

**Biyolojik, Ekonomik ve
Kalite Yönleriyle**

BAL



Doç. Dr. Mehmet DEMİRALAY

Öğr. Gör. Mesut NAMLI

Arş. Gör. Burak KILIÇ

ISBN: 978-625-5923-73-8

Ankara - 2025

BİYOLOJİK, EKONOMİK VE KALİTE YÖNLERİYLE BAL

YAZARLAR

Doç. Dr. Mehmet DEMİRALAY¹

Öğr. Gör. Mesut NAMLI²

Arş. Gör. Burak KILIÇ³

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği
Bölümü, Artvin, Türkiye
mdemiralay@artvin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-6528-4591

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Tıbbi-Aromatik Bitkiler Uygulama ve
Araştırma Merkezi, Artvin, Türkiye
mesutnamli@artvin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-9929-021X

³Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği
Bölümü, Artvin, Türkiye
kilicburak@artvin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-8082-3020

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16031032>



Copyright © 2025 by UBAK publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by

any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. UBAK International Academy of Sciences Association

Publishing House®

(The Licence Number of Pubicator: 2018/42945)

E mail: ubakyayinevi@gmail.com

www.ubakyayinevi.org

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

UBAK Publishing House – 2025©

ISBN: 978-625-5923-73-8

July / 2025

Ankara / Turkey

ÖNSÖZ

Bal, insanlık tarihinin en eski ve en kıymetli doğal besinlerinden biri olarak, hem doğanın eşsiz bir armağanı hem de kültürel bir miras olmuştur. Binlerce yıldır yalnızca bir gıda maddesi değil, aynı zamanda bir şifa kaynağı olarak da hayatımızda yer alan bu özel ürün; doğanın döngüsü, arı faaliyetleri ve insan tecrübesinin birleşimiyle ortaya çıkmaktadır.

Bu kitap balın biyolojik temellerinden ekonomik önemine, kalite kriterlerinden çevresel etkilerine, üretim süreçlerinden sağlık alanındaki kullanım potansiyeline kadar çok boyutlu bir bakış sunmayı hedeflemektedir. Bilimsel çalışmalardan derlenerek hazırlanan bu çalışma, yalnızca akademik çevrelere değil, arıcılıkla ilgilenen tüm kesimlere hitap etmektedir.

Günümüzde küresel iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, taklit ve tağşiş gibi gıda güvenliğini ve halk sağlığını riske atan uygulamalar nedeniyle arıcılık sektörü, büyük sorunlar yaşamaktadır. Buna rağmen devletler arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilir olması için çeşitli önlemler almaktadır. Bu çalışmanın, bal üretimi ve arıcılıkla ilgili sorunlara bilimsel öneriler sunması ve ilgili tüm paydaşlara katkı sağlaması en büyük temennimizdir.

23/07/2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
GİRİŞ	5
1. Bal ve İnsan	6
1.1. Bal ve Arıcılığın Tarihi	6
2. Dünyada ve Türkiye’de Bal	9
2.1. Dünya Kovan Varlığı	10
2.2. Dünya Bal Üretimi	12
2.3. Türkiye Kovan Varlığı	12
2.4. Türkiye Bal Üretimi	13
2.5. Türkiye’de Bal İthalatı ve İhracatı	14
3. Balın Tanımı ve Özellikleri	16
3.1. Bal Çeşitleri ve Bal Kaynakları	18
3.2. Balın Sağlık Açısından Önemi	21
3.2.1. Antioksidan Etki	22
3.2.2. Antimikrobiyal Etki	23
3.2.3. Yara Tedavisi	25
3.2.4. Sindirim Sistemi	26
3.2.5. Antikanser Etki	26
3.2.6. Antidiyabetik Etki	27
3.3. Bal Üretimi ve Çevre	28
4. Bal Üretimini ve Kalitesini Arttırmak için Yapılan Çalışmalar	30
5. Balda Taklit ve Tağşiş	32
6. Balın Kalite Özellikleri	35
6.1. Nem	36
6.2. Elektriksel İletkenlik (EC)	36

6.3. pH.....	37
6.4. Serbest Asitlik.....	38
6.5. Prolin	38
6.6. Diastaz	39
6.7. HMF (Hidroksi Metil Furfural)	40
6.8. Şeker İçeriği.....	40
6.9. Mineral Madde Miktarı	41
6.10. Balın Antioksidan İçeriği.....	42
6.11. Balda Uçucu ve Aromatik Bileşikler	43
SONUÇ.....	44
KAYNAKÇA.....	46

GİRİŞ

İnsanlığın tarih sahnesine çıktığı dönemlerden itibaren vazgeçilmez bir gıda ve şifa kaynağı olan bal yaşamın bir parçası olmuştur. Çok çeşitli tanımlara sahip olan bal için en genel ve yaygın kabul gören tanım “Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı (*Apis mellifera* L.) tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün” olarak ifade edilebilir (Arslan ve Kızıltan, 2024; Muku vd., 2019; Özen, 2020). Tanıma bakıldığında farklı çeşitleri olan bal, bilinen ilk gıda türlerinden birisidir. İnsanlık tarihin başlangıç dönemlerinde toplayıcılıkla elde edilen bal, kanıtlanmış değerinden dolayı sürdürülebilir bir kaynak haline getirilmesi için kültüre edilmiş arı türlerinden elde edilmeye başlanmıştır. Balın üreticisi arı, ilk kaynağı ise bitkilerdir. Kalite ve sağlık açısından değeri nektar kaynağı olan bitki çeşitliliğine, arı kolonisinin sağlığına iklim ve coğrafik unsurlara yüksek derecede bağlıdır (Duru ve Parlakay, 2021; Topal vd., 2019; Yang vd., 2024). Günümüzde bazı ülkeler (Yeni Zelanda’nın Manuka Balı gibi) tarafından milli politika haline getirilen bal üretimi modern tekniklerle sürdürülmektedir.

Bal ekonomik değeri yüksek bir ürün olmasından dolayı çok fazla tağşiş yapılan ürünlerin başında gelmektedir. Balın ticari değerini arttıran en önemli unsur orijinallliği yani gerçek bal olmasıdır. Bu da sadece organoleptik özelliklerine değil, aynı zamanda ulusal ve uluslararası kalite standartlarını ne ölçüde karşıladığına bağlıdır. Hem

ulusal hem de uluslararası pazarlarda gıda güvenliği riski oluşturan düşük maliyetli sahte bal ve bal ürünlerine sıkça rastlanmaktadır. Bu tür sahtecilikleri önlemek ve tüketici güvenliğini sağlamak için uluslararası kalite standartları (Codex Alimentarius-FAO, Türk Gıda Kodeksi ve International Honey Commission-IHC gibi) geliştirilmiştir. Akredite kurumlar tarafından gerçekleştirilen bu analiz standartlarını (nem, hidroksimetilfurfural-HMF miktarı, diastaz aktivitesi/sayısı, serbest asitlik, elektriksel iletkenlik, indirgen şekerler, sakkaroz, invertaz aktivitesi ve polen analizleri gibi) karşılayamayan bal ve bal ürünlerinin pazarlara resmi olarak sunulmasına izin verilmez.

1. Bal ve İnsan

Bal, arıların kış mevsimini yuvalarında atlatmak için ürettikleri bir gıdadır. Bununla birlikte insanlar avcı toplayıcı dönemlerinde balın varlığını ve gıda olarak önemini keşfetmiştir. Sonrasında hastalıkların tedavisinde de faydaları keşfedilen bal zamanla önemli bir üretim aracı haline gelmiştir. Böylece bal, yer kürede kutup bölgeleri hariç neredeyse tüm coğrafyalarda üretilen temel gıda maddelerinden birisi haline gelmiştir.

1.1. Bal ve Arıcılığın Tarihi

Bal insanlık tarihi için bilinen en eski gıda çeşitlerinden biridir. Tarihsel dönemlerin Geç Paleolitik ve hatta Mezolitik zamanlarına ait kaya resimleri, balın insanlar tarafından bilindiği ve tüketildiğini göstermektedir (Şahin vd., 2021). Arıcılıkla ilgili bilinen en eski görsel kanıtlardan bazıları, MÖ 13.000'lere kadar tarihlendirilen kaya resimlerine dayanmaktadır. Arkeolojik bulgular dünyanın birçok

bölgesinde arıcılık faaliyetlerinin yapıldığını göstermektedir. Buna karşın en eski izlerin Orta Doğu'ya dayandığını ifade edilmiştir. Çatalhöyük'te yapılan arkeolojik kazılarda, petekler üzerinde nektar toplayan arı figürlerinin tasvir edildiği resimlere ulaşılmıştır (Ferek, 2016). Ek olarak Sümer tabletlerinde (M.Ö. 2100-2000) balın iyileştirici özelliklere sahip olduğu ve merhem gibi kullanıldığı tespit edilmiştir (Coşkun, 2022). Günümüzde yaklaşık 30.000 kadar isimlendirilmiş arı türü bulunur (Gupta vd., 2014). Bu türlerin bir kısmı bal arıları olarak bilinen *Apis* cinsine aittir; diğer bir kısmı ise iğnesiz arılar arasında yer alan *Trigona* ve *Melipona* cinslerinde bulunur. Arılar binlerce yıldır insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Geçmişte arıların doğal peteklerini toplamak için, insanlar kil veya çamurla kaplanmış tahta kutular ve silindir biçimindeki düzeneklerle arıları beslemeye çalışmışlardır (Mavrofridis, 2019). Bu tür yapılar sayesinde, eski toplumlar ilkel ama işlevsel arıcılık tekniklerinin temelini atmışlardır.

Orta Çağ dönemine gelindiğinde, insanlar bal arılarının yaşam döngüsünü daha yakından tanımaya başlamış ve bu bilgi birikimi arıcılığın gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bazı seyyahlar 1820'li yıllarda arıcılık tecrübeleriyle birlikte okyanus aşırı coğrafyalara (Amerika kıtası gibi) taşınmışlardır (Hardy, 2016). Bal üreticileri zamanla kovan niteliğini ve niceliğini arttırmak için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Avrupa'da o dönem kullanılan kovanlar genellikle açık kenarlı iken, asıl devrim niteliğindeki yenilik 19. yüzyılın ortalarında ortaya çıkmıştır. Çerçeve sistemiyle tasarlanmış kovanlarda, duvarlarla petek çerçevesi arasında küçük bir boşluk

birakıldığında, arıların bu boşluğu doldurmak yerine temiz bırakmayı tercih ettiği gözlemlenmiştir (Curtis, 1982; Teffera & Sahile, 2011).

Frisch (1915) gerçekleştirdiği çalışmalarda arıların renkleri ayırt edebildiğini tespit etmiştir. Bu keşiften sonra, arıların kendi kovanlarını daha rahat bulabilmeleri amacıyla kovan girişleri farklı renklerle boyanmıştır (Kalmus, 1953). Yine aynı dönemlerde, arılara düz çerçeveler üzerine balmumundan bir temel sunularak, onların bu yüzeye düzenli petekler inşa etmeleri sağlanmıştır. Bu buluş, modern arıcılığın gelişmesinde büyük bir adım olmuştur (Kasangaki vd., 2014). Bal ise yalnızca tatlı bir besin olmaktan öteye geçerek zamanla sağlık, güzellik, refah ve zenginliğin sembolü haline gelmiştir (Ciocîrlie, 2024; Kumar, 2024; Papa vd., 2022). Bu duruma dair en eski ve dikkat çekici örneklerden biri, MÖ 3200 yıllarına ait Mısır hiyerogliflerinde balın önemli bir gıda maddesi olduğunu gösteren betimlemelerin yer almasıdır.

Anadolunun çok eski dönemlerinde bile insanların balı tanıdığını ve hayatlarının bir parçası haline getirdiğini bildirilmiştir (Kaplan, 2014). Arkeoloji çalışmalarında; Avrupa (Türkiye, Fransa, İspanya) ve Mısır gibi Ortadoğu coğrafyalarında bulunan mağara tasvirleri, fosilleşmiş kalıntılar ve taş tabletlerde arıcılıkla ilgili yazıtlar bulunmuştur (Eroğlu ve Yüksel, 2020; Ferek, 2016; Topal vd., 2021; Woods ve Woods, 2000).

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, arıların biyolojik özelliklerini ve davranış biçimlerini inceleyen çalışmaların artmasına katkı sağlamıştır. 19. yüzyılın ortalarına kadar geleneksel yöntemlerle sürdürülen arıcılık faaliyetleri, 1850’li yıllarda temel petek kalıpları ve

bal süzme makinelerinin geliştirilmesiyle birlikte modern bir üretim sürecine evrilmiştir. 20. yüzyılda ise arıların genetik yapısına yönelik araştırmalara ve arıcılığın verimliliğini artırmaya dönük bilimsel çalışmalara ağırlık verilmiştir (Kaplan, 2014).

2. Dünyada ve Türkiye’de Bal

Günümüzde arıcılık, ekonomik değeri yüksek ve doğayla uyumlu sürdürülebilir tarım uygulamaları arasında öne çıkmaktadır (Ömür, 2015; Prodanović, 2024). FAO 2023 verilerine göre küresel ölçekte 102,1 milyon arı kolonisinden (kovan) 1,85 milyon ton bal üretimi gerçekleştirilmiştir. Küresel bal üretiminde başı çeken ülke Çin olurken, onu sırasıyla Türkiye, Etiyopya, İran, Arjantin, Ukrayna, Hindistan, Rusya ve Meksika izlemektedir. Çin, dünya genelindeki bal üretiminin yaklaşık %26’sını tek başına karşılamaktadır. Bununla birlikte bal üretimine kıyasla kovan sayısı en fazla olan ülke (12,8 milyon kovan) Hindistan’dır (FAO, 2025). En fazla bal ithalatı yapan ülkeler ise ABD, Almanya, Birleşik Krallık, Japonya, Fransa, Polonya, İspanya, Belçika, İtalya ve diğer Avrupa ülkeleridir (Arıcılık Ürün Raporu, 2023).

Arıcılık, günümüzde yalnızca bal üretimiyle sınırlı olmayıp, artan ürün çeşitliliği ve bu ürünlerin faydalarının daha fazla bilinmesiyle birlikte katma değeri yüksek bir sektör haline gelmiştir. Bu ürünler; arı ekmeği (perga), arı sütü, arı zehri, polen ve en fazla tanınan propolis olarak sıralanabilir (Habryka vd., 2016; Martinello ve Mutinelli, 2021). Bu ürünler özellikle kozmetik ve geleneksel destekleyici tıp alanlarında sağlık amaçlı kullanılmaktadır. Buna ek olarak söz konusu ürünlerin gıda endüstrisinde de geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır.

Türkiye, sahip olduğu eşsiz coğrafi özellikler ile arılar için zengin nektar kaynakları barındıran habitatlara sahiptir. Bal arısı çeşitliliği ve bal üretim kapasitesi açısından ülkemiz, dünyada hatırı sayılır bir yere sahiptir. Farklı bal çeşitleri üretimine imkan sunan çeşitli iklim koşulları bakımından da oldukça elverişli bir yapıya sahiptir. Yılın önemli bir kısmı boyunca farklı bölgelerde çiçeklenmenin devam ettiği Türkiye'de, arıcılık deniz kenarından yüksek yaylalara kadar çok çeşitli alanlarda sürdürülebilir şekilde yapılabilmektedir (Gürel, 2022).

Küresel ölçekte bal ve diğeri arı ürünleri açısından Türkiye dikkate değer gen kaynaklarına sahiptir. Taksonomik araştırmalar ülkemizde *Apis mellifera* türüne ait beş bal arısı ırkının (*A. mellifera anatolica*, *A. mellifera caucasica*, *A. mellifera carnica*, *A. mellifera syriaca* ve *A. mellifera meda*) bulunduğunu göstermiştir (Arıcılık Ürün Raporu, 2023). Ek olarak ülkemizin farklı bölgelerinde üretilen çam balı, yayla balı, kestane balı, narenciye balı, kekik balı ve ıhlamur balı gibi bal çeşitleri de katma değerli ürün ortaya koyma potansiyelini göstermektedir.

2.1. Dünya Kovan Varlığı

Bal arıları koloni canlısıdır ve bu şekilde yaşamak için kovan adı verilen yaşam alanlarına ihtiyaç duyarlar. Arılar, doğal olarak içi boş ağaç gövdeleri gibi kapalı alanlara yerleşebildikleri gibi, insan yapımı ahşap kutulara da uyum sağlayabilirler. Teknik arıcılıkta kullanılan yapay kovanlar, arı sağlığını korumak ve arı ürünlerinin verimli bir şekilde üretimini sağlamak amacıyla tasarlanmakta olup, modern arıcılığın temel ekipmanlarındanır.

Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) verilerine göre Dünya genelindeki kovan sayısı 2023 yılında 102,1 milyon olup kovan başına verim 18,56 kg olarak belirlenmiştir. (FAO, 2024). Kovan sayısı bakımından ilk sırada Hindistan (12,7 milyon) bulunurken ikinci sırada Çin (9,5 milyon), üçüncü sırada ise Türkiye (9,2 milyon) bulunmaktadır. Kıta bazlı olarak kovan sayısı değerlendirildiğinde en fazla kovan sayısına Asya kıtası (45,4 milyon) sahiptir. İkinci ve üçüncü sırada ise Avrupa (25,4 milyon) ve Afrika (18,4 milyon) kıtası bulunurken Amerika kıtası (11,6 milyon) dördüncü sırada yer almaktadır (Destatis, 2025).

