekstraksiyon için etanol konsantrasyonu %80.64; ekstraksiyon süresi 117.44 dak ve sıcaklık 38.38°C; ultrasonik destekli ekstraksiyon için ise etanol konsantrasyonu %79.60, ekstraksiyon süresi 53.03 dak ve sıcaklık 37.42°C olarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon için, -18°C'de ışık ve hava almayacak şekilde muhafaza edilen toz propolis numuneleri üç farklı ekstraksiyon yöntemi için belirlenen parametrelere göre hazırlanmıştır. Her üç yöntem içinde 5'er g toz propolisin üzerine her metot için optimize edilen konsantrasyonda tarımsal etil alkol çözücü olarak ilave edilmiş ve yukarıda verilen parametrelere göre ekstraksiyon işlemleri

gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrası ürünler filtre edilerek, 1200 rpm'de 10 dak santrifüjlenmiş süpernatant kısımları ayrılarak kullanılıncaya kadar -18°C de muhafaza edilmiştir.

### Isıl İşlem Görmemiş Ürün Modeli

Bu amaçla bal-propolis karışımları hazırlanmıştır. Kestane propolis ekstraktları çiçek ve kestane ballarına %0, 1, 2 ve 4 oranlarında ilave edilerek homojen karışımlar elde edilmiştir. Ürünler analize kadar cam kavanozda oda sıcaklığında ve üzerleri alüminyum folyo ile sarılarak muhafaza edilmişlerdir. Hazırlanan bal karışımlarının antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, renk ve duyuşal nitelikleri belirlenmiştir.

### Isıl İşlem Görmüş Ürün Modeli

Çalışmada ısıl işlem uygulanmış ürün modeli olarak kek tercih edilmiştir. Kestane propolis ekstraktlarının etkilerini çoklu bileşene sahip bir gıda modelinde belirlemek, aynı zamanda ısıl işlemin biyoaktivite üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla, propolis ekstraktları %0, 1, 2 ve 4 olmak üzere farklı oranlarda temel kek formülasyonuna ilave edilerek homojen karışımlar elde edilmiş ve ürünler aynı proses koşullarında pişirilerek hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin antioksidan aktivite, toplam fenolik, renk ve duyuşal analizleri gerçekleştirilmiştir.

### Kek Yapımı

Kek yapımı için Şeker ve ark. (2016)'nın kullandıkları metot modifiye edilerek uygulanmıştır. Keklere her 3 yöntem ile elde edilen ekstraktlar %0 (kontrol örneği), 1, 2 ve 4 oranlarında ilave edilmiştir. 60 gr şeker 58.9 gr yumurta ile mikserde (Kitchenaid, K5Ai USA) 2 dak 65 rpm'de karıştırılmıştır. Üzerine 40 mL ayçiçek yağı, 45 mL süt ve propolis eklenerek karıştırmaya devam edilmiştir. 100 g un ve 5.78 g kabartma tozu eklenerek oluşan kek hamuru kek kalıplarına alınarak önceden ısıtılmış fırında 175°C'da ortalama 25 dak sürede pişirilmiştir.

### Antioksidan Aktivite

**Ekstraksiyon:** Antioksidan aktivitenin tespiti için serbest radikallerin süpürülmesine dayanan DPPH metodu kullanılmış, Atasoy ve Hendek Ertop (2021) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilmiştir. Kek ve bal örneklerinin ekstraksiyonu için 2 g örnek üzerine 20 mL %80'lik metanol çözeltisi ilave edilerek 37°C'de 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örnekler 15 dak 10000 rpm'de santrifüjlenmiş, filtre kâğıdından süzölmüş ve antioksidan aktivite tayininde kullanılmak üzere cam şişelere alınmıştır.

Propolis ekstraktlarının içerisindeki fenolik bileşiklerin DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla 75 µL ekstrakt (ekstraksiyon çözeltisi ile 100 kat seyreltilmiş) ve 1500 µL taze hazırlanmış DPPH çözeltisinden oluşan karışım 15 s vortekste karıştırılıp, 30 dak karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda UV-VIS spektrofotometrede 517 nm’de absorpsanları okutulmuş ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 1) ile tespit edilmiştir.

Kek ve bal örneklerinden 400 µl ekstrakt, 490 µl DPPH çözeltisi ve 1 mL metanol (%80’lik) çözeltisinden oluşan karışıma da propolis ekstraktları ile aynı prosedür uygulanmıştır.

$$\text{İnhibisyon değeri } \% = [1 - \left(\frac{AS}{AO}\right)] * 100 \quad (1)$$

AS: Örnek ekstraktına ait absorpsan değeri

A0: Şahit DPPH çözeltisinin absorpsan değeri

### Toplam Fenolik Madde Miktarı

Örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin tespiti amacıyla Folin-Ciocalteu yöntemi (Shahidi ve Nacz, 1995) kullanılmıştır. Antioksidan aktivitenin tespiti amacıyla hazırlanan ekstraktlardan 0.1 mL alınarak sırasıyla, 0.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ile (reaktif:su karışımı 1:10 v/v) karıştırılmış, 5 dak karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 0.4 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi ve 4 mL saf su ile karıştırılmıştır. Karışım yaklaşık 1 saat oda koşullarında karanlık ortamda bekletilmiş ve 760 nm’de UV-VIS spektrofotometrede absorpsanları ölçülmüştür. Örneklerin fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri (GAE) üzerinden verilmiştir (Mattila ve ark., 2005; Michalska ve ark., 2007; Hayta ve Hendek Ertop, 2017). Farklı konsantrasyonlarda gallik asit standartları kullanılarak hazırlanan gallik asit kalibrasyon eğrisi Şekil 1’de verilmiştir.

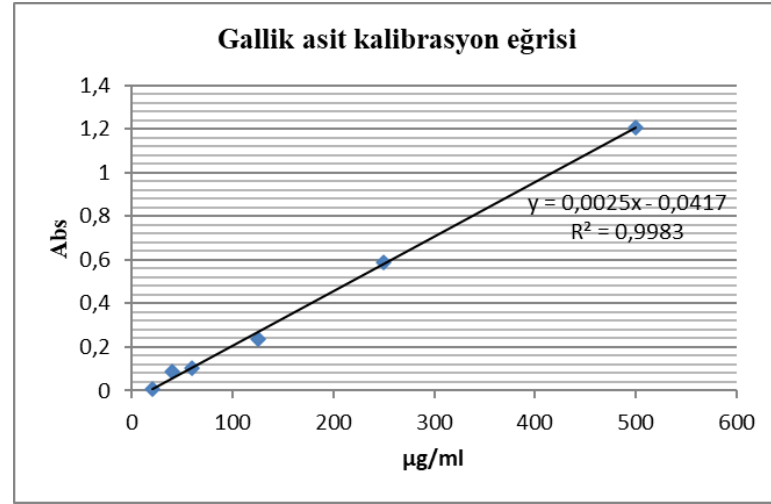
### Renk

Renk değerleri kolorimetrik olarak (3nh Colorimeter, NR145, China) kek yüzeyinde 5 noktadan ölçüm yapılarak ve değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Ölçümlenen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanılarak örneklerin  $L^*$  (parlaklık-koyuluk),  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik),  $b^*$  (sarılık-mavilik) değerlerindeki değişimler belirlenmiştir (Rizzello ve ark., 2014).

Kestane propolisi ilaveli bal örneklerinin renk yoğunluğunun belirlenmesinde Beretta ve ark., (2005) tarafından geliştirilen

bal örneklerinin net absorpsansının belirlenmesi metodu kullanılmıştır. %80’lik metanol ile %50’li konsantrasyonda hazırlanan propolisli bal numunelerinin ekstraktları, Whatman 1 filtre kağıdından süzülükten sonra spektrofotometre 450 ve 720 nm’de absorpsanları ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 2) kullanılarak renk yoğunluğu (mAU) hesaplanmıştır.

$$\text{Renk Yoğunluğu (mAU)} = (\text{ABS}_{450} - \text{ABS}_{720}) \times 1000 \quad (2)$$



Şekil 1. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

Figure 1. Gallic acid standard curve

### Duyusal Değerlendirme

Kek üretimi sonrası 12 adet propolis ilaveli kekin duyuşal değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla duyuşal değerlendirme kriterlerine dair bir form hazırlanmış, örneklerin genel yapı ve lezzet profiline ait sonuçlar karşılaştırılmıştır. 10 yarı eğitimli panelist seçilerek, örneklerin duyuşal değişimleri değerlendirilmiştir. Değerlendirme formunda 5 puanlık hedonik skala (1: Hiç beğenmedim, 5: Çok beğendim) kullanılmıştır. İstenen kek kalite özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Üç farklı ekstraksiyon yöntemi ile hazırlanan propolislerin farklı oranlarda kestane ve çiçek balına ilavesiyle hazırlanan bal-propolis karışımlarının duyuşal değerlendirmesi amacıyla da aynı duyuşal değerlendirme yöntemi uygulanmış, çiçek ve kestane balı panelleri ayrı günlerde yapılmıştır. Panelistlerden ürünleri, görünüm-renk, kıvam, aroma-koku, lezzet, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik nitelikleri açısından 5 puanlı hedonik skala ile değerlendirmeleri istenmiştir.

**Tablo 1.** Duyusal deęerlendirmede kullanılan kek kalite özellikleri**Tablo 1.** Cake quality properties used in sensory evaluation

<b>Dış özellikler</b>	
Şekil Simetrisi	Düzgün ve simetrik olmalı, basıklık ve çökme olmamalı
Renk	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı
Pişme düzgünlüğü	Tüm yüzeyler düzgün ve eşit kızarmış olmalı
Görünüş	İnce ve kolay parçalanabilir olmalı
<b>İç özellikler</b>	
Tatlılık	Örneklerin damakta bıraktığı tatlılığın hissedilme düzeyi
Doku (Gözenek Yapısı)	Küçük, ince, homojen olmalı
Çiğneme özellikleri	Hamurumsu ve yapışkan olmamalı
İç renk	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı
Lezzet	Örneklerin yuttuktan sonra ağızda bıraktığı lezzetin genel beğenisi
Genel kabul edilebilirlik	Ürünün tüketilebilirliği ve tüm yönleriyle beğenilirlik düzeyi

### İstatistiksel Analiz

Deneylerde elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Analiz değerlendirmelerinde çoklu varyans analizine (ANOVA) tabi tutulan veri ortalamaları arasındaki fark  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılarak belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına dair beğeni skorları çoklu varyans analizine tabi tutulurken, beğeni skorlarına göre ürün benzerlik ve kümelenme eğilimlerinin tespiti için Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PAST 4.03 Statistical Analysis App For Windows) uygulanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

#### *Kestane Propolis Ekstraktı İlaveli Bal Karışımlarının Özellikleri*

Propolis başta olmak üzere arı ürünleri biyolojik olarak aktif maddelerin zengin bir kaynağıdır. Propolisi insan beslenmesine dâhil etmenin yollarından birisi de propolisin bala ilavesidir. Kestane balı, çiçek balına göre biyoaktif nitelikleri daha yüksek bu özelliği itibarıyla de apiterapik bir baldır (Taş-Küçükaydın ve ark., 2023). Bu çalışmanın amaçlarından biri de çiçek balı ve kestane balını bu açıdan karşılaştırmak, diğer taraftan hem ticari olarak daha ucuz hem de biyoaktif niteliği daha düşük olarak bilenen çiçek balına propolis ilavesinin biyoaktif nitelikler, renk ve duyusal özellikler üzerindeki etkisini belirlemektir. Üç farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen kestane propolis ekstraktları, çiçek ve kestane ballarına farklı oranlarda ilave edilerek homojen karışımlar elde edilmiştir (Şekil 2).

