

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar

Editörler:
Serdar Kaçamer
Seymen Çiftçi

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar

Editörler:

Serdar Kaçamer

Seymen Çiftçi



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar

Editörler: Serdar Kaçamer • Seymen Çiftçi

Language: Turkish-English

Publication Date: 2026

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8813-40-1

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1369>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Kaçamer, S. (ed), Çiftçi, S. (ed) (2026). *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar*.

Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1369>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgurayinlari.com/>



Ön Söz

Tarım, ormancılık ve su ürünleri bilimleri; gıda güvenliği, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, çevresel koruma ve biyolojik çeşitliliğin devamlılığı açısından stratejik öneme sahip disiplinler arasında yer almaktadır. Günümüzde iklim değişikliği, artan nüfus, doğal kaynakların etkin kullanımı ve sürdürülebilir üretim gereksinimleri, bu alanlarda yürütülen bilimsel araştırmaların yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesini zorunlu kılmaktadır.

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar başlıklı bu eser, farklı araştırma alanlarını ortak bir bilimsel perspektifte buluşturarak güncel bilgi birikimine katkı sunmayı amaçlamaktadır. Kitapta yer alan bölümler; hayvan besleme, bitkisel kaynakların fonksiyonel özellikleri ve orman ekosistemlerinin biyolojik işleyişi gibi birbirini tamamlayan konuları bilimsel veriler ışığında ele almaktadır.

Eserin ilk bölümünde, defne yaprağının hayvan beslemede bağırsak sağlığı ve bağırsak bariyer bütünlüğü üzerindeki etkileri güncel araştırmalar doğrultusunda değerlendirilmekte; doğal yem katkı maddelerinin hayvan sağlığı ve verimliliğine yönelik potansiyeli ortaya konulmaktadır. İkinci bölümde, kayısı yapraklarının fitokimyasal profili ayrıntılı olarak incelenmekte ve bu doğal kaynağın gıda, sağlık ve biyoteknoloji alanlarında değerlendirilebilecek yenilikçi uygulama potansiyeli tartışılmaktadır. Son bölüm ise orman ekosistemlerinde yaprak döküntüsünün ayrışma süreçlerini, mikrofauna ve makrofauna arasındaki etkileşimleri ile besin ağlarının ekolojik sürdürülebilirlik açısından önemini kapsamlı bir bakış açısıyla değerlendirmektedir.

Bu kitap, yalnızca mevcut bilimsel bilgileri derlemekle kalmayıp aynı zamanda disiplinler arası araştırmaların geliştirilmesine yönelik yeni bakış açıları sunmaktadır. Akademisyenler, araştırmacılar, lisansüstü öğrencileri ve ilgili sektör profesyonelleri için güncel ve güvenilir bir başvuru kaynağı olmasının yanı sıra, gelecekte yürütülecek araştırmalar için de yol gösterici nitelikte olması hedeflenmektedir.

İçindekiler

Ön Söz

iii

Bölüm 1

Hayvan Beslemede Defne Yaprığının Bağırsak Sağlığı ve Bariyer Bütünlüğü
Üzerine Etkileri 1

Rıdvan Bayram

Bölüm 2

Kayıp Yapraklarının Fitokimyasal Profili ve Yenilikçi Uygulama Potansiyeli 25

İbrahim Canbey

Bölüm 3

Life on the Forest Floor: Litter Dynamics and Food Networks from
Microfauna to Macrofauna 53

Ergün Kahveci

Salih Malkoçoğlu

Abmet Arpacık

Hayvan Beslemede Defne Yaprağının Bağırsak Sağlığı ve Bariyer Bütünlüğü Üzerine Etkileri

Rıdvan Bayram¹

Özet

Bu derleme çalışmada, defne yaprağı tozunun hayvansal üretimde bağırsak mikrobiyotası, bağırsak epitel bütünlüğü ve bariyer fonksiyonları üzerindeki etkileri güncel bilimsel literatür ışığında kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Modern hayvansal üretimde bağırsak sağlığı ve intestinal bariyer bütünlüğünün korunması, hayvan refahı, büyüme performansı ve bağışıklık fonksiyonları üzerinde belirleyici bir role sahiptir. Antibiyotik büyüme faktörlerinin kısıtlanmasıyla birlikte defne yaprağı (*Laurus nobilis* L.) gibi fitobiyotik yem katkı maddeleri, doğal ve güvenli birer alternatif tıbbi bitkiler arasında yer almaktadır. Defne yaprağı başta 1,8-sineol olmak üzere uçucu yağlar, fenolik bileşikler ve flavonoidler bakımından zengin içeriği sayesinde yüksek biyolojik aktivite sergilemektedir. Bu biyoaktif bileşenler, bağırsak mikrobiyotasındaki patojen yükünü baskılayarak faydalı bakteri popülasyonlarını ve kısa zincirli yağ asidi üretimini desteklemektedir. Artan kısa zincirli yağ asitleri intestinal epitel hücrelerinin metabolizmasını optimize ederken sıkı bağlantı proteinlerinin ekspresyonunu artırarak bariyer bütünlüğünü fonksiyonel düzeyde güçlendirmektedir. Ayrıca defne yaprağının antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikleri, oksidatif stresi düzenleyerek epitel dokuda oluşabilecek hücre hasarları ve proinflamatuvar süreçleri sınırlamaktadır. Sonuç olarak defne yaprağı, bağırsak sağlığını ve bariyer bütünlüğünü destekleyen, mikrobiyal dengeyi sağlayan sürdürülebilir hayvansal üretimde stratejik potansiyele sahip fitobiyotik katkı maddesi olarak öne çıkmaktadır.

1 Öğretim Görevlisi, Hakkâri Üniversitesi, Yüksekova MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ridvanbayram@hakkari.edu.tr, ORCID:0000-0003-1624-6753

1. Giriş

Modern hayvansal üretimde bağırsak sağlığı, son yıllarda üretim verimliliği, yemden yararlanma etkinliği ve genel hayvan sağlığının belirleyicisi olarak önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bağırsaklar, sadece sindirim ve besin emilimi ile sınırlı olmayıp aynı zamanda organizmanın immün yanıtını destekleyen, patojenlere karşı bariyer görevi gören ve mikrobiyal dengesi ile konak metabolizmasını şekillendiren karmaşık bir sistemdir. Bu sistemdeki denge bozulduğunda, patojenlerin geçişi kolaylaşır, inflamatuvar yanıt artar ve performans ile üretim etkinliği olumsuz etkilenir (Küçükersan & Gümüş 2020)

Geleneksel olarak hayvan yemlerinin içerisine antibiyotik ve sentetik katkı maddeleri eklenerek bağırsak sağlığı desteklense de, antibiyotiklerin kullanımının sınırlandırılması ve tüketici talebi ile birlikte daha doğal alternatif ürünleri araştırma olanakları ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda fitojenik yem katkı maddeleri, bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşikler hayvancılıkta artan bir ilgi görmektedir. Bu katkı maddeleri, antioksidan, antimikrobiyal ve anti-inflamatuvar etkinlikleri ile gastrointestinal mikrobiyota dengesini iyileştirme potansiyeli taşır (Gölcü & Arslan Duru 2023)

Hayvan beslemede tıbbi bitkilerin terapötik amaçlı kullanımı giderek yaygınlaşan bir uygulamadır. Tıbbi bitkilerin kullanımı sürekli artış göstermesine rağmen, bu alanda hala araştırılması gereken pek çok yön bulunmaktadır (Ahmad vd., 2022; Barroso vd., 2018; Elefe, 2021). Bitkiler, önemli besin maddelerini içermelerinin yanı sıra, çeşitli hastalıklara karşı koruyucu özelliklere sahip biyoaktif bileşikler de sentezler. Defne yaprağı gibi bitkiler çeşitli ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Morais vd., 2009). Yapraklarının baharat olarak sağladığı faydalarla büyük beğeni toplayan defne (*Laurus nobilis*), aromatik bitki türlerinden biridir ve geleneksel tıp, farmasötik, tarım-gıda ve kozmetik endüstrilerindeki kullanımı nedeniyle yeniden ilgi odağı haline gelmiştir. Defne yaprağından elde edilen ürünlere yönelik artan talep, küresel üretimini önemli ölçüde artırmıştır (Chaaben vd., 2015). Defne yaprağı, fitokimyasal bileşenleri (Caputo vd., 2017; Chahal vd., 2017; Khaled Khodja vd., 2021) ve nörolojik patolojiler, dermatolojik/ürolojik hastalıklar ile epigastrik şişkinlik, hazımsızlık, gaz ve geğirme gibi gastrointestinal rahatsızlıkların tedavisindeki terapötik etkileri (Khaled Khodja vd., 2020) üzerine çok sayıda çalışmaya konu olan bir bitkidir. Özellikle fenolik bileşikler gibi bitki polifenollerine dair çalışmalar, bu bileşiklerin bağırsak mikrobiyota kompozisyonu üzerinde düzenleyici etkileri olabileceğini göstermiştir (Çimen vd., 2020). Ancak defne yaprağının yapılan literatür araştırmalarında etlik piliçlerde (Gölcü ve Duru, 2023; Ali ve Al-Shuhaib, 2021), ördek (Ali vd., 2024) ve bıldırcınlarda (Karaalp ve Genç, 2013; Bülbül vd., 2015) yalnızca performans ve kesim

karkas parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş olup oldukça sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu nedenle bu makale defne yaprağının hayvansal üretimde bağırsak sağlığı ve bariyer bütünlüğüne olan potansiyel etkilerini mevcut bilimsel kanıtlar ışığında değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. Bağırsak Sağlığı ve Bariyer Bütünlüğü Kavramı

Bağırsak sağlığı, hayvansal üretimde hayvanların büyüme performansı, yemden yararlanma etkinliği ve bağışıklık sistemi fonksiyonları üzerinde belirleyici rol oynayan temel fizyolojik unsurlardan biridir. Günümüzde bağırsak sağlığı; yalnızca sindirim ve emilim süreçleriyle sınırlı olmayıp, bağırsak mikrobiyotası, mukozal bağışıklık yanıtı ve intestinal bariyer bütünlüğünün karşılıklı etkileşimini içeren bütüncül bir kavram olarak ele alınmaktadır (Chelakkot ve ark., 2020; Awad ve ark., 2022; Wang ve ark., 2024). Bu bütüncül yaklaşım, özellikle yoğun hayvansal üretim koşullarında bağırsak fonksiyonlarının korunmasını ve performans kayıplarının önlenmesini hedeflemektedir.

Bağırsak bariyer bütünlüğü, lümeninde bulunan patojen mikroorganizmalar, toksinler ve antijenlerin epitel tabakayı aşarak sistemik dolaşıma geçmesini önleyen kritik bir savunma mekanizmasıdır. Bu bariyer; mukus tabakası, tek katlı epitel hücreleri, hücreler arası sıkı bağlantı (tight junction) proteinleri ve bağışıklık hücrelerinden oluşan çok katmanlı ve dinamik bir yapıdan meydana gelmektedir (Chelakkot ve ark., 2020; Latek ve ark., 2021). Claudin, occludin ve zonula occludens-1 (ZO-1) gibi sıkı bağlantı proteinleri, epitel hücreleri arasındaki paraesellular geçirgenliği düzenleyerek bariyer fonksiyonunun sürdürülmesinde temel rol oynamaktadır (Tabler ve ark., 2020).

Bağırsak mikrobiyotası, intestinal bariyer bütünlüğünün korunmasında merkezi bir düzenleyici faktör olarak kabul edilmektedir. Sağlıklı ve dengeli bir mikrobiyota, kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini artırarak epitel hücrelerinin enerji ihtiyacını karşılamakta ve inflamatuvar yanıtları baskılamaktadır. Özellikle bütirat, epitel hücre proliferasyonunu teşvik ederek bağırsak mukozasının yenilenmesine katkı sağlamakta ve sıkı bağlantı proteinlerinin ekspresyonunu desteklemektedir (Koh ve ark., 2020; Wang ve ark., 2024). Buna karşılık mikrobiyal dengenin bozulması (disbiyozis), inflamasyonun artmasına, epitel bütünlüğünün zayıflamasına ve bağırsak geçirgenliğinin yükselmesine neden olmaktadır (Awad ve ark., 2022).

Hayvansal üretim sistemlerinde sıcaklık stresi, yem değişiklikleri ve yoğun üretim koşulları gibi çevresel stres faktörleri, intestinal bütünlük üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Güncel çalışmalar, bu tür stres koşullarının bağırsak epitelinde yapısal bozulmalara ve sıkı bağlantı proteinlerinin

ekspresyonunda azalmaya neden olduğunu, bunun sonucunda patojen geçişinin ve sistemik inflamasyon riskinin arttığını ortaya koymaktadır (Zhang ve ark., 2024; Tabler ve ark., 2020).

Son yıllarda beslenme temelli stratejilerin bağırsak sağlığı ve bariyer fonksiyonları üzerindeki etkileri yoğun biçimde araştırılmaktadır. Bitkisel kökenli biyoaktif bileşikler, fitogenik yem katkı maddeleri, probiyotikler ve çok bileşenli doğal katkıların; antimikrobiyal, antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri sayesinde bağırsak epitel bütünlüğünü desteklediği, mikrobiyota dengesini iyileştirdiği ve mukozal bağışıklık yanıtlarını modüle ettiği bildirilmektedir (Wan ve ark., 2021; Latek ve ark., 2021; *Frontiers in Immunology*, 2023; Awad ve ark., 2022). Bu bağlamda bağırsak sağlığı ve bariyer bütünlüğü, antibiyotik kullanımını azaltmaya yönelik sürdürülebilir hayvansal üretim yaklaşımlarının temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Wang ve ark., 2024).

3. Defne Yaprağının Botanik Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi

Defne (*Laurus nobilis* L.), Lauraceae familyasına ait, her dem yeşil, aromatik özelliklere sahip, ağaç veya çalı formunda gelişen çok yıllık bir bitkidir. Akdeniz havzasına özgü olan bu tür; özellikle Türkiye, Yunanistan, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde doğal yayılış göstermektedir. Ilıman iklim koşullarına iyi adapte olabilen defne bitkisi genellikle 5–10 metre boya ulaşmakta ve yoğun, derimsi yaprak dokusu ile karakterize edilmektedir (Baysal ve ark., 2020; Khodja ve ark., 2023). Yaprakların mızraksı formu ve güçlü aromatik içeriği, defnenin gıda endüstrisinin yanı sıra hayvansal üretimde fitojenik yem katkısı olarak kullanım potansiyelini artırmaktadır (Awad ve ark., 2022).

Botanik açıdan defne yaprağı, mezofil dokusunda yüksek yoğunlukta salgı bezleri (glandüler yapılar) içermektedir. Bu yapılar, uçucu yağlar ve fenolik bileşikler başta olmak üzere çok sayıda biyolojik olarak aktif sekonder metabolitin sentezlenmesi ve depolanmasında görev almaktadır (Patrakar ve ark., 2021; Khodja ve ark., 2023). Yaprak dokusunun bu özel anatomik yapısı, defne yaprağının antimikrobiyal, antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklerinin temelini oluşturmakta ve fitojenik yem katkıları kapsamında değerlendirilen bitkiler arasında yer almasını sağlamaktadır (Latek ve ark., 2021).

Defne yaprağının kimyasal bileşimi; yetiştiği coğrafi bölge, iklim koşulları, hasat zamanı, kurutma yöntemi ve uygulanan ekstraksiyon tekniğine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmektedir (Nasser & Arnold-Apostolides, 2020; Khodja ve ark., 2023). Genel olarak defne yapraklarının; uçucu yağlar, polifenoller, flavonoidler, tanenler ve çeşitli terpenoid bileşikler bakımından zengin olduğu bildirilmektedir (Dobrosłavić ve ark., 2021). Bu bileşenler,

bitkisel kökenli yem katkılarının fonksiyonel etkilerinde rol oynayan temel biyoaktif gruplar arasında yer almaktadır (Wang ve ark., 2024).

Uçucu yağ fraksiyonunun başlıca bileşenleri arasında 1,8-sineol (eucalyptol), α -pinen, β -pinen, sabinen, linalool ve eugenol bulunmaktadır. Bu bileşikler, defne yaprağına karakteristik aromasını kazandırmanın yanı sıra güçlü antimikrobiyal, antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikler sergilemektedir (Caputo, 2017; Nasser & Arnold-Apostolides, 2020). Yapılan çalışmalar, defne uçucu yağlarının çeşitli patojen mikroorganizmalar üzerinde baskılayıcı etki oluşturduğunu ve oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağladığını ortaya koymuştur (Ertürk & Ayvaz, 2020). Bu özellikler, defne yaprağını antibiyotik kullanımını azaltmaya yönelik fitojenik stratejiler açısından dikkat çekici bir bitkisel kaynak haline getirmektedir (Awad ve ark., 2022).

Hayvan besleme alanında gerçekleştirilen çalışmalarda, defne yaprağında bulunan bu biyoaktif bileşenlerin bağırsak epitel bütünlüğünü destekleyici, inflamatuvar yanıtı baskılayıcı ve mikrobiyal dengeyi düzenleyici etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Basiouni ve ark., 2023). Ayrıca defne yaprağı ve türevlerinin antioksidan savunma sistemini güçlendirdiği ve gastrointestinal bariyer fonksiyonlarını olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir (Ghareeb ve ark., 2021; Latek ve ark., 2021).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, defne yaprağı tozunun yem katkı maddesi olarak kullanımında kimyasal bileşimin fonksiyonel etkilerle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle uçucu yağ ve fenolik bileşik içeriğinin; bağırsak mikrobiyotası, antioksidan savunma mekanizmaları ve bağırsak bariyer fonksiyonları üzerindeki olumlu etkilerde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Dobroslavić ve ark., 2021; Ghareeb ve ark., 2021; Wang ve ark., 2024). Bu nedenle defne yaprağının botanik özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin ayrıntılı olarak anlaşılması, hayvansal üretimde etkin, güvenli ve sürdürülebilir kullanım stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Tablo 1. Defne yaprağının (*Laurus nobilis*) botanik özellikleri ve başlıca kimyasal bileşenleri (Awad ve ark., 2022), (Wang ve ark., 2024)

Özellik/Bileşen Grubu	Tanım/ İçerik	Fonksiyonel Etki
Botanik Aile	Lauraceae	Aromatik, sekonder metabolitçe zengin
Bitki Formu	Herdem yeşil ağaç/çalı	Uzun süreli yaprak üretimi
Yaprak Morfolojisi	Mızraksı, derimsi, koyu yeşil	Yüksek uçucu yağ içeriği
Ana Uçucu Yağ Bileşenleri	1,8-sineol, α -Pinen, linalool, eugenol	Antimikrobiyal, antiinflamatuvar
Fenolik Asitler	Galik asit, kafeik asit	Antioksidan etki
Flavonoidler	Quercetin, kaempferol, rutin	Serbest radikal süpürücü
Tanenler	Hidrolize ve kondanse tanenler	Antimikrobiyal, bağırsak sağlığı
Terpenoidler	Monoterpenler, seskiterpenler	Mikrobiyota modülasyonu

4. Defne Yaprağının Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkileri

Bağırsak mikrobiyotası, konak sağlığının sürdürülmesi ve bağırsak bariyer fonksiyonlarının düzenlenmesinde kritik bir role sahiptir. Mikrobiyota dengesinin korunması; patojen bakterilerin baskılanması, kısa zincirli yağ asitlerinin üretimi ve bağışıklık sisteminin modülasyonu gibi süreçlerde belirleyici olmaktadır. Bu dengenin bozulması sonucunda ortaya çıkan disbiyozis, mikrobiyal dengenin zayıflamasına, inflamasyonun artmasına ve immün yanıtın dengesizleşmesine yol açabilmektedir (Awad ve ark., 2022; Wang ve ark., 2024).

Defne (*Laurus nobilis* L.) yaprağı tozu ve özütleri, içerdiği uçucu yağlar ve fenolik bileşikler sayesinde belirgin antimikrobiyal özellikler göstermektedir. Uçucu yağ ve fenolik profil açısından zengin olan defne yaprağının, birçok patojen bakterinin gelişimini baskılayabildiği bildirilmektedir. Nitekim *L. nobilis* uçucu yağlarının *Escherichia coli*, *Salmonella pullorum* ve *Enterococcus faecalis* gibi yaygın gıda ve su kaynaklı patojenler üzerinde bakterisidal etki oluşturduğu ortaya konmuştur (Tomar vd., 2020). Bu antimikrobiyal etki, bağırsakta patojen yükünün azalmasına katkı sağlayarak faydalı mikroorganizmalar için daha elverişli bir mikrobiyal ekosistem oluşmasına olanak tanımaktadır (Awad ve ark., 2022).

Buna ek olarak, defne yaprağı ekstraktlarının daha geniş bir bakteri spektrumu üzerinde inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, defne yaprağı ekstraktlarının *Escherichia coli* ve *Proteus mirabilis* gibi gram negatif patojenlerin gelişimini anlamlı düzeyde baskıladığı belirlenmiştir (Sugeçti,

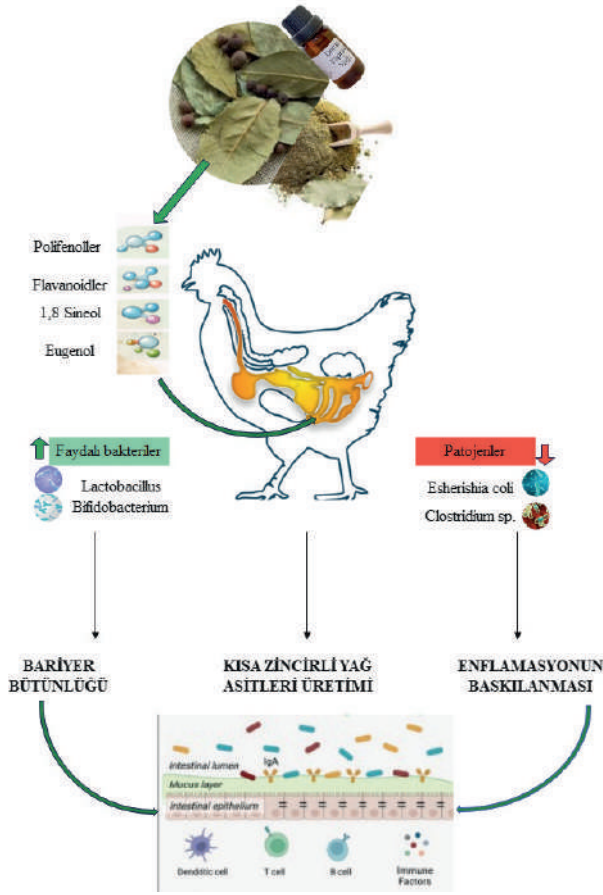
2024). Bu tür geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiler, defne yaprağının fitojenik yem katkıları arasında dikkat çekici bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Latek ve ark., 2021).

Bununla birlikte, *L. nobilis*'in bağırsak mikrobiyotası üzerindeki düzenleyici etkileri yalnızca patojen mikroorganizmaların baskılanması ile sınırlı değildir. Laboratuvar koşullarında yürütülen bir çalışmada, diyetlerine defne yaprağı özütü ilave edilen farelerde bağırsak mikrobiyota çeşitliliğinin arttığı ve bazı yararlı bakteri gruplarının sayısında belirgin yükselmeler olduğu bildirilmiştir. Özellikle *Akkermansia* gibi mukus tabakasını destekleyen faydalı bakterilerin artışı, bağırsak sağlığının ve metabolik dengenin korunması açısından olumlu bir gösterge olarak değerlendirilmektedir (Morikawa vd., 2024; Wang ve ark., 2024).

Defne yaprağı ile sağlanan bu mikrobiyal düzenlemeler, bağırsak bariyer fonksiyonlarının korunmasına da dolaylı katkı sağlamaktadır. Yararlı bakteri popülasyonlarının artışı, mukus üretiminin ve kısa zincirli yağ asidi (SCFA) sentezinin teşvik edilmesine yardımcı olmakta; böylece epitel hücrelerinin enerji ihtiyacının karşılanması ve sıkı bir bağlantı (tight junction) proteinlerinin ekspresyonunun desteklenmesi mümkün olmaktadır (Tabler ve ark., 2020; Latek ve ark., 2021).

