



Siirt-Pervari yöresinden toplanan balların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Determination of characteristics attributes of Siirt-Pervari honeys

Bahar GÜNDÜZ¹, Kamile BAYRAK AKAY², Mehmet Şükrü KARAKUŞ³, Merve AKALAN⁴, Melike YÜCETEPE⁵, Bülent BAŞYİĞİT⁶, Fatih Mehmet YILMAZ⁷, Asliye KARAASLAN⁸, Mehmet KARAASLAN^{9*}

^{1,2,4,5,6,9}Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

³Harran Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM), Şanlıurfa

⁷Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın

⁸Harran Üniversitesi, Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, Şanlıurfa

¹<https://orcid.org/0000-0002-1326-406X>; ²<https://orcid.org/0000-0001-7976-377X>; ³<https://orcid.org/0000-0002-1805-8206>;

⁴<https://orcid.org/0000-0002-3926-245X>; ⁵<https://orcid.org/0000-0002-9581-225X>; ⁶<https://orcid.org/0000-0002-6617-1836>;

⁷<https://orcid.org/0000-0002-1370-1231>; ⁸<https://orcid.org/0000-0002-3834-0647>; ⁹<https://orcid.org/0000-0001-8097-9535>

To cite this article:

Gündüz, B., Bayrak Akay, K., Karakuş, M.Ş., Akalan, M., Yücepepe, M., Başyigit, B., Yılmaz, F.M., Karaaslan, A., & Karaslan, M., (2023). Siirt-Pervari yöresinden toplanan balların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(3): 405-414.

DOI: 10.29050/harranziraat.1189588

*Address for Correspondence:

Mehmet KARAASLAN

e-mail:

mehmetkaraaslan@harran.edu.tr

Received Date:

15.10.2022

Accepted Date:

13.06.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Bu çalışmada Siirt ili Pervari ilçesinde üretimi yapılan balların karakteristik özelliklerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu bağlamda 20 farklı yerel üreticiden toplanan ballarda kül miktarı, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Ayrıca, tüm numunelerin şeker fraksiyonları yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak araştırılmıştır. Bal örneklerinin kül miktarı (%0.14-0.37) ve HMF (0.83-0.94 mg kg⁻¹) açısından Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7) ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite sonuçları sırasıyla 19.59-30.93 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ ve 12.87-23.94 askorbik asit eşdeğeri (AAE) 100 g⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Ballardaki şeker miktarı da Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7) ile uyumlu olup balda oransal olarak ilk sırayı glukozun (%41.25-50.11) daha sonra fruktozun (%33.91-45.37) ve sakkarozun (%3.27-4.70) aldığı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar kalite standardı için referans niteliği sağlayacak ve Pervari ballarının ulusal ve uluslararası pazarlarda görünürlüğünü arttıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Bal, HMF, Antioksidan, Glukoz, Fruktoz

ABSTRACT

In this study, it was aimed to reveal the characteristic features of honey produced in Pervari district of Siirt province. For this purpose, ash, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), total phenolic content, and antioxidant activity analyzes were conducted in honey collected from 20 different local producers. Moreover, sugar fractions of all samples were investigated using high performance liquid chromatography (HPLC). Honey samples were found to be compatible with the Turkish Food Codex Honey Communique (2020/7) in terms of ash amount (0.14-0.37%) and HMF (0.83-0.94 mg kg⁻¹). The total phenolic content and antioxidant activity were detected as 19.59-30.93 mg gallic acid equivalent (GAE) 100 g⁻¹ and 12.87-23.94 ascorbic acid equivalent (AAE) 100 g⁻¹, respectively. The amount of sugar in honey was also compatible with the Turkish Food Codex Honey Communique (2020/7) and the largest sugar fraction was glucose (41.25-50.11%), followed by fructose (33.91-45.37%) and sucrose (3.27-4.70%). The results will provide a reference for the quality standard and to increase the visibility of Pervari honey in national and international markets.

Key Words: Honey, HMF, Antioxidant, Glucose, Fructose

Giriş

Fonksiyonel gıdalar, temel besleyici değerlerinin yanı sıra sağlık açısından yarar sağlayan, hastalıklara karşı koruyucu ve tedavi edici özellik gösteren gıdalardır. Fonksiyonel gıdaların sergilemiş olduğu bu özellikler, içeriğindeki biyoaktif bileşenlerin spesifik biyolojik özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Majtan ve ark., 2021).

Bal, *Apis mellifera* bal arıları tarafından üretilen sahip olduğu kendine özgü besin içeriği, hoş giden tadı ve aroması sayesinde tüketiciler tarafından yüksek talep gören doğal bir besin maddesidir. Bal arıları, çiçek nektarları ile beslenerek ve çiçeklerin salgılarını emerek bal oluşumunu sağlarlar. Toplanan salgılar bal arılarının sahip olduğu spesifik bileşikler ile bir araya getirildikten sonra bal peteklerinde biriktirilir ve bu özel karışımlar belirli bir süre bal oluşumu için olgunlaşmaya bırakılır. Balın bileşimi, tadı ve aroması arıların nektar toplamada yararlandıkları çiçeğe, iklime, coğrafi kökene ve arı türlerine göre değişiklik göstermektedir (Almasaudi ve ark., 2021).