### Bal Örneklerinde Renk Değişimi

Maserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon ile elde edilmiş kestane propolis ekstraktları kestane ve çiçek ballarına %0, 1, 2 ve 4 oranlarında ilave edilmiş ve bal propolis karışımlarının renk yoğunluğu 450 ve 720 nm’de ölçüm yapılarak bulunmuştur. Sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Kestane propolis ekstraktlarında ultrasonik destekli ve refluks ekstraksiyon renk yoğunlukları arasındaki fark önemli bulunmazken ( $p > 0.05$ ), maserasyon ekstrakte propolisin renk yoğunluğu daha düşük ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Kestane balının renk yoğunluğunun (1803.5 mAU) ise çiçek balının yoğunluğundan (378.5 mAU) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çiçek ballarına kestane propolisi ilave edildiğinde renk yoğunluklarının belirgin düzeyde arttığı tespit edilmiş, propolis ilave oranının çiçek balı renk yoğunluğu üzerindeki etkisi önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Kestane ballarında da benzer etki görülmekle birlikte, kestane balının renk yoğunluğunun zaten yüksek olmasından dolayı, daha açık renkli çiçek balındaki belirgin artışlar gözlenmemiştir. Aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası fark çiçek balı karışımları arasında değerlendirildiğinde, ultrasonik destekli ekstraksiyona ait örneklerin renk yoğunluğu daha yüksek bulunurken, maserasyon ekstrakte propolis içeren örneklerin renk yoğunlukları daha düşük ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Kestane balı içerikli örneklerde aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ki bu durum üzerinde kestane balının başlangıç renk yoğunluğunun zaten yüksek olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Çiçek balı karışımları (463.38 mAU) ve kestane balı karışımlarının (1883.42 mAU) ortalama renk yoğunlukları karşılaştırıldığında ise aralarındaki fark ( $p < 0.05$ ) önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre hammadde olarak kullanılan balın renk yoğunluğu ve

propolis ilave oranının nihai ürünün renk yoğunluğu üzerindeki etkisinin önemli, propolis üretiminde kullanılan ekstraksiyon yönteminin ise çiçek ballı karışımlarda önemli olduğu tespit edilmiştir.

### **Bal Örneklerinin Biyoaktif Nitelikleri**

Antioksidan, kimyasal bir bileşenin oksitlenme özelliğini durduran ya da yavaşlatan bir moleküldür (Moon ve Shibamoto, 2009). Yapılan araştırmalarda bal içerisindeki antioksidan ve fenolik madde arasında birbirleri ile bağlantılı oldukları tespit edilmiştir (Zalibera ve ark., 2008). Bal içerisinde bulunan fenolik maddeler bala aroma, tat, renk verirken aynı zamanda fonksiyonellik açısından önemli etkiye sahiptirler (Estevinho ve ark., 2008). Yapılan çalışmalarda balın antioksidan özelliğinin kimyasal yapısına bağlı olduğu ve kalp hastalıkları, immün sistem ve kanser üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Khalil ve ark., 2012). Koyu renkli balların antioksidan madde içeriğinin daha yüksek olduğu da bildirilmiştir (Baltrusaityte ve ark., 2007). Balın antioksidan özelliğini balın kaynağı, bal elde edilirken uygulanan yöntem, balın elde edildiği bölgenin coğrafi yapısı ve depolama koşulları etkilemektedir (Silici ve ark., 2010; Khalil ve ark., 2012). Baldaki fenolik bileşenler incelendiğinde balın florası hakkında bilgi edinilebilmektedir. Kestane balı içerisinde p-kumarik asit, kafeik asit bulunurken çiçek balında protokatekuik asit bulunması balların florasına ait bir tür parmak izidir (Kassim ve ark., 2010).

Çiçek ve kestane balları, farklı yöntemlerle ekstrakte edilmiş propolisler ve farklı oranlarda propolis ilave edilmiş bal karışımlarının antioksidan aktivite ve toplam fenolik içerikleri Tablo 2’de verilmiştir. Kestane propolis ekstraktlarının üretiminde kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinin biyoaktif nitelikler üzerinde önemli etkiye sahip olduğu, en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğine sahip propolis ekstraktının maserasyon yöntemi ile elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 2a). Hammadde olarak kullanılan kestane balının antioksidan aktivitesi (82.96 %inhibisyon) ve fenolik madde içeriğinin (412.5 µg GAE/g) ise çiçek balının antioksidan aktivite (49.69 %inhibisyon) ve fenolik içeriğinden (127.50 µg GAE/g) daha yüksek olduğu ve aralarındaki farkın da önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan çiçek ballı ve kestane ballı karışımlar kendi içinde değerlendirildiğinde, aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası fark antioksidan aktivite açısından anlamlı bulunmazken, toplam fenolik madde açısından her iki bal çeşidinde de önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. (Tablo 2b).

Üç ekstraksiyon yöntemiyle de elde edilen propolislerin çiçek ballarına artan (% 0, 1, 2 ve 4) oranlarında katılması duru-

munda antioksidan aktivitenin önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) arttığı belirlenmiştir. Çiçek balının %49.69 inhibisyon seviyesi propolis ilavesine paralel olarak artış göstermiş ve tüm ekstraksiyon yöntemleri için %4 propolis ilavesi durumunda yaklaşık iki katına kadar çıkarak %89-90 inhibisyon seviyesine yükselmiştir. Aynı durum fenolik madde miktarında da tespit edilmiştir. Çiçek balının başlangıçtaki fenolik madde miktarı 127.50 µg GAE/g iken, %4 oranında maserasyon ile üretilen propolis ilavesi sonucu 917.50 µg GAE/g, reflüks yöntemi ile üretilen propolis ilavesi sonucu 862.50 µg GAE/g, ultrasonik destekli yöntemle üretilen propolis ilavesi sonucu 360.80 µg GAE/g düzeyine yükselmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çiçek balının biyoaktif nitelikleri üzerinde en etkili yöntemin maserasyon ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen sıvı propolisin %4 oranında ilavesi olduğu, fenolik madde miktarı yaklaşık 7 katına yükselirken antioksidan aktivitenin diğer yöntemlerle benzer şekilde yaklaşık 2 katına çıktığı belirlenmiştir. Kestane balının antioksidan aktivitesi %82.96, fenolik madde miktarı ise 412.50 µg GAE/g olması itibarıyla, çiçek balına kıyasla daha yüksek biyoaktiviteye sahiptir. Propolis ilavesi ilk orandan itibaren kestane balının antioksidan aktivitesini önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) artırmış olmakla birlikte özellikle %2 ve 4 ilave oranlarında %89 inhibisyon düzeyine ulaşılmış ve önemli bir değişim belirlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bu durum zaten yüksek biyoaktiviteye sahip kestane balında %1-2 propolis ilavesinin yeterli olacağı şeklinde yorumlanabilir. Diğer taraftan toplam fenolik madde miktarlarında ise propolis ilavesine paralel olarak önemli düzeyde artış tespit edilmiştir. Bu artış çiçek balındaki sonuçlara benzer nitelikte olup %4 propolis ilavesi durumunda en etkili yöntem maserasyon yöntemi olup (975 µg GAE/g) bunu sırasıyla reflüks (880 µg GAE/g) ve ultrasonik (692.5 µg GAE/g) yöntemleri izlemiştir.

Farklı bal çeşitlerine bitkisel ekstraktlar, tıbbi aromatik bitkiler ilavesi ile fonksiyonel nitelik kandırılmasına yönelik ürünler ulusal pazarda yer almakla birlikte, biyoaktif niteliklerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Yapılan bir çalışmada (Soylu ve Bayram, 2020) kestane balı, propolis, ekinezya ve çivan perçemi karışımının biyokimyasal ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiş, kestane balının antioksidan aktivitesi % 19 (%inhibisyon) bulunurken, yapılan bal karışımının % 64.49 olarak bulunmuş, bu artış ilave edilen hammaddelerin biyoaktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Farklı bir çalışmada ise, bala propolis ilavesinin toplam fenolik madde miktarında önemli düzeyde artışa yol açtığı, antioksidan aktivite miktarının propolis ilaveli bal örneklerinde artan bir antiradikal aktivite gösterdiği bulunurken, propolis ekstraktlarının antioksidanlar da dahil olmak üzere biyolojik olarak aktif maddelerin mükemmel bir kaynağı olduğu belir-

tilmiştir (Oses ve ark., 2016). Habryka ve ark. (2020)'de propolis ile zenginleştirilmiş balın antioksidan aktivite, duyuşal özellikler ve kalite parametreleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, bala propolis ekstraktı ilavesinin, antioksidan aktivite miktarını ve fenolik madde miktarını artırdığı, balda krisin, pinosebrin, p-kumarik asit ve ferulik asit bulunan flavonoidler ve fenolik asitler de dahil olmak üzere polifenolik bileşiklerin içeriğinde önemli bir artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

