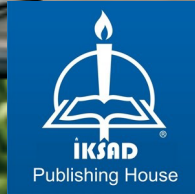


Tarım ve Gıda Biliminde Modern Yaklaşımlar: Teknolojiden Fitokimyaya

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer KIRPIK



Tarım ve Gıda Biliminde Modern Yaklaşımlar: Teknolojiden Fitokimyaya

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer KIRPIK

YAZARLAR

Prof. Dr. Ergin DURSUN

Prof. Dr. İlknur DURSUN

Prof. Dr. İsmail Alper SUSURLUK

Doç. Dr. Hasan AKAY

Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer KIRPIK

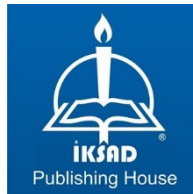
Öğr. Gör. Mahir Serdar YILMAZ

Arş. Gör. Dr. Elif ÖZTÜRK AY

Arş. Gör. Alperen Kaan BÜTÜNER

Yük. Lis. Öğr. Aycan ÇELİK

İbrahim CANBEY



Copyright © 2026 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed
or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial
uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and
Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2026©

ISBN: 978-625-378-631-1
Cover Design: İbrahim KAYA
April / 2026
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM I

BAZI ABİYOTİK FAKTÖRLERİN ENTOMOPATOJEN NEMATODLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. İsmail Alper SUSURLUK

Arş. Gör. Alperen Kaan BÜTÜNER.....3

BÖLÜM II

DEFNE (*Laurus nobilis* L.): FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ ve GIDA ALANINDAKİ YENİLİKÇİ ve FONKSİYONEL UYGULAMALARI

İbrahim CANBEY.....15

BÖLÜM III

ANADOLU'DA TARIMSAL OLARAK ÇELTİĞİN (*Oryza sativa* L.) SERÜVENİ

Yük. Lis. Öğr. Aycan ÇELİK

Arş. Gör. Dr. Elif ÖZTÜRK AY

Doç. Dr. Hasan AKAY.....55

BÖLÜM IV

BİTKİ YÜZEY ARTIĞI KAPLAMA YÜZDESİ VE TOPRAK KAYBI TAHMİNİ İÇİN WEB TABANLI BİR YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Prof. Dr. İlknur DURSUN

Prof. Dr. Ergin DURSUN.....77

BÖLÜM V

Origanum onites (İZMİR KEKİĞİ), BOTANİK ÖZELLİKLERİ VE GIDA ENDÜSTRİSİNDEKİ POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üy. Muzaffer KIRPIK

Öğr. Gör. Mahir Serdar YILMAZ.....99

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında tarım, gıda üretimi ve bitkisel kaynakların yönetimi, yalnızca ekonomik bir faaliyet olmanın ötesine geçerek çevresel sürdürülebilirlik, insan sağlığı ve iklim değişikliği ile mücadele bağlamında stratejik bir öneme sahip hâle gelmiştir. Bu kitap, farklı disiplinlerden derlenen bilimsel çalışmalar aracılığıyla, bitkisel kaynakların biyolojik, tarımsal ve teknolojik boyutlarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır.

Kitabın ilk bölümleri, küresel iklim değişikliğinin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini ve bitkisel gıdaların insan beslenmesindeki rolünü tartışarak, hem ekolojik hem de sağlık perspektiflerini bir araya getirmektedir. Takip eden bölümlerde, tarımsal üretimde modern teknolojilerin kullanımı, biyolojik mücadele yöntemleri ve toprak koruma stratejileri üzerinde durulmuştur. Özellikle web tabanlı yazılım ve yapay zekâ ile bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi ve toprak kaybının tahmini gibi güncel uygulamalar, Tarım 4.0 vizyonunun pratik örnekleri olarak sunulmaktadır.

Ayrıca, kitabın diğer bölümleri, Anadolu'da çeltik tarımının tarihsel serüveni ve kültürel öneminden başlayarak, defne ve İzmir kekiği gibi aromatik ve fonksiyonel bitkilerin fitokimyasal özellikleri, gıda teknolojisindeki yenilikçi uygulamaları ve tarımsal potansiyellerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bu sayede okuyucu, bitkisel kaynakların yalnızca tarımsal üretim değil, aynı zamanda besin, sağlık ve endüstri açısından da önemini bütüncül bir perspektifle değerlendirme fırsatı bulmaktadır.

Bu çalışma, akademisyenler, tarım mühendisleri, gıda bilimcileri ve bitki biyoteknolojisi alanında araştırma yapan herkes için kapsamlı bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Her bölüm, güncel bilimsel literatür ve örnek olaylar ışığında hazırlanmış olup, okuyuculara hem teorik bilgiler hem de uygulamalı yaklaşımlar sunmaktadır.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara, değerli katkıları ve paylaştıkları bilimsel veriler için teşekkür ederiz. Bu eser, bitkisel kaynakların yönetimi ve gıda teknolojilerindeki yenilikçi uygulamalara ışık tutarak, sürdürülebilir tarım ve sağlıklı gıda üretimi alanlarında yapılacak gelecekteki çalışmalara rehberlik edecektir.

Dr. Öğretim Üyesi Muzaffer KIRPIK

BÖLÜM I

BAZI ABİYOTİK FAKTÖRLERİN ENTOMOPATOJEN NEMATODLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. İsmail Alper SUSURLUK¹

Arş. Gör. Alperen Kaan BÜTÜNER²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.19616780>

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye.
susurluk@uludag.edu.tr, orcid id: 0000-0002-0699-1752

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye.
alperenbutuner@uludag.edu.tr, orcid id: 0000-0002-2121-3529

1. GİRİŞ

Uzun yıllar boyunca tarımsal üretim yapılan alanlarda bitki hastalık ve zararlıları ile mücadelede, yoğun bir şekilde pestisit kullanımı beraberinde kötü sonuçlar doğurmaktadır. (Hernández ve ark., 2013; Jayaraj ve ark., 2016). Pestisitlerin, insan, hayvan, balık ve arı gibi hedef dışı organizmalar üzerinde oluşturduğu toksik etkiler son yıllarda yapılan çalışmalar ile ortaya koyulmuştur (Hashimi ve ark., 2020; Bütüner ve Susurluk, 2025). Bunun yanında uzun yıllar boyunca aynı etken maddelerin bir üretim sezonu içerisinde rotasyon yapılmadan yoğun bir şekilde kullanımı özellikle üreme kapasitesi yüksek olan zararlılarda dayanıklılık meydana getirebilmektedir (Siegwart ve ark., 2015; Gul ve ark., 2023). Bu gibi olumsuz etkilerin son yıllarda yoğun bir şekilde ortaya çıkmasıyla, Avrupa Birliği (AB) tarafından alınan kararlar sonucunda kimyasal mücadele kapsamında tüketilen pestisit kullanımına sınırlama getirilirken, hastalık ve zararlıların potansiyel mücadelesi amacıyla biyolojik ve biyoteknik mücadele gibi diğer çevre ile dost mücadele yöntemlerinin kullanımı ise teşvik edilmektedir (Marchand ve Robin, 2019; Dede ve ark., 2022; Yaraşır ve ark., 2024).

Entomopatojen nematodlar (EPN'ler) biyolojik mücadele kapsamında tarımsal üretim yapılan birçok alanda çoğu potansiyel zararlının mücadelesinde kullanılmaktadır. Taksonomik olarak EPN'ler, Rhabditida takımı içerisinde yer almakta olup başlıca Steinernematidae ve Heterorhabditidae familyalarına üye türlerdir (Gaugler ve ark., 1997; Susurluk ve Ehlers, 2008a). EPN'ler konukçularını yalnızca simbiyotik halde yaşadıkları gram negatif bakteriler ile enfekte edebilmektedir. *Steinernema* türleri *Xenorhabdus* spp. ile, *Heterorhabditis* türleri ise *Photorhabdus* spp. ile mutualistik bir ilişki içermektedir (Ciche ve ark., 2006; Tarasco ve ark., 2023). EPN'ler yalnızca infektif juvenil (IJ) evresinde aktif bir şekilde konukçularını arayıp konukçularını enfekte edebilmektedirler ve bakteri salınımı yoluyla konukçunun kısa sürede septisemi (kan zehirlenmesi) geçirmesi ve ölümüne neden olmaktadır. Konukçunun ölümünü takiben, EPN'ler konukçu dokuları içerisinde gelişimlerini sürdürerek öldürdüğü böcek içinde 2-3 döl veririler (Ehlers, 1996). Besin kaynaklarının tükenmesiyle birlikte bu bireyler konukçuyu terk ederek toprakta yeni bir konukçu arayışına girmektedir. Bu döngü, EPN'lerin doğal popülasyonlarını sürdüröbilmelerini ve biyolojik

mücadelede etkili olmalarını sağlayan temel mekanizmayı oluşturmaktadır (Gaugler ve ark., 1997; Serwe-Rodriguez ve ark., 2004; Lewis ve ark., 2006).

Ancak EPN'lerin konukçuları üzerinde etkinliğini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen birçok abiyotik faktörler vardır, bunlar toprak sıcaklığı, toprak nemi, toprağın tekstürü, toprak pH'ı, ışık ve UV etkisi şeklinde sıralanabilmektedir.. Bu gibi abiyotik faktörler EPN'lerin konukçular üzerinde etkinliğini olumsuz yönde etkileyebildiği gibi aynı zamanda EPN'lerin hayatta kalmaları ve üremeleri gibi bir çok faktör üzerinde etkili olmaktadır (Kung ve ark., 1991; Jagdale ve Grewal, 2007; Ulu ve Susurluk, 2014; Bütüner ve Susurluk, 2023; Bütüner ve ark., 2023).

Bu bölümün amacı, EPN'ler üzerinde abiyotik faktörlerin oluşturduğu olumsuz etkilerin belirlenmesi ve biyolojik mücadele kapsamında kullanılmakta olan bu biyolojik ajanların daha etkin kullanımı aşamasında abiyotik faktörlerin ne denli EPN'ler üzerinde etkisi olduğu bilgisinin paylaşımının sağlanmasıdır.

Sıcaklık

Sıcaklık EPN'lerin fizyolojik aktiviteleri ve konukçu üzerinde potansiyel etkinlikleri açısından oldukça belirleyici bir abiyotik faktördür. Her EPN türünün belirli ortam koşulları ve çevresel koşullara adapte olduğu bilinmektedir. Bireylerin adapte oldukları çevre koşulları içerisinde metabolik aktiviteleri artmakta, optimum gelişim gösterip konukçu üzerinde etkinlikleri optimum seviyeye çıkmaktadır (Kung ve ark., 1991; Brown ve Gaugler, 1997; Susurluk ve Ehlers, 2008b; Koppenhöfer ve ark., 2013; Bütüner ve Susurluk, 2023). Uygun sıcaklıklar EPN'lerin hareket kabiliyetini arttırmakta ve daha hızlı konukçularına erişebilmelerini ve konukçularını enfekte edip daha hızlı üremelerini sağlamaktadır. Örneğin, *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) türü serin koşullarda da etkin bir şekilde konukçuları üzerinde etkinlik gösterirken *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) türü ise genellikle *Steinernema* türlerine göre daha sıcak yerlerde daha etkin bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Ehlers, 1996; Grewal ve ark., 1996; Aydın ve Susurluk, 2005; Bütüner ve Susurluk, 2023). Özellikle *H. bacteriophora* türüne ait bazı hibrit ırkların 42 °C' ye kadar yaşamsal faaliyetlerini ve konukçu üzerindeki etkinliklerini sürdürebildikleri yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Susurluk ve ark., 2013; Ulu ve Susurluk, 2014).

Bazı *S. feltiae* izolatlarının ise 30-35°C' de gelişimlerinin durduğu ve öldükleri belirlenmiştir (Menti ve ark., 2000). Uygun olmayan sıcaklıklar ise EPN'lerin fizyolojik aktivitelerini yavaşlatmakta, konukçular üzerindeki etkinlerinde ise azalmalara neden olmaktadır. Uygun sıcaklıktaki ortamlarında yaşamayan bireylerin hareket kabiliyetleri azalmakta, konukçularını enfekte etmekte zorlanmakta ve üreme güçlerinde zayıflama, hayat çemberlerini geç tamamlama veya tamamlayamama gibi durumlarla karşılaşmaktadır (Brown ve Gaugler, 1997; Aydın ve Susurluk, 2005; Bütüner ve Susurluk, 2023).

Toprak Nemi

Toprak nemi, EPN'lerin konukçularına ulaşabilmesi açısından oldukça hayatidir. EPN'ler, toprak gözeneklerinde bulunan boşluklarda adezyon-kohezyon çekim kuvvetiyle ve vücut hareketleri aracılığıyla hareket eden organizmalar olup, yeterli nem düzeyi olmaksızın aktif dispersiyon yeteneklerini sürdürememektedirler (Kung ve ark., 1990; Koppenhöfer ve ark., 1995; Brown ve Gaugler, 1997; Grant ve Villani, 2003; Bal ve ark., 2017). Düşük toprak nemi, EPN'lerin hareketini sınırlandırmakta, canlılıklarını tehdit etmekte, toprak neminin olmaması ise ortaya çıkacak olan aşırı toprak sıcaklıkları ile EPN'lerin yaşamsal faaliyetlerini tehdit etmektedir ve konukçuya ulaşma olasılığını azaltmaktadır. Yoğun nemin olduğu koşullarda ise oksijen düzeyinin düşmesine bağlı olarak nematodların fizyolojik stres yaşamasına neden olabilmektedir. Ayrıca, EPN'lerin hareket kabiliyetini kısıtlamakta ve dolayısıyla ölmelerine neden olmaktadır. Toprak neminin yaklaşık olarak %10-15 aralığında olduğu uygun toprak koşullarında bir çok EPN türünün konukçuları üzerinde optimum etkinlik elde ettiği bilinmektedir (Kung ve ark., 1991; Radová ve Trnková, 2010; Frankenstein ve ark., 2024; Susurluk ve Bütüner, 2024).

Toprak Yapısı ve Doku Özellikleri

Toprak yapısı ve doku özellikleri, EPN'lerin toprak içerisindeki dağılımı ve konukçu arama davranışları üzerinde doğrudan etkilidir. Kumlu-Tınlı topraklar, gözenek yapısının geniş olması nedeniyle EPN'lerin hareketine daha fazla olanak tanırken; killi ve ağır topraklar, fiziksel bariyer etkisi oluşturarak nematodların dispersiyonunu sınırlandırabilmektedir (Kung ve ark., 1990; Koppenhöfer ve ark., 1995; Brown ve Gaugler, 1997; Bal ve ark., 2017). Toprak agregat yapısı, porozite ve havalanma düzeyi gibi fiziksel parametreler,

EPN'lerin hem yaşam süresini hem de konukçuya ulaşma başarısını belirleyen çevresel unsurlar arasında yer almaktadır. Bunların eksikliğinde EPN'lerin potansiyel etkinliği oldukça sınırlanmaktadır (Kung ve ark., 1990; Koppenhöfer ve Fuzy, 2006).

Toprak pH'ı

Toprak pH'ı, EPN'lerin fizyolojik özellikleri üzerinde oldukça önemli etkilere neden olduğu bilinmektedir. Yoğun asidik veya alkali topraklar, EPN'lerin canlılığını ve konukçu üzerindeki etkinliğini sınırlandırabilmektedir. Yoğun asitli topraklar ise bütünüyle EPN'lerin canlılığını da tehdit ettiği bilinmektedir (Dziegielewska ve Skwiercz, 2018; Matuska-Łyzwa ve ark., 2024). Yapılan çalışmalar özellikle *Heterorhabditis* türlerinin daha yüksek pH'lı topraklarda varlığı daha çok görülürken *Steinernema* türlerinin ise daha düşük pH'lı topraklarda daha yoğun bir şekilde görüldüğü belirtilmiştir (Rosa ve ark., 2000; Khathwayo ve ark., 2021).