Bal, beslenme değeri yüksek fonksiyonel grupları yapısında barındıran niş gıda materyallerinden biridir. Bu gruplar arasında su, glukoz ve fruktoz temel olmak üzere karbonhidratlar, aminoasitler, polen taneleri ve diğer mikro-bileşenler (vitamin, mineral vb.) yer almaktadır. Bal, içermiş olduğu bu yapılar nedeniyle biyolojik özellikleri açısından öne çıktığı yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Vică ve ark., 2021; Afrin ve ark., 2021). Balın yara iyileştirmeden kanser tedavisine kadar farklı amaçlara hizmet etme potansiyelinin olduğu bilimsel literatürde vurgulanmıştır (Amran ve Abdul-Rahman, 2022). En önemli fonksiyonel özelliklerinden biri de serbest radikaller ve patojen mikroorganizmalar üzerine sergilemiş olduğu inhibe edici etkidir. Balın göstermiş olduğu bu biyolojik davranışlar yapısında doğal olarak bulunan başta fenolik bileşikler (fenolik asitler ve flavonoidler) olmak üzere yapıdaki glukoz oksidaz, peroksidaz, katalaz gibi enzimlerin,

karotenoidlerin, tokoferollerin ve askorbik asit gibi vitaminlerin miktarı ve kalitesi ile doğrudan ilişkilidir (Spilioti ve ark., 2014; Nicewicz ve ark., 2021)

Balın kalite özellikleri kül, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), fenolik madde miktarı, antioksidatif aktivite ve şeker bileşimi gibi parametrelerle ortaya konulur. Bilimsel literatür incelendiğinde farklı bölgelerde üretimi yapılan ballar için başta kimyasal kompozisyon olmak üzere kalite parametrelerinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla her bir bölge için bal materyallerinin karakteristik özellikleri araştırılmalıdır. Ancak bu araştırmaları tek bir örnekle yürütmek bilimsel ve endüstriyel açıdan makul bir yaklaşım olarak görülmemektedir. Bu bağlamda mevcut çalışma kapsamında Siirt ilinin Pervari ilçesinde 20 farklı yerel üreticiden tedarik edilen bal örneklerinin kalite ve standartlara uygunluk düzeyini belirlemek için kül miktarı, HMF, toplam fenolik madde miktarı, antioksidatif aktivite ve şeker fraksiyonları araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Süzme çiçek bal örnekleri Siirt ilinin Pervari bölgesinde 20 farklı yerel üreticiden tedarik edilmiştir. Tedarik edilen ballar cam kavanozlar içerisinde güneşten izole ortamda oda sıcaklığında analiz edilene kadar muhafaza edilmiştir. Çalışma süresince kullanılan tüm kimyasallar ve çözücüler analitik saflıkta olup Merck veya Sigma (Darmstadt, Germany) firmalarından temin edilmiştir.

Metot

Kül tayini

Bal numuneleri (2.5 g), daha önce sabit tartıma getirilmiş krozelere alınmış ve tamamen yanana kadar bir ısıtıcı üzerinde bekletilmiştir. Daha sonra örnekleri içeren krozeler, sıcaklığı önceden 600 °C'ye ayarlanmış kül fırınının ilgili kısmına yerleştirilmiştir. Süzme bal örneklerinin içermiş olduğu kül miktarı örneğin başlangıç ve kül fırınından çıkarıldıktan sonraki ağırlığından

yararlanılarak hesaplanmıştır (El Sohaimy ve ark., 2015).

5-Hidroksimetilfurfural (HMF) miktar analizi

Süzme bal örneklerinin HMF içeriği daha önce yürütülmüş bir çalışma referans alınarak belirlenmiştir. Beş gram bal örneği tartılmış ve çözündürme işlemi için 25 ml saf su ile karıştırılmıştır. Sulu çözeltilere 0.5 ml Carrez-I ve 0.5 ml Carrez-II solüsyonlarından ilave edilmiştir. Daha sonra solüsyonların hacmi saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Son karışım filtre kağıdından süzümüştür (süzüntüden elde edilen ilk 10 ml'lik kısım analize dahil edilmemiştir). Süzüntülerden 5'er ml alınmış ve absorbanları UV-Vis spektrofotometre cihazında (Shimadzu, UV-1280, Japonya) 284 nm ve 336 nm'lerde okunmuştur. Referans numunesi olarak bal örnekleri yerine %0.2'lik (w/v) sodyum bisülfat çözeltisi kullanılmıştır (Pasiyas ve ark., 2017). Örneklerin HMF miktarını belirlemek için aşağıda verilen denklemden (1) yararlanılmıştır.

$$\text{HMF (mg kg}^{-1}\text{)} = (A_{284}) - (A_{336}) \times 149.7 \quad (1)$$

Bu denklemde;

A_{284} : Bal örneklerinin 284 nm'de okunan absorbanı

A_{336} : Bal örneklerinin 336 nm'de okunan absorbanı

149.7: HMF'nin moleküler ağırlığı ile hesaplanan bir faktör ve numunenin kütlesidir.

Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarını belirlemek için 0.4 ml gallik asit standardı (5-100 mg l⁻¹) veya çözündürülmüş ve seyreltilmiş süzme bal örnekleri cam tüplere konulmuştur. Ardından 2 ml Folin & Ciocalteu reaktifi (1:9, v/v) eklenmiş ve vorteks ile iyice karıştırılmıştır. Daha sonra %7.5 (w/v) olarak hazırlanmış sodyum karbonat çözeltisinden 1.6 ml ilave edilmiştir. Örnekler 1 s karanlıkta bekletildikten sonra absorbanları 765 nm'de UV-Vis spektrofotometre cihazında (Shimadzu, UV-1280, Japonya) okunmuştur (Singleton ve Rossi, 1965). Elde edilen absorban

değerleri kullanılarak sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

Antioksidan aktivite tayini

Süzme bal örneklerinin antioksidan aktivitelerini belirlemek amacıyla 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi bazı modifikasyonlar yapılarak kullanılmıştır. Çözündürülmüş ve seyreltilmiş 0.1 ml süzme bal örneği veya kalibrasyon eğrisi için askorbik asit standardı (0-100 mg l⁻¹) cam tüplere eklenmiş üzerine 3.9 ml 25 mg l⁻¹ konsantrasyonunda hazırlanmış DPPH solüsyonu ilave edilmiştir. Örnekler 30 dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin absorbanı 515 nm'de UV-Vis spektrofotometre cihazında (Shimadzu, UV-1280, Japonya) okunmuştur (Başyigit ve ark., 2020).

