

## TRAKYA YÖRESİ BALLARININ MİNERAL İÇERİĞİ VE BAZI TİPİK KALİTE PARAMETRELERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Demet Apaydın<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>Hittit Üniversitesi, Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çorum, Türkiye

<sup>2</sup>Hittit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Çorum, Türkiye

Geliş / Received: 20.06.2022; Kabul / Accepted: 09.09.2022; Online baskı / Published online: 28.09.2022

Apaydın, D. (2022). Trakya yöresi ballarının mineral içeriği ve bazı tipik kalite parametreleri açısından değerlendirilmesi. GIDA (2022) 47 (5) 804-819 doi: 10.15237/gida. GD22057

Apaydın, D. (2022). Assessment of thrace region honeys in terms of mineral content and some typical quality parameters. GIDA (2022) 47 (5) 804-819 doi: 10.15237/gida. GD22057

### ÖZ

Çalışmanın amacı, Trakya bölgesi çiçek ve salgı ballarının mineral içeriği ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesidir. Bu amaçla Trakya Bölgesi'nde yerel olarak üretilen 16 adet ayçiçeği, 2 adet karaçalı, 3 adet kanola, 3 adet meşe ve 1 adet ıhlamur balı olmak üzere toplam 25 adet bal örneğinde 8 farklı mineral (Ca, Fe, K, Mg, Na, Zn, P, Se) düzeyi ve bazı tipik kalite parametreleri (çözünür kuru madde, pH, elektriksel iletkenlik, serbest asitlik, HMF ve şeker içeriği) analiz edilmiştir. Bal örneklerinin mineral içerikleri İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ile analiz edilmiştir. Ballarda en çok bulunan mineraller sırasıyla potasyum, fosfor ve kalsiyum olup 18.91–1018.74, 244.40–429.98 ve 8.50–140.82 mg/kg arasında belirlenmiştir. Kalite parametreleri ortalama olarak pH 4.42 (3.86-6.54), çözünür kuru madde 81.4°Bx (79.3-83.0), serbest asitlik 15.66 mEq/kg (9.00-28.00), HMF 13.00 mg/kg (0.16-33.45), elektriksel iletkenlik 595 µS/cm (207-1376), glukoz %33.66 (25.51-38.58), fruktoz %38.17 (33.32-47.91), sakkaroz %0.17 (0.01-0.67) olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bal, mineral içerik, ICP-OES, fizikokimyasal özellik, HMF, pH

### ASSESSMENT OF THRACE REGION HONEYS IN TERMS OF MINERAL CONTENT AND SOME TYPICAL QUALITY PARAMETERS

#### ABSTRACT

The aim of the study is to determine the mineral content and some quality parameters of Thrace region floral and honeydew honeys. Quality parameters such as soluble solid, pH, electrical conductivity, free acidity, sugar content and mineral content (Ca, Fe, K, Mg, Na, Zn, P, Se) were determined and evaluated in 25 honey samples including 16 sunflower, 2 gorse, 3 canola, 3 oak and 1 linden honey locally produced in Trace Region, Turkey. Mineral contents of the samples were determined by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES). The most abundant minerals were potassium, phosphorus and calcium, ranging between 18.91–1018.74, 244.40–429.98 and 8.50–140.82mg/kg, respectively. The mean values were determined as pH 4.42 (3.86-6.54), soluble dry matter 81.4°Bx (79.3-83.0), free acidity 15.66 mEq/kg (9.00-28, 00), HMF 13.00 mg/kg (0.16-33.45), electrical conductivity 595 µS/cm (207-1376), glucose 33.66% (25.51-38.58), fructose 38% .17 (33.32-47.91) and sucrose 0.17% (0.01-0.67).

**Keywords:** Honey, mineral content, ICP-OES, physicochemical property, HMF, pH

\* Yazışmalardan sorumlu yazar/ Corresponding Author

✉: demetapaydin22@gmail.com

☎: (+90) 364 219 2886

☎: (+90) 364 219 2855

Demet Apaydın; ORCID no: 0000-0002-7769-849x

## GİRİŞ

Bal, tüm dünyada ekonomik öneme sahip, besleyici değeri yüksek bir gıda maddesidir (Kadri vd., 2017) Arılar tarafından üretilen ve doğal bir gıda olan bal, başta fruktoz ve glukoz olmak üzere şekerler, su, organik asitler, enzimler, amino asitler, mineraller, vitaminler, aromatik maddeler, pigmentler ve polen tanelerinden oluşmaktadır (Biluca vd., 2017; Marcolin vd., 2021). Balın bileşimi, rengi, aroması ve tadı nektar ve polen toplamada kullanılan çiçek türlerine (Sousa vd., 2016), iklim, coğrafik orijin gibi bazı faktörlere ve arı türlerine (Biluca vd., 2016), bağlıdır. Bu özellikler ayrıca hava koşullarından, işleme, paketlenme ve depolama süresinden de etkilenmektedir (Escuredo vd., 2014).

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde bal kaynağına göre çiçek balı ve salgı balı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Çiçek balı bitki nektarından elde edilen balı, salgı balı bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin (*Hemiptera*) salgılarından elde edilen balları tanımlamaktadır (Anonymous, 2020). Türkiye'de, en fazla üretilen monofloral (tek çiçek) bal ayçiçeği balıdır. Ülkemizde ayçiçeği balı, bal ihracatında çam balından sonra ikinci sırada yer almaktadır (Şen, 2019). Kanola balı, yüksek verimli ve kaliteli bir yağlı tohum olan kanola bitkisinin (*Brassica napus* L.) çiçeklerinden üretilen bir çiçek balıdır. Türkiye'nin Marmara ve Trakya bölgelerinde sınırlı olarak üretimi yapılan karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.) balı bir çiçek balıdır. Latince *Paliurus spina-christi* Miller olarak adlandırılan karaçalı, *Rhamnaceae* familyasına ait bir çalı bitkisidir (Malkoç vd., 2019). Meşe ağacı (*Quercus*) salgısından elde edilen meşe balı ise bir salgı balı olup siyaha yakın koyu kahverengi rengindedir. Meşe balının açık renkli ballara göre daha fazla mineral ve antioksidan madde içerdiği bilinmektedir (Şen, 2019).

Bal üretimi açısından son derece uygun bir konumda olan Türkiye'de arıcılık, binlerce yıldır sürdürülen önemli bir tarımsal faaliyetir (Kahraman vd., 2010). Arıcılık için uygun ortam sağlayan ülkemizin zengin bitki örtüsü, coğrafyası ve iklim şartları sayesinde Türkiye'de bal üretimi

oldukça gelişmiştir. 2020 yılında dünyada üretilen 1.770.119 kg balın 104.077 kg'ı Türkiye'de üretilmiştir (FAOSTAT, 2020). Türkiye'nin kuzey batısında yer alan Trakya ise, Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi ile sınırlı olan, arıcılık için önemli kültür bitkilerinin yetiştirildiği bir bölgedir. Karadeniz kıyılarından başlayarak güneyde Marmara Denizi'ne kadar ekstrem koşullarda yetişebilen özellikteki çok zengin nektar ve polen kaynaklarına sahiptir. Trakya yöresinin iklimi ve floral koşulları arıcılığa elverişli ortam oluşturmada ve bölgenin kuzey kısımları ülkemizin üstün nitelikli bal veren coğrafi yörelerimizden sayılmaktadır (Sıralı ve Deveci, 2002).