Bağırsak mikrobiyotası ve metabolitleri, epitel bütünlüğünün sürdürülmesinde merkezi bir rol oynamaktadır. Kommensal bakteriler tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri (SCFA'lar), epitel hücreleri için enerji kaynağı sağlamanın yanı sıra, G-protein-bağlı reseptörler üzerinden sinyal yollarını aktive ederek sıkı bağlantı proteinlerinin fonksiyonunu ve ekspresyonunu desteklemekte; bu da epitel permeabilitesinin azalmasına ve patojenlerin bağırsak bariyerinden geçişinin engellenmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca SCFA'lar, inflamatuvar yanıtları modüle eden konakçı sinyal mekanizmalarıyla etkileşerek bariyer homeostazının korunmasına yardımcı olur (Pérez-Reytor ve ark., 2021).

Bu bağlamda defne yaprağı, bağırsak mikrobiyotası aracılığıyla bariyer bütünlüğünü güçlendiren ve hayvansal üretimde fitobiyotik bir yem katkısı olarak değerlendirilebilecek doğal bir bileşen olarak öne çıkmaktadır (Awad ve ark., 2022). Fitobiyotik katkı maddelerinin antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri, bağırsak morfolojisinin iyileştirilmesi, yararlı mikroorganizmaların çoğalmasının desteklenmesi, SCFA sentezinin artırılması ve inflamatuvar sinyal yollarının modülasyonu ile ilişkilidir. Tüm bu etkiler, epitel bariyer fonksiyonlarının güçlenmesini ve bağırsak permeabilitesinin azalmasını sağlamaktadır.



Şekil 1. Defne yapağının bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri

Şekil 1'de Yem katkısı olarak kullanılan defne yapağı ve bu bitkinin başlıca biyoaktif bileşenleri (polifenoller, flavonoidler, 1,8-sineol ve eugenol) sindirim sistemi boyunca ilerleyerek özellikle ince ve kalın bağırsak lümeninde mikrobiyal popülasyonlar üzerinde seçici etki göstermektedir. Bitkisel biyoaktif bileşiklerin antimikrobiyal özellikleri sayesinde Escherichia coli ve Clostridium spp. gibi potansiyel patojen mikroorganizmaların baskılanmakta, buna karşın Lactobacillus ve Bifidobacterium gibi faydalı bakteri gruplarının proliferasyonunun desteklenmektedir. Bu seçici etki, mikrobiyal çeşitliliğin artmasına ve bağırsak ekosisteminde öbiyotik bir denge oluşmasına katkı sağlamaktadır (Awad ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2024). Ayrıca faydalı bakterilerin artışıyla birlikte kısa zincirli yağ asitlerinden özellikle bütirat ve propiyonat üretiminin arttığı ve bu yağ asitlerin bağırsak epitel hücre yenilenmesini desteklediği ve tight junction proteinlerinin (örneğin ZO-1) ekspresyonunu artırarak bağırsak bariyer bütünlüğünün güçlenmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Pérez-Reytor ve ark., 2021; Awad ve ark., 2022)

5. Antioksidan ve Antiinflamatuvar Etkiler

Bağırsak sağlığının korunmasında oksidatif stres ve inflamasyonun kontrol altına alınması, hayvansal üretimde sürdürülebilir performansın sağlanması ve hayvan refahının korunması açısından temel bir gereklilik olarak kabul edilmektedir. Yoğun üretim koşulları, sıcaklık stresi, mikrobiyal baskı ve beslenme dengesizlikleri gibi faktörler, reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretimine yol açarak oksidatif stresin artmasına neden olmaktadır. Artan oksidatif stres, bağırsak epitel hücrelerinde hücresel hasar, hücre membran bütünlüğünün bozulması ve bağışıklık yanıtının zayıflaması ile sonuçlanabilmektedir (Basiouni vd., 2023; Gumus vd., 2024).

Oksidatif stres koşullarında, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutasyon peroksidaz (GPx) gibi endojen antioksidan enzimlerin aktivitesi baskılanabilmektedir. Bu enzimler normal koşullarda ROS'u nötralize ederek hücresel yapının korunmasında önemli rol oynar. Ancak stres faktörlerinin yoğun olduğu durumlarda bu savunma mekanizmaları yetersiz kalabilmekte ve oksidatif hasar artmaktadır. Bu noktada, besleme yoluyla alınan fitobiyotik bileşiklerin antioksidan savunma sistemini destekleyerek oksidatif hasarı sınırladığı bildirilmektedir (Gumus vd., 2024; Niaziyar ve ark., 2024).

Fitobiyotikler; flavonoidler, fenolik bileşikler ve uçucu yağlar gibi çeşitli biyoaktif moleküller içeren bitkisel kökenli yem katkı maddeleridir. Bu bileşiklerin yüksek serbest radikal süpürme kapasiteleri, lipid peroksidasyonunu azaltarak bağırsak epitel hücre bütünlüğünün korunmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda antioksidan enzim aktivitelerinin artırılması yoluyla ROS kaynaklı hücresel hasarın önlenmesine yardımcı olmaktadır (Basiouni vd., 2023; Oni, 2025).

Oksidatif stres ile inflamasyon arasındaki güçlü ilişki, bağırsak sağlığı açısından antiinflamatuvar mekanizmaların önemini daha da artırmaktadır. Aşırı inflamatuvar yanıt; TNF- α , IL-1 β ve IL-6 gibi proinflamatuvar sitokinlerin artışıyla karakterize edilmekte ve bu durum bağırsak epitel bariyer bütünlüğünün bozulmasına yol açabilmektedir. Güncel çalışmalar, fitobiyotik bileşiklerin NF- κ B gibi inflamatuvar sinyal yollarını baskılayarak proinflamatuvar sitokin üretimini azalttığını ve antiinflamatuvar sitokinlerin ekspresyonunu artırdığını ortaya koymaktadır (Basiouni vd., 2023; Chakma, 2025).

Defne yaprağı (*Laurus nobilis* L.), içerdiği yüksek fenolik bileşikler, flavonoidler ve uçucu yağlar sayesinde güçlü bir antioksidan kapasiteye sahiptir. Yapılan çalışmalarda, Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan defne yapraklarında DPPH ve ABTS radikal süpürme testlerinde yüksek antioksidan değerler elde edilmiştir; örneğin DPPH serbest radikal giderme

aktivitesi 52.,7–114.45 mg Trolox eşdeğeri/g, ABTS katyon radikal süpürme aktivitesi ise 74.64–115.086 mg Trolox eşdeğeri/g olarak belirlenmiştir, bu da fenolik bileşiklerin güçlü antioksidan etkisini göstermektedir (Karataş, 2023). Ayrıca fenolik ekstraksiyon yöntemleriyle yapılan değerlendirmelerde, elde edilen defne yaprağı ekstraktlarının *in vitro* antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğu ve bu bileşiklerin serbest radikalleri süpürmede etkili olduğu bildirilmiştir (Şilmler ve ark., 2022). Bu bulgular, defne yaprağının hem gıda katkısı hem de hayvansal üretimde antioksidan potansiyeli açısından önemli bir doğal kaynak olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, antioksidan ve antiinflatuar mekanizmalar, fitobiyotiklerin fonksiyonel değerinin anlaşılmasında temel süreçler arasında yer almakta olup, hayvansal üretimde bağırsak sağlığının korunması ve performans kayıplarının azaltılmasında stratejik bir rol üstlenmektedir.

6. Bağırsak Bariyer Fonksiyonu ve Deneysel Bulgular

Bağırsak bariyer fonksiyonu, epitel hücre yapısı, villus yüksekliği, kript derinliği, villus/kript oranı ve tight junction proteinlerinin ekspresyon düzeyleri gibi parametrelerle değerlendirilen kritik bir fizyolojik özelliktir. Bu yapısal göstergeler, bağırsak yüzeyinin besin emilimi kapasitesi ve bariyer bütünlüğünün durumunu yansıtır. Deneysel çalışmalarda, doğal kökenli besin katkıları, özellikle fitobiyotik bileşikler, bağırsak histomorfolojisini olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bir meta-analiz, probiyotiklerin ve bitkisel bileşiklerin diyetle eklenmesinin, orta ve alt ince bağırsak segmentlerinde villus yüksekliğini artırdığını ve kript derinliğini azaltarak villus/kript oranını iyileştirdiğini göstermiştir. Bu değişiklikler, emilim yüzey alanının genişlemesine ve epitel yenilenme dengesinin artmasına işaret etmektedir (Yosi ve ark., 2023).

Tight junction proteinleri olan **occludin**, **claudin-1** ve **zonula occludens (ZO)** proteinleri, epitel hücreleri arasında paracellüler geçirgenliğin düzenlenmesinde ve bariyer fonksiyonunun sürdürülmesinde merkezi bir rol oynar; bu proteinlerin ekspresyon düzeyleri ile hücreler arası bağlantı komplekslerindeki organizasyonları epitel bütünlüğünün korunması açısından kritik öneme sahiptir. Fitobiyotiklerin, özellikle bitkisel kökenli flavonoidlerin uygulandığı çalışmalarda, söz konusu tight junction proteinlerinin hücre membranına yakın dağılımı ve montajının arttığı rapor edilmiştir. Nitekim quercetin tedavisinin insan intestinal epitel Caco-2 hücre monolayerlerinde transepitelyal elektriksel direnci yükselttiği, paracellüler geçirgenliği azalttığı ve tight junction kompleksinin önemli üyeleri olan zonula occludens-2, occludin ve claudin-1 proteinlerinin sitoskeletona ilişkili dağılımını desteklediği; buna ek olarak claudin-4 ekspresyonunun artırıldığı gösterilmiştir (Suzuki & Hara, 2009).

Bu bulgular, doğrudan defne yaprağı tozu ile ilgili deneylerin sınırlı olmasına rağmen, benzer biyoaktif profillere sahip bitkisel fitobiyotiklerin bağırsak yapısını ve bariyer fonksiyonunu iyileştirebildiğini göstermektedir. Dolayısıyla, defne yaprağı ve ekstraktları gibi yüksek fenolik ve uçucu yağ içeriğine sahip fitobiyotiklerin, benzer mekanizmalarla bağırsak bariyer fonksiyonunu destekleyebileceği öngörülmektedir.

Tablo 2. Defne yaprağı bağırsak sağlığı üzerindeki etkisi

Hayvan Türü	Fitobiyotik / Form	Doz ve Süre	İncelenen Parametreler	Bulguların Özeti	Kaynak
Broiler	Defne yaprağı tozu	%0.5-1.0 42 gün	Villus yüksekliği kript derinliği antioksidan enzimler	Villus yüksekliği artışı antioksidan kapasitede iyileşme	Arslan Duru ve ark.,2023
Broiler	Fitobiyotik karışım	≈125 mg/ kg 35 gün	Occludin claudin-1 ZO-1 gen ekspresyonu	Tight junction proteinlerinde artış / iyileşme eğilimi	Paraskeuas ve ark., 2019
Broiler	Defne yaprağı tozu	1–3 g/kg yem (1,2, 3 g/kg), 35 gün	Performans; villus uzunluğu, kript derinliği ve villus/kript oranı gibi bağırsak morfolojisi parametreleri	Defne yaprağı ilavesi villus uzunluğunu, villus/kript oranını artırmış; genel performans göstergelerinde iyileşme raporlanmıştır.	Ali ve ark. 2021
In vitro (Bağırsak hücre hattı)	Laurus nobilis özütü	10-50 µg/ mL	Occludin claudin TEER	IL-13 ile indüklenen bariyer bozukluğunun iyileşmesi	Şimşek ve ark., 2024
Japon bildırcını	Defne yağı (<i>Laurus nobilis</i> uçucu yağ) performans	100–400 mg/kg diet, 35 gün	Performans ve karkas parametreleri	Defne yağı (tek başına veya adaçayı ile) performans ve karkas özelliklerini değiştirmede	Bülbül ve ark., 2015
Albino sıçan (<i>Rattus norvegicus</i>)	Defne yaprağı yaprak tozu (diyete eklenmiş)	Diyetin %1, %2 ve %3'ü, 7 gün	Kolon/vücut ağırlık oranı, bağırsak mikrobiyotası (Lactobacillus, Bifidobacterium, Clostridium, SRB), kısa zincirli yağ asitleri (SCFA)	Bağırsak bariyeri korundu, İnflamasyon azaldı, Mikrobiyota dengelendi	Khalil ve ark., 2024
Sıçan	Defne yaprağı ekstresi	100–400 mg/kg, 14 gün	Histopatoloji, TNF-α, IL-6	İnflamasyonun baskılanması, mukozal hasarın azalması	Türkoğlu ve ark., 2020
Fare (kolit modeli)	Laurus nobilis yaprak ekstresi	200 mg/kg, 10 gün	Oksidatif stres, epitel bütünlüğü	Oksidatif hasarda azalma, epitel bariyerinin korunması	Correa ve ark., 2023

Balık (Tilapia)	Defne yaprağı uçucu yağı	%0.5–1.0, 60 gün	Bağırsak mikrobiyotası, immün yanıt	Patogen bakterilerde azalma, mukozal bağışıklıkta artış	Abdel-Tawwab ve ark., 2020
Balık (Sazan)	Bitkisel ekstrakt (defne yaprağı)	1–2 g/kg, 56 gün	Bağırsak histolojisi	Epitel bütünlüğünün korunması, villus yapısında iyileşme	Taher ve ark., 2018

Tablo 2 Genel olarak değerlendirildiğinde:

Bağırsak Morfolojisi ve Yapısı: Defne yaprağı (toz veya özüt), broiler ve balık türlerinde villus uzunluğunu ve yüksekliğini artırarak bağırsak morfolojisini iyileştirdiğini, bağırsağın epitel bütünlüğünü korunduğu görünmektedir.

Bariyer Fonksiyonu ve İnflamasyon: Çalışmalar, defne yaprağının tight junction proteinlerinde (Occludin, claudin-1, ZO-1) artış sağladığını, mukozal hasarı azalttığını ve inflamasyonu baskılayarak bağırsak bariyerini koruduğunu göstermektedir. Ayrıca in vitro modellerde IL-13 ile indüklenen bariyer bozukluklarını iyileştirdiği saptanmıştır.

Mikrobiyota ve Bağışıklık: Defne yaprağının mikrobiyotayı dengelediği (Lactobacillus ve Bifidobacterium gibi yararlı bakterileri desteklediği), patojen bakterileri azalttığı ve mukozal bağışıklık ile antioksidan kapasiteyi iyileştirdiği bildirilmiştir.

Performans Üzerindeki Etkiler: Broiler de genel performans göstergelerini iyileştirdiği belirtilirken, japón bıldırcınlarında performans ve karkas özellikleri üzerinde herhangi bir değişim yaratmadığı gözlemlenmiştir.

Özetle defne yaprağı; farklı hayvan türlerinde ve in vitro modellerde bağırsak bariyerini güçlendiren, anti-inflamatuar özellik gösteren ve sindirim sistemini morfolojik olarak destekleyen fonksiyonel bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

7. Hayvan Türlerine Göre Değerlendirme

Fitobiyotik yem katkı maddelerinin bağırsak sağlığı ve bariyer bütünlüğü üzerindeki etkileri, hayvan türüne bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar; sindirim sisteminin anatomik ve fizyolojik özellikleri, bağırsak mikrobiyotası kompozisyonu ve bağışıklık yanıt mekanizmalarının türler arasında değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle defne yaprağı gibi bitkisel kökenli yem katkılarının etkinliği, hayvan türüne özgü olarak değerlendirilmelidir (Oni, 2025).

Monogastrik memelilerde, özellikle domuzlarda, fitobiyotiklerin etkili bağırsak gelişiminin kritik olduğu süttan kesim döneminde daha belirgin hâle gelmektedir. Bu dönemde bağırsak bariyerinin zayıflaması ve inflamasyon

riskinin artması, performans kayıplarına yol açabilmektedir. Güncel literatür, bitkisel kökenli yem katkılarının tight junction proteinlerinin ekspresyonunu artırarak bağırsak geçirgenliğini azalttığını ve proinflamatuvar sitokin üretimini baskıladığını göstermektedir (Chang ve ark., 2022). Bu etkiler, antibiyotik kullanımına alternatif besleme stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Ruminantlarda ise fitobiyotiklerin bağırsak sağlığı üzerindeki etkileri, rumen fermantasyon sisteminin karmaşık yapısı nedeniyle daha dolaylı mekanizmalar üzerinden gerçekleşmektedir. Fitobiyotik bileşenler, rumen mikrobiyotası tarafından metabolize edilerek uçucu yağ asidi profillerini ve fermantasyon parametrelerini etkileyebilmektedir. Bu değişiklikler, bağırsak epitel bütünlüğü ve sistemik bağışıklık yanıtı üzerinde dolaylı fakat olumlu sonuçlar doğurabilmektedir; ancak bu etkilerin monogastrik hayvanlara kıyasla daha sınırlı olduğu bildirilmektedir (Patra ve ark., 2021).

Genel olarak değerlendirildiğinde, hayvan türüne özgü sindirim fizyolojisi ve mikrobiyota yapısı, fitobiyotiklerin etki mekanizmalarını belirleyen temel faktörlerdir. Bu nedenle defne yaprağı gibi bitkisel yem katkılarının hayvansal üretimde etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için tür-spesifik dozlama, uygulama süresi ve hedeflenen fizyolojik parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir. (Oni, 2025).

Tablo 3. Defne Yapracağının Hayvan Türlerine Göre Bağırsak Sağlığı Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Hayvan Türü	Sindirim Sistemi Özellikleri	Bağırsak Sağlığı Üzerine Temel Etkiler	Bariyer ve İmmün Etkiler	Kaynak
Kanatlılar (Broiler Yumurta Tavuğu)	Kısa sindirim süresi yüksek metabolizma sınırlı fermentasyon	Villus yüksekliğinde artış kript derinliğinde azalma patojen yükünde düşüş	Tight junction protein ekspresyonunda artış proinflamatuvar sitokinlerde azalma	Ghareeb et al 2021 Basiouni et al 2023
Domuz	Monogastrik yapı, arka bağırsakta fermentasyon, yüksek besin emilimi	Bağırsak mikrobiyotasında denge, ishal insidansında azalma, mukozal bütünlükte iyileşme	Bağırsak bariyer fonksiyonunun güçlenmesi, inflamatuvar yanıtın baskılanması	Zeng et al., 2015; Patra & Yu, 2021
Fare (Deney Hayvanı)	Hızlı metabolizma, kontrollü mikrobiyota, model organizma	Oksidatif stresin azalması, bağırsak histomorfolojisinin iyileşmesi	Antioksidan savunma artışı, inflamatuvar sitokinlerin baskılanması	Basiouni et al., 2023; Abdel-Wahhab et al., 2019

Ruminantlar (Sığır Koyun Keçi)	Kompleks rumen fermantasyonu yoğun mikrobiyal metabolizma	Rumen fermantasyon profilinin iyileşmesi uçucu yağ asidi üretiminde denge	Dolaylı bağırsak bariyer desteği sistemik inflamasyonda azalma	Patra & Yu 2021 Basiouni et al 2023
--	---	---	--	--

Tablo 3'te sunulan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, defne yaprağı (Laurus nobilis) ve genel olarak fitobiyotik bileşiklerin bağırsak bariyer fonksiyonu üzerindeki etkilerinin çok yönlü ve tutarlı olduğu görülmektedir. Hem in vitro hem de in vivo modellerde elde edilen bulgular, bu bitkisel kökenli bileşiklerin tight junction proteinlerinin (occludin, claudin, ZO-1) ekspresyonunu artırarak bağırsak geçirgenliğini azalttığını, aynı zamanda TEER değerlerini yükselterek epitel bütünlüğünü güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca tabloda yer alan çalışmalar, fitobiyotiklerin proinflamatuvar sitokinleri baskılayıp antiinflamatuvar yanıtı desteklediğini, bunun da oksidatif stresin azaltılmasıyla birlikte bağırsak bariyerinin yapısal ve fonksiyonel olarak korunmasına katkı sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, defne yaprağı gibi aromatik bitkilerin yalnızca mikrobiyota modülasyonu yoluyla değil, doğrudan epitel hücreler ve moleküler bariyer mekanizmaları üzerinden de etkili olabildiğini düşündürmekte ve fitobiyotiklerin antibiyotiklere alternatif yem katkıları olarak kullanım potansiyelini güçlü biçimde desteklemektedir.

Tablo 4. Defne Yaprağının (Laurus nobilis L.) Farklı Formlarının Hayvan Türlerine Göre Bağırsak Sağlığı Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Hayvan Türü	Defne Yaprağı Formu	Başlıca Biyoaktif Bileşenler	Bağırsak Sağlığı Üzerine Etkiler	Etkilerin Mekanizması	Kaynak
Kanatlılar (Tavuk, Bildircin, Hindi)	Toz	Fenolikler, flavonoidler	Villus yüksekliği artışı, kript derinliğinde azalma	Emilim yüzeyinin genişlemesi	Brenes & Roura, 2010; Lillehoj ve ark., 2018
	Ekstrat	Polifenoller, tanenler	Antioksidan kapasite artışı, inflamasyonun azalması	Serbest radikal süpürme	Hashemi & Davoodi, 2011; Zeng ve ark., 2015
	Uçucu yağ	1,8-sineol, öjenol, α-pinen	Patojen bakteri yükünde azalma	Antimikrobiyal etki	Brenes & Roura, 2010; Zeng ve ark., 2015

Monogastrikler (Domuz, Tavşan)	Toz	Fenolik asitler	Bağırsak mukozasında hafif iyileşme	Mekanik ve kimyasal destek	Hashemi & Davoodi, 2011
	Ekstrat	Polifenoller	Tight junction proteinlerinde artış	Bariyer bütünlüğünün güçlenmesi	Lillehoj ve ark., 2018; Zeng ve ark., 2015
	Uçucu Yağ	Terpenoidler	Mikrobiyota dengesinin iyileşmesi	Seçici mikrobiyal baskılama	Zeng ve ark., 2015
Ruminantlar (Sığır, Koyun, Keçi)	Toz	Fenolikler	Rumen fermantasyonunun dengelenmesi	Uçucu yağ asidi profili modülasyonu	Calsamiglia ve ark., 2007
	Ekstrat	Fenolik-terpenoid kompleks	Sistemik antioksidan etki	Oksidatif stresin azaltılması	Patra & Yu, 2012
	Uçucu Yağ	Sineol, pinenler	Metanojenik bakterilerde azalma	Rumen mikrobiyotasının baskılanması	Calsamiglia ve ark., 2007; Patra & Yu, 2012
Genel	-	-	Tür-spesifik etki farklılıkları	Sindirim fizyolojisine bağlılık	Hashemi & Davoodi, 2011

Tablo 4. sunulan veriler, defne yaprağının (*Laurus nobilis L.*) farklı formlarının (toz, ekstrakt ve uçucu yağ) hayvan türlerine göre bağırsak sağlığı üzerinde değişen ancak genel olarak olumlu etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Kanath ve monogastrik hayvanlarda defne yaprağı ekstraktları ve uçucu yağlarının, içerdiği terpenoid ve fenolik bileşikler aracılığıyla patojen mikroorganizmaları baskıladığı, bağırsak villus morfolojisini iyileştirdiği ve bariyer fonksiyonunu güçlendirdiği bildirilmektedir (Brenes ve ark., 2010; Lillehoj ve ark., 2018; Zeng ve ark., 2015). Ruminantlarda ise defne yaprağı bileşenlerinin etkilerinin daha çok rumen fermantasyonunun modülasyonu ve metanojenik mikroorganizmaların baskılanması yoluyla dolaylı olarak ortaya çıktığı, bu durumun sistemik antioksidan kapasitenin artışıyla ilişkilendirildiği rapor edilmiştir (Calsamiglia ve ark., 2007; Patra ve ark., 2012). Genel olarak, toz formunun stabil ve uzun süreli kullanım için uygun olduğu, ekstrakt ve uçucu yağ formlarının ise daha yüksek biyoyararlanım ve güçlü biyolojik etki sağlamakla birlikte doz ve hayvan türüne özgü fizyolojik farklılıklar dikkate alınarak kullanılması gerektiği literatürde vurgulanmaktadır (Hashemi ve ark., 2011)

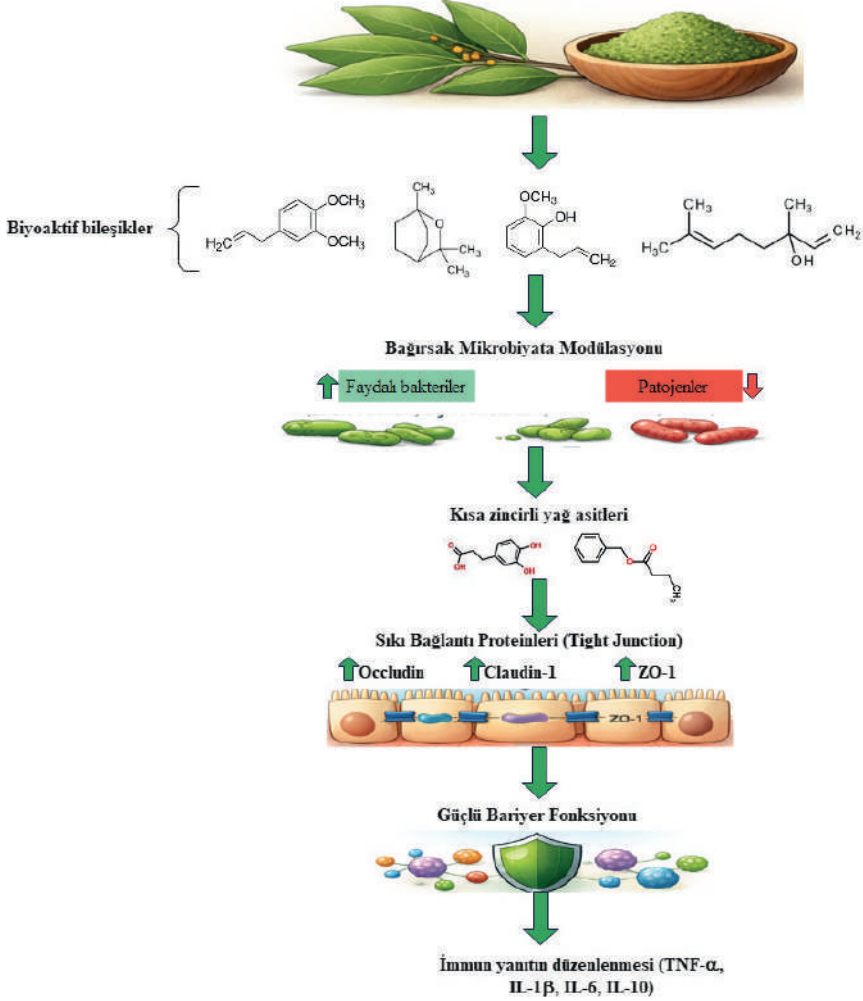
8. Defne yaprağı kullanım Dozu, Güvenilirlik ve Sınırlamalar

Defne yaprağı tozunun yem katkısı olarak kullanımında doz kritik bir faktördür. Düşük ve orta düzeylerde kullanımı bağırsak sağlığı açısından fayda sağlayabilirken, yüksek dozlarda tanen içeriği nedeniyle yem tüketimi ve sindirim süreçleri olumsuz etkilenebilmektedir. Özellikle yüksek tanen alımı, protein sindirilebilirliğini azaltarak performans kayıplarına yol açabilmektedir. Bu nedenle farklı hayvan türleri ve fizyolojik dönemler için optimal doz aralıklarının belirlenmesi amacıyla kontrollü ve uzun süreli deneysel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Ayrıca defne yaprağının kimyasal bileşimi, bitkinin yetiştiği coğrafi bölge, hasat zamanı, kurutma yöntemi ve işleme koşulları gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu değişkenlik, deneysel sonuçların tekrarlanabilirliğini ve ürünler arası etki tutarlılığını sınırlayabilmektedir. Bu nedenle standardize edilmiş, aktif bileşen içeriği tanımlanmış ürünlerin kullanılması, bilimsel çalışmaların güvenilirliği ve pratik uygulamaların başarısı açısından büyük önem taşımaktadır.