HPLC ile şeker analizi

Süzme bal örneklerinin sakkaroz, glukoz ve fruktoz miktarlarını belirlemek amacıyla HPLC cihazı kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrisi için 75-500 ppm konsantrasyonda hazırlanan şeker (sakkaroz, glukoz ve fruktoz) standartları kullanılmıştır. Bir g tartılan örneklerin üzerine 100 ml saf su ilave edilerek yüksek hızda 30 sn boyunca homojenize edilmiştir. Süre sonunda hazırlanan solüsyonlardan 1 ml alınmış ve saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 13000 rpm hızda santrifüj edilen örnekler 0.45 µm'lik PTFE filtrelerinden süzümüştür (Ouchemoukh ve ark., 2010). Filtratlar HPLC (Shimadzu LC-20AD) cihazına enjekte edilmiştir. Çalışma RID dedektöründe (RID-20A) yürütülmüş olup diğer koşullar: Analiz süresince örneklerin akış hızı; 0.5 ml dk⁻¹, kolon; (CarboSep CHO 87P Column); kolon sıcaklığı; 80 °C; cihazın enjeksiyon hacmi; 10 µl. Mobil faz olarak ise saf su kullanılmıştır (Gallardo-Guarrero ve ark., 2010).

İstatistiksel analizler

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen tüm analizler üç tekerrür (n=3) halinde yürütülmüştür. İstatistiksel analizlerin yürütülmesinde Windows SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, ABD) paket

programından yararlanılmıştır. Gruplar arasındaki çoklu karşılaştırmaları değerlendirmek için Tukey HSD ($p<0.05$) kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Son yıllarda özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sağlıklı beslenme alışkanlığına paralel olarak tüketiciler diyetlerinde yer alan gıda materyallerinin içeriği ile ilgili daha özenli davranmaktadır. Dolayısıyla pazara sürülecek veya hali hazırda pazarda yer alan gıdaların karakteristik özelliklerinin detaylandırılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde Siirt-Pervari bölgesinden toplanan 20 farklı bal örneğinin karakteristik özelliklerine ilişkin sonuçlar verilmiştir.

Kül miktarı

Kül miktarının ballarda besin değerini saptamak için bir ölçüt olarak da kullanılabilceği öne sürülmüştür. Balların potasyum (200 ile 900 ppm) açısından diğer mineral maddelere göre daha zengin olduğu yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (da Silva ve ark., 2016). Bu yaklaşım, Portekiz'in farklı bölgelerinden toplanan bal örnekleri için bulunan değerlerle de desteklenmiştir (Alves ve ark., 2013). Balların renginin ve tadının, mineral içeriğine bağlı olarak değiştiği ve bu anlamda yüksek mineral içeriğine sahip balların renginin daha koyu ve daha güçlü aromaya sahip olduğu belirtilmiştir (Escuredo ve ark., 2013). Çizelge 1'de, bal numunelerinin kül miktarı sunulmuştur. 20 farklı balın kül miktarı araştırılmış ve en yüksek kül içeriğinin %0.37; en düşük kül değerinin ise %0.14 olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde örnekler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 1). Yapılan bilimsel çalışmalarda baldaki ortalama kül içeriğinin %0.2 ile %0.8 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Karabagias ve ark., 2014; Mračević ve ark., 2020). Okalptüs balının fizikokimyasal parametrelerinin incelendiği bir çalışmada, kül içeriğinin %0.1-0.4 arasında olduğu bulunmuştur (Valdés-Silverio ve ark., 2018). Bir başka çalışmada ise farklı türdeki

üç balın biyolojik aktiviteleri ve kimyasal bileşimi incelenmiş olup mineral içeriğinin %0.2 ile %0.5 arasında olduğu saptanmıştır (Küçük ve ark., 2007). 49 bal örneği, fizikokimyasal ve antioksidan bileşikleri açısından analiz edilmiş ve örneklerin kül içeriğinin %0.0 ile %0.7 arasında değerler aldığı belirtilmiştir (do Nascimento ve ark., 2018). Fas'ın farklı coğrafi bölgelerinden toplanan sekiz çiçekli harnup balı için fizikokimyasal özellikler incelenmiş ve bal numunelerindeki kül miktarı %0.13 ile %0.69 aralığında olduğu tespit edilmiştir (El-Haskoury ve ark., 2018). Bazı ticari Hint bal markalarının fizikokimyasal özelliklerinin araştırıldığı çalışmada analiz edilen bal numunelerindeki kül değerleri %0.03 ile %0.43 arasında değişmekte olduğu bildirilmiştir (Saxena ve ark., 2010). Mevcut çalışmanın verileri kontrol edildiğinde literatür ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