Balın kalitesi genellikle fizikokimyasal, duyu ve mikrobiyolojik parametrelerle değerlendirilmektedir. Balın kalitesini değerlendiren ve farklı bal türlerini ayırt etmek için kullanılan nem,  $a_w$ , şeker bileşimi, pH, asitlik, kül, elektriksel iletkenlik, 5-hidroksimetilfurfural (HMF) ve renk gibi fizikokimyasal parametrelerini bildiren birçok makale bulunmaktadır (Boussaid vd., 2018; Lazarevic vd., 2012). Balın pH gibi fizikokimyasal özellikleri, depolama sırasında balın bozulma derecesini de tahmin etmeye yardımcı olabilmektedir (Machado De-Melo vd., 2018). Yüksek asitlik, balda bulunan şekerlerin organik asit, özellikle glukonik asit ve fosfat ve klorür gibi inorganik iyonlara fermantasyonunun bir göstergesidir (Ouchemoukh vd., 2007). HMF, taze ballarda bulunmadığı veya eser miktarda bulunduğu için bal tazeliliğinin bir parametresidir (Machado De-Melo vd., 2018). Bala ısı işlem uygulaması, balın ticari şekerlerle karıştırılması ile ya da depolama boyunca baldaki HMF konsantrasyonu artmaktadır (Machado De-Melo vd., 2018). Öte yandan, balın düşük nem içeriği, çok az sayıda mikroorganizmanın hayatta kalmasına izin verebilirken, yüksek nem içeriği, balda şekeri fermente eden ve tadını değiştiren maya ve diğer mikroorganizmaların gelişmesine neden olabilmektedir (Chirife vd., 2006). Balın elektriksel iletkenliği, botanik orijinin yanı sıra mineral içeriği ve inorganik iyonlarla ve bir şekilde organik asitler, proteinler ve elektrolitler olarak hareket edebilen şekerler, polioller ve polen taneleri gibi diğer bileşenlerle doğrudan ilişkilidir

(Machado De-Melo vd., 2018). Ayrıca, Rahman vd. (2014), balın elektrik iletkenliği ve kül içeriğinin, mikroorganizmaların gelişmesini belirleyebilecek organik asitler ve makro-mineral ve diğer bazı temel eser elementlerin varlığını işaret ettiğini bildirmiştir. Balın fizikokimyasal özellikleri, balın besin değeri üzerinde de etkili olan bitkinin polen ve nektar çeşitlerinden de etkilenmektedir (El Sohaimy vd., 2015).

Farklı bal türlerinin mineral içeriği, botanik kökenini ve bitki ve nektarın bulunduğu toprağın türünü yansıtmaktadır (Alqarni vd., 2014). Balın mineral içeriği %0.04-0.2 (P. M. da Silva vd., 2016) aralığında değişmekte olup, Alqarni vd. (2014) yaptığı çalışmada bazı bal çeşitlerinin %1'den fazla olduğunu bildirmiştir. Potasyum, bitkisel kaynaklı bir gıda maddesi olan balda en fazla bulunan element olup, toplam mineral içeriğinin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (P. M. da Silva vd., 2016; Sakaç vd., 2019). Potasyumdan sonra balda en fazla bulunan makro elementler kalsiyum, sodyum, fosfor ve magnezyum olup, iz miktarda bulunan manganez ve demir de kritik öneme sahiptir (Alqarni vd., 2014; Sakaç vd., 2019; Machado De-Melo vd., 2018). Son zamanlarda, balın metal içeriğinin analizi, balın orijinini ayırt etmenin alternatif ve kolay bir yöntemi haline gelmiştir. Balın tağşişi kalite parametreleri kullanılarak belirlenebilmekte olup balın mineral içeriğinin analizine dayanarak karakterizasyonun yapılması tağşişin önlenmesi açısından da oldukça önemlidir (da Silva vd., 2016; Alda-Garcilope vd., 2012).

Çalışmamızın amacı, Trakya'nın farklı kesimlerinde üretilen farklı çeşitlerdeki balların kalite özelliklerinin (pH, serbest asitlik, elektriksel iletkenlik, HMF, şeker içeriği), mineral içeriklerinin (Ca, Fe, K, Mg, Na, Zn, P, Se) ortaya konması, standartlara uygunluk düzeyinin belirlenmesidir. Bu kapsamda hem Trakya yöresi ballarının kalite standardı için referans niteliği sağlayarak balların orijinallik tanımlamasına ve izlenebilirliğine katkıda bulunulması hem de elde edilen bilgilerle üreticiye fayda sağlanması hedeflenmektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışma kapsamında Trakya'nın Kırklareli (41° 38' 37.159" N 27° 26' 26.004" E), Edirne (41° 37' 55.064" N 26° 45' 16.027" E) ve Tekirdağ (41° 2' 5.729" N 27° 9' 42.359" E) illerindeki arıcılardan temin edilen 25 adet bal örneği kullanılmıştır. Ayçiçeği (*Helianthus annuus*) bitkisinden üretilen ayçiçeği balı, kanola (*Brassica napus*) bitkisinden üretilen kanola balı, karaçalı bitkisinin (*Paliurus spina-Christi Miller*) çiçeklerinden üretilen karaçalı balı, ıhlamur (*Tilia Cordata*) bitkisinden üretilen ıhlamur balı, meşe ağacı (*Quercus*) salgısından elde edilen meşe balı örnekleri analizlerde kullanılmıştır. Bu kapsamda 2020 ve 2021 üretim yıllarına ait 16 adet ayçiçek, 2 adet karaçalı, 3 adet kanola, 3 adet meşe, 1 adet ıhlamur balı analiz edilmiştir. Bal örneklerine ait detaylı bilgiler Çizelge 1'de yer almaktadır. Numuneler analize kadar karanlıkta, ağız kapalı cam şişelerde ve oda sıcaklığında muhafaza edilmişlerdir. Çalışmada kullanılan kimyasalların hepsi analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma (St. Louis, MO, ABD) firmalarından temin edilmiştir.

### Yöntem

#### Fizikokimyasal analizler

Balların fizikokimyasal analizleri (çözünür kuru madde, serbest asitlik, pH ve elektriksel iletkenlik) Harmonised Methods of the International Honey Commission (Anonymous, 2009) tarafından açıklanan yöntemlere göre yapılmıştır. Çözünür kuru madde değeri (Brix) 20°C'de el tipi bal refraktometresi ile ölçülmüştür (Isolab, 0-90 Brix). Refraktometre prizmasının üzerine birkaç damla bal konulmuş ve doğrudan ölçekten bir okuma yapılmıştır. Serbest asitlik, sulu bir bal çözeltisi (10g/75 mL ultra saf su) kullanılarak titrimetrik yöntemle belirlenmiştir, sulu bal çözeltisi, 0.1 M NaOH ile pH 8.3'e titre edilmiştir. pH, bir pH metre (Inspected, Tayvan) ile %20 (w/v) sulu bal çözeltisinde ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik, %20 (w/v; kuru madde bazında) sulu bal çözeltisi kullanılarak bir iletkenlik ölçer (Inspected, Tayvan) ile ölçülmüştür.