FAO 2023 yılı istatistiklerine göre Dünya bal üretiminde kovan başına verim 18,56 kg olarak ifade edilmiştir (FAO, 2024). Bu değer, bir önceki yıla kıyasla %1,3 oranında artış göstermiştir. Ancak verim ülkeler arasında gelişmişliğe ve kullanılan tekniklere göre dramatik dalgalanmalar göstermektedir. Dünya genelinde en fazla kovana sahip olan Hindistan, bu liderliğe rağmen sadece 5,9 kg/kovan ile oldukça düşük bir bal verimine sahiptir. Bu durum, Hindistan'ın kovan sayısını arttırmasına karşın bal üretiminde geri kalmasına neden olmuştur. Bununla beraber Çin, 49,9 kg/kovan ile son derece yüksek bir verim göstermekte olup, bu yönüyle küresel üretimdeki liderliğini sürdürmektedir. Türkiye ise 12,45 kg/kovan verim (2023) ile dünya ortalamasının altında kalmakla birlikte üretimini %22,8 oranında artırarak Çin'in ardından ikinci sırada yer almayı başarmıştır.

Bu veriler bal üretim hacminin sadece kovan sayısı ile sınırlı olmadığını aynı zamanda üretim teknikliklerinin de ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Arıcılıkta teknik bilgi, iklim koşulları, flora

zenginliği ve koloni sağlığı gibi faktörler, kovan başına verim üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

2.2. Dünya Bal Üretimi

Bal üretimi istatistikleri incelendiğinde 2023 yılı itibari ile dünyada toplam bal üretimi 1,85 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimde ilk dört sırada Çin (472,2 bin ton), Türkiye (114,8 bin ton), Etiyopya (84,6 bin ton) ve İran (80,4 bin ton) bulunmakta olup bu dört ülke toplam dünya bal üretiminin %41'ini gerçekleştirmektedir (FAO, 2024).

Dünya bal üretimin kıtalara göre dağılımı incelendiğinde Asya kıtasının 874 bin ton, Avrupa kıtasının 413 bin ton ve Amerika kıtasının 359 bin ton bal ürettiği rapor edilmiştir (FAO, 2024). Burada Asya kıtasının bal üretiminde ilk sırada olmasının nedeni Çin'in üretim etkisidir. Üretimde modern tekniklerin kullanılması öncelikle kovan başına verimi sonra da toplam bal üretimini olumlu bir şekilde etkilemektedir.

Kovan sayısı açısından en fazla paya sahip ülke olan Hindistan, 2023 yılında yalnızca 70,85 bin ton bal üretebilmiş ve bu nedenle beşinci sıraya gerilemiştir. Bu düşük üretim performansı, büyük ölçüde kovan başına verimin yetersizliği ile açıklanmaktadır. Hindistan örneği, bal üretiminde sayısal çokluktan ziyade verimliliği artıran üretim tekniklerinin önemini ortaya koyması bakımından dikkat çekicidir.

2.3. Türkiye Kovan Varlığı

Türkiye, 2023 yılı itibari ile 9,23 milyon kovana sahiptir. Bölgeden bölgeye üretim seviyesi değişiklik gösterse de neredeyse

Ülkemizin her yerinde arıcılık faaliyeti yapılmaktadır. Türkiye de en fazla kovan bulunan coğrafik bölge Ege Bölgesi (1,7 milyon kovan) olurken, Akdeniz Bölgesi ikinci (1,5 milyon kovan) sıradadır. Doğu Karadeniz bölgesi ise 1,2 milyon kovan ile nc sıradadır. İller bazında kovan sayıları incelendiğinde en fazla kovana (728 bin) Muğla ilinin sahip olduğu ikinci sırayı Ordu ilinin (625 bin) aldığı ve n sırada ise Adana'nın (487 bin) yer aldığı görülmektedir (TK, 2025). Bununla birlikte son yayınlanan TK verileri 2024 yılı itibari ile kovan sayısında bir azalma olduğuna (8,96 milyon) işaret etmektedir. Bu önemli bir azalma olarak görülmelidir. Kovan sayısındaki düşüş geçici bir durumdan ziyade bir trend haline gelirse ve modern tekniklerle kovan başına verim arttırılmazsa bal üretimi açısından ülkemizin dünya sıralamasındaki yerinin kaybetmesi olasılık dahilindedir. Bu nedenle ülkemizde bal üretimi arttırmak için çeşitli stratejiler geliştirilmeli ve hem nitelik hem de nicelik açısından bal verimi yükseltilmelidir.

2.4. Türkiye Bal retimi

Türkiye bal üretim miktarı açısından 2023 yılında (114 bin ton) dünyada ikinci sıradadır (FAO, 2024). Bununla birlikte TK 2025 verileri ise 2024 yılında üretim miktarının 95 bin tona gerilediğini göstermektedir. Ülkemizin 2022 yılından beri düşün bir bal üretim trendine (2022 yılı 118 bin ton, 2023 114 bin ton ve 2024 95 bin ton) sahip olduğu görünmektedir. Bu azalışın kalıcı olup olmayacağı ilerleyen yıllarda belli olacaktır. İklimsel etkiler, üreticiliğe duyulan ilginin azalması, üreticilik yaş aralığının yeterince genişleyememesi,

taşış ve taklit ürünlerin üreticiyi vazgeçme noktasına getirmesi gibi sebepler bal üretim miktarının düşmesine sebep olabilir. Bu durumda bal konusunda ulusal bir ana planın hazırlanması ve hızlı bir şekilde faaliyete geçirilmesi gerekmektedir. FAO 2024 yılı verilerini henüz yayınlamadığı için Türkiye'nin küresel ölçekte sıralaması henüz belli değildir. Bununla birlikte ülkemizin ikinciliğini kaybetme olasılığı yüksek gibi görünmektedir.

TÜİK 2024 yılı verilerine göre ülkemizde en fazla bal üretimi Ordu ilinde (13 bin ton) gerçekleştirilmiştir. İkinci sırada Adana (11,5 bin ton) ve üçüncü sırada ise Muğla (7 bin ton) bulunmaktadır (TÜİK, 2024). Kovan başına düşen bal verimi ise ülke genelinde 10,66 bal kg/kovan olarak rapor edilmiştir. Bal verimin en yüksek olduğu üç il sırasıyla; Adana 23,78 kg/kovan, Çanakkale 23,69 kg/kovan ve Ordu 20,8 kg/kovan olarak sunulmuştur. Görüldüğü üzere bal üretimi ve verimi arasında önemli farklılıklar göze çarpmaktadır. Hem üretimi hem de verimi arttırmak için yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler çoğu ülke için ulaşılması zor olmasına rağmen, ülkemiz üretim potansiyeli için düşük kabul edilmelidir. Coğrafi bitki elemanlarının zenginliği, iklimsel özellikleri ve eşsiz biyoçeşitliliği sayesinde Türkiye bal üretiminde çok daha fazlasını sunacak kapasiteye sahiptir.

2.5. Türkiye’de Bal İthalatı ve İhracatı

Türkiye uluslararası bal ticaretini süzme bal ve petek bal kalemleri altında yapmaktadır. Ülkemiz 2023 verilerine göre bal ihracatının %82,9 kadarını süzme bal olarak gerçekleştirmiştir. Aynı

verilere göre bal ihracatı toplamı 9,39 bin ton olarak hesaplanmıştır. Ülke çapında bal üretimin 114 bin ton (2023 yılı) olduğu düşünülürse ihracatın iç tüketime kıyasla düşük kaldığı görülmektedir (TÜİK, 2025). Bunun en önemli sebebi iç piyasada bal talebinin yüksek olmasıdır denilebilir.

TÜİK verilerine göre 2023 yılı verilerine göre, Türkiye'nin süzme bal ihracatında en yüksek miktar, 3.372 ton ile Amerika Birleşik Devletleri'ne gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra İsrail ve Bulgaristan da süzme bal ihracatının yoğun olarak yapıldığı ülkeler arasında yer almaktadır. Petek bal ihracatında ise Türkiye'nin en büyük pazarları Almanya ve yine ABD olmuştur.

İhracat ülkelerin en önemli ekonomik girdisidir. Cari açığın dengede ya da yüksek olduğu bir ülkede refah seviyesi artar ve milli kazancın tabana yayılması sağlanır. Bu nedenle küresel ölçekte ikinci bal üreticisi olan ülkemizin ivedilikle bal üretimini arttırması ve iç piyasanın taleplerini karşıladıktan sonra daha fazla ihracat gerçekleştirmesi zorunlu bir durumdur. Bal üretimin yanında katma değeri yüksek diğer arı ürünlerinin de modern tekniklerle üretimi; ülkemiz için çok değerli ve sürdürülebilir ekonomik kazanç oluşturacaktır.

Bal ithalatı yönünden ülkemiz çok talepkâr değildir. En yüksek ithalat oranının son beş yıl içinde sadece 63,4 ton (2021 yılı) olarak gerçekleşmesi bu durumu özetlemektedir (TÜİK, 2025). Bal ithal ettiğimiz ülkeler Hindistan, Romanya ve Ürdün olmasına rağmen kayda değer bir ithalat yapılmadığı için bal dış ticaretinin neredeyse ihracattan oluştuğunu söylemek mümkündür.

3. Balın Tanımı ve Özellikleri

Bal terminolojik açıdan “bitkilerin çiçeklerinde bulunan nektarın ya da bazı eşkanatlı böceklerin bitkilerin canlı dokularından salgıladığı tatlı maddelerin bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından toplanıp, vücutlarında enzimler ve diğer kimyasal bileşiklerle işlenmesi, petek boşluklarına transfer edilmesi ve burada olgunlaşmasıyla oluşan koyu kıvamlı ve tatlı bir üründür” şeklinde tanımlanır (Anonim, 2002; Bengü ve Kutlu, 2020). Resmi kabul olan Türk Gıda Kodeksi (TGK) ise balı; “bitki nektarları, bitkilerin canlı dokularının salgıları ya da bu dokular üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin ürettiği tatlı salgıların, bal arısı (*Apis mellifera*) tarafından toplanıp kendine özgü maddelerle işlenerek kimyasal olarak dönüştürülmesi, su içeriğinin azaltılması ve peteklerde depolanarak olgunlaştırılması sonucu oluşan, doğası gereği kristalleşebilen doğal bir ürün” olarak tanımlar (Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Ayrıca elde edildiği nektar kaynaklarına göre farklı aromatik tatlar sunan bal insan beslenmesinde önemli bir yer tutar (Can, 2014). İşlenmesine gerek olmayan iyi bir tatlandırıcı özelliğine sahiptir ve kompozisyonun çevresel etkenlere göre değişebilmesinden dolayı doğada üretilen en karmaşık besinlerden biri olarak kabul edilir (Yıldırım, 2013).

Sıradan şekerin yalnızca “ham enerji” sağlamasının aksine, bal kolayca sindirilebilen basit şekerler olan fruktoz ve glukozun yanı sıra, vitaminler, mineraller, proteinler, enzimler, bitki hormonları, flavonoidler, fenolikler ve diğer çeşitli biyoaktif bileşenleri de içermektedir (Biber vd., 2023). Yapılan araştırmalar, balın kalp-damar hastalıkları, kanser ve bağışıklık sistemi zayıflığı gibi durumların

riskini azaltmada olumlu etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, gıdalarda meydana gelen oksidasyon süreçlerini engelleme kapasitesi de vurgulanmaktadır (Güneş vd., 2017). Son yıllarda balın tedavi edici potansiyeline yönelik birçok çalışma yapılmış ve farklı biyolojik özellikleri detaylı biçimde tanımlanmıştır.

Balın kimyasal yapısı, arı ırkı, nektarın elde edildiği bitki kaynağı, iklimsel koşullar, rakım gibi çeşitli coğrafi etmenlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Şahin vd., 2021). Balın içeriği büyük ölçüde botanik kaynağına bağlı olmakla birlikte, mevsimsel değişiklikler, çevresel koşullar ve işleme süreçleri önemli katkıda bulunmaktadır (Lavinias vd., 2025; Ramly vd., 2021; Santos-Buelga ve González-Paramás, 2025). Yüksek şeker yoğunluğu nedeniyle bal zamanla kristalleşebilir. Bu durum, ürünün bulanık görünmesine ve tüketici tercihinin olumsuz etkilenmesine yol açtığından, bu süreçlerin mümkün olduğunca önlenmesi ya da yavaşlatılması arzu edilmektedir. Balın kimyasal bileşiminin belirlenmesi hem gıda güvenliğinin sağlanması hem de tüketici haklarının gözetilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Balın kalitesi ise kimyasal niteliğine ve niceliğine ek olarak üretim sürecinde izlenen yöntemler, üretimin gerçekleştiği bölgenin coğrafik-iklimsel özellikleri ile depolama ve ambalajlama koşulları gibi pek çok etmenden etkilenmektedir (Cerde-Mejía vd., 2021; Coelho vd., 2017; Lengarite vd., 2012; Nabti ve Lazhari, 2022; Rosa vd., 2024). Bu çok yönlü faktörler nedeniyle balın kalite düzeyini standardize etmek, özellikle tüketiciler açısından temel bir gereklilik haline gelmiştir. Tüketiciler, satın aldıkları balın kalite standartları ile orijin bilgisine dair açık ve güvenilir kanıtlara ihtiyaç duymaktadır.

Bununla birlikte, küreselleşen piyasa koşulları ve ülkeler arasında ürün dolaşımının serbestleşmesi, balın kökeninin belirlenmesini daha da önemli hale getirmiştir (Biber vd., 2023; Bose ve Padmavati, 2024; Silva vd., 2021). Balın orijinini ve arıların hangi çiçeklerden nektar topladığını saptamanın en geleneksel yöntemi, bal içeriğinde bulunan polenlerin analizine dayanmaktadır (Bayram vd., 2020). Bal kaynağına göre sınıflandırma yapıldığında; arıların çiçek nektarlarını özümseyerek elde ettiği ürün “çiçek balı”, bitkilerin canlı dokularından veya bitki yüzeyinde yaşayan böcek salgılarından ürettiği bala ise “salgı balı” denilmektedir (Güneşdoğdu ve Gürsoy, 2025; Mara vd., 2025). Bu nedenle, farklı bölgelerden ve nektar kaynaklardan elde edilen balların bileşimleri de doğal olarak farklılık göstermektedir.

3.1. Bal Çeşitleri ve Bal Kaynakları

Türk Gıda Kodeksi, bal çeşitlerini nektar kaynaklarına göre “çiçek balı” (kekik balı, ıhlamur balı ve kestane balı gibi) ve “salgı balı” (çam balı ve meşe balı gibi) olarak iki ana gruba ayırmaktadır (Ecem Bayram, 2022; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Bu sınıflandırma, balın üretiminde kullanılan başlıca nektar kaynaklarına ve arıların topladığı ham maddenin kökenine dayanır (Ecem Bayram, 2022).

Çiçek balı, bitkilerin çiçeklerinden salgılanan nektarın arılar tarafından toplanması ve kovanda enzimatik olarak işlenmesiyle elde edilir (Memiş, 2024). Çiçek balı, nektarın ağırlıklı olarak tek bitki türünden toplanması durumunda monofloral, farklı türlerden toplanması durumunda ise multifloral çiçek balı olarak adlandırılır

(Arıgöl Apan ve Zorba, 2025; Karadal ve Yıldırım, 2012). Bir bal örneğinde tek bir bitki türüne ait polenlerin oranı %45'in üzerindeyse, bu balın monofloral özellik taşıdığı kabul edilmektedir (Kılınçarslan, 2023). Türkiye'de üretilen başlıca monofloral çiçek balı türleri arasında kestane, lavanta, kekik, ayçiçeği, akasya ve püren balı öne çıkmaktadır. Multifloral ballar ise farklı bitki türlerinden gelen nektarların bir karışımıdır. Bu tür ballar genellikle "çiçek balı" veya "yayla balı" gibi genel adlarla anılır ve üretildiği bölgenin florasına bağlı olarak büyük çeşitlilik gösterir.

Salgı balı, çiçek nektarı yerine bitkilerin gövde, yaprak ya da sürgünlerinden salgılanan özsuların veya bu özsularla beslenen bazı böceklerin salgı olarak bıraktığı tatlı bileşiklerin arılar tarafından toplanmasıyla elde edilir. Emici böcekler üzerinde yaşadıkları bitkinin floem borularından öz suyunu emerek yaşamlarını devam ettirirler. Floem özünün sindirimi sonrasında şeker açısından yoğun olan artıkları dışkıları ve bu salgı arılar tarafından toplanıp bala dönüştürülür. Türkiye'de salgı balı denildiğinde akla ilk gelen tür, çam balıdır. Çam balı, *Marchalina hellenica* Gennadius (Hemiptera: Marchalinidae) adı verilen bir tür böceğin bazı çam ağaçları üzerinde yaşayarak oluşturduğu bal çığından elde edilir. Bu böcek çam ağaçları üzerinde yaşar ve arılar için önemli bir bal özü kaynağıdır. Dünya üzerinde sadece Türkiye, Yunanistan ve İtalya'da (Ischia adası) bulunur. Küresel ölçekte çam balı üretiminin yaklaşık %90-92'si Türkiye gerçekleştirilir (Topal vd., 2016). Salgı balları, çiçek ballarına kıyasla genellikle daha koyu renkli, daha düşük glikoz içeriğine ve daha yüksek mineral maddelere sahiptir. Ayrıca kristalleşmeye karşı daha dirençlidirler ve

daha uzun raf ömrüne sahip olabilirler (Karadal ve Yıldırım, 2012, Weber vd., 2022). Tat profili ise genellikle daha yumuşak ve daha az aromatik olarak tanımlanır. Salgı ballarının, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (TGKBT) uyarınca, Pfund renk skalasında en az 60 mm değerinde bir renge sahip olması gerekmektedir.