Gün Işığı ve Ultraviyole

Güneş ışığı ve özellikle ultraviyole (UV) ışınım ile EPN'lerin doğrudan maruziyeti olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Özellikle EPN'lerin hücrel yapılarında hasara neden olarak canlılıklarını azaltmakta ve IJ'lerin çevresel etkenlere karşı dayanıklılıklarını ayrıca konukçular üzerinde oluşturdukları etkinlikleri düşürmektedir. Bu neden direkt maruziyetin yaşanacağı EPN'lerin toprak üstü yani yüzey uygulamalarındaki başarı toprak altına göre oldukça düşüktür (Gaugler ve ark., 1992; Jagdale ve Grewal, 2007; Fatimah ve ark., 2025). Ancak son yıllarda yapılan bazı çalışmalar sıvı nişasta ile hazırlanmış olan solüsyonun EPN'lerin UV ışınlarına karşı dayanıklılığını arttırdığı belirlenmiştir (Wu ve ark., 2023).

Pestisit Kalıntıları

Toprakta bulunan pestisit kalıntıları, özellikle nematisit ve bazı toprak fumigantları EPN'lerin etkinliklerine olumsuz etki yapabilmekte ve fizyolojik olarak gelişimlerini, üremelerini baskılayabilecek sonuçlar doğurmaktadır. Bu noktada ise EPN uygulaması yapılan alanda daha öncesinde kullanılmış olan pestisit kalıntıları EPN'lerin başarılı bir şekilde kullanılmasını etkileyebilmektedir (Koppenhöfer ve ark., 2002; Ulu ve ark., 2016; Kwizera ve Susurluk, 2017; Özdemir ve ark., 2020). Ancak, özellikle *S. feltiae* türüne ait

bazı izolatların, Chlorantraniliprole, Spinosad ve Spinetoram gibi bazı insektisitlerle birlikte kullanıma uyumlu olduğu yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2021). Başka bir çalışmada ise *S. feltiae* ve *H. bacteriophora* türlerine ait bazı izolatların azadirachtin ve pirimicarb bazı insektisitlerle uyumlu bir şekilde kullanılabilceği belirtilmiştir (Laznik ve Trdan, 2014).

SONUÇ

Abiyotik faktörler, EPN'lerin biyolojik mücadeledeki etkinliğini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Sıcaklık, toprak nemi, toprak yapısı, pH, gün ışığı - UV ve pestisit kalıntıları; EPN'lerin konukçu arama davranışı, konukçu üzerindeki etkinliği ve populasyon sürekliliği üzerinde bütüncül bir etki oluşturmaktadır. Bu faktörlerin birlikte değerlendirilmesi, EPN temelli biyolojik mücadele stratejilerinin planlanmasında kritik öneme sahiptir. EPN'lerin tarımsal zararlı yönetiminde etkin bir biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilmesi, yalnızca uygun tür seçimi ile değil, aynı zamanda çevresel koşulların EPN'lerin yaşam koşulları için uygunluğu ve optimum performansı için uygun olması ile mümkündür. Abiyotik faktörlerin etkilerinin ayrıntılı biçimde anlaşılması, sürdürülebilir tarım uygulamalarında EPN tabanlı biyolojik mücadele stratejilerinin başarısını artıracakı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Aydin, H., & Susurluk, A. (2005). Competitive abilities of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora* in the same host at different temperatures. *Turkish Journal of Biology*, 29(1), 35-39.
- Bal, H. K., Acosta, N., Cheng, Z., Grewal, P. S., & Hoy, C. W. (2017). Effect of habitat and soil management on dispersal and distribution patterns of entomopathogenic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 121, 48-59.
- Brown, I. M., & Gaugler, R. (1997). Temperature and humidity influence emergence and survival of entomopathogenic nematodes. *Nematologica*, 43(5), 363-376.
- Bütüner, A. K., & Susurluk, A. (2023). Efficiency of temperature and storage duration on some morphological measurements and reproductive capacity of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae)'s Turkish HBH hybrid strain. *Turkish Journal of Entomology*, 47(4), 469-476.
- Bütüner, A. K., İlktan, M., & Susurluk, A. (2023). Effects of storage temperature on viability and virulence of entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae), *Steinernema carpocapsae* Weiser, 1955 and *Steinernema feltiae* Filipjev, 1934 (Rhabditida: Steinernematidae). *Turkish Journal of Entomology*, 47(3), 247-257.
- Bütüner, A. K., & Susurluk, İ. A. (2025). Effects of pesticides on *Apis mellifera* L.(Hymenoptera: Apidae) and their residues in honey. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 62(4), 555-566.
- Ciche, T. A., Darby, C., Ehlers, R. U., Forst, S., & Goodrich-Blair, H. (2006). Dangerous liaisons: the symbiosis of entomopathogenic nematodes and bacteria. *Biological Control*, 38(1), 22-46.
- Dede, E., Bütüner, A. K., & Susurluk, A. (2022). Biocontrol potential of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH hybrid strain against the beet webworm, *Loxostege sticticalis* L., 1761 (Lepidoptera: Pyralidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46(4), 399-405.
- Dzięgielewska, M., & Skwiercz, A. (2018). The influence of selected abiotic factors on the occurrence of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae) in soil. *Polish Journal of Soil Science*, 51(1), 11.
- Ehlers, R. U. (1996). Current and future use of nematodes in biocontrol: practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues. *Biocontrol Science and technology*, 6(3), 303-316.
- Fatimah, N., Askary, T. H., & Abd-Elgawad, M. M. (2025). Factors influencing the performance of entomopathogenic nematodes: from laboratory to field conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 35(1), 29.

- Frankenstein, D., Luu, M. S., Luna-Ayala, J., Willett, D. S., & Filgueiras, C. S. (2024). Soil moisture conditions alter behavior of entomopathogenic nematodes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(7), 4383-4390.
- Gaugler, R., Bednarek, A., & Campbell, J. F. (1992). Ultraviolet inactivation of heterorhabditid and steinernematid nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 59(2), 155-160.
- Gaugler, R., Lewis, E., & Stuart, R. J. (1997). Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia*, 109(4), 483-489.
- Grant, J. A., & Villani, M. G. (2003). Soil moisture effects on entomopathogenic nematodes. *Environmental entomology*, 32(1), 80-87.
- Grewal, P. S., Gaugler, R., & Wang, Y. I. (1996). Enhanced cold tolerance of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* through genetic selection. *Annals of applied biology*, 129(2), 335-341.
- Gul, H., Gadratagi, B. G., Güncan, A., Tyagi, S., Ullah, F., Desneux, N., & Liu, X. (2023). Fitness costs of resistance to insecticides in insects. *Frontiers in physiology*, 14, 1238111.
- Hashimi, M. H., Hashimi, R., & Ryan, Q. (2020). Toxic effects of pesticides on humans, plants, animals, pollinators and beneficial organisms. *Asian Plant Research Journal*, 5(4), 37-47.
- Hernández, A. F., Parrón, T., Tsatsakis, A. M., Requena, M., Alarcón, R., & López-Guarnido, O. (2013). Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: their relevance to human health. *Toxicology*, 307, 136-145.
- Jagdale, G. B., & Grewal, P. S. (2007). Storage temperature influences desiccation and ultra violet radiation tolerance of entomopathogenic nematodes. *Journal of Thermal Biology*, 32(1), 20-27.
- Jayaraj, R., Megha, P., & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary toxicology*, 9(3-4), 90.
- Khathwayo, Z., Ramakuwela, T., Hatting, J., Shapiro-Ilan, D. I., & Cochrane, N. (2021). Quantification of pH tolerance levels among entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 53, e2021-62.
- Koppenhöfer, A. M., Kaya, H. K., & Taormino, S. P. (1995). Infectivity of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) at different soil depths and moistures. *Journal of Invertebrate Pathology*, 65(2), 193-199.
- Koppenhöfer, A. M., Cowles, R. S., Cowles, E. A., Fuzy, E. M., & Baumgartner, L. (2002). Comparison of neonicotinoid insecticides as synergists for entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 24(1), 90-97.

- Koppenhöfer, A. M., & Fuzy, E. M. (2006). Effect of soil type on infectivity and persistence of the entomopathogenic nematodes *Steinernema scarabaei*, *Steinernema glaseri*, *Heterorhabditis zealandica*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of invertebrate Pathology*, 92(1), 11-22.
- Koppenhöfer, A. M., Ebssa, L., & Fuzy, E. M. (2013). Storage temperature and duration affect *Steinernema scarabaei* dispersal and attraction, virulence, and infectivity to a white grub host. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112(2), 129-137.
- Kung, S. P., Gaugler, R., & Kaya, H. K. (1990). Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(3), 401-406.
- Kung, S. P., Gaugler, R., & Kaya, H. K. (1991). Effects of soil temperature, moisture, and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. *Journal of invertebrate pathology*, 57(2), 242-249.
- Kwizera, V., & Susurluk, I. A. (2017). Evaluation of the effects of some insecticides based on neonicotinoids on entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *S. carpocapsae*. *Invertebrate Survival Journal*, 14(1), 375-378.
- Laznik, Ž., & Trdan, S. (2014). The influence of insecticides on the viability of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) under laboratory conditions. *Pest management science*, 70(5), 784-789.
- Lewis, E. E., Campbell, J., Griffin, C., Kaya, H., & Peters, A. (2006). Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Biological control*, 38(1), 66-79.
- Marchand, P. A., & Robin, D. (2019). Evolution of Directive (EC) No 128/2009 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Journal of Regulatory Science*, 7(2019), 1-7.
- Matuska-Łyżwa, J., Duda, S., Nowak, D., & Kaca, W. (2024). Impact of abiotic and biotic environmental conditions on the development and infectivity of entomopathogenic nematodes in agricultural soils. *Insects*, 15(6), 421.
- Menti, H., Wright, D., & Perry, R. (2000). Infectivity of populations of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis megidis* in relation to temperature, age and lipid content. *Nematology*, 2(5), 515-521.
- Özdemir, E., İnak, E., Evlice, E., & Laznik, Z. (2020). Compatibility of entomopathogenic nematodes with pesticides registered in vegetable crops under laboratory conditions. *Journal of plant diseases and protection*, 127(4), 529-535.
- Özdemir, E., İnak, E., Evlice, E., Yüksel, E., Delialioğlu, R. A., & Susurluk, I. A. (2021). Effects of insecticides and synergistic chemicals on the efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida:

- Steinernematidae) against *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Crop Protection, 144, 105605.
- Radová, S., & Trnková, Z. (2010). Effect of soil temperature and moisture on the pathogenicity of two species of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae). Journal of Agrobiology, 27(1), 1.
- Rosa, J. S., Bonifassi, E., Amaral, J., Lacey, L. A., Simoes, N., & Laumond, C. (2000). Natural occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernema, Heterorhabditis) in the Azores. Journal of Nematology, 32(2), 215.
- Serwe-Rodriguez, J., Sonnenberg, K., Appleman, B., & Bornstein-Forst, S. (2004). Effects of host desiccation on development, survival, and infectivity of entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae*. Journal of Invertebrate Pathology, 85(3), 175-181.
- Sieglwart, M., Graillot, B., Blachere Lopez, C., Besse, S., Bardin, M., Nicot, P. C., & Lopez-Ferber, M. (2015). Resistance to bio-insecticides or how to enhance their sustainability: a review. Frontiers in plant science, 6, 381.
- Susurluk, A., & Ehlers, R. U. (2008a). Field persistence of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in different crops. BioControl, 53(4), 627-641.
- Susurluk, I. A., & Ehlers, R. U. (2008b). Comparison of some characterizations of recovered from soil and newly fermented entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae). Journal of Biological and Environmental Sciences, 2(6), 65-71.
- Susurluk, I. A., Ulu, T. C., & Kongu, Y. (2013). Tolerances of hybridized entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) strains to heat and desiccation. Turkish Journal of Entomology, 37(2), 221-228.
- Susurluk, A., & Bütüner, A. K. (2024). The role of drought in the efficacy of some entomopathogenic nematodes. Turkish Journal of Entomology, 48(1), 103-110.
- Tarasco, E., Fanelli, E., Salvemini, C., El-Khoury, Y., Troccoli, A., Vovlas, A., & De Luca, F. (2023). Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria: from genes to field uses. Frontiers in Insect Science, 3, 1195254.
- Ulu, T. C., & Susurluk, I. A. (2014). Heat and desiccation tolerances of *Heterorhabditis bacteriophora* strains and relationships between their tolerances and some bioecological characteristics. Invertebrate Survival Journal, 11(1), 4-10.
- Ulu, T. C., Sadic, B., & Susurluk, I. A. (2016). Effects of different pesticides on virulence and mortality of some entomopathogenic nematodes. Invertebrate Survival Journal, 13(1), 111-115.

- Wu, S., Li, Y., Toews, M. D., Mbata, G., & Shapiro-Ilan, D. I. (2023). Novel formulations improve the environmental tolerance of entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 186, 105329.
- Yaraşır, O. N., Bütüner, A. K., & Susurluk, H. (2024). Recent Advances on the Potential Control of *Rhizopertha dominica* Fab.(Coleoptera: Bostrichidae). *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2), 449-456.

BÖLÜM II

DEFNE (*Laurus nobilis* L.): FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ ve GIDA ALANINDAKİ YENİLİKÇİ ve FONKSİYONEL UYGULAMALARI

İbrahim CANBEY¹

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.19616788>

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü A.D., Bursa, Türkiye. ibrahim.canbey.gmuh@gmail.com, orcid id: 0000-0003-2568-0885

1. GİRİŞ

Defne (*Laurus nobilis* L.), Lauraceae familyasına ait, aromatik özelliklere sahip, herdem yeşil kalan bir ağaç türüdür. (Mohamed ve Al-Azawi, 2022). İngilizce’de yaygın şekilde “bay laurel”, “bay tree”, or “laurel” olarak bilinir (Abou-Khalil vd., 2026). Ayrıca “bay”, “sweet bay”, “Roman laurel” veya “daphne” isimleriyle de anılır (Dobroslavić vd., 2022).

L. nobilis L., antik dönemlerden bu yana geleneksel tıpta bilinen ve kullanılan oldukça popüler bir bitki olup aynı zamanda askeri ve sportif müsabakalarda barışın ve zaferin sembolü olarak kabul edilmektedir (Anzano vd., 2022). Geleneksel mutfak uygulamalarında ve halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılan bir bitki olduğu bilinmektedir (Awada vd., 2023). Defnenin taze veya kurutulmuş yaprakları, gıda preparatlarının lezzetini artırmakta olup aynı zamanda parfümeri alanında kullanılan aromatik yağlar açısından önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Hussain vd., 2026). Bu bitkinin yaprak ve çiçek gibi farklı kısımlarından elde edilen uçucu yağlar; gıda, ilaç ve kozmetik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Srivastava, 2020). *L. nobilis* L. uçucu yağı, gıda endüstrisinde güçlü bir biyolojik ajan ve aroma verici madde olarak değerlendirilmektedir (Mousavi vd., 2026).

Bitki genel olarak proteinler, serbest şekerler, organik asitler, çoklu doymamış yağ asitleri ve tokoferoller dahil olmak üzere zengin bir bileşime sahip olup antimikrobiyal ve antioksidan özellikler başta olmak üzere geniş bir biyolojik aktivite yelpazesi sergilemektedir (Anzano vd., 2022).

Bu bölümde; bilimsel veriler ışığında, defnenin fitokimyasal kompozisyonu ve gıda alanındaki yenilikçi uygulamaları ayrıntılı olarak ele alınmış; söz konusu çalışmanın, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalar için kapsamlı bir bilimsel kaynak oluşturması amaçlanmıştır.

2. DEFNENİN ÖZELLİKLERİ ve KİMYASAL KOMPOZİSYONU

L. nobilis, Güney Akdeniz Bölgesi’ne özgü bir bitkidir (Caputo vd., 2017; Srivastava, 2020; Khodja vd., 2023). Başlıca Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri’nde süs ve tıbbi amaçlarla kültüre alınarak yetiştirilmektedir (Caputo vd., 2017). Türün doğal yayılış alanı, Akdeniz havzasıdır (Awada vd., 2023). Kıyı bölgelerinden yüksek rakımlı orman alanlarına kadar uzanan farklı

habitatlara uyum sağlamış olup iyi drene edilmiş topraklarda ve ılıman iklim koşullarında optimum gelişim göstermektedir (Abou-Khalil vd., 2026).