Çizelge 1. Bal örnekleri ait bilgiler  
Table 1. Information about honey samples

Bal Örnekleri <i>Honey Samples</i>	Örnek ismi <i>Sample name</i>	Lokasyon <i>Location/Collected area</i>	Yıl <i>Year</i>
Meşe balı	M1	Kırklareli Kıyıköy	2021
Meşe balı	M2	Kırklareli Çukurpınar	2020
Meşe balı	M3	Kırklareli Demirköy	2020
Karaçalı Balı	K1	Tekirdağ	2020
Karaçalı Balı	K2	Edirne Havsa	2020
Ihlamur balı	I	Tekirdağ	2021
Kanola balı	K3	Edirne Havsa	2021
Kanola balı	K4	Edirne Havsa	2021
Kanola balı	K5	Edirne Havsa	2021
Ayçiçek balı	A1	Edirne Havsa	2020
Ayçiçek balı	A2	Edirne Necatiye	2020
Ayçiçek balı	A3	Edirne Uzunköprü	2020
Ayçiçek balı	A4	Tekirdağ	2020
Ayçiçek balı	A5	Kırklareli	2020
Ayçiçek balı	A6	Kırklareli Pınarhisar	2020
Ayçiçek balı	A7	Tekirdağ Karacakılavuz	2020
Ayçiçek balı	A8	Tekirdağ Saray	2020
Ayçiçek balı	A9	Tekirdağ Süleymanpaşa	2020
Ayçiçek balı	A10	Tekirdağ	2021
Ayçiçek balı	A11	Tekirdağ	2021
Ayçiçek balı	A12	Tekirdağ	2021
Ayçiçek balı	A13	Tekirdağ	2021
Ayçiçek balı	A14	Edirne	2021
Ayçiçek balı	A15	Tekirdağ	2021
Ayçiçek balı	A16	Tekirdağ	2021

### Şeker profili

Balın şeker profili, yüksek oranlardaki şeker içeriğinden dolayı bal türlerinin ayrımında kullanılan uygun kalite kriterlerinden biridir. Bu kapsamda, bu çalışmada baldaki şeker içeriğinin (fruktoz, glukoz ve sakkaroz) ve oranlarının tespiti TS 13359 (2008) standardında belirtildiği şekilde yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC, Thermo Scientific)(ERC Detector ile ve kolonu) (GL Sciences 4.6 x 250 mm 5 µm intertsil NH<sub>2</sub> kolon, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Buna göre; seyreltilmiş bal çözeltileri 0.45 µm'lik filtrelerden geçirilerek akış hızı 1.3 mL/dak, kolon sıcaklığı 30°C, enjeksiyon hacmi 25 µL ve asetonitril/su oranı 75mL:25mL olan hareketli fazdaki HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Standart olarak fruktoz, glukoz ve sakkaroz kullanılmıştır. Şekerleri nicel olarak tayin etmek için, standart çözeltilerden elde edilen

kromatogramdaki ilgili şeker türüne karşılık gelen piklerin alanları standart konsantrasyonuna göre ayrı ayrı grafiğe geçirilmiştir. Numune kromatogramlarındaki pik alanları her bir şeker için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak elde edilen değerler, standart grafikleri ile karşılaştırılarak örneklerin şeker içerikleri hesaplanmıştır.

### HMF tayini

HMF (hidroksimetilfurfural) miktarı analizi, International Honey Commission tarafından belirtilen metoda göre yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC, Thermo Scientific) (DIONEX UltiMate 3000, Fluorescence Detector ile) ve kolonu ( ODS HYPERSİL 4,6 x 250 mm 5 µm kolon) kullanılarak yapılmıştır (Anonymous, 2009). Buna göre; seyreltilmiş bal çözeltileri 0.45 µm'lik filtrelerden geçirilerek akış hızı 1.0 mL/dak, kolon sıcaklığı 30°C, enjeksiyon

hacmi 25 µL ve metanol/su oranı 10 mL:90 mL olan hareketli fazdaki HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Sonuçlar mg/kg olarak ifade edilmiştir.

### Mineral analizi

0.01 g hassasiyette 0.3 g bal örneği, 50 mL'lik erlene tartılmış, ardından 2 mL %30'luk hidrojen peroksit (Merck, Almanya) ve 5 mL %65'lik nitrik asit (SigmaAldrich, ABD) ilave edilmiştir. Erlen ultrasonik su banyosuna konarak 1 dk boyunca çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra erlendeki karışım, 100 mL'lik Teflon kaba aktarılmış ve kapağı kapatılmıştır. Teflon kaplar mikrodalga yakma ünitesine (Berghof Instruments, Speedwave, Almanya) konmuş ve kademeli bir şekilde yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işleminin bitmesinin ardından soğuyan renkli çözeltiler polipropilen tüplere transfer edilerek analize hazır hale getirilmiştir.

Mineral analizi Eş Zamanlı İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazı (Thermo Scientific iCap 6000 Dual view, Cambridge, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir (Zawawi vd., 2022). Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Demir (Fe), Çinko (Zn), Magnezyum (Mg), Sodyum (Na), Fosfor (P), Selenyum (Se) 'nın toplam konsantrasyonları mg element / kg bal birimi ile ifade edilmiştir (Vanhanen vd., 2011).

### İstatistiksel Analizler

Bu çalışmadaki tüm fizikokimyasal ve bileşimsel verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmelerinde ve IBM SPSS (versiyon 22.0) programı kullanılmıştır. Bal örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler ise Pearson korelasyon katsayıları ile yine IBM SPSS (versiyon 22.0) programı kullanılarak belirlenmiştir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

### Bal kalite analizleri

Trakya'nın farklı bölgelerinden elde edilen farklı çeşitlerdeki balların suda çözünür kuru madde, pH, HMF, elektriksel iletkenlik, serbest asitlik değerlerine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmektedir. Bal örneklerindeki suda çözünür kuru madde içerikleri 79.3-83.0°Bx aralığında değişmekte olup, ortalama 81.4°Bx olarak tespit

edilmiştir. Çeşitli araştırmalara ait literatür çalışmaları incelendiğinde da benzer sonuçların (76.2-84.1°Bx) rapor edildiği görülmektedir (Güzel ve Bahçeci, 2020). Nem içeriği balın botanik kökenine, kovanda ulaşılan olgunluk düzeyine, işleme tekniklerine ve saklama koşullarına bağlıdır (Yücel, 2013). Nem içeriği balın viskozitesini, rengini, tadını, kristalleşmesini, tadını, çözünürlüğünü, özgül ağırlığını ve muhafazasını etkilemektedir (Escuredo vd., 2013). Balın uygun olgunlukta hasat edilmesi önemlidir, çünkü bal higroskopiktir ve proses sırasında atmosferdeki nemi emebilir (Karabagias vd., 2014).

Balın pH'sı genel olarak 3.2 ile 4.5 arasında kabul edilmekte (P. M. da Silva vd., 2016) ve bu pH aralığı patojenlerin gelişiminin önlenmesi için bir ortam yaratarak antimikrobiyal aktiviteye katkıda bulunmaktadır (Lund vd., 2020). Analiz edilen ayçiçek balı örneklerinde pH değeri 3.95-4.58 aralığında, kanola balı örneklerinde bu değer 3.86-4.65 aralığında, meşe balı örneklerinde 4.28-4.31 aralığında tespit edilirken ve ıhlamur balında pH 4.15 olarak ölçülmüştür. Karaçalı balı örneklerinde ise pH 6.53 ve 6.54 olarak ölçülmüştür (Çizelge 2). Yasal mevzuatta balın pH'sı ile ilgili bir sınırlandırma olmamasına rağmen bu sonuçlar, literatürdeki farklı orijinlerden elde edilen bal örneklerinden elde edilen değerlerle uyum içerisindedir. Şen (2019) yaptığı çalışmada, Trakya yöresi karaçalı balı örneklerinin pH değerlerini 5.27-5.94 arasında tespit etmiştir. Güzel ve Bahçeci (2020) Çorum yöresi ballarının pH değerlerinin 3.55-4.20 (ortalama 3.83) aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Akdeniz vd., (2012) yaptıkları araştırmada karaçalı ballarının ortalama pH değerini 5.9, ayçiçek ballarının ortalama pH değerini ise 4.29 olarak tespit etmişlerdir. Hepsağ (2019) Anzer Yaylası'nın endemik çiçeklerinden üretilen anzer ballarında yaptığı çalışmada balların pH değerini 3.74 ile 4.08 arasında tespit etmiştir. Bu parametre, balın ekstraksiyonu ve depolanması sırasında önemlidir, çünkü stabiliteyi, tekstürü ve raf ömrünü etkilemektedir (Terrab vd., 2002). Bu parametredeki (pH) değişiklik, coğrafi köken ve botanik ve mineral içeriklerinden etkilenebilmektedir (Vanhanen vd., 2011).