5-hidroksimetilfurfural (HMF) miktarı

HMF, asitli ortamda heksozların dehidrasyonu veya Maillard reaksiyonları esnasında ara ürün olarak oluşan furanik bir bileşiktir (Bobis ve ark., 2020). HMF balın kalitesi ve tazeliği ile ilgili önemli bir parametredir. Taze bal örnekleri incelendiğinde HMF miktarının maksimum 10 mg kg⁻¹'den daha yüksek olmadığı ancak zaman içerisinde üründe pH, sıcaklık, depolama koşulları ve çiçek kaynağına bağlı olarak HMF'nin artabileceği belirtilmiştir (Valdés-Silverio ve ark., 2018; Villacrés-Granda ve ark., 2021; Wang ve ark., 2021). Her ne kadar taze ballarda bu istenmeyen yapı minimum düzeyde olsa da ürüne uygulanan ısıl işleme bağlı olarak da miktarında istenmeyen seviyelerde bir artış meydana gelmesi olasıdır (da Silva ve ark., 2016). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre; balların HMF içeriği 40 mg kg⁻¹'in altında olmalıdır (Anonim, 2020). Siirt-Pervari yöresinden toplanan bal numunelerinin HMF içerikleri Çizelge 1'de sunulmuştur. İncelenen balların HMF içeriği 0.83-0.94 mg kg⁻¹ arasında değiştiği saptanmıştır. İstatistiksel olarak incelendiğinde örnekler arasında farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$) (Çizelge 1). 20 Türk çiçek balının HMF içeriğinin

HPLC/DAD ile incelendiği bir çalışmada bu değer 0.03 ile 4.12 mg kg⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tornuk ve ark., 2013). Bal örnekleri ile ilgili benzer bulgular daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Chakir ve ark., 2016; Bobis ve ark., 2020; Wang ve ark., 2021). Bu çalışma kapsamında elde edilen HMF değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (2020/7) belirtilen şartları karşılamaktadır (Anonim, 2020). HMF içeriğine bağlı olarak, tüm bal örnekleri taze bal olarak kabul edilebilir.

Toplam fenolik madde miktarı

Balın antioksidan ve antibakteriyel özellik sergileyen fenolik bileşiklerce zengin olduğu belirtilmiştir (Bueno-Costa ve ark., 2016). Fenolik bileşik içeriğinin balın antioksidan aktivitesinden, renginden ve duyuşal özelliklerinden sorumlu olduğu aynı zamanda balın doğal kalitesini yansıttığı ifade edilmiştir (Biluca ve ark., 2017). Bu çalışma kapsamında farklı bal numunelerinin fenolik içerikleri Folin–Ciocalteu yöntemiyle araştırılmış ve ortalama değerler Çizelge 1'de sunulmuştur. Örnekler arasında en yüksek fenolik madde miktarı 30.93 mg GAE 100 g⁻¹ iken en düşük fenolik içerik ise 19.59 mg GAE 100 g⁻¹ olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak örnekler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 1). Elde edilen sonuçlar literatür verileri ile de desteklenmektedir. 24 bal örneği ile ilgili yürütülen bir çalışmada balların toplam fenolik içeriği incelenmiş ve sonuçların 11.37 mg GAE 100 g⁻¹ ile 54.01 mg GAE 100 g⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Bueno-Costa ve ark., 2016). Brezilya *Apis mellifera* ballarının fizikokimyasal ve antioksidan bileşikleri açısından analiz edildiği başka bir çalışmada balların toplam fenolik içeriğinin 26.00-100.00 mg GAE 100 g⁻¹

aralığında olduğu rapor edilmiştir (do Nascimento ve ark., 2018). Can ve ark. (2015) Türk balları üzerine yürüttükleri çalışmada fenolik madde seviyelerini 16.02 mg GAE 100 g⁻¹ ile 120.04 mg GAE 100 g⁻¹ arasında olduğunu bulmuşlardır. Čanadanović-Brunet ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ihlamur ve Homolje balındaki toplam fenolik içeriği sırasıyla 27.44 mg GAE 100 g⁻¹ ve 19.78 mg GAE 100 g⁻¹ olduğu saptanmıştır. Pakistan'dan toplanan 58 farklı balın toplam fenolik madde miktarının 1.33 mg GAE 100 g⁻¹ ve 155.16 mg GAE 100 g⁻¹ aralığında değişen sonuçlara sahip olduğu rapor edilmiştir (Noor ve ark., 2014). Yapılan bir başka çalışmada ise 30 bal örneğinin fenolik içeriği analiz edilmiş ve balların fenolik madde miktarları 16.5 mg GAE 100 g⁻¹ ile 133.3 mg GAE 100 g⁻¹ aralığında bulunmuştur (Attanzio ve ark., 2016). Bal örnekleri arasında fenolik madde içeriği açısından flora çeşitliliği, nektarın balın kimyasal bileşimine katkısı ve iklim koşulları önemli seviyelerdeki farklılığın nedeni olabilir (Alvares-Suarez ve ark., 2010).

Antioksidan kapasitesi

Antioksidanlar, canlı organizmalarda oksidasyonu engelleyen ve halihazırda oluşmuş oksidasyonu azaltan veya tamamen ortadan kaldıran moleküller olarak adlandırılmaktadır (Can ve ark., 2015). Dolayısıyla günlük diyetle antioksidan bileşiklerin dahil edilmesi ve serbest radikallerden kaynaklanan zararların önlenmesi istenmektedir (Mračević ve ark., 2020). Bal, antioksidatif etki sergileyen sağlığı geliştirici özelliklere sahip potansiyel bir ürün olup insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Scepankova, 2017).