L. nobilis L., tüysüz ve düzgün yüzeyli yeşil yapraklara sahip büyük çalı formunda bir bitkidir (Awada vd., 2023). Bir diğer ifadeyle, küçük ağaç formundadır (Khodja vd., 2023). Boyu, 2 m ila 20 m arasında değişim gösterir (Dobroslavić vd., 2022).

Bitkinin yaprakları, alternat dizilişli olup dar, uzun ve mızraksı (oblong-lanseolat) bir şekle sahiptir (Awada vd., 2023). Bitki, büyük ölçüde doğadan toplanmaktadır (Yılmaz vd., 2025). Defne yaprakları, bitkinin herdem yeşil yapısı sayesinde yıl boyunca hasat edilebilmekle birlikte Akdeniz bölgesinde en uygun hasat dönemi, genellikle sonbahar aylarıdır (Khodja vd., 2023; Hussain vd., 2026). Türkiye, Yunanistan ve eski Yugoslavya ülkelerinde defne yaprakları genellikle Ağustos ve Ekim ayları arasında hasat edilirken; Fas ve Portekiz'de önerilen hasat dönemi ise, Temmuz ve Ağustos aylarına tekabül etmektedir (Khodja vd., 2023). Hasat işleminin; çiğ, yüksek nem ve şiddetli yağış gibi olumsuz çevresel koşullardan kaçınılarak uygun atmosferik şartlarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Khodja vd., 2023; Hussain vd., 2026). Aksi takdirde, söz konusu koşullar, yapraklarda bozulma ve renk değişimini hızlandırarak ürün kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir (Khodja vd., 2023).

Defne yaprakları, keskin ve hafif acı bir tada sahiptir. Yaprakların karakteristik koku ve aromatik özellikleri ise, bileşimlerinde bulunan uçucu yağlardan kaynaklanmaktadır (Khodja vd., 2023). Defnenin yaprakları; uçucu yağlar, fenolik bileşikler, flavonoidler ve alkaloidler gibi biyoaktif bileşenler bakımından zengin olması sayesinde özellikle yüksek bir değere sahiptir (Hussain vd., 2026).

Defnenin çiçekleri, küçük yapılı ve dört loplulu olup dişi çiçeklerde, genellikle 2 ila 4 adet staminot bulunmaktadır. Erkek çiçeklerde ise, 8 ila 12 adet stamen yer almaktadır. Defne meyveleri (laurel berries veya laurel fruits), tek tohumludur ve ovoid yapıya sahiptir. Yaklaşık 10 mm ila 15 mm büyüklüğünde olup olgunlaştıkça, koyu mor renkten siyaha dönüşmektedir (Awada vd., 2023). Meyveler; ince, kırılabilir ve buruşuk bir perikarpa sahiptir (Sebei ve Zouhir, 2022).

2.1. Defnenin Fitokimyasal Bileşimi

Zengin bir fitokimyasal bileşime sahip olan defne; çok sayıda esansiyel elementi, bazı vitaminleri ve çeşitli sekonder metabolitleri içermektedir. Bu ikincil bileşikler arasında başlıca; uçucu yağ bileşenleri (sineol, linalool, öjenol vb.), fenolik bileşikler, özellikle fenolik asitler (ferulik, protokateşuik ve kafeik asitler vb.), flavonoidler (kateşin, kamferol, apigenin, kuersetin ve bunların türevleri) ile alkaloitler (noraporfınler ve aporfınler) yer almaktadır (Khodja vd., 2023). *L. nobilis*'te biyolojik aktivite gösteren başlıca kimyasal bileşikler; terpenoidler, fenolik bileşikler ve yağ asitleridir (Awada vd., 2023).

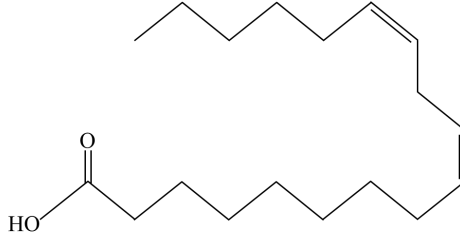
Defne meyveleri (laurel fruits) hem sabit yağ (fixed oil) hem de uçucu yağ (essential oil) içermekte olup söz konusu yağlar, başta sabun üretimi olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Sebei ve Zouhir, 2022; Awada vd., 2023). Defne meyvelerindeki sabit yağ için İngilizce kaynaklarda "laurel fruit oil" ifadesi de kullanılmaktadır (Castilho vd., 2005). Benzer şekilde "berry fixed oil" de denilmektedir (Marzouki vd., 2008). Defne meyvelerindeki yağ oranı, %30'a kadar çıkabilmektedir (Alejo-Armijo vd., 2017). Başka bir kaynakta, defne meyvelerinin %24-%30 sabit yağ içerdiği ifade edilmiştir (Yurtlu vd., 2010).

Sabit yağlar, genellikle belirli organik çözücüler kullanılarak maserasyon metoduyla veya sıcak ve soğuk sıkım (hot and cold pressing) gibi mekanik yöntemlerle elde edilmektedirler (Şentürk vd., 2022). Bu yöntemlerden soğuk presleme yöntemi, kimyasal çözücü kullanımını gerektirmemesi sayesinde güvenli bir ekstraksiyon yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır ve farklı bitkisel matrislerde yaygın biçimde uygulanmaktadır. Bu yöntemin temel üstünlüğü, yüksek sıcaklık ve kimyasal işlem uygulama basamaklarını içermemesidir. Üretim sürecinde nispeten düşük sıcaklıkların tercih edilmesi, biyoaktif bileşenlerin yapısal bütünlüğünün korunmasına katkı sağlamakta ve böylece besinsel ve fonksiyonel açıdan yüksek nitelikli yağların elde edilmesine olanak tanımaktadır (Wandhekar vd., 2023). Şekil 1'de, defne meyvelerinden soğuk sıkım yöntemiyle elde edilmiş sabit yağ örneği ve bunun muhafaza edildiği kapaklı karartılmış cam şişe gösterilmektedir.



Şekil 1. Defne meyvesi yağı ve bunun muhafaza edildiği kapaklı karartılmış şişe örneği

Şekil 1’de görüldüğü üzere defne meyvesi yağının muhafaza edilmesinde, karartılmış kapaklı cam şişe kullanılmaktadır. Bunun nedeni; yağın, oksidasyona karşı korunmasının sağlanmaya çalışılmasıdır. Bilindiği üzere gıdalardaki lipitler, ışık ve yüksek sıcaklık gibi çevresel faktörlere karşı oldukça hassas olup bu koşullar, serbest radikal oluşumunu tetikleyerek lipit oksidasyonunu hızlandırmaktadır (Gharby vd., 2025). Bunlara ilaveten katı ve sıvı yağların (fats and oils) oksidasyonu; doymamışlık derecesi, oksijenin türü, gıda matriksinin yapısı, pro-oksidatif metal iyonları ve antioksidanların varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak gerçekleşmektedir (Upadhyay ve Mishra, 2016). Çoklu çift bağ içeren doymamış yağ asitleri bakımından zengin sistemler, kimyasal yapıları gereği oksidatif bozulmaya daha fazla yatkınlık göstermektedir (Can, 2019). Çoklu doymamış yağ asitlerine örnek olarak linoleik asit (C18:2-9c,12c) gösterilebilir (Şekil 2) (Mavlanov vd., 2025).



Şekil 2. Linoleik asidin kimyasal yapısı (Salehi vd., 2021 kaynağından esinlenerek oluşturulmuştur)

Lipit oksidasyonu, genellikle iki aşamada incelenen serbest radikal zincir reaksiyonudur. Birincil lipit oksidasyonu sonucunda, başlıca oksidasyon ürünleri olarak tanımlanan hidroperoksitler oluşmaktadır. İkincil lipit oksidasyonu aşamasında ise, bu hidroperoksitler parçalanarak aldehitler,

ketonlar ve alkoller gibi uçucu ve istenmeyen tat-koku bileşiklerine dönüşmektedir (Hoppenreijns vd., 2021).

Lipit oksidasyonu, gıda teknolojisi alanında önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Dıraman ve Türk Baydır, 2017). Lipit oksidasyonu, lipit içeren gıdaların raf ömrünü olumsuz yönde etkilemekte ve istenmeyen tat ve koku bileşiklerinin oluşumuna yol açmaktadır (Hoppenreijns vd., 2021). Bununla birlikte, yağ oksidasyonu; besin değerinde azalma ile fonksiyonel özelliklerde ve kimyasal bileşimde değişimlere yol açarak tüketici kabulünü düşürmektedir (Gharby vd., 2025).

Yukarıdaki bilgiler incelendiğinde, defne meyvesinin yağ içeriğinin ne kadar önemli bir bileşen olduğu anlaşılmaktadır. Bunlara ilaveten, zengin fitokimyasal bileşimi ile ön plana çıkan defne bitkisinin kimyasal bileşimine yönelik yapılmış olan bazı bilimsel çalışmalar, Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Defnenin fitokimyasal bileşimi üzerine yapılmış olan bazı bilimsel çalışmalar

Bitkisel materyal	Bileşikler ve besin unsurları	Kaynaklar
Meyve sabit yağı (berry fixed oil)	%27,6 oranında 12:0 (laurik asit); %27,1 oranında 18:1 n-9 (oleik asit); %21,4 oranında 18:2 n-6 (linoleik asit) ve %17,1 oranında 16:0 (palmitik asit)	Marzouki vd., 2008
Kurutulmuş defne yaprağı ekstraktı	Flavonoit-O-glikozitler, flavonoit-C-glikozit, kateşin ve sinnamtanin B1	Dall’Acqua vd., 2009
Defne yaprağı	Mineraller (potasyum, kalsiyum, fosfor, magnezyum, demir, manganez, çinko ve bakır), vitaminler (askorbik asit ve	Al-Hashimi ve Mahmood, 2016

	riboflavin), protein, karbonhidrat ve ham lif	
Defne yaprağı yağı (bay leaf oil)	Yağ asitleri (oleik, laurik, linoleik, palmitik, linolenik, stearik ve miristik asitler)	
Defne yaprağı eksttrakıtı	Gallik, kafeik, sirinjik, kumarik, ferulik ve sinamik asitler; kateşin, rutin, vanilin, narinjenin ve kuersetin	Gum Gumjee, 2020
Kurutulmuş defne yaprağı eksttrakıtı	Flavonoitler, tanenler, saponinler ve fenoller	Al-Abdullah vd., 2023
<i>L. nobilis</i> yaprak eksttrakıtı	Alkaloitler, flavonoitler, saponinler, fenol, tanen, terpenoitler ve steroitler	Beyene vd., 2024
Metanolik eksttrakıt	Tanenler, fenolik bileşikler (gallik ve kafeik asitler, prosiyanidin trimeri, epikateşin, kateşin, rutin, kuersetin-3-ramnozit, kamferol-3-O-heksozit, kamferol-3-O-rutinozit, kuersetin-3-glikozit, kuersetin-3-pentozit ve miristein) ve mineraller (Mn, Fe, Mg, Ca, Cu, Al ve K)	Mrabet vd., 2024
Kurutulmuş defne yaprağı eksttrakıtları	Steroidler, terpenoitler, alkaloitler, flavonoitler ve fenolik asitler	Ariffin vd., 2025

Defne yapraklarının metanol-kloroform ekstraktları	Gallik asit, askorbik asit, alizarin, narinjin, flavon, protokateşik asit, hidroksibenzoik asit, p- ve o-kumarik asitler, rutin, resveratrol, kuersetin ve hesperidin	Karadağ vd., 2025
<i>L. nobilis</i> yaprak ekstraktı	Flavonoidler, tanenler, alkaloidler, antrakinonlar ve steroidler	Layachi ve Berrezeg, 2025
Soğuk maserasyon yöntemi kullanılarak <i>L. nobilis</i> 'in yapraklarından hazırlanan kloroform ve metanol ekstraktları	Flavonoidler, fenoller, terpenoidler, glikozitler, steroidler, saponinler, alkaloidler ve karbonhidratlar	Offor ve Chinko, 2025

Tablo 1 incelendiğinde, defnenin fitokimyasal bileşimi üzerine birçok bilimsel çalışma yapıldığı görülmektedir. Bunlara ilaveten, yapılmış olan başka bir bilimsel araştırmada, defne meyvesindeki (fruit), tohumundaki (fruit seed) ve kabuğundaki (fruit peel) yağ asitlerinde hem kompozisyonel (bileşimsel) hem de oransal olarak farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında meyvede başlıca; laurik asit, kaproik asit, oleik asit, araşidik asit, linoleik asit, anandamit ve palmitik asitler ve diğer yağ asitleri tespit edilmiştir (Şentürk vd., 2022).

Başka bir bilimsel çalışmada defne meyvesinden elde edilen sabit yağın yüksek derecede uçucu bileşen içeriğine (yaklaşık %10) sahip olduğu ve bu fraksiyonda trans-osimen ile germakren D bileşiklerinin baskın bileşenler olduğu belirlenmiştir. Nötral lipit fraksiyonunda başlıca doymamış yağ asitleri, oleik asit (%30) ve linoleik asit (%20); başlıca doymuş yağ asitleri ise, laurik asit (%18) ve palmitik asit (%22,5) olarak saptanmıştır. Ayrıca meyve yağının sterol içeriğinin, zeytinyağı ile benzer düzeyde olduğu ve sterol fraksiyonunda β -sitosterolün (%84) en fazla oranda olduğu tespit edilmiştir. Bunlara ilaveten,

iki seskiterpen laktonun (dehidrokostuslakton ve kostunolit), toplam bileşimin yaklaşık %5'ini oluşturduğu belirlenmiştir (Castilho vd., 2005).

Bundan başka; bir diğer araştırmada, *L. nobilis* L. meyvelerinin farklı lokasyonlara göre kimyasal bileşiminin değiştiği gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, analiz sonuçlarına göre Yunanistan kaynaklı meyvelerde baskın fenolik asitler, p-kumarik ve vanilik asitler olarak belirlenmiştir. Gürcistan kaynaklı meyvelerde ise, başlıca fenolik asitlerin vanilik ve sirinjik asitler olduğu tespit edilmiştir (Petkova vd., 2019).

Bunlara ilaveten, bir diğer çalışmada; defnenin kurutulmuş yapraklarının ekstraksiyonu için iki farklı çözücü sistemi (sıcak ve soğuk sulu ekstraktlar ile etanolik ekstraktlar) kullanılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen GC-MS (gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi) analizleri sonucunda, Şekil 3'de sunulan bileşikler tespit edilmiştir (Al-Abdullah vd., 2023).

Soğuk su ekstraktının kimyasal bileşimi

- n-hekzadekanoik asit,
- Bis(2-etilheksil) ftalat
- Oktadekanoik asit
- 5-etil-2-furaldehit
- Metanol, tris(metilensiklopropil) türevi
- Karbonik asit, büt-3-in-1-il undesil ester
- 2(5H)-furanon, 5-metil- ve 2-desenoik asit

Sıcak su ekstraktının kimyasal bileşimi

- 5-hidroksimetilfurfural
- 2H-1,2,3-triazol-4-amin, 2-metil-5nitro-
- Metanol, tris(metilensiklopropil)-
- 1-allilazetidin; preg-4-en-3-on, 17.alfa.- hidroksi-17.beta.-siyano-
- Santamarin
- Kateşol
- 4H-piran-4-on, 2,3-dihidro- 3,5-dihidroksi-6-metil-
- 2-furanbütanoik asit, .gamma.- okso-
- 5-etil-2-furaldehit
- Alfa.-farnesen
- 5-hepten-2-ol, 6-metil-
- 3-heksen, (Z)-
- 2(5H)-furanon

Etanolik ekstraktının kimyasal bileşimi

- Metanol, tris(metilenesiklopropil)-
- Azuleno[4,5-b]furan-2(3H)-on, dekahidro-3,6,9-tris(metilen)-, [3aS- (3a.alfa.,6a. alfa.,9a. alfa.,9b. beta.)]-
- Azuleno[4,5-b]furan-2(3H)-on, 3a,4,6a,7,8,9,9a,9b-oktahidro-6- metil-3,9-bis(metilen)-, [3aS- (3a.alfa.,6a.alfa.,9a.alfa.,9b. beta.)]-
- 2-metil-2-viniloksiran
- 2-izopropiliden-3-metilheksa-3,5-dienal
- n-heksadekanoik asit
- Santamarin
- Bisiklo[2.2.1]heptan, 2,2-dimetil- 3-metilen-, (1S)-
- Neofitadien
- E vitamini
- Fitol
- Benzofuran, 2,3-dihidro-

Şekil 3. Kurutulmuş defne yapraklarının farklı ekstraktlarının kimyasal bileşimleri (Al-Abdullah vd., 2023)

2.2. Defnenin Uçucu Yağındaki Bileşenler

Uçucu yağlar, aromatik bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak sentezlenen ve trigliserit yapısında olmamaları nedeniyle yenilebilir (sabit) yağlardan (edible/fixed oil) yapısal olarak ayrılan doğal bileşiklerdir. Genellikle suya kıyasla daha düşük yoğunluğa sahip olan bu bileşikler, renksizden açık sarı tonlarına kadar değişen bir görünüme sahip olabilir. Bitkilere özgü karakteristik aromadan sorumlu olan uçucu yağlar, yoğun kokuları ve keskin duyuşal özellikleriyle karakterizedir (Canbey & Gürbüz, 2026).