Çizelge 2. Bal örneklerinin suda çözünür kuru madde, pH, serbest asitlik, elektriksel iletkenlik, HMF değerleri

Table 2. Soluble solid, pH, free acidity, electrical conductivity, HMF of honey samples

Örnek ismi Sample name	Çözünür kuru madde Soluble solid (°Bx)	pH	Serbest Asitlik Free acidity (mEq /kg)	Elektriksel iletkenlik Electrical conductivity (µS/cm)	HMF (mg/kg)	
Meşe balı	M1	81.2±0.3	4.29±0.01	11.52±0.12	859±5	4.10±0.70
	M2	81.0±0.0	4.31±0.01	23.00±0.33	1318±1	1.72±0.22
	M3	81.0±0.0	4.28±0.01	19.25±0.75	846±1	1.65±0.31
Karaçalı Balı	K1	80.5±0.0	6.53±0.03	9.03±0.15	1376±1	0.30±0.00
	K2	79.5±0.0	6.54±0.02	9.00±0.50	1375±1	0.16±0.00
Ihlamur balı	I	81.0±0.0	4.15±0.04	9.73±0.18	695±4	33.45±0.81
Kanola balı	K3	82.0±0.0	3.86±0.02	13.20±0.18	274±2	10.13±0.33
	K4	82.0±0.0	3.96±0.01	13.9±0.62	266±3	5.03±0.26
	K5	80.0±0.0	4.65±0.05	15.40±0.80	207±3	17.21±0.73
Ayçiçek balı	A1	83.0±0.0	4.52±0.07	24.50±0.50	504±1	7.54±0.41
	A2	81.0±0.0	4.35±0.01	12.00±0.50	387±1	13.19±0.09
	A3	81.5±0.0	4.14±0.01	10.00±0.50	398±1	1.45±0.13
	A4	83.0±0.0	4.42±0.07	24.50±0.50	502±1	10.27±0.30
	A5	83.0±0.0	3.98±0.02	19.00±0.50	475±5	20.50±0.24
	A6	81.5±0.0	4.09±0.01	10.00±0.50	388±1	14.78±0.19
	A7	81.0±0.0	4.31±0.01	11.70±0.50	377±1	23.22±0.36
	A8	81.5±0.0	4.04±0.00	28.00±0.50	615±1	30.31±0.66
	A9	81.5±0.0	4.14±0.01	10.00±0.50	393±1	25.13±2.08
	A10	79.3±0.3	4.46±0.03	11.50±0.12	453±3	9.66±0.28
	A11	82.7±0.6	4.58±0.02	11.40±0.12	400±4	15.71±0.61
	A12	80.8±0.3	4.40±0.02	19.80±0.12	566±2	29.06±1.02
	A13	81.5±0.0	4.48±0.02	13.50±0.12	506±3	7.37±0.47
	A14	80.5±0.0	3.95±0.01	14.60±0.24	533±5	31.50±0.52
	A15	83.0±0.0	3.98±0.02	19.00±0.50	485±5	5.38±0.65
	A16	81.5±0.0	4.04±0.00	28.00±0.50	675±1	6.13±0.10
En düşük Min.		79.3	3.86	9.00	207	0.16
En yüksek Max.		83.0	6.54	28.00	1376	33.45
Ortalama Mean		81.4	4.42	15.66	595	13.00

Ballarda serbest asitlik parametresi, coğrafi kökene, çiçek türüne ve arı türüne bağlı olarak organik asit dengesi nedeniyle değişkenlik göstermektedir. Mevsimlerin ve çiçek türlerinin etkisi ile bal asitliğinde önemli farklılıklar görülebilmektedir. *Apis mellifera* balında izin verilen maksimum asitlik 50 mEq/kg'dır (Codex Alimentarius, 1981). Serbest asitlik değeri baldaki bozulmanın değerlendirilmesi açısından da önemli

işaretlerden olup 50 mEq/kg üzerinde tespit edilen değerler, potansiyel olarak fermantasyona bağlı şekerlerin organik asitlere dönüşmüş olabileceğinin bir göstergesidir. (Sousa vd., 2016). En önemli kalite kriterlerinden biri olan serbest asitlik değeri bal örneklerinde 9.00 mEq /kg (K2) ile 28.00 mEq/kg (A16) arasında tespit edilmiştir. Analiz edilen tüm bal örnekleri serbest asitlik açısından değerlendirildiğinde, tüm örneklerin

serbest asitlik değerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2020) limit değer olarak belirtilen 50 mEq/kg değerinin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Benzer şekilde Gültekin-Özgül vd. (2020) ülkemizin çeşitli yörelerinde üretilen çiçek ballarının fizikokimyasal özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında serbest asitlik değerini 18.1-39.6 mEq/kg arasında tespit etmişlerdir. Hepsağ (2019) Anzer Yaylası çiçeklerinden üretilen anzer ballarında yaptığı çalışmada balların serbest asitlik değerini 9.65 ile 27.96 mEq/kg arasında tespit etmiştir. Kahraman vd. (2010), Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen balların fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada balların serbest asitlik değerini 6.94 ile 29.6 mEq/kg arasında tespit etmişlerdir, Aynı zamanda çalışmamızda bulunan veriler, karaçalı balı asitlik değerinin ayçiçek balı asitlik değerine göre daha düşük tespit edildiği Akdeniz vd. (2012) çalışması ile uyum içerisinde.

Elektriksel iletkenlik, bir malzemenin bir elektrik akımı iletme yeteneğini ifade etmektedir. Balın elektriksel iletkenliği, bal külü içeriği ve külün alkaliliği ile ilişkili olup inorganik iyonların, organik asitlerin ve proteinlerin varlığı ile bağlantılıdır. Çiçek balı ve salğı ballarının ayırmında bal kalite göstergesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Balın elde edildiği bitki kaynağının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Balın asitliği ve kül içeriği arttıkça elektriksel iletkenliği de artmaktadır (Conti vd., 2018; Machado De-Melo vd., 2018). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde çiçek balının elektriksel iletkenliği en fazla 0.8 mS/cm (800 µS/cm), salğı balı ve kestane balının ise en az 0.8 mS/cm (800 µS/cm) olmalıdır şeklinde ifade edilmiştir (Anonymous, 2020). Çalışma kapsamında analizi gerçekleştirilen ayçiçeği ballarının elektriksel iletkenlik değeri 377 µS ile 675 µS arasında tespit edilmiştir. Analiz edilen kanola ballarının elektriksel iletkenlik değerlerinin ayçiçek ballarının elektriksel iletkenlik değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. 3 adet kanola balının elektriksel iletkenliği 274, 266 ve 207 µS/cm olarak, 1 adet ıhlamur balının elektriksel iletkenliği ise 695 µS/cm olarak ölçülmüştür. Ayçiçeği, kanola ve ıhlamur ballarının elektriksel iletkenlik değerleri 800 µS/cm'nin altında olup araştırma kapsamında elde