Çiçek balı ve salgı balı, yalnızca botanik kaynakları açısından değil, aynı zamanda duyuşal özellikleri, besin içeriği ve ticari değerleri açısından da farklılık gösterir. Çiçek balları, özellikle monofloral türlerde, özgün aroma ve renk profilleriyle ön plana çıkar ve gastronomik açıdan daha çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Bu balların farklı renk tonları, bitkisel kaynaklarına göre önemli ölçüde değişmektedir. Araştırmalar, koyu renkli bal çeşitlerinin mineral maddeler, dekstrin ve polifenoller bakımından daha yüksek düzeylere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Salgı balları ise düşük şeker içerikleri ve yüksek antioksidan potansiyelleri ile sağlık açısından ilgi görmektedir. Tüketici tercihleri coğrafyaya, damak zevkine ve kullanım amacına göre değişkenlik göstermekle birlikte hem çiçek balı hem de salgı balı ülkemizde arıcılık sektörü için dikkate değer bir öneme sahiptir.

Türkiye'nin zengin florası ve birbirinden farklı ekolojik bölgeleri hem çiçek hem de salgı balı üretimi için oldukça uygun habitatlar sunar. Bu çeşitlilik, arıcılığın ülke genelinde yaygın şekilde yapılabilmesine olanak tanırken, üretilen balın kalitesini ve aromatik zenginliğini de artırır. Özellikle Muğla, Aydın, Mersin gibi iller salgı balı (çam balı) üretiminde öne çıkarken, Doğu Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri ise yayla ve çiçek ballarının üretimi açısından yüksek

potansiyele sahiptir. Türkiye'nin sahip olduğu bu potansiyel küresel ölçekte rekabet gücünü oldukça arttırmaktadır. Ayrıca yerel bal çeşitlerinin kendilerine has karakteristik özellikleri, coğrafik işaret/mahreç gibi tescil altına alınabilme imkanı da sunmaktadır. Örnek vermek gerekirse Türkiye çapında 26'sı menşei, 3 tanesi mahreç olmak üzere 29 coğrafik işaret almış bal bulunmaktadır. Ek olarak Anzer Balı, Arhavi Kestane Balı, Muğla Çam Balı ve Hatila Balı gibi hem yöreye has hem de markalaşmış bal çeşitleri de vardır. Bununla beraber 2024 yılı verilerine göre 23 adet bal için tescil başvurusu yapılmıştır (Sıralı, 2022; Çanakçı, 2025).

Yerel ürünlerin özgün niteliklerini tanımlayan coğrafi işaretler, bölgesel kalkınmayı teşvik etmek ve yerel ekonomiye katkı sunmak amacıyla kullanılmaktadır. Menşei adı ve mahreç işareti bir ürün için çok önemlidir. Bir ürüne ait Menşei adı alınabilmesi için söz konusu ürünün belirli bir yöreye veya coğrafyaya has olması ve üretim/işlenme aşamalarının tamamının o coğrafyada yapılması gerekir. Mahreç işaretinde ise ürünün özelliği belirli bir yöreye ait olabilir, ancak üretim/işlenme aşamalarının en az biri o coğrafyada yapılır ve farklı coğrafyalarda da üretim aşamaları devam ettirilebilir.

3.2. Balın Sağlık Açısından Önemi

Bal, yalnızca doğal bir tatlandırıcı değil, aynı zamanda binlerce yıldır geleneksel tıpta kullanılan fonksiyonel bir gıdadır (Qamar ve Rehman, 2020). Tarihi binlerce yıl öncesine dayanan bal, tıbbi amaçlarla uzun süredir kullanılmaktadır. İçeriğindeki biyoaktif maddeler sayesinde, pek çok faydalı biyolojik etki göstermektedir;

bunlar arasında antioksidan, mikrop ve iltihap önleyici, antikanser ve antidiyabetik gibi özellikler yer almaktadır (El-Seedi vd., 2022; Saad, 2025).

Balın muhteviyatı ağırlıklı olarak fruktoz (%38) ve glikozdan (%31) oluşur. Ortalama %80-82 oranında karbonhidrat içermesi nedeniyle hızlı enerji arzında etkilidir (Ambreen vd., 2021; Bogdanov vd., 2008). Balın kompozisyonunda karbonhidratlara ek olarak; vitaminler (B1, B2, B3, B5, B6, B8 [H], B9 ve C vitamini), mineraller (%0,04 – 0,2), organik asitler (%~0,57), proteinler ve enzimler (%~0,5–1), flavonoidler (%~0,09) ve fenolik asitler (%~0,39) ve bazı fitokimyasallar gibi, az miktarda bulunan fakat biyolojik etkileri bakımından önemli bileşenler de yer almaktadır (Cianciosi vd., 2018; Miguel vd., 2017; Pontis vd., 2014). Balın içeriğindeki su oranı yaklaşık %17'dir. Balın zayıf asidik karakteri, bünyesindeki organik asitler ve asidik tuzlardan kaynaklanmaktadır; pH'sı 3,5-5,5 aralığında değişmektedir. Balın mineral içeriğinde özellikle potasyum, magnezyum, fosfor ve kalsiyum öne çıkarken; çinko, selenyum, demir, flor, bakır ve klor gibi mineraller daha düşük miktarlarda da olsa bulunmaktadır (Miguel vd., 2017). Mineral içeriği ve diğer karakteristik özellikleri balın kaynağına ve coğrafi farklılıklara bağlı olarak değişiklik gösterir.

3.2.1. Antioksidan Etki

Balın sağlık üzerine etkileri çoğu zaman antioksidan kapasitesine dayanmaktadır. Balın yapısında bulunan benzoik asit, ferulik asit, kumarik asit ve kafeik asit gibi fenolik ve flavonoid bileşikler yüksek

antioksidan kapasiteye sahiptir (Morar vd., 2025; Nowak vd., 2025). Bu fitokimyasal bileşikler, serbest radikalleri eşitkisiz hale getirerek hücresel düzeyde oksidatif stresi azaltır (Bezerra vd., 2025; Wilczyńska ve Žak, 2024) ve böylece hücre bütünlüğünün korunmasına, immün yanıtın desteklenmesine ve çeşitli kronik hastalıklara karşı koruyucu etki oluşturmaya katkı sağlar (Tlak Gajger ve Vlaine, 2025; Yangoua vd., 2024). Yapılan pek çok çalışmada, balın renginin antioksidan kapasite ile yakından bağlantılı olabileceği ortaya konmuştur. Bazı çalışmalarda bal rengindeki koyuluğun antioksidan içerikle korelasyon ortaya koyduğunu ve açık renkli ballara göre daha etkin bir antioksidan kapasite gösterdiği ifade edilmiştir (Bertoncelj vd., 2007; Kuś vd., 2014; Sawarkar, 2024). Yine birçok çalışmada balda renk koyuluğunun daha fazla fenolik bileşik varlığına işaret ettiği iddia edilmiştir (Becerril-Sánchez, 2021; Ciucure ve Geană, 2019; Hajian-Tilaki vd., 2024). Özellikle odunsu bitki kökenli balların (sedir ve kestane balı gibi) fenolik bileşik içeriği açısından zengin olduğu ve diğer çiçek ballarına göre daha fazla antioksidan etkinlik gösterdiği rapor edilmiştir (Al-Mamary vd., 2002; Ntakoulas vd., 2025; Silva vd., 2025; Tananaki vd., 2024; Ucurum vd., 2024).

3.2.2. Antimikrobiyal Etki

Balın antimikrobiyal etkisi 4500 yıldır bilinen ve hem geleneksel hem de modern tıpta dikkat çeken doğal özelliklerinden biridir. Bu etki, balın fiziksel ve kimyasal kompozisyonundan kaynaklanır. Yüksek şeker ihtiva etmesi, fenolik ve flavonid kapsamı, düşük pH (3,2-4,5) seviyesi ve nem içeriği bala antimikrobiyal etki kazandırır (Adhikari

vd., 2025; Al-Ghamdi vd., 2025; Hossain vd., 2022; Ogwu ve Izah, 2025; Yaman vd., 2024).

Son zamanlardaki çalışmalarda balın hem gram pozitif hem de gram negatif 60 kadar bakteri türünde (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Salmonella typhimurium* gibi) antibakteriyal etki gösterdiği saptanmıştır (Mohapatra vd., 2011; Mwangi vd., 2024). Bazı araştırmalar, balın bakteriyel enfeksiyonlar üzerinde klasik antibiyotiklerden daha yüksek antimikrobiyal etki gösterebildiğini ortaya koymuştur. Özellikle direnç geliştirmiş bazı *Staphylococcus aureus* suşlarına karşı güçlü bir biyolojik etkinlik sergilediği belirlenmiştir (Ogwu ve Izah, 2025). Bu özellikleriyle balın dirençli bakteri kaynaklı yara enfeksiyonlarının tedavisinde potansiyel bir alternatif ya da tamamlayıcı ajan olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir (Alandejani vd., 2009; Maddocks ve Jenkins, 2013).

Standartlara uygun üretilmiş gerçek bal mantar fermantasyonlarına karşı oldukça dayanıklıdır ve küflenmez (Sayfullayeva vd., 2023). Bal yukarıda sayılan özellikleri sayesinde antifungal özelliklere de sahiptir. Özellikle mantar kaynaklı çeşitli yaraların tedavisinde bal kullanımının faydaları rapor edilmiştir (Oryan vd., 2016; Yupanqui Mielel vd., 2022). Ayrıca sindirim sistemi rahatsızlıklarında mantar kaynaklı hastalıkların bal tüketimi ile yatıştırılabileceğini gösteren çalışmalar da bildirilmiştir (Abdellah ve Abderrahim, 2014; El-Seedi vd., 2024b; Ranneh vd., 2021).

Balın içeriği sayesinde antiviral etkilere sahip olduğu ifade edilmiştir. Özellikle balın düzenli olarak tüketilmesiyle sahip olduğu antioksidan bileşikler bağışıklık sistemini güçlendirir ve viral kaynaklı

hastalıkların önlenmesinde/iyileşmesinde yardımcı olur (Hossain vd., 2020; Kontogiannis vd., 2022). Bununla birlikte özellikle boğaz enfeksiyonlarına karşı balın etkili olduğuna dair çeşitli çalışmalar mevcuttur (Omoya vd., 2019; Silici, 2024).

3.2.3. Yara Tedavisi

İnsanlık tarihinde bal açık yaraların tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Balın klinik özelliklerinin keşfiyle bu tür tedavi yaklaşımları günümüzde de devam etmektedir. Günümüzde hemen her coğrafyada bal, hala yaraların tedavisinde (özellikle zor iyileşen kronik yaralar) kullanılmaktadır (Naskar vd., 2024; Tang vd., 2024; Tricou vd., 2025). Balın özellikle düşük nem ve yüksek şeker oranı mikrobiyal faaliyetler için sınırlayıcı özellik gösterir (Fadhallah vd., 2025; Machado vd., 2025). Bu nedenle iyi bir yara örtücü role sahiptir. Ek olarak balın sahip olduğu vitaminler, fenolik bileşikler ve flavonoidler gibi fonksiyonel bileşikler, antioksidan etkileri ve düşük pH ortam seviyesi sayesinde istenmeyen mikrobiyal etkinlikleri sınırlar (Adhikari vd., 2025; Al-Ghamdi vd., 2025; Hossain vd., 2022; Yaman vd., 2024; Ogwu ve Izah, 2025). Böylece yara iyileşmesi daha hızlı ve komplikasyonlardan uzak olarak gerçekleşir. Ayrıca balın osmotik potansiyeli yüksektir ve üstünü kapattığı enflamasyon (yara bölgesi) bölgesinden su çeker bakteriyel üreme için gerekli olan ortam suyunu azaltır. Bu sayede yaranın kuruması ve dolayısı ile iyileşmesi hızlanır (Badders vd., 2024; Joel vd., 2024). Ek olarak son yıllarda kemoterapiye uygulamaları kaynaklı ağız içi mukozit (mukoza

iltihaplanması) belirtilerini hafifletmede etkili olduğu gösterilmiştir (Muniz vd., 2025; Münstedt ve Männle, 2019.).

3.2.4. Sindirim Sistemi

Balın insanlık tarihinde sindirim sistemi ile ilgili çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanıldığını bildiren birçok kayıta rastlanmıştır (Abdellah ve Abderrahim, 2014; El-Seedi vd., 2024b; Mustar ve Ibrahim, 2022; Ranneh vd., 2021). Bal çeşitli fonksiyonel bileşiklere sahiptir ve bu bileşikler mide ve bağırsak sisteminin pH'ını dengeler. Negatif yüklü mide içi yaralara bağlanarak örtücü vazifesi görür ve iyileşme sürecini hızlandırır (Abdellah ve Abderrahim, 2014; Ariani vd., 2022; Halim ve Dwimartutie, 2020; Khounganian vd., 2020; Seraglio vd., 2021). Bozulmuş bağırsak florasının doğal haline gelmesine yardımcı olur (Coutiño-Hernández vd., 2022; Younis ve Neelam, 2024). Tabi bu faydalı özelliklerin gerçek balların çeşidine, floristik kökenine ve diğer birçok etkene bağlı olarak değişebileceği unutulmamalıdır.

3.2.5. Antikanser Etki

Yüksek fenolik bileşik içeriğine ve kompozisyonuna sahip balın kanser hücreleri üzerinde toksik etkiler gösterdiği bilinmektedir. Kanser başlangıç, çoğalma ve ilerleme evreleri üzerinde biyolojik açıdan olumlu etkiler gösterebildiği çeşitli in vitro ve in vivo çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu anti tümöral etkiler; apoptozis yollarının aktive edilmesi, oksidatif stres balansının düzenlenmesi, hücre döngüsünün belirli fazlarda durdurulması ve böylece kanser hücrelerinin çoğalmasının önlenmesi gibi çoklu moleküler

mekanizmalar aracılığıyla açıklanmaktadır (Erejuwa vd., 2014; Fauzi ve Yaacob, 2016; Jaganathan ve Mandal, 2009; Kumar Jaganathan vd., 2015). Balın, kronik/iyileşmeyen yaralarda iyileşme sürecini hızlandırdığını rapor edilmiştir (Clare vd., 2024; Lee vd., 2011). Bu özelliği sayesinde bal kansere dönüşme riski taşıyan yaralar için proaktif bir etkiye sahiptir. Bazı bal çeşitlerinin (Manuka ve Tualang gibi) meme ve kolon kanseri üzerindeki etkileri araştırılmış ve olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (Afrin vd., 2018; Fauzi ve Yaacob, 2016,). Meme kanseri üzerine yapılan bir çalışmada odunsu bitki kökenli sedir, kestane ve çam balının diğer otsu çiçek ballarına göre kanser hücreleri üzerindeki etkilerinin daha olumlu olduğu (muhtemelen daha fazla fenolik bileşiğe sahip olması nedeni ile) sonucuna varılmıştır (Haider vd., 2024; Mărgăoan vd., 2021; Seyhan vd., 2017).

3.2.6. Antidiyabetik Etki

Balın eski çağlardan beri diyabet tedavisinde kullanıldığına dair kayıtlara rastlamak mümkündür. Özellikle eski Hint şifa kültüründe antidiyabetik olarak kullanıldığına dair bilgiler vardır (Erejuwa vd., 2012; Khedekar vd., 2016a, 2016b; Mane vd., 2024). Karbonhidrat içeren bir besinin sindirim sonrasına kandaki glukoz oranını yükseltme hızı glisemik indeks olarak tanımlanır ve diyabet hastalığı ile mücadelede oldukça önemlidir. Bu bağlamda saf glukoz için glisemik indeks 100 olarak kabul edilirken sakkaroz için 60 bal için ise ortalama 50-60 arasındadır (Atayoğlu vd., 2016; Bobiş vd., 2018; Kolaylı vd., 2012). Akasya gibi fruktoz içeriği açısından zengin olan ballara ait glisemik indeks değerinin düşük olması, balın hipoglisemik yani kan şekerini

düşürücü etki gösterdiği konusundaki iddiaları güçlendirmektedir (Bogdanov vd., 2008). Bu etki, hem deney hayvanlarıyla hem de insanlar üzerinde yapılan klinik çalışmalarla desteklenmiştir (El Adaouia Taleb vd., 2020; Erejuwa vd., 2012; Prokisch vd., 2022). Bununla birlikte balın hipoglisemik etkisi için detaylı bir mekanizma sunulmamıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar balın olası antidiyabetik etkisini içerdiği fonksiyonel bileşiklerin metabolizma üzerindeki düzenleyici etkileri ile açıklamışlardır. Çünkü bal antioksidan, bağışıklık düzenleyici, antienflamatuar ve antihipertansif özelliklere sahiptir (Browne vd., 2025; Malhotra vd., 2024; Ranneh vd., 2021; Tananaki vd., 2024). Bu güçlü biyoaktif etkiler sayesinde bal, diyabetin neden olduğu metabolizma hastalıkları ile baş etmekte güçlü bir düzenleyici etkiye sahiptir (El-Seedi vd., 2024a, Rahmani ve Babiker, 2025).