Son olarak, defne yaprağı tozunun uzun dönemli kullanımına ilişkin güvenilirlik, kalıntı oluşumu ve olası toksik etkiler gibi konuların detaylı şekilde araştırılması gerekmektedir. Özellikle gıda güvenliği açısından hayvansal ürünlerde kalıntı riski bulunup bulunmadığının ortaya konulması, bu katkı maddesinin ticari kullanım potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Bu kapsamda yapılacak çok yönlü çalışmalar, defne yaprağı tozunun sürdürülebilir hayvansal üretimde güvenli ve etkili bir yem katkısı olarak konumlandırılmasına olanak sağlayacaktır.

Şekil.2. Defne Yaprığı Tozunun Bağırsak Bariyer Bütünlüğü Üzerine Etki Mekanizması



Şekil 2'de Defne yaprağı tozunda bulunan biyoaktif bileşikler; bağırsak mikrobiyotasının dengelemesini sağlayarak kısa zincirli yağ asidi (SCEA) üretimini artırır. Artan SCEA düzeyleri, epitel hücrelerinin enerji metabolizmasını destekler ve tight junction proteinlerinin (occludin, claudin, ZO-1) stabilitesini güçlendirir. Aynı zamanda antiinflamatuar sitokinlerin artışı ve proinflamatuar sitokinlerin baskılanması yoluyla inflamasyon kontrol altına alınır. Bu bütüncül etki, bağırsak bariyer fonksiyonunun korunması ve iyileştirilmesi ile sonuçlanır.

9. Sonuç ve Genel Değerlendirme

Hayvansal üretimde sindirim sistemi sağlığı, özellikle bağırsak sağlığı ve bariyer bütünlüğü, verimlilik, hayvan refahı ve ürün kalitesinin sürdürülebilir şekilde korunmasında belirleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Güncel bilimsel yaklaşımlar, bağırsakların yalnızca sindirim ve emilim fonksiyonlarıyla sınırlı olmadığını; aynı zamanda bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve patojenlere karşı savunma mekanizmalarının merkezinde yer aldığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle bağırsak bariyer fonksiyonunun korunması, modern hayvansal üretim sistemlerinin temel hedeflerinden biri haline gelmiştir (Aruwa ve ark., 2021; Wang ve ark., 2024).

Mevcut çalışmalar, bitkisel kökenli fitobiyotik yem katkı maddelerinin bağırsak sağlığının korunmasında ve geliştirilmesinde güçlü bir fonksiyonel potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Fitobiyotiklerin içerdiği biyoaktif bileşikler sayesinde bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkilediği, patojen mikroorganizmaların baskılanmasına katkı sağladığı ve yararlı bakteri popülasyonlarını desteklediği bildirilmektedir. Bu mikrobiyal dengenin sağlanması, bağırsak epitel bütünlüğünün sürdürülmesi ve bariyer fonksiyonunun güçlendirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır (Ghareeb ve ark., 2021; Awad ve ark., 2022; Wang ve ark., 2024).

Fitobiyotiklerin antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikleri, bağırsak sağlığını destekleyen temel mekanizmalar arasında yer almaktadır. Oksidatif stresin azaltılması, süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonunun desteklenmesi ve lipid peroksidasyonunun baskılanması, epitel hücre hasarının önlenmesine katkı sağlamaktadır (Surai ve Fisinin, 2020). Bununla birlikte, fitobiyotik bileşiklerin inflamatuvar etkiyi düzenleyerek proinflamatuvar sitokinlerin üretimini azalttığı ve antiinflamatuvar süreçleri teşvik ettiği bildirilmektedir (Basiouni ve ark., 2023; *Frontiers in Immunology*, 2023).

Özellikle kanatlı hayvanlar üzerinde yürütülen çalışmalarda, fitobiyotik yem katkılarının bağırsak morfolojisi ve bariyer bütünlüğü üzerinde belirgin iyileşmeler sağladığı; villus yüksekliğinin arttığı, kript derinliğinin dengelendiği ve sıkı bağlantı (tight junction) proteinlerinin ekspresyonunun desteklendiği ortaya konmuştur. Bu yapısal ve fonksiyonel gelişmelerin, yemden yararlanma oranı ve genel performans artışı ile doğrudan ilişkili olduğu bildirilmektedir (Ghareeb ve ark., 2021; Tabler ve ark., 2020; Latek ve ark., 2021).

Antibiyotik ile büyütmeye faktörlerinin kullanım kısıtlılığının güncel hayvansal üretim sistemlerinde, bağırsak sağlığını çok yönlü olarak destekleyebilen doğal ve güvenilir alternatiflere olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu bağlamda fitobiyotik

yem katkıları; bağırsak bariyer bütünlüğünün korunması, immün dengenin sağlanması ve oksidatif stresin kontrol altına alınması gibi temel süreçleri eş zamanlı olarak destekleyen etkili yöntemler arasında değerlendirilmektedir (Aruwa ve ark., 2021; Awad ve ark., 2022; Latek ve ark., 2021).

Sonuç olarak, mevcut bilimsel bulgular fitobiyotik yem katkı maddelerinin bağırsak sağlığını ve bariyer bütünlüğünü güçlendiren, antibiyotiklere alternatif veya tamamlayıcı bir yaklaşım olarak hayvansal üretimde önemli bir potansiyele sahip olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Fitobiyotiklerin kullanımı; sürdürülebilir, çevre dostu ve hayvan refahını önceleyen modern hayvancılık uygulamalarına katkı sağlamakta ve antibiyotik kullanımının azaltılmasına yönelik bütüncül hedeflerle güçlü bir uyum göstermektedir (Ghareeb ve ark., 2021; Wang ve ark., 2024).

Kaynakça

- Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Kanatlılarda bitkisel kaynaklı yem katkı maddeleri: Başarılar, gelecek perspektifleri ve zorluklar. *Animals*, 11(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Ali, N. A. A.-L., & Al-Shuhaib, M. B. S. (2021). Highly effective dietary inclusion of laurel (*Laurus nobilis*) leaves on productive traits of broiler chickens. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43, e52198. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.52198>
- Arslan Duru, A., & Gölcü, A. (2023). The effects of laurel (*Laurus nobilis* L.) leaf powder supplementation on performance, carcass characteristics, meat lipid oxidation and some blood parameters of broiler chicks. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 74(2), 5677–5686. <https://doi.org/10.12681/jhvms.29936>
- Aruwa, C. E., Pillay, C., Nyaga, M. M., Sabiu, S., et al. (2021). Poultry gut health: Microbiome functions, environmental impacts, microbiome engineering and advancements in characterization technologies. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 119. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00640-9>
- Awad, A., Shehata, A., Attia, Y., Khafaga, A. F., Farooq, M. Z., El-Seedi, H. R., Eisenreich, W., & Tellez-Isaias, G. (2022). Kanatlı hayvanlarda sağlıklı bağırsak mikrobiyomunun alternatif yem katkı maddeleri, özellikle de fitogenik maddeler kullanılarak yeniden oluşturulması: Zorluklar ve perspektifler. *German Journal of Veterinary Research*, 2(3), 32–42. <https://doi.org/10.51585/gjvr.2022.3.0047>
- Awada, F., Hamade, K., Kassir, M., Hammoud, Z., Mesnard, F., Rammal, H., & Fliniaux, O. (2023). *Laurus nobilis* leaves and fruits: A review of metabolite composition and interest in health. *Applied Sciences*, 13(7), Article 4606. <https://doi.org/10.3390/app13074606>
- Baysal, T., Yılmaz, N., & Kara, O. (2020). Türkiye’de defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisinin durumu. *European Journal of Science and Technology*, 22, 325–330. <https://doi.org/10.31590/ejosat.856195>
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., & Jovin, E. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7879–7885. <https://doi.org/10.1021/jf0715323>
- Brenes, A., & Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1–2), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.007>
- Bülbül, T., Özdemir, V., & Bülbül, A. (2015). Use of sage (*Salvia triloba* L.) and laurel (*Laurus nobilis* L.) oils in quail diets. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 31(2), 95–101. <https://doi.org/10.15312/eurasianjvetsci.2015210080>
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermenta-

- tion. *Journal of Dairy Science*, 90, 2580–2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
- Caputo, L. (2017). *Laurus nobilis* L.: Chemical composition of essential oil and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 1–9. <https://doi.org/10.3390/molecules22060930>
- Chelakkot, C., Ghim, J., & Ryu, S. H. (2018). Mechanisms regulating intestinal barrier integrity and its pathological implications. *Experimental & Molecular Medicine*, 50(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s12276-018-0126-x>
- Çimen, F., Polat, H., & Ekici, L. (2020). Polifenollerin bağırsak mikrobiyota kompozisyonunu düzenleyici ve nöroprotektif etkileri. *Akademik Gıda*, 18(2), 190–208. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758838>
- Dobrosravić, E., Elez Garofulić, I., Zorić, Z., Pedišić, S., & Dragović-Uzelac, V. (2021). Polyphenolic characterization and antioxidant capacity of *Laurus nobilis* L. leaf extracts. *Processes*, 9(10), 1840. <https://doi.org/10.3390/pr9101840>
- Duru, S. (2024). *Turkish Journal of Agriculture and Food Sciences*, 12(3), 412–417. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i3.412-417.6678>
- Ertürk, Ö., & Ayvaz, G. (2020). Essential oil components and antimicrobial–antioxidant activities of *Laurus nobilis* L. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(2), 487–499. <https://doi.org/10.30910/turkjans.725987>
- Frontiers in Immunology. (2023, April 24). Probiotics fortify intestinal barrier function: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Frontiers in Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1143548>
- Frontiers in Veterinary Science. (2020, November 26). Effect of probiotics and multi-component feed additives on microbiota, gut barrier and immune responses in broiler chickens during subclinical necrotic enteritis. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.572142>
- Ghareeb, K., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Tiwari, R., Yattoo, M. I., & Bhatt, P. (2021). Phytogetic feed additives as natural alternatives to antibiotics in poultry nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(1), 1–12.
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35, 169–180. <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9458-2>
- Hu, Y., et al. (2024). Dietary Zn proteinate with moderate chelation strength alleviates heat stress-induced intestinal barrier damage in broilers. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01075-8>
- Karataş, G. (2023). Türkiye’de farklı illere ait defne (*Laurus nobilis* L.) yapraklarının bazı fiziksel ve fitokimyasal özellikleri. *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences*, 19, 41–53. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jrens/issue/79158/1387781>

- Khodja, Y. K., Bachir-Bey, M., Belmouhoub, M., Ladjouzi, R., Dahmoune, F., & Khettal, B. (2023). The botanical study, phytochemical composition, and biological activities of *Laurus nobilis* L. leaves: A review. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(2), 269–296. <https://doi.org/10.21448/ijsm.1171836>
- Küçükersan, S. (Ed.). (2020). *Hayvan beslemede bağırsak sağlığının önemi* (1. Baskı). Türkiye Klinikleri Yayınevi.
- Latek, U., Chłopecka, M., Karlik, W., & Mendel, M. (2021). Kanatlılarda bağırsak bariyer fonksiyonunu geliştirmek için bitkisel bileşikler – Bir inceleme. <https://doi.org/10.1055/a-1524-0358>
- Lillehoj, H. S., Kim, D. K., Bravo, D. M., & Lee, S. H. (2018). Effects of dietary plant-derived phytonutrients on poultry health and production. *Veterinary Research*, 49, 76. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S4-S34>
- Ma, Q., Li, Y., Wei, L., Zhang, Z., Khan, A., Khan, M. Z., & Wang, C. (2025). Butyrate supplementation improves intestinal health and growth performance in livestock: A review. *Biomolecules*, 15(1), 85. <https://doi.org/10.3390/biom15010085>
- Morikawa, T., Paudel, D., Uehara, O., et al. (2024). Effects of *Laurus nobilis* leaf extract (LAURESH®) on oral and gut microbiota diversity in mice. *In Vivo*, 38(4), 1758–1766. <https://doi.org/10.21873/invivo.13626>
- Muehler, A., Slizgi, J. R., Kohlhof, H., Groeppel, M., Peelen, E., & Vitt, D. (2020). Clinical relevance of intestinal barrier dysfunction in common gastrointestinal diseases. *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, 11(6), 114–130. <https://doi.org/10.4291/wjgp.v11.i6.114>
- Paraskeuas, V., & Mountzouris, K. C. (2019). Modulation of broiler gut microbiota and gene expression of Toll-like receptors and tight junction proteins by diet type and inclusion of phytochemicals. *Poultry Science*, 98(5), 2220–2230. <https://doi.org/10.3382/ps/pey588>
- Patra, A. K., & Yu, Z. (2012). Effects of essential oils on methane production and fermentation by rumen microbes. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 4271–4280. <https://doi.org/10.1128/AEM.00309-12>
- Pérez Reytor, D., Puebla, C., Karahanian, E., & García, K. (2021). Use of short chain fatty acids for the recovery of the intestinal epithelial barrier affected by bacterial toxins. *Frontiers in Physiology*, 12, 650313. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.650313>
- Sağdıç, O., & Özcan, M. (2003). Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control*, 14, 141–143. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00057-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00057-9)
- Surai, P. F., & Fisinin, V. I. (2020). Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update. *Antioxidants*, 9(7), 235. <https://doi.org/10.3390/antiox9070235>

- Suzuki, T., & Hara, H. (2009). Quercetin enhances intestinal barrier function through the assembly of zonula occludens-2, occludin, and claudin-1 and the expression of claudin-4 in Caco-2 cells. *The Journal of Nutrition*, 139(5), 965–974. <https://doi.org/10.3945/jn.108.100867>
- Şilmler, A., Yılmaz, B., & Demir, F. (2022). Comparison of different methods in the extraction of phenolic compounds from bay leaf (*Laurus nobilis* L.) and evaluation of antioxidant activity. *Journal of Apitherapy and Nature*, 5(1), 27–34. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jan/issue/70728/1109316>
- Tabler, T. W., Greene, E. S., Orlowski, S. K., Hiltz, J. Z., Anthony, N. B., & Dridi, S. (2020). Intestinal barrier integrity in heat stressed modern broilers and their ancestor wild jungle fowl. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 249. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00249>
- Taher, M. M., Al-Niaem, K. S., & Al-Saad, S. A. (2021). Effect of bay laurel (*Laurus nobilis*) extract as prebiotic on growth and food conversion of common carp (*Cyprinus carpio*). *Iraqi Journal of Aquaculture*, 15(1), 17–30. <https://doi.org/10.58629/ijaq.v15i1.75>
- Wang, H., Bai, J., Miao, P., Wei, Y., Chen, X., Lan, H., Çing, Y., Zhao, M., Li, Y., Tang, R., & Yang, X. (2024). Bağırsak sağlığının anahtarı: Gıda katkı maddelerine dair bir inceleme ve bakış açısı. *Frontiers in Nutrition*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1420358>
- Wang, Q., et al. (2024). *Frontiers in Nutrition*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1491821>
- Wang, W., Dang, G., Hao, W., et al. (2025). Dietary supplementation of compound probiotics improves intestinal health by modulated microbiota and its SCFA products as alternatives to in-feed antibiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 17, 1969–1984. <https://doi.org/10.1007/s12602-024-10314-3>
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phyto-genic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86, E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
- Yosi, F., & Metzler-Zebeli, B. U. (2023). Dietary probiotics modulate gut barrier and immune-related gene expression and histomorphology in broiler chickens under non- and pathogen-challenged conditions: A meta-analysis. *Animals*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/ani13121970>
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., & Piao, X. (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6, 7. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>
- Zhang, J., Jia, C., Dong, J., et al. (2024). The role of sodium butyrate in modulating growth, intestinal health, and antimicrobial efficacy in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high soy diets. *Scientific Reports*, 14, 32033. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83704-w>

Kayısı Yapraklarının Fitokimyasal Profili ve Yenilikçi Uygulama Potansiyeli

İbrahim Canbey¹

Özet

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), Rosaceae ailesinin yapraklarını döken ve sert çekirdekli meyveler oluşturan önemli türlerinden biridir. Dünyanın birçok ülkesinde ve özellikle Türkiye'nin Malatya ilinde yaygın şekilde yetiştirilmekte olan *P. armeniaca* L., ekonomik değeri yüksek bir türdür. Meyveleri hem taze hem de kurutulmuş olarak tüketilmekte olup aynı zamanda, reçel, meyve suyu ve benzeri ürünlere işlenmektedir. Bunun yanı sıra zengin fitokimyasal bileşimi ve önemli biyolojik özellikleri sayesinde farklı alanlarda kullanım potansiyeli taşıyan kayısı yaprakları, tarımsal yan ürün olarak değerlendirilebilecek önemli bir biyokaynak niteliğindedir.

Bu bölümde; bilimsel literatür doğrultusunda, kayısı yaprağının fitokimyasal profili ve yenilikçi uygulama potansiyeli detaylı bir şekilde incelenmiş ve elde edilen bilgilerin, gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalara kapsamlı bir kaynak oluşturması amaçlanmıştır.

1. Giriş

Kayısı (*Prunus armeniaca* L.), Rosaceae familyasına mensup olan, çekirdekli meyve oluşturan ve yapraklarını döken odunsu bir meyve ağacıdır (Canbey, 2026a). Kayısının anavatanı; Orta Asya'dan Batı Çin'e kadar uzanan geniş bir alanı kapsamaktadır (Karlıdağ vd., 2022). Kayısı, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen bir bitki olsa da üretiminin büyük bir bölümü, Akdeniz Havza'sından karşılanmaktadır. Birçok ekolojik avantajı sayesinde Türkiye'de en yüksek kalitede kayısı yetiştiriciliği yapılmakta olup özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Malatya ili, kayısı yetiştiriciliğinin en önemli düzeyde yapıldığı lokasyondur (Acarsoy Bilgin vd., 2023). Ayrıca, kayısı, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi'nin yüksek rakımlı platoları

1 Araştırmacı (Doktora Öğrencisi), Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği A.D., ibrahim.canbey.gmuh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2568-0885.

dışında kalan tüm bölgelerinde yetiştirilebilmektedir (Ercisli, 2009). Bununla birlikte, Özbekistan da önemli kayısı üreticisi konumundadır (Grigoryan vd., 2025).

Kayısının yaygın olarak yetiştirilmesinde, karakteristik meyve özelliklerinin büyük önemi bulunmaktadır (Zeb vd., 2017). Türkiye, çok sayıda meyve türünün yanı sıra kayısı üretiminde de dünyanın önemli üretici ülkelerinden biri konumundadır (Paksoy ve Aslan, 2020). Özellikle taze ve kurutulmuş kayısı üretiminde, dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır (Karataş ve Şengül, 2020).

Kayısı üretimi sonrasında, çekirdek gibi önemli bileşenleri içeren ve kullanım potansiyeli yüksek çeşitli yan ürünler ortaya çıkmakta ve bunlar, farklı alanlarda değerlendirilmektedir (Canbey, 2026a). Yapraklar ise, önemli fitokimyasalları bileşiminde bulundurması ve meyvelerin gelişiminde kritik rol oynaması bakımından kayısı ağacının önemli bir parçası olarak öne çıkmaktadır (Zeb vd., 2017). Bunun yanı sıra önemli biyolojik özellikler sergilemesi ve farklı alanlarda kullanım potansiyeli sunması, kayısı yapraklarının değerli bir biyokaynak niteliği kazanmasını sağlamaktadır (Zeb vd., 2017; Wojdyło ve Nowicka, 2021; Grigoryan vd., 2025).

Bu bölümde; bilimsel araştırmalar ışığında, kayısı yapraklarının fitokimyasal bileşimi ve potansiyel kullanım alanları üzerinde durulmuş ve bu çalışmanın, ileride yapılması planlanan bilimsel çalışmalara yol gösterici bir bilimsel kaynak niteliği taşıması hedeflenmiştir.

2. Kayısı Yapraklarının Kimyasal Bileşimi

Kayısı; Rosales takımı, Rosaceae familyası ve *Prunus* cinsine ait bir türdür (Acarsoy Bilgin vd., 2023). Kayısı ağacı (Şekil 1), genellikle 8 ila 12 metre yüksekliğe kadar büyüeyebilen küçük yapılı bir meyve ağacıdır. Gövde çapı yaklaşık 40 cm'ye ulaşabilmekte olup sık ve yayvan bir taç yapısına sahiptir (Kumar vd., 2024). Kayısı ağaçları; nispeten kısa sürede meyveye yatmakta, yıllar boyunca yüksek ve istikrarlı verim düzeylerine ulaşabilmektedir (Jalobã vd., 2022).



Şekil 1. Kayısı ağacı

Kayısı ağacının sert çekirdekli meyveleri, zengin bir fitokimyasal bileşime (şekerler, proteinler, yağ asitleri, ham lif, toplam mineraller, vitaminler, organik asitler, fenolik bileşikler, sterol türevleri, karotenoidler, uçucu bileşikler vb.) sahiptir (Alajil vd., 2021; Al-Saif vd., 2023). Meyve rengi, sarıdan turuncuya kadar değişmekte; güneşe daha fazla maruz kalan yüzeylerde ise, çoğunlukla kırmızımsı bir renklenme oluşmaktadır (Kumar vd., 2024). Kayısı meyveleri hem taze hem de kurutulmuş olarak tüketilmektedir (Şekil 2) (Karataş, 2021; Karlıdağ vd., 2022). Bununla birlikte; meşrubatlara, meyve suyuna, liyofilize ürünlere, jöle ve reçellere işlenerek tüketime sunulmaktadır (Al-Soufi vd., 2022). Meyvesinin kalitesi ve teknolojik özellikleri, kayısıyı tüketiciler arasında en çok beğenilen meyve türlerinden biri yapmaktadır (Jalobā vd., 2022). Dünyada en geniş alanda yetiştiriciliği yapılan sert çekirdekli meyve türlerinden biri olan kayısı (Karlıdağ vd., 2022), erik ve şeftaliden sonra ekonomik açıdan en önemli üçüncü çekirdekli meyve konumundadır (Alajil vd., 2021; Al-Soufi vd., 2022).