edilen veriler söz konusu limit değerlerin içerisinde. Benzer şekilde Hepsağ (2019) yaptığı çalışmada 21 anzer balı örneğinin elektriksel iletkenlik değerini 0.26 ile 0.79 mS/cm arasında tespit etmiştir. Analizi gerçekleştirilen 2 adet karaçalı balının elektriksel iletkenlik değeri 1375 ve 1376 µS/cm olarak tespit edilmiş olup bu değer söz konusu limit değer üzerinde olmasına rağmen karaçalı balının çalışıldığı literatür ile uyum içerisinde. İletkenlik değeri aynı zamanda renk ile de ilişkilidir. Literatür çalışmaları incelendiğinde genel olarak daha açık renge sahip balların iletkenlik değerlerinin daha düşük olduğu, daha koyu renkteki balların da iletkenlik değerlerinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Güzel ve Bahçeci, 2020). Benzer şekilde Akdeniz vd. (2012) yaptıkları çalışmada karaçalı ballarının ortalama elektriksel iletkenlik değerini 0.718 mS/cm, ayçiçek ballarının ortalama elektriksel iletkenlik değerini ise 0.429 mS/cm olarak tespit etmişlerdir. Analiz edilen ballarda karaçalı balı genel görünüm itibari ile ayçiçek balından daha koyu renkli olup iletkenlik değeri de bunu doğrulamıştır. Analiz edilen salğı ballarından 3 adet meşe balının elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 859, 846, 1318 µS/cm olarak ölçülmüştür. Analizi gerçekleştirilen salğı ballarının tamamının elektriksel iletkenlik değeri 800 µS/cm'nin üzerinde olup Türk Gıda Kodeksi'ne uygundur.

HMF oluşumu, termal işlemler veya depolama sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sırasında baldaki şeker molekülünün dehidrasyonundan kaynaklanmaktadır (Pasiyas vd., 2017). Balda HMF varlığı, bal kalitesinin azalmasının ve genel kaybının bir göstergesi olup (Önür vd., 2018) in vitro olarak potansiyel olarak kanserojen olduğu tespit edilmiştir (Capuano & Fogliano, 2011). Bu nedenle, bu bileşiğin kontrol altına alınarak sınırlandırılması elzemdir ve 40 mg/kg'ı geçmemelidir. Analiz edilen tüm bal örnekleri HMF açısından değerlendirildiğinde, tüm örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2020) limit değer olarak belirtilen 40 mg/kg'ın altında HMF içerdiği görülmektedir. En önemli kalite kriterlerinden biri olan HMF değeri bal örneklerinde 0.16 mg/kg (K2) ile 33.45 mg/kg (I) arasında tespit edilmiştir.

Ayçiçek ballarının HMF içeriği 1.45 mg/kg (A3) - 31.5 mg/kg (A14) arasında, meşe ballarının HMF içeriği 1.65-4.1 mg/kg arasında, kanola ballarının HMF içeriği 5.03-17.21 mg/kg arasında, karaçalı ballarının HMF içeriği 0.16 ve 0.3 mg/kg ve ihlamur balının 33.45 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen HMF değerleri, literatürde belirtilen çeşitli çalışmalarda ortaya konan verilerle uyum içerisindedir. Nemo & Bacha (2021) Anfilo bölgesi ballarında 19.67-22.93 mg/kg HMF tespit etmişlerdir. Gültekin-Özgüven vd. (2020) ülkemizin farklı yörelerinde üretilen çiçek ballarının HMF değerlerini 1.22 mg/kg ve altında tespit etmişlerdir. Akdeniz vd. (2012) yaptıkları çalışmada karaçalı ballarının HMF değerini ortalama 6.3 mg/kg, ayçiçeği ballarının HMF değerini ise ortalama 11.34 mg/kg tespit etmişlerdir.

Çizelge 3'te Trakya yöresinden elde edilen balların fruktoz, glukoz ve sakkaroz içerikleri ile fruktoz/glukoz (F/G) oranı ve glukoz+fruktoz (G+F) toplamı verilmektedir. Analizi gerçekleştirilen ayçiçeği balı örneklerinin fruktoz miktarı %37.06-47.91 (ortalama %39.41), glukoz miktarı %28.04-38.58 (ortalama %35.07), sakkaroz miktarı ise %0.01-0.67 (ortalama %0.20) arasında değişim göstermektedir. Kanola balı örneklerinin fruktoz miktarı %36.71-37.48 (ortalama %37.03), glukoz miktarı %36.61-38.06 (ortalama %37.51), sakkaroz miktarı ise %0.01-0.12 (ortalama %0.06) arasında değişim göstermektedir. Karaçalı balı örneklerinin fruktoz miktarı %34.29 ve %34.80, glukoz miktarı %25.51 ve %25.86, sakkaroz miktarı ise %0.01 ve %0.03 olarak tespit edilmiştir. Ihlamur balının fruktoz, glukoz, sakkaroz miktarı sırasıyla %35.07, %28.44, %0.08 olarak tespit edilmiştir. Yasal mevzuatta bu şekerlerin bireysel değerlendirmeleri yerine toplam ve oransal değerlendirmelerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu anlamda Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2020) glukoz ve fruktoz içeriklerinin toplamı çiçek balları için en az %60 ve fruktoz /glukoz oranının ise kestane, akasya ve kekik gibi bazı ballar hariç 0.90-1.40 arasında olması gerektiği belirtilmiştir.

Analiz edilen tüm çiçek ballarında fruktoz ve glukozun toplam değeri %60'ın üzerinde, fruktoz/glukoz oranının ise 0.90-1.40 arasında olduğu belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2020) ballardaki sakkaroz oranının yalancı akasya, adi yonca, tatlı yonca, lavanta çiçeği balı gibi ballar dışında en fazla %5.00 olduğu ifade edilmiştir. Analiz edilen tüm çiçek ballarının sakkaroz oranının yasal mevzuata uygun olduğu tespit edilmiştir. Salgı balı olan meşe ballarındaki fruktoz miktarı %33.32, 36.36 ve %38.75, glukoz miktarı %27.8, %29.03 ve %31.35, sakkaroz miktarı ise %0.07, %0.18 ve %0.54 olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2020) salgı ballarının glukoz ve fruktoz içerikleri toplamının en az %45.00 ve fruktoz /glukoz oranının 1.00-1.40 arasında, sakkaroz oranının en fazla %5.00 olması gerektiği bildirilmiş olup meşe balları ilgili mevzuata uygundur. Balların şeker kompozisyonu ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmakta olup balın şeker içeriği üretildiği bölge ve nektar kaynaklarına göre büyük ölçüde değişebilmektedir.

Çizelge 4'te 25 adet balda bulunan her bir mineralin ortalama içeriği mg/kg ağırlık olarak verilmektedir. Bazı elementler çok küçük miktarlarda bulunurken diğerleri tespit edilememiştir. Genel olarak, bu çalışmada incelenen ballarda en çok bulunan elementler sırasıyla K, P, Ca ve Na'dır. Ballarda en çok bulunan mineraller sırasıyla potasyum, fosfor ve kalsiyum olup 18.91-1018.74, 244.40-429.98 ve 8.50-140.82 mg/kg arasında belirlenmiştir. Çalışmamız, balda en fazla bulunan elementlerin K, P, Ca olduğu çalışmalar ile uyum içerisindedir (González-Miret vd., 2005; Vanhanen vd., 2011). Sakač vd. (2019) Vojvodina ballarında yaptığı çalışmada ballarda en fazla tespit ettiği elementin K olduğunu ve bunu sırasıyla Ca, Mg, Zn ve Fe'nin izlediğini bildirmiştir. Yaptıkları çalışmada ayçiçeği balında K miktarını 217.00-1192.00 mg/kg arasında tespit etmişlerdir. Hepsağ (2019) Anzer Yaylası çiçeklerinden üretilen anzer ballarıyla yaptığı çalışmada ballarda en fazla bulunan minerallerin sırasıyla 1265.87-5887.65, 299.56-854.36, 289.41-591.45 ve 41.54-90.54 mg/kg arasında değişen K, Ca, Na ve Mg



## D. Apaydın

olduğunu bildirmiştir. González-Miret vd. (2005) İspanya Kanarya Adaları balında yaptıkları çalışmada bu üç elementi balda en bol bulunan mineraller olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan birçok çalışmada potasyumun, İspanya, Polonya, Slovenya, Portekiz ve İtalya'daki ballarda en bol bulunan element olduğu bildirilmiştir (Conti, 2000; Golob vd., 2005; Madejczyk & Baralkiewicz, 2008; L. R. Silva vd., 2009; Terrab

vd., 2005). Bu çalışmalarda kalsiyumun da diğer minerallerle karşılaştırıldığında yüksek seviyelerde olduğu bildirilmiştir. Balın mineral içeriği, bitkinin topraktan ve çevreden mineralleri emmesine bağlıdır (González-Miret vd., 2005). Balın mineral içeriği olumlu bir besinsel özelliği olup koyu bal türleri genellikle daha yüksek düzeyde mineral içermektedir (Vanhanen vd., 2011).