3.3. Bal Üretimi ve Çevre

Arıcılık faaliyeti, doğrudan çevresel koşullara bağımlı olması nedeniyle çevresel değişikliklerden en fazla etkilenen tarımsal ürünlerinden biridir. Son yıllarda iklim değişikliği, tarımda kimyasal kullanımı, habitat kaybı ve biyolojik çeşitlilikteki azalma, bal üretimi ve arı sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır (Abrol ve Abrol, 2012; Ahmed, 2023; Naaz vd., 2022; Prodanović vd., 2024). Arılar yalnızca bal üretimi açısından değil, aynı zamanda bitkilerin tozlaşmasını sağlayan temel polen taşıyıcı olarak ekosistemlerin devamlılığında kritik bir rol üstlenirler. Arılar, doğal ekosistemlerin ve mahsullerin kritik tozlaştırıcılarıdır ve yıllık küresel gıda üretimine 235

ila 577 milyar dolar arasında katkıda bulunurlar (Wagoner, 2023). Bitkisel kökenli küresel gıda üretiminin neredeyse dörtte üçü, tozlayıcıların gerçekleştirdiği tozlaşma faaliyetlerine bağlıdır; bu üretimin yaklaşık %30'u ise bal arılarının sağladığı tozlaşma hizmetleri sayesinde mümkün olmaktadır (Bushmann ve Drummond 2020, FAO 2018). Sadece gıda üretimi değil bitkisel çeşitlilik ve dolayısı hayvansal çeşitlilik de büyük oranda arı tozlaşmasına bağlıdır. Buna ek olarak gıda güvenliliğinin sağlanması ve tarımsal üretimin verimliliği doğrudan ya da dolaylı olarak arı etkinliği ile ilişkilidir. Çevresel dengenin sürdürülmesi, yaban hayatının ve çevresel doğal dokunun korunmasında arı etkinlikleri önemli bir yer tutmaktadır (Akbari ve Nourizadeh, 2020; Jarpla vd., 2024; Thakur, 2012).

İklim Değişikliğinin Etkileri: Küresel iklim değişikliğinin arıcılık üzerindeki etkileri, sıcaklık artışları, kuraklıklar ve mevsimsel kaymalarla kendini gösterir (Stone vd., 2025; Ouattara vd., 2025). Bu değişimler, bitkilerin çiçeklenme zamanlarını değiştirerek arıların nektar ve polen kaynaklarına erişimini zorlaştırmakta, dolayısıyla bal verimini düşürmektedir. Su kaynaklarının azalması, arıların beslenmesini ve kolonilerin verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir.

Pestisit ve Kimyasal Maddeler: Modern tarım uygulamalarında yaygın olarak kullanılan pestisitler, arılar üzerinde doğrudan ve dolaylı toksik etkilere yol açarak kolonilerde çöküş sendromlarına neden olabilir (Ganie vd., 2024; Singh ve Rana, 2025). Kimyasal kalıntıların balda bulunma riski hem ürün kalitesi hem de insan sağlığı açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Flora Çeşitliliği ve Ekosistem: Arılar, sağlıklı koloniler için floristik çeşitliliğe ihtiyaç duyar. Tarımsal monokültürün yaygınlaşması ve doğal alanların azalması, arıların beslenme kaynaklarında daralmaya yol açar. Bitki örtüsündeki çeşitlilik kaybı, yalnızca arıların beslenmesini değil, aynı zamanda polinasyon zincirinin sürekliliğini de riske atar (Katumo vd., 2022; USGS, 2025).

Bu bağlamda, bal üretiminin çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir şekilde yürütülmesi büyük önem taşımaktadır. Üreticiler, iklim etkilerini azaltmak amacıyla; kovanların uygun mikroiklim koşullarına sahip bölgelere taşınması, kovan sayısının artırılması, alternatif arı türlerinin kullanımı ve nektar kaynağı çeşitliliği sağlayan bitki örtüsü oluşturulması gibi stratejiler geliştirmektedir (Le Conte ve Navajas, 2008; Bacelar vd., 2024; Nemati ve Ghanbari, 2025). Bununla birlikte, bütünleşmiş zararlı yönetimi, biyolojik mücadele yöntemlerinin benimsenmesi ve pestisit kullanımının azaltılması gibi çevre dostu üretim yaklaşımlarının önceliklendirilmesi gerekmektedir. Arı üreticilerinin kimyasal uygulamalardan uzak alanlarda faaliyet göstermesi kritik önemdedir. Ayrıca, çiçekli doğal alanların korunması, orman altı florasının zenginleştirilmesi ve arı dostu bitki kompozisyonlarının teşvik edilmesi, sürdürülebilir arıcılık için temel stratejiler arasında yer almaktadır.

4. Bal Üretimini ve Kalitesini Arttırmak için Yapılan Çalışmalar

Bal üretiminde yüksek kaliteye ulaşmak ve verimi artırmak, doğal kaynakların bolluğunun yanı sıra uygulanan arıcılık tekniklerinin niteliğine de bağlıdır. Bu bağlamda, İyi Arıcılık Uygulamaları (Good

Beekeeping Practices, GBP) dünya genelinde benimsenen ve FAO ile Apimondia tarafından rehberlik edilen bir standarttır (FAO vd., 2021). GBP, arı kolonilerinin sağlığını korumanın yanı sıra balın doğallığını ve sağlığını güvence altına almayı hedefler. Kovan temizliği, düzenli hastalık kontrolleri, arıların dengeli beslenmesi ve bal olgunlaştıktan sonra hasat yapılması GBP'nin amacıdır. Ana arı seçimi ve koloni yönetimi de bu sistemin parçasıdır.

Giderek daha fazla üretici organik ve ekolojik arıcılık sistemlerine yönelmektedir. Organik arıcılık, kimyasal pestisit, antibiyotik veya sentetik yem katkıları kullanmaksızın doğal çevrenin korunmasına ve balın kalıntı içermemesine odaklanır (Kose, 2024; Prodanović vd., 2024). Bu sistemde arıların konumlandırıldığı alanlarda yoğun tarım kimyasallarından uzak durulması, doğal balmumu ve ahşap malzeme kullanımı gibi uygulamalar yaygındır. Organik sertifikasyon süreci, kovan uygulamalarını ve çevresel faktörleri denetler. Bu uygulamalar çevresel sürdürülebilirlik ve kaliteli ürünleri sağlar.

Arıcılık sektöründe kaliteyi artırmaya yönelik önemli bir alan arı sağlığı araştırmalarıdır. Parazitlere (*Varroa destructor*, *Nosema ceranae*) karşı dirençli arı hatlarının geliştirilmesi koloni kayıplarını azaltmada önemlidir. Türkiye'de genetik ıslah ve seleksiyon çalışmalarıyla daha dayanıklı arı ırkları elde edilmeye çalışılmaktadır (Güler vd., 2010; Uygur ve Yücel, 2016; Sıralı, 2017; Şahin, 2024). Yeni yem formülasyonları, probiyotikler ve bağışıklık sistemini destekleyici ürünler kolonilerin sağlığını güçlendirmeyi amaçlar.

Arıların sağlıklı olması, bal verimini ve ürünün mikrobiyal/kimyasal güvenliğini doğrudan etkiler.

Balın ticari değeri ve tüketici güveni açısından en belirleyici unsurlardan biri ürünün saflığı ve kalitesidir. Nem oranı, hidroksimetilfurfural (HMF) düzeyi, prolin içeriği ve şeker profili gibi fizikokimyasal parametrelerin izlenmesi gerekir. Saflık analizlerinde gelişmiş teknikler kullanılır. Tıbbi kullanım alanlarında, antibiyotik ve pestisit kalıntılarının bulunmaması kritik öneme sahiptir. Kalite kontrol protokolleri, balın rekabet gücünü artırır.

Balın renk tayini, Pfund skalası gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Pfund skalası spektrofotometrik bir yöntemdir ve balın rengini belirlemek için kullanılır. Temel birim olarak milimetre olarak kabul edilir ve standardize edilmiş amber renkli bir skalanın tonlarına göre bal örneği görsel olarak yorumlanır. Pfund skalası aralıkları, su beyazından koyu ambere kadar renk sınıflarını ifade eder.

Sonuç olarak, bal üretiminde kaliteyi ve sürdürülebilirliği artırmak çok yönlü bir yaklaşım gerektirir; iyi arıcılık uygulamaları, organik üretim sistemleri, arı sağlığı araştırmaları ve bilimsel temelli kalite kontrol yöntemleri bu hedefe ulaşmada temel araçlardır.

5. Balda Taklit ve Tağşiş

Ülkemiz ve diğer birçok ülke için temel arıcılık problemi, olması gereken potansiyelin uzağında bal üretimi yapılmasıdır. Bu durum küresel ölçekte kovan başına düşen bal miktarı verileri ile kolaylıkla gözlemlenebilir (Merdan, 2021). Görece çözümü kolay gibi görünse de problemlerin yapısal olması ve ciddi reformlar gerektirmesi kovan

başına düşen bal veriminin artmasını sınırlamaktadır. Bu nedenle denetimin yetersiz kaldığı coğrafyalarda balın üretim miktarı verimin yükselmesi ile değil; taklit ve tağşiş gibi yasal olmayan uygulamalar ile arttırılmaktadır (Strayer vd., 2014; Bose ve Padmavati, 2024). Halk sağlığını ciddi oranda riske eden bu tür uygulamalar, devletlerin gıda kodeksleri ile azaltılabilmektedir. Örnek vermek gerekirse Avrupa Birliği talimatları (Direktif: 2001/110/EC) ve kodeksi (Kodeks Alimentarius Komisyonu Bal Standardı Codex Stan 12-1981) temel alınarak hazırlanmış Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, bala herhangi bir maddenin eklenemeyeceği ve tüketici sağlığını riske atacaktır türde ve düzeyde madde içerebileceği açıkça belirtilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Ayrıca gıda kodekslerinde belirtilmiş kalite parametrelerine sıkı bir şekilde uyulması; cezai yaptırımları olan yasal bir zorunluluktur.

Bazı bal üreticileri ise koloni sağlığını korumak ve kışlama sürecinin daha rahat atlatılabilmesi için arılara şekerli ek besinler ya da çeşitli oranlarda hazırlanmış şeker şurubu verebilirler. Bu olağan bir durum olarak kabul edilen teknik bir uygulamadır (Ceksteryte ve Racys, 2006; Semkiw ve Skubida, 2016; Pşidal vd., 2023). Kötü niyetli üreticiler ise yüksek hacimde üretim için çeşitli tağşiş uygulamaları geliştirmişlerdir. Balı daha kaliteli gösterebilmek için sonradan ısıtılması ve çeşitli aromaların katılması sıkça karşılaşılan bir tağşiş durumudur (Liu vd., 2018; Soares vd., 2017). Özellikle arıların bal üretimi sürecinde mısır ya da şeker pancarından üretilmiş glukoz ve fruktoz şuruplarının kovan yakınlarına bırakılmasıyla arının yüksek miktarda bal üretmesini sağlayan yeni tağşiş uygulamaları

geliştirilmiştir (Fakhlaei vd., 2020; Nicolson vd., 2022). Bu şekerler doğrudan bala katılmadığı için standart analizlerle tespiti zordur ve özel teknik analizler gerektirmektedir.

İhracat ürünü olarak sınıflandırılan ballar ilgili ülkenin gümrüğünde yeniden test edilebilir ve taşıya uğramış ya da sahtecilik ürünü balların iadesi yapılabilir veya imha edilir. Aynı zamanda bu bilgiler kamuoyuna sunulur ve bal üreticisi/ihracatçısı halk tarafından bilinir. Bu durum ihracat yapan ülke için ciddi ekonomik kayıplar yaratabilecek itibar problemleri ile sonuçlanabilir.

Tablo 1. TGKBT ve TSE'ye göre balın özellikleri

Kalite Kriterleri	TGKBT		TSE	
	Çiçek Balı	Salgı Balı	Çiçek Balı	Salgı Balı
Nem (%)	<%20 <%23 Püren (<i>Calluna vulgaris</i>)	<%20	<%20	<%20
Sakkaroz (%)	<5 g	<5 g	<5 g	<5 g
Fruktoz+Glukoz	>60 g	>45 g		
Fruktoz+Glukoz	0,9-1,4	1,0-1,4	-	-
Maltoz (%)	4	4		
Suda çözünmeyen madde (g/100g)	<0,1 g/100g	<0,1 g/100g		
Serbest asitlik (meq/kg)	<50 meq/kg	<50 meq/kg	<40 meq/kg	<40 meq/kg
Elektrik iletkenliği (mS cm ⁻¹)	<0,8 – (İhlamur (<i>Tilia spp</i>), Püren (<i>Calluna vulgaris</i>) gibi bitkilerden elde edilen ballar hariç)	>0,8		
Diastaz sayısı	>8 – Narenciye balı gibi doğal olarak düşük miktarda enzim içeren ve doğal olarak HMF miktarı 15 mg/kg'dan fazla olmayan balda;3	>8	>8	>8
HMF (mg/kg)	<40 mg/kg	<40 mg/kg	<40 mg/kg	<40 mg/kg
Prolin miktarı (mg/kg)	> 300 mg/kg > 180 mg/kg (kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, okaliptüs ballarında)	> 300 mg/kg		

(Anonim 2002, 2012)

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği balın sahip olması gereken nitelikleri ve nicelikleri açık bir şekilde belirtmiştir:

"Bala, gıda katkı maddeleri de dâhil olmak üzere dışarıdan hiçbir madde katılamaz. Bal, doğal bileşiminde bulunmayan organik ve/veya inorganik maddelerden arınmış olmalıdır." Ayrıca, "Balın tadı ve

aroması, üretildiği bitkinin türüne ve kaynağına bağlı olarak farklılık gösterebilir; ancak balın kendine özgü koku ve tada sahip olması gereklidir."

Bu yasal çerçeve balın tamamen orijinal olmasını garanti etmenin en etkili yolunu çizmektedir. Balın sahip olması gereken diğer özellikler ise Tablo 1’de yer almaktadır (Anonim, 2002, 2012).

6. Balın Kalite Özellikleri

Bal, glukoz ve fruktoz gibi indirgen şekerlerin yoğun miktarda bulunduğu bir çözelti olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte niteliğini belirleyen çok daha fazla çözünmüş içeriğe (indirgen olmayan bazı şekerler, enzimler, amino asitler, organik asitler, fenolik bileşikler, Maillard reaksiyonu ürünleri, vitaminler ve mineral maddeler) sahiptir (Aydoğmuş, 2013). Daha detaylı sunmak gerekirse Mutlu vd., (2017) balın genel kompozisyonunu %80-82 oranında karbonhidrat, %17 su, %0,7 mineral madde, %0,3 oranında ise protein, vitamin, organik asitler, fenolik bileşikler ve serbest amino asitlerden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Her ne kadar balın temel bileşenleri tüm bal türlerinde büyük ölçüde benzerlik gösterse de doğal balın kimyasal yapısı ve fiziksel özellikleri; elde edildiği nektar kaynağı, işlenme yöntemi, depolama koşulları ve iklimsel faktörler gibi çeşitli etmenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Sajid vd., 2019). Bu değişkenler arasında en belirleyici olanı ise, arıların nektar kaynağındaki çeşitlilik seviyesidir (Ansaloni vd. 2025; Antonie vd., 2023; Aydoğmuş, 2013; Trivedi vd., 2025). Buna ek olarak tüketiciye sunulacak bir balın daha

önce de belirtildiği gibi belli başlı kalite standartlarını karşılaması gerekmektedir (da Silva, 2016).

6.1. Nem

Baldaki olgunluk ve raf ömrünün belirlenmesinde nem içeriği en önemli özelliklerden biridir. Kristalleşme sırasında su serbest halde bulunduğundan sıvı fazın nem içeriği artmakta ve fermantasyon riskini de arttırmaktadır. Fermantasyon ile ilgili olan nem, balın yoğunluk, kristalleşme, viskozite ve reolojik davranış gibi özelliklerini etkileyebilmektedir (Baloš vd., 2019). Balın mikrobiyal faaliyetlerden korunması için nem içeriğinin olabildiğinde düşük olması gereklidir ve düşük nem içeriği ideal saklama koşullarında raf ömrünü uzatmaya yardımcı olur (Ng vd., 2023; Singh ve Singh, 2018; Subbiah vd., 2020). Bal nem çekme (higroskopik) özelliğine sahip bir üründür. Nem içeriği yüksek olan bir balda mikroorganizma faaliyetleri nedeniyle depolama ve satış süreçlerinde fermentasyona uğrama olasılığı yükselir (da Silva vd., 2022; Gomes vd., 2010; Singh ve Singh, 2018). Mikrobiyal fermantasyon sonucunda tadında bozulma gerçekleşebilir, raf ömründe azalma görülebilir. TGK (Türk Gıda Kodeksi) standartlarına göre balın nem oranı en fazla %20 olması gereklidir (Sunay, 2006; Şahin, 2019; Mesele, 2021).