Şekil 2. Kayısı meyvelerinin taze ve kurutulmuş örnekleri

Bitkisel üretimin en uygun şekilde gerçekleştirilmesi; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile topoğrafya, iklim ve rakım gibi temel parametrelerin dikkate alınmasına bağlıdır (Yanardağ, 2025). Elverişli coğrafi konumu ve çeşitlilik gösteren iklim koşulları, Türkiye’yi çok çeşitli meyve türleri için ideal bir yetiştirme alanı haline getirmektedir (Saridas vd., 2023). Türkiye, kayısı üretiminde dünyada lider konumundadır (Ayaz ve Bolu, 2012; Karakaş ve Öztürk, 2017). Türkiye’de kayısı, Karadeniz çevresindeki oldukça nemli bölgeler ile Anadolu’nun soğuk ve dağlık alanları dışında neredeyse tüm bölgelerde yetiştirilebilmektedir (Asma vd., 2007). Türkiye’de ve dünyada önemli kayısı üretim merkezlerinden biri olan Malatya, yüksek üretim potansiyeline sahip olan bir ilimizdir (Şekil 3) (Acarsoy Bilgin vd., 2023). Malatya toprakları; genel olarak yüksek kireç içeriğine, nötr ile hafif alkali arasında değişen pH değerine ve yüksek düzeyde kalsiyum ile potasyum içeriğine sahiptir (Yanardağ, 2025).



Şekil 3. Malatya ilinden kayısı ağacı örnekleri

Bu tip avantajlarına ilaveten, geç ilkbahar donları, ürün kayıplarına neden olan en önemli sorunlardan biridir. Düşük sıcaklıklar, çiçeklerde zarara yol açmakta ve buna bağlı olarak meyve tutumu ve verim azalmaktadır (Acarsoy Bilgin vd., 2023). Ayrıca, toprakta, mikro besin maddelerinin sınırlı olması, kayısı verimini sınırlandırmaktadır (Yanardağ, 2025). Bununla birlikte, kayısıların hastalıklara karşı düşük dirençleri, yeni yetiştirme ortamlarına adaptasyon yeteneğini sınırlamakta ve dolayısıyla bu türün yayılışını kısıtlamaktadır (Jalobã vd., 2022). Bunlara ilaveten zararlı böcekler; ürün, kalite ve ağaç kayıplarına neden olabilmektedir (Ayaz ve Bolu, 2012).

Kayısı ağaçları, yılın belirli zamanlarında budanmaktadır (Neri ve Massetani, 2011; Moale, 2015). Budama, meyve ağaçlarında taç gelişimini düzenleyerek ışıklanmayı artıran, dalların dayanıklılığını sağlayan, zarar görmüş organların yenilenmesini destekleyen ve uygulama zamanı (kış ve yaz budaması) ile ağacın gelişim dönemine (genç, orta yaşlı ve yaşlı ağaç budamaları) göre farklı şekillerde gerçekleştirilen önemli bir kültürel işlemdir (Demirtas vd., 2010). Budama, meyve ağaçlarında vejetatif ile generatif gelişimlerin arasındaki dengeyi sağlamak amacıyla uygulanmaktadır (Zhang vd., 2018).

Kayısı çeşitleri, farklı vejetatif ve generatif gelişim özelliklerine göre gruplandırılabilir. Buna bağlı olarak ve toprak verimliliği dikkate alınarak yüksek verimliliğe sahip topraklarda, yaz budaması; düşük verimliliğe sahip topraklarda ise, kış budaması uygulanabilmektedir (Neri ve Massetani, 2011). Kayısı ağacı, vejetatif dönemde uygulanan budamaya oldukça olumlu tepki veren bir türdür. Bu budama işlemleri, ilkbaharda meydana gelen geç don olaylarının görüldüğü yıllarda verim kaybı riskinin azaltılmasını amaçlayan önemli bir kültürel uygulama niteliğindedir (Moale, 2015).

Kayısı ağacının yaprakları (Şekil 4); oval şekilli, sivri uçlu, yuvarlak tabanlı ve ince dişli kenarlıdır (Kumar vd., 2024). Yapraklar, 5 cm ila 9 cm uzunluğa ve 4 cm ila 8 cm genişliğe sahiptir (Makrygiannis vd., 2024). Yaprığın özellikleri, bitkilerin sınıflandırılmasında kullanılan önemli bir parametredir (Arı vd., 2016).



Şekil 4. Kayısı yaprakları

Kayısı yaprakları; başta tanenler, klorojenik asit, rutin ve çeşitli kuersetin türevleri olmak üzere polifenolik bileşikler açısından önemli bir biyokaynaktır.

Buna ilaveten, uçucu yağlar ile temel makro ve mikro elementler bakımından zengin bir bileşime sahiptir. Söz konusu biyoaktif bileşiklerin konsantrasyonu ve bileşimi; ağaç yaşı, kültivar, ekstraksiyon yöntemi, mevsimsel değişimler ve çevresel koşullar gibi çok sayıda faktörden etkilenmektedir (Grigoryan vd., 2025).

Bilimsel bir çalışmada farklı kültivarlara ait kayısı yapraklarının besin element içerikleri, toplam fenolik bileşikleri, flavonoidleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiş ve bunlarda farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Keçe vd., 2024).

Başka bir çalışmada; *P. armeniaca* L.'nin yaprak ekstraktının fitokimyasal bileşen profilleri arasında önemli fenolik bileşikler olan hidrokisinsamik asitler (3-*O*-kafeoilkuinik asit, kafeoil-glikozit, 4-*O*-kafeoilkuinik asit, 3-*p*-kumaroilkuinik asit, 5-*O*-kafeoilkuinik asit, *p*-kumaroil glikozit, 3-*O*-feruloilkuinik asit, feruloil glikozit, cis-5-*O*-kafeoilkuinik asit, 5-*p*-kumaroilkuinik asit ve 4-*O*-feruloilkuinik asit) ve flavonoller (kuersetin-3-*O*-rutinozit, kuersetin-3-*O*-galaktozit, kamferol-3-*O*-rutinozit vb.) tespit edilmiştir (Wojdyło ve Nowicka, 2021).

Tarımsal üretimde, kimyasalların kullanımının artması, yaprağın bileşimini etkileyebilmekte olup yapılan bir çalışmadan elde edilen verilere göre kullanılan pestisitlerin, kayısı yapraklarındaki toplam fenolik bileşikler, tanenler ve flavonoid içerikleri üzerinde belirli bir etkiye sahip olduğunu belirlenmiştir (Grigoryan vd., 2024).

Kayısı yaprağının fitokimyasal bileşimi üzerine yapılmış olan başka bir çalışmada; Malatya'da yetiştirilen farklı kayısı kültivarlarına ait yaprak örnekleri, farklı dönemlerde (ilkbahar, yaz ve sonbahar) toplanmış ve bunların fenolik bileşik içerikleri mukayese edilmiştir. Analizler sonucunda kayısı yapraklarında en yaygın fenolik bileşiklerin; klorojenik asit, rutin, (-)-kateşin ve naringin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre araştırmacılar, incelenen dönemler sonunda rutin ve kateşin içeriklerinde artış olduğunu; klorojenik asit ve naringin düzeylerinde ise, belirgin bir azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak tespit edilen fenolik bileşiklerin, mevsime ve kayısı çeşidine göre değişkenlik gösterdikleri ortaya konmuştur (Ugur vd., 2018).

Bir diğer çalışmada; dört olgunlaşma döneminde elde edilen yapraklarda tespit edilen fenolik bileşiklerde ve karotenoitlerde değişimlerin olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında tespit edilen (HPLC-DAD analizleri) fenolik bileşikler arasında majör olanları; 3-*O*-kafeoilkinik asit, 4-*O*-kafeoilkinik asit, 5-*O*-kafeoilkinik asit ve kuersetin-3-*O*-glukozitler olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte kumarik asit ve türevleri, kamferol ve türevleri ile kafeik asit,

saptanan diğer fenolik bileşikler arasında yer almıştır. Fenolik bileşiklere ilaveten karotenoitler de (majör olarak luteolin, neoksantin ile α - ve β -karotenler) tespit edilmiştir (Zeb vd., 2017).

Başka bir araştırmada; kahverengi çürüklüğe (brown rot) özgü semptomlar gösteren kayısı çeşitlerinin yapraklarında hem erken olgunlaşan hem de geç olgunlaşan formlarda klorofil ve karotenoit miktarlarının anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Buna karşın, semptom gösteren yapraklarda, sağlıklı çeşitlerin yapraklarına kıyasla toplam fenol içeriğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kahverengi çürüklük belirtisi gösteren kayısı çeşitlerinde peroksidaz, katalaz ve polifenol oksidaz enzimlerinin aktivitesinin sağlıklı çeşitlere göre arttığı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre araştırmacılar, numunelerdeki toplam fenol içeriği ile antioksidan enzim aktivitesinin, kahverengi çürüklüğe karşı dayanıklılık ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (Petrisor vd., 2021).

Bir diğer çalışmada, farklı dönemlerde kayısı yapraklarında makromineraler olarak azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg); mikromineraler olarak ise, demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bor (B) tespit edilmiştir. Sonuçlara göre N, P, Cu, Mn ve Zn sezon başından itibaren özellikle orta döneme kadar azalma eğilimi göstermiştir. Ca, sezon boyunca artarken; K, B ve Mg değişken bir seyir izlemiştir. Fe ise, önemli bir değişim göstermemiştir. Ayrıca yapraklardaki besin elementi oranlarının, geniş aralıklarda değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre verimli ve kaliteli kayısı elde edilebilmesi için besin elementi eksikliklerinin giderilmesinde, orta veya geç dönemler yerine erken yaprak analizlerinin yapılması önerilmiştir (Uçgun vd., 2019).

Başka bir araştırmada; kayısı ağaçlarında bazı biyogübreler ve kaya fosfatı uygulamalarının yaprak mineral içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm uygulamaların, yapraklardaki N, P ve K içeriklerini kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir (İbrahim vd., 2005).

Bunlara ilaveten yapılmış olan bir çalışmada, farklı zamanlarda toplanmış olan kayısı yapraklarından elde edilen uçucu yağ örneklerindeki bileşenler tespit edilerek mukayese edilmiştir. Bu kapsamda, *P. armeniaca*'nın uçucu yağındaki major bileşenler; fitol (%19,42–%19,92), manoil oksit (%5,21–%6,53), linalool (%4,44–%4,81), (E)-2-hekzanal (%3,54–%4,87) ve limonen (%2,44–%2,87) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, nonakozan (%21,11–%23,76) ve heptakozan (%10,14–%11,61) olmak üzere iki alkanın da yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Bonesi vd., 2019).

3. Kayısı Yaprağının Uygulama Alanları

Son yıllarda bitki yaprakları, biyoaktif bileşenler (polifenoller, terpenler, pektin, lif, mineraller, vitaminler gibi) bakımından alternatif ve umut vadeden yeni kaynaklar olarak öne çıkmaktadır (Grigoryan vd., 2025). Kayısı yaprakları, önemli fitokimyasalları bünyesinde barındırmakta ve çeşitli biyolojik aktiviteler sergilemektedir (Wojdyło ve Nowicka, 2021; Grigoryan vd., 2025). Özellikle fenolik bileşikler yoğun şekilde bulundurması, biyolojik aktivite yönünden önemli özellikler kazandırmaktadır (Grigoryan vd., 2025).

Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve yapısal çeşitlilik gösteren, bitki kökenli sekonder metabolitler grubunu oluşturan önemli bir bileşik sınıfıdır (Canbey vd., 2026). Bu bileşikler; antimikrobiyal, antioksidan, antienflamatuvar vb. önemli biyolojik aktivitelere sahiptir (Canbey, 2025a; 2025b). Yapılan bir çalışmada; kayısı yapraklarındaki toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite arasında pozitif ve anlamlı korelasyonlar belirlenmiştir (Keçe vd., 2024).

Fenolik bileşiklere ilaveten, uçucu yağları ve karotenoitleri de içermesi, biyolojik özellikleri (antimikrobiyal, antioksidan vb.) ve kullanım alanları açısından kayısı yaprağını önemli bir konuma taşımaktadır (Grigoryan vd., 2025).

Bitkilerde (meyveler, çiçekler vb.) ve bazı deniz canlılarında (balıklar, kabuklu deniz canlılarının kabukları) renkten sorumlu doğal pigmentler olan karotenoitler; bitkilerde kloroplastta bulunur ve fotosentezde önemli rol oynamaktadır (Gholipour-Varnami vd., 2025). Provitamin A aktiviteleri ile tanımlanan karotenoitler, karotenler ve ksantofiller olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Bas, 2024). Antioksidan, antienflamatuvar, antidiyabetik vb. aktiviteler sergileyerek farklı alanlarda (kozmetik, hayvan yemi katkısı, gıda, ilaç vb.) kullanım olanağı bulmaktadır (Gholipour-Varnami vd., 2025). Ayrıca insan sağlığının korunmasında önemli rol oynamakta; göz, kalp-damar (kardiyovasküler) ve deri sağlığı ile bağışıklık, bilişsel aktiviteler ve kemik fonksiyonları üzerinde etkili olmaktadır (Bas, 2024).

Bir diğer önemli bileşen olan uçucu yağlar; aromatik bitkilerin hoş kokularından sorumlu, sudan daha düşük yoğunluklu, trigliserit yapısında olmayan sekonder metabolitlerdir (Canbey ve Gürbüz, 2026). Uçucu, doğal ve kimyasal açıdan kompleks yapılar olan uçucu yağlar, aromatik bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak biyosentezlenmekte ve çeşitli biyoaktif bileşiklerin karışımı şeklinde bulunmaktadır (Canbey, 2026b). Şekil 5'te, kayısı yaprağının uçucu yağında bulunan bazı bileşenler ve bunların önemli biyolojik özellikleri sunulmuştur.

özellikleri sayesinde uçucu yağlar; tıp, tarım ve diğer endüstri alanlarında değerlendirilmektedir (Żukowska ve Durczyńska, 2024). Örneğin; kozmetik ve cilt bakım ürünlerinde kullanım açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır (Javed vd., 2024). Sağladıkları hoş koku özelliklerinin yanı sıra uçucu yağlar; koruyucu, aktif bileşen ve cilt sağlığını destekleyici katkı maddesi olarak çok çeşitli kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır (Sharma vd., 2023). Benzer şekilde uçucu yağların bileşimindeki bileşenler de kullanım alanları bulmakta olup bu kapsamda, önemli bir uçucu yağ bileşeni olan limonen; parfümler, içecekler, sabunlar, deterjanlar ve temizlik ürünleri dahil olmak üzere birçok üründe aroma ve koku kalitesini artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Sainudeen vd., 2025). Bundan başka, uçucu yağlarda yaygın şekilde bulunan ve aromatik monotermen alkol olan linalool; parfümlerde, kozmetik ve ev temizlik ürünlerinde ve gıda katkı maddelerinde geniş çapta kullanılmaktadır (An vd., 2021). Bunlara ilaveten, önemli bir uçucu yağ bileşeni olan fitolün hem koku verici özelliklerinden yararlanılmakta hem de farmasötik ve biyoteknoloji endüstrilerinde potansiyel bir fitokimyasal olarak geniş çapta uygulanabilirliğinden faydalanılmaktadır (Islam vd., 2018).

Yukarıda sunulan bilgiler göz önünde bulundurularak kayısı yapraklarında genel olarak bulunan çeşitli biyoaktif bileşenlerin önemli biyolojik özellikleri, Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Kayısı yapraklarında bulunan bazı biyoaktif bileşenler ve bunların önemli biyolojik özellikleri

Bileşenler	Etkiler	Kaynaklar
Tanenler	Antioksidan	Kumari ve Jain, 2012; de Melo vd., 2023; Pradhan ve Kulkarni, 2023; Cosme vd., 2025
	Antimikrobiyal	Kurhekar, 2016; Pradhan ve Kulkarni, 2023; Huang vd., 2024; Cosme vd., 2025
	Antienflamatuvar	Jeffers, 2006; Kumari ve Jain, 2012; de Melo vd., 2023; Cosme vd., 2025
	Kardiyoprotektif	Patel ve Goyal, 2011; Kumari ve Jain, 2012; Pradhan ve Kulkarni, 2023; Cosme vd., 2025
Kuersetin	Antioksidan	Zhang vd., 2011; Xu vd., 2019; Song vd., 2020; Sincar vd., 2022
	Antienflamatuvar	Rogério vd., 2010; Kleemann vd., 2011; Shi vd., 2019; Aggarwal vd., 2025
	Antidiyabetik	Abdelmoaty vd., 2010; Bule vd., 2019; Shi vd., 2019; Azeem vd., 2024
	Antibakteriyal	Shu vd., 2011; Jaisinghani vd., 2017; Wang vd., 2018a; Almuhanha vd., 2024
Rutin	Antioksidan	Girsang vd., 2020; Choi vd., 2021; Almuhanha vd., 2024; Madkour vd., 2024; Vesnina vd., 2026
	Antienflamatuvar	Hamad, 2023; Almuhanha vd., 2024; Madkour vd., 2024; Vesnina vd., 2026
	Antimikrobiyal	Al-Dhabi vd., 2015; Al-Majmaie vd., 2019; Azeem vd., 2024; Mane vd., 2024
	Antibakteriyal	Lupascu vd., 2020; Almuhanha vd., 2024; Mane vd., 2024
	Kardiyoprotektif	Wang vd., 2018b; Azeem vd., 2024; Madkour vd., 2024; Vesnina vd., 2026
	Nöroprotektif	Ola vd., 2015; Budzynska vd., 2019; Azeem vd., 2024; Madkour vd., 2024; Vesnina vd., 2026
Kateşin	Antioksidan	Fan vd., 2017; Grzesik vd., 2018; Bae vd., 2020; Yao vd., 2025
	Antimikrobiyal	Chunmei vd., 2010; Bai vd., 2016; Bae vd., 2020; Ganeshpurkar ve Saluja, 2020
	Antienflamatuvar	Fan vd., 2017; Bae vd., 2020; Baranwal vd., 2022; Suprahman vd., 2024
Klorojenik asit	Antioksidan	Lan, 2007; Wang vd., 2022; Nguyen vd., 2024; Zalewska vd., 2025
	Antibakteriyal	Chen vd., 2022; Trivedi ve Puranik, 2022; Wang vd., 2022; Zalewska vd., 2025
	Antienflamatuvar	Wang vd., 2022; Cao vd., 2023; Nguyen vd., 2024; Zalewska vd., 2025

Tablo 1’de görüleceği üzere kayısı yapraklarında birçok önemli biyoaktif bileşen bulunmakta ve bunlar, kayısı yaprağının biyoaktivitesi üzerinde rol oynamaktadır. Bu bağlamda; kayısı yaprağında bulunan bileşenlerin biyolojik özellikleri, kayısı yapraklarının kullanım potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Kayısı yapraklarının, zengin fitokimyasal bileşimi ve potansiyel biyoaktif özellikleri, kayısı yapraklarının yalnızca sağlık odaklı araştırmalardaki önemini değil; aynı zamanda, gıda endüstrisindeki pratik uygulamalardaki potansiyelini de ortaya koymaktadır. Kayısı yaprakları; bitkisel infüzyonlar ve çaylar, zenginleştirilmiş içecekler (fortified drinks) gibi fonksiyonel içeceklerin formülasyonunda kullanılabilirler gibi antioksidan karakterli bileşikler sayesinde nutrasötikler, diyet takviyeleri ve gıda muhafaza sistemlerinde de kullanım potansiyeli sunmaktadır. Ayrıca, kayısı yapraklarının farklı alanlarda değerlendirilmesi, sürdürülebilir üretimin gerçekleştirilmesinde önemli avantajlar sunmaktadır (Grigoryan vd., 2025).

Kayısı yapraklarının yenilikçi uygulamalarına yönelik yapılmış olan bir araştırmada; yaprakların antifungal özellikleri araştırılmıştır. Bu bağlamda, kayısı yapraklarından elde edilen etanolik ve metanolik ekstraktların, vişne suyundaki *Aspergillus niger* üzerindeki inhibitör etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yapraklardan elde edilen etanolik ve metanolik ekstraktların vişne suyunda *A. niger* gelişimini önemli ölçüde inhibe ettiği gözlemlenmiştir. Havada kurutulmuş örneklerde, etanolik ekstraktların; mikrodalgada kurutulmuş örneklerde ise, metanolik ekstraktların daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, en yüksek antimikrobiyal etkinin, mikrodalgada kurutulmuş yapraklardan hazırlanan metanolik ekstrakta ait olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen bulgulara göre araştırmacılar; kayısı yapraklarının, 25°C’de kiraz suyundaki *A. niger* miktarını azaltmak için kullanılabileceğini göstermişlerdir (Yerlikaya ve Topuz, 2023).

Başka bir çalışmada, kayısı yapraklarının hidrokisisinamik asitler ve flavonoller bakımından zengin önemli bir polifenol kaynağı olduğu; yüksek antioksidan kapasite ile birlikte antidiyabetik, obezite karşıtı, antikolinesteraz ve antienflamatuvar gibi biyolojik aktiviteler sergilediği ve gıda, kozmetik ve farmasötik sektörleri için potansiyel doğal hammadde niteliği taşıdığı ortaya konmuştur (Wojdyło ve Nowicka, 2021).

Bir diğer araştırmada; kayısı yapraklarının antimikrobiyal etkili olduğu ve bu kapsamda elde edilen bulgulara göre kayısı yaprak ekstraktlarında bulunan toplam fenolik bileşikler, tanenler ve flavonoidlerin test edilen mikroorganizmalar üzerinde değişken düzeylerde inhibitör etki gösterdiği ve bu etkinin, mikroorganizma türüne bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur. Bununla birlikte, pestisit uygulamasının kayısı yapraklarındaki

toplam fenolik bileşikler, tanenler ve flavonoid içeriği üzerinde belirli bir etkiye sahip olduğu ve bunun da aynı mikroorganizmalara karşı test edilen ekstraktların antimikrobiyal aktivitelerindeki farklılıkları açıkladığı belirlenmiştir (Grigoryan vd., 2024).

Başka bir çalışmada; *P. armeniaca* ve *P. domestica* yapraklarının uçucu yağların bileşimindeki etken maddeler (fitol vb.) sayesinde önemli biyolojik özellikler (antioksidan, nöroprotektif vb.) sergilediği ve elde edilen bulgular neticesinde incelenen uçucu yağların potansiyel sağlık yararlarının olduğu ve nörodejeneratif hastalıkların tedavisine yönelik yeni ürün formülasyonlarında kullanım potansiyeline işaret ettiği, araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Bonesi vd., 2019).

Bir diğer çalışmada, sıçanlarda oluşturulan karaciğer toksisitesi üzerinde *P. armeniaca* L. yaprağının hepatoprotektif etkisi araştırılmış ve elde edilen bulgular, yaprakların karaciğer toksisitesine karşı koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak araştırmacılar; kayısı yapraklarının karaciğer hastalıklarının tedavisinde kullanımını desteklediğini ve söz konusu türün, umut vadeden bir hepatoprotektif ajan olarak daha ayrıntılı şekilde araştırılmasının gerekli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, bu etkilerde rol oynayan kesin mekanizmaların ve aktif bileşiklerin gelecekte yapılacak çalışmalarla açıklığa kavuşturulması gerektiği ifade edilmiştir (Raj vd., 2016).

Bunlara ilaveten başka bir çalışmada; hava kirliliğine maruz kalan *P. armeniaca* L. yapraklarında biyokimyasal ve fizyolojik yanıtlar incelenmiş ve sonuçlara göre kirli alanlarda lipit peroksidasyonunun arttığı; net fotosentez, stomatal iletkenlik, transpirasyon, klorofil ve karotenoid içerikleri ile prolin ve çözünen şeker düzeylerinin ise, azaldığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bu bulgular neticesinde araştırmacılar; kayısı yapraklarındaki söz konusu değişimlerin, hava kirliliği stresinin erken teşhisinde kullanılacak önemli biyobelirteçler olduğunu ortaya koymuşlardır (Zouari vd., 2018).