Uçucu, doğal ve kimyasal açıdan karmaşık yapılara sahip olan uçucu yağlar, aromatik bitkiler tarafından biyosentezlenmekte ve farklı biyoaktif bileşiklerin bir arada bulunduğu kompleks karışımlar şeklinde doğada yer almaktadır (Canbey, 2025a). Uçucu yağların elde edilmesinde en yaygın yöntem, distilasyon olmakla birlikte; bitki materyalinin türüne ve hedeflenen bileşiklere bağlı olarak alternatif ekstraksiyon teknikleri de uygulanabilmektedir (Canbey, 2025b).

Ticari defne uçucu yağı, *L. nobilis* yapraklarının su buharı distilasyonu yöntemiyle elde edilmekte olup aromatik ve baharatımsı kokuya sahip sarı renkli bir sıvı formundadır. Defnenin uçucu yağının bileşiminde genellikle majör bileşen olarak 1,8-sineol belirlenmiştir. Bunun yanı sıra sabinen, α -terpinil asetat, linalool, öjenol, metil öjenol ve α -pinen gibi bileşikler de önemli bileşenler arasında yer almaktadır (Alejo-Armijo vd., 2017).

Defne uçucu yağı, yukarıda bahsedildiği üzere sabit yağı gibi kapaklı karartılmış şişede (Şekil 4) doğrudan güneş ışığı almayan, serin ve kuru bir yerde muhafaza edilir. Sabit yağlar gibi uçucu yağlar da sıcaklık, oksijen, ışık ve metallere karşı hassas olan sekonder metabolitlerdir (Canbey, 2025c).



Şekil 4. Uçucu yağların muhafaza edilmiş olduğu farklı ebatlardaki çeşitli kapaklı karartılmış cam şişe örnekleri

Uçucu yağların kimyasal bileşimi; bitkinin yetiştiği çevresel koşullar, coğrafi konum ve hasat dönemi ile birlikte uygulanan kurutma, ekstraksiyon ve analiz yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Paparella vd., 2022).

Farklı distilasyon tekniklerinin kullanıldığı bir çalışmada; defnenin uçucu yağı; hidrodistilasyon, hidro-buhar distilasyonu, mikrodalga destekli hidrodistilasyon ve ohmik ısıtma destekli hidrodistilasyon yöntemleriyle elde edilmiştir. Belirtilen yöntemlerle elde edilen uçucu yağ verimleri sırasıyla; %1,40; %0,74; %1,00 ve %0,83 (a/a) olarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen uçucu yağların başlıca kimyasal bileşenleri; okaliptol (%34,4–%50,0), α -terpinenil asetat (%14,9–%18,8), terpinen-4-ol (%4,7–%6,0) ve sabinen (%4,9–%5,9) olarak tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma destekli hidrodistilasyon ve mikrodalga destekli hidrodistilasyon yöntemleriyle elde edilen uçucu yağların, daha yüksek oranlarda okaliptol içerdiği belirlenmiştir. Bunlara ilaveten hidrodistilasyon ve hidro-buhar distilasyonu yöntemleriyle elde edilen uçucu yağlarda, seskiterpenlerin daha yüksek oranda bulunduğu; buna karşılık, mikrodalga destekli hidrodistilasyon ve ohmik ısıtma destekli hidrodistilasyon yöntemlerinin oksijenli monoterpenlerce daha zengin uçucu yağ elde edilmesini sağladığı belirlenmiştir (Taban vd., 2018).

Başka bir araştırmada ise; defnenin meyvesinin uçucu yağ bileşiminin, farklı lokasyona göre değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Yunanistan (%1,4) ve Gürcistan (%1,6) kaynaklı defne meyvesi uçucu yağlarının bileşimlerinin belirgin farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Her iki uçucu yağda da baskın bileşik grubunu, monoterpen hidrokarbonlar oluşturmuş olup bu oran, Yunanistan örneğinde %49,7; Gürcistan örneğinde ise, %68,7 olarak saptanmıştır. Bununla birlikte, Yunanistan menşeli meyve uçucu yağının başlıca bileşenleri; 1,8-sineol (%18,2), α -felandren (%15,0), β -pinen (%9,4) ve α -pinen (%9,1) olarak belirlenirken; Gürcistan menşeli örnekte ise, trans- β -osimen (%59,4) ve 1,8-sineol (%7,6) temel bileşenler olarak tespit edilmiştir (Petkova vd., 2019).

Bunlara ilaveten, bir bitkinin farklı kısımlarından elde edilen uçucu yağın kompozisyonunda ve kimyasal yapısında farklılıklar görülebilmektedir (Canbey, 2025d).

Bu bağlamda yapılan bir bilimsel çalışmada defnenin *L. nobilis* L.'in farklı kısımlarındaki uçucu yağ bileşenlerinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5) (Kilic vd., 2004).

Taze yapraklardan elde edilen uçucu yağın majör bileşikleri	<ul style="list-style-type: none">• 1,8-sineol, α-terpinil asetat, sabinen, α- ve β-pinenler, β-elemen, α-terpineol, linalool, ve öjenol
Çiçeklerden elde edilen uçucu yağın majör bileşikleri	<ul style="list-style-type: none">• α-ödesmol, β-elemen ve β-karyofilen
Meyvelerden elde edilen uçucu yağın majör bileşikleri	<ul style="list-style-type: none">• (<i>E</i>)-β-osimen ve bisiklogermakren
Tomurcuklardan elde edilen uçucu yağın majör bileşikleri	<ul style="list-style-type: none">• (<i>E</i>)-β-osimen ve germakren D

Şekil 5. Defnenin farklı kısımlarından elde edilen uçucu yağdaki majör bileşikler (Kilic vd., 2004)

Benzer başka bir çalışmada da defne bitkisinin sürgünleri (shoots), ayrılmış yaprakları (separated leaves), gövdesi (stem) ve çiçeklerinden su buharı distilasyonu ile farklı oranlarda elde edilen uçucu yağlar, GC ve GC-MS teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm numunelerin başlıca bileşenlerinin; 1,8-sineol, metilöjenol ve α -terpinil asetat olduğu saptanmış; α -pinen, β -pinen, sabinen ve linalool bileşenlerinin de uçucu yağ bileşiminde yer aldığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, ticari açıdan önem taşıyan bir bulgu olarak genç sürgünlerden elde edilen uçucu yağlar ile yaprak ve gövdelerden elde edilen yağlar arasında bileşim açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Bunlara ilaveten, çiçek uçucu yağının temel bileşenlerinin; 1,8-sineol (%15,7), β -karyofillen (%9,5), γ -murolen (%7,1), α -terpinil asetat (%6,5) ve metilöjenol (%3,9) oldukları saptanmıştır (Kovacevic vd., 2007).

Benzer bir diğer araştırmada; defnenin meyvelerindeki, ince dallarındaki (twigs) ve yapraklarındaki uçucu yağ verimleri ve uçucu yağ bileşenleri, Şekil 6'da gösterildiği şekilde tespit edilmiştir (Fidan vd., 2019).

Meyveler (fruits)	<ul style="list-style-type: none"> • Uçucu yağ verimi: %0,78 • Bileşikler: 1,8-sineol (%33,3), α-terpinil asetat (%10,3), α-pinen (%11,0), β-elemen (%7,5), sabinen (%6,3), β-fellandren (%5,2), bornil asetat (%4,4) ve kamfen (%4,3)
İnce dallar (twigs)	<ul style="list-style-type: none"> • Uçucu yağ verimi: %0,80 • Bileşikler: 1,8-sineol (%48,5), α-terpinil asetat (%13,1), metil öjenol (%6,6), β-linalool (%3,8), β-pinen (%3,4), sabinen (%3,3) ve terpinen-4-ol (%3,3)
Yapraklar (leaves)	<ul style="list-style-type: none"> • Uçucu yağ verimi: %3,25 • Bileşikler: 1,8-sineol (%41,0), α-terpinil asetat (%14,4), sabinen (%8,8), metil öjenol (%6,0), β-linalool (%4,9) ve α-terpineol (%3,1)

Şekil 6. Defnenin farklı kısımlarından elde edilen uçucu yağların verimleri (%) ve majör bileşikler (Fidan vd., 2019)

Yukarıda sunulmuş olan bilimsel çalışmalara ilaveten, defneden elde edilen uçucu yağdaki bileşenler üzerine yapılmış olan bazı önemli çalışmalar, Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Defnenin uçucu yağındaki bileşikler üzerine yapılmış olan bilimsel çalışmalar

Bitkisel materyal	Tespit edilen bileşikler	Kaynaklar
Yaprak uçucu yağı	Başta 1,8-sineol, α -terpinil asetat ve terpinen-4-ol olmak üzere α -ve β -pinenler, sabinen vd.	Yalçın vd., 2007
Meyve uçucu yağı	Başlıca bileşenler; (E)- β -osimen (%20,9), 1,8-sineol (%8,8), α -pinen (%8,0), β -longipinen (%7,1), linalool asetat (%4,5), kadinen (%4,7), β -pinen (%4,2), α -terpinil asetat (%3,8) ve α -bulnesen (%3,5)	Marzouki vd., 2008

Yaprak uçucu yağı	1,8-sineolün yanı sıra diğer baskın bileşenler olan α -terpinil asetat, sabinen, limonen, α -pinen, linalool, terpinen-4-ol, α -terpinen, α -terpineol, bornil asetat, α -fellandren, mirsen, kamfen, p-simen, σ -terpinen ve öjenol	Derwich vd., 2009
Yaprak uçucu yağı	1,8-sineol, 1-(S)- α -pinen, R-(+)-limonen, sabinen, α -terpinen, p-simen, 1,4-terpineol, kamfen, trans-pinokarveol, α -terpinolen vd.	Basak ve Candan, 2013
Yaprak uçucu yağı	Başta 1,8-sineol, α -terpinil asetat ve sabinen olmak üzere α -terpineol, terpinen-4-ol, α - ve β -pinenler ile linalool gibi diğer bileşikler	Yılmaz vd., 2013
Yaprak uçucu yağı	Majör bileşikler olarak 1,8-sineol, bornilen, linalool ve sabinen; diğer bazıları ise, metilöjenol, 1R- α -pinen, L- β -pinen, α -terpineol vd.	Goudjil vd., 2015
Yaprak uçucu yağı	1,8-sineol, sabinen, trans-sabinen hidrat, α -terpinil asetat, α -pinen, α -terpineol, metil öjenol, neoizoizopulegol, öjenol, β -pinen, γ -terpinen vd.	Caputo vd., 2017
Yaprak uçucu yağı	Majör bileşikler olarak 1,8-sineol, α -terpinil asetat, α -pinen, terpinen-4-ol ve sabinen; bunlara ilaveten β -pinen, öjenol metil eter, o-simen, α -limonen ve öjenol gibi bileşikler	Kıvrak vd., 2017
Çiçek uçucu yağı	En fazla tespit edilenler; 1,8 sineol, α -karyofilen,	Mssillou vd., 2020

germakradienol, limonen, α -pinen
ve germakren D; bunun yanı sıra
sabinen, β -pinen, α -terpinen,
mirsen, α -fellandren, metil-öjenol,
 α -terpineol ve linalool gibi
bileşikler

Tablo 2’de gösterilen çalışmalara ilaveten yapılmış olan bir diğer bilimsel araştırmada; baharat ve tıbbi ürün olarak ticareti yapılan *L. nobilis* uçucu yağlarının kimyasal bileşimi, GC-MS yöntemiyle analiz edilmiştir. Toplam yağın %91 ila %99’unu oluşturan altmış dört bileşik tanımlanmıştır. Yemelik ve tıbbi amaçlarla kullanılan defne yapraklarından elde edilen uçucu yağlar arasında nitel ve nicel farklılıklar saptanmıştır. Analiz edilen tüm uçucu yağ numunelerinde oksijenli bileşiklerin başlıca fraksiyonu oluşturduğu tespit edilmiştir. Ticari gıda ürünlerinde kullanılan uçucu yağlarda metil öjenol ve α -terpinil asetat yüksek oranda bulunurken; ticari farmasötik ürünlerde kullanılan uçucu yağlarda ise, başlıca bileşenlerin 1,8-sineol ve α -terpinil asetat olduğu belirlenmiştir (Peris ve Blázquez, 2015).

2.3. Defne Yapraklarının Kurutulması ve Bununla İlgili Yapılan Bilimsel çalışmalar

Kurutma işlemi, hasat sonrası uygulanan ve defne yaprağının uçucu yağ içeriği ile kalite özelliklerini doğrudan etkileyen önemli bir süreçtir (Sekeroglu vd., 2007). Defne yapraklarının kurutulmasında; gölgede kurutma, doğrudan güneşte kurutma, mekanik kurutucular ve sıcak hava ile kurutma gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Ancak doğrudan güneşte kurutma, yapraklarda renk değişimine yol açabilirken; yüksek sıcaklık içeren kurutma yöntemleri ise, uçucu bileşen kayıplarına neden olabilmektedir (Hussain vd., 2026). Şekil 7’de, kurutulmuş defne yaprağı örneği gösterilmektedir.



Şekil 7. Kurutulmuş defne yaprağı örneği

Yapılan bir bilimsel çalışmada başlıca bileşenler olarak 1,8-sineol, metil öjenol, terpinen-4-ol, linalool ve öjenol tespit edilmiş ve bunların konsantrasyonlarında kurutma yöntemlerine bağlı olarak anlamlı değişimler gözlenmiştir. Özellikle ortam sıcaklığında hava ile kurutma yönteminde, bu bileşiklerin düzeylerinin belirgin şekilde arttığı saptanmıştır. Sonuç olarak uçucu yağ verimi ile temel biyoaktif bileşenlerin korunumu açısından ortam sıcaklığında hava ile kurutma yönteminin en uygun kurutma tekniği olduğu belirlenmiştir (Sellami vd., 2011).

Bir diğer bilimsel araştırmada, farklı kurutma uygulamalarının *L. nobilis* L. yaprağındaki uçucu bileşenler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ortam sıcaklığında hava ile kurutma (air-drying at ambient temperature) ve 45 °C’de fırında kurutma (oven-drying at 45 °C) yöntemlerinin, taze örneklerle kıyasla uçucu bileşen kaybına yol açmadan benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Buna karşılık dondurma ve dondurarak kurutma işlemlerinin, defne aromasını önemli ölçüde azalttığı ve öjenol, elemisin, spathulenol ve β -ödesmol gibi bazı bileşenlerin konsantrasyonlarını artırdığı saptanmıştır (Díaz-Maroto vd., 2002).

Başka bir çalışmada; defne (*L. nobilis* L.) yapraklarının farklı sıcak hava koşulları ile güneş ve gölge altında kurutulmasının ürün kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar; defne yapraklarının 60 °C hava

sıcaklığında kurutulmasının, kalite kaybına neden olmadığını göstermiştir (Demir vd., 2004).