6.2. Elektriksel İletkenlik (EC)

Balın elektrik iletkenliği, organik asitlerin, inorganik tuzların, proteinlerin, minerallerin ve kompleks şekerlerin kompozisyonuna ve miktarına bağlıdır. Organik asit ve iyon miktarı yüksek olan balların elektrik iletkenliği daha yüksektir. Elektrik iletkenliği miktarına

bakılarak çiçek ve salgı balı arasında ayırım yapılabilir (Thakur vd., 2022). Türk Gıda Kodeksi bal tebliği standartlarına göre bazı özel çeşitler hariç elektriksel iletkenliğin çiçek ballarında en fazla 0,8 mS/cm, salgı ballarında ise en az 0,8 mS/cm olması gerektiği bildirilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). Bir balın elektrik iletkenlik değeri ölçülerek nektar açısından kökeni hakkında bilgi elde edilebilir. Bu sayede tüketici satın alacağı bal hakkında daha detaylı bilgi edinebilir ve tercihini daha analiz odaklı olarak ortaya koyabilir.

6.3. pH

Bal, düşük pH değerine sahip doğal bir besin olmasından dolayı, mikroorganizmaların gelişmesi veya çoğalması için sınırlayıcı bir ortamdır. Baldaki pH, hidrojen iyonu varlığını ifade eder ve bu özellik, ürünün dokusu, bileşimi ve raf ömrü gibi kalite unsurlarını belirlemede önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Hepsağ, 2019). Genellikle çiçek ballarının balın pH değeri 3,30 ile 4,60 arasında olurken salgı ballarında ortalama pH değeri 4,5-6,5 aralığındadır (Inaudi vd., 2025). Bu değer, balın bileşiminde bulunan asitler, kalsiyum, potasyum ve sodyum gibi minerallerin varlığıyla ilişkilendirilmektedir. Mineral içeriği yüksek olan ballarda pH seviyesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Haroun, 2006). Aynı zamanda pH değeri balın nektar kaynağına göre çeşidini belirlemek için de kullanılabilir. Bununla birlikte belirtilen pH değerlerinden sapma gösteren ballarda üretim ve depolama ilgili problemler ya da tağşiş/sahtecilik şüphesi ortaya çıkar (Gün ve Karaoğlu, 2024). Bu nedenle balın pH değeri önemlidir ve düşük maliyetli bir analizle

kolaylıkla ölçülebilir. Tüketici güvenliğini ve gıda güvenliğini sağlamak için Türk Gıda Kodeksi balın pH değerini ölçülmesi gereken parametrelerden birisi olarak kabul eder.

6.4. Serbest Asitlik

Balın serbest asitliği önemli kalite standartlarından birisi olup; serbest, laktonik ve toplam asitlik olmak üzere farklı şekillerde ifade edilebilmektedir (Albu vd., 2025). Asitlik düzeyinin yüksek olması, mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek balın bozulmasını önlemektedir. Balın bileşiminde formik asit, asetik asit, bütirik asit, sitrik asit, laktik asit, malik asit, okzalik asit ve en yüksek oranda glukonik asit bulunmaktadır (Bayrambaş, 2012; Haroun, 2006). Türk Gıda Kodeksi standartları, baldaki serbest asitlik değerinin en fazla 50 meq/kg olabileceğini belirtmektedir.

6.5. Prolin

Nektar, arıların sindirim sisteminde bala dönüşürken hem nektar kaynağında hem de arının sindirim sisteminde bulunan prolin balın doğal yapısına katılmış olur (Turhan, 2023). Prolin, balın içerdiği aminoasitlerin büyük bir kısmını oluşturduğu için, baldaki protein miktarı prolin miktarı olarak da değerlendirilir. Prolin miktarı, balda taklit veya tağış yapılıp yapılmadığını belirlemek için önemli bir kalite kriteri olarak kabul edilmektedir. Balın prolin değeri nektar kaynağına ve çeşidine göre değişirken söz konusu bu değer şeker şurubu ağırlıklı beslenen arıların ürettiği ballarda genellikle düşük çıkar (Can, 2014). Bu nedenle tağış yapan üretici dışarıdan prolin ekleyerek seviyeyi yükseltmeye çalışır. Fakat bu durumda balın diğer kalite değerlerinin

değişmesine neden olur. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre balın prolin içeriği en az 300 mg/kg olmalıdır.

6.6. Diastaz

Balın muhteviyatında invertaz, katalaz, glukoz oksidaz, fosfataz ve diastaz (amilaz) gibi enzimler bulunmaktadır. Bu enzimlerin kökeni nektar kaynağı ve arının sindirim sistemidir. Diastaz ise balda bulunan ve nişasta gibi polisakkaritlerin glukoz ve maltoz gibi küçük şekerlere hidrolizini gerçekleştiren önemli bir enzimdir (Ulusoy, 2010). Aslında bitki nektarlarında nişasta bulunmaz. Buna rağmen hemen hemen tüm bal çeşitlerinde farklı miktarlarda bulunmaktadır (Günarslan, 2015).

Diastaz enzimi sayısı ulusal ve uluslararası kalite standartlarında belirtilen önemli kalite standartlarından birisidir. Özellikle balın ısıl işleme maruz kalması süreçlerinde miktarı azalır ve balın tağşişe ya da sahteciliğe uğrayıp uğramadığı konusunda önemli bilgiler sunar (Pećanac vd., 2023; Voldřich vd., 2009). Çünkü diastaz enzimi diğer enzimler gibi protein tabiatlıdır ve 49 derecenin üstündeki sıcaklıklarda denatüre olmaya başlar ve etkinliğini kaybeder. Bu etkinlik standartlaşmış bir analizle kolaylıkla belirlenebilir (Bogdanov, 2009; Kamboj vd., 2024). Böylece test edilen balın üretim sürecinin bir ya da daha fazla evresinde ısıl işleme maruz kalıp kalmadığını gösterir (Güney, 2010; Tosmur, 2004; Ulusoy, 2010). Türk Gıda Kodeksine göre diastaz sayısı tüm bal çeşitleri için en az 8 olmalıdır. Bu değer kabul edilebilir alt sınır olup daha yüksek diastaz sayılılarına ulaşılması kaliteli bal göstergelerinden biridir.

6.7. HMF (Hidroksi Metil Furfural)

Bal kalitesini işaret eden önemli kriterlerinden birisi HMF (Hidroksimetilfurfural) içeriğidir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği HMF içeriğinin en fazla 40 mg/kg olarak olması gerektiğini bildirmektedir. Taze ballarda oldukça düşük seviyelerde bulunan HMF, bala uygulanan ısıtıl işlem, depolama sıcaklığı veya depolama sırasında kullanılan materyalle ilişkili olarak artmaktadır. Uluslararası Bal Komisyonu, balda oluşan kristallerin ortadan kaldırılması amacıyla balın en fazla 40 °C sıcaklığa kadar ısıtılmasını önermektedir. HMF oluşumunu engellemek için balın sıcaklığının 55-60 °C'yi geçmemesi gerektiği özellikle vurgulanmaktadır (Bengü, 2022; Tosi, 2002).

6.8. Şeker İçeriği

Balın kompozisyonunda yaklaşık %82 karbonhidrat çeşitleri bulunmaktadır. Yüksek karbonhidrat içeriği baldaki kuru madde oranının %95-99'a kadar ulaşmasına imkan verir (Tosmur, 2004). Detaylandırmak gerekirse şeker içeriğinin %66.71-88 oranında fruktoz ve glukoz ek olarak sakkaroz, maltoz, kestoz, melezitoz, erloz ve dekstroz gibi disakkarit-oligosakkaritler bulunabilir (Sharma vd., 2024). Aynı zamanda yüksek karbonhidrat seviyesi balı enerji yoğunluğu yüksek bir gıda ürünü haline getirmektedir (Şen, 2019). Balın şeker profili karbonhidrat kompozisyonuna göre değişir ve aynı zamanda orijini hakkında bilgi verir. Örnek vermek gerekirse melezitoz ve erloz yoğunluğu salgı ballarında daha fazla rastlanan bir durumdur (Turan, 2012). Balın tatlılık seviyesi, viskozitesi ve granüler yapısı çoğu

zaman içerdği fruktoz ve glukoz gibi monosakkaritlerden kaynaklanır (Bayrambaş, 2012).

6.9. Mineral Madde Miktarı

Mineral maddeler tüm canlılar için esansiyel olup metabolizma faaliyetlerinin (anabolizma ve katabolizma) dengede kalabilmesi için gereklidir (Carlberg ve Molnár, 2025; Razzaque ve Wimalawansa 2025). Mineraller elementel yapıda oldukları için canlılar tarafından sentezlenemez ve başka bir kaynaktan temin edilmek zorundadır. Mineral maddelerin ihtiyacı giderilemediğinde önemli fonksiyon bozuklukları ve buna bağlı birçok sağlık problemi oluşabilir (Kaya vd., 2002). Balın 100 g porsiyonunda ortalama 0,02 ile 1,03 g arasında mineral maddeler bulunur. Bununla birlikte mineral içerik nektar kaynağına ve balın üretildiği coğrafyadaki toprak kompozisyonuna göre değişiklik gösterebilir (Şen, 2019).

Balın temelde bitki kökenli bir ürün olması nedeniyle mineral içeriğinde potasyum (K) ağırlıklı olarak bulunur. Bununla beraber sodyum (Na), kalsiyum (Ca), mangan (Mn), demir (Fe) ve bakır (Cu) mineraller de çeşitli oranlarda bal içeriğine dahil olur (Bora vd., 2024; Naccari vd., 2025). Balın üretildiği coğrafyaya bağlı olarak muhteviyatına kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), civa (Hg) gibi çeşitli ağır metaller de katılabilir (Bora vd., 2024). Bu durum arzu edilmeyen bir şekilde balın ağır metal toksisitesi göstermesine neden olabilir (Alqarni vd., 2012). Böyle bir riskin olduğu durumlarda bal örneklerinde ya da ilgili bölgede periyodik olarak ağır metal analizleri yapılmalıdır.

Balda renk koyuluğu çoğu zaman mineral içeriği ile pozitif bir ilişkiye sahiptir. rnek vermek gerekirse mineral içeriğinin zengin olmasıyla bilinen salgı balları diğer ballara göre daha koyu renklidir (Kolaylı vd., 2008). Aynı zamanda mineral içeriği ve profili balın tadına da etki eder. Yüksek mineral içeriğinin balı daha yoğun bir lezzete kavuşturduğu bildirilmiştir (Gonzalez-Miret vd., 2005). Balın pH değerı mineral içeriğinde etkilenir ve mineral içeriği zenginleştikçe balın pH değerı yükselir (Lawless vd., 1996).

6.10. Balın Antioksidan İçeriği

Gıda bileşenlerinin havada bulunan oksijenle etkileşimi sonucu meydana gelen oksidasyon reaksiyonları, besin değerinin azalmasına, tat, koku ve renk değişimi gibi istenmeyen durumların oluşmasına yol açmaktadır. Gıdalara dışarıdan ilave edilen veya doğal olarak bulunan, oksidasyon reaksiyonlarını engelleyen maddeler ise "antioksidan maddeler" olarak tanımlanır (Köksel, 2007). Araştırmalar, balın doğal bir antioksidan madde olduğunu belirtmektedir. Balın antioksidan içeriği, mevsimsel ve çevresel etmenlerin yanı sıra, balın üretiminde kullanılan nektar kaynaklarından etkilenir (Spilioti vd., 2014).

Bal, birçok taze meyve ve sebzeye yakın antioksidan aktiviteye sahip olup, yaklaşık 200 bileşen içerdiği birçok çalışmada ortaya konmuştur (Alvarez-Suarez vd., 2013; Bezerra vd., 2025; Lazaridis vd., 2024; Lewoyehu ve Amare 2019; Moniruzzaman vd., 2012; Patouna vd., 2025). Bitkilerde bulunan pek çok polifenol bileşik, arılar tarafından toplanan nektarla birlikte bala geçer. Bu antioksidan bileşiklerin miktarı, bitkinin bulunduğu coğrafya, bitki türü, üretim

şekli, kullanımı ve depolama koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Bu faktörler arasında en etkili olanı ise nektar kaynağıdır (Çoban vd., 2014).

6.11. Balda Uçucu ve Aromatik Bileşikler

Balın özgün karakterini etkileyen karbonhidrat profili, mineral içeriği/kompozisyonu ve diğer birçok faktöre ek olarak uçucu/aromatik muhteviyatı önemli bir göstergedir. Çoğu zaman fitocoğrafik bölgenin nektar kaynaklarına bağlı olarak balın uçucu/aromatik profili değişir (Rahman vd., 2017; Poliero vd. 2022; Poliero vd., 2023). Bu durum balın kendine has tat, koku aroma ve biyolojik aktivite kapasitesi kazanmasına etki eder. Günümüzde gaz kromatografisi sistemleri ile balın bileşimde bulunan uçucu bileşikler belirlenebilmekte ve profili aydınlatılabilmektedir (da Silva vd., 2017). Gaz kromatografisi analizleri, balın botanik kökeninin belirlenmesinde etkili bir araç olarak kullanılmakta ve bu analizler sayesinde balda bulunan karakteristik kimyasal bileşikler tespit edilebilmektedir. Söz konusu bileşikler arasında propanol ve etanol gibi alkoller; hekzanal, heptanal ve furfural gibi aldehytler; aseton, butanon, butanedion ve propanon gibi ketonlar; asetik asit gibi organik asitler; etil asetat gibi esterler; linalool ve hotreniol gibi terpenler ile metilpropanenitril ve metilbutannenitril gibi azotlu bileşikler yer almaktadır. Buna ek olarak, simen, limonen, safranal, siklositral ve karyofilen gibi bitkisel kökenli bileşikler de analiz sonuçlarında belirlenen genel bileşikler arasındadır (Escriche vd., 2017).

Bitkilerde bulunan uçucu yağların ve aromatik bileşiklerin biyolojik etkinlikleri ile yapılan çalışmalarda antikanser, antimikrobiyal ve antioksidan açıdan oldukça faydalı olabilecekleri rapor edilmiştir (Al-Hajj vd., 2017; Bhalla vd., 2013; Chen vd., 2022; Eid vd., 2023; Valdivieso-Ugarte vd., 2019). Bu nedenle söz konusu bileşiklerin balın yapısına bulunması, tüketim değeri ve sağlık açısından faydalarını arttırmaktadır. Son yıllarda lavanta gibi uçucu yağ açısından zengin alanlarda arıcılık faaliyetleri gerçekleştirilmeye başlanmış ve lavanta balı gibi isimlerle yeni bal çeşitleri ortaya çıkmıştır.