Sonuç olarak zengin fitokimyasal bileşimi sayesinde kayısı yapraklarının farklı formlarda (bitki çayları, ağız bakım ürünleri, cilt bakım uygulamaları, doğal aroma verici ajanlar olarak vb.) potansiyel kullanım alanlarına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte önemli biyolojik özellikleri (antioksidan, antimikrobiyal vb.) sayesinde fonksiyonel gıda bileşeni ve doğal sağlık destekleyici ürünler olarak değerlendirilebilmesi muhtemel önemli bir biyokaynaktır (Grigoryan vd., 2025).

4. Sonuç ve Öneriler

Kayısı (*P. armeniaca* L.), Rosaceae familyasına ait, sert çekirdekli meyveler oluşturan ve yapraklarını dökken odunsu bir meyve ağacıdır. Dünya'da birçok

bölgede yetiştirilmekte olan kayısı, erik ve şeftaliden sonra en önemli üçüncü çekirdekli meyve konumundadır. Çok önemli bir üretici olan Türkiye’de kayısı, başlıca Malatya ilinde yetiştirilmekte olup Karadeniz Bölgesi’nin aşırı nemli bölgeleri ile Doğu Anadolu Bölgesi’nin çok yüksek rakımlı ve soğuk lokasyonları dışında kalan tüm alanlarda yetiştirilebilmektedir.

Ekonomik ve besleyici değeri yüksek olan kayısı meyveleri, farklı formlarda (taze, kurutulmuş, reçel, meyve suyu vb.) tüketilmektedir. Kayısı meyvelerinin işlenmesinden sonra çekirdek gibi önemli yan ürünler oluşmaktadır. Benzer şekilde, kayısı ağaçlarının budanması ve ağaçların yapraklarını dökmesi sonrasında yapraklar, önemli bir biyokütle olarak arta kalmaktadır.

Kayısı yaprakları, zengin bir fitokimyasal bileşime sahip olup özellikle fenolik bileşikler (fenolik asitler, flavonoidler vb.), uçucu yağ ve bileşenler ve mineraller (makro- ve mikromineraler) bakımından önemli bir biyokaynaktır. Fitokimyasal profili, kayısı yapraklarına önemli biyolojik özellikler (antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar vb.) kazandırmaktadır. Hem fitokimyasal bileşimi hem de biyolojik özellikleri dikkate alındığında; kayısı yaprakları, kayısı yan ürünü olarak yararlanılabilecek yenilikçi uygulama potansiyeli yüksek değerli bir biyokaynaktır. Kayısı yaprakları; fonksiyonel gıda, doğal antioksidan ve bitkisel ekstrakt, doğal gıda koruyucu maddesi, hayvan yemi katkısı, kozmetik ve farmasötik ürünler ile biyoteknolojik uygulamalar açısından değerlendirilmesi gereken bir yan ürün olup bu biyomateryalin farklı alanlarda kullanılabilirliğine ait uygulamalar, çeşitli bilimsel araştırmalarda gösterilmektedir.

Gelecekteki çalışmalar; kayısı yapraklarının farklı inovatif çalışmalarda kullanılabilirliğinin artırılması üzerinde yoğunlaşmalıdır. Bu kapsamda; kayısı yaprakları, farklı formlarda hazırlanarak tüketilebilecek hale dönüştürülebilir veya bileşimindeki biyoaktif bileşikler ve besin unsurları, uygun tekniklerle izole edilerek yaprakların doğal bir biyokaynak olarak değerlendirilmesi sağlanabilir. Biyoaktif bileşiklerin izole edilmesi hususunda, özellikle uygun ekstraksiyon metodları seçilmeli ve bu bileşenlerin, en az tahribatla elde edilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, bunların farklı alanlarda kullanılabilirliği açısından yan etkileri araştırılmalı; ilgili klinik ve laboratuvar çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır. Bu tür uygulamaların hayata geçirilebilmesi için farklı disiplinlerden bilim insanlarının ortak bir çatı altında iş birliği içerisinde çalışmasının gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Kayısı yapraklarının, farklı alanlarda daha yaygın şekilde uygulanabilirliğinin artırılması ile aynı zamanda tarımda sürdürülebilirlik ve ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır.

Sonuç olarak kayısı yaprakları, sürdürülebilir tarımın önemli bir parçası olarak değerlendirilmeli ve özellikle biyoaktif bileşenleri ve yaprakların

kullanılabilirliği ile ilgili daha fazla bilimsel araştırma yapılmalıdır. Gelecekteki bilimsel çalışmalar, kayısı yapraklarının biyolojik özelliklerini ve sağlık üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak ve yapraklardan elde edilebilecek potansiyel biyoyararlanımı maksimize etmek amacıyla geniş bir yelpazede ele alınmalıdır. Bu bağlamda, ilgili alanda daha geniş kapsamlı ve derinlemesine bilimsel araştırmaların gerçekteştirilmesine gereksinim duyulmaktadır.

ÖNEMLİ NOT

Bu çalışmada sunulmuş olan bilgiler, sadece bilgilendirme amaçlı olup tavsiye niteliği taşımamaktadır. Hastalık tedavisinin mutlaka uzman doktor kontrolünde yapılması gerektiği unutulmamalıdır!

Kaynaklar

- Abdelmoaty, M. A., Ibrahim, M. A., Ahmed, N. S., & Abdelaziz, M. A. (2010). Confirmatory Studies on the Antioxidant and Antidiabetic Effect of Quercetin in Rats. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 25, 188–192.
- Acarsoy Bilgin, N., Kart, M. C. O., Mısırlı, A., & Toraman, E. (2023). Agricultural Insurance Preferences of Apricot Farmers: The Case of Malatya. *Ciência Rural, Santa Maria*, 53(5), 1-9.
- Aggarwal, D., Chaudhary, M., Mandotra, S. K., Tuli, H. S., Chauhan, R., Joshi, N. C., Kaur, D., Dufossé, L., & Chauhan, A. (2025). Anti-Inflammatory Potential of Quercetin: From Chemistry and Mechanistic Insight to Nanoformulations. *Current Research in Pharmacology and Drug Discovery*, 8, 1-12.
- Ailli, A., Handaq, N., Touijer, H., Gourich, A. A., Drioiche, A., Zibouh, K., Eddamsyry, B., El Makhoukhi, F., Mouradi, A., Bin Jordan, Y. A., Bourhia, M., Elomri, A., & Zair, T. (2023). Phytochemistry and Biological Activities of Essential Oils from Six Aromatic Medicinal Plants with Cosmetic Properties. *Antibiotics*, 12, 1-30.
- Alajil, O., Sagar, V. R., Kaur, C., Rudra, S. G., Sharma, R. R., Kaushik, R., Verma, M. K., Tomar, M., Kumar, M., & Mekhemar, M. (2021). Nutritional and Phytochemical Traits of Apricots (*Prunus armeniaca* L.) for Application in Nutraceutical and Health Industry. *Foods*, 10, 1-16.
- Al-Dhabi, N. A., Arasu, M. V., Park, C. H., & Park, S. U. (2015). An Up-To-Date Review of Rutin and Its Biological and Pharmacological Activities. *EXCLI Journal*, 14, 59-63.
- Al-Majmaie, S., Nahar, L., Sharples, G. P., Wadi, K., & Sarker, S. D. (2019). Isolation and Antimicrobial Activity of Rutin and Its Derivatives from *Ruta chalepensis* (Rutaceae) Growing in Iraq. *Records of Natural Products*, 13(1), 64-70.
- Almuhanna, Y., Alshalani, A., AlSudais, H., Alanazi, F., Alissa, M., Asad, M., & Joseph, B. (2024). Antibacterial, Antibiofilm, and Wound Healing Activities of Rutin and Quercetin and Their Interaction with Gentamicin on Excision Wounds in Diabetic Mice. *Biology*, 13, 1-13.
- Al-Saif, A. M., Sas-Paszt, L., Awad, R. M., & Mosa, W. F. A. (2023). Apricot (*Prunus armeniaca*) Performance under Foliar Application of Humic Acid, Brassinosteroids, and Seaweed Extract. *Horticulturae*, 9, 1-15.
- Al-Soufi, M. H., Alshwyeh, H. A., Alqahtani, H., Al-Zuwaid, S. K., Al-Ahmed, F. O., Al-Abdulaziz, F. T., Raed, D., Hellal, K., Mohd Nani, N. H., Zubaidi, S. N., et al. (2022). A Review with Updated Perspectives on Nutritional and Therapeutic Benefits of Apricot and the Industrial Application of Its Underutilized Parts. *Molecules*, 27, 1-20.

- An, Q., Ren, J.-N., Li, X., Fan, G., Qu, S.-S., Song, Y., Li, Y., & Pan, S.-Y. (2021). Recent Updates on Bioactive Properties of Linalool. *Food & Function*, 12, 10370-10389.
- Asma, B. M., Kan, T., & Birhanlı, O. (2007). Characterization of Promising Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Genetic Resources in Malatya, Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 205–212.
- Arı, B., Şengür, A., Arı, A., & Hanbay, D. (2016). Apricot Plant Classification Based On Leaf Recognition by Using Convolutional Neural Networks. *International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE'16)*, pp. 781-787.
- Ayaz, T. ve Bolu, H. (2012). Malatya İli Kayısı Bahçelerinde Yeni Bir Zararlı *Eurytoma schreineri* Schreiner (Hymenoptera: Eurytomidae). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 2(4), 271-275.
- Azeem, M., Niazi, S., Fayyaz, F., Zahoor, A., Zehra, T., Fatima, M., & Abid, H. M. U. (2024). An Overview of Anticancer, Antiinflammatory, Antioxidant, Antimicrobial, Cardioprotective, and Neuroprotective Effects of Rutin. *Currents in Pharmaceutical Research*, 2(2), 119–155.
- Bae, J., Kim, N., Shin, Y., Kim, S.-Y., & Kim, Y.-J. (2020). Activity of Catechins and Their Applications. *Biomedical Dermatology*, 4, 1-10.
- Bai, L., Takagi, S., Ando, T., Yneyama, H., Ito, K., Mizugai, H., & Isogai, E. (2016). Antimicrobial Activity of Tea Catechin against Canine Oral Bacteria and the Functional Mechanisms. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 78(9), 1439–1445.
- Baranwal, A., Aggarwal, P., Rai, A., & Kumar, N. (2022). Pharmacological Actions and Underlying Mechanisms of Catechin: A Review. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 22(5), 821 – 833.
- Bas, T. G. (2024). Bioactivity and Bioavailability of Carotenoids Applied in Human Health: Technological Advances and Innovation. *International Journal of Molecular Science*, 25, 1-32.
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari Lajayer, B., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of Essential Oils and Plant Extracts in Different Industries. *Molecules*, 27, 1-17.
- Bonesi, M., Tenuta, M. C., Loizzo, M. R., Sicari, V., & Tundis, R. (2019). Potential Application of *Prunus armeniaca* L. and *P. domestica* L. Leaf Essential Oils as Antioxidant and of Cholinesterases Inhibitors. *Antioxidants*, 8, 1-8.
- Budzynska, B., Faggio, C., Kruk-Slomka, M., Samec, D., Nabavi, S. E., Sureda, A., Devi, K. P., & Nabavi, S. M. (2019). Rutin as Neuroprotective Agent: From Bench to Bedside. *Current Medicinal Chemistry*, 26(27), 5152-5164.

- Bule, M., Abdurahman, A., Nikfar, S., Abdollahi, M., & Amini, M. (2019). Antidiabetic Effect of Quercetin: A Systematic Review and Meta-Analysis of Animal Studies. *Food and Chemical Toxicology*, 125, 494-502.
- Canbey, İ. (2024). Dereotu ve Kişniş Bitkilerinin Uçucu Yağları, Etkileri, Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Turkish Science and Technology Publishing*, pp. 1-25. ISBN: 978-625-97746-0-2.
- Canbey, I. (2025a). Utilization and Valorization of Olive-Derived By-Products Potential Applications and Sustainable Approaches. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 1-89. ISBN: 978-625-5923-94-3.
- Canbey, İ. (2025b). Enginarın Fitokimyasal Özellikleri, Terapötik Potansiyeli ve Endüstriyel Kullanım Alanları. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 1-67. ISBN: 978-625-5923-97-4.
- Canbey, İ. (2025c). Lamiaceae Familyasına Ait Üç Önemli Tür Olan Fesleğen, Melisa ve Biberiye Bitkilerinin Uçucu Yağ Bileşenleri, Biyolojik Etkileri ve Kullanım Alanları. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 1-106. ISBN: 978-625-5923-72-1.
- Canbey, İ. (2025d). *Mentha spicata* L. ve *Mentha piperita* L. Türlerinin Uçucu Yağ Kompozisyonları, Biyolojik Aktiviteleri ve Uygulama Alanları. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 1-90. ISBN: 978-625-5923-66-0.
- Canbey, İ. (2025e). Bölüm 8 – Propolisin Kimyasal Kompozisyonu, Özellikleri ve Gıda Endüstrisi Açısından Önemi. *Gıda Bilimi ve Teknolojisinde Güncel Yaklaşımlar ve Araştırmalar I. Iksad International Publishing House*, Ankara, pp. 141-175.
- Canbey, I., Ozcan, T., & Gurbuz, O. (2025). The Impact of Essential Oils from Aromatic Plants on Microbial Dynamics and Nutrition in Lacto-Fermented Systems. *Food Science & Nutrition*, 13, 1-24.
- Canbey, İ. (2026a). Bölüm 3 – Önemli Bir Biyokaynak Olan Kayısı Çekirdeğinin Kimyasal Bileşimi ve Yenilikçi Uygulama Alanları. *Çeşitli Bitki Türlerinin Besinsel Özellikleri, Mineral-Element Profilleri ve Potansiyel Kullanım Alanları*. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 68-104. ISBN: 978-625-5753-66-3.
- Canbey, I. (2026b). Chapter 3 – True Cinnamon (*Cinnamomum verum*): Phytochemical Characteristics and Innovative Functional Food Applications. *Resilient Agroecosystems: Strategic Crops and Functional Bioactives in a Changing Climate*. *UBAK International Academy of Science Association Publishing House*, Ankara, pp. 47-76. ISBN: 978-625-5753-67-0.
- Canbey, İ. (2026c). Bölüm 2 – Defne (*Laurus nobilis* L.): Fitokimyasal Bileşimi ve Gıda ile Tarım Alanlarındaki Yenilikçi ve Fonksiyonel Uygulamaları. *Tarım ve Gıda Biliminde Modern Yaklaşımlar: Teknolojiden Fito-*

- kimyaya. *Iksad International Publishing House*, Ankara, pp. 15-53. ISBN: 978-625-378-631-1.
- Canbey, İ. ve Gürbüz, O. (2026). Ülkemizde Yetişen Önemli Kekik Türlerinin Etkileri, Özellikleri, Kullanım Alanları ile Kekik ve Ürünlerinin Muhafaza Yöntemleri. *Turkish Science and Technology Publishing*, pp. 1-39. ISBN: 978-625-97746-6-4.
- Canbey, I., Ozcan, T., & Keser, G. (2026). Nutraceutical Biochromes in Grain Crop Matrices. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-26.
- Cao, L., Han, W., Lee, S. G., & Shin, J. H. (2023). Anti-Inflammatory Activity of Chlorogenic Acid on Macrophages: A Simplified Simulation of Pharmacokinetics Following Ingestion Using a Windup Syringe Pump. *Applied Sciences*, 13, 1-13.
- Carvalho, A. M. S., Heimfarth, L., Pereira, E. W. M., Oliveira, F. S., Menezes, I. R. A., Coutinho, H. D. M., Picot, L., Antonioli, A. R., Quintans, J. S. S., & Quintans-Júnior, L. J. (2020). Phytol, a Chlorophyll Component, Produces Antihyperalgesic, Anti-inflammatory, and Antiarthritic Effects: Possible NF- κ B Pathway Involvement and Reduced Levels of the Proinflammatory Cytokines TNF- α and IL-6. *Journal of Natural Products*, 83(4), 1107-1117.
- Chen, K., Peng, C., Chi, F., Yu, C., Yang, Q., & Li, Z. (2022) Antibacterial and Antibiofilm Activities of Chlorogenic Acid Against *Yersinia enterocolitica*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1-14.
- Choi, S.-S., Park, H.-R., & Lee, K.-A. (2021). A Comparative Study of Rutin and Rutin Glycoside: Antioxidant Activity, Anti-Inflammatory Effect, Effect on Platelet Aggregation and Blood Coagulation. *Antioxidants*, 10, 1-17.
- Chunmei, D., Jiabo, W., Weijun, K., Cheng, P., & Xiaohe, X. (2010). Investigation of Anti-Microbial Activity of Catechin on *Escherichia coli* Growth by Microcalorimetry. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 30(3), 284-288.
- Chutia, P., Thakuri, R., Chetia, P., Bora, A., Mustaque, A. S., & Patowary, L. (2025). Linalool Alleviates Oxidative Stress and Inflammatory Markers in Rats with CFA-Induced Rheumatoid Arthritis. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 68, 1-14.
- Cosme, E., Aires, A., Pinto, T., Oliveira, I., Vilela, A., & Goncalves, B. (2025). A Comprehensive Review of Bioactive Tannins in Foods and Beverages: Functional Properties, Health Benefits, and Sensory Qualities. *Molecules*, 30, 1-28.
- de Melo, L. F. M., Aquino-Martins, V. G. d. Q., da Silva, A. P., Rocha, H. A. O., & Scortecchi, K. C. (2023). Biological and Pharmacological Aspects of Tannins and Potential Biotechnological Applications. *Food Chemistry*, 414, 1-12.

- Demirtas, M. N., Bolat, I., Ercisli, S., İkinci, A., Olmez, H. A., Sahin, M., Altindag, M., & Celik, B. (2010). The Effects of Different Prunning Treatments on the Growth, Fruit Quality and Yield of “Hacihaliloglu” Apricot. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 9(4), 183-192.
- Duarte, A., Luís, Â., Oleastro, M., & Domingues, F. C. (2016). Antioxidant Properties of Coriander Essential Oil and Linalool and Their Potential to Control *Campylobacter* spp. *Food Control*, 61, 115-122.
- Ercisli, S. (2009). Apricot Culture in Turkey. *Scientific Research and Essay*, 4(8), 715-719.
- Fan, F.-Y., Sang, L.-X., & Jiang, M. (2017). Catechins and Their Therapeutic Benefits to Inflammatory Bowel Disease. *Molecules*, 22, 1-29.
- Ganeshpurkar, A. & Saluja, A. (2020). The Pharmacological Potential of Catechin. *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*, 57, 505-511.
- Ghaneian, M. T., Ehrampoush, M. H., Jebali, A., Hekmatimoghaddam, S., & Mahmoudi, M. (2015). Antimicrobial Activity, Toxicity and Stability of Phytol as a Novel Surface Disinfectant. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 2(1), 13–16.
- Gholipour-Varnami, K., Mohamadnia, S., Tavakoli, O., & Faramarzi, M. A. (2025). A Review on the Biological Activities of Key Carotenoids: Structures, Sources, Market, Economical Features, and Stability. *Food Bioscience*, 68, 106529.
- Girsang, E., Lister, I. N. E., Ginting, C. N., Sholihah, I. A., Raif, M. A., Kunardi, S., Million, H., & Widowati, W. (2020). Antioxidant and Antiaging Activity of Rutin and Caffeic Acid. *Pharmaciana*, 10(2), 147 – 156.
- Grigoryan, A. M., Mirzoyan, V. S., Hanisyan, R. M., Sahakyan, N. Z., & Karapetyan, T. D. (2024). Phenolic Compounds and Antimicrobial Activity of Extracts of Apricot Leaves Derived from the Trees Treated with Pesticides. *Functional Foods in Health and Disease*, 14(12), 968-983.
- Grigoryan, A. M., Hanisyan, R. M., & Mirzoyan, V. S. (2025). Apricot Leaf: A New Source of Bioactive Compounds – An Overview. *Functional Foods in Health and Disease*, 15(10), 737 – 753.
- Grzesik, M., Naparło, K., Bartosz, G., & Sadowska-Bartosz, I. (2018). Antioxidant Properties of Catechins: Comparison with Other Antioxidants. *Food Chemistry*, 241, 480-492.
- Guo, F., Chen, Q., Liang, Q., Zhang, M., Chen, W., Chen, H., Yun, Y., Zhong, Q., & Chen, W. (2021) Antimicrobial Activity and Proposed Action Mechanism of Linalool Against *Pseudomonas fluorescens*. *Frontiers in Microbiology*, 12, 1-11.
- Gupta, A., Jeyakumar, E., & Lawrence, R. (2021). Journey of Limonene as an Antimicrobial Agent. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15(3), 1094-1110.

- Hamad, R. S. (2023). Rutin, a Flavonoid Compound Derived from Garlic, as a Potential Immunomodulatory and Anti-Inflammatory Agent against Murine Schistosomiasis mansoni. *Nutrients*, 15, 1-15.
- Han, Y., Chen, W., & Sun, Z. (2021). Antimicrobial Activity and Mechanism of Limonene against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Food Safety*, 41(5), e12918.
- Huang, J., Zaynab, M., Sharif, Y., Khan, J., Yahyai, R. A., Sadler, M., Ali, M., Alarab, S. R., & Li, S. (2024). Tannins as Antimicrobial Agents: Understanding Toxic Effects on Pathogens. *Toxicol*, 247, 107812.
- Ibrahim, K. H., Abd El latif, G. S., & Khalil, A. A. (2005). Effect of Soil Application of Different Mineral and Biofertilizer Treatments on Growth, Fruiting Parameters, Fruit Properties and Lead Nutrient Content of “Canino” Apricot Trees. *Journal of Agricultural Sciences Mansoura University*, 30(3), 1583 – 1594.
- Islam, M. T., Ali, E. S., Uddin, S. J., Shaw, S., Islam, A., Ahmed, I., Shill, M. C., Karmakar, U. K., Yarla, N. S., Khan, I. N., Billah, M., Pieczynska, M. D., Zengin, G., Malainer, C., Nicoletti, F., Gulei, D., Berindan-Neogoe, I., Apostolov, A., Banach, M. et al. (2018). Phytol: A Review of Biomedical Activities. *Food and Chemical Toxicology*, 121, 82-94.
- Islam, M. T., Ayatollahi, S. A., Zihad, S. M. N. K., Sifat, N., Khan, Md. R., Paul, A., Salehi, B., Islam, T., Mubarak, M. S., Martins, N., & Sharifi-Rad, J. (2020). Phytol Anti-Inflammatory Activity: Pre-Clinical Assessment and Possible Mechanism of Action Elucidation. *Cellular and Molecular Biology*, 66(4), 264-269.
- Jabir, M. S., Taha, A. A. Sahib, & S. I. (2018). Antioxidant Activity of Linalool. *Engineering and Technology Journal*, 36(1), 64-67.
- Jaisinghani, R. N. (2017). Antibacterial Properties of Quercetin. *Microbiology Research*, 8, 13-14.
- Jalobă, D., Grădilă, M., Ciontu, V.-M., & Cristea, R. M. (2022). Protection of the Apricot Crop against Diseases in the Ostrov Fruit Growing Area. *Romanian Journal for Plant Protection*, XV, 78-87.
- Javed, S., Mangla, B., Salawi, A., Sultan, M. H., Almoshari, Y., & Ahsan, W. (2024). Essential Oils as Dermocosmetic Agents, Their Mechanism of Action and Nanolipidic Formulations for Maximized Skincare. *Cosmetics*, 11, 1-27.
- Jeffers, M. D. (2006). *Tannins as Anti-inflammatory Agents* [Master’s thesis, Miami University]. OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center. pp. 1-79. http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=miami1154451707.
- Jeong, S.-H. (2017). Anti-oxidant Activities of Phytol on Keratinocytes. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 15(4), 457-465.