### **Bal Örneklerinin Duyusal Özellikleri**

Maserasyon, refluks ve ultrasonik destekli ekstraksiyon ile ekstrakte edilmiş optimize kestane propolisleri kestane ve çiçek ballarına 4 farklı oranda (%0, 1, 2 ve 4) ilavesiyle elde edilen bal-propolis karışımlarının duyuşal değerlendirme sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Kestane propolisi ilave edilmiş kestane ve çiçek ballarının duyuşal değerlendirme sonucunda; görünüş-renk ile kıvam beğeni skorları açısından en yüksek puanı propolis ilavesiz balların aldığı, %1 propolis ilavesinden sonra tüm ekstraksiyon yöntemlerine göre kestane ve çiçek ballarındaki beğeni skorlarının önemli düzeyde düştüğü belirlenmiştir. Kestane balına propolis ilavesi durumunda aroma-koku beğeni skorlarındaki rakamsal düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çiçek ve kestane ballı karışımlar kendi içinde değerlendirildiğinde, aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası fark duyuşal nitelikler açısından anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Kestane balına propolis ilavesi, ekstraksiyon yöntemleri ve propolis ilave oranları açısından bal-propolis karışımlarının lezzet, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik niteliklerinde önemli bir fark oluşturmamıştır. Bu durum, kestane balının kendine özgü keskin ve aromatik yapısı içerisinde propolis lezzetinin hissedilmediği veya olumsuz bir lezzet profili oluşturmadığı şeklinde yorumlanabilir. Çiçek balına propolis ilavesi, her 3 ekstraksiyon yönteminde de lezzet, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik nitelikleri açısından %2 ilave oranıyla birlikte düşmüş ( $p<0.05$ ) ve bu orandan sonraki değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ekstraksiyon yöntemlerinin etkisi ise önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunmuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından kestane balı karışımlarının beğeni skoru üzerinde propolis ekstraksiyon yöntemi farklılığı ve oranının etkisi önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Her iki bal çeşidi için, ekstraksiyon yöntemleri ve propolis ilave oranlarına göre hazırlanan karışım ürünlerin duyuşal analiz skorlarına göre kümelenme eğilimi ve benzerliklerinin

ifadesi için sonuçlar Temel Bileşen Analizi ile yorumlanmış ve grafikleri Şekil 3'de verilmiştir.

Şekil 3a'da görüldüğü üzere, kestane balında tüm ekstraksiyon yöntemleri için %4 propolis ilaveli KM4, KR4 ve KU4 örnekleri benzer ve incelenen duyuşal nitelikler açısından en düşük bulunmuştur. Kıvam ve Görünüş-Renk nitelikleri açısından propolis ilave edilmemiş KM0, KR0 ve KU0 numuneleri benzer nitelikte ve en yüksek beğeni skorlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Lezzet, Aroma-Koku, Ağızda bıraktığı his ve Genel kabul edilebilirlik açısından ise KM1, KR1, KU1 ve KM2 örnekleri benzer nitelikte bulunmuşlardır. Bu durumda genel olarak tüm ekstraksiyon tipleri açısından kestane balına %1 propolis ilavesinin duyuşal beğeni açısından limit değer olarak alınabileceği yorumu yapılabilir. Çiçek balında (Şekil 3b) ise, tüm duyuşal nitelikler açısından ÇM0, ÇR0, ÇU0 ve ÇM1 benzer nitelikte daha yüksek beğeniye sahip bulurken, ÇU1 ile ÇR1 kendi aralarında benzer, diğer numunelerin ise duyuşal beğenisi düşük ve benzer bulunmuşlardır.

### **Kestane Propolis Ekstraktı İvelili Kek Ürünlerinin Özellikleri**

Kestane propolis ekstraktlarının etkilerini çoklu bileşene sahip bir gıda modelinde belirlemek, aynı zamanda ısıl işlemin biyoaktivite üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla, ekstraktlar 4 farklı oranda temel kek formülasyonuna ilave edilerek homojen karışımlar elde edilmiş ve ürünler aynı proses koşullarında pişirilerek hazırlanmıştır.

### **Kek Örneklerinde Renk Değişimi**

Kestane propolisi ilave edilmiş kek örneklerinin hem iç hem de dış yüzeylerinden ölçüm yapılmıştır (Tablo 4). Keklerin iç ve dış yüzey  $L^*$  parlaklık değerleri kestane propolisi ilavesindeki artışa bağlı olarak azalırken, ekstraksiyon metoduna göre bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Acun ve Gül (2021) tarafından yapılan bir çalışmada mikroenkapsüle çam propolisi top kek üretiminde 3 farklı oranda (%6, 9, 15) kullanımı durumunda ilave oranındaki artışa bağlı olarak  $L^*$  parlaklık değerinin azaldığı belirtilmiştir.

Keklerin iç yüzey  $a^*$  kırmızılık değerleri ekstraksiyon yönteminden etkilenmezken, propolis ilave oranına bağlı olarak  $a^*$  değerlerinin arttığı ( $p<0.05$ ) belirlenmiştir. Tüm ekstraksiyon yöntemlerinde %4 oranında kestane propolisi ilaveli kekler diğer örneklerden daha koyu renkli bulunmuştur. Propolis ilave edilmemiş kontrol keki (%0) iç yüzey  $a^*$  değeri (2.54) en düşük iken, refluks ekstraksiyon ve %4 propolis ilaveli kek örneği,  $a^*$  değeri (4.59) en yüksek ürün olarak belirlenmiştir.

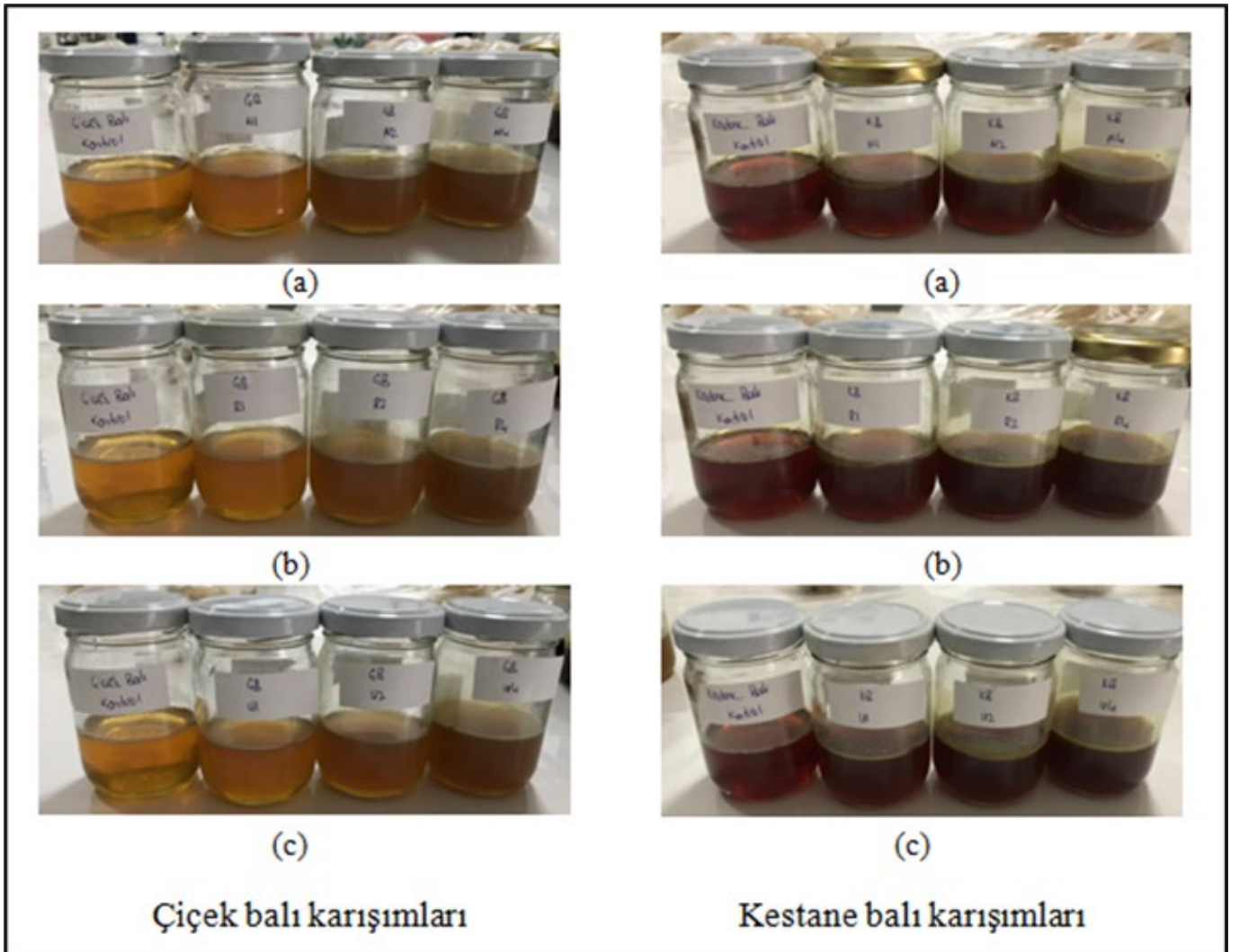
Benzer şekilde keklerin dış yüzey  $a^*$  değerleri de ekstraksiyon yönteminden etkilenmezken, propolis ilave oranına bağlı olarak  $a^*$  değerlerinin arttığı ancak bu artışın yalnızca ultrasonik destekli propolis ilaveli keklerde olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ultrasonik destekli ekstraksiyon ve %4 propolis ilaveli keklerde en yüksek  $a^*$  değerine (21.13) ulaşmıştır.

Keklerin tümünün iç yüzey  $b^*$  değerlerinin kestane propolis ilavesindeki artışa bağlı olarak arttığı görülmekle birlikte hem propolis ilave oranına hem de ekstraksiyon metoduna göre bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Propolis ilave oranına bağlı olarak  $b^*$  değerlerinin arttığı ancak bu artışın yalnızca ultrasonik destekli propolis ilaveli keklerde olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Acun ve Gül

(2021) tarafından yapılan çalışmada mikroenkapsüle çam propolisinin top keklerle 3 farklı oranda (%6, 9, 15) ilavesi sonucu iç ve dış yüzey  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin kontrol gurubu örneğe göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Yapılan farklı bir çalışmada da yoğurda farklı oranlarda (%0, 0.25, 0.5 ve 0.75) propolis ilavesi sonucu, propolisli yoğurtların depolama süresi ve propolis ilave oranı arttıkça  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinin düştüğü,  $b^*$  değerinin ise arttığı gözlemlenmiştir (Çiftçi, 2015).

### Kek Örneklerinin Biyoaktif Nitelikleri

Elde edilen ürünlerin antioksidan aktivite, toplam fenolik, renk ve duyuşsal analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 5).