Çizelge 1. Siirt-Pervari balının fizikokimyasal özellikleri
Table 1. Physicochemical properties of honey

Örnekler Samples	Kül (%) Ash (%)	HMF (mg kg ⁻¹) HMF(mg kg ⁻¹)	TFM (mg GAE 100 g ⁻¹) TPC (mg GAE 100 g ⁻¹)	Antioksidan Aktivite (mg AAE 100 g ⁻¹) Antioxidant Activity (mg AAE 100 g ⁻¹)
1	0.30±0.02 ^{abc}	0.92±0.03 ^a	25.36±0.7 ^{cdef}	13.33±0.54 ^h
2	0.25±0.01 ^{def}	0.84±0.01 ^a	28.77±1.14 ^{ab}	16.04±0.13 ^{fg}
3	0.32±0.02 ^{ab}	0.83±0.00 ^a	22.605±0.54 ^{fgh}	14.34±0.51 ^{gh}
4	0.14±0.00 ^h	0.84±0.03 ^a	24.75±0.94 ^{defg}	17.45±0.28 ^{ef}
5	0.17±0.02 ^{gh}	0.89±0.04 ^a	21.68±0.68 ^{gh}	14.37±0.46 ^{gh}
6	0.19±0.01 ^{fgh}	0.88±0.02 ^a	28.02±0.81 ^{abcd}	13.02±0.32 ^h
7	0.23±0.00 ^{defg}	0.89±0.02 ^a	28.31±0.61 ^{abc}	20.78±0.51 ^{bc}
8	0.24±0.02 ^{def}	0.84±0.02 ^a	22.60±0.75 ^{fgh}	22.17±0.74 ^{ab}
9	0.26±0.02 ^{bcd}	0.86±0.02 ^a	19.59±0.79 ^h	16.91±0.65 ^{ef}
10	0.28±0.01 ^{bcd}	0.87±0.01 ^a	27.96±1.16 ^{abcd}	22.70±0.34 ^a
11	0.17±0.02 ^{gh}	0.89±0.01 ^a	30.93±1.37 ^a	18.51±0.26 ^{de}
12	0.37±0.02 ^a	0.88±0.03 ^a	28.6±0.63 ^{abc}	19.33±0.36 ^{cd}
13	0.23±0.01 ^{defg}	0.93±0.04 ^a	22.33±0.63 ^{fgh}	13.95±0.41 ^h
14	0.26±0.00 ^{bcd}	0.94±0.04 ^a	21.74±0.83 ^{gh}	18.15±0.35 ^{de}
15	0.20±0.00 ^{efgh}	0.88±0.02 ^a	23.41±0.53 ^{efg}	13.54±0.36 ^h
16	0.32±0.01 ^{ab}	0.94±0.02 ^a	23.89±0.62 ^{efg}	18.47±0.31 ^{de}
17	0.25±0.00 ^{cde}	0.83±0.00 ^a	26.18±0.84 ^{bcde}	20.58±0.52 ^{bc}
18	0.22±0.01 ^{defg}	0.90±0.01 ^a	21.46±0.49 ^{gh}	12.87±0.59 ^h
19	0.24±0.01 ^{def}	0.85±0.02 ^a	22.35±0.84 ^{fgh}	14.10±0.21 ^h
20	0.19±0.00 ^{efgh}	0.86±0.03 ^a	29.74±0.91 ^a	23.94±0.47 ^a

Sonuçlar ortalama ±standart sapma olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel farklılıklar örnekler arasında aynı sütunda farklı harflerle sunulmuştur ($p<0.05$). TFM: Toplam fenolik madde; AAE: Askorbik asit eşdeğeri

Daha önce çalışmanın farklı yerlerinde vurgulandığı gibi balın hem botanik hem de coğrafi kökeninin antioksidan aktivitesi üzerinde etkin rol oynadığı belirtilmiştir (Alves ve ark., 2013). Ek olarak balın antioksidan aktivitesinden sorumlu olan temel bileşenler fenolik maddeler olmakla birlikte peptitler, enzimler, mineraller, organik asitler, Maillard reaksiyon ürünleri ve diğer küçük bileşenler de fonksiyonel özellikler üzerinde etkilidir (Sousa ve ark., 2016; Wilczyńska, 2014). Çalışmanın bu bölümünde bal numunelerinin antioksidan kapasiteleri araştırılmış ve sonuçlar askorbik asit eşdeğeri olarak Çizelge 1'de verilmiştir. 20 örnek arasında antioksidan kapasite için en yüksek değer 23.94 mg AAE 100 g⁻¹; en düşük değer ise 12.87 mg AAE 100 g⁻¹ olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Silici ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada Rhododendron ballarının antioksidan aktiviteleri araştırılmış ve bu çalışmada antioksidan kapasite değerlerinin 12.76-80.80 mg AAE g⁻¹ aralığında olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada iğnesiz arı balının (*Meliponinae*) antioksidan aktiviteleri DPPH yöntemi ile incelenmiş, balların

serbest radikal süpürme aktivite değerlerinin 0.80-28.20 mg AAE 100 g⁻¹ arasında olduğu saptanmıştır (Biluca ve ark., 2020). Burkina Faso'dan alınan 27 bal numunesinin antioksidan aktivitesi askorbik asit standart eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır. Çok çiçekli ballardaki antioksidan değerlerinin 10.20 ile 37.87 mg AAE 100 g⁻¹ arasında olduğunu bildirmişlerdir (Meda ve ark., 2005). Çalışmamızdan elde edilen antioksidan aktivite sonuçları önceki çalışmalarla paralellik göstermiştir.

Şeker fraksiyonu

Bal arıları, koku alma mekanizması aracılığıyla nektar ve polen toplar daha sonra topladıkları bu materyalleri bal üretiminde kullanırlar (Sandoz ve ark., 1995; Menzel ve Müller, 1996; Menzel ve ark., 2005). Şeker, bal arıları için önemli bir enerji kaynağı ve yiyecek arama için önemli bir uyarıcı olduğundan, bal arılarının şekerli nektarın farklı konsantrasyonlarına tepkisi onların yiyecek arama ve nektar toplama faaliyetlerini etkileyebilmektedir (Scheiner ve ark., 2004). Şekerlerin balda bulunan ana bileşen olmasının arkasında yatan birincil neden arıların bal