Bunlara ilaveten bir başka araştırmada; farklı dönemlerde hasat edilen defne yapraklarının uçucu yağ içerikleri üzerine kurutma sıcaklıklarının etkisi araştırılmıştır. Yapraklar; Ekim, Aralık, Ocak, Şubat, Nisan ve Haziran aylarında hasat edilmiş; ardından 35 °C, 50 °C, 65 °C ve 80 °C sıcaklıklarda etüv tipi kabin kurutucuda (cabinet dryer) 12 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulmuş örneklerdeki uçucu yağ miktarı, hidrodistilasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurutulmuş defne yapraklarının uçucu yağ içeriklerinin, hasat zamanına ve kurutma sıcaklığına bağlı olarak %2,02 ila %3,02 arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek uçucu yağ değerlerinin, Ekim ayında hasat edilen örneklerde 35 °C ve 50 °C'lik kurutma sıcaklıklarında elde edildiği ifade edilmiştir. Buna karşılık, daha yüksek kurutma sıcaklıklarının, uçucu yağ içeriğinde daha fazla kayba neden olduğu belirlenmiştir (Sekeroglu vd., 2007).

3. DEFNENİN KULLANIM ALANLARI

Defne; mutfak, kozmetik, terapötik ve farmakolojik özellikleri sayesinde yaygın biçimde kullanılan bir bitkidir (Hussain vd., 2026). *L. nobilis* L., dünyanın birçok bölgesinde geniş ölçekte yetiştirilen aromatik ve tıbbi bir bitki olup yıllar içerisinde gıda ve ilaç sanayilerine sağladığı önemli katkılar ve kültürel miras açısından taşıdığı değer sayesinde artan bir ilgi görmüştür. Bu türün ticari değeri, büyük ölçüde kullanım alanı farklı endüstrilere genişletilebilen uçucu yağından kaynaklanmaktadır (Paparella vd., 2022).

Türkiye’de en iyi bilinen ve etkili aromatik-tıbbi bitkilerden biri olan *L. nobilis* L., karakteristik bileşenleri sayesinde tentür, çay ve çeşitli tıbbi preparatlar ile aromaterapi uygulamalarında ve farmasötik endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Yılmaz vd., 2025).

Bilimsel bir çalışmada, etlik bıldırcınlarda *L. nobilis* L. yaprağı tozu ile yapılan diyet takviyesinin; karkas randımanı, karkas özellikleri, karkas parçaları ve bazı iç organlar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Defne yaprağı tozu ilaveli tüm deneme rasyonlarının, bıldırcın etinde karkas randımanı, karkas özellikleri ve karkas parça oranları bakımından olumlu sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, defne

yaprağı tozunun yem katkı maddesi olarak endüstriyel ölçekte kullanılabileceğini göstermiştir (Rubacee, 2018).

3.1. Gıda Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Mutfak Uygulamaları

Defne, dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılan bir mutfak bitkisidir (Spence, 2023). *L. nobilis* L. yaprakları, mutfak uygulamalarında baharat olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Dall'Acqua vd., 2009). Uzun süreli pişirme sırasında yemeğe ilave edilen defne yapraklarının; çam, karanfilimsi (baharatlı), çiçeksi (lavanta) ve okalıptüsü andıran aromatik notaların birleşiminden oluşan kendine özgü ve keskin bir tat profili kazandırdığı ifade edilmektedir (Spence, 2023). Yapılan bir bilimsel çalışmada; en yüksek aroma seyreltme (flavor dilution) faktörlerine sahip bileşiklerin; (Z)-3-heksenal (taze yeşil), 1,8-sineol (okalıptüs), linalool (çiçeksi), öjenol (karanfil), (E)-izöjenol (çiçeksi) ve tanımlanamayan bir bileşik (karabiber) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tanımlanan koku bileşenleri açısından tomurcuk, çiçek, meyve ve yapraklar arasında belirgin farklılıklar bulunduğu rapor edilmiştir (Kilic vd., 2004).

Birçok şef, defne yaprağının yemeklerin lezzet derinliğini artırdığına ve kullanılmadığı durumlarda tat profilinde belirgin bir eksiklik hissedildiğine inanmaktadır. Bu durum, defnenin olası bir “lezzet artırıcı” rolüne işaret etmektedir (Spence, 2023). Defne, mutfakta et, balık (Şekil 8), et suları ve sebze yemeklerinde aroma verici bir ajan olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Anzano vd., 2022). Defne yaprakları; balık ve et yemeklerinin yanı sıra yahnı, çorba, güveç ve puding gibi çeşitli gıdalarda kullanılmaktadır. Ayrıca, sirke ve bazı içeceklerde hoş koku ve lezzet kazandıran bir baharat olarak değerlendirilmektedir (Yılmaz vd., 2025).



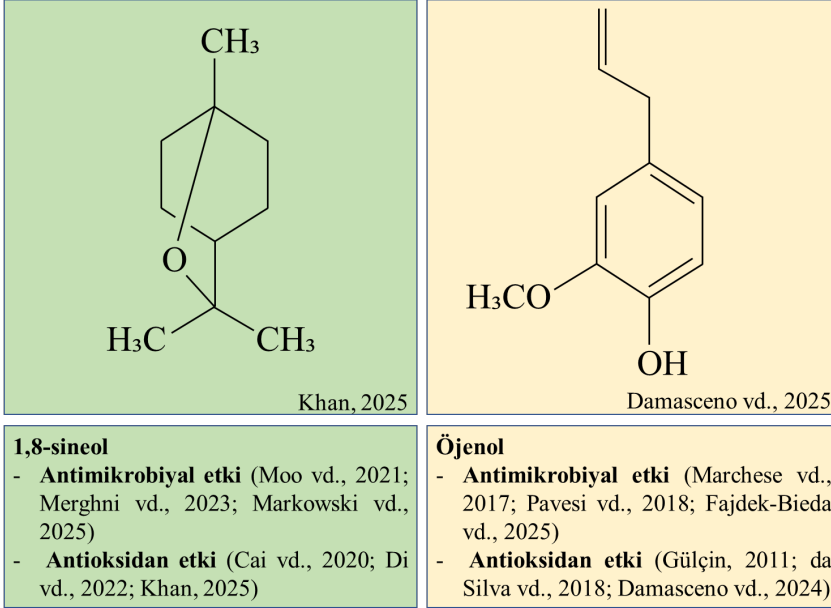
Şekil 8. Fırında pişirilmek üzere kurutulmuş defne yaprağının da ilave edilmiş olduğu henüz pişirilmemiş bir balık yemeği örneği

Bunlara ilaveten defne uçucu yağı gibi doğal ürünler, gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmakta olup “Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen” (Generally Recognized as Safe, GRAS) maddeler sınıfında yer almaktadır (da Silveira vd., 2014). Bu bağlamda; defne uçucu yağının kendine özgü aromatik profili, Akdeniz mutfağına özgü tarifler doğrultusunda özellikle pişirilmiş kırmızı et, kümes hayvanları ve balık ürünleriyle uyum göstermekte; ayrıca vejetaryen yemeklerde de tercih edilen bir lezzet unsuru olarak öne çıkmaktadır. Bu özellikleriyle defne uçucu yağı, geleneksel kullanımının yanı sıra modern gıda formülasyonlarında da fonksiyonel bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Ordoudi vd., 2022).

Bilindiği üzere uçucu yağlar, farklı endüstriyel alanlarda değerlendirilebilen doğal kökenli bileşikler olup özellikle gıda sanayinde işlevsel özellikleri sayesinde dikkat çekmektedir. Bu sekonder metabolitler; ürünlere karakteristik aroma ve tat kazandırmanın yanı sıra raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlamakta ve doğal koruyucu olarak kullanım açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır (Canbey, 2026a; Canbey, 2026b). Bu potansiyel, büyük ölçüde gıdalarda bulunan patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı gösterdikleri belirgin antimikrobiyal ve antibakteriyel aktivitelere atfedilmektedir. Bunun yanı sıra antioksidan özelliklere de sahip olan uçucu yağlar, bu biyolojik aktiviteleri sayesinde

özellikle ürünlerin raf ömrünün uzatılmasında, gıda endüstrisi açısından önemli doğal bileşenler olarak değerlendirilmektedir (Canbey vd., 2025).

Akdeniz beslenme kültüründe, bitki ve baharatlar ile bunlardan elde edilen ürünler (infüzyonlar ve uçucu yağlar), gıdalara tat kazandırmanın yanında muhafaza amaçlı olarak da uzun süredir kullanılmaktadır. Uçucu yağların kullanımı, bitki yapraklarının küçük parçalar veya toz halinde uygulanmasına kıyasla gıda matrisi içerisinde daha homojen bir dağılım sağlaması bakımından önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu bağlamda, *L. nobilis* L. uçucu yağı; başta 1,8-sineol ve öjenol (Şekil 9) olmak üzere koruyucu özellikleri ile bilinen uçucu bileşenleri açısından zengin bir bileşime sahiptir (Ordoudi vd., 2022).



Şekil 9. 1,8-sineol ve öjenol bileşiklerinin kimyasal yapıları ve gıda endüstrisi açısından önemli biyolojik özellikleri

Terpenler (özellikle linalool), laktonlar, oksitler (1,8-sineol) ve monoterpenler (kamfen ve α -pinen) arasındaki sinerjik etkileşim, *L. nobilis* uçucu yağının belirgin antibakteriyel aktivite göstermesine katkı sağlamaktadır. Uçucu yağın farklı konsantrasyonlarda bulunan çeşitli veya tekil kimyasal bileşenleri, farklı inhibisyon mekanizmaları aracılığıyla etki gösterebilmekte; hücre zarının geçirgenliğini değiştirerek, proteinleri denatüre

ederek ve enzim aktivitelerini inhibe ederek çeşitli patojen mikroorganizmalar üzerinde baskılayıcı etki oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, söz konusu uçucu yağların, mevcut yararlı bağırsak mikrobiyotası üzerinde belirgin bir olumsuz etki göstermediği bildirilmektedir (Sırıken vd., 2018).

Yapılan bir çalışmada, defne uçucu yağının; 1,8-sineol, bornilen, linalool ve sabinen içerdiği ve belirgin düzeyde antibakteriyel ve antioksidan aktivite sergilediği saptanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre bitkinin uçucu yağının; gıda muhafazası, farmasötik uygulamalar ve aromaterapi ürünleri açısından kullanılabilir, doğal ve potansiyel bir alternatif oluşturduğu belirtilmiştir (Goudjil vd., 2015).

Başka bir araştırmada da defne yaprağının uçucu yağında en yüksek oranı, %59 ile oksijenli monoterpenlerin oluşturduğu ve bu gruptaki başlıca bileşiklerin; 1,8-sineol (%30,1), α -terpinil asetat (%21,6) ve metil öjenol (%16,9) olduğu tespit edilmiştir. Bu kimyasal bileşime sahip uçucu yağın en yüksek antibakteriyel aktiviteyi, *Streptococcus faecalis* ve *Staphylococcus aureus* suşlarına karşı gösterdiği saptanmıştır (Nabila vd., 2020).

Bunlara ilaveten *L. nobilis*'e ait uçucu yağ bileşenlerinin (ökaliptol, α -terpinil asetat, linalool, metil öjenol, sabinen ve karvakrol) hem Gram-negatif hem de Gram-pozitif gıda kaynaklı patojenlere (örneğin; *Salmonella spp.*, *S. aureus*, *Escherichia coli* ve *Listeria monocytogenes*) karşı güçlü antibakteriyel aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Bunun yanı sıra bozulmaya neden olan bakterilerden *Pseudomonas aeruginosa* üzerinde de inhibitör etki sergilediği ve çeşitli fungal mikroorganizmalara karşı antifungal özellik taşıdığı belirtilmektedir (Sırıken vd., 2018).

Bir diğer araştırmada; elde edilen bulgular, defne yaprağının kayda değer düzeyde antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, özellikle antimikrobiyal etkinin etki mekanizmalarının aydınlatılmasına odaklanan ileri düzey çalışmaların yapılması önerilmiştir (Beyene vd., 2024).

Benzer bir başka çalışmada da elde edilen bulgular, *L. nobilis*'e ait incelenen ekstraktların antioksidan ve antibakteriyel ajanlar olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur (Ariffin vd., 2025).

Yukarıda sunulan bulgular doğrultusunda, defnenin gıda sistemlerinde çeşitli amaçlarla kullanılabilir önemli bir potansiyele sahip olduğu

anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, defnenin farklı formlarının gıda endüstrisindeki uygulama alanları, Tablo 3'te sistematik olarak özetlenmiştir.

Tablo 3. Defnenin farklı formlarda gıda endüstrisindeki önemli uygulamaları

Bitkisel materyal	Uygulama ve Sonuç	Kaynaklar
Uçucu yağ ve ekstraktlar	<i>L. nobilis</i> L. uçucu yağı ile etanolik ve sulu ekstraktlarının antibakteriyel ve antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiştir. Uçucu yağ, güçlü antibakteriyel etki gösterirken; en yüksek antioksidan aktivite, sıcak sulu ekstraktta belirlenmiştir. Bulgular, defne kaynaklı bu ürünlerin gıda güvenliğini artırmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla sentetik koruyuculara doğal alternatif olarak kullanılabilceğini göstermiştir	Ramos vd., 2012
Uçucu yağ	<i>L. nobilis</i> uçucu yağının, doğal antioksidanlar bakımından zengin ve kolay erişilebilir bir kaynak olarak gıda takviyesi amacıyla ve seçilmiş gıda kaynaklı patojen bakterilere karşı potansiyel bir biyolojik ajan olarak kullanılabilceği ifade edilmiştir	Yılmaz vd., 2013
Uçucu yağ	Taze sucuklara 0,05 ve 0,1 g/100 g konsantrasyonlarında defne yaprağı uçucu yağı ilavesinin mikrobiyal gelişime karşı ek koruma sağladığı ve böylece ürünün raf ömrünün uzadığı belirlenmiştir. Ayrıca uçucu yağın, koliform kontaminasyonunu azaltarak ürünün mikrobiyolojik kalitesini iyileştirdiği saptanmıştır. Duyusal özellikler üzerinde etkisi bulunmakla birlikte, her iki konsantrasyonun da tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğu saptanmıştır. Genel olarak	da Silveira vd., 2014

Ekstrakt	<p>defne yaprağı uçucu yağının, taze sucuk örneklerinde (fresh Tuscan sausage) ürün güvenliği ve raf ömrünün artırılması amacıyla potansiyel bir uygulama alanına sahip olduğu sonucuna varılmıştır</p> <p><i>L. nobilis</i> L. ekstraktı içeren mikropartiküllerin tasarımı; enkapsülasyon tekniği olarak püskürterek kurutma yöntemi kullanılarak ve enkapsülasyon ajanı olarak modifiye kitosan, sodyum aljinat ve arap zankı tercih edilerek incelenmiştir. Çalışma sonunda, <i>L. nobilis</i> L. ekstraktı içeren mikropartiküller karakterize edilmiş ve etkinlikleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak <i>L. nobilis</i> L. ekstraktının başarıyla enkapsüle edildiği ve bu sayede, gıda ve farmasötik ürünlerinde kullanımına olanak sağlandığını ortaya konmuştur</p>	Chaumon vd., 2020
Ekstrakt	<p>Mürver, defne yaprağı ve rezene tohumu ekstraktlarını içeren sulu bitkisel ekstrakt ile zenginleştirilmiş badem içeceğinin formülasyonu optimize edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak bu ekstraktların, badem içeceği bazlı formülasyonlara ilavesinin, antioksidan aktivitede yaklaşık 12 katlık bir artış sağladığı; ayrıca ksilitolün, fenolik bileşiklerin olası acı tadını maskeleyerek daha yüksek miktarlarda ekstrakt ilavesine olanak tanıdığı belirlenmiştir</p>	Balbino vd., 2023