Şekil 2. Maserasyon (a), Refluks (b) ve Ultrasonik destekli (c) ekstraksiyon ile üretilen propolis ekstraktlarının farklı oranlarda ilavesi ile hazırlanan çiçek ve kestane balı karışımları

Figure 2. Flower and chestnut honey mixtures prepared by adding different rates of propolis extracts produced by maceration (a), reflux (b) and ultrasonic assisted (c) extractions



**Tablo 2.** Kestane propolis ekstraktları (a) ve ilave edildiği bal örneklerinin (b) renk yoğunluğu, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içerikleri**Table 2.** Color intensity, antioxidant activity and total phenolic contents of chestnut propolis extracts (a) and added honey samples (b)

Örnek	Ekstraksiyon tipi	Antioksidan aktivite** (%inhibisyon)	Toplam fenolik madde** (µg GAE /g)	Renk yoğunluğu (mAU)
Propolis ekstraktı	M	88.61±2.05 <sup>a</sup>	977.5±4.11 <sup>a</sup>	2446.0 <sup>b</sup>
	R	79.50±1.95 <sup>ab</sup>	917.5±11.02 <sup>b</sup>	2494.0 <sup>a</sup>
	U	75.22±2.17 <sup>b</sup>	812.5±10.18 <sup>c</sup>	2508.0 <sup>a</sup>

(a)

Örnek	Ekstraksiyon tipi	Propolis içeriği (%)	Antioksidan aktivite (%inhibisyon)	AO <sub>ort</sub>	Toplam fenolik madde (µg GAE /g)	TFM <sub>ort</sub>	Renk yoğunluğu (mAU)	RY <sub>ort</sub>
Çiçek balı	M	0	49.69±0.60 <sup>Ad</sup>	66.39 <sup>B</sup>	127.50±2.50 <sup>Ad</sup>	406.53 <sup>B</sup>	378.5±0.71 <sup>Ad</sup>	463.38 <sup>B</sup>
		1	56.70±1.26 <sup>Ac</sup>		402.50±8.20 <sup>Ac</sup>		424.5±6.36 <sup>Bc</sup>	
		2	80.00±0.02 <sup>Ab</sup>		432.50±2.00 <sup>Bb</sup>		451.0±1.41 <sup>Bb</sup>	
		4	89.86±0.02 <sup>Aa</sup>		917.50±4.20 <sup>Aa</sup>		534.5±3.54 <sup>Ba</sup>	
	R	0	49.69±0.60 <sup>Ad</sup>		127.50±2.50 <sup>Ad</sup>		378.5±0.71 <sup>Ad</sup>	
		1	57.98±0.20 <sup>Ac</sup>		422.50±3.15 <sup>Ac</sup>		425.5±0.71 <sup>Bc</sup>	
		2	64.30±0.04 <sup>Bb</sup>		455.00±1.80 <sup>Ab</sup>		497.0±5.66 <sup>Ab</sup>	
		4	89.88±0.04 <sup>Aa</sup>		862.50±9.40 <sup>Ba</sup>		585.0±4.24 <sup>Aa</sup>	
	U	0	49.69±0.60 <sup>Ac</sup>		127.50±2.50 <sup>Ac</sup>		378.5±0.71 <sup>Ad</sup>	
		1	58.75±0.30 <sup>Ab</sup>		292.50±2.10 <sup>Bb</sup>		455.5±2.83 <sup>Ac</sup>	
		2	59.89±0.08 <sup>Cb</sup>		350.00±4.30 <sup>Ca</sup>		484.0±7.21 <sup>Ab</sup>	
		4	90.26±0.50 <sup>Aa</sup>		360.80±1.50 <sup>Ca</sup>		568.5±6.36 <sup>Aa</sup>	
Kestane balı	M	0	82.96±0.70 <sup>Ac</sup>	86.80 <sup>A</sup>	412.50±0.98 <sup>Ad</sup>	649.58 <sup>A</sup>	1803.5±3.54 <sup>Ad</sup>	1883.42 <sup>A</sup>
		1	85.57±0.54 <sup>Ab</sup>		620.00±12.00 <sup>Ac</sup>		1828.5±3.54 <sup>Bc</sup>	
		2	89.14±0.00 <sup>Aa</sup>		900.00±2.80 <sup>Ab</sup>		1990.0±1.41 <sup>Aa</sup>	
		4	89.34±0.08 <sup>Aa</sup>		975.00±5.50 <sup>Aa</sup>		1881.5±9.19 <sup>Bb</sup>	
	R	0	82.96±0.70 <sup>Ab</sup>		412.50±0.98 <sup>Ad</sup>		1803.5±3.54 <sup>Ac</sup>	
		1	86.69±0.46 <sup>Aa</sup>		522.50±1.60 <sup>Bc</sup>		1908.0±15.56 <sup>Aab</sup>	
		2	88.16±0.02 <sup>Ca</sup>		692.50±0.85 <sup>Bb</sup>		1894.0±5.56 <sup>Bb</sup>	
		4	88.74±0.02 <sup>Ba</sup>		880.00±11.00 <sup>Ba</sup>		1938.0±4.24 <sup>Aa</sup>	
	U	0	82.96±0.70 <sup>Ab</sup>		412.50±0.98 <sup>Ac</sup>		1803.5±3.54 <sup>Ab</sup>	
		1	86.90±0.41 <sup>Aa</sup>		597.50±3.90 <sup>Ab</sup>		1921.5±3.54 <sup>Aa</sup>	
		2	89.01±0.00 <sup>Ba</sup>		677.50±7.20 <sup>Ba</sup>		1907.5±9.19 <sup>Ba</sup>	
		4	89.16±0.06 <sup>Aa</sup>		692.50±2.00 <sup>Ca</sup>		1921.5±13.44 <sup>ABa</sup>	

(b)

\* Aynı sütunda küçük harflerdeki farklılık (a-d) aynı ekstraksiyonda (M: Maserasyon ekstraksiyon, R: Reflüks ekstraksiyon, U: Ultrasonik destekli ekstraksiyon) konsantrasyonlar arası farkın, büyük harflerdeki farklılık ise aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

\*\* Propolis ekstraktları antioksidan aktivite ve fenolik madde analizi için 100 defa seyreltilmiştir.

Keklere artan oranlarda (%0, 1, 2 ve 4) propolis eklenmesi ile antioksidan aktivite değerlerinin ve toplam fenolik madde miktarlarının istatistiki olarak anlamlı ölçüde ( $p<0,05$ ) artmasına neden olmuştur. Tüm ekstraksiyon yöntemlerine göre en yüksek biyoaktif niteliklere %4 propolis ilavesi durumunda ulaşılmıştır. Aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu, antioksidan aktivite açısından en yüksek değerlerin maserasyon ekstraksiyon ile elde edildiği, en yüksek antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğine %4 oranında maserasyon ekstraksiyon ile üretilmiş propolis ilavesi ile ulaşıldığı belirlenmiştir. En düşük fenolik madde içeriğinin ise ultrasonik destekli

ekstraksiyonla elde edilen propolisli kek örneklerinde olduğu tespit edilmiştir.

Bazı gıda modellerine propolis başta olmak üzere farklı arı ürünlerinin ilavesi ve biyoaktivite üzerine sınırlı sayıda yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada meyveli yoğurt örneklerine farklı oranlarda propolis ilavesi yapılması durumunda, propolis oranına bağlı olarak DPPH %inhibisyon oranının ve toplam fenolik madde miktarının arttığı tespit edilmiştir (Güney, 2016). Farklı bir çalışmada ise yoğurda propolis ve bal ilave edilmesi durumunda antioksidan aktivite (% inhibisyon) ve toplam fenolik madde miktarını artırdığı belirtilmiştir (Kıran, 2021).

**Kek Örneklerinin Duyusal Özellikleri**

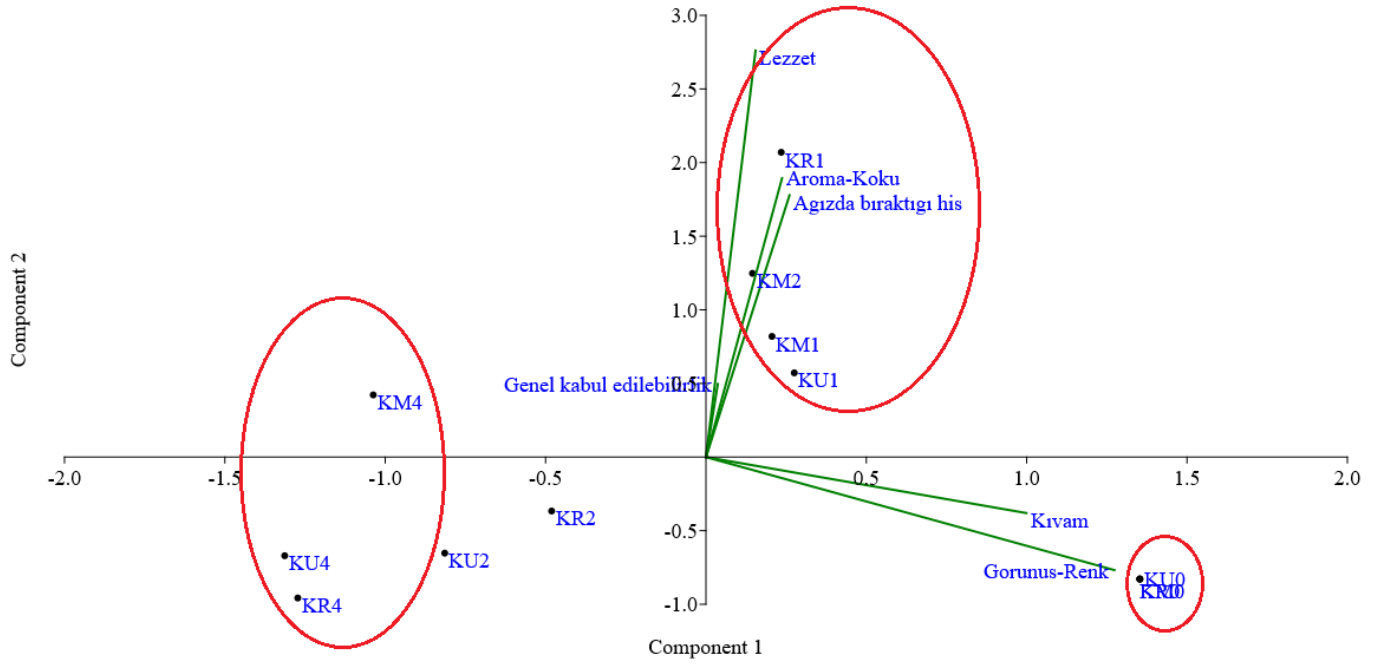
Farklı metotlar ile ekstrakte edilen kestane propolis ilave edilmiş kek örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Maserasyon ekstrakte propolis ilaveli kek örneklerinde, propolis ilavesindeki artışa bağlı olarak kek örneklerinin duyusal beğeni skorlarında düşüş olmakla birlikte, bu durum istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Bu durum, maserasyon yöntemi ile elde edilen propolisin dört farklı oranda kullanımının da kabul edilebilir olduğu, kekin duyusal niteliklerinde önemli bir değişime neden olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Refluks ekstrakte propolisin farklı oranlarda kullanımı durumunda lezzet ve çiğneme