Çizelge 3. Bal örneklerinin şeker içerikleri

Table 3. Sugar contents of honey samples

Örnek ismi Sample name	Örnek kodu Sample code	Fruktoz, F Fructose (%)	Glukoz, G Glucose (%)	Sakkaroz Sucrose (%)	F/G	G+F (%)
Meşe balı	M1	36.39±0.76	29.03±0.81	0.07±0.01	1.25±0.01	65.42±1.57
	M2	33.32±0.71	27.80±0.55	0.54±0.08	1.20±0.00	61.12±1.26
	M3	38.75±0.30	31.35±0.60	0.18±0.03	1.24±0.01	70.10±0.90
Karaçalı Balı	K1	34.80±0.53	25.51±0.16	0.03±0.00	1.36±0.01	60.31±0.69
	K2	34.29±0.96	25.86±0.48	0.01±0.00	1.33±0.01	60.15±1.44
Ihlamur balı	I	35.07±0.88	28.44±0.91	0.08±0.01	1.23±0.01	63.51±1.79
Kanola balı	K3	36.89±0.57	38.06±0.71	0.12±0.02	0.97±0.00	74.95±1.28
	K4	37.48±0.67	36.61±0.29	0.04±0.00	1.02±0.01	74.09±0.96
	K5	36.71±1.11	37.87±0.37	0.01±0.00	0.97±0.02	74.59±1.48
Ayçiçek balı	A1	37.55±0.50	32.73±1.48	0.32±0.03	1.15±0.04	70.28±1.98
	A2	37.06±1.10	34.20±0.92	0.20±0.04	1.08±0.00	71.26±2.02
	A3	38.12±0.52	38.07±0.47	0.27±0.01	1.00±0.00	76.19±0.99
	A4	39.87±0.28	35.59±0.62	0.14±0.01	1.12±0.01	75.46±0.90
	A5	38.50±0.66	35.60±0.55	0.53±0.02	1.08±0.04	74.10±0.11
	A6	38.40±1.47	35.65±0.31	0.67±0.04	1.08±0.03	74.05±1.78
	A7	39.85±0.29	38.58±0.73	0.22±0.00	1.03±0.01	78.42±1.02
	A8	38.91±1.42	35.86±0.78	0.18±0.02	1.09±0.02	74.77±2.20
	A9	37.40±0.74	35.89±1.05	0.20±0.00	1.04±0.02	73.30±1.79
	A10	40.13±0.76	35.20±0.93	0.05±0.00	1.14±0.01	75.34±1.69
	A11	47.91±0.31	28.04±0.60	0.03±0.00	1.71±0.03	75.95±0.91
	A12	38.69±0.36	33.55±0.76	0.01±0.00	1.15±0.02	72.24±1.12
	A13	38.19±0.35	37.24±0.27	0.08±0.00	1.03±0.00	75.43±0.62
	A14	41.76±0.48	31.96±0.10	0.06±0.00	1.31±0.01	73.72±0.58
	A15	40.36±0.60	37.31±0.63	0.01±0.00	1.08±0.00	77.67±1.23
	A16	37.86±0.46	35.57±0.37	0.22±0.02	1.06±0.00	73.43±0.83
En düşük Min.		33.32	25.51	0.01	0.97	60.15
En yüksek Max.		47.91	38.58	0.67	1.71	78.42
Ortalama Mean		38.17	33.66	0.17	1.15	71.83

Çizelge 4. Bal örneklerinin mineral içerikleri (mg/kg; taze ağırlık)  
 Table 4. Mineral contents of honey samples (mg/ kg; fresh weight)

Örnek ismi Sample name	Örnek kodu Sample code	K	P	Mg	Ca	Na	Fe	Se	Zn
Meşe balı	M1	752.51	412.68	83.81	65.42	68.63	1.54	ND	0.51
	M2	891.15	429.98	142.44	74.12	73.09	2.68	ND	0.54
	M3	589.57	373.72	79.55	44.86	66.94	1.44	ND	0.38
Karaçalı Balı	K1	1018.74	262.68	13.94	30.88	91.36	1.04	ND	1.53
	K2	1015.19	353.27	32.87	37.98	101.27	1.91	ND	2.10
Ihlamur balı	I	539.20	403.84	84.98	65.86	69.76	21.00	ND	3.75
Kanola balı	K3	105.12	327.92	30.47	30.60	17.48	2.08	ND	0.57
	K4	116.56	338.92	31.60	28.08	18.76	2.16	ND	0.61
	K5	140.78	282.68	38.95	30.12	33.39	3.39	ND	1.27
Ayçiçek balı	A1	364.56	399.82	20.69	54.35	90.62	7.97	ND	0.71
	A2	282.80	337.97	18.83	41.28	70.12	0.41	ND	0.55
	A3	296.58	368.44	34.09	71.76	73.23	2.25	ND	0.56
	A4	201.70	377.25	22.85	52.87	68.37	1.06	ND	1.17
	A5	245.98	292.09	38.28	83.84	67.78	1.09	ND	0.85
	A6	196.36	343.35	31.01	64.17	56.03	4.99	ND	3.17
	A7	74.72	244.40	8.14	25.62	41.92	0.72	ND	0.56
	A8	142.64	277.69	20.54	140.82	55.38	2.84	ND	0.81
	A9	18.91	275.26	3.99	8.50	65.23	0.64	ND	0.20
	A10	378.52	284.25	64.29	90.38	47.93	3.25	ND	1.89
	A11	260.44	263.55	80.22	108.25	37.45	5.52	ND	1.70
	A12	376.71	291.63	81.44	81.14	29.44	2.84	ND	1.34
	A13	293.95	271.35	66.62	73.20	31.91	5.67	ND	20.35
	A14	200.11	298.46	33.82	41.46	35.30	3.26	ND	3.12
	A15	268.94	304.14	41.48	96.58	74.06	1.71	ND	2.03
	A16	508.97	294.55	52.71	102.80	76.30	1.20	ND	0.64
En düşük Min.		18.91	244.40	3.99	8.50	17.48	0.41	ND	0.20
En yüksek Max.		1018.74	429.98	142.44	140.82	101.27	21.00	ND	20.35
Ortalama Mean		371.23	324.40	46.30	61.80	58.47	3.31	ND	2.04