Uçucu yağ	<p>Mısır nişastasına dayalı yenilebilir filmlerin güçlendirilmesinde pirinç proteini kullanılmış ve film formülasyonuna ayrıca <i>L. nobilis</i> L. yaprağı uçucu yağı ilave edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre defne yaprağı uçucu yağı ve pirinç proteini içeren filmlerin, aktif ambalaj uygulamaları açısından uygun özellikler sergilediği belirlenmiştir</p>	Kurtfaki ve Yildirim-Yalcin, 2023
Ekstrakt	<p>Bozulmaya yatkın meyveler, özellikle kültür çileği için çözüm yaklaşımı olarak defne yaprağı ekstraktının; %0, %5, %10 ve %15 (ağırlıkça) oranlarında ilave edildiği farklı polimerler (karboksimetil selüloz, Arap zamkı, polivinil pirolidon ve polivinil alkol) kullanılarak yenilebilir filmler hazırlanmıştır. Tasarlanan bu kompozitlerle gerçekleştirilecek gıda ambalajlamasının, hasat sonrası kayıpların azaltılmasında etkili bir alternatif oluşturabileceği değerlendirilmektedir</p>	Peña-Ortiz vd., 2023
Ekstrakt	<p>Defne yaprağı ekstraktının, Türk fermente sucuğunun kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmış ve defne yaprağı ekstraktı ilavesinin, kontrol grubu ve askorbik asit içeren örneklerle karşılaştırıldığında benzer duyuusal özellikler sergilediği tespit edilmiştir. Sonuçlar, defne yaprağı ekstraktının Türk fermente sucuklarına kalite özellikleri ve tüketici kabulü üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaksızın</p>	Benli vd., 2024

	başarıyla ilave edilebileceğini göstermiştir	
Uçucu yağ	Defne ve biberiye uçucu yağlarının yalnızca mutfak uygulamalarında değil; aynı zamanda, antioksidan özellikleri sayesinde gıda ve farmasötik endüstrilerinde kullanılacak önemli birer doğal kaynak olduğu ortaya konmuştur	Ilić vd., 2024
Yaprak ve ekstraktlar	<i>L. nobilis</i> yaprağının ve bu bitkiden elde edilen ekstraktların, gıda muhafaza sistemlerinde etkili bir bileşen olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir	Karadağ vd., 2025
Uçucu yağ	<i>L. nobilis</i> 'in uçucu yağı, et ürününe doğal koruyucu olarak denenmiştir. Bu kapsamda, uçucu yağın <i>S. aureus</i> ve <i>P. aeruginosa</i> 'ya karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite gösterdiği saptanmıştır. Ürünün hazırlanmasından yirmi gün sonra yapılan değerlendirmelerde, uçucu yağ içeren örneğin renk, koku ve doku özelliklerini koruduğu ve patojen mikroorganizma gelişiminin tamamen engellendiği görülmüştür	Boukhennoufa vd., 2026
Uçucu yağ	Püskürterek kurutma (spray drying) yönteminin, gıda endüstrisinde doğal aroma verici ve koruyucu ajanlar olarak kullanılacak stabil defne uçucu yağ mikrokapsüllerinin elde edilmesinde etkili bir teknik olduğu belirlenmiştir	Mousavi vd., 2026

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Defne (*L. nobilis* L.), Lauraceae familyasına mensup, aromatik özelliklere sahip, herdem yeşil kalan, çalı formunda bir ağaç türüdür. Güney Akdeniz Bölgesi'ne özgü olan bitkinin doğal yayılış alanı, Akdeniz havzasıdır.

Defne, genel olarak uçucu yağ (essential oil), yağ (fixed oil) ile yağ asitleri, proteinler, karbonhidratlar, mineraller, vitaminler, fenolik bileşikler, alkaloitler, steroidler ve saponinler gibi zengin bir fitokimyasal bileşime sahiptir. Meyvelerinin hem sabit hem de uçucu yağ içermesi, bu bitkiyi biyolojik ve teknolojik açıdan dikkate değer kılmaktadır. Bununla birlikte, özellikle yapraklardan elde edilen uçucu yağ, defnenin biyolojik aktivitesi ve endüstriyel kullanım potansiyeli açısından öne çıkmasını sağlamakta ve bitkiyi ticari değeri yüksek bir tür haline getirmektedir. Uçucu yağların karakteristik duyuşal ve biyolojik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, defne uçucu yağının da önemli bir sekonder metabolit kaynağı olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim gıda endüstrisinde aroma verici ve doğal koruyucu olarak kullanım potansiyeli, gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Söz konusu duyuşal özellikleri ve biyolojik etkileri üzerinde, bileşiminde bulunan biyoaktif bileşiklerin etkisi bulunmaktadır.

Bu bileşiklerin kompozisyonu üzerinde birçok parametrenin etkili olduğu bilinmektedir. Defne yapraklarının çoğunlukla kurutularak tüketime veya kullanıma sunulduğu dikkate alındığında, söz konusu bileşiklerin en az düzeyde tahribata uğrayacağı kurutma koşullarının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, literatürde çeşitli bilimsel çalışmalar yer almakla birlikte, yenilikçi kurutma tekniklerine yönelik araştırmaların artırılması ve daha kapsamlı laboratuvar analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra daha doğal ve yüksek kaliteli yaprak özütlerinin elde edilebilmesi amacıyla yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri üzerine çalışmaların yürütülmesi önem arz etmektedir.

Sonuç olarak zengin fitokimyasal bileşimi ve özellikle antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip olan defne, gelecekte yapılması planlan çalışmalar için önemli bir biyokaynak konumundadır. Özellikle gıdaların doğal yolla muhafaza edilmesi hususunda önemli bir potansiyeli vardır. Benzer şekilde gıdaların muhafaza edildiği ambalajlara da uygulanabilirliği üzerine bilimsel çalışmalar yaygınlaştırılmalıdır. Bu kapsamda; defnenin biyoaktif bileşiklerinin en uygun şekilde izole edilebileceği ekstraksiyon teknikleri

üzerine yoğunlaşılmalıdır. Ayrıca elde edilen bileşiklerin kullanım dozları belirlenmeli ve belirli standartlar oluşturulmalıdır. Bunlara ilaveten çoğunlukla doğadan toplanarak kullanıma sunulan defne yaprakları için özel üretim alanları oluşturulabilir ve yapraklardaki sekonder metabolitlerin üretimine dair ikincil pilot işletmeler kurulabilir. Bu doğrultuda, defne bitkisinin daha yaygın ve bilinçli biçimde kullanımını teşvik edilerek ülke ekonomisine katkı sağlanabilir. Bu tip faaliyetlerin yürütülebilmesi için multidisipliner yaklaşımlarla yürütülecek daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte defne ile ilgili olarak yapılması planlanan çalışmalar, daha çok bu tip konular üzerine yoğunlaştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abou-Khalil, R., Al-Hayek, D., Al-Hakim, M., & Andary, J. (2026). Labenese bay leaves (*Laurus nobilis*): A Unique Chemotypic and Pharmacological Profile with Culinary and Medicinal Potential. *Journal of Food Composition and Analysis*, 150, 1-11.
- Al-Abdullah, A. A. A. R., Jasim, E. Q., & Muhammad-Ali, M. A. (2023). Antibacterial Efficacy and Molecular Docking of Leaf Extract of *Laurus nobilis* L Against some Isolated Pathogenic UTI Bacteria. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1215, 1-15.
- Alejo-Armijo, A., Altarejos, J., & Salido, S. (2017). Phytochemicals and Biological Activities of Laurel Tree (*Laurus nobilis*). *Natural Product Communications*, 12(5), 743-757.
- AL-Hashimi, A. G. & Mahmood, S. A. (2016). The Nutritional Value and Antioxidant Activity of Bay Leaves (*Laurus nobilis* L.). *Basrah Journal of Veterinary Research*, 15(2), 246-259.
- Anzano, A., De Falco, B., Grauso, L., Motti, R., & Lanzotti, V. (2022). Laurel, *Laurus nobilis* L.: A Review of Its Botany, Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology. *Phytochemistry Reviews*, 21(2), 1–51.
- Ariffin, F., Subramaniam, H., Aziz, A. N., Asari, A., Maulidiani, M., & Wahab, N. H. A. (2025). Evaluation of Phytochemical, Antioxidant and Antibacterial Properties of *Laurus nobilis* Leaf Extract. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 29(2), 1-8.
- 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 Human Health. *Applied Sciences*, 13, 1-19.
- Balbino, S., Cvitković, D., Skendrović, H., & Dragović-Uzelac, V. (2023). Optimisation of Almond-Based Dairy-Free Milk Alternative Formulation Fortified with Myrtle, Bay Leaf and Fennel Extracts. *Food Technology & Biotechnology*, 61(3), 378-388.
- Basak, S. S. & Candan, F. (2013). Effect of *Laurus nobilis* L. Essential Oil and its Main Components on α -Glucosidase and Reactive Oxygen Species

- Scavenging Activity. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12(2), 367-379.
- Benli, H., Şahin, P., & Ağçam, E. (2024). Incorporating Bay Leaf Extract (*Laurus nobilis* L.) and Determining the Quality Attributes of Turkish Fermented Sausage (Sucuk). *Food Science & Nutrition*, 12(4), 2473-2487.
- Beyene, R., Geremew, T., & Dekebo, A. (2024). Antibacterial and Antioxidant Properties and Phytochemical Screening of *Laurus nobilis* L. Extract from Ethiopia. *International Journal of Secondary Metabolite*, 11(3), 494-506.
- Boukhenoufa, A., Fergane, I., Fergane, N. E. H., Meddah, B., Touil, A. M. T., & Youcef, F. A. B. (2026). Use of *Laurus nobilis* (Noble Bay) Essential Oil as a Preservative for a Meat Product, Mortadella. *EQA-International Journal of Environmental Quality*, 71, 114-119.
- Cai, Z.-M., Peng, J.-Q., Chen, Y., Tao, L., Zhang, Y.-Y., Fu, L.-Y., Long, Q.-D., & Shen, X.-C. (2020). 1,8-Cineole: A Review of Source, Biological Activities, and Application. *Journal of Asian Natural Products Research*, 1-17.
- Can, N. (2019). Bitkisel Yağların Muhafazasında Oksidatif Stabilitenin Önemi ve Oksidatif Stabilitenin Belirlenmesinde Kullanılan Analiz Yöntemleri. *ABMYO Dergisi*, 54, 107-124.
- Canbey, İ. (2025a). 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. ISBN: 978-625-378-431-7.
- Canbey, İ. (2025b). Bölüm 2-*Matricaria chamomilla* L.: Fitokimyasal Bileşenleri, Biyolojik Etkileri ve Uygulama Alanları. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar XX. Iksad International Publishing House*, Ankara, pp. 37-70. ISBN: 978-625-378-343-3.
- Canbey, İ. (2025c). *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. (2025d). 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, 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. 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.
- Caputo, L., Nazzaro, F., Souza, L. F., Aliberti, L., Martino, L. D., Fratianni, F., Coppola, R., & Feo, V. D. (2017). *Laurus nobilis*: Composition of Essential Oil and Its Biological Activities. *Molecules*, 22, 1-11.
- Castilho, P. C., Costa, M. d. C., Rodrigues, A., & Partidário, A. (2005). Characterization of Laurel Fruit Oil from Madeira Island, Portugal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(12), 863-868.
- Chaumon, M., Goëlo, V., Ribeiro, A. M., Rocha, F., & Estevinho, B. N. (2020). In Vitro Evaluation of Microparticles with *Laurus nobilis* L. Extract Prepared by Spray-Drying for Application in Food and Pharmaceutical Products. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 124-135.

- Dall'Acqua, S., Cervellati, R., Speroni, E., Costa, S., Guerra, M. C., Stella, L., Greco, E., & Innocenti, G. (2009). Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of *Laurus nobilis* L. Leaf Infusion. *Journal of Medicinal Food*, 12(4), 869–876.
- Damasceno, R. O. S., Pinheiro, J. L. S., Rodrigues, L. H. M., Gomes, R. C., Duarte, A. B. S., Emídio, J. J., Diniz, L. R. L., & de Sousa, D. P. (2024). Anti-Inflammatory and Antioxidant Activities of Eugenol: An Update. *Pharmaceuticals*, 17, 1-15.
- da Silva, F. F. M., Monte, F. J. Q., de Lemos, T. L. G., do Nascimento, P. G. G., de Medeiros Costa, A. K., & de Paiva, L. M. M. (2018). Eugenol Derivatives: Synthesis, Characterization, and Evaluation of Antibacterial and Antioxidant Activities. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 34.
- da Silveira, S. M., Luciano, F. B., Fronza, N., Cunha Jr., A., Scheuermann, G. N., & Vieira, C. R. W. (2014). Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Laurus nobilis* Essential Oil towards Foodborne Pathogens and its Application in Fresh Tuscan Sausage Stored at 7 °C. *LWT - Food Science and Technology*, 59, 86-93.
- Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A. K., & Degirmencioglu, A. (2004). Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-Dried Bay Leaves. *Biosystems Engineering*, 88(3), 325-335.
- Derwich, E., Benziane, Z., & Boukir, A. (2009). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential Oil of *Laurus nobilis* from Morocco. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3818-3824.
- Dıraman, H. & Türk Baydır, A. (2017). Yağların Oksidasyon Kararlılıklarının Tespit Edilmesinde Kullanılan Hızlandırılmış Stabilite Metotları ve Bu Metotların Karşılaştırılması. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 18, 34-41.
- Di, Y., Cao, A., Zhang, Y., Li, J., Sun, Y., Geng, S., Li, Y., & Zhang, L. (2022). Effects of Dietary 1,8-Cineole Supplementation on Growth Performance, Antioxidant Capacity, Immunity, and Intestine Health of Broilers. *Animals*, 12, 1-11.

- Díaz-Maroto, M. C., Pérez-Coello, M. S., & Cabezudo, M. D. (2002). Effect of Drying Method on the Volatiles in Bay Leaf (*Laurus nobilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4520–4524.
- Dobroslavić, E., Repajić, M., Dragović-Uzelac, V., & Elez Garofulić, I. (2022). Isolation of *Laurus nobilis* Leaf Polyphenols: A Review on Current Techniques and Future Perspectives. *Foods*, 11, 1-23.
- Fajdek-Bieda, A., Pawlińska, J., Wróblewska, A., Zwierello, W., Łuś, A., & Klimowicz, A. (2025). Antibacterial and Preservative Potential of Eugenol and Isoeugenol in Cosmetics: A Natural Solution for Product Stability. *Applied Sciences*, 15, 1-24.
- Fidan, H., Stefanova, G., Kostova, I., Stankov, S., Damyanova, S., Stoyanova, A., & Zheljzkov, V. D. (2019). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of *Laurus nobilis* L. Essential Oils from Bulgaria. *Molecules*, 24, 1-10.
- Gharby, S., Asbbane, A., Ahmed, M. N., Gagour, J., Hallouch, O., Oubannin, S., Bijla, L., Goh, K. W., Bouyahya, A., & Ibourki, M. (2025). Vegetable Oil Oxidation: Mechanisms, Impacts on Quality, and Approaches to Enhance Shelf Life. *Food Chemistry*, 28, 1-19.
- Goudjil, M. B., Ladjel, S., Bencheikh, S. E., Zighmi, S., & Hamada, D. (2015). Study of the Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of the Essential Oil Extracted from the Leaves of Algerian *Laurus nobilis* Lauraceae. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(1), 379-385.
- Gum Gumjee, N. M. (2020). Evaluation of Antibacterial Spectrum and Phytochemical Analysis of *Laurus nobilis* Leaves Extracts. *Archives of Pharmacy Practice*, 11(2), 145-148.
- Gülçin, İ. (2011). Antioxidant Activity of Eugenol: A Structure–Activity Relationship Study. *Journal of Medicinal Food*, 14(9), 975–985.
- Hoppenreijts, L. J. G., Berton-Carabin, C. C., Dubbelboer, A., & Hennebelle, M. (2021). Evaluation of Oxygen Partial Pressure, Temperature and Stripping of Antioxidants for Accelerated Shelf-Life Testing of Oil Blends Using 1H NMR. *Food Research International*, 147, 1-10.
- Hussain, M. S., Jakhmola, V., Maqbool, M., Rana, A. J., Sultana, A., Ramalingam, P. S., Arumugam, S., Goyal, K., Rekha, A., Gupta, S., Ali, H., & Gupta, G. (2026). The Dual Identity of *Laurus nobilis* L.: A

- Culinary Delight and Pharmacological Treasure. *Current Traditional Medicine*, 12, 1-20.
- Ilić, Z. S., Stanojević, L., Milenković, L., Šunić, L., Milenković, A., Stanojević, J., & Cvetković, D. (2024). Chemical Profiling of Essential Oils from Main Culinary Plants—Bay (*Laurus nobilis* L.) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) from Montenegro. *Horticulturae*, 10, 1-13.
- Karadağ, M., Başar, Y., & Alma, M. K. (2025). Phytochemical Content of *Laurus nobilis* Leaves and Extract; Potential for Use in Value-Added Cosmetics, Health and Food Products. *International Congress on Sustainable Agriculture-II*, 515-521.
- Khan, H. (2025). Characterization of 1,8-Cineole (Eucalyptol) from Myrtle and Its Potential Antibacterial and Antioxidant Activities. *Karbala International Journal of Modern Science*, 11, 199-207.
- Khodja, Y. K., Bachir-bey, M., Belmouhoub, M., Ladjouzi, R., Dahmoune, F., & Khetta, 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.
- Kıvrak, Ş, Göktürk, T., & Kıvrak, İ. (2017). Assessment of Volatile Oil Composition, Phenolics and Antioxidant Activity of Bay (*Laurus nobilis*) Leaf and Usage in Cosmetic Applications. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2), 148-161.
- Kilic, A., Hafizoglu, H., Kollmannsberger, H., & Nitz, S. (2004). Volatile Constituents and Key Odorants in Leaves, Buds, Flowers, and Fruits of *Laurus nobilis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(6), 1601–1606.
- Kovacevic, N. N., Simic, M. D., & Ristic, M. S. (2007). Essential Oil of *Laurus nobilis* from Montenegro. *Chemistry of Natural Compounds*, 43(4), 408-411.
- Kurtfaki, M. & Yildirim-Yalcin, M. (2023). Characterization of *Laurus nobilis* L. Leaf Essential Oil Incorporated Maize Starch and Rice Protein Films. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(5), 1-9.
- Layachi, N. & Berrezeg, A. (2025). Phytochemical Composition, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Activities of *Laurus nobilis* Leaf Extracts Using Solvent Fractionation. *Journal of Angiotherapy*, 9(1), 1-6.