üretiminde nektarını kullanmasıdır. Çünkü nektarın ana bileşeni sakkaroz, glukoz ve fruktoz içeren bir şeker çözeltilisidir (Corbet, 2003; Chalcoff ve ark., 2006). Yapılan çalışmalarda balların fruktoz ve glukoz açısından zengin olduğu not edilmiştir (Bogdanov, 2017; Bogdanov ve ark., 2008). Mevcut çalışmada da 20 bal örneğinde glukoz ve fruktoz fraksiyonlarının dominant olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Analizi gerçekleştirilen bal örneklerine ait sakkaroz miktarlarının %3.27-4.70 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Anupama ve ark., 2003; Villacrés-Granda ve ark., 2021). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre bal örneklerinin sakkaroz içeriğinin en fazla 5 g 100 g⁻¹ olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2020). Buna göre analiz edilen örneklerin sakkaroz miktarlarının tebliğde belirtilen değerlerle uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sakkaroz içeriğinin glukoz ve fruktozdan daha düşük olması, bu ballara ticari

şeker ilavesi de dahil herhangi bir müdahalenin yapılmadığının göstergesidir (de Sousa ve ark., 2016). Glukoz, baskın çiçeklerin nektarının özelliklerine karşılık gelmekte ve bitki türlerine göre değişiklik göstermektedir (Escuredo ve ark., 2013). Siirt-Pervari ballarına ait glukoz miktarları Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde en yüksek glukoz oranı %50.11; en düşük %41.25 olduğu görülmektedir. Bal örneklerinin fruktoz içeriğine gelince, numunelere ait en düşük ve en yüksek fruktoz oranı sırasıyla %33.91 ve %45.37 bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada bal örnekleri için en düşük fruktoz miktarı %34.77; en yüksek ise %44.57 olarak tespit edilmiştir (Villacrés-Granda ve ark., 2021). Daha önce yürütülmüş çalışmalarda bal örnekleri için fruktoz oranının glukoz oranından daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Al-Farsi ve ark., 2018). Villacrés-Granda ve ark., (2021) tarafından yapılan çalışma bu kapsamda örnek olarak verilebilir.

Çizelge 2. Siirt-Pervari ballarına ait şeker fraksiyonları

Table 2. Sugar fractions of Siirt-Pervari honeys

Örnekler Samples	Sakkaroz (%) Sucrose (%)	Glukoz (%) Glucose (%)	Fruktoz (%) Fructose (%)
1	3.60±0.35 ^{bcde}	48.70±0.63 ^{bcdef}	42.26±0.08 ^{bcd}
2	3.62±0.08 ^{bcde}	41.25±0.62 ⁱ	33.81±0.54 ^h
3	3.72±0.20 ^{abcde}	50.26±0.38 ^{abc}	39.45±1.22 ^{fg}
4	3.27±0.09 ^e	48.63±0.53 ^{bcdef}	41.76±1.10 ^{cdef}
5	3.40±0.06 ^{de}	48.79±0.57 ^{bcde}	41.62±1.45 ^{cdef}
6	3.45±0.33 ^{de}	46.02±0.58 ^{fgh}	39.56±0.14 ^{fg}
7	3.49±0.25 ^{de}	50.75±0.86 ^{ab}	41.62±1.34 ^{cdef}
8	4.54±0.35 ^{abc}	47.64±0.91 ^{cdefg}	37.58±0.33 ^g
9	3.37±0.17 ^{de}	48.59±0.58 ^{bcdef}	41.38±0.09 ^{cdef}
10	4.56±0.36 ^{ab}	48.44±0.85 ^{bcdef}	42.21±0.12 ^{bcd}
11	3.85±0.07 ^{abcde}	48.68±1.03 ^{bcdef}	42.01±0.89 ^{bcde}
12	3.52±0.41 ^{cde}	49.26±0.39 ^{bcd}	41.72±0.63 ^{cdef}
13	3.29±0.38 ^e	43.91±1.38 ^h	40.11±0.25 ^{def}
14	3.55±0.41 ^{bcde}	46.16±1.38 ^{efgh}	42.52±0.16 ^{bc}
15	3.31±0.26 ^e	47.33±0.84 ^{defg}	39.76±0.78 ^{efg}
16	4.70±0.24 ^a	45.56±0.91 ^{gh}	41.51±0.22 ^{cdef}
17	4.42±0.39 ^{abcd}	49.50±0.22 ^{bcd}	40.03±0.60 ^{def}
18	4.70±0.28 ^a	50.11±0.89 ^{bc}	45.37±0.19 ^a
19	3.51±0.46 ^{cde}	52.66±0.68 ^a	44.09±0.27 ^{ab}
20	3.51±0.44 ^{cde}	48.99±0.63 ^{bcd}	41.03±0.29 ^{cdef}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir. Aynı sütunda verilen farklı harfler örnekler arasındaki farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$).

Yazarlar bal örneklerinin glukoz içeriğinin %26.00-38.26 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ancak Siirt-Pervari balları için literatürün tam aksine glukoz oranının daha yüksek olduğu

belirlenmiştir. Glukoz oranının fruktoz oranından daha yüksek olması bal örneklerinde kristalleşme evresinin daha kısa bir sürede başlayacağını göstergesidir (Çimen, 2021). Siirt-Pervari

ballarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) uygunluğu değerlendirildiğinde, örneklerin içermiş olduğu toplam glukoz ve fruktoz miktarının kodekste belirtilen değerlerle (fruktoz+glukoz \geq 60 g 100 g⁻¹) uyumlu olduğu saptanmıştır (Anonim, 2020).

Sonuç

Bu çalışma Siirt-Pervari bölgesinde üretilen ballarla ilgili basit bir harita niteliğindedir. Dolayısıyla çalışma kapsamında elde edilen verilerin Siirt-Pervari balı ile ilgili tüketime uygunluk ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) uyumluluk açısından bir temel oluşturduğu söylenebilir. Bu temeller bölgeye ait balların pazar potansiyeli ile ilgili yol göstereceği muhtemeldir. Bir başka ifade ile elde edilen veriler, bal üretiminin arttırılarak sosyo-ekonomik açıdan bölgeye ve bölgedeki yerel üreticilere yol gösterici niteliktedir.