özelliklerindeki değişimler önemsiz bulunmakla birlikte, %4 propolis ilavesiyle renk, şekil simetrisi, görünüş, doku, tatlılık ve iç renk; %2 propolis ilavesiyle birlikte de pişme düzgünlüğü ve genel kabul edilebilirlik niteliklerinde önemli değişim ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir. Ultrasonik destekli ekstraksiyonla üretilen propolis ilaveli kek örneklerinde, şekil simetrisi görünüş ve genel kabul edilebilirlik niteliklerine ait beğeni skorları %1 kullanım ile birlikte; renk ve doku %2 ilave oranı; pişme düzgünlüğü, tatlılık, iç renk ve lezzet ise %4 kullanım oranı ile birlikte önemli ( $p<0.05$ ) değişim göstermiştir. Bu durum ultrasonik destekli ekstraksiyonla elde edilen propolisin kekte kullanımını sınırlandırmakta %1 kullanımda dahi duyusal beğeni skorlarındaki düşüş önemli olmaktadır.

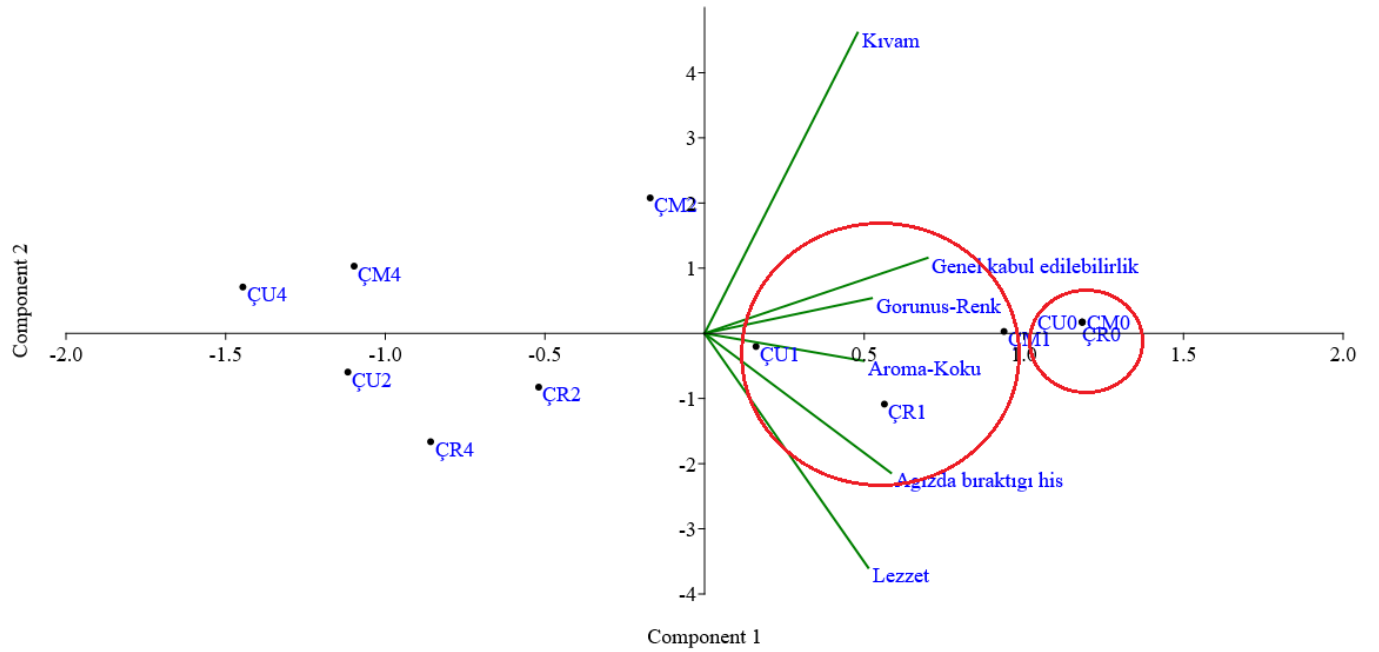
**Tablo 3.** Kestane propolis ilave edilmiş kestane ve çiçek balının duyusal değerlendirme sonuçları**Table 3.** Sensory evaluation results of chestnut and flower honey added with chestnut propolis

Bal	Ekstraksiyon tipi	Propolis içeriği (%)	Görünüş- Renk	Kıvam	Aroma-Koku	Lezzet	Ağızda bıraktığı his	Genel kabul edilebilirlik
Kestane balı	M	0	5.00±0.00 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.60±0.49 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
		1	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	4.00±0.63 <sup>Aab</sup>	2.60±0.49 <sup>Aa</sup>	2.60±0.49 <sup>Aa</sup>	2.20±0.40 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		2	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	3.80±0.40 <sup>Ab</sup>	2.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.20±0.40 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
		4	2.60±0.49 <sup>Ac</sup>	2.80±0.40 <sup>Ac</sup>	3.00±0.63 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	1.60±0.49 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
	R	0	5.00±0.00 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.60±0.49 <sup>Aab</sup>	2.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
		1	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	3.80±0.40 <sup>Ab</sup>	3.00±0.00 <sup>Aa</sup>	3.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.60±0.49 <sup>Aa</sup>	2.00±0.00 <sup>Aa</sup>
		2	3.00±0.63 <sup>Abc</sup>	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	2.20±0.40 <sup>Aab</sup>	2.00±0.00 <sup>Ab</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.00±0.00 <sup>Aa</sup>
		4	2.60±0.49 <sup>Ac</sup>	2.60±0.49 <sup>Ac</sup>	2.00±0.63 <sup>Ab</sup>	1.60±0.49 <sup>Ab</sup>	1.60±0.49 <sup>a</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
	U	0	5.00±0.00 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.60±0.49 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
		1	4.00±0.00 <sup>Ab</sup>	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	2.80±0.40 <sup>Aa</sup>	2.20±0.40 <sup>Aa</sup>	2.40±0.49 <sup>Aa</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		2	3.00±0.00 <sup>Ac</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	2.00±0.40 <sup>Aa</sup>	1.60±0.49 <sup>Aa</sup>	1.80±0.40 <sup>Aa</sup>
		4	2.20±0.40 <sup>Ad</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.00±0.63 <sup>Aa</sup>	1.80±0.00 <sup>Aa</sup>	1.60±0.49 <sup>Aa</sup>	1.60±0.49 <sup>Aa</sup>
Çiçek balı	M	0	4.60±0.49 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	4.40±0.49 <sup>Aa</sup>	4.20±0.40 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		1	4.40±0.49 <sup>Aa</sup>	4.60±0.49 <sup>Aa</sup>	4.00±0.00 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>	3.80±0.75 <sup>Aa</sup>
		2	3.60±0.49 <sup>Aab</sup>	4.40±0.49 <sup>Aab</sup>	3.20±0.40 <sup>Ab</sup>	2.80±0.40 <sup>Ab</sup>	2.60±0.49 <sup>Ab</sup>	3.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		4	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	2.80±0.40 <sup>Ab</sup>	2.40±0.49 <sup>Ab</sup>	2.00±0.63 <sup>Ab</sup>	1.60±0.49 <sup>Ab</sup>
	R	0	4.60±0.49 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	4.40±0.49 <sup>Aa</sup>	4.20±0.40 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Ab</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		1	4.40±0.49 <sup>Aab</sup>	3.80±0.40 <sup>Ab</sup>	3.80±0.40 <sup>Aab</sup>	3.80±0.40 <sup>Aab</sup>	3.80±0.40 <sup>Aab</sup>	3.40±0.49 <sup>Aa</sup>
		2	3.60±0.49 <sup>Ab</sup>	3.20±0.40 <sup>Ab</sup>	3.20±0.40 <sup>Ab</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.80±0.75 <sup>Abc</sup>	2.20±0.40 <sup>Ab</sup>
		4	2.60±0.49 <sup>Ac</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	3.40±0.49 <sup>Aab</sup>	2.40±0.49 <sup>Ac</sup>	2.00±0.63 <sup>Ab</sup>
	U	0	4.60±0.49 <sup>Aa</sup>	4.80±0.40 <sup>Aa</sup>	4.40±0.49 <sup>Aa</sup>	4.20±0.40 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>	4.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		1	4.20±0.40 <sup>Aa</sup>	4.00±0.00 <sup>Aa</sup>	3.20±0.40 <sup>Ab</sup>	3.80±0.40 <sup>Aa</sup>	3.00±0.63 <sup>Aab</sup>	3.00±0.63 <sup>Aa</sup>
		2	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.60±0.49 <sup>Ab</sup>	2.60±0.49 <sup>Ab</sup>	2.40±0.49 <sup>Abc</sup>	1.60±0.49 <sup>Ab</sup>
		4	2.80±0.40 <sup>Ab</sup>	3.00±0.63 <sup>Ab</sup>	2.40±0.49 <sup>Ab</sup>	2.00±0.63 <sup>Ab</sup>	1.80±0.40 <sup>Ac</sup>	1.60±0.49 <sup>Ab</sup>

\* Aynı sütunda küçük harflerdeki farklılık (a-d) aynı ekstraksiyonda (M: Maserasyon ekstraksiyon, R: Refluks ekstraksiyon, U: Ultrasonik destekli ekstraksiyon) konsantrasyonlar arası farkın, büyük harflerdeki farklılık ise aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.