Çizelge 5'te bal örneklerinin çeşitli kalite parametreleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi verilmektedir. Yapılan çalışma korelasyon matrisine göre pH ile iletkenlik değeri arasında güçlü pozitif bir ilişki olduğunu kanıtlamıştır ( $r=0.685$ ). Bu sonuç pH ile iletkenlik arasında güçlü ilişki ( $r=0.399$ ) tespit eden Güzel ve Bahçeci (2020)'nin yaptığı çalışma ile uyum içerisindedir. Çizelge 5 ayrıca K ve iletkenlik arasında oldukça güçlü pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir (korelasyon katsayısı,  $r=0.941$ ). Aynı şekilde

korelasyon matrisi içerisinde öne çıkan önemli ilişkilerden biri de toplam mineral değer ve iletkenlik arasındadır. Toplam mineral değer ve iletkenlik arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ( $r=0.902$ ). Chua vd. (2012) ballarda multielement analizi ve fizikokimyasal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada toplam mineral değer ve iletkenlik arasında güçlü (korelasyon katsayısı,  $r = 0.963$ ) bir lineer ilişki tespit etmişlerdir. Balın elektriksel iletkenliği, bal külü içeriği ve toplam mineral içeriği ile ilişkili olup inorganik iyonların,

## D. Apaydın

organik asitlerin ve proteinlerin varlığı ile bağlantılıdır. Balın mineral içeriği ve kül içeriği

artıkça elektriksel iletkenliği de artmaktadır (Conti vd., 2018; Machado De-Melo vd., 2018).

Çizelge 5. Bal örneklerinin çeşitli kalite parametreleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi  
Table 5. Pearson correlation matrix between various quality parameters of honey samples

	pH	Elektriksel İletkenlik (µs) Electrical conductivity	HMF	Çözünür kuru madde Soluble solid	Fruktoz Fructose	Glukoz Glucose	Fruktoz+Glukoz Fructose+ Glucose	Fruktoz/Glukoz Fructose/ Glucose	Sakkaroz Sucrose
pH	1	.685**	-.377	-.446*	-.317	-.621**	-.631**	.433*	-.301
Elektriksel iletkenlik Electrical conductivity	.685**	1	-.393	-.366	-.512**	-.809**	-.875**	.452*	.005
HMF	-.377	-.393	1	-.022	.275	.174	.275	-.015	-.030
Çözünür kuru madde Soluble solid	-.446*	-.366	-.022	1	.357	.285	.400*	-.060	.284
Fruktoz Fructose	-.317	-.512**	.275	.357	1	.208	.680**	.392	-.179
Glukoz Glucose	-.621**	-.809**	.174	.285	.208	1	.859**	-.812**	.123
Fruktoz+Glukoz Fructose+Glucose	-.631**	-.875**	.275	.400*	.680**	.859**	1	-.403*	-.002
Fruktoz/Glukoz Fructose+ Glucose	.433*	.452*	-.015	-.060	.392	-.812**	-.403*	1	-.239
Sakkaroz Sucrose	-.301	.005	-.030	.284	-.179	.123	-.002	-.239	1
K	.689**	.941**	-.514**	-.403*	-.518**	-.827**	-.891**	.461*	-.059
Mg	-.125	.363	-.140	-.142	-.071	-.431*	-.360	.330	.059
Na	.482*	.636**	-.382	.003	-.404*	-.486*	-.576**	.208	.238
Fe	-.092	-.023	.371	.004	-.081	-.262	-.238	.183	-.046
Zn	.050	-.038	-.022	-.031	.033	.108	.098	-.073	-.128
P	-.089	.315	-.343	.106	-.461*	-.344	-.499*	.007	.290
Ca	-.252	.015	.107	.236	.369	.002	.195	.182	.101
Toplam mineral Total mineral	.552**	.902**	-.502*	-.308	-.500*	-.810**	-.869**	.444*	.024

\*\* korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (correlation is significant at the 0.01 level)

\* korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (correlation is significant at the 0.05 level)

Çizelge 5. (Devam). Bal örneklerinin çeşitli kalite parametreleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi  
Table 5. (Cont.) Pearson correlation matrix between various quality parameters of honey samples

	K	Mg	Na	Fe	Zn	P	Ca	Toplam mineral Total mineral
pH	.689**	-.125	.482*	-.092	.050	-.089	-.252	.552**
Elektriksel iletkenlik <i>Electrical conductivity</i>	.941**	.363	.636**	-.023	-.038	.315	.015	.902**
HMF	-.514**	-.140	-.382	.371	-.022	-.343	.107	-.502*
Çözünür kuru madde <i>Soluble solid</i>	-.403*	-.142	.003	.004	-.031	.106	.236	-.308
Fruktoz <i>Fructose</i>	-.518**	-.071	-.404*	-.081	.033	-.461*	.369	-.500*
Glukoz <i>Glucose</i>	-.827**	-.431*	-.486*	-.262	.108	-.344	.002	-.810**
Fruktoz+Glukoz <i>Fructose+Glucose</i>	-.891**	-.360	-.576**	-.238	.098	-.499*	.195	-.869**
Fruktoz/Glukoz <i>Fructose+ Glucose</i>	.461*	.330	.208	.183	-.073	.007	.182	.444*
Sakkaroz <i>Sucrose</i>	-.059	.059	.238	-.046	-.128	.290	.101	.024
K	1	.456*	.633**	.062	-.031	.404*	.020	.975**
Mg	.456*	1	-.058	.305	.151	.420*	.376	.571**
Na	.633**	-.058	1	.018	-.236	.399*	.051	.647**
Fe	.062	.305	.018	1	.265	.309	.141	.156
Zn	-.031	.151	-.236	.265	1	-.201	.103	-.035
P	.404*	.420*	.399*	.309	-.201	1	-.082	.548**
Ca	.020	.376	.051	.141	.103	-.082	1	.136
Toplam mineral <i>Total mineral</i>	.975**	.571**	.647**	.156	-.035	.548**	.136	1

\*\* korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (*correlation is significant at the 0.01 level*)\* korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (*correlation is significant at the 0.05 level*)**SONUÇ**

Bal bileşimindeki değişkenlik coğrafi köken, mevsimler, çiçek türleri ve arı türlerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. İncelenen Trakya yöresi bal çeşitlerinde sekiz mineral element tespit edilmiş ve seviyeler dünyanın başka yerlerinde

analiz edilen diğer bal türleriyle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada ortalama toplam mineral içerik, pH ve iletkenlik arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma; yasal mevzuatta herhangi bir sınırlandırma bulunmayan, fakat balın stabilitesini,

tekstürünü ve raf ömrünü etkileyen pH değerinin balın çeşitlerine göre mevzuata eklenmesi hususunda katkıda bulunarak bir referans sağlayabilir. Yapılan çalışma, Trakya yöresi ballarının kalite standardı için bir referans oluşturarak balların orijinallik tanımlamasına ve izlenebilirliğine katkıda bulunabilir. Ancak farklı çeşitlerdeki Trakya ballarının besin değeri ve biyoaktif işlevleri hakkında daha fazla bilgi edinmek için önemli sayıda örnek içeren daha geniş çalışmalar yapılmalıdır. Bu anlamda gerçekleştirilen araştırmanın, Trakya yöresinde üretilen balların farklı kalite parametrelerinin ortaya konması noktasında bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalara da alt yapı oluşturabileceği düşünülmektedir.

### TEŞEKKÜR

Çalışmayı HÜBTUAM19001.20.001 numaralı proje ile destekleyen Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, bal numunelerin toplanması ve teminine katkılarından dolayı Tekirdağ Arıcılar Birliği Eski Başkanı, Gıda Mühendisi Sayın Şakir Ada'ya teşekkür ederim.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarların makale ile ilgili herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### KAYNAKLAR

Akdeniz, G., Şahin, S., Yılmaz, Ö., Karataş, Ü., Karmaz, E., Kabakçı, D., Yaşar, N. (2012). Karaçalı ( *Paliurus spina-christi* Miller ) ve Ayçiçeği ( *Helianthus annuus* L .) Ballarının Mikroskopik Yapısı ve Biyokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. 3. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, Muğla, Türkiye, 1 - 04 Kasım 2012, 413–422.

Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., Hannan, M. A. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18 (5), 618–625. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>

Anonymous. (2009). *Description of methods*. Harmonised Methods of the International Honey Commission. <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>

Anonymous. (2020). *Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği*. 22 Nisan 2020 tarih ve 31107 sayılı Resmî Gazete, Ankara. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>

Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.05.007>

Biluca, F. C., de Gois, J. S., Schulz, M., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Maltez, H. F., Rodrigues, E., Vitali, L., Micke, G. A., Borges, D. L. G., Costa, A. C. O., Fett, R. (2017). Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 63(July), 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.039>

Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(2), 265–274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>

Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 793–810. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002>

Chirife, J., Zamora, M., Motto, A. (2006). The correlation between water activity and % moisture in honey: Fundamental aspects and application to Argentine honeys. *Journal of Food Engineering*, 72, 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.009>

Chua, L. S., Abdul-Rahaman, N. L., Sarmidi, M. R., & Aziz, R. (2012). Multi-elemental composition and physical properties of honey samples from Malaysia. *Food Chemistry*, 135(3), 880–887. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.106>

- Conti, M. E. (2000). Lazio region (central Italy) honeys: a survey of mineral content and typical quality parameters. *Food Control*, 11(6), 459–463. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00011-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00011-6)
- Conti, M. E., Canepari, S., Finoia, M. G., Mele, G., Astolfi, M. L. (2018). Characterization of Italian multifloral honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Journal of Food Composition and Analysis*, 74(August), 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.002>
- da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- De Alda-Garcilope, C., Gallego-Picó, A., Bravo-Yagüe, J. C., Garcinuño-Martínez, R. M., Fernández-Hernando, P. (2012). Characterization of Spanish honeys with protected designation of origin “miel de Granada” according to their mineral content. *Food Chemistry*, 135(3), 1785–1788. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.057>
- El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.015>
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149, 84–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>
- Escuredo, O., Míguez, M., Fernández-González, M., Carmen Seijo, M. (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, 138(2–3), 851–856. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.015>
- FAOSTAT. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Golob, T., Doberšek, U., Kump, P., Nečemer, M. (2005). Determination of trace and minor elements in Slovenian honey by total reflection X-ray fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry*, 91(4), 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.043>
- González-Miret, M. L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M. A., Heredia, F. J. (2005). Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2574–2580. <https://doi.org/10.1021/jf048207p>
- Güzel, N., Bahçeci, K. S. (2020). ÇorumYöresi Ballarının Bazı Kimyasal Kalite Parametrelerini Değerlendirilmesi. *Gıda / the Journal of Food*, 45, 230–241. <https://doi.org/10.15237/gida.gd19129>
- Kadri, S. M., Zaluski, R., Orsi, R. de O. (2017). Nutritional and mineral contents of honey extracted by centrifugation and pressed processes. *Food Chemistry*, 218, 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.071>
- Kahraman, T., Buyukunal, S. K., Vural, A., Altunatmaz, S. S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123(1), 41–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.123>
- Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos, S., Karabournioti, S., Kontominas, M. G. (2014). Characterization and classification of *Thymus capitatus* (L.) honey according to geographical origin based on volatile compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Research International*, 55, 363–372. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.032>
- Lazarevic, K., Andrić, F., Trifkovic, J., Tesic, Z., Milojković-Opsenica, D. (2012). Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, 132, 2060–2064. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.048>
- Lund, P. A., De Biase, D., Liran, O., Scheler, O., Mira, N. P., Cetecioglu, Z., Fernández, E. N.,

- Bover-Cid, S., Hall, R., Sauer, M., O'Byrne, C. (2020). Understanding How Microorganisms Respond to Acid pH Is Central to Their Control and Successful Exploitation. *Frontiers in Microbiology*, 11, 556140. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.556140>
- Machado De-Melo, A. A., Almeida-Muradian, L. B. de, Sancho, M. T., Pascual-Maté, A. (2018). Composición y propiedades de la miel de *Apis mellifera*: una revisión. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5–37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- Madejczyk, M., Baralkiewicz, D. (2008). Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*, 617(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.01.038>
- Malkoç, M., Kara, Y., Özkök, A., Ertürk, Ö., Kolaylı, S. (2019). Characteristic properties of Jerusalem thorn (*Paliurus spina-christi* Mill.) Honey. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19(1), 69–81. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.535658>
- Marcolin, L. C., Lima, L. R., de Oliveira Arias, J. L., Berrio, A. C. B., Kupski, L., Barbosa, S. C., Primel, E. G. (2021). Meliponinae and *Apis mellifera* honey in southern Brazil: Physicochemical characterization and determination of pesticides. *Food Chemistry*, 363(May), 130175. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130175>
- Nemo, R., Bacha, K. (2021). Microbial quality, physicochemical characteristics, proximate analysis, and antimicrobial activities of honey from Anfilo district. *Food Bioscience*, 42(February), 101132. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101132>
- Önür, İ., Misra, N. N., Barba, F. J., Putnik, P., Lorenzo, J. M., Gökmen, V., Alpas, H. (2018). Effects of ultrasound and high pressure on physicochemical properties and HMF formation in Turkish honey types. *Journal of Food Engineering*, 219, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.09.019>
- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., Schweitzer, P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18(1), 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.08.007>
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., Proestos, C. (2017). HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.084>
- Sirali, R., Deveci, M. (2002). Bal Arısı (*Apis Mellifera* L.) İçin Önemli Olan Bitkiler\_N Trakya Bölgesinde İncelenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*.
- Rahman, M. M., Siew, H., Gan, S., Khalil, M. (2014). Neurological Effects of Honey: Current and Future Prospects. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2014/958721>
- Sakaç, M. B., Jovanov, P. T., Marić, A. Z., Pezo, L. L., Kevrešan, Ž. S., Novaković, A. R., Nedeljković, N. M. (2019). Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia). *Food Chemistry*, 276(July 2018), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.149>
- Şen, K. (2019). *Trakya Yöresi Ayçiçeği Balı, Meşe Balı Ve Karaçalı Balı' Nın Çeşitli Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P., Andrade, P. B. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93(1), 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.05.005>
- Sousa, J. M. B. de, Souza, E. L. de, Marques, G., Benassi, M. de T., Gullón, B., Pintado, M. M., Magnani, M. (2016). Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT - Food Science and Technology*, 65(Complete), 645–651. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.058>

- Terrab, A., Díaz, M., Heredia, F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373–379. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00189-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00189-9)
- Terrab, A., Recamales, A. F., González-Miret, M. L., Heredia, F. J. (2005). Contribution to the study of avocado honeys by their mineral contents using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry*, 92(2), 305–309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.033>
- TS 13359. (2008). *Bal - Fruktöz, Gluköz, Sakaröz, Turanoz ve Maltoz Muhtevası Tayini - Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Metodu*. <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073097106122089121097102053048082055>
- Vanhanen, L. P., Emmertz, A., Savage, G. P. (2011). Mineral analysis of mono-floral New Zealand honey. *Food Chemistry*, 128(1), 236–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.064>
- Yücel, Y. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.02.001>
- Zawawi, N., Zhang, J., Hungerford, N. L., Yates, H. S. A., Webber, D. C., Farrell, M., Tinggi, U., Bhandari, B., Fletcher, M. T. (2022). Unique physicochemical properties and rare reducing sugar trehalulose mandate new international regulation for stingless bee honey. *Food Chemistry*, 373(PB), 131566. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131566>