- Jéssica, P. C., Islam, T., Pauline, S. S., Paula, B. F., George, L. S. O., Marcus, V. O. B. A., Marcia, F. C. J. P., et al. (2016). Evaluation of Antioxidant Activity of Phytol Using Non- and Pre-Clinical Models. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 17(14), 1278-1284.
- Kamatou, G. P. P. & Viljoen, A. (2008). Linalool – A Review of a Biologically Active Compound of Commercial Importance. *Natural Product Communications*, 3(7), 1183-1192.
- Karakaş, G. & Öztürk, D. (2017). Kayısı Üretimi ve Pazarlama Sorunları; Malatya İli Örneği. *İç Anadolu Bölgesi 3. Tarım ve Gıda Kongresi*, 209-210.
- Karataş, N. & Şengül, M. (2020). Some Important Physicochemical and Bioactive Characteristics of the Main Apricot Cultivars from Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44, 651-661.
- Karataş, N. (2021). Some Important Fruit Characteristics of Apricot (cv. Aprikoz) Accessions Grown in Kagızman District in Turkey. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 1176-1182.
- Karlıdağ, H., Karaat, F. E., Kutsal, İ. K., Eşitken, A., Kan, T., & Atay, S. (2022). Yüksek Rakımda Yetiştirilen Kayısı Ağaçlarında Bazı Yaprak Uygulamalarının Meyve Dökümlerinin Azaltılması ve Bazı Meyve Özellikleri Üzerine Etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3), 396-401.
- Kathem, S. H., Nasrawi, Y. S., Mutlag, S. H., & Nauli, S. M. (2024). Limonene Exerts Anti-Inflammatory Effect on LPS-Induced Jejunal Injury in Mice by Inhibiting NF- κ B/AP-1 Pathway. *Biomolecules*, 14, 1-14.
- Keçe, Y. M., Yaman, M., Tunç, Y., Yılmaz, K. U., Yıldız, E., & Güneş, A. (2024). Characterization of Apricot Cultivars; Nutrient Content, Biochemical Content and Antioxidant Activity in Leaves. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 72(4), 3989-4003.
- Kleemann, R., Verschuren, L., Morrison, M., Zadelaar, S., van Erk, M. J., Wielinga, P. Y., & Kooistra, T. (2011). Anti-Inflammatory, Anti-Proliferative and Anti-Atherosclerotic Effects of Quercetin in Human *in vitro* and *in vivo* Models. *Atherosclerosis*, 218(1), 44-52.
- Kumar, S., Gupta, A., Tahseen, M. A., & Rastogi, A. (2024). A Review of Phytochemical and Pharmacological Action of *Prunus armeniaca*. *International Journal of Pharmacognosy and Life Science*, 5(1), 107-115.
- Kumari, M. & Jain S. (2012). Tannins: An Antinutrient with Positive Effect to Manage Diabetes. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(12), 70-73.
- Kurhekar, J. V. (2016). Tannins – Antimicrobial Chemical Components. *International Journal of Technology and Science*, IX(3), 5-9.
- Lan, W. U. (2007). Effect of Chlorogenic Acid on Antioxidant Activity of *Flos Lonicerae* Extracts*. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 8(9), 673-679.
- Lee, S.-C., Wang, S.-Y., Li, C.-C., & Liu, C.-T. (2018). Anti-inflammatory Effect of Cinnamaldehyde and Linalool from the Leaf Essential Oil of *Cinnamo-*

- mum osmophloeum* Kanehira in Endotoxin-Induced Mice. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26, 211-220.
- Long, N., Qiu, M., Zuo, Y., & Deng, H. (2025). Antimicrobial Activity and Metabolomic Analysis of Linalool Against Pathogenic Bacteria Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Infection and Drug Resistance*, 18, 731–744.
- Lupascu, D., Profire, L., Apotrosoaei, M., Tuchilus, C., Vasincu, I. M., Iacob, A.-T., Tauser, R. G., & Lupascu, F. (2020). Synthesis and Antimicrobial Activities of Novel Rutin Derivatives Carrying Quinoline Moiety. *Revista de Chimie*, 71(6), 401-407.
- Młczka, W., Duda-Madej, A., Grabarczyk, M., & Wińska, K. (2022). Natural Compounds in the Battle against Microorganisms—Linalool. *Molecules*, 27, 1-19.
- Madkour, D. A., Ahmed, M. M., Elkirdasy, A. F., Orabi, S. H., & Mousa, A. A. (2024). Rutin: Chemical Properties, Pharmacokinetic Properties and Biological Activities. *Matrouh Journal of Veterinary Medicine*, 4(1), 26-34.
- Makrygiannis, I., Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Mantiniotou, M., Bozinou, E., & Lalas, S. I. (2024). Unveiling the Potential of Apricot Residues: From Nutraceuticals to Bioenergy. *Waste*, 2, 1–28.
- Mancianti, F., & Ebani, V. V. (2020). Biological Activity of Essential Oils. *Molecules*, 25, 1-4.
- Mane, M. D., Patole, N. S., Metkari, S. A., & Kodalkar, V. N. (2024). An Overview of Antimicrobeal Properties of Rutin. *International Journal of Novel Research and Development*, 9(4), e725-e732.
- Moale, C. (2015). Applying Summer Pruning to the Apricot Tree Cultivars from the R.S.F.G. Constanța. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, LIX, 71-74.
- Neri, D. & Massetani, F. (2011). Spring and Summer Pruning in Apricot and Peach Orchards. *Advances in Horticultural Science*, 25(3), 170-178.
- Nguyen, V., Taine, E. G., Meng, D., Cui, T., & Tan, W. (2024). Chlorogenic Acid: A Systematic Review on the Biological Functions, Mechanistic Actions, and Therapeutic Potentials. *Nutrients*, 16, 1-36.
- Ola, M. S., Ahmed, M. M., Ahmad, R., Abuohashish, H. M., Al-Rejaie, S. S., & Alhomida, A. S. (2015). Neuroprotective Effects of Rutin in Streptozotocin-Induced Diabetic Rat Retina. *Journal of Molecular Neuroscience*, 56, 440-448.
- Paksoy, M. & Aslan, A. (2020). Economic Analysis of Organic Apricot Farms in Malatya Region of Turkey. *Acta Horticulturae*, pp. 253-258.
- Park, S.-N., Lim, Y. K., Freire, M. O., Cho, E., Jin, D., & Kook, J. -K. (2012). Antimicrobial Effect of Linalool and α -Terpineol against Periodontopathic and Cariogenic Bacteria. *Anaerobe*, 18, 369-372.

- Patel, S. S. & Goyal, R. K. (2011). Cardioprotective Effects of Gallic Acid in Diabetes Induced Myocardial Dysfunction in Rats. *Pharmacognosy Research*, 3(4), 239-245.
- Pejin, B., Savic, A., Sokovic, M., Glamoclija, J., Ciric, A., Nikolic, M., Radotic, K., & Mojovic, M. (2014). Further *in vitro* Evaluation of Antiradical and Antimicrobial Activities of Phytol. *Natural Product Research*, 28(6), 372-376.
- Petrisor, C., Dumitru, M., Zaharia, R., & Oltenacu, V. (2021). Biochemical Compounds from Apricot Leaves Involved in Resistance to *Monilinia* spp. *Romanian Journal for Plant Protection*, XIV, 94-99.
- Piccialli, I., Tedeschi, V., Caputo, L., Amato, G., De Martino, L., De Feo, V., Secondo, A., & Pannaccione, A. (2021). The Antioxidant Activity of Limonene Counteracts Neurotoxicity Triggered by A β 1-42 Oligomers in Primary Cortical Neurons. *Antioxidants*, 10, 1-14.
- Pradhan, G. & Kulkarni, Y. A. (2023). Role of Hydrolyzable and Condensed Tannins in Cardiovascular Diseases. *Plant Specialized Metabolites*, pp. 1-44.
- Prakash, A., Vadivel, V., Rubini, D., & Nithyanand, P. (2019). Antibacterial and Antibiofilm Activities of Linalool Nanoemulsions against *Salmonella typhimurium*. *Food Bioscience*, 28, 57-65.
- Raj, V., Mishra, A. K., Mishra, A., & Khan, N. A. (2016). Hepatoprotective Effect of *Prunus armeniaca* L. (Apricot) Leaf Extracts on Paracetamol Induced Liver Damage in Wistar Rats. *Pharmacognosy Journal*, 8(2), 154-158.
- Rogerio, A. P., Dora, C. L., Andrade, E. L., Chaves, J. S., Silva, L. F. C., Lemos-Senna, E., & Calixto, J. B. (2010). Anti-Inflammatory Effect of Quercetin-Loaded Microemulsion in the Airways Allergic Inflammatory Model in Mice. *Pharmacological Research*, 61, 288-297.
- Saha, M. & Bandyopadhyay, P. K. (2020). In vivo and in vitro Antimicrobial Activity of Phytol, a Diterpene Molecule, Isolated and Characterized from *Adhatoda vasica* Nees. (Acanthaceae), to Control Severe Bacterial Disease of Ornamental Fish, *Carassius auratus*, Caused by *Bacillus licheniformis* PKBMS16. *Microbial Pathogenesis*, 141, 103977.
- Sainudeen, N., Vattoly, D., Yogananth, N., & Ali, M. S. (2025). A Comprehensive Review of Limonene: Exploring its Biosynthesis, Ecological Impact and Aromachological Aspects. *Indian Journal of Natural Sciences*, 16(89), 90515- 90522.
- Sanshita, Devi, N., Bhattacharya, B., Sharma, A., Singh, I., Kumar, P., Huanbutta, K., & Sangnim, T. (2025). From Citrus to Clinic: Limonene's Journey Through Preclinical Research, Clinical Trials, and Formulation Innovations. *International Journal of Nanomedicine*, 20, 4433-4460.
- Santana, H. S. R., de Carvalho, F. O., Silva, E. R., Santos, N. G. L., Santos, D. D. N., Wisniewski, J. O., Junior, J. S. C., Nunes, P. S., Saravanan, S., de Albuquerque Júnior, R. L., Araujo, A. A. S., & Santos, M. R. V. (2020).

- Anti-Inflammatory Activity of Limonene in Prevention and Control of Injuries in the Respiratory System: A Systematic Review. *Current Pharmaceutical Design*, 26(18).
- Santos, D. L. S., de Miranda, J. F., & Cirone-Silva, N. C. (2026). Limonene as Bioactive Molecule: From Human Health Promotion to Natural Food Preservation. *Food Bioscience*, 79, 1-14.
- Saridas, M. A., Agcam, E., & Paydas Kargi, S. (2023). The Nutritional Composition of Key Apricot Varieties Cultivated in Türkiye with a Focus on Health-Related Compounds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 7(4), 934-939.
- Seol, G.-H., Kang, P., Lee, H. S., & Seol, G. H. (2016). Antioxidant Activity of Linalool in Patients with Carpal Tunnel Syndrome. *BMC Neurology*, 16, 1-6.
- Shariare, M. H. & Kazi, M. (2021). Chapter – Phospholipid Based Nano Drug Delivery Systems of Phytoconstituents. *Smart Drug Delivery*, pp. 1-20.
- Sharma, A., Kumar, V., Mittal, C., Rana, V., Dabral, K., & Parveen, G. (2023). Role of Essential Oil Used Pharmaceutical Cosmetic Product. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 2(3), 147-157.
- Shi, G.-J., Li, Y., Cao, Q.-H., Wu, H.-X., Tang, X.-Y., Gao, X.-H., Yu, J.-Q., Chen, Z., & Yang, Y. (2019). In Vitro and In Vivo Evidence that Quercetin Protects against Diabetes and Its Complications: A Systematic Review of the Literature. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, 1085–1099.
- Shu, Y., Liu, Y., Li, L., Feng, J., Lou, B., Zhou, X., & Wu, H. (2011). Antibacterial Activity of Quercetin on Oral Infectious Pathogens. *African Journal of Microbiology Research*, 5(30), 5358-5361.
- Silva, R. O., Sousa, F. B. M., Damasceno, S. R. B., Carvalho, N. S., Silva, V. G., Oliveira, F. R. M. A., Sousa, D. P., Aragão, K. S., Barbosa, A. L. R., Freitas, R. M., & Medeiros, J. V. R. (2014). Phytol, a Diterpene Alcohol, Inhibits the Inflammatory Response by Reducing Cytokine Production and Oxidative Stress. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 28(4), 455-464.
- Sinkar, S. R., Kombe, S. V., Samarth, V. D., Satpute, S. V., Deshattiwar, N. J., Burade, N. V., & Dhuldhaj, U. P. (2022). Chemistry And Biological Activities of Quercetin: A Bioactive Flavonoid. *International E- Research Journal*, 297(D), 4-16.
- Song, X., Wang, Y., & Gao, L. (2020). Mechanism of Antioxidant Properties of Quercetin and Quercetin-DNA Complex. *Journal of Molecular Modeling*, 26, 133.
- Suprahman, N. Y., Sari, B. R., Fauziyya, R., & Fatimah (2024). Investigation of Catechin's Anti-Inflammatory Activity: A Bioinformatics and Molecular Docking Study. *Acta Biochimica Indonesiana*, 1-9.

- Taj, T., Sultana, R., Shahin, H., Chakraborty, M., & Ahmed, M. G. (2021). Phytol A Phytoconstituent, Its Chemistry And Pharmacological Actions. *GIS SCIENCE JOURNAL*, 8(1), 395-340.
- Trivedi, H. & Puranik, P. K. (2022). Antibacterial Activity of Chlorogenic Acid Phytovesicles against Resistant Bacteria: Development, Optimization and Evaluation. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 14(1), 83-92.
- Uçgun, K., Bayav, A., Altındal, M., Koçal, H. (2019). Seasonal Variation of Nutrients and Nutrient Rations in Apricot Leaves. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-10.
- Ugur, Y., Erdogan, S., Yilmaz, I., & Basgel, S. (2018). Variation of Composition of Phenolic Compounds in the Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Leaves by Seasons. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 8(1), 33-39.
- Xu, D., Hu, M.-J., Wang, Y.-Q., & Cui, Y.-L. (2019). Antioxidant Activities of Quercetin and Its Complexes for Medicinal Application. *Molecules*, 24, 1-15.
- Vesnina, A., Le, V., Ivanova, S., Frolova, A., Milentyeva, I., Atuchin, V., & Prosekov, A. (2026). Characterization and Biological Activity of Rutin Extracted from *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. *BioTech*, 15, 1-26.
- Wang, S., Yao, J., Zhou, B., Yang, J., Chaudry, M. T., Wang, M., Xiao, F., Li, Y., & Yin, W. (2018a). Bacteriostatic Effect of Quercetin as an Antibiotic Alternative In Vivo and Its Antibacterial Mechanism In Vitro. *Journal of Food Protection*, 81(1), 68-78.
- Wang, Y.-D., Zhang, Y., Sun, B., Leng, X.-W., Li, Y.-J., & Ren, L.-Q. (2018b). Cardioprotective Effects of Rutin in Rats Exposed to Pirarubicin Toxicity. *Journal of Asian Natural Products Research*, 20(4), 361-373.
- Wang, L., Pan, X., Jiang, L., Chu, Y., Gao, S., Jiang, X., Zhang, Y., Chen, Y., Luo, S., & Peng, C. (2022). The Biological Activity Mechanism of Chlorogenic Acid and Its Applications in Food Industry: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1-22.
- Wang, H., Lu, Q., Chen, X., Qian, Y., Qian, B., & Tan, H. (2024). Global Trends and Biological Activity Hotspots of D-Limonene in Essential Oils: A 30-Year Bibliometric Study. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 398(5), 5491-5507.
- Wojdyło, A. & Nowicka, P. (2021). Profile of Phenolic Compounds of *Prunus armeniaca* L. Leaf Extract Determined by LC-ESI-QTOF-MS/MS and Their Antioxidant, Anti-Diabetic, Anti-Cholinesterase, and Anti-Inflammatory Potency. *Antioxidants*, 10, 1-15.
- Yanardağ, İ. H. (2025). Evaluation of Malatya Province Soils for Apricot Cultivation. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 29(2), 269-285.
- Yao, H., Gu, Y., Zhu, D., Tang, D., Chen, W., Chen, Y., Zhang, J., & Tan, L. (2025). Biosynthesis and Application of Catechins and Their Derivatives in *Camellia sinensis*. *Food Science & Nutrition*, 13, 1-18.

- Yerlikaya, S. & Topuz, S. (2023). Antifungal Effect of Apricot Leaves' Extract in Cherry Juice. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 29(2), 62-64.
- Youssfi, C. E., Dadou, S., Loukili, E. H., Hammoudani, Y. E., Soujaa, H., Rejdali, M., Mohammed, H. Z., Mourabit, N., & Aarab, S. (2024). Biological Activities of Essential Oils: A Mini-Review. *BIO Web of Conferences*, 109, 1-10.
- Zalewska, K., Kulawik, M., Gierszewska, J., Gramala, Z., Kalus, O., Karpiński, M., Maćkowiak, J., Staniewski, A., Szymańska, Z., Zalewska, B., Lu, W., Cielecka-Piontek, J., & Zalewski, P. (2025). Chlorogenic Acid's Role in Metabolic Health: Mechanisms and Therapeutic Potential. *Nutrients*, 17, 1-24.
- Zeb, A., Khadim, N., & Ali, W. (2017). Changes in the Polyphenolic Profile, Carotenoids and Antioxidant Potential of Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Leaves during Maturation. *Agriculture*, 7, 1-12.
- Zhang, M., Swarts, S. G., Yin, L., Liu, C., Tian, Y., Cao, Y., Swarts, M., Yang, S., Zhang, S. B., Zhang, K., Ju, S., Jr., D. J. O., Schwartz, L., Keng, P. C., Howell, R., Zhang, L., & Okunieff, P. (2011). Antioxidant Properties of Quercetin. *Oxygen Transport to Tissue XXXII*, pp 283–289.
- Zhang, L., Koc, A. B., Wang, X. N., & Jiang, Y. X. (2018). A Review of Pruning Fruit Trees. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 153, 1-6.
- Zouari, M., Elloumi, N., Mezghani, I., Labrousse, P., Ben Rouina, B., Ben Abdallah, F., & Ben Ahmed, C. (2018). Physiological Evaluation of Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Leaves to Air Pollution for Biomonitoring of Atmospheric Quality. *Pollution*, 4(4), 563-570.
- Żukowska, G. & Durczyńska, Z. (2024). Properties and Applications of Essential Oils: A Review. *Journal of Ecological Engineering*, 25(2), 333–340.

Life on the Forest Floor: Litter Dynamics and Food Networks from Microfauna to Macrofauna

Ergün Kahveci¹

Salih Malkoçoğlu²

Ahmet Arpacık³

Abstract

In forest ecosystems, the litter layer is not merely a passive organic waste layer but a dynamic component driving fundamental processes such as energy flow, nutrient cycling, and carbon transformation. This organic layer provides vital microhabitats for shelter, feeding, and reproduction across a wide spectrum, from micro- and macroinvertebrates to passerine birds, amphibians, and small mammals. At the same time, large mammals such as wild boar, brown bear, gray wolf, and ungulates act as ‘ecosystem engineers’ shaping decomposition processes and spatial heterogeneity on the forest floor from the top down through physical disturbances (bioturbation) and defecation. However, abiotic and anthropogenic factors such as traditional silvicultural practices, forest fires, and increasing drought stress due to global climate change seriously threaten the integrity of this sensitive layer and the food webs it supports. This study highlights data gaps in Turkish forests and recommends conserving litter to support sustainable forest and wildlife management.

- 1 Asst. Prof. Dr.; Tokat Gaziosmanpaşa University, Niksar Vocational School, Department of Forestry. ergun.kahveci@gop.edu.tr ORCID No: 0000-0003-2178-4302
- 2 Lect. Dr.; Muğla Sıtkı Koçman University, Köyceğiz Vocational School, Department of Forestry. salihm@mu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-9599-628X
- 3 Assoc. Prof. Dr.; Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management. ahmetarpacik@ktu.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8053-4253

1. Introduction

In forest ecosystems, the litter layer is an organic layer formed by the accumulation of fallen leaves, twigs, bark, cones, and similar plant debris on the forest floor. Rather than being a passive by-product of the decomposition process, this layer is a dynamic component that actively participates in fundamental ecosystem processes, including energy flow, nutrient cycling, and carbon transformation (Swift et al., 1979; Prescott & Vesterdal, 2021). Litter forms a transition zone between mineral soil and the atmosphere, providing a fundamental interface where physical, chemical, and biological processes interact. This interface is regarded as a vital boundary layer where both material and energy flows are regulated in ecosystem functioning. In this respect, it constitutes an important microhabitat for soil formation and biodiversity (Prescott & Vesterdal, 2021).

Decomposition of dead organic matter is a key process in converting plant-produced organic matter into soil organic matter. This process forms the basis of the detrital food web, which governs the flow of energy derived from dead organic matter. This process transfers part of the carbon to the soil organic carbon pool, whilst releasing the remainder back into the atmosphere as CO₂ through microbial activity, thereby becoming an important part of the carbon cycle (Joly et al., 2020). In particular, the chemical composition of leaf litter (e.g., C/N ratio, lignin content) plays a decisive role in ecosystem processes and long-term carbon stability by influencing both the rate of microbial decomposition and the amount of humus formed (Melillo et al., 1982; Cornwell et al., 2008; Giweta, 2020). The rate and nature of decomposition processes are closely linked to the nutrient cycling and habitat structure created by the litter layer. In this context, litter decomposition is recognized as a fundamental mechanism that governs not only the residence time of carbon within the ecosystem but also plant productivity, soil fertility, and element cycling (Zhang et al., 2008; Prescott, 2010; Bradford et al., 2014).

The direction and rate of this fundamental process, which determines ecosystem dynamics, are shaped by the chemical composition of organic matter, environmental conditions such as temperature and humidity, and the structure of microbial communities (Krishna & Mohan, 2017). The nutrients released by this process are returned to the soil, thereby supporting plant growth and microfaunal activity. This situation forms the basis of 'bottom-up' control mechanisms in ecosystems, indirectly regulating the flow of energy from primary production to higher trophic levels. Litter is more than just a nutrient reservoir; thanks to its complex physical structure and its role in regulating microclimatic conditions, it provides a vital microhabitat for

numerous organisms. In particular, while microarthropods such as Collembola and Acari, along with macroinvertebrates, complete their life cycles within this layer, these organisms constitute the primary food source for songbirds, reptiles, and insectivorous mammals (Wardle et al., 2004; Prescott and Grayston, 2013). These organisms form the lower levels of the detrital food web, acting as a bridge in the transfer of energy to higher trophic levels. The decomposition rate, chemical composition, and physical depth of the litter layer shape this interaction. Therefore, the litter layer should be considered an indirect driver of habitat suitability and trophic linkages for forest-floor fauna (deMaynadier & Hunter, 1995; Wardle et al., 2004).

These processes, which occur at the micro- and mesoscales, exert a decisive influence on the distribution and behavior of organisms at higher trophic levels, thereby shaping macroecological outcomes. Litter layers limit soil erosion by retaining minerals, regulating the microclimate, and slowing surface runoff, whilst also retaining moisture to support suitable habitats for microorganisms and other fauna (Prescott & Vesterdal, 2021). Furthermore, these layers host a bidirectional interaction network shaped at the macro-scale by the digging, chewing, and feeding activities of micro- and meso-scale invertebrates, as well as wild boar, bears, and large ungulates (Barrios-Garcia & Ballari, 2012; Tomita & Hiura, 2020). These species can be evaluated as ecosystem engineers because they physically alter habitat structure and redistribute organic material through digging, rooting, trampling, carrion deposition, and related bioturbation processes. Therefore, their effects should be framed as modifications of litter turnover, soil-litter mixing, and spatial heterogeneity rather than as complete top-down control of decomposition (Bump et al., 2009; Tuo et al., 2024).

Whilst studies on the effects of litter on wildlife in forest ecosystems worldwide are increasing, it is evident that research providing a comprehensive overview of long-term monitoring results, particularly regarding interactions at the species level, variations across different forest types, and differences associated with changing environmental conditions, remains limited (Müller & Büttler, 2010; Stokland et al., 2012). Indeed, studies on forest-floor structural elements show that deadwood and coarse woody debris play decisive roles in shaping microhabitat diversity, saproxylic food webs, and shelter opportunities, whereas leaf litter is more directly associated with detrital food-web dynamics, moisture buffering, and decomposition processes (Harmon et al., 1986; Siitonen, 2001; Lassauce et al., 2011; Prescott & Vesterdal, 2021). Studies examining the relationship between litter and wildlife in Türkiye are limited, and existing research has largely focused on soil properties, decomposition processes, and forestry practices (e.g., Tolunay, 2003; Çakır & Makineci, 2020). In this context, it is evident that the ecological interactions between

changes in the forest floor (litter, canopy cover, etc.) and wildlife have not been examined using a sufficiently holistic and multi-purpose planning approach (Oğurlu, 2008).

This study aims to examine the multifaceted relationships between litter and wildlife from an ecosystem ecology perspective. Firstly, the direct and indirect effects of litter on invertebrate fauna will be discussed within the framework of decomposition processes and food web dynamics. Subsequently, the functional importance of this layer as a habitat for vertebrate shelter, feeding, and reproduction, along with the ecosystem engineering roles of large mammal species, is examined using examples from different habitat types. In this context, the study aims to evaluate litter layer dynamics within a holistic ecosystem framework where both bottom-up and top-down processes interact. Finally, in light of recent findings, particularly from Turkish forests, existing data gaps in the local literature have been analyzed. In this context, ecosystem-based management approaches aimed at integrating litter into sustainable forest management and biodiversity conservation strategies have been critically evaluated. The central role of litter in the forest ecosystem and its multi-layered interactions with wildlife, which form the conceptual framework of this study, are presented in Figure 1.