Ekler

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (HÜBAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: HÜBAP 17078). Yazar Melike YÜCETEPE, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından 100/2000 doktora burs programı ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK; 2211-A) doktora burs programı ile desteklenmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı: Çalışmanın tasarlanması, yürütülmesi, veri analizi ve yazımında Mehmet KARAASLAN, laboratuvar aşaması, veri analizi ve metodoloji Bahar GÜNDÜZ ve Fatih Mehmet YILMAZ, yazılım, görselleştirme, metodoloji, verilerin analizi ve makale yazımında Kamile BAYRAK AKAY, Mehmet Şükrü KARAKUŞ, Melike YÜCETEPE, Merve AKALAN, Bülent BAŞYİĞİT ve Asliye KARAASLAN katkıda bulunmuşlardır. Tüm

yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamışlardır.

Kaynaklar

- Afrin, S., Giampieri, F., Cianciosi, D., Alvarez-Suarez, J. M., Bullon, B., Amici, A., ... & Battino, M. (2021). Strawberry tree honey in combination with 5-fluorouracil enhances chemosensitivity in human colon adenocarcinoma cells. *Food and Chemical Toxicology*, 156, 112484. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112484>.
- Al-Farsi, M., Al-Belushi, S., Al-Amri, A., Al-Hadhrami, A., Al-Rusheidi, M., & Al-Alawi, A. (2018). Quality evaluation of Omani honey. *Food Chemistry*, 262, 162-167. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.104>.
- Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2188-2196. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.017>.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Díaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., ... & Battino, M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2490-2499. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>.
- Alves, A., Ramos, A., Gonçalves, M. M., Bernardo, M., & Mendes, B. (2013). Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.009>.
- Amran, N., & Abdul-Rahman, P. S. (2022). Differential proteome and functional analysis of NSCLC cell lines in response to Tualang honey treatment. *Journal of Ethnopharmacology*, 293, 115264. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115264>.
- Anonim, (2020). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7). Tarım ve Orman Bakanlığı, 22 Nisan 2020 ve 31107 Sayılı Resmi Gazete.
- Anupama, D., Bhat, K. K., & Sapna, V. K. (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food research international*, 36(2), 183-191. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00135-7).
- Attanzio, A., Tesoriere, L., Allegra, M., & Livrea, M. A. (2016). Monofloral honeys by Sicilian black honeybee (*Apis mellifera* ssp. *sicula*) have high reducing power and antioxidant capacity. *Heliyon*, 2(11), e00193. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00193>.
- Başyigit, B., Sağlam, H., Köroğlu, K., & Karaaslan, M. (2020). Compositional analysis, biological activity, and food protecting ability of ethanolic extract of *Quercus infectoria* gall. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14692. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14692>.
- Biluca, F. C., de Gois, J. S., Schulz, M., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Maltez, H. F., ... & Fett, R. (2017). Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (*Meliponinae*).

- Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.039>.
- Biluca, F. C., da Silva, B., Caon, T., Mohr, E. T. B., Vieira, G. N., Gonzaga, L. V., ... & Costa, A. C. O. (2020). Investigation of phenolic compounds, antioxidant and anti-inflammatory activities in stingless bee honey (Meliponinae). *Food Research International*, 129, 108756. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108756>.
- Bobis, O., Moise, A. R., Ballesteros, I., Reyes, E. S., Durán, S. S., Sánchez-Sánchez, J., ... & Alvarez-Suarez, J. M. (2020). Eucalyptus honey: Quality parameters, chemical composition and health-promoting properties. *Food chemistry*, 325, 126870. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126870>.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American college of Nutrition*, 27(6), 677-689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>.
- Bogdanov, S. (2009). The book of honey. *Bee product science*, 46, 269-275.
- Bueno-Costa, F. M., Zambiasi, R. C., Bohmer, B. W., Chaves, F. C., da Silva, W. P., Zanusso, J. T., & Dutra, I. (2016). Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.018>.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., & Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food chemistry*, 180, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>.
- Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Šaponjac, V. T., Stajčić, S., Vulić, J., Djilas, S., ... & Popović, B. (2014). Evaluation of phenolic content, antioxidant activity and sensory characteristics of Serbian honey-based product. *Industrial Crops and Products*, 62, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.009>.
- Chakir, A., Romane, A., Marcazzan, G. L., & Ferrazzi, P. (2016). Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S946-S954. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.10.013>.
- Chalcoff, V. R., Aizen, M. A., & Galetto, L. (2006). Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. *Annals of botany*, 97(3), 413-421. <https://doi.org/10.1093/aob/mcj043>.
- Corbet, S. A. (2003). Nectar sugar content: estimating standing crop and secretion rate in the field. *Apidologie*, 34(1), 1-10. <https://doi.org/10.1051/apido:2002049>.
- Çimen, S. (2021). Bala farklı oranlarda mısır şurubu katılarak yapılan tağşişin FTIR-ATR spektroskopisi ile belirlenmesi. Yüksekisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 149s.
- 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 Sousa, J. M. B., de Souza, E. L., Marques, G., de Toledo Benassi, M., 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, 645-651. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.058>.
- do Nascimento, K. S., Sattler, J. A. G., Macedo, L. F. L., González, C. V. S., de Melo, I. L. P., da Silva Araújo, E., ... & de Almeida-Muradian, L. B. (2018). Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian *Apis mellifera* honeys. *LWT*, 91, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.016>.
- El-Haskoury, R., Kriaa, W., Lyoussi, B., & Makni, M. (2018). *Ceratonia siliqua* honeys from Morocco: Physicochemical properties, mineral contents, and antioxidant activities. *Journal of food and drug analysis*, 26(1), 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.016>.
- 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., Míguez, M., Fernández-González, M., & Seijo, M. C. (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>.
- Gallardo-Guerrero, L., Perez-Galvez, A., Aranda, E., Minguez-Mosquera, M. I., And Hornero-Mendez, D. (2010). Physicochemical and Microbiological Characterization of Dehydration Processing of Red Pepper Fruits for Paprika Production. *LWT-Food Science and Technology*, 43: 1359-1367. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.015>.
- Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos, S., Karabournioti, S., & Kontominas, M. G. (2014). Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food chemistry*, 146, 548-557. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.105>.
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food chemistry*, 100(2), 526-534. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.010>.
- Majtan, J., Bucekova, M., Kafantaris, I., Szweda, P., Hammer, K., & Mossialos, D. (2021). Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 870-886. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.012>.
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food chemistry*, 91(3), 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>.
- Menzel, R., & Muller, U. (1996). Learning and memory in honeybees: from behavior to neural substrates.