(a)



(b)

**Şekil 3.** Kestane propolis ekstraktlı Kestane (a) ve Çiçek balı (b) karışımlarının duyu özelliklerinin temel bileşen analizi grafikleri

**Figure 3.** Principal component analysis graphs of sensory properties of mixtures of Chestnut (a) and Flower honey (b) prepared with chestnut propolis extract

**Tablo 4.** Kestane propolis ekstraktı ilaveli kek örneklerinin renk değerleri**Table 4.** Color values of chestnut propolis extract added cake samples

Ekstraksiyon tipi	Propolis içeriği (%)	İç			Dış		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
M	0	59.42±1.81 <sup>Aab</sup>	2.54±0.21 <sup>Ac</sup>	23.38±0.65 <sup>Aa</sup>	42.12±0.33 <sup>Aa</sup>	17.88±0.27 <sup>Aa</sup>	30.78±0.60 <sup>Aa</sup>
	1	61.79±1.83 <sup>Aa</sup>	3.21±0.46 <sup>Ab</sup>	24.70±0.60 <sup>Aa</sup>	42.20±0.83 <sup>Aab</sup>	18.67±0.57 <sup>Aa</sup>	31.34±0.81 <sup>Aa</sup>
	2	61.20±2.80 <sup>Aa</sup>	3.35±0.40 <sup>Ab</sup>	25.07±0.62 <sup>Aa</sup>	41.65±0.50 <sup>Aab</sup>	19.09±0.43 <sup>Aa</sup>	31.98±0.33 <sup>Aa</sup>
	4	56.26±2.17 <sup>Ab</sup>	4.36±0.22 <sup>Aa</sup>	26.01±0.45 <sup>Aa</sup>	39.02±0.37 <sup>Ab</sup>	19.82±0.31 <sup>Aa</sup>	32.54±0.61 <sup>ABa</sup>
R	0	59.42±1.81 <sup>Aa</sup>	2.54±0.21 <sup>Ad</sup>	23.38±0.65 <sup>Aa</sup>	42.12±0.33 <sup>Aab</sup>	17.88±0.27 <sup>Aa</sup>	30.78±0.60 <sup>Aa</sup>
	1	57.17±1.66 <sup>Aab</sup>	3.36±0.20 <sup>Ac</sup>	24.79±0.80 <sup>Aa</sup>	43.79±0.99 <sup>Aa</sup>	18.84±0.51 <sup>Aa</sup>	20.80±0.91 <sup>Bb</sup>
	2	55.22±1.69 <sup>Ab</sup>	4.05±0.18 <sup>Ab</sup>	25.01±0.48 <sup>Aa</sup>	41.88±0.29 <sup>Aab</sup>	18.75±0.55 <sup>Aa</sup>	28.19±0.35 <sup>Aa</sup>
	4	54.11±0.27 <sup>Ab</sup>	4.59±0.23 <sup>Aa</sup>	25.98±0.70 <sup>Aa</sup>	39.09±0.71 <sup>Ab</sup>	19.81±0.28 <sup>Aa</sup>	31.19±0.29 <sup>Ba</sup>
U	0	59.42±1.81 <sup>Aa</sup>	2.54±0.21 <sup>Ad</sup>	23.38±0.65 <sup>Aa</sup>	42.12±0.33 <sup>Aab</sup>	17.88±0.27 <sup>Ab</sup>	30.78±0.60 <sup>Ab</sup>
	1	62.49±1.57 <sup>Aa</sup>	3.13±0.15 <sup>Ac</sup>	24.36±0.41 <sup>Aa</sup>	44.08±0.36 <sup>Aa</sup>	18.44±0.45 <sup>Ab</sup>	32.76±0.64 <sup>Aab</sup>
	2	60.46±1.63 <sup>Aa</sup>	3.50±0.17 <sup>Ab</sup>	25.01±0.50 <sup>Aa</sup>	43.17±0.58 <sup>Aab</sup>	20.16±0.70 <sup>Aab</sup>	34.20±0.67 <sup>Aab</sup>
	4	58.63±0.82 <sup>Aa</sup>	4.26±0.24 <sup>Aa</sup>	25.71±0.54 <sup>Aa</sup>	40.97±0.31 <sup>Ab</sup>	21.13±0.30 <sup>Aa</sup>	34.95±0.44 <sup>Aa</sup>

\* Aynı sütunda küçük harflerdeki farklılık (a-d) aynı ekstraksiyonda (M: Maserasyon ekstraksiyon, R: Refluks ekstraksiyon, U: Ultrasonik destekli ekstraksiyon) konsantrasyonlar arası farkın, büyük harflerdeki farklılık ise aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

**Tablo 5.** Kestane propolis ekstraktı ilaveli kek örneklerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içerikleri**Table 5.** Antioxidant activities and total phenolic contents of chestnut propolis extract added cake samples

Ekstraksiyon tipi	Propolis içeriği (%)	Antioksidan aktivite (%inhibisyon)	Toplam fenolik madde ( $\mu\text{g GAE /g}$ )
M	0	11.97±0.90 <sup>Ad</sup>	285.0±3.20 <sup>Ad</sup>
	1	25.73±0.25 <sup>Ac</sup>	402.5±1.80 <sup>Bc</sup>
	2	37.48±1.20 <sup>Ab</sup>	432.5±2.00 <sup>Bb</sup>
	4	47.67±0.85 <sup>Aa</sup>	917.5±0.95 <sup>Aa</sup>
R	0	11.97±0.90 <sup>Ac</sup>	285.0±3.20 <sup>Ad</sup>
	1	18.65±0.90 <sup>Bb</sup>	422.5±1.70 <sup>Ac</sup>
	2	24.64±1.20 <sup>Bb</sup>	455.0±2.20 <sup>Ab</sup>
	4	35.62±2.30 <sup>Ba</sup>	862.5±0.90 <sup>Ba</sup>
U	0	11.97±0.90 <sup>Ac</sup>	285.0±3.20 <sup>Ac</sup>
	1	24.18±0.70 <sup>Ab</sup>	292.5±0.25 <sup>Cc</sup>
	2	26.83±0.50 <sup>Bab</sup>	350.0±0.60 <sup>Cb</sup>
	4	30.29±0.90 <sup>Ba</sup>	360.8±0.40 <sup>Ca</sup>

\* Aynı sütunda küçük harflerdeki farklılık (a-d) aynı ekstraksiyonda (M: Maserasyon ekstraksiyon, R: Refluks ekstraksiyon, U: Ultrasonik destekli ekstraksiyon) konsantrasyonlar arası farkın, büyük harflerdeki farklılık ise aynı konsantrasyondaki ekstraksiyonlar arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğunu göstermektedir.

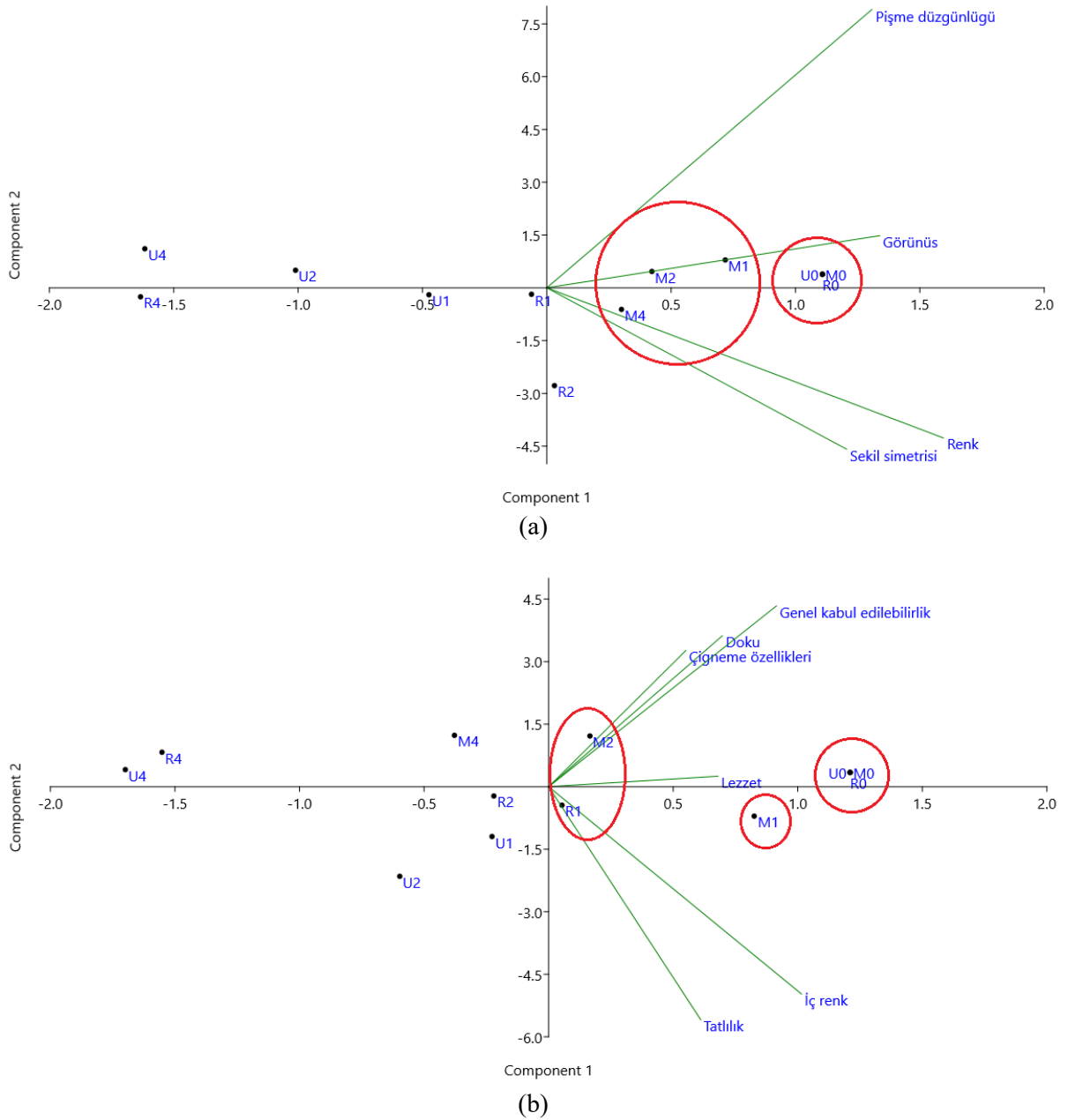
Tablo 6. Kestane propolisi ilave edilmiş kek örneklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları

Table 6. Sensory evaluation scores of chestnut propolis extract added cake samples