- Marchese, A., Barbieri, R., Coppob, E., Orhan, I. E., Dagliad, M., Nabavi, S. F., Izadi, M., Abdollahi, M., Nabavi, S. M., & Ajami, M. (2017). Antimicrobial Activity of Eugenol and Essential Oils Containing Eugenol: A Mechanistic Viewpoint. *Critical Reviews in Mikrobiology*, 43(6), 1-22.
- Markowski, J., Szymańska, M., & Junka, A. (2025). Multifaceted Activity of 1,8-Cineole in Antibacterial and Anti-Inflammatory Treatment of Respiratory Tract Diseases. *Polish Journal of Otolaryngology*, 79(1), 37-44.
- Marzouki, H., Piras, A., Marongiu, B., Rosa, A., & Dessì, M. A. (2008). Extraction and Separation of Volatile and Fixed Oils from Berries of *Laurus nobilis* L. by Supercritical CO₂. *Molecules*, 13, 1702-1711.
- Mavlanov, U., Czaja, T. P., Nuriddinov, S., Dalimova, D., Dragsted, L. O., Engelsen, S. B., & Khakimov, B. (2025). The Effects of Industrial Processing and Home Cooking Practices on Trans-Fatty Acid Profiles of Vegetable Oils. *Food Chemistry*, 469, 1-10.
- Merghni, A., Belmamoun, A. R., Urcan, A. C., Bobiş, O., & Lassoued, M. A. (2023). 1,8-Cineol (Eucalyptol) Disrupts Membrane Integrity and Induces Oxidative Stress in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Antioxidants*, 12, 1-13.
- Mohamed, I. E. & Al-Azawi, A. H. (2022). Evaluation of Antibacterial Activity of *Laurus nobilis* Leaves Extract against *Escherichia coli* Isolates. *Iraqi Journal of Biotechnology*, 21(2), 623-631.
- Moo, C.-L., Osman, M. A., Yang, S. K., Yap, W.-S., Ismail, S., Lim, E., Chong, C. M., & Koksong, L. (2021). Antimicrobial Activity and Mode of Action of 1,8-Cineol against Carbapenemase-Producing *Klebsiella pneumoniae*. *Scientific Reports*, 11(1), 20824.
- Mousavi, S. A., Tabarestani, H. S., Milani, E., & Jafari, S. M. (2026). Production of Natural Aroma by Spray Drying Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Essential Oil-Loaded Emulsion. *LWT – Food Science and Technology*, 242, 1-13.
- Mrabet, A., Abdelfattah, B., El Mansouri, F., Simou, A., & Khaddor, M. (2024). Bay Laurel of Northern Morocco: A Comprehensive Analysis of Its Phytochemical Profile, Mineralogical Composition, and Antioxidant Potential. *Biophysica*, 4, 238–255.

- Mssillou, I., Agour, A., Ghouizi, A. E., Hamamouch, N., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2020). Chemical Composition, Antioxidant Activity, and Antifungal Effects of Essential Oil from *Laurus nobilis* L. Flowers Growing in Morocco. *Journal of Food Quality*, 2020, 1-8.
- Nabila, B., Piras, A., Fouzia, B., Falconieri, D., Kheira, G., Fedoul, F.-F., & Majda, S.-R. (2022). Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Laurus nobilis* Leaves. *Natural Product Research*, 36(4), 989-993.
- Offor, N. N. & Chinko, B. C. (2025). Phytochemical Profiling and Health Benefits of Chloroform and Methanol Extracts of *Laurus nobilis* (Bay Leaf). *International Journal of Biomedical Materials Research*, 13(1), 10-23.
- Ordoudi, S. A., Papapostolou, M., Nenadis, N., Mantzouridou, F. T., Tsimidou, M. Z. (2022). Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Essential Oil as a Food Preservative Source: Chemistry, Quality Control, Activity Assessment, and Applications to Olive Industry Products. *Foods*, 11, 1-24.
- Paparella, A., Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., & Ibdah, M. (2022). A Review of the Botany, Volatile Composition, Biochemical and Molecular Aspects, and Traditional Uses of *Laurus nobilis*. *Plants*, 11, 1-24.
- Pavesi, C., Banks, L. A., & Hudaib, T. (2018). Antifungal and Antibacterial Activities of Eugenol and Non-Polar Extract of *Syzygium aromaticum* L. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(2), 337-339.
- Peña-Ortiz, M., Serrano, L., Romero, A. A., & García, A. (2023). Bay Leaves Extracts as Active Additive for Food Protective Coatings. *Foods*, 12, 1-14.
- Peris, I. & Blázquez, M. A. (2015). Comparative GC-MS Analysis of Bay Leaf (*Laurus nobilis* L.) Essential Oils in Commercial Samples. *International Journal of Food Properties*, 18, 757-762.
- Petkova, Z., Stefanova, G., Girova, T., Antova, G., Stoyanova, M., Damianova, S., Gochev, V., Stoyanova, A., & Zheljzkov, V. D. (2019). Phytochemical Investigations of Laurel Fruits (*Laurus nobilis*). *Natural Product Communications*, 14(8), 1-10.
- Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Matos, O., Serrano, C., N.R. Neng, Nogueira, J. M. F., Nunes, M. L., & Marques, A. (2012). Antioxidant and Antibacterial Activity of Essential Oil and Extracts of Bay Laurel

- Laurus nobilis* Linnaeus (Lauraceae) from Portugal. *Natural Product Research*, 26(6), 518–529.
- Rubae, M. A. M. A. (2018). Effect of Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Leaf Powder Dietary Supplementation on Dressing Percent, Carcass Traits, Carcass Cuts and Some Internal Organs of Quail. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(37), 1-6.
- Salehi, B., Quispe, C., Imran, M., Ul-Haq, I., Živković, J., Abu-Reidah, I. M., Sen, S., Taheri, Y., Acharya, K., Azadi, H., del Mar Contreras, M., Segura-Carretero, A., Mnayer, D., Sethi, G., Martorell, M., Abdull Razis, A. F., Sunusi, U., Kamal, R. M., Rasul Suleria, H. A., & Sharifi-Rad, J. (2021) Nigella Plants – Traditional Uses, Bioactive Phytoconstituents, Preclinical and Clinical Studies. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 1-26.
- Sebei, K. & Zouhir, A. (2022). Evolution of Fixed Oil, Phytosterols and Polyphenols Contents During Maturation of Tunisian Wild Laurel Fruits (*Laurus Nobilis* L.). *Biomedical Journal of Science & Technical Research*, 46(2), 37237- 37242.
- Sekeroglu, N., Özgüven, M., & Erden, Ü. (2007). Effects of the Drying Temperature on Essential Oil Content of Bay Leaf (*Laurus nobilis* L.) Harvested at Different Times. *Acta Horticulturae*, 756(756), 315-320.
- Sellami, I. H., Wannas, W. A., Bettaieb, I., Berrima, S., Chahed, T., Marzouk, B., & Limam, F. (2011). Qualitative and Quantitative Changes in the Essential Oil of *Laurus nobilis* L. Leaves as Affected by Different Drying Methods. *Food Chemistry*, 126(2), 691-697.
- Sırıken, B., Yavuz, C., & Güler, A. (2018). Antibacterial Activity of *Laurus nobilis*: A Review of Literature. *Medical Science and Discovery*, 5(11), 374-379.
- Spence, C. (2023). Why Cook with Bay Leaves? *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 33, 1-9.
- Srivastava, R. (2020). Nutritional and Pharmacological Properties of Bay Leaves (*Laurus nobilis* L.). *Ethnopharmacological Investigation of Indian Spices*, pp. 114-123.
- Şentürk, M., Mısırlı, D., Soy, M., & Elmastaş, M. (2022). Determination of Fatty Acid Profiles in Seed, Fruit and Fruit Peel Parts of the Laurel (*Laurus nobilis* L.) by GC-FID. *Journal of Integrative and Anatolian Medicine*, 3(3), 03 – 16.

- Taban, A., Saharkhiz, M. J., & Niakousari, M. (2018). Sweet Bay (*Laurus nobilis* L.) Essential Oil and Its Chemical Composition, Antioxidant Activity and Leaf Micromorphology under Different Extraction Methods. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 9, 12-18.
- Upadhyay, R. & Mishra, H. N. (2016). Effect of Relative Humidity and Light Conditions on the Oxidative Stability of Sunflower Oil Blends Stabilised with Synthetic and Natural Antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 293–299
- Wandhekar, S. S., Pawar, V. S., Shinde, S. T., & Gangakhedkar, P. S. (2023). Extraction of Oil from Oilseeds by Cold Pressing: A Review. *Indian Food Industry Mag*, 4(5), 63-69.
- Yalçın, H., Akin, M., Şanda, M. A., & Cakır, A. (2007). Gas Chromatography/Mass Spectrometry Analysis of *Laurus nobilis* Essential Oil Composition of Northern Cyprus. *Journal of Medicinal Food*, 10(4), 715-719.
- Yilmaz, E. S., Timur, M., & Aslim, B. (2013). Antimicrobial, Antioxidant Activity of the Essential Oil of Bay Laurel from Hatay, Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(1), 108-116.
- Yilmaz, A., Sirke, S. T., Ciftci, V., & Kulak, M. (2025). Bay Leaf (*Laurus nobilis* L.) Breeding. In: Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., Penna, S. (eds) Biodiversity and Genetic Improvement of Herbs and Spices. *Advances in Plant Breeding Strategies*, 8. Springer, Cham.
- Yurtlu, Y. B., Yesiloglu, E., & Arslanoglu, F. (2010). Physical Properties of Bay Laurel Seeds. *International Agrophysics*, 24, 325-328.

BÖLÜM III

ANADOLU'DA TARIMSAL OLARAK ÇELTİĞİN (*Oryza sativa* L.) SERÜVENİ

Yük. Lis.Öğr. Aycan ÇELİK¹
Araş. Gör. Dr. Elif ÖZTÜRK AY²
Doç. Dr. Hasan AKAY³

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.19616816>

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye.
aycanelik2002@gmail.com, orcid id: 0009-0005-2663-9675

^{2*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye.
elif.ozturk@omu.edu.tr, orcid id: 0000-0001-9723-6092

³ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye.
hasan.akay@omu.edu.tr, orcid id: 0000-0003-1198-8686

GİRİŞ

Tarım tarihi incelendiğinde, insanlık için stratejik öneme sahip ürünlerin yalnızca beslenme açısından değil, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan da belirleyici bir rol oynadığı görülmektedir. Bu ürünlerden biri olan çeltik (*Oryza sativa* L.), dünya nüfusunun yarısından fazlasının temel besin kaynağını oluşturması nedeniyle küresel gıda güvenliğinin en önemli unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir (FAO, 2024; Sürek, 2002). Besin içeriği açısından incelendiğinde, çeltik tanesinin protein oranı %5-10 gibi görece düşük bir aralıkta yer alsa da içerdiği proteinin esansiyel amino asitler bakımından zengin ve biyoyararlanımının yüksek olması, onu besleyici değeri yüksek bir tahıl kılmaktadır. Bu nitelikli besin profili sayesinde çeltik, küresel ölçekte buğdaydan sonra en yaygın tüketilen tahıl olma özelliğini sürdürmektedir (Juliano, 2020). Özellikle Asya kıtasında yoğunlaşan üretim ve tüketim yapısına rağmen çeltik, tarihsel süreç içerisinde farklı coğrafyalara yayılmış ve birçok toplumun tarımsal üretim sistemine dahil olmuştur.

Çeltik bitkisini diğer tahıllardan ayıran en önemli özelliklerden biri, su altında gelişebilme ve suda çözünmüş oksijenden yararlanabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bu fizyolojik adaptasyon sayesinde çeltik, sulak alanlarda yetiştirilebilen tek tahıl türü olarak dikkat çekmektedir. Ancak bu özellik aynı zamanda üretim sisteminin yüksek su tüketimine dayalı olmasına neden olmakta ve çeltik tarımını hem ekolojik hem de sosyo-ekonomik açıdan özel bir konuma yerleştirmektedir. Bu nedenle tarih boyunca çeltik üretimi genellikle su kaynaklarına erişimi olan alüvyal ovalarda yoğunlaşmış ve çoğu zaman devlet politikaları ve idari düzenlemelerle kontrol altına alınmıştır.

Anadolu coğrafyasında çeltik tarımının gelişimi, bölgenin tarihsel ve kültürel dönüşümleriyle paralel bir seyir izlemiştir. Orta Asya'dan Anadolu'ya göç eden Türk topluluklarının tarımsal bilgi birikimleri, yerel ekolojik koşullar ve farklı kültürlerle etkileşim sonucunda çeltik üretimi zamanla belirli bölgelerde yaygınlaşmıştır. Osmanlı Dönemi'nde çeltik, yüksek su ihtiyacı ve sağladığı ekonomik değer nedeniyle devlet tarafından yakından denetlenen ve özel idari mekanizmalarla yönetilen bir üretim faaliyeti hâline gelmiştir. Bu dönemde üretim sahaları belirli merkezlerde yoğunlaşmış, sulama sistemleri geliştirilmiş ve üretim süreçleri kayıt altına alınmıştır.

Cumhuriyet Dönemi ile Türkiye'de tarımsal üretim sistemlerinde önemli dönüşümler yaşanmış, modern tarım politikaları ve araştırma kurumlarının

kurulmasıyla birlikte çeltik üretimi daha bilimsel ve planlı bir yapıya kavuşmuştur. Özellikle ıslah çalışmaları, sulama yatırımları ve mekanizasyonun yaygınlaşması çeltik veriminde önemli artışlar sağlamıştır. Günümüzde Türkiye, dünya ortalamasının üzerinde verim değerlerine ulaşarak çeltik üretiminde önemli bir konuma gelmiştir. Bununla birlikte iklim değişikliği, su kaynaklarının azalması ve çevresel baskılar gibi yeni sorunlar, çeltik üretiminin sürdürülebilirliği açısından önemli tartışmaları da beraberinde getirmektedir (Taş, 2022).