SONUÇ

Bal ve bal üretici arılar sadece insanlık için değil canlılığın neredeyse tamamı için büyük bir öneme sahiptir. Bu önem gıda amaçlı besin diyetine dahil olmasından kaynaklandığı gibi doğrudan ya da arıların tozlaşma üzerindeki katkıları gibi dolaylı olabilir. Doğal bir ürün olan bal insanlar için sadece gıda maddesi olmasına ek olarak yukarıda verildiği gibi birçok amaç için kullanılmaktadır. Aktif bileşenleri sayesinde bal geçmişten günümüze kadar sağlık amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Son derece kıymetli olması nedeniyle üretiminin yüksek hacimli olması için tarih boyunca sayısız çalışmalara konu olan bal, günümüzde de çeşitli çalışmalara konu olmaktadır. Balın katma değerinin yüksek olması, pazar payının ve ekonomik değerinin sürekli artış eğrisi çizmesi ve sağlıklı yaşam trendinin yükselişte olması gibi birçok sebepten dolayı taşıyış ve sahtecilik uygulamalarında artış meydana gelmiştir. Bu durum tüketici sağlığını riske ederek gıda güvenliğinin azalmasına neden olduğu gibi hem ulusal hem de

uluslararası pazarlarda ciddi prestij kayıplarına sebep olmaktadır. Bu tür kötü niyetli uygulamaların önüne geçebilmek için sıkı denetim uygulamaları geliştirilmiş ve uluslararası akredite standartlar belirlenmiştir. Bu sayede balın üretiminden tüketimine kadar devam eden gıda zincirinde doğallığının ve kalitenin azami oranda korunması amaçlanmıştır. Bal üretimi dünyanın birçok yerinde çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Üretimde uygulanan yöntemlerin modern olması doğrudan kovan başına düşen bal miktarını olumlu yönde etkilemektedir. Dahası ulusal bazda bal üretimin denetlenmesi, tekniklerin modern hale getirilmesi ve üreticilerin eğitimi doğrudan bal üretimine olumlu katkılar yapacaktır. Sonuç olarak, insanlık için vazgeçilmez bir ürün olan balın tüketiciye yüksek kalitede ve uygun maliyetle ulaştırılması bölgesel değil ulusal bir hedef olmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abdellah, F., & Abderrahim, L. A. (2014). Honey for gastrointestinal disorders. *Honey in Traditional and Modern Medicine*, 159–186.
- Abrol, D. P., & Abrol, D. P. (2012). Decline in pollinators. *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*, 545–601.
- Adhikari, A., Thapa, N. K., Gurung, A., & Parajuli, N. (2025). Physicochemical, antioxidant, and antimicrobial study in Nepalese honey. *BIBECHANA*, 22(1), 52–62.
- Afrin, S., Giampieri, F., Gasparini, M., Forbes-Hernández, T. Y., Cinciosi, D., Reboledo-Rodríguez, P., ... & Battino, M. (2018). The inhibitory effect of Manuka honey on human colon cancer HCT-116 and LoVo cell growth. Part 1: The suppression of cell proliferation, promotion of apoptosis and arrest of the cell cycle. *Food & Function*, 9(4), 2145–2157.
- Ahmed, S. (2023). Anthropogenic threats to honeybee ecology: A review. *Journal of Advanced Research in Agriculture Science and Technology*, 6(2), 21–43.
- Akbari, M., & Nourizadeh, R. (2020). Role of bees in biodiversity and environmental protection. *IAHRW International Journal of Social Sciences Review*, 8(1–3), 14–16.
- Alandejani, T., Marsan, J., Ferris, W., Slinger, R., & Chan, F. (2009). Effectiveness of honey on *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms. *Otolaryngology--head and neck surgery: official journal of American Academy of*

- Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 141(1), 114–118.
<https://doi.org/10.1016/j.otohns.2009.01.005>.
- Albu, A., Bora, F. D., Cucu-Man, S. M., Stoleru, V., Nistor, C. E., Brumă, I. S., & Rusu, O. R. (2025). Assessing honey quality: A focus on some physicochemical parameters of honey from Iasi County (Romania). *Agriculture*, 15(3), 333.
- Al-Ghamdi, S., Alsulami, T., Alshamri, G., Ahmed, M., Ibrahim, M., Husain, F. M., ... & Elamin, W. (2025). Physicochemical properties of honey and honey-like foods and their impact on *E. coli* survival: A comparative study. *Food Chemistry Advances*, 6, 100891.
- Al-Hajj, N. Q. M., Algabr, M. N., Omar, K. A., & Wang, H. (2017). Anticancer, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils of some aromatic medicinal plants (*Pulicaria inuloides* – Asteraceae). *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(7), 490–495.
- Al-Mamary, M., Al-Meer, A., & Al-Habori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research*, 22(9), 1041–1047.
- Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., & Hannan, M. A. (2012). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 618–625.
- Alvarez-Suarez, M. J., Giampieri, F., & Battino, M. (2013). Honey as a source of dietary antioxidants: Structures, bioavailability and

- evidence of protective effects against human chronic diseases. *Current Medicinal Chemistry*, 20(5), 621–638.
- Ambreen, S., Mehmood, Z., Mahmood, K., Rizwan, S., Behlil, F., Jabeen, U., Mushtaq, A., & Bashir, F. (2021). Overview on physical properties and biochemical composition of honey. *International Journal of Biosciences*, 18(4), 8–21.
- Anonim. (2002). *Bal standardı*. Türk Standartları Enstitüsü TS 3036/2002, Ankara, 24 s.
- Anonim. (2012). *Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği* (Tebliğ No: 2012/58). <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/41454>
- Ansaloni, L. S., Kristl, J., Domingues, C. E., & Gregorc, A. (2025). An overview of the nutritional requirements of honey bees (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758). *Insects*, 16(1), 97.
- Antonie, I., Vonica, G., & Caibar, E. C. (2023). Honey and the importance of honey supply in Sibiel Village, Sibiu County, Romania. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 23(4), 57–64.
- Arıcılık Ürün Raporu. (2023). *Arıcılık Ürün Raporu* (s. 31). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Arıgül Apan, M., & Zorba, M. (2025). Çiçek ballarında uçucu bileşenler ve gaz kromatografisi ile belirlenme teknikleri. IV. *International Ordu Scientific Research Congress* (s. 100). Ordu, Turkey.
- Ariani, Y., Aliyatur, T., & Wicaksono, B. (2022). A literature review: The effect of honey in pressure ulcer wound healing acceleration. *Jurnal Rekonstruksi & Estetik*, 7(2).

- Arslan, Ş., & Kızıltan, G. (2024). Oral yolla tüketilebilen apiterapi ürünlerine genel bakış. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 9(2), 177–188.
- Atayoğlu, A. T., Soylu, M., Silici, S., & İnanç, N. (2016). Glycemic index values of monofloral Turkish honeys and the effect of their consumption on glucose metabolism. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 46(2), 483–488. <https://doi.org/10.3906/sag-1502-102>
- Aydoğmuş, R. E. (2013). Batı Anadolu bölgesinde üretilen balların farklı koşullarda depolanması sonucunda biyokimyasal ve fizikokimyasal kalitelerindeki değişimin izlenmesi (Yüksek lisans tezi, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). 45 s.
- Bacelar, E., Pinto, T., Anjos, R., Morais, M. C., Oliveira, I., Vilela, A., & Cosme, F. (2024). Impacts of climate change and mitigation strategies for some abiotic and biotic constraints influencing fruit growth and quality. *Plants*, 13(14), 1942.
- Badders, J., Coblenz, O., Ranasinghe, V., Shabani, S., & Ranasinghe, V. J. (2024). Medical honey in head and neck cancer. *Cureus*, 16(1).
- Baloš, M. Ž., Jakšić, S., Popov, N., Mihaljev, Ž., & Pelić, D. L. (2019). Comparative study of water content in honey produced in different years. *Archives of Veterinary Medicine*, 12(1), 43–53.
- Bayram, N. E., Canli, D., Gercek, Y. C., Bayram, S., Çelik, S., Güzel, F., Morgil, H., & Oz, G. C. (2020). Macronutrient and micronutrient levels and phenolic compound characteristics of monofloral honey samples. *Journal of Food Nutrition Research*, 59(4), 1–12.

- Bayrambaş, K. (2012). Türkiye’de üretilen balların bazı fizikokimyasal özellikleri (Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). 80 s.
- Becerril-Sánchez, A. L., Quintero-Salazar, B., Dublán-García, O., & Escalona-Buendía, H. B. (2021). Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants*, 10(11), 1700. <https://doi.org/10.3390/antiox10111700>
- Bengü, A. Ş. (2022). Balın kimyası, özellikleri ve sağlığımız. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, 2(2), 93–98.
- Bengü, A. Ş., & Kutlu, M. A. (2020). Bingöl’den temin edilen ballarda ICP-MS ile bazı temel ve toksik elementlerin analizi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(1), 1–12.
- Bertoncelj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822–828.
- Bezerra, M. L. R., Gouveia-Nhanca, M., da Veiga Dutra, M. L., Batista, K. S., de Araújo, A. N. V., dos Santos Lima, M., ... & de Souza Aquino, J. (2025). Malícia honey (*Mimosa quadrivalvis* L.) produced by the jandaíra bee (*Melipona subnitida* D.) shows antioxidant activity via phenolic compound action in obese rats. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1524642.
- Bhalla, Y., Gupta, V. K., & Jaitak, V. (2013). Anticancer activity of essential oils: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(15), 3643–3653.

- Biber, L., Brkičević, D., Taljić, I., Mirjanić, G., & Toroman, A. (2023). Physicochemical and sensory parameters of black locust and chestnut honey quality. *Agroznanje*, 24(4). <https://doi.org/10.7251/AGREN2304179B>
- Bobiş, O., Dezmirean, D. S., & Moise, A. R. (2018). Honey and diabetes: The importance of natural simple sugars in diet for preventing and treating different type of diabetes. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 4757893.
- Bogdanov, S. (2009). Harmonised methods of the International Honey Commission. *International Honey Commission*. <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>
- 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.
- Bora, F. D., Andreacan, A. F., Călugăr, A., Bunea, C. I., Popescu, M., Petrescu-Mag, I. V., & Bunea, A. (2024). Comprehensive elemental profiling of Romanian honey: Exploring regional variance, honey types, and analyzed metals for sustainable apicultural and environmental practices. *Foods*, 13(8), 1253.
- Bose, D., & Padmavati, M. (2024). Honey authentication: A review of the issues and challenges associated with honey adulteration. *Food Bioscience*, 61, 105004.
- Browne, E., Kavanagh, S., & Devery, S. (2025). The in vitro antioxidant and immunomodulatory effects of the Irish monofloral ivy and heather honey varieties. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(8), 3625.

- Bushmann, S. L., & Drummond, F. A. (2020). Analysis of pollination services provided by wild and managed bees (Apoidea) in wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) production in Maine, USA, with a literature review. *Agronomy*, 10(9), 1413.
- Can, Z. (2014). Biyoaktiviteleri yönünden Türkiye florasına ait baskın ballar ile Manuka ballarının karşılaştırılması (Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon).
- Carlberg, C., & Molnár, F. (2025). Nutrition's role in health and disease. In *Nutrigenomics: How Science Works* (pp. 1–13). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Ceksteryte, V., & Racys, J. (2006). The quality of syrups used for bee feeding before winter and their suitability for bee wintering. *Journal of Apicultural Science*, 50(1), 5–14.
- Cerda-Mejía, V., Pérez-Martínez, A., Guardado-Yordi, E., Cerda-Mejia, G., Diéguez-Santana, K., Benítez-Cortés, I., & González-Suárez, E. (2021). Simulation strategy to reduce quality uncertainty in the sugar cane honey process design. *Ingeniería e Investigación*, 41(1).
- Chen, C. Y., Liu, C. M., Yeh, H. C., Li, W. J., Li, H. T., Cheng, M. J., ... & Chiou, Y. L. (2022). Antioxidant and anticancer aromatic compounds of *Zingiber officinale*. *Chemistry of Natural Compounds*, 58(4), 751–753.
- Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Reboredo-Rodriguez, P., Manna, P. P., Zhang, J., Bravo Lamas, L., Martínez Flórez, S., Agudo Toyos, P., Quiles, J. L., Giampieri,

- F., & Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*, 23(9), 2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
- Ciocîrlie, N. (2024). Honey beyond science. In *Melittology—New Advances*. IntechOpen.
- Ciucure, C. T., & Geană, E.-I. (2019). Phenolic compounds profile and biochemical properties of honeys in relationship to the honey floral sources. *Phytochemical Analysis*, 30(5), 481–492. <https://doi.org/10.1002/pca.2831>
- Clare, J., Lindley, M. R., & Ratcliffe, E. (2024). The potential of fish oil components and Manuka honey in tackling chronic wound treatment. *Microorganisms*, 12(8), 1593.
- Coelho, J., Falcao, S. I., Vale, N., Almeida-Muradian, L. B., & Vilas-Boas, M. (2017). Phenolic composition and antioxidant activity assessment of southeastern and south Brazilian propolis. *Journal of Apicultural Research*, 56(1), 21–31.
- Coşkun, P. (2022). Balın geleneksel kullanımı, terapötik özellikleri ve antioksidan aktivitesi. *Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2(2), 42–55.
- Coutiño-Hernández, D., Sánchez-Tapia, M., Leal-Vega, F., Del Valle, M. B., Ledezma, H., Cervantes, R., ... & Torres, N. (2022). Modulation of gut microbiota by Mantequilla and *Melipona* honeys decrease low-grade inflammation caused by high fructose corn syrup or sucrose in rats. *Food Research International*, 151, 110856.

- Curtis, R. E. (1982). Bee space in modern beekeeping systems. *Journal of Apiculture Science*, 15(2), 45–58.
- Çanakçı, T. (2025). Türk mutfak kültüründe bal ve coğrafi işaretli ballar üzerine bir değerlendirme. *Journal of Academic Tourism Studies*, 5(2), 170–178.
- Çoban, Ç., Yılmaz, Ö., Özşahin, A. D., & Kireççi, O. A. (2014). Biochemical analysis of some honey varieties of Ardahan region. *Mellifera*, 14.
- da Silva, P. D. L. M., de Lima, L. S., Caetano, Í. K., & Torres, Y. R. (2017). Comparative analysis of the volatile composition of honeys from Brazilian stingless bees by static headspace GCMS. *Food Research International*, 102, 536–543.
- 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
- da Silva, T. M. F. D. S. S., Ávila, S., Matos, M. G., Junkert, A. M., Tolabдини Frizon, C. N., Pontarolo, R., ... & Ferreira, S. M. R. (2022). Effect of preservation methods on antimicrobial activity, and nutritional and microbiological quality of *Melipona quadrifasciata* bee honey. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10), e16917.
- Duru, S., & Parlakay, O. (2021). Türkiye’de iklim değişikliğinin bal verimine etkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 791–800.

- Ecem Bayram, N. (2022). Ticari olarak satışa sunulan bazı bal örneklerinin polen analizi ile botanik orijinlerinin tespit edilmesi. *Arı ve Arıcılık Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 11–18.
- Eid, A. M., Jaradat, N., Shraim, N., Hawash, M., Issa, L., Shakhsher, M., ... & Mousa, A. (2023). Assessment of anticancer, antimicrobial, antidiabetic, anti-obesity and antioxidant activity of *Ocimum basilicum* seeds essential oil from Palestine. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 221.
- El Adaouia Taleb, R., Djebli, N., Chenini, H., Sahin, H., & Kolayli, S. (2020). In vivo and in vitro anti-diabetic activity of ethanolic propolis extract. *Journal of Food Biochemistry*, 44(7), e13267.
- El-Seedi, H. R., Eid, N., Abd El-Wahed, A. A., Rateb, M. E., Afifi, H. S., Algethami, A. F., ... & Khalifa, S. A. (2022). Honey bee products: Preclinical and clinical studies of their anti-inflammatory and immunomodulatory properties. *Frontiers in Nutrition*, 8, 761267.
- El-Seedi, H. R., El-Wahed, A. A. A., Salama, S., Agamy, N., Altaleb, H. A., Du, M., ... & Khalifa, S. A. (2024a). Natural remedies and health; a review of bee pollen and bee bread impact on combating diabetes and obesity. *Current Nutrition Reports*, 13(4), 751–767.
- El-Seedi, H. R., Salama, S., El-Wahed, A. A. A., Guo, Z., Di Minno, A., Daglia, M., ... & Wang, K. (2024b). Exploring the therapeutic potential of royal jelly in metabolic disorders and gastrointestinal diseases. *Nutrients*, 16(3), 393.

- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Wahab, M. S. (2012). Honey—a novel antidiabetic agent. *International Journal of Biological Sciences*, 8(6), 913–934.
- Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., & Wahab, M. S. A. (2014). Effects of honey and its mechanisms of action on the development and progression of cancer. *Molecules*, 19(2), 2497–2522.
- Eroğlu, Ö., & Yüksel, S. (2020). Historical development and current status of beekeeping in Turkey and the world. *Atlas Journal*, 6(27), 345–354.
- Escriche, I., Sobrino-Gregorio, L., Conchado, A., & Juan Borrás, M. (2017). Volatile profile in the accurate labelling of monofloral honey. The case of lavender and thyme honey. *Food Chemistry*, 226, 61–68.
- Fadhallah, E. G., Nawansih, O., Nurainy, F., & Mubarik, D. (2025). Effect of prolonged dehumidification on the chemical properties of *Crassiacarpa* and *Mangium* honey. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 14(1), 25–31.
- Fakhlaei, R., Selamat, J., Khatib, A., Razis, A. F. A., Sukor, R., Ahmad, S., & Babadi, A. A. (2020). The toxic impact of honey adulteration: A review. *Foods*, 9(11), 1538.
- FAO, IZSLT, Apimondia, & CAAS. (2021). *Good beekeeping practices for sustainable apiculture (FAO Animal Production and Health Guidelines No. 25)*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fauzi, A. N., & Yaacob, N. S. (2016). Cell cycle and apoptosis pathway modulation by Tualang honey in ER-dependent and -independent

- breast cancer cell lines. *Journal of Apicultural Research*, 55(5), 366–374.
- Ferek, Ö. (2016). Muğla ili çam ballarının bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 112 s.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *FAOSTAT database*.
<https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. FAO.
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Why bees matter: The importance of bees and other pollinators for food and agriculture*. FAO.
<https://www.fao.org/3/I9527EN/i9527en.pdf>
- Ganie, S. A., Haifa, Z. N., Paray, M. A., Bano, P., Khurshid, R., & Rehman, S. A. (2024). Colony collapse disorder of managed honey bee (*Apis mellifera* L.) populations. In *Insect diversity and ecosystem services* (pp. 75–92). Apple Academic Press.
- Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., & Estevinho, L. (2010). Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 544–548.
- Gonzalez-Miret, M. L., Terrab, A., Herranz, D., Fernandez-Recamales, M. A., & Heredia, F. J. (2005). Multivariate correlation between color and mineral composition of honey and by their botanical

- origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2574–2580.
- Gupta, R. K., Reybroeck, W., Van Veen, J. W., & Gupta, A. (2014). *Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security*. Springer Netherlands.
- Güler, A., Bek, Y., & Guven, H. (2010). The importance of morphometric geometry on discrimination of Carniolan (*Apis mellifera carnica*) and Caucasian (*A. m. caucasica*) honey bee subspecies and in determining their relationship to Thrace region bee genotype. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83(2), 154–162. <https://doi.org/10.2317/JKES0702.20.1>
- Gün, R., & Karaoğlu, M. M. (2024). Detection of honey adulteration by characterization of the physico-chemical properties of honey adulterated with the addition of glucose–fructose and maltose corn syrups. *European Food Research and Technology*, 250(8), 2255–2272.
- Günarslan, E. (2015). *Van Yöresi ballarının fizikokimyasal özellikleri ve biyolojik aktivitelerinin tespit edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). 149 s.
- Güneş, M. E., Şahin, S., Demir, C., Borum, E., & Tosunoğlu, A. (2017). Determination of phenolic compounds profile in chestnut and floral honeys and their antioxidant and antimicrobial activities: Güneş et al. *Journal of Food Biochemistry*, 41(3), e12345. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12345>