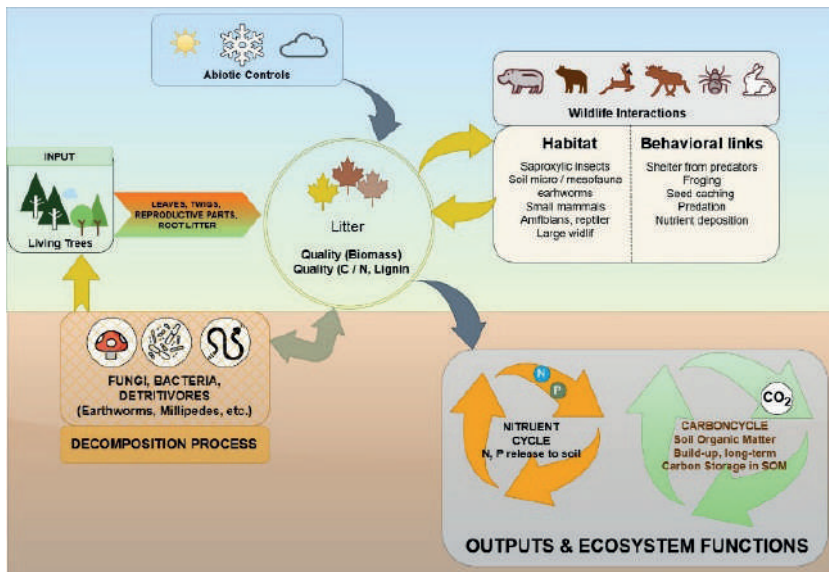


Fig. 1. A conceptual model illustrating the central role of litter in the forest ecosystem and its interaction with wildlife

2. The Ecological Importance of Litter

2.1. The Physical and Biogeochemical Functions of Litter

For many years, traditional forestry practices in Türkiye have focused on above-ground elements such as timber production, fire control, and timber resources. Consequently, the litter layer covering the forest floor has often been viewed as a ‘fire hazard’ or as combustible material (waste) that needs to be cleared (Bilgili, 1998; Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2022). In reality, however, the litter layer is central to the fundamental biological and physical mechanisms that sustain the forest ecosystem (Giweta, 2020; Li et al., 2023).

A large proportion of the primary production generated through photosynthesis in forest ecosystems returns to the forest floor over time as dead organic matter, rather than being consumed by herbivores. The litter layer provides a continuous input to forest soil by retaining elements such as carbon, nitrogen, and phosphorus from fallen leaves, twigs, and fruits. This accumulation serves as a vast carbon sink in the fight against global climate change. It also initiates the fundamental energy flow within the ecosystem, known as the ‘brown food web’ (Prescott, 2010; Giweta, 2020). The decomposition process is not limited to microorganisms; macrofaunal activities also support it. Recent global-scale syntheses indicate that vertebrates can accelerate litter mass loss mainly through physical fragmentation, bioturbation, and redistribution of organic material; their effects on nutrient cycling should therefore be interpreted as indirect and process-dependent (Li et al., 2023; Tuo et al., 2024). These decomposed materials provide a continuous supply of fresh nutrients essential for the continuity of ecosystem processes.

From a physical perspective, the litter layer acts as a protective cover over the mineral soil, dampening the kinetic energy of raindrops. This mechanism significantly reduces the risk of surface erosion by preventing soil fragmentation (Morgan, 2009). Research has shown that the layer of dead vegetation on the forest floor both reduces the kinetic impact of water and slows surface runoff. This process significantly reduces soil loss, particularly on sloping terrain (Zhu & Cheng, 2022). The stable soil surface resulting from erosion prevention has positive effects, such as preserving porosity and increasing water infiltration into the soil (Gomyo & Kuraji, 2016; Zhu & Cheng, 2022). This porous structure and moisture balance provide essential microhabitats for soil fauna, including larvae, earthworms, and small mammals.

The organic layer protects the soil surface from the drying effects of sunlight, wind, and sudden temperature fluctuations. Minimizing evaporation helps to retain moisture and ensures that the soil microclimate remains stable (Giweta,

2020). At the same time, this physical barrier plays a decisive role in shaping the understorey plant composition by filtering seed germination and seedling development (Facelli & Pickett, 1991). Global-scale research highlights the vital role of the litter layer in buffering moisture and temperature. Thanks to this insulation, the microbial biomass in the soil can remain active even during extreme heat or cold (Kara et al., 2014; De Frenne et al., 2021; Li et al., 2023).

2.2. The Integration of Litter, Wildlife, and Ecosystem Functions

The relationship between litter and wildlife is not limited to a passive nutrient cycle or microclimate regulation. This layer performs multi-level functions within the forest ecosystem, providing an indispensable infrastructure for both soil invertebrates and macrofauna. By providing essential nutrients for invertebrate detritivores, the litter layer supports the transfer of energy to higher trophic levels of the food chain (birds and mammals) (Giweta, 2020). It also contributes to the sustainability of forest population dynamics by providing shelter, hiding places, and breeding grounds for small mammals, amphibians, and reptiles (Hunter, 1990; deMaynadier & Hunter, 1995). This integrated structure demonstrates that the litter layer is an active ecosystem component that supports carbon sequestration. Consequently, the conservation of this layer is essential for the long-term persistence of wildlife populations (Lindenmayer & Franklin, 2013).

Traditional forest management plans in Türkiye generally focus on the development of the overstorey trees (Çepel, 1995; OGM, 2017). Wildlife management plans, however, largely exclude the habitat dynamics of the forest floor from their calculations, as they do not adequately account for ecosystem resources beyond animals (Oğurlu, 2008). Yet the litter matrix is not merely a food source for a wide spectrum of fauna, ranging from invertebrates to megafauna. It is also an indispensable microhabitat that fulfills functions such as shelter, concealment, thermoregulation, and reproduction (Wardle et al., 2004). The complete removal of the forest floor, under the guise of production or fire prevention, constitutes habitat destruction for these organisms (Kaynaş, 2017; Polat & Başkale, 2018).

Invertebrates form the base of the forest floor's food web. Decomposer groups such as springtails, mites, and millipedes physically break down the litter layer. This process accelerates the decomposition of organic matter by expanding the area for fungal and bacterial decomposition (Petersen & Luxton, 1982; Potapov et al., 2016). The abundance and diversity of these decomposer communities support ecosystem functions by providing an energy and food

source for predatory insects and spiders at higher trophic levels (Bardgett & van der Putten, 2014). These insect communities, which are highly sensitive to environmental changes, increase in population as litter levels rise, and, with these characteristics, they become important biological indicators of forest health (Hopkin, 1997; Ponge et al., 2003). The responses of surface-active macrofauna to litter dynamics in Turkish ecosystems have been studied to a certain extent (Kaynaş, 2017). However, the trophic relationships of subsoil microarthropods (Acari and Collembola) in litter decomposition have not yet been the subject of comprehensive quantitative research (Potapov et al., 2016; Duyar, 2020).

These biological decomposition processes on the forest floor are not limited to micro-scale arthropods but are also strongly driven by macrofauna (Hättenschwiler et al., 2005; Joly et al., 2020). In this context, earthworms (Lumbricidae) are among the detritivores that play a key role in litter decomposition. In particular, earthworm diversity and biomass are higher in soils rich in organic matter that contain mull and moder-type humus. Conversely, these values decrease significantly under acidic and mor-type litter conditions (Ghilarov, 1979). Although litter from coniferous species generally has low digestibility, earthworm activity supports its decomposition, thereby contributing to the regeneration of forest ecosystems (Bernier & Ponge, 1994). Fresh litter from deciduous species is generally not in a digestible form. These litter materials become digestible by earthworms only after undergoing preliminary decomposition by fungi and bacteria. This is due to earthworms' inability to digest complex components such as lignin and their reliance on symbiotic microflora for their feeding strategies (Neuhauser et al., 1978; Edwards & Bohlen, 1996). With these characteristics, earthworms are recognized as important biological regulators that accelerate the decomposition of organic matter during the transition from litter to soil and facilitate the return of nutrients to the cycle (Paoletti, 1999).

As decomposition processes at lower trophic levels progress to the middle and upper trophic levels, the litter layer's moisture- and thermal-buffering functions transform into a physiological refuge for small vertebrates. Amphibians and reptiles are the vertebrate groups most dependent on the quality and depth of the litter layer due to their physiological constraints (deMaynadier & Hunter, 1995). The permeable skin through which amphibians exchange gases leaves them vulnerable to water loss. Consequently, during their terrestrial phases, they must remain hidden beneath moist litter layers throughout the day. For example, research on the endemic Lycian newt, native to Türkiye, demonstrates that population density increases significantly in areas with deep litter layers possessing high moisture-retention capacity (Polat & Başkale, 2018). Reptiles,

on the other hand, use deep layers of litter as hibernacula to regulate their body temperature (thermoregulation) and protect themselves from freezing (Vitt & Caldwell, 2013).

Litter plays a decisive role in the distribution of small mammals. Rodents and insectivorous mammals are both the most active consumers of the forest floor and a primary food source for predatory birds and mammals (Orrock et al., 2000). These animals are protected from predators by the tunnel systems they create within the litter. Particularly in regions with heavy snowfall, the sub-snow zone, the area between the snowpack and the mineral soil, serves as a vital thermal refuge. This zone enables small mammals to remain active throughout the winter in an insulated environment and to be protected from deadly freezing temperatures (Pauli et al., 2013). Furthermore, by storing the seeds they collect beneath the litter layer, they facilitate the natural regeneration of the forest and the dispersal of plant species (Vander Wall, 2001). These complex relationships between small mammals and the litter layer, along with their seed-storing behaviors, have been modeled in detail in North American and European forests (Orrock et al., 2000; Vander Wall, 2001). However, the ecosystem engineering roles of small mammals (*Apodemus* spp.) in Turkish forests have not yet been adequately investigated. Existing studies have focused primarily on species distribution and population structure (e.g., Keten et al., 2016).

A large proportion of forest birds depend on the forest floor for feeding, nesting, or shelter. Various bird species feed on the invertebrate fauna beneath the litter by rummaging through it. A reduction in litter depth decreases arthropod biomass. This negatively affects the birds' foraging success during the breeding season and the survival rates of their young (Burke & Nol, 1998). In addition to feeding, the color and texture of dried leaves provide excellent camouflage for the eggs of ground-nesting birds and enhance nest success against visual predators (Martin, 1993). Birds' constant scratching and turning over of the litter layer to forage not only ensures the survival of their own populations. These activities may contribute to the physical turnover and fragmentation of litter, thereby indirectly influencing decomposition processes at the forest-floor scale (Tuo et al., 2024).

Another complementary process driven by these vertebrate groups utilizing the forest floor is the strengthening of the symbiotic relationship between litter and subterranean fungi. When discussing litter decomposition processes, one must not overlook the mycorrhizal fungal networks that form a vast bridge between the subterranean invertebrate fauna and the tree roots in the upper soil layer. The breakdown of complex organic matter, particularly

high-carbon lignin and cellulose, is not merely a bacterial process but is primarily the work of fungi that secrete ligninolytic enzymes (Prescott & Vesterdal, 2021). Furthermore, the digging of the forest floor by wild animals is not merely a physical mixing process. Many mammal species locate and consume underground fungi, the reproductive structures of mycorrhizal fungi, using their sense of smell. As a result of this process, known in ecology as ‘mycophagy’ (fungus-eating behavior), animals transport fungal spores over long distances and deposit them back onto the forest floor via their feces. This situation elevates wild animals to an essential vector for establishing root-fungus symbiosis in the forest’s natural regeneration areas (Maser et al., 1978; Johnson, 1996).

Micro- and meso-scale bioturbation in the forest floor represents only one component of ecosystem engineering. At higher trophic levels, the activities of large mammals, which induce substantial physical changes in the forest floor, become increasingly important (Bump et al., 2009; Tuo et al., 2024). From a global ecological perspective, massive megaherbivores such as elephants function as ‘mega-gardeners’ within forest ecosystems. By consuming vegetation and breaking branches and trees, these species control the amount and spatial distribution of fresh organic material added to the litter layer on a macro-scale (Campos-Arceiz & Blake, 2011). Furthermore, according to a global meta-analysis by Tuo and colleagues (2024), vertebrate herbivores and carnivores accelerate litter decomposition by an average of 6.7 percent, whilst the physical fragmentation caused by these animals can lead to dramatic increases in decomposition rates of up to 34.4 percent. The relevant study notes that invertebrates generally influence leaf chemistry. In contrast, it is emphasized that large vertebrate herbivores increase the overall decomposition rate within the system by stimulating soil microbial activity through their feces and physical interventions.

Wild boars are among the leading mammals that alter the physical structure of the forest floor. As noted in the study by Barrios-Garcia and Ballari (2012), wild boars use their powerful snouts to root through the litter matrix and the underlying mineral soil to reach underground plant roots, tubers, and soil invertebrates. This bioturbation activity accelerates humification by mechanically mixing litter with mineral soil. At the same time, the physical voids created within the compacted litter layer provide ideal beds for the germination of early-succession plants, thereby supporting spatial heterogeneity. However, this engineering activity also has negative effects on trophic levels. Indeed, it has been found that excessive wild boar activity causes habitat destruction and local population declines in snake and amphibian populations that use this layer as a refuge (Massei & Genov, 2004).

Bears' foraging strategies on the forest floor constitute a powerful ecological mechanism that can influence the development of forest flora. Research conducted in Japanese forests has revealed that, during the summer months, bears dig deep into the litter layer and surface soil in search of cicada nymphs. It has been established that this intense digging causes damage by severing fine root biomass, reducing the soil's water-holding capacity, and slowing the increase in inorganic nitrogen concentrations (Tomita & Hiura, 2022). Together with the removal of cicada nymphs and disturbance of fine roots, these changes show that bear digging can modify soil-water conditions, organic matter dynamics, and inorganic nitrogen availability at the predator-plant interface (Tomita & Hiura, 2022). This demonstrates that the litter layer is not merely a static area where carbon decomposes, but a dynamic interface between predators, soil organisms, and plants.

Hoofed animals, particularly wild horses and wild sheep, influence litter ecology through both physical browsing and defecation. The browsing trails created by these animals on the forest floor break down the vegetation and litter layer, forming a complex landscape mosaic. On the other hand, intense hoof pressure can fragment the litter layer excessively, increasing the risk of surface erosion and soil compaction (Eldridge et al., 2020). In addition to physical effects, hoofed animals may influence the forest floor through grazing pressure, trampling, and trail formation. In the case of Anatolian wild sheep, the available local literature supports discussion of habitat use, restoration planning, and carrying-capacity considerations rather than dung-mediated nutrient enrichment. Therefore, the influence of this species on the forest/steppe floor should be framed mainly through grazing pressure, trail formation, and trampling-related spatial heterogeneity (Ünal et al., 2016). Deer, which are key herbivores in North American and European forests, also compact and break down litter through their intensive grazing and the physical pressure of their hooves. These physical effects indirectly control ecosystem processes by altering the composition of the forest floor flora (Rooney & Waller, 2003).

The relationship between large mammals and the forest/steppe floor does not always manifest as physical alteration of the soil; sometimes, soil conditions shape the animal's physiology and adaptive capacity. Recent research by Zhao et al. (2026) on arid-region herbivores such as gazelles (*Gazella* spp.) indicates that soil-associated microorganisms and soil properties can influence the gut microbiome through a pathway linking soil, plants, food, and gut microbiota. When gazelles graze or lick the ground, they may ingest environmental microorganisms associated with soil and plants. Soil organic carbon and phosphorus may shape the diversity of cellulose-digesting bacteria in the gut. This demonstrates that the soil component of the forest/steppe

floor can function as a reservoir of microbial adaptation for herbivores (Zhao et al., 2026).

Top predators, often overlooked in current ecological thinking, are extraordinary engineers who govern the dynamics of the litter layer by shaping the distribution of carrion. This is demonstrated by the massive 50-year study conducted by Bump and colleagues (2009) in Isle Royale National Park. According to the research, massive ‘biogeochemical hotspots’ form in forest floor areas where Gray wolves bring down their prey. As the carcass biomass decomposes on the forest floor, the litter layer undergoes a sudden nutrient shock; at these sites, the soil and litter become 100% to 600% richer in inorganic nitrogen, phosphorus, and potassium than in control areas. This flood of nutrients flowing into the litter layer triggers an explosion in microbial biomass (bacteria and fungi) and dramatically increases the nitrogen content in the leaf tissues of surrounding plants. These plants, now of higher nutritional quality, become a magnet for other herbivores, creating a massive feedback loop together with the droppings left in the area. The multifaceted physical and biogeochemical mechanisms by which large mammals affect litter dynamics on the forest floor are systematically summarised in Table 1.

Table 1. Physical and biogeochemical impact mechanisms of large mammals on the litter layer

Animal Group/Species	Physical Impact Mechanism	Biogeochemical Impact and Consequences	References
Wild boar (<i>Sus scrofa</i>)	Rooting	Mixes mineral soil with dead vegetation, initiating humification. However, it destroys reptile burrows.	Barrios-Garcia & Ballari, 2012
Brown bear (<i>Ursus arctos</i>)	Deep Digging (Searching for Insects/Roots)	Disturbs surface soil and litter, reduces fine-root biomass, and may alter soil water conditions and inorganic nitrogen availability.	Tomita & Hiura, 2020; 2022
Wild horse (<i>Equus ferus</i>)	Trampling and Compaction	Thins the litter layer, increasing the risk of erosion. However, it deposits large amounts of C and N on the surface through its droppings.	Eldridge et al., 2020
Anatolian wild sheep (<i>Ovis gmelini anatolica</i>)	Creation of Trampling Trails	Creates local spatial heterogeneity through grazing, trampling, and trail formation; should be evaluated mainly in terms of habitat use, restoration planning, and carrying capacity.	Ünal et al., 2016

Gray Wolf (<i>Canis lupus</i>)	Managing Carcass Distribution	Creates massive biogeochemical hotspots by introducing a shock of inorganic N, P, and K into the forest floor.	Bump et al., 2009
Gazelle (<i>Gazella spp.</i>)	Soil Licking	May facilitate microbial adaptation by transferring soil-associated environmental microbiota to the gut through grazing and soil licking.	Zhao et al., 2026
Elephant (<i>Loxodonta</i> and <i>Elephas spp.</i>)	Branch/Tree Breaking and Chewing	Modifies macro-level litter biomass input and disperses seeds.	Campos-Arceiz & Blake, 2011
Deer (Cervidae)	Grazing and Hoof Pressure	Controls the input of organic matter into the litter and shapes the flora by compacting its structure.	Rooney & Waller, 2003

3. Factors Affecting Litter Dynamics

3.1. Factors Affecting Litter Dynamics

In traditional forestry approaches, dead litter and understorey vegetation have often been regarded as a potential fire risk, and there has been a tendency to remove them from production areas (Çepel, 1995; Lindenmayer & Franklin, 2013). Interventions involving heavy machinery during live litter clearing leave the soil exposed to atmospheric conditions. This situation weakens the dead litter's functions of erosion control, moisture retention, and insulation (Binkley & Fisher, 2019; Zhu & Cheng, 2022). Furthermore, heavy machinery causes soil compaction. This compaction disrupts gas exchange between the mineral soil and the litter layer, thereby hindering aerobic decomposition processes and the mobility of the soil-dwelling invertebrate fauna (Cambi et al., 2015). All this physical damage fundamentally disrupts the energy flow occurring from the forest floor upwards. This situation also indirectly threatens organisms at higher trophic levels. Recent studies have shown that the complete removal of litter leads to significant reductions in soil organic carbon stocks and a decline in microbial diversity (Sayer, 2006; Jandl et al., 2007; Nave et al., 2010).

Today, the concept of sustainable forest management regards the conservation of deadwood as a fundamental requirement within the framework of ecosystem-based approaches (Bauhus et al., 2009; Palik et al., 2020). Furthermore, there are retention forestry approaches that aim to leave a certain proportion of coarse woody material and branches on the site within

production areas. These practices increase the structural complexity of the dead wood matrix, thereby creating vital microhabitats for saproxylic (dead wood-dependent) organisms and small vertebrates (Lindenmayer et al., 2012).

Forest ecosystems are not sealed-off environments impervious to external influences. Consequently, anthropogenic pressures are not limited to mechanical interventions alone. In conjunction with globalization and climate shifts, invasive alien species infiltrating the forest floor can disrupt the dynamics of the litter layer. For example, invasive insect species cause stress on plants and lead to sudden, out-of-season mass defoliation. This situation can disrupt the carbon-nitrogen balance by subjecting the soil to a sudden shock of fresh organic matter, and may pave the way for the collapse of the native microfauna (Gandhi & Herms, 2010).

3.2. Forest Fires and Soil Reactions

In addition to anthropogenic mechanical interventions, forest fires whose frequency and intensity can also vary due to human influence are another major factor that suddenly transforms the litter matrix. Forest fires, particularly ground fires, cause sudden and significant changes to the soil surface by rapidly mineralizing accumulated organic material over many years (Certini, 2005). This situation results in habitat loss for many organisms that depend on the litter layer (Neary et al., 1999).

However, ecosystems possess a degree of resilience and the capacity to recover after the fire. As vegetation regrows, the layer of dead organic matter reforms over time, and ecosystem functions are gradually restored (Certini, 2005; Pausas & Keeley, 2019). In particular, following low- and medium-intensity fires, partially burnt organic material and pyrogenic carbon (black carbon) remain on the ground. These structures improve the soil's water holding capacity whilst creating new micro-niches that ensure carbon remains stable for centuries (Santín et al., 2016). Consequently, modern fire management approaches recommend strategies that preserve heterogeneous and mosaic structures rather than homogeneous clearing practices. Patches of unburned or partially burned dead vegetation left in the field will serve as strategic refugia, enabling wildlife populations to recolonize burned areas (Meddens et al., 2018).

3.3. Global Climate Change and Microclimatic Changes

Both silvicultural interventions and fires have an impact at local and regional scales. Global climate change, however, is the most comprehensive abiotic stressor transforming litter dynamics across entire ecosystems.

Rising temperatures and prolonged drought reduce litter moisture content, thereby slowing decomposition and limiting microbial activity (Allison & Treseder, 2008; Classen et al., 2015). The effect of temperature increases on decomposition rates is not linear. Whilst rising temperatures may temporarily accelerate decomposition in some regions, this effect may reverse in the long term due to moisture limitation (Prescott, 2010). Furthermore, climate-driven changes in precipitation regimes and moisture availability can modify the biochemical and physical pathways through which litter-derived carbon is transformed into soil organic matter, thereby influencing soil organic matter formation and stabilization processes (Cotrufo et al., 2015). Climate change also affects litter quality by altering plant species composition, and this in turn reshapes the direction of decomposition (Zhang et al., 2008).

In addition to these global-scale processes, comprehensive quantitative studies conducted in Turkish forests clearly demonstrate the carbon storage potential of litter and how this potential varies with environmental variables (Tolunay & Çömez, 2008; Tolunay, 2011). These findings indicate that carbon accumulation in forest ecosystems may vary considerably depending on forest type, stand structure, and environmental conditions (Sarıyıldız et al., 2005; Kahveci & Kara, 2026). These results not only quantitatively demonstrate the role of litter in the terrestrial carbon budget but also contribute to understanding its potential for biodiversity and wildlife (Kahveci et al., 2025).

As Türkiye's forests lie within the Mediterranean climate zone, it is important to consider not only global models but also region-specific projections for the Mediterranean Basin (Giorgi & Lionello, 2008). The severe summer drought and high evaporation characteristic of the Mediterranean climate render the dead litter a biologically inactive environment during the summer months, transforming it into a fuel layer highly susceptible to burning (Keeley et al., 2011). As Bilgili (1998) also noted within the framework of combustible material management, this loss of moisture does more than merely increase the risk of fire. It also causes moisture-dependent groups, such as earthworms, to retreat to very deep soil layers, amphibians, such as the Lycian newt, to enter summer dormancy, and insectivorous birds feeding on the surface to be unable to find food (Ficetola & De Bernardi, 2004; Rutigliano et al., 2004).

Beyond these abiotic processes, for amphibians and many soil organisms sensitive to moisture conditions, a drying litter layer can cease to be a suitable habitat and instead become a lethal physiological stressor (Blaustein et al., 2010; Blankinship et al., 2011). In this context, it is stated that climate change affects ecosystem functions indirectly yet powerfully, not only through rising

temperatures but also via the disruption of the litter microhabitat (Shoo et al., 2011).