Ekstraksiyon tipi	Propolis içeriği (%)	Dış özellikler				İç özellikler					
		Şekil simetrisi	Renk	Pişme düzgünlüğü	Görünüş	Doku (Gözenek)	Çiğneme özellikleri	Tatlılık	İç renk	Lezzet	Genel kabul edilebilirlik
M	0	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>
	1	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>ab</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>
	2	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,00±0,71 <sup>a</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	3,80±0,45 <sup>ab</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,20±0,45 <sup>a</sup>	4,40±0,45 <sup>a</sup>
	4	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,40±0,89 <sup>a</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,20±0,84 <sup>a</sup>	4,20±0,84 <sup>a</sup>	4,20±1,09 <sup>a</sup>	3,80±0,45 <sup>ab</sup>	3,80±1,10 <sup>a</sup>	4,00±1,00 <sup>a</sup>	4,20±0,84 <sup>a</sup>
R	0	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>
	1	4,00±0,71 <sup>ab</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,20±0,84 <sup>ab</sup>	4,20±0,84 <sup>ab</sup>	4,40±0,55 <sup>ab</sup>	4,40±0,89 <sup>a</sup>	4,40±0,55 <sup>ab</sup>	4,20±0,45 <sup>a</sup>	4,00±1,00 <sup>a</sup>	4,20±0,84 <sup>ab</sup>
	2	4,60±0,55 <sup>ab</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	3,80±0,84 <sup>b</sup>	4,00±0,71 <sup>ab</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	4,40±0,55 <sup>a</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	4,00±1,00 <sup>a</sup>	4,00±0,71 <sup>a</sup>	4,00±0,00 <sup>b</sup>
	4	3,80±0,45 <sup>b</sup>	3,20±0,84 <sup>b</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	3,20±0,84 <sup>b</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	3,80±0,84 <sup>a</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	2,80±0,45 <sup>b</sup>	3,60±0,55 <sup>a</sup>	3,40±0,55 <sup>b</sup>
U	0	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,60±0,55 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	4,80±0,45 <sup>a</sup>	5,00±0,00 <sup>a</sup>
	1	4,00±0,00 <sup>b</sup>	4,20±0,83 <sup>ab</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	4,00±0,71 <sup>a</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	4,20±0,84 <sup>a</sup>	4,00±0,71 <sup>ab</sup>	4,00±0,71 <sup>b</sup>
	2	3,80±0,45 <sup>b</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	4,00±0,70 <sup>ab</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	4,20±0,45 <sup>a</sup>	4,20±0,45 <sup>ab</sup>	4,00±0,00 <sup>a</sup>	4,00±1,00 <sup>ab</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>
	4	3,40±0,55 <sup>b</sup>	3,20±0,45 <sup>b</sup>	3,80±0,84 <sup>b</sup>	3,40±0,55 <sup>b</sup>	3,40±0,55 <sup>b</sup>	4,00±1,00 <sup>a</sup>	3,60±0,55 <sup>b</sup>	2,80±0,45 <sup>b</sup>	3,40±0,55 <sup>b</sup>	3,20±0,45 <sup>b</sup>

\*Aynı sütündeki farklı harfler (a-c) veriler arası farkın istatistiksel olarak önemli ( $p < 0,05$ ) olduğunu göstermektedir.

\*\* M: meserasyon ekstraksiyon, R: Refluks ekstraksiyon U: Ultrasonik destekli ekstraksiyon



**Şekil 4.** Kestane propolis ekstraktlı kek örneklerinin dış (a) ve iç (b) özelliklerine ait duyu analizi temel bileşen analizi grafikleri

**Figure 4.** Principal component analysis graphics of sensory analysis results of crust (a) and crumb (b) properties of chestnut propolis extract added cake samples

Panelistler tarafından, özellikle %4 propolis ekstraktı ilavesi sonucu kek iç rengindeki değişim panelistlerce beğenilmemiştir. Hem iç hem de dış renk açısından maserasyon ekstrakte propolis ilaveli keklerin renkleri refluks ve ultrasonik destekli propolis ekstraktı ilaveli örnekler göre daha koyu bulunmuştur. Tatlılık açısından en yüksek değeri kontrol keki alırken, %4 propolis ilaveli keklerde tatlılığın azaldığı belirtilmiştir ki, bu durum belirli oranın üzerinde propolis ilavesinin kekteki tatlılığı baskılaması olarak yorumlanmıştır. Genel bir sonuç olarak keklerin kabul edilebilirliği üzerinde propolis ekstraksiyon yönteminin ve propolis ilave oranının etkili olduğu görülmüştür. Acun ve Gül (2021), tarafından yapılan bir çalışmada mikroenkapsüle çam propolisinin top kek üretiminde kullanımı duyuşsal özellikler açısından incelenmiş, propolis kullanım oranının artmasıyla keklerin iç renklerine dair tüketici beğenisinin azaldığı tespit edilmiştir. Tekstür, çiğnenebilirlik, ağızda dağılma, koku, aroma, tat/lezzet ve genel kabul edilebilirlik puanlarının da mikro-enkapsüle çam propolisi ilave edilme oranının artmasıyla azaldığını belirtmişlerdir. Duyuşsal özellikleri bir bütün olarak incelediklerinde ise %6 oranına kadar mikroenkapsüle çam propolisi ilave edilerek üretilen fonksiyonel özellikteki keklerin duyuşsal özellikler açısından önemli bir farklılık oluşturmadığı sonucuna varmışlardır.

Panele alınan ürün çeşitliliği ve incelenen niteliklerin sayısındaki fazlalık göz önünde bulundurularak propolis ekstraksiyon metodu ve ekstrakt kullanım oranının ürün duyuşsal kalite nitelikleri açısından kümelenme eğilimini ifade edebilmek ve benzer ürün gruplarını tespit edebilmek için Temel Bileşen Analizi tekniği uygulanmış ve elde edilen grafikler Şekil 4’de verilmiştir.

Şekil 4a’da görüldüğü üzere, dış duyuşsal özellikler (pişme düzgünlüğü, görünüş, renk ve şekil simetrisi) açısından en yüksek skora sahip ürünler propolis ilave edilmemiş kontrol örnekleridir (M0, R0 ve U0) ve grafikte bir arada kümelendikleri görülmektedir. Bu ürünlere en yakın kek örnekleri sırasıyla M1, M2 ve M4 olarak belirlenmiştir. Grafikte birbirlerine yakın olarak kümelendikleri görülmektedir ki beğeni skoru açısından benzer buldukları şekilde yorumlanabilir. Diğer örnekler ise farklı dağılımlar göstermiş, beğeni skoru en düşük kekler %4 propolis ilaveli R4 ve U4 örnekleri bir arada kümelenmiş ve benzer nitelikte oldukları yorumlanmıştır. Program tarafından, iç duyuşsal özelliklerinden “Doku, Çiğneme özellikleri, Genel kabul edilebilirlik” bir arada değerlendirilirken, lezzet ayrı, tatlılık ve iç renk ise bir arada gruplanmış ve kek örnekleri aldıkları beğeni skorları doğrultusunda Şekil 2b’de kümelenmişlerdir. İç özellikler açısından da propolis ilave edilmemiş M0, R0 ve U0 örnekleri en yük-

sek beğeni skorlarına sahip örnekler olarak bir arada kümelenmişlerdir. Kontrol örneklerine en yakın yani en benzer olan örnek M1 örneği olarak grafikte konumlandırılırken, bunu R1 ve M2 örnekleri takip etmiştir. İç duyuşsal örneklerde de en düşük beğeni skoruna sahip %4 propolis ilaveli R4 ve U4 örnekleri benzer olarak bir arada kümelenmişlerdir.

## Sonuç

Arı ürünleri insanlar için yüzyıllardır ilgi odağı olmuş hem günlük diyet içerisinde önemli bir besin maddesi olarak hem de fonksiyonel nitelikleri itibarıyla apiterapik amaçlı tüketilmiştir. En çok bilinen arı ürünü bal olmakla birlikte, antioksidan, antibakteriyel, antienflamatuvar gibi özellikleri açısından propolis geçmişten günümüze en önemli bal dışı arı ürünleri arasında yer almıştır. Propolis bu metabolik etkileri yapısında bulunan mineraller, esansiyel yağlar, organik maddeler ve polifenoller gibi bileşenlerden kaynaklanırken, bu bileşenler de propolisin elde edildiği bölgenin ekolojik koşulları, toplama şekli ve bölgenin sahip olduğu flora ile direkt ilişkilidir. Bu çalışmada kestane florasındaki arı kovanlarından hasat edilmiş ve baskın polen içeriği kestane olan, ham propolisden elde edilmiş sıvı ekstraktların iki farklı gıda modelinde kullanımıyla ürün biyoaktif nitelikleri ve duyuşsal beğenisine etkisi bir arada değerlendirilmiştir. Çalışma sonucu kestane balının propolis ilavesiz haliyle de antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı açısından çiçek balından daha yüksek olduğu, çiçek balına propolis ilavesi sonucu, polifloral çiçek balının biyoaktif niteliklerinin monofloral bir bal olan kestane balına eşit düzeye çıkarılabildiği belirlenmiştir ki bu sonuç ayçiçeği balı gibi kısmen besinsel ve aromatik açıdan zayıf ve nispeten daha az değerli görülen balların besinsel açıdan takviyesi ve zenginleştirilmesi nedeniyle önemlidir. Kestane balı renk yoğunluğu yüksek ve koyu renkli bir bal olması nedeniyle propolis ilavesi hem görsel hem de renk yoğunluğu ölçümü açısından önemli bir fark oluşturmazken, çok daha açık renkli çiçek balında renk yoğunluğunu önemli derecede artırdığı belirlenmiştir. Çiçek ve kestane balına propolis ilavesi karışımının antioksidan ve fenolik madde değerini artırdığından, bal-propolis karışımının günlük diyetle dahil edilerek apiterapik bir ürün olarak kullanımı tavsiye edilebilir. Hem biyoaktif nitelikler hem de ürün modellerinin tüketici beğenisi açısından ekstraksiyon yöntemlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Propolis, polifenollerce zengin ve buna bağlı yüksek antioksidan aktivitesiyle hem ilave edildiği gıda maddesine depolama sürecinde antioksidan ve antimikrobiyal aktivite sağlayabileceği gibi, hem de tüketici grubu için ürüne fonksiyonel nitelik sağlayacaktır. Bu çalışmada pişmiş ürün modeli olarak ele alınan kekler propolis ilavesi biyoaktif ve duyuşsal beğeni nitelikleri açısından incelenirken, kek üretiminin en önemli problemi olan raf ömrü süresince

küflenme sorununa etkisi incelenebilecek ayrı bir konu olarak görülmektedir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda, propolisin ilave edildiği gıda modellerine sağlayacağı biyoaktif, besinsel ve fonksiyonel niteliklerin yanı sıra gıda raf ömrü ve depolama nitelikleri üzerindeki etkilerinin de incelenmesi faydalı olacaktır.