- Güneşdoğdu, M., & Gürsoy, M. (2025). Bal arısı ve ürünlerine verilen yöresel adlar. *Avrasya Terim Dergisi*, 13(1), 30–34.
- Güney, F. (2010). Isıtma ile balın yapısında meydana gelen olumsuz değişiklikler. *Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi*, 11, 30–34.
- Gürel, F. (2022). Kentsel arıcılık kuralları ve zorlukları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (39), 39–43.
- Habryka, C., Kruczek, M., & Drygaś, B. (2016). Bee products used in apitherapy. *World Scientific News*, (48), 254–258.
- Haider, R., Das, G. K., Khanzada, Z. A., & Khanzada, S. Z. (2024). Honey and cancer: A sustainable parallel relationship especially for developing nations. *i-Manager's Journal on Nursing*, 14(3), 35.
- Hajian-Tilaki, A., Kenari, R. E., Razavi, R., & Farahmandfar, R. (2024). Phenolic profile, antioxidant properties, and pollen spectra of Iranian-originated honeys. *European Food Research and Technology*, 250(9), 2317–2329.
- Halim, J., & Dwimartutie, N. (2020). Honey accelerates wound healing in pressure ulcer: A review. *Jurnal Plastik Rekonstruksi*, 7(1), 35–43.
- Hardy, R. (2016). Bee line: How the honey bee defined the American frontier. *Readings: A Journal for Scholars and Readers*, 2(1), 1–9.
- Haroun, I. M. (2006). *Türkiye’de üretilen bazı çiçek ve salgı ballarının fenolik asit ve flavonoid profilinin belirlenmesi* (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Hepsağ, F. (2019). Determination of total phenolic compounds and antioxidant capacity of Anzer honey produced in Rize, Turkey. *The Journal of Food*, 44(4), 641–653
- Hossain, K. S., Hossain, M. G., Moni, A., Rahman, M. M., Rahman, U. H., Alam, M., ... & Uddin, M. J. (2020). Prospects of honey in fighting against COVID-19: Pharmacological insights and therapeutic promises. *Heliyon*, 6(12), e05666.
- Hossain, M. L., Lim, L. Y., Hammer, K., Hettiarachchi, D., & Locher, C. (2022). A review of commonly used methodologies for assessing the antibacterial activity of honey and honey products. *Antibiotics (Basel)*, 11(7), 975. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11070975>
- Inaudi, P., Garzino, M., Abollino, O., Malandrino, M., & Giacomino, A. (2025). Honey: Inorganic composition as possible marker for botanical and geological assignment. *Molecules*, 30(7), 1466. <https://doi.org/10.3390/molecules30071466>
- Jaganathan, S. K., & Mandal, M. J. J. A. (2009). Honey constituents and their apoptotic effect in colon cancer cells. *Journal of Apiprodukt and Apimedical Science*, 1(2), 29–36.
- Jarpla, M., Prasanna, M., Bandhavi, H. L., Keerthi, M. C., Anil Kumar, S. T., Kumari, P., & Pawar, P. (2024). Sustaining pollinator diversity through eco-friendly management strategies. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(10), 247–260.

- Joel, B., Orly, C., Viran, R., & Sepehr, S. (2024). Medical honey in head and neck cancer. *Cureus*, 16(1), e52822. <https://doi.org/10.7759/cureus.52822>
- Kalmus, H. (1953). More on the language of the bees. *Scientific American*, 189(1), 60–65. <http://www.jstor.org/stable/24944278>
- Kamboj, R., Sandhu, R. S., & Nanda, V. (2024). Effect of heating and pH on hydroxymethylfurfural content, diastase and invertase activity of Dalbergia honey using response surface methodology. *Food Chemistry Advances*, 5, 100766. <https://doi.org/10.1016/j.fca.2024.100766>
- Kaplan, H. B. (2014). *Ege Bölgesi ballarının kimyasal özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). Denizli, Türkiye.
- Karadal, F., & Yıldırım, Y. (2012). Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(3), 197–209.
- Kasangaki, P., Chemurot, M., Sharma, D., & Gupta, R. K. (2014). Beehives in the world. In *Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security* (pp. 125–170). Springer, Dordrecht.
- Katumo, D. M., Liang, H., Ochola, A. C., Lv, M., Wang, Q. F., & Yang, C. F. (2022). Pollinator diversity benefits natural and agricultural ecosystems, environmental health, and human welfare. *Plant Diversity*, 44(5), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2022.01.005>

- Kaya, S., Pirinçci, İ., Ünsal, İ. A., Karaer, Z., Traş, B., Bilgili, A., Akar, F., & Doğan, A. (2002). *Veteriner hekimliğinde farmakoloji 2* (3. Baskı). Medisan Yayınevi, Ankara.
- Khedekar, S., Chaudhari, S., Galib, R., & Prajapati, P. K. (2016a). Effect of Indian traditional medicine: Makaradhwaja on biochemical parameters in streptozotocin induced diabetic albino rats. *Toxicology International*, 33–37.
- Khedekar, S., Rukkudin, G., Ravishankar, B., & Prajapati, P. (2016b). Anti-diabetic activity of traditional Indian gold containing preparation: Shadguna Balijarita Makaradhwaja on streptozotocin induced diabetic rats. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 5(2), 162–167.
<https://doi.org/10.5455/jice.20160214120304>
- Khounghanian, R., Auda, S., Al-Zaqzouq, R., Al-Zaqzouq, R., Al-Semari, H., & Shakeel, F. (2020). Effect of two different delivery systems of honey on the healing of oral ulcer in an animal model. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4211–4219.
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04592-2>
- Kılınçarslan, S. (2023). *Tokat ili ballarında polen analizleri* (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye).
- Kolaylı, S., Aliyazıcıoğlu, R., Ulusoy, E., & Karaoğlu, Ş. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of selected Turkish honeys. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 36, 163–172.
- Kolayli, S., Boukraâ, L., Şahin, H., & Abdellah, F. (2012). Bioactive components of honey and their therapeutic properties. In V. R.

- Preedy (Ed.), *Dietary sugars: Chemistry, analysis, function and effects* (pp. 3–15). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781849734929-00003>
- Kontogiannis, T., Dimitriou, T. G., Didaras, N. A., & Mossialos, D. (2022). Antiviral activity of bee products. *Current Pharmaceutical Design*, 28(35), 2867–2878.
- Kose, S. (2024). Organic and sustainable beekeeping practice in the world. In *Organic food production* (1st ed., p. 25). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003371472>
- Köksel, H. (2007). Karbonhidratlar. In İ. Saldamlı (Ed.), *Gıda kimyası* (3. Baskı, ss. 72–77). Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Kumar Jaganathan, S., Balaji, A., Vignesh Vellayappan, M., Kumar Asokan, M., Priyadharshni Subramanian, A., Aruna John, A., ... & Marvibaigi, M. (2015). A review on antiproliferative and apoptotic activities of natural honey. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 15(1), 48–56.
- Kumar, R. (2024). Historical and religious perspective of honey. In *Honey* (pp. 1–16). CRC Press.
- Kuś, P. M., Congiu, F., Teper, D., Sroka, Z., Jerković, I., & Tuberoso, C. I. G. (2014). Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 124–130.
- Lavinas, F. C., Gomes, B. A., Silva, M. V., Lima, R., Leitão, S. G., Moura, M. R., ... & Rodrigues, I. A. (2025). Rainy and dry seasons are relevant factors affecting chemical and antioxidant

- properties of Meliponini honey. *Foods*, 14(2), 305.
<https://doi.org/10.3390/foods14020305>
- Lawless, H. T., Horne, J., & Giasi, P. (1996). Astringency of organic acids in related pH. *Chemical Senses*, 21, 397–403.
- Lazaridis, D. G., Kitsios, A. P., Koutoulis, A. S., Malisova, O., & Karabagias, I. K. (2024). Fruits, spices and honey phenolic compounds: A comprehensive review on their origin, methods of extraction and beneficial health properties. *Antioxidants*, 13(11), 1335. <https://doi.org/10.3390/antiox13111335>
- Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: Impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique - Office International des Epizooties*, 27(2), 499–510.
- Lee, D. S., Sinno, S., & Khachemoune, A. (2011). Honey and wound healing: An overview. *American Journal of Clinical Dermatology*, 12, 181–190.
- Lengarite, M. I., Wayua, F., Shibia, M., & Kagunyu, A. (2012). Quality of honey processed and stored by honey processors and traders in the mountains of northern Kenya. *Eighth AFMA Congress, November 25-29, 2012, Nairobi, Kenya* 159408, African Farm Management Association (AFMA).
- Lewoyehu, M., & Amare, M. (2019). Comparative evaluation of analytical methods for determining the antioxidant activities of honey: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1).
<https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1685059>
- Liu, C., Zhao, L., Sun, Z., Cheng, N., Xue, X., Wu, L., & Cao, W. (2018). Determination of three flavor enhancers using HPLC-

- ECD and its application in detecting adulteration of honey. *Analytical Methods*, 10(7), 743–748.
- Machado, A., Toubarro, D., Baptista, J., Tejera, E., & Álvarez-Suárez, J. M. (2025). Selected honey as a multifaceted antimicrobial agent: review of compounds, mechanisms, and research challenges. *Future Microbiology*, 20(7–9), 589–610. <https://doi.org/10.1080/17460913.2025.2498233>
- Maddocks, S. E., & Jenkins, R. E. (2013). Honey: A sweet solution to the growing problem of antimicrobial resistance? *Future Microbiology*, 8(11), 1419–1429.
- Malhotra, R., Rakhra, G., Chouhan, P., & Rakhra, G. (2024). Metabolic disorders and honey. In *Honey* (1st ed., p. 10). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003490180>
- Mane, A. D., Gupta, V. D., & Khanapure, R. G. (2024). Phytochemical analysis and antidiabetic properties of Indian traditional dietary spices. *Young Researcher*, 13(3), 131–140. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14323488>
- Mara, A., Mainente, F., Soursou, V., Picó, Y., Perales, I., Ghorab, A., ... & Ciulu, M. (2025). New insights on quality, safety, nutritional, and nutraceutical properties of honeydew honeys from Italy. *Molecules*, 30(2), 410. <https://doi.org/10.3390/molecules30020410>
- Mărgăoan, R., Topal, E., Balkanska, R., Yücel, B., Oravec, T., Cornea-Cipcigan, M., & Vodnar, D. C. (2021). Monofloral honeys as a potential source of natural antioxidants, minerals and medicine. *Antioxidants*, 10(7), 1023.

<https://doi.org/10.3390/antiox10071023>

- Martinello, M., & Mutinelli, F. (2021). Antioxidant activity in bee products: A review. *Antioxidants*, 10(1), 71. <https://doi.org/10.3390/antiox10010071>
- Mavrofridis, G. (2019). Traditional beekeeping in Crete (17th–20th century). *Proceedings of the 12th International Congress of Cretan Studies*, 1–15.
- Memiş, F. (2024). *Rize Anzer Yaylası Bölgesinden Toplanan Bal, Polen ve Propolis Numunelerinin Fizikokimyasal ve Biyolojik Aktivitelerinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Merdan, K. (2021). Analysis of bee products in terms of global production, consumption, and international trade. In A. M. Bozdoğan, N. Y. Bozdoğan, K. Özrenk, & A. B. Uçak (Eds.), *Research & reviews in agriculture, forestry and aquaculture sciences – I* (Bölüm 7, ss. 113–126). Gece Kitaplığı.
- Mesele, T. L. (2021). Review on physico-chemical properties of honey in Eastern Africa. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 33–45. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1796609>
- Miguel, M. G., Antunes, M. D., & Faleiro, M. L. (2017). Honey as a complementary medicine. *Integrative Medicine Insights*, 12, 1178633717702869. <https://doi.org/10.1177/1178633717702869>
- Mohapatra, D. P., Thakur, V., & Brar, S. K. (2011). Antibacterial efficacy of raw and processed honey. *Biotechnology Research International*, 2011, Article 917505. <https://doi.org/10.4061/2011/917505>

- Moniruzzaman, M., Khalil, M. I., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). Advances in the analytical methods for determining the antioxidant properties of honey: A review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(1), 36–42.
- Morar, I. I., Pop, R. M., Peitzner, E., Ranga, F., Orăsan, M. S., Cecan, A. D., Chera, E. I., Bonci, T. I., Usatiuc, L. O., Țiclea, M., But, A. E., Cătoi, F. A., Pârvu, A. E., & Ghergie, M. C. D. (2025). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Manuka* honey and *Ohia lehua* honey. *Nutrients*, 17(2), 276. <https://doi.org/10.3390/nu17020276>
- Muku, C., Güçlü, G., & Selli, S. (2019). Doğu Akdeniz Bölgesi ballarının pestisit ve naftalin kalıntılarının LC/MS/MS ve HS-SPME GC/MS teknikleriyle belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(2), 142–148.
- Muniz, M. F. S., Rocha, G. F., Santos, H. C. D., Protásio, A. C. R., Neves, E. C., Almeida, R. S. D., ... & Flecha, O. D. (2025). Bicarbonate versus alternative treatments in chemotherapy oral mucositis in children: A systematic review of randomized clinical trials. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research*, 37(2), 156–164.
- Mustar, S., & Ibrahim, N. (2022). A sweeter pill to swallow: A review of honey bees and honey as a source of probiotic and prebiotic products. *Foods*, 11(14), 2102. <https://doi.org/10.3390/foods11142102>

- Mutlu, C., Erbaş, M., & Arslan Tontul, S. (2017). Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1), 75–83.
- Münstedt, K., & Männle, H. (2019). Using bee products for the prevention and treatment of oral mucositis induced by cancer treatment. *Molecules*, 24(17), 3023.
<https://doi.org/10.3390/molecules24173023>
- Mwangi, M. W., Wanjau, T. W., & Omwenga, E. O. (2024). Stingless bee honey: Nutritional, physicochemical, phytochemical and antibacterial validation properties against wound bacterial isolates. *PLOS ONE*, 19(5), e0301201.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301201>
- Naaz, Z. T., Bibi, R., & Dorey, J. B. (2022). Current status of bees in Fiji—Geographical distribution and role in pollination of crop plants. *Oriental Insects*, 56(2), 271–297.
<https://doi.org/10.1080/00305316.2022.2040053>
- Nabti, D., & Lazhari, T. (2022). Chemical composition, biological activity and factors influencing the quality of Algerian bee-honey. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(1).
- Naccari, C., Ferrantelli, V., Cammilleri, G., Barbaccia, G., Riolo, P., Ferrante, M. C., ... & Palma, E. (2025). Study of toxic metals and microelements in honey as a tool to support beekeeping production and consumer safety. *Foods*, 14(11), 1986.
<https://doi.org/10.3390/foods14111986>
- Naskar, A., Chatterjee, K., Roy, K., Majie, A., Nair, A. B., Shinu, P., ... & Gorain, B. (2024). Mechanistic roles of different varieties of

- honey on wound healing: Recent update. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics*, 15(1), 5–18.
https://doi.org/10.4103/jpp.jpp_93_23
- Nemati, Z., & Ghanbari, S. (2025). Perception and adaptation strategies of beekeepers towards climate change, northwest Iran. *International Journal of Environmental Studies*, 1–14.
<https://doi.org/10.1080/00207233.2025.11123456>
- Ng, L. C., Abd Razak, S. B., Rudiyanto, Tan, S. P., & Tufail Ahmad, F. (2023). Low heating effects on the total microbial activity and physico-chemical properties of stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey. *Malaysian Applied Biology*, 52(1), 43–52.
<https://doi.org/10.55230/mabjournal.v52i1.2442>
- Nicolson, S. W., Human, H., & Pirk, C. W. (2022). Honey bees save energy in honey processing by dehydrating nectar before returning to the nest. *Scientific Reports*, 12(1), 16224.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-20702-0>
- Nowak, A., Muzykiewicz-Szymańska, A., Perużyńska, M., Kucharska, E., Kucharski, Ł., Jakubczyk, K., ... & Majtan, J. (2025). Assessment of in vitro skin permeation and accumulation of phenolic acids from honey and honey-based pharmaceutical formulations. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 25, 43. <https://doi.org/10.1186/s12906-025-03555-3>
- Ntakoulas, D. D., Pasias, I. N., Raptopoulou, K. G., & Proestos, C. (2025). Authenticity of Greek honey based on phenolic compounds and physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 476, 143465.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.143465>

Ogwu, M. C., & Izah, S. C. (2025). Honey as a natural antimicrobial. *Antibiotics*, 14(3), 255.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics14030255>

Omoya, F. O., Omole, T. E., Falese, O. A., & Ajayi, K. O. (2019). Antimicrobial efficacy of selected natural products on microorganisms isolated from throat of patients with throat infection. *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 20(3), 1–7.