- Annual review of neuroscience, 19(1), 379-404.
- Menzel, R., Greggers, U., Smith, A., Berger, S., Brandt, R., Brunke, S., ... & Watzl, S. (2005). Honey bees navigate according to a map-like spatial memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(8), 3040-3045. <https://doi.org/10.1073/pnas.04085501>.
- Mračević, S. Đ., Krstić, M., Lolić, A., & Ražić, S. (2020). Comparative study of the chemical composition and biological potential of honey from different regions of Serbia. *Microchemical Journal*, 152, 104420. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104420>.
- Nicewicz, A. W., Nicewicz, Ł., & Pawłowska, P. (2021). Antioxidant capacity of honey from the urban apiary: A comparison with honey from the rural apiary. *Scientific Reports*, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89178-4>.
- Noor, N., Sarfraz, R. A., Ali, S., & Shahid, M. (2014). Antitumour and antioxidant potential of some selected Pakistani honeys. *Food Chemistry*, 143, 362-366. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.084>.
- Ouchemoukh, S., Schweitzer, P., Bey, M. B., Djoudad-Kadji, H., & Louaileche, H. (2010). HPLC sugar profiles of Algerian honeys. *Food chemistry*, 121(2), 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.047>.
- 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>.
- Sandoz, J. C., Roger, B., & Pham-Delegue, M. H. (1995). Olfactory learning and memory in the honeybee: comparison of different classical conditioning procedures of the proboscis extension response. *Comptes Rendus de L'academie des sciences. Serie III, Sciences de la vie*, 318(7), 749-755.
- Saxena, S., Gautam, S., & Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food chemistry*, 118(2), 391-397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>.
- Scepankova, H., Saraiva, J. A., & Estevinho, L. M. (2017). Honey health benefits and uses in medicine. In *Bee products-Chemical and biological properties* (pp. 83-96). Springer, Cham. http://doi.org/10.1007/978-3-319-59689-1_4.
- Scheiner, R., Page, R. E., & Erber, J. (2004). Sucrose responsiveness and behavioral plasticity in honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 35(2), 133-142. <https://doi.org/10.1051/apido:2004001>.
- Silici, S., Sagdic, O., & Ekici, L. (2010). Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of *Rhododendron* honeys. *Food Chemistry*, 121(1), 238-243. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.078>.
- Singleton, V., And Rossi, J. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144-158.
- Sousa, J. M., De Souza, E. L., Marques, G., Meireles, B., de Magalhães Cordeiro, Â. T., Gullón, B., ... & Magnani, M. (2016). Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by *Meliponini* in the Brazilian semiarid region. *Food Research International*, 84, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.012>.
- Spilioti, E., Jaakkola, M., Tolonen, T., Lipponen, M., Virtanen, V., Chinou, I., ... & Moutsatsou, P. (2014). Phenolic acid composition, antiatherogenic and anticancer potential of honeys derived from various regions in Greece. *PLoS one*, 9(4), e94860. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094860>.
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., ... & Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46, 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.042>.
- Valdés-Silverio, L. A., Iturralde, G., García-Tenesaca, M., Paredes-Moreta, J., Narváez-Narváez, D. A., Rojas-Carrillo, M., ... & Alvarez-Suarez, J. M. (2018). Physicochemical parameters, chemical composition, antioxidant capacity, microbial contamination and antimicrobial activity of *Eucalyptus* honey from the Andean region of Ecuador. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 382-394. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1426349>.
- Vică, M. L., Glevitzky, M., Tit, D. M., Behl, T., Heghedúș-Mîndru, R. C., Zaha, D. C., ... & Bungău, S. (2021). The antimicrobial activity of honey and propolis extracts from the central region of Romania. *Food Bioscience*, 41, 101014. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101014>.
- Villacrés-Granda, I., Coello, D., Proaño, A., Ballesteros, I., Roubik, D. W., Jijón, G., ... & Alvarez-Suarez, J. M. (2021). Honey quality parameters, chemical composition and antimicrobial activity in twelve Ecuadorian stingless bees (*Apidae*: *Apinae*: *Meliponini*) tested against multiresistant human pathogens. *LWT*, 140, 110737. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110737>.
- Wang, L., Ning, F., Liu, T., Huang, X., Zhang, J., Liu, Y., ... & Luo, L. (2021). Physicochemical properties, chemical composition, and antioxidant activity of *Dendropanax dentiger* honey. *LWT*, 147, 111693. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111693>.
- Wilczyńska, A. (2014). Effect of filtration on colour, antioxidant activity and total phenolics of honey. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 767-774. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.034>.