### Etik Standartlar ile Uyumluluk

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

**Etik izin:** Çalışma etik izin gerektirmemektedir.

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

**Finansal destek:** Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (KÜBAP) tarafından KÜ-BAP01/2021-14 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

**Teşekkür:** Yazarlar desteğinden dolayı KÜBAP'a teşekkür ederler.

**Açıklama:** Bu çalışma Sevde Nur ŞENOL YAZKAN'ın yüksek lisans tez verilerinden hazırlanmıştır.

### Kaynaklar

**Acun, S., Gül, H. (2021).** Mikroenkapsüle çam propolisinin top kek üretiminde kullanılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 1205-1217. <https://doi.org/10.21597/jist.855038>

**Ahn, M. R., Kumazawa, S., Usui, Y., Nakamura, J., Matsuka, M., Zhu, F., Nakayama, T. (2007).** Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China. *Food Chemistry*, 101, 1383-1392. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.045>

**Anjum, S., Ullah, A., Khan, K., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Dash, C. (2019).** Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.013>

**Atasoy, R., Hendek Ertop, M. (2021).** Assessment of nutritional and bioactive properties for gluten-free tarhana containing various legumes and cereals. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7), e15606. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15606>

**Baltrusaityte, V., Venskutonis, P.R., Ceksteryte, V. (2007).** Radical scavenging activity of different floral origin honey and bee dreed phenolic extract. *Food Chemistry*, 101, 502-514.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.007>

**Bankova, V., Bertelli, D., Borba, R., Conti, B.J., Da Silva Cunha, I. B., Danert, C., Zampini, C. (2019).** Standard methods for *Apis mellifera* propolis research. *Journal of Apicultural Research*, 58(2), 1-49.

<https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1222661>

**Bayram, N. E. (2015).** Hakkari Bölgesi Propolislerinin Botanik Orijininin Ve Kimyasal İçeriğinin Saptanması. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

**Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Facino, R.M. (2005).** Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 533(2), 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.010>

**Burdock, G.A. (1998).** Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food And Chemical Toxicology*, 36, 347-363.

[https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(97\)00145-2](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(97)00145-2)

**Büyüktuncel, E. (2012).** "Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri" *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 2, 209-242.

**Castaldo, S., Capasso, F. (2002).** Propolis, an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia*, 73, S1-S6.

[https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00185-5)

**Chi Y., Luo L., Cui M., Hao Y., Liu T., Huang X., Guo X. (2020).** Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of Chinese propolis. *Chemistry & Biodiversity*, 17(1), e1900489.

<https://doi.org/10.1002/cbdv.201900489>

**Coşkun, P., İnci. H. (2020).** Propolisin kimyasal içeriği ile antibakteriyel, antiviral ve antioksidan aktivitesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 1053-1070.

<https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol4iss4pp1051-1068>

**Coşkun, N.Ö. (2020).** Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Propolis Enkapsülasyonu Yüksek Lisans Tezi, *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Aydın.



Çiftçi, F. (2015). Propolisin Yoğurt Üretiminde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun.

Dedebaş, T., Çapar, T.D., Ekici, L., Yalçın, H. (2021). Yağlı tohumlarda ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ve avantajları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 313-322.

Estevinho, L., Pereira, A.P., Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, E. (2008). Antioxidant and antimicrobial effect of phenolic compounds extracts of northeast Portugal honey. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 3774-3779. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.062>

Gallo, M., Ferrara, L., Naviglio, D. (2018). Application of ultrasound in food science and technology: A Perspective, *Foods*, 7 (10), 164. <https://doi.org/10.3390/foods7100164>

Ghisalberti, E.L., (1979). Propolis: A review, *Bee World*, 60, 59-84. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1979.11097738>

Güney, F. (2016). Bazı Propolis Özülerinin Meyveli Yoğurtların Biyokimyasal, Fizikokimyasal ve Raf Ömrü Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu.

Habryka, C., Socha, R., Juszczak, L. (2020). The effect of enriching honey with propolis on the antioxidant activity, sensory characteristics, and quality parameters. *Molecules*, 25(5), 1176. <https://doi.org/10.3390/molecules25051176>

Halliwell, B., Gutteridge, J. M. (2015). Free Radicals in Biology and Medicine. 5th Edition. USA: Oxford University Press. ISBN: 9780198717478 (Online ISBN: 9780191802133)

Hayta, M., Hendek Ertop, M. (2017). Optimisation of sourdough bread incorporation into wheat bread by response surface methodology: bioactive and nutritional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(8), 1828-1835. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13457>

Jung, E., Weon, J.B., Ji, H., You, J., Oh, S.Y. Kim, H., Park, D. (2020). Comparative study of the biological activity

of propolis extracts with various countries of origin as cosmetic materials. *Journal of the School of Cosmetic Science of Korea*, 46(2), 159-166.

Kassim, M., Achoui, M., Mustafa, M.R., Mohd, M.A., Yusoff, K.M. (2010). Ellagic acid, phenolic acids, and flavonoids in Malaysian honey extracts demonstrate in vitro anti-inflammatory activity. *Nutrition Research*, 30, 650-659. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.08.008>

Khalil, M.I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifa, M., Islam, M.A., Sulaiman, S.A., Gan, S.H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Algerian honey, *Molecules*, 17, 11199-11215. <https://doi.org/10.3390/molecules170911199>

Kıran, M.D. (2021). Farklı Kültür Çeşidi Ve Prebiyotik Kaynak Kullanarak Üretilen Balı Propolisli Yoğurtların Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Manisa.

Margeretha, I., Suniarti, D.F., Herda, E.M., Alim, Z. (2012). Optimization and comparative study of different extraction methods of biologically active components of Indonesian propolis *Trigona* spp, *Journal of Natural Products*, 5, 233- 242.

Mattila, P., Pihlava, J., Hellstro, J., (2005). Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products, *Journal of The Agricultural Food Chemistry*, 53, 8290-8295. <https://doi.org/10.1021/jf051437z>

Mendonça, M.A.D., Ribeiro, A.R., Lima, A.K.D., Bezerra, G.B., Pinheiro, M.S., de Júnior, R.L., Cardoso, J.C. (2020). Red propolis and its dyslipidemic regulator formononetin: evaluation of antioxidant activity and gastroprotective effects in rat model of gastric ulcer. *Nutrients*, 12 (10), 2951. <https://doi.org/10.3390/nu12102951>

Michalska, A., Ceglinska, A., Amarowicz, R., Piskula, M. K., Szawara-Nowak, D., Zielinski, H. (2007). Antioxidant contents and antioxidative properties of traditional rye breads, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 734-740. <https://doi.org/10.1021/jf062425w>

Moon, J.K., Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 57, 1655-1666.

<https://doi.org/10.1021/jf803537k>

**Moreno, M.I.N., Isla, M.I., Sampietro, A.R., Vattuone, M.A. (2000).** Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*, 71, 109–114.

[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(99)00189-0)

**Nori, M. P., Favaro Trindade, C.S., De Alencar, S.M., Thomazini, M., De Camargo Balieiro, J.C., Castillo, C.J. C. (2011).** Microencapsulation of propolis extract by complex coacervation. *LWT-Food Science and Technology*, 44(2), 429-435.

**Oses, S.M., Pascual Mate, A., Fernandez Muiño, M.A., Lopez Díaz, T.M., Sancho, M.T. (2016).** Bioactive properties of honey with propolis, *Food Chemistry*, 196, 1215–1223.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.050>

**Rizzello, C.G., Curiel, J.A., Nionelli, L., Vincentini, O., Cagno, R.D., Silano, M., Gobbetti, M., Coda, R. (2014).** Use of fungal proteases and selected sour dough lactic acid bacteria for making wheat bread with an intermediate content of gluten. *Food Microbiology*, 37, 59-68.

<https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.06.017>

**Shahidi, F., Naczki, M. (1995).** Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. *Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications*, 287-293.

**Silici, S., Kutluca, S. (2005).** Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honey bees in the same region. *Journal of Ethnopharmacology*, 99, 69–73.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.046>

**Silici, S., Sagdic, O., Ekici, L. (2010).** Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of rhododendron honeys, *Food Chemistry*, 121 238–243.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.078>

**Soylu, P., Bayram, B. (2020).** Bal, propolis, arı sütü, çivan

perçemi (*Achillea millefolium*) ve ekinezya (*Echinacea paradoxa*) karışımından fonksiyonel gıda üretimi, ürünün fiziko-kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 9(1), 25-38.

**Şeker, İ.T., Hendek Ertop, M., Hayta, M. (2016).** Physicochemical and bioactive properties of cakes incorporated with gilaburu fruit (*Viburnum opulus*) pomace. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(2), 261-266.

<https://doi.org/10.3920/QAS2014.0542>

**Şenol Yazkan, S.N. (2022).** Kestane Propolisinden Bioaktif Bileşik Ekstraksiyon Proseslerinin Yüzey Yanıt Yöntemi İle Optimizasyonu Ve Ekstraktların Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

**Taş-Küçükaydın, M., Tel-Çayan, G., Çayan, F., Küçükaydın, S., Çiftçi, B. H., Ceylan, Ö., Duru, M. E. (2023).** Chemometric classification of chestnut honeys from different regions in Turkey based on their phenolic compositions and biological activities. *Food Chemistry*, 415, 135727.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135727>

**Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (No: 2020/07).** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm> (erişim tarihi 17.07.2023).

**Yıldız, O. (2011).** Bir Gıda Maddesi Olarak Kestane Poleninin Kimyasal Bileşimi, Biyoaktif Özellikleri ve Karaciğer Hasarını Önlemedeki Rolü. Doktora Tezi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.

**Yıldız, O., Karahalil, F., Can, Z., Sahin, H., Kolaylı, S. (2014).** Total monoamine Oxidase (MAO) inhibition by chestnut honey, pollen and propolis. *Journal Of Enzyme Inhibition And Medicinal Chemistry*, 29(5), 690–694.

<https://doi.org/10.3109/14756366.2013.843171>

**Zalibera, M., Stasko, A., Slebodova, A., Jancovicova, V., Cermakova, T., Brezova, V. (2008).** Antioxidant and radical-scavenging activities of Slovak honeys—An electron paramagnetic resonance study. *Food Chemistry*, 110(2), 512-521.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.015>