<https://doi.org/10.9734/jamps/2019/v20i330110>

Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2016). Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing: A narrative review and meta-analysis. *Journal of Tissue Viability*, 25(2), 98–118.

Ouattara, S., Kouamé, K. F., Koudegnan, C. M., & Adjonou, K. (2025). Assessing impacts of climatic parameters on beekeeping productivity in the north of Côte d'Ivoire. *American Journal of Climate Change*, 14(1), 75–92.

Ömür, B. (2015). Karadeniz bölgesinde üretilen kestane (*Castanea sativa* Mill.) ballarının biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Ordu.

Özen, İ. T. (2020). Balda hile tespitinde izotopik analiz uygulamaları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 207–212.

Papa, G., Maier, R., Durazzo, A., Lucarini, M., Karabagias, I. K., Plutino, M., ... & Negri, I. (2022). The honey bee *Apis mellifera*:

- An insect at the interface between human and ecosystem health. *Biology*, 11(2), 233. <https://doi.org/10.3390/biology11020233>
- Patouna, A., Tekos, F., Charouli, M., Vardakas, P., & Kouretas, D. (2025). Greek raw honey from Pindos Mountain improves redox homeostasis of RAW264.7 macrophages. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(7), 2868. <https://doi.org/10.3390/ijms26072868>
- Pecanac, B., Golić, B., Kasagić, D., & Knežević, D. (2023, March). Quality of honey and suspicion of honey adulteration. In *Proceedings of the VIII International Congress “Engineering, Environment and Materials in Process Industry”*, Jahorina, Bosnia and Hercegovina (pp. 20–23).
- Poliero, A. A., Aubone, I., Amadei Enghelmayer, M., Rosso, V. S., Müller, P. F., Fuselli, S. R., & Alonso Salces, R. M. (2023). Physicochemical characterization and sugar profile of Argentinian honeys from the phytogeographic provinces Paranaense and Pampeana in Misiones.
- Poliero, A. A., Aubone, I., Rosso, V. S., Sánchez Pascua, G. L., Casales, M. R., Yeannes, M. I., ... & Alonso Salces, R. M. (2022). Physicochemical characterization of Argentinian honeys from the phytogeographic provinces Pampeana, Espinal and Monte based on their sugar profiles and quality parameters.
- Pontis, J. A., Costa, L. A. M. A. da, Silva, S. J. R. da, & Flach, A. (2014). Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(1), 69–73.

<https://doi.org/10.1590/S0101-20612014000100010>

- Pşidal, A., Musila, J., & Svoboda, J. (2023). Condition and honey productivity of honeybee colonies depending on type of supplemental feed for overwintering. *Animals*, 13(3), 323. <https://doi.org/10.3390/ani13030323>
- Prodanović, R., Brkić, I., Soleša, K., Ljubojević Pelić, D., Pelić, M., Bursić, V., & Vapa Tankosić, J. (2024). Beekeeping as a tool for sustainable rural development.
- Prokisch, J., El-Ramady, H., Daróczy, L., Nagy, É., Badgar, K., Kiss, A., Shaikh, A. M., Gilányi, I., & Oláh, C. (2022). Functional yogurt fortified with honey produced by feeding bees natural plant extracts for controlling human blood sugar level. *Plants*, 11(11), 1391. <https://doi.org/10.3390/plants11111391>
- Qamar, W., & Rehman, M. U. (2020). Brief history and traditional uses of honey. In *Therapeutic applications of honey and its phytochemicals* (Vol. 1, pp. 1–10).
- Rahman, M. M., Alam, M. N., Fatima, N., Shahjalal, H. M., Gan, S. H., & Khalil, M. I. (2017). Chemical composition and biological properties of aromatic compounds in honey: An overview. *Journal of Food Biochemistry*, 41(6), e12405.
- Rahmani, A. H., & Babiker, A. Y. (2025). Review on role of honey in disease prevention and treatment through modulation of biological activities. *Open Life Sciences*, 20(1), 20251069.
- Ramly, N. S., Sujanto, I. S. R., Abd Ghani, A., Huat, J. T. Y., Alias, N., & Ngah, N. (2021). The impact of processing methods on the

- quality of honey: A review. *Malaysian Journal of Applied Sciences*, 6(1), 99–110.
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albujja, M., & Abu Bakar, M. F. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21, 30. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Razzaque, M. S., & Wimalawansa, S. J. (2025). Minerals and human health: From deficiency to toxicity. *Nutrients*, 17(3), 454.
- Rosa, A. A., Soares, J. P. G., Junqueira, A. M. R., Rosa, A. G., & de Sousa Moreira, I. (2024). Conventional and organic honey production and quality: A worldwide perspective. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(8), 1–31.
- Saad, B. (2025). Immunomodulatory and anti-inflammatory properties of honey and bee products. *Immuno*, 5(2), 19.
- Sajid, M., Yamin, M., Asad, F., Yaqub, S., Ahmad, S., Ali Muhammad Samee Mubarik, M., Ahmad, B., Ahmad, W., & Qamer, S. (2019). Comparative study of physiochemical analysis of fresh and branded honeys from Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 1–4.
- Santos-Buelga, C., & González-Paramás, A. M. (2025). Chemical composition of honey. In *Bee products – chemical and biological properties* (pp. 47–104). Springer, Cham.
- Sawarkar, A. B. (2024). Color intensity and antioxidant properties of honey produced from North Maharashtra, India. *Journal of Food Science and Technology*, 1–9.

- Sayfullayeva, Z., Khamrakulov, G., Rajabov, A., & Khamrakulov, M. (2023). Study of natural honey of group 04 TN VED: Identification examination and physical and chemical properties. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 01064). EDP Sciences.
- Semkiw, P., & Skubida, P. (2016). Suitability of starch syrups for winter feeding of honeybee colonies. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 141.
- Seraglio, S. K. T., Schulz, M., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2021). Current status of the gastrointestinal digestion effects on honey: A comprehensive review. *Food Chemistry*, 357, 129807.
- Seyhan, M. F., Yılmaz, B. E., Timirci-Kahraman, Ö., Saygılı, N., Kısakesen, H. İ., Eronat, A. P., ... & Yılmaz, E. (2017). Anatolian honey is not only sweet but can also protect from breast cancer: Elixir for women from Artemis to present. *IUBMB Life*, 69(9), 677–688. <https://doi.org/10.1002/iub.1652>
- Sharma, K., Sharma, K., & Kumar, R. (2024). A review of physico-chemical and biological properties of honey. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 12(2), 153–161.
- Sıralı, R. (2017). Anadolu arısı (*Apis mellifera anatoliaca*)’nın bazı önemli özellikleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 17(2), 82–92.
- Sıralı, R. (2022). Türkiye’nin önemli bal üretim bölgeleri. *Bee Studies*. https://www.beestudies.org/uploads/pdf_187.pdf
- Silici, S. (2024). Upper respiratory tract infections in children and apitherapy. *Hrana u zdravlju i bolesti: Znanstveno-stručni*

časopis za nutricionizam i dijetetiku, (Apiterapija za djecu), 25–33.

Silva, M., Maia, M., Carvalho, M., & Barros, A. N. (2025). Portuguese monofloral honeys: Molecular insights and biochemical characterization. *Molecules*, 30(8), 1808.

<https://doi.org/10.3390/molecules30081808>

Silva, P., Freitas, J., Nunes, F. M., & Câmara, J. S. (2021). A predictive strategy based on volatile profile and chemometric analysis for traceability and authenticity of sugarcane honey on the global market. *Foods*, 10(7), 1559.

Singh, G., & Rana, A. (2025). Honeybees and colony collapse disorder: Understanding key drivers and economic implications. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 1–17.

Singh, I., & Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3861–3871.

Soares, S., Amaral, J. S., Oliveira, M. B. P., & Mafra, I. (2017). A comprehensive review on the main honey authentication issues: Production and origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1072–1100.

Spilioti, E., Jaakkola, M., Tolonen, T., Lipponen, M., Virtanen, V., Chinou, I., Kassi, E., Karabournioti, S., & Moutsatsou, P. (2014). Phenolic acid composition, antiatherogenic and anticancer potential of honeys derived from various regions in Greece. *PLoS ONE*, 9(4), e94860.

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2025, April 14). Bee colonies: Worldwide population on the rise. In *International statistics* –

- Agriculture, forestry, fisheries*. Retrieved June 21, 2025, from <https://www.destatis.de/EN/Themes/Countries-Regions/International-Statistics/Data-Topic/AgricultureForestryFisheries/Bees.html>
- Stone, M., Russell, K., Canniff, W., Lang, A., & Smith, F. (2025). Beeing adaptable: Copenhagen beekeepers vs shifting seasonality. Worcester Polytechnic Institute.
- Strayer, S. E., Everstine, K., & Kennedy, S. (2014). Economically motivated adulteration of honey: Quality control vulnerabilities in the international honey market. *Food Protection Trends*, 34(1), 8–14.
- Subbiah, B., Blank, U. K., & Morison, K. R. (2020). A review, analysis and extension of water activity data of sugars and model honey solutions. *Food Chemistry*, 326, 126981.
- Sunay, A. E. (2006). Balda orijin tespiti (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şahin, G. (2019). Bazı balların kimyasal bileşimi üzerine araştırma (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, İ. (2024). Farklı bal arısı (*Apis mellifera* L.) ırk/ekotiplerinin Bingöl koşullarında fizyolojik ve davranışsal özellikleri ile ballarının kalitelerinin belirlenmesi (Doktora tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). <http://acikerisim.bingol.edu.tr/handle/20.500.12898/5580>
- Şahin, Özer, & Aydın, A. (2021). Kültürel, Gastronomik ve Turistik Değer: Muğla'da Arıcılık ve Özel Muğla Arıcılık Müzesi Örneği.

- Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 459–473.
<https://www.tutad.org/index.php/tutad/article/view/427>
- Şen, K. (2019). Trakya yöresi ayçiçeği balı, meşe balı ve karaçalı balının çeşitli kalite özellikleri üzerine bir araştırma (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tananaki, C., Rodopoulou, M.-A., Dimou, M., Kanelis, D., & Liolios, V. (2024). The total phenolic content and antioxidant activity of nine monofloral honey types. *Applied Sciences*, 14(10), 4329. <https://doi.org/10.3390/app14104329>
- Tang, Y., Chen, L., & Ran, X. (2024). Efficacy and safety of honey dressings in the management of chronic wounds: An updated systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 16(15), 2455. <https://doi.org/10.3390/nu16152455>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). *Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği* (Tebliğ No: 2020/7). *Resmî Gazete* (Sayı: 31107). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>
- Teffer, A., & Sahile, G. (2011). On-farm evaluation of bee space of Langstroth beehive. *Livestock Research for Rural Development*, 23(10). <http://www.lrrd.org/lrrd23/10/teff23107.htm>
- Thakur, M. (2012). Bees as pollinators–Biodiversity and conservation. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 2(1), 1–7.
- Thakur, M., Gupta, N., Devi, D., Bajiya, M. R., Sharma, R., & Sharma, D. (2022). Variations in physicochemical characteristics of

- honey: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 11(7), 337–348.
- Tlak Gajger, I., & Vlainić, J. (2025). Antioxidant activity of honey bee products. *Antioxidants*, 14(1), 64.
<https://doi.org/10.3390/antiox14010064>
- Topal, E., Adamchuk, L., Negri, I., Kösoğlu, M., Papa, G., Dârjan, M. S., ... & Mărgăoan, R. (2021). Traces of honeybees, api-tourism and beekeeping: From past to present. *Sustainability*, 13, 11659.
- Topal, E., Özsoy, N., & Şahinler, N. (2016). Küresel ısınma ve arıcılığın geleceği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1).
- Topal, E., Yücel, B., Tunca, R. İ., & Kösoğlu, M. (2019). Bal arılarında beslemenin koloni dinamiği üzerine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4), 2398–2408.
- Tosi, E., Ciappini, M., Ré, E., & Lucero, H. (2002). Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content. *Food Chemistry*, 77, 71–74.
- Tosmur, B. (2004). Muğla yöresi çam ballarında eser element içeriğinin iki farklı spektroskopik yöntem ile analizi (Yüksek lisans tezi). Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Tricou, L. P., Guirguis, N., Djebbar, S., Freedman, B. R., & Matoori, S. (2025). Bee better: The role of honey in modern wound care. *Advanced Therapeutics*, 2400502.
- Trivedi, S., Srivastava, A., Basumatary, S. K., & Pokharia, A. K. (2025). Seasonal nectar sources and pollen-vegetation relationship in densely vegetated ecosystems of the Gangetic

- Plain, Uttar Pradesh, India. *Journal of the Palaeontological Society of India*. <https://doi.org/10.1017/S1040618225001339>
- Turan, F. (2012). Kırklareli izole bölgesinde yaşayan Trakya arısı (*Apis mellifera carnica*) kolonilerinden elde edilen balların kalite özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Turhan, M. (2023). Honey forgery and precautions. In E. İzol & Y. K. Haspolat (Eds.), *Safety of bee products* (pp. 44–56). Orient Publications.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020, 22 Nisan). *Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği* (Tebliğ No 2020/7). *Resmî Gazete*, 31107. Madde 4(a).
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm> (Erişim tarihi: 21 Haziran 2025)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Türkiye İstatistik Kurumu*.
<http://www.TÜİK.gov.tr> (Erişim: 11.05.2025)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Hayvansal üretim istatistikleri: Arıcılık – İl bazında kovan sayısı.
<https://data.tuik.gov.tr>
- U.S. Geological Survey (USGS). (2025). Does the loss of plant diversity affect the health of native bees?
<https://www.usgs.gov/faqs/does-loss-plant-diversity-affect-health-native-bees> (Erişim tarihi: 20 Haziran 2025)
- Ucurum, O., Tosunoğlu, H., Takma, Ç., Birlik, P. M., Berber, M., & Kolaylı, S. (2024). Distinctive properties of the pine, oak,

- chestnut and multifloral blossom and honeydew honeys. *European Food Research and Technology*, 250(6), 1765–1774.
- Ulusoy, E. (2010). *Anzer balı ve polenin yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile fenolik bileşiminin belirlenmesi ve antioksidan özellikleri* (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uygur, Ş. Ö., & Yücel, B. (2016). İzmir yöresindeki bal arısı popülasyonlarında fizyolojik özelliklere ilişkin genetik parametre tahminleri ve seleksiyon verimliliğinin değerlendirilmesi. *Hayvansal Üretim*, 57(1), 41–48.
- Valdivieso-Ugarte, M., Gomez-Llorente, C., Plaza-Díaz, J., & Gil, Á. (2019). Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review. *Nutrients*, 11(11), 2786.
- Voldřich, M., Rajchl, A., Čížková, H., & Cuhra, P. (2009). Detection of foreign enzyme addition into the adulterated honey. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(Special Issue 1), Detection-of.
- von Frisch, K. (1915/2001). Der Farbensinn und Formensinn der Bienen. *Jb. Abt. allg. Zool. Physiol.*, 35, 1–182.
- Wagoner, K. (2023). Helping honey bees help themselves. *Science*, 380(6647), 47. <https://doi.org/10.1126/science.adg7672>
- Weber, M., Meixner, M., Dasbach, R., Rozhon, W., & Dasbach, M. (2022). Analysis of sugar crystal size in honey. *MethodsX*, 9, 101823. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101823>
- Wilczyńska, A., & Żak, N. (2024). Polyphenols as the main compounds influencing the antioxidant effect of honey—A review.

- International Journal of Molecular Sciences*, 25(19), 10606.
<https://doi.org/10.3390/ijms251910606>
- Woods, M., & Woods, M. B. (2000). *Ancient agriculture: From foraging to farming*. Twenty-First Century Books.
- Yaman, K., Nicolescu, A., Tepe, O., Cornea-Cipcigan, M., Aydoğan-Çoşkun, B., Mărgăoan, R., ... & Bouari, C. M. (2024). Physicochemical, antimicrobial properties and mineral content of several commercially available honey samples. *Applied Sciences*, 14(18), 8305.
- Yang, J., Liu, Y., Cui, Z., Wang, T., Liu, T., & Liu, G. (2024). Analysis of free amino acid composition and honey plant species in seven honey species in China. *Foods*, 13(7), 1065.
- Yangoua, H., Dibacto, R. E. K., Tchuenta, B. R. T., Nyobe, E. C., Nguedjo, M. W., Dimitri, T. K. A., & Kamini, M. F. G. (2024). Physicochemical properties and antioxidant potential of honey from Cameroon agroecological zones. *Heliyon*, 10(22).
- Yıldırım, A. (2013). *Bingöl ili ballarının fenolik bileşiklerinin antioksidan ve antimikrobiyal etkisinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Younis, A. H., & Neelam. (2024). Honey as a potential prebiotic: A review of its effects on gut microbiota composition and functions. In *Honey as a potential prebiotic* (pp. 1–23). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003490180-6>
- Yupanqui Miele, J., Vyas, C., Aslan, E., Humphreys, G., Diver, C., & Bartolo, P. (2022). Honey: An advanced antimicrobial and wound

healing biomaterial for tissue engineering applications.
Pharmaceutics, 14(8), 1663.

BİYOLOJİK, EKONOMİK VE KALİTE YÖNLERİYLE BAL