Consequently, these three key factors, anthropogenic interventions, fire regimes, and global climate change, shape litter dynamics at different scales, yet in an interactive manner. This interaction emerges as a fundamental driving force determining the structural and functional integrity of forest ecosystems.

4. Ecological and Conservation Significance

The most fundamental way to enhance the resilience of forest ecosystems against severe abiotic stresses, such as climate change and drought, as detailed in the previous section, is to preserve the spatial heterogeneity provided by litter decomposition stages. In this context, litter is a key component of biodiversity in global ecosystems. Organic residues at different stages of decomposition create specific micro-niches for thousands of species of microorganisms and invertebrates (Bardgett & van der Putten, 2014). This diversity at the lowest level of the food chain supports a broad network extending up to higher trophic levels. Furthermore, the temporal and spatial heterogeneity created by the decomposition stages maximizes species accumulation within the ecosystem. Consequently, competitive exclusion between species is limited (Barton et al., 2013).

Forests with an intact litter layer and deep, moist organic layers possess greater ecological resilience against environmental stressors and severe climatic fluctuations (Johnstone et al., 2016). This enables species to survive in micro-refuges, particularly in the face of increasing drought and heat stress associated with climate change (Frey et al., 2016). Furthermore, increased litter heterogeneity supports functional diversity, thereby ensuring the continuity of ecosystem processes (Hättenschwiler et al., 2005).

From a conservation biology perspective, habitat management should encompass not only the tree canopy but also the forest floor (Lindenmayer & Franklin, 2013). In this context, the concept of litter should not be limited to fallen leaves and needles. Coarse woody materials that fall to the forest floor as a result of wind, snow breakage, or natural felling are the fundamental building blocks of this biological matrix. Dead wood acts like a sponge, retaining moisture within it and creating vital micro-oases for wildlife, particularly during dry periods. These fallen logs provide an essential habitat for saproxylic insect species and xylophagous (wood-eating) larvae. At the same time, carnivorous mammals such as woodpeckers, which feed on these larvae, and the pine marten, which uses hollowed-out logs as nests, are dependent

on this matrix (Siitonen, 2001; Stokland et al., 2012). In Turkish forestry, ‘emergency harvesting’ (the rapid removal of fallen trees from the site) is often carried out after storms or snow damage. These interventions may provide short-term economic gains. However, by collapsing the saproxylic food chain on the forest floor, they cause long-term habitat loss for wildlife (Thorn et al., 2018).

An intact litter layer for wildlife supports gene flow between isolated populations by creating safe ecological corridors within the forest. A thick litter layer in buffer strips near water sources improves water quality, supports erosion control, and provides suitable habitats for moisture-dependent species (Naiman et al., 2010). In this context, litter depth and structure should not be treated merely as a static ground cover in habitat suitability models developed for wildlife. Rather, this layer should be assessed as a key environmental variable determining species distribution (Zellweger et al., 2019)

In recent years, remote sensing techniques and high-resolution environmental data have advanced rapidly. As a result, litter and structural habitat metrics can now be integrated into species distribution models. This technological integration enables the development of far more precise conservation plans (He et al., 2015; Zellweger et al., 2019). Furthermore, ensuring the continuity of deadwood is a fundamental management tool that strengthens ecological connectivity at the landscape scale by mitigating the effects of habitat fragmentation (Bennett, 2003; Lindenmayer and Franklin, 2013).

5. Conclusions and Recommendations

The litter layer covering the forest floor is not merely a pile of organic waste; it is an invaluable biological asset that stores carbon, protects soil health, prevents erosion, and provides essential habitats for wildlife. The global vision for forestry is currently evolving towards ecosystem-based and multi-purpose planning. In line with this, it is essential that the concept of ‘litter management’ be elevated to a priority within our country’s forestry and wildlife policies. There are numerous studies in the international literature examining litter-wildlife dynamics. However, the lack of sufficient research into this ecological interaction in Turkish forests represents a serious academic shortfall that must be addressed at the national level. This shortfall must be rectified, and the sustainability of litter dynamics must be made an integral part of national wildlife conservation strategies.

In this context, to guide the planning of future ecosystem inventories, we must move beyond traditional observation methods and integrate advanced technological methods into the process. In this context, using airborne or

terrestrial LiDAR technologies, forest floor litter depth, coarse woody debris volume, and ground-level spatial heterogeneity can be mapped and overlaid with data from camera trap networks. In this way, activities of large mammals on the forest floor, such as digging or carcass deposition, can be monitored with high precision. Additionally, Environmental DNA (eDNA) technology can be used to assess the hidden biodiversity of microhabitats on the forest floor. This method allows for the molecular analysis of hair, feces, or saliva residues left by animals in the area. Consequently, wildlife abundance can be quantitatively determined without disturbing the animals.

In line with this vision, several key strategies aimed at protecting the health of forest ecosystems and wildlife populations must be implemented in Türkiye as a matter of urgency:

- **Absolute protection zones:** In ecosystems hosting species sensitive to endemic and microhabitat characteristics, all mechanical interventions affecting the litter layer must be halted, and these areas must be designated as absolute protection zones. These areas must be designed on a large scale to mitigate the risks of climate change and habitat fragmentation. When defining boundaries, the process must take into account not only trees but also the migration routes of megafauna and large animals that interact with the microbial pool in the forest floor.
- **Retention of coarse woody material:** Coarse woody material, such as fallen tree trunks and logs, which serve as shelter for wildlife in forest production areas, should be left on-site to a certain extent. This practice will enhance the litter matrix's water and air retention capacity.
- **Biological corridors in firebreaks:** When establishing firebreaks, the practice of completely stripping the forest floor over distances of several kilometers, which triggers erosion, should be abandoned. Instead, natural biological corridors should be left in place to allow wildlife to cross.
- **Updating inventory parameters:** To ensure that all these processes can be monitored at an organizational level, new ecological criteria must be incorporated into forest management plans and wildlife management plans. Data such as 'litter depth', 'carbon accumulation', and 'degree of decomposition' must be recorded as official inventory parameters.
- **Ecosystem-based dynamic forest and wildlife management:** When preparing ecosystem-based forest and wildlife management plans, the conservation of carbon stocks in dead organic matter and the continuity of the nutrient cycle must be taken as a fundamental principle. The conservation of large mammal populations, which are the most

important driving force behind this cycle (the predator-prey balance), must be recognized as a mandatory criterion in management plans.

Consequently, the strategic objectives presented in this study align with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) goal on 'Life on Land' (SDG 15). Within the framework of this global consensus, which aims to protect and restore terrestrial ecosystems and halt biodiversity loss, the litter layer should not be viewed merely as organic waste or as a soil cover. Rather, this irreplaceable layer should be recognized as the 'biological insurance' of the entire forest ecosystem.

References

- Allison, S. D., & Treseder, K. K. (2008). Warming and drying suppress microbial activity and carbon cycling in boreal forest soils. *Global Change Biology*, *14*(12), 2898-2909. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01716.x>
- Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, *515*(7528), 505-511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Barrios-Garcia, M. N., & Ballari, S. A. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: A review. *Biological Invasions*, *14*(11), 2283-2300. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0229-6>
- Barton, P. S., Cunningham, S. A., Lindenmayer, D. B., & Manning, A. D. (2013). The role of carrion in maintaining biodiversity and ecological processes in terrestrial ecosystems. *Oecologia*, *171*(4), 761-772. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2460-3>
- Bauhus, J., Puettmann, K., & Messier, C. (2009). Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management*, *258*(4), 525-537. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.053>
- Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation* (No. 1). Iucn.
- Berg, B., & McLaugherty, C. (2008). *Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74923-3_6
- Bernier, N., & Ponge, J. F. (1994). Humus form dynamics during the sylvogenic cycle in a mountain spruce forest. *Soil Biology and Biochemistry*, *26*(2), 183-220. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90161-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90161-9)
- Bilgili, E. (1998). Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yanıcı Madde Amenajmanının Rolü. *Orman Yangınları Politikası ve Planlaması Eğitim Kursu, Ankara*.
- Binkley, D., & Fisher, R. F. (2019). *Ecology and management of forest soils*. John Wiley & Sons.
- Blankinship, J. C., Niklaus, P. A., & Hungate, B. A. (2011). A meta-analysis of responses of soil biota to global change. *Oecologia*, *165*(3), 553-565. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1909-0>
- Blaustein, A. R., Walls, S. C., Bancroft, B. A., Lawler, J. J., Searle, C. L., & Gervasi, S. S. (2010). Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. *Diversity*, *2*(2), 281-313. <https://doi.org/10.3390/d2020281>
- Bradford, M. A., Warren Ii, R. J., Baldrian, P., Crowther, T. W., Maynard, D. S., Oldfield, E. E., ... & King, J. R. (2014). Climate fails to predict wood decomposition at regional scales. *Nature Climate Change*, *4*(7), 625-630. <https://doi.org/10.1038/nclimate2251>

- Bump, J. K., Peterson, R. O., & Vucetich, J. A. (2009). Wolves modulate soil nutrient heterogeneity and foliar nitrogen by configuring the distribution of ungulate carcasses. *Ecology*, *90*(11), 3159-3167. <https://doi.org/10.1890/09-0292.1>
- Burke, D. M., & Nol, E. (1998). Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. *The Auk*, *115*(1), 96-104. <https://doi.org/10.2307/4089115>
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., & Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest ecology and management*, *338*, 124-138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022>
- Campos-Arceiz, A., & Blake, S. (2011). Megagardeners of the forest—the role of elephants in seed dispersal. *Acta Oecologica*, *37*(6), 542-553. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.01.014>
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, *143*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Classen, A. T., Sundqvist, M. K., Henning, J. A., Newman, G. S., Moore, J. A., Cregger, M. A., ... & Patterson, C. M. (2015). Direct and indirect effects of climate change on soil microbial and soil microbial-plant interactions: What lies ahead?. *Ecosphere*, *6*(8), 1-21. <https://doi.org/10.1890/ES15-00217.1>
- Cornwell, W. K., Cornelissen, J. H., Amatangelo, K., Dorrepaal, E., Eviner, V. T., Godoy, O., ... & Westoby, M. (2008). Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecology Letters*, *11*(10), 1065-1071. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01219.x>
- Cotruflo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H., & Parton, W. J. (2015). Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geoscience*, *8*(10), 776-779. <https://doi.org/10.1038/ngeo2520>
- Çakır, M., & Makineci, E. (2020). Litter decomposition in pure and mixed *Quercus* and *Fagus* stands as influenced by arthropods in Belgrad Forest, Turkey. *Journal of Forestry Research*, *31*(4), 1123-1137. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00915-y>
- Çepel, N. (1995). Orman Ekolojisi. IV. *Baskı, İÜ Orman Fakültesi Yayını* (3886/433).
- De Frenne, P., Lenoir, J., Luoto, M., Scheffers, B. R., Zellweger, F., Aalto, J., ... & Hylander, K. (2021). Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global change biology*, *27*(11), 2279-2297. <https://doi.org/10.1111/gcb.15569>
- DeMaynadier, P. G., & Hunter Jr, M. L. (1995). The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental reviews*, *3*(3-4), 230-261. <https://doi.org/10.1139/a95-012>

- Duyar, A. (2020). Karabük yöresinde farklı arazi kullanımı ve mevsimlerin karşılaştırılmasında sıçırar kuyrukluların (Collembola: Arthropoda) biyolojik gösterge olarak kullanımı. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3), 224-230. <https://doi.org/10.18182/tjf.724012>
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J., Hendrix, P., & Arancon, N. (1996). *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). London: Chapman & Hall.
- Eldridge, D. J., Ding, J., & Travers, S. K. (2020). Feral horse activity reduces environmental quality in ecosystems globally. *Biological Conservation*, 241, 108367. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108367>
- Facelli, J. M., & Pickett, S. T. (1991). Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The botanical review*, 57(1), 1-32. <https://doi.org/10.1007/BF02858763>
- Ficetola, G. E., & De Bernardi, F. (2004). Amphibians in a human-dominated landscape: the community structure is related to habitat features and isolation. *Biological conservation*, 119(2), 219-230. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.004>
- Frey, S. J., Hadley, A. S., Johnson, S. L., Schulze, M., Jones, J. A., & Betts, M. G. (2016). Spatial models reveal the microclimatic buffering capacity of old-growth forests. *Science advances*, 2(4), e1501392. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501392>
- Gandhi, K. J., & Herms, D. A. (2010). Direct and indirect effects of alien insect herbivores on ecological processes and interactions in forests of eastern North America. *Biological Invasions*, 12(2), 389-405. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9627-9>
- Ghilarov, M. S. (1979). Soil fauna of Brown Soil in the Caucasus beech and fir mixed forests and some other communities.
- Giorgi, F., & Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and planetary change*, 63(2-3), 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: a review. *Journal of Ecology and Environment*, 44(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>
- Gomyo, M., & Kuraji, K. (2016). Effect of the litter layer on runoff and evapotranspiration using the paired watershed method. *Journal of Forest Research*, 21(6), 306-313. <https://doi.org/10.1007/s10310-016-0542-5>
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ... & Cummins, K. W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15, 133-302. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X)

- Hättenschwiler, S., Tiunov, A. V., & Scheu, S. (2005). Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 191-218. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932>
- He, K. S., Bradley, B. A., Cord, A. F., Rocchini, D., Tuanmu, M. N., Schmidlein, S., ... & Pettorelli, N. (2015). Will remote sensing shape the next generation of species distribution models?. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 1(1), 4-18. <https://doi.org/10.1002/rse2.7>
- Hopkin, S. P. (1997). *Biology of the springtails: (Insecta: Collembola)*. OUP Oxford.
- Hunter, M. J. (1990). *Wildlife, forests, and forestry. Principles of managing forests for biological diversity* (pp. xiv+370).
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., ... & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?. *Geoderma*, 137(3-4), 253-268. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003>
- Johnson, C. N. (1996). Interactions between mammals and ectomycorrhizal fungi. *Trends in ecology & evolution*, 11(12), 503-507.
- Johnstone, J. F., Allen, C. D., Franklin, J. F., Frelich, L. E., Harvey, B. J., Higuera, P. E., ... & Turner, M. G. (2016). Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(7), 369-378. <https://doi.org/10.1002/fee.1311>
- Joly, F. X., Coq, S., Coulis, M., David, J. F., Hättenschwiler, S., Mueller, C. W., ... & Subke, J. A. (2020). Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. *Communications biology*, 3(1), 660. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01392-4>
- Kahveci, E., & Kara, Ö. (2026). Determination of biomass and carbon storage amounts in pure and mixed natural black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) stands: The case of Samsun. *Turkish Journal of Forestry*, 27, 7-21.
- Kahveci, E., Malkoçoğlu, S. ve Arpacık, A. (2025). Toprak organik karbonu ve yaban hayatı: Ekosistem temelli etkileşimler ve yönetim perspektifleri. G. Ulay (Ed.), *Orman mühendisliği değerlendirmeleri* içinde (ss. 1-48). Yaz Yayınları.
- Kara, O., Bolat, I., Cakiroglu, K., & Senturk, M. E. H. M. E. T. (2014). Litter decomposition and microbial biomass in temperate forests in Northwestern Turkey. *Journal of soil science and plant nutrition*, 14(1), 31-41. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000003>
- Kaynaş, B. Y. (2017). Long-term changes in surface-active beetle communities in *Pinus brutia* forests: The role of fire and successional gradient. *Forest Systems*, 26(1), e06. <https://doi.org/10.3832/ifor2140-009>

- Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., & Rundel, P. W. (2011). *Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management*. Cambridge University Press.
- Keten, A., Beskardes, V., Makineci, E., Kumbasli, M., & Anderson, J. T. (2016). Abundance of *Apodemus* spp. varies by stand age in coppice-originated oak forest, Thrace, Turkey. *Bosque*, 37(2), 425-429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000200021>
- Krishna, M. P., & Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236-249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Lassauce, A., Paillet, Y., Jactel, H., & Bouget, C. (2011). Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological indicators*, 11(5), 1027-1039. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.02.004>
- Li, S., Xu, Z., Yu, Z., Fu, Y., Su, X., Zou, B., ... & Wan, X. (2023). Litter decomposition and nutrient release are faster under secondary forests than under Chinese fir plantations with forest development. *Scientific Reports*, 13(1), 16805. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44042-5>
- Lindenmayer, D. B., & Franklin, J. F. (2013). *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island Press.
- Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., Löhmus, A., Baker, S. C., Bauhus, J., Beese, W., ... & Gustafsson, L. (2012). A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation letters*, 5(6), 421-431. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00257.x>
- Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., & Ffolliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest ecology and management*, 122(1-2), 51-71. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00032-8)
- Martin, T. E. (1993). Nest predation and nest sites. *BioScience*, 43(8), 523. <https://doi.org/10.2307/1311947>
- Maser, C., Trappe, J. M., & Nussbaum, R. A. (1978). Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology*, 59(4), 799-809. <https://doi.org/10.2307/1938784>
- Massei, G., & Genov, P. V. (2004). The environmental impact of wild boar. *Gaulemys*, 16(1), 135-145.
- Meddens, A. J., Kolden, C. A., Lutz, J. A., Smith, A. M., Cansler, C. A., Abatzoglou, J. T., ... & Krawchuk, M. A. (2018). Fire refugia: what are they, and why do they matter for global change?. *BioScience*, 68(12), 944-954. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy103>

- Melillo, J. M., Aber, J. D., & Muratore, J. F. (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63(3), 621-626. <https://doi.org/10.2307/1936780>
- Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.
- Müller, J., & Büttler, R. (2010). A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129(6), 981-992. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5>
- Naiman, R. J., Decamps, H., & McClain, M. E. (2010). *Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities*. Elsevier.
- Nave, L. E., Vance, E. D., Swanston, C. W., & Curtis, P. S. (2010). Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest ecology and management*, 259(5), 857-866. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.12.009>
- Neuhauser, E. F., Hartenstein, R., & Connors, W. J. (1978). Soil invertebrates and the degradation of vanillin, cinnamic acid, and lignins. *Soil Biology and Biochemistry*, 10(5), 431-435. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90070-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90070-6)
- OGM (2024). Orman Genel Müdürlüğü, *Silvikültür uygulamalarının teknik esasları* (Tebliğ No. 317).
- Oğurlu, İ. (2008). Yaban hayatı kaynaklarımızın yönetimi üzerine. *Turkish Journal of Forestry*, 9(2), 35-88. <https://doi.org/10.18182/tjf.17435>
- Orman Genel Müdürlüğü. (2017). *Ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planlarının düzenlenmesine ait usul ve esaslar* (Tebliğ No: 299).
- Orman Genel Müdürlüğü. (2022). *2021 yılı orman yangınları değerlendirme raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Orrock, J. L., Pagels, J. F., McShea, W. J., & Harper, E. K. (2000). Predicting presence and abundance of a small mammal species: the effect of scale and resolution. *Ecological applications*, 10(5), 1356-1366. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1356:PPAAOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1356:PPAAOA]2.0.CO;2)
- Palik, B. J., D'Amato, A. W., Franklin, J. F., & Johnson, K. N. (2020). *Ecological silviculture: foundations and applications*. Waveland Press.
- Paoletti, M. G. (1999). The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 137-155. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00034-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00034-1)
- Pauli, J. N., Zuckerberg, B., Whiteman, J. P., & Porter, W. (2013). The subnivium: a deteriorating seasonal refugium. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 260-267. <https://doi.org/10.1890/120222>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289-295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>

- Petersen, H., & Luxton, M. (1982). A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, 39(3), 287-388. <https://www.jstor.org/stable/3544689>
- Polat, F., & Başkale, E. (2018). The role of environmental variables on the abundance of *Lyciasalamandra fazilae* (Amphibia: Salamandridae) in Turkey. *Salamandra*, 54(2), 123-128.
- Ponge, J. F., Gillet, S., Dubs, F., Fedoroff, E., Haese, L., Sousa, J. P., & Lavelle, P. (2003). Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil biology and biochemistry*, 35(6), 813-826. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(03\)00108-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(03)00108-1)
- Potapov, A. A., Semenina, E. E., Korotkevich, A. Y., Kuznetsova, N. A., & Tiunov, A. V. (2016). Connecting taxonomy and ecology: Trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. *Soil Biology and Biochemistry*, 101, 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.07.002>
- Prescott, C. E. (2010). Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils?. *Biogeochemistry*, 101(1), 133-149. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9439-0>
- Prescott, C. E., & Grayston, S. J. (2013). Tree species influence on microbial communities in litter and soil: current knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 309, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.034>
- Prescott, C. E., & Vesterdal, L. (2021). Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 498, 119522. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119522>
- Rooney, T. P., & Waller, D. M. (2003). Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 181(1-2), 165-176. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00130-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00130-0)
- Rutigliano, F. A., D'Ascoli, R., & De Santo, A. V. (2004). Soil microbial metabolism and nutrient status in a Mediterranean area as affected by plant cover. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1719-1729. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.029>
- Santín, C., Doerr, S. H., Kane, E. S., Masiello, C. A., Ohlson, M., de la Rosa, J. M., ... & Dittmar, T. (2016). Towards a global assessment of pyrogenic carbon from vegetation fires. *Global Change Biology*, 22(1), 76-91. <https://doi.org/10.1111/gcb.12985>
- Sariyildiz, T., Anderson, J. M., & Kucuk, M. (2005). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in North-east Turkey. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9), 1695-1706. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.004>

- Sayer, E. J. (2006). Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews*, 81(1), 1-31. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006846>
- Shoo, L. P., Olson, D. H., McMenamin, S. K., Murray, K. A., Van Sluys, M., Donnelly, M. A., ... & Hero, J. M. (2011). Engineering a future for amphibians under climate change. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 487-492. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01942.x>
- Siitonen, J. (2001). Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological bulletins*, 11-41. <https://www.jstor.org/stable/20113262>
- Stokland, J. N., Siitonen, J., & Jonsson, B. G. (2012). *Biodiversity in dead wood*. Cambridge University Press.
- Swift, M. J., Heal, O. W., Anderson, J. M., & Anderson, J. M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems* (Vol. 5). Univ of California Press.
- Thorn, S., Bässler, C., Brandl, R., Burton, P. J., Cahall, R., Campbell, J. L., ... & Müller, J. (2018). Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 279-289. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12945>
- Tolunay, D. (2003). Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 53(1), 47-74.
- Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3), 265-279. <https://doi.org/10.3906/tar-0909-369>
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 750-765.
- Tomita, K., & Hiura, T. (2020). Brown bear digging for cicada nymphs. *Ecology*, 101(3), 1-3. <https://www.jstor.org/stable/26914942>
- Tomita, K., & Hiura, T. (2022). Negative effects of brown bear digging on soil nitrogen availability and production in larch plantations in northern Japan: Their potential role as an agent of bioturbation. *Pedobiologia*, 91, 150807. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2022.150807>
- Tuo, B., García-Palacios, P., Guo, C., Yan, E. R., Berg, M. P., & Cornelissen, J. H. C. (2024). Meta-analysis reveals that vertebrates enhance plant litter decomposition at the global scale. *Nature Ecology & Evolution*, 8(3), 411-422. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02292-6>
- Ünal, Y., Koca, A., Eryılmaz, A., & Zenbilci, M. (2016). Habitat restoration planning for Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica* Valenciennes, 1856) in Konya-Bozdağ, Turkey. *J. Environ. Sci. Eng. A*, 5, 540-547. <https://doi.org/10.17265/2162-5298/2016.10.007>

- Vander Wall, S. B. (2001). The evolutionary ecology of nut dispersal. *The Botanical Review*, 67(1), 74-117. <https://doi.org/10.1007/BF02857850>
- Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press.
- Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Klironomos, J. N., Setälä, H., van der Putten, W. H., & Wall, D. H. (2004). Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304(5677), 1629-1633. <https://doi.org/10.1126/science.1094875>
- Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Rocchini, D., & Coomes, D. (2019). Advances in microclimate ecology arising from remote sensing. *Trends in ecology & evolution*, 34(4), 327-341. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.12.012>
- Zhang, D., Hui, D., Luo, Y., & Zhou, G. (2008). Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *Journal of Plant Ecology*, 1(2), 85-93. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtn002>
- Zhao, Q., Li, B., Ma, J., Wei, J., & Qin, W. (2026). The Gut Microbiome of the Goitered Gazelle Enables Plasticity by Responding to Environmental Factors in the Qaidam Basin. *Biology*, 15(2), 118. <https://doi.org/10.3390/biology15020118>
- Zhu, F., & Cheng, J. (2022). Comparison of the effects of litter decomposition process on soil erosion under simulated rainfall. *Scientific Reports*, 12(1), 20929. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25035-2>

Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Bilimlerinde İnovatif Çalışmalar

Editörler:

Serdar Kaçamer

Seymen Çiftçi