Bu bölümde, çeltik bitkisinin Anadolu'daki tarihsel serüveni ele alınarak Osmanlı Dönemi'nden Cumhuriyet'e ve günümüze kadar uzanan üretim süreci incelenmektedir. Ayrıca Türkiye'de çeltik tarımının bölgesel gelişimi, üretim politikaları, ıslah çalışmaları ve özellikle Samsun ili örneğinde yerel üretim dinamikleri değerlendirilerek çeltik üretiminin tarihsel ve tarımsal gelişimi bütüncül bir bakış açısıyla ortaya konulmaktadır.

1. Osmanlı Döneminde Çeltik Tarımı

Günümüzde temel bir besin maddesi olarak tüketilen pirincin üretim sürecindeki karşılığı olan çeltik kavramı, Osmanlı Dönemi'nde hem gündelik kullanımda hem de resmî belgelerde *çeltik/çeltük/ چلتو* imlâlarıyla yaygın biçimde yer almıştır (Emecen, 1993). Asya menşeli bir bitki olan çeltiğin Anadolu'daki yayılışının, Türklerin bölgeye yerleşmesiyle ivme kazandığı kabul edilmektedir. Orta Asya'da, özellikle Çin'e yakın sahalarda yaşayan Türk topluluklarının çeltik ziraatıyla meşgul oldukları bilinmekte; Kaşgarlı Mahmud'un aktardığı üzere Türkler bu ürünü *tuturka* adıyla anmaktaydı. Anadolu'ya yerleşilmesinin ardından ise Farsça ve Sanskritçe kökenli *birinç* kelimesinin yaygınlaştığı görülmektedir. Anadolu'da ekimi yapılan pirincin İran ve doğu kaynaklı olması, ürünün yayılma yönü ve terminolojisi bakımından anlamlı ipuçları sunmaktadır (Emecen, 1993).

Çeltik tarımı, yüksek su ihtiyacı nedeniyle özellikle düz tabanlı, alçak rakımlı ve su kaynakları bakımından zengin alanlarda yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda Konraba (bugünkü Konuralp) ve çevresi, ekolojik elverişliliği sayesinde antik dönemlerden itibaren çeltik ziraatının yapıldığı sahalarda yer almış; söz konusu üretime dair en güvenilir bilgiler Osmanlı Dönemi'ne ait XVI. yüzyıl tahrir ve muhasebe kayıtlarından elde edilmiştir. Osmanlı tarım sistemi içinde hububat üretimi devlet açısından "ehemm-i

umurdan” kabul edilirken, çeltik sürekli su ihtiyacı, yoğun emek gereksinimi ve sağladığı yüksek gelir nedeniyle diğer tahıllardan ayrılarak özel bir konumda değerlendirilmiştir (Güçer, 1964; Sürek, 2002).



Şekil 2. Konuralp Pirinci

Bu ayrıcalıklı statü doğrultusunda çeltik ziraati devlet tarafından doğrudan teşvik edilmiş ve sıkı bir idari denetime tabi tutulmuştur. Üretim genellikle mîrî arazilerde, mukataa veya ortaklık usulleriyle gerçekleştirilmiş; her üretim sahasında *çeltik emini* görevlendirilerek üretim ve vergi süreçleri Çeltik Rüsûmu Kalemî gibi özel muhasebe birimlerince kayıt altına alınmıştır (Genç, 2006; Taş, 2020; Özcan, 2024). Başlangıçta ortakçı kullar aracılığıyla yürütülen üretimde beklenen verimin elde edilememesi üzerine, avâriz vergisinden muaf tutulan ve daha imtiyazlı bir statüye sahip *çeltikçi reâyâ* sınıfı oluşturulmuştur. Sulama altyapısının sürekliliğini sağlamak amacıyla *nehr-i çeltük* adı verilen kanallar inşa edilmiş; bu kanalların bakım ve temizliği, babadan oğula intikal eden bir görev olarak çeltükçü reâyâyâ tevdi edilmiştir (Karagöz, 2004).



Şekil 3. Osmanlı Sarayı ve Pirinç Pilavı

Osmanlı Dönemi'nde çeltik üretimi XV–XVII. yüzyıllarda sınırlı merkezlerde yoğunlaştığından, pirinç uzun süre daha çok saray ve yüksek gelirli kesimlerin tükettiği bir ürün niteliği taşımıştır. Tosya, Boyabat ve Filibe gibi merkezlerde yoğunlaşan üretim, özellikle etli pilavın saray ve yeniçeri sofralarının başlıca yemeklerinden biri hâline gelmesini sağlamıştır (Atıl, 1999; Faroqi, 2014). Zamanla pirinç, yalnızca saray mutfağında değil, imaretlerde, tekkelerde ve şehir halkının sofrasında da yaygın biçimde tüketilmeye başlanmıştır. Saray mutfağında padişah, divan, harem ve görevliler için yapılan yemeklerde büyük miktarlarda pirinç kullanılmış; 1660 yılında saraya 36.000 kile pirinç alındığı kaydedilmiştir (Pakalın, 1993). Büyük imaretlerde günlük olarak pirinç çorbası pişirilmiş, cuma ve bayram gecelerinde pilav dağıtılmış; Mevlevi tekkelerinde ise belirli günlerde *lokma* adı verilen etli pirinç pilavı hazırlanmıştır (Emecen, 1993; Pakalın, 1993).

Çeltiğin yüksek su ihtiyacı, zamanla çevresel ve sağlıkla ilgili tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Durgun suların artması, özellikle alçak rakımlı ve nemli bölgelerde sivrisinek popülasyonunun çoğalmasına zemin hazırlamış; bu durum sıtma hastalığıyla ilişkilendirilmiştir. Sıtmanın ortaya çıkması için durgun su, anofel türü sivrisinek ve insan unsurunun bir arada bulunması gerekmekte olup, bataklık alanlar bu açıdan elverişli ortamlar oluşturmaktadır (Şahin, 2016). Hastalığın etkeni uzun süre bilinmediğinden, geçmiş dönemlerde sıtmanın bataklıklardan yayılan kötü hava ve zehirli buharlardan kaynaklandığı düşünülmüş; bu nedenle hastalık *malaria* olarak adlandırılmıştır (Işık, 2021). Benzer inanışların Roma İmparatorluğu Dönemi'nde de yaygın olduğu bilinmektedir (Nikiforuk, 2022).

XIX. yüzyılda Osmanlı coğrafyasında sıtma, dönemsel salgınlar hâlinde ortaya çıkarak hem toplum sağlığını hem de askerî faaliyetleri olumsuz etkilemiştir. Mora İsyanı sırasında orduda görülen sıtma vakalarının askerî harekâtı aksattığı; I. Dünya Savaşı sürecinde ise yaklaşık 450.000 Osmanlı askerinin bu hastalığa yakalandığı tespit edilmiştir (Işık, 2021). Bursa, İzmit, Yalova, Adapazarı, Bilecik, Eskişehir, Maraş, Ceyhan, Trabzon, Samsun, Ünye ve Çanakkale gibi sıtmanın yoğun görüldüğü merkezlerin aynı zamanda çeltik üretim sahaları olması dikkat çekicidir (Akagündüz, 2016).

XIX. yüzyılın sonlarına doğru çeltik ziraatinin yoğun su kullanımına bağlı olarak durgun su alanlarını artırması, özellikle sıtma hastalığının yayılımı açısından ciddi bir sorun olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, başlangıçta idari

ve bürokratik mekanizmalar aracılığıyla ele alınmış; II. Abdülhamid Dönemi'nde Meclis-i Mebusan'ın kapalı olması nedeniyle konu, Şûrâ-yı Devlet ile Orman, Maadin ve Ziraat Nezareti başta olmak üzere ilgili nezaretler arasında yürütülen çalışmalar neticesinde hukuki bir çerçeveye kavuşturulmuştur. Bu doğrultuda hazırlanan 1894 tarihli Pirinç Ziraatı Hakkında Nizamname, çeltik tarımını bütünüyle yasaklamaktan ziyade, üretimin belirli koşullar altında sürdürülmesini hedeflemiş; ekim alanlarının yerleşim yerlerine olan mesafesi, sürekli su akışının sağlanması ve ruhsat zorunluluğu gibi düzenlemelerle toplum sağlığını korumaya yönelik önlemler getirmiştir (BOA.ŞD.517/21; Pirinç Ziraatı Hakkında Nizamname, 1894; Yılmaz, 2024).

II. Meşrutiyet'in ilanı ile birlikte yeniden faaliyete geçen Meclis-i Mebusan, çeltik ziraatını yalnızca zirai ve ekonomik bir faaliyet olarak değil, aynı zamanda çevresel ve sıhhi sonuçları olan bir mesele olarak gündemine almıştır. Özellikle bataklık oluşumu, yerel halktan gelen şikâyetler ve sıtma vakalarının artışı, Meclis görüşmelerinde sıkça dile getirilmiş; 1894 tarihli nizamnamenin uygulamada yeterli olmadığı yönündeki eleştiriler öne çıkmıştır. Bu tartışmalar sonucunda çeltik üretiminin daha kapsamlı ve bağlayıcı hükümlerle düzenlenmesi gerektiği kanaati oluşmuş ve 1910 Pirinç Ziraatı Kanunnamesi yürürlüğe konulmuştur. Böylece çeltik ziraatı ilk kez doğrudan yasama organının denetimine girmiş; üretim alanları, denetim mekanizmaları ve kamu sağlığını önceleyen hükümler daha açık ve sert biçimde tanımlanmıştır (Işık, 2021; Çelik, 2024).



Şekil 4. Çeltikten Pirince



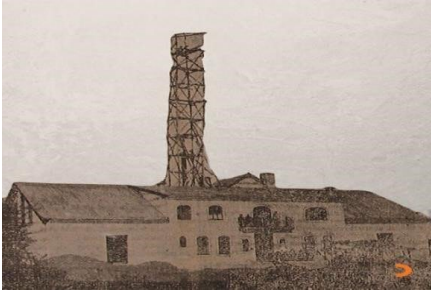
Şekil 5. 19.yy. Meclis-i Mebusan

2. Cumhuriyet Dönemi Çeltik Tarihi

Cumhuriyet'in ilk yıllarında yapılan tarım sayımları, özellikle Trakya gibi bölgelerde çeltik üretiminin ekonomik açıdan önemli bir tarımsal faaliyet olarak ortaya çıktığını göstermektedir (Öztürk, 2019).

Çeltik işleme ve pazarlama ile ilgili zorluklara yanıt olarak, Tosya'daki bir grup çiftçi bir çeltik işleme fabrikası kurma girişiminde bulunmuş ve bu girişim, erken Cumhuriyet Dönemi'nde tarıma dayalı sanayileşme çabalarına somut bir örnek teşkil etmiştir. Bu girişimin ardından ve Mustafa Kemal Atatürk'ün direktifleri doğrultusunda, Ticaret Bakanlığı 1924 yılında Tosya, Bursa ve Maraş'ta, her biri saatte 4000-4500 kg işleme kapasitesine sahip üç çeltik fabrikası kurmayı planlamıştır. Bu çevrede, Türkiye'nin ilk çeltik fabrikası 1925 yılında Kastamonu'nun Tosya ilçesinde faaliyete geçirilmiştir (Sürek, 2025).

Bu yatırım, bölgesel çeltik üretimini artırmaya ve Tosya çeltiğinin ülke çapında tanınmasını sağlamaya önemli bir katkı sağlamıştır. Ayrıca Cumhuriyet Dönemi'nde çeltik üretiminin kurumsallaşmasında ve sanayi çerçevesine entegrasyonunda belirleyici bir rol oynamıştır (Sürek, 2025).



Şekil 6. Tosya İlk Çeltik Fabrikası

Tablo 1. Türkiye'de Cumhuriyet Dönemi'nde İl Bazında Çeltik Ekim Alanları (ha)

İller	Yıllar				
	1930	1960	1981	2020	2024
Edirne	-	6000	18055	33730	48600
Samsun	-	3181	9943	19739	15100
Sinop	90	2102	4780	4407	3010
Çorum	3418	4995	7641	5230	-
Diyarbakır	1100	1696	5260	-	-
Adana	1100	4010	3103		

Balıkesir	-	-	2143	16474	11400
Maraş	4000	2200	-	-	-
Kastamonu	3200	1468	-	-	-
Ankara	3200	1862	-	-	-
Çanakkale	-	-	-	1128	9200
Çankırı	-	-	-	2945	1510
Tekirdağ	-	-	-	2607	2670
Kırklareli	-	-	-	1799	2410
Urfa	3500	-	-	-	-
Malatya	1000	-	-	-	-
Giresun	700	-	-	-	-
Artvin	700	-	-	-	-

1930'dan itibaren, Türkiye'de Cumhuriyet Dönemi'nde, çeltik tarım alanlarının iller bazında zamansal evrimini izlemek ve üretimin zaman içindeki mekânsal yoğunluğunu açıkça göstermek mümkün olmuştur. 1930'larda, nispeten sınırlı alanlarda çeltik yetiştiriciliği uygulanıyordu. Maraş, Urfa, Kastamonu ve Ankara gibi iller öne çıktı; ancak tarım alanları genellikle sadece birkaç bin hektarla sınırlı kaldı. 1960'lara gelindiğinde Edirne lider konuma yükselmişti; bu da Trakya Bölgesi'nin çeltik yetiştiriciliği için stratejik bir merkez haline geldiğini gösteriyordu. Bu dönemde, Adana, Çorum ve Samsun gibi su kaynaklarına erişimi elverişli olan eyaletlerde de tarım alanlarında artışlar gözlemlenmiştir.

1981 verileri, Edirne'nin liderliğini önemli bir farkla daha da pekiştirdiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda Samsun, Manisa ve Diyarbakır gibi vilayetler çeltik üretiminde bir artış yaşamış ve bu da çeltik üretiminin Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu havzalarına yayılmasını yansıtmaktadır.

2020 ve 2024 verileri, Trakya Bölgesi'nde (Edirne, Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale) ve özellikle Samsun olmak üzere Karadeniz Bölgesi'nde açık bir mekânsal çeltik yetiştiriciliği olduğunu göstermektedir. 2024 yılında Edirne 48600 hektara ulaşarak Türkiye'nin en büyük çeltik tarım alanına sahip il olmuştur. Buna karşılık, iç ve doğu bölgelerde bulunan birkaç eyalet zamanla tarım alanlarında düşüş yaşadı veya üretimde daha düşük seviyelere düştü (TÜİK, 2024).

Bu gelişmeler sulama kapasitesi, iklim koşulları, tarımsal altyapı yatırımları ve piyasa erişebilirliğinin çeltik yetiştiriciliğinin bölgesel

dağılımının başlıca belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Cumhuriyet Dönemi boyunca, Türkiye'deki çeltik üretimi giderek daha yoğunlaşmış bir yapıya doğru evrilmiştir; bu yapı daha az ama yüksek verimli tarım havzalarıyla karakterize edilmiştir.

Tablo 2. Cumhuriyet Dönemi'nde Bölgesel Çeltik Ekim Alanları (ha)

Bölgeler	Ekim Alanı (ha)					Üretim Payı (%)				
	1930	1960	1981	2019	2024	1930	1960	1981	2019	2024
Marmara	775	8084	24213	87756	92290	4.1	19.3	33.2	69.4	71.6
Ege	-	-	8867	-	-	-	-	12.1	-	-
Karadeniz	5200	12328	22423	31963	31200	27.5	29.4	30.8	25.3	24.2
Akdeniz	4480	12429	7480	1367	1500	23.7	29.7	10.2	1.1	1.1
İç Anadolu	2930	2458	2114	3170	2580	15.5	5.9	2.9	2.5	2
Güneydoğu Anadolu	4575	5543	6569	2074	1290	24.2	13.2	9	1.6	1
Doğu Anadolu	940	1053	1334	90	20	5	2.5	1.8	0.1	0.2
Toplam	18900	41895	73000	12419	128900	100	100	100	100	100

Veriler, 1930 ile 2024 yılları arasında Türkiye'deki çeltik tarımı alanlarının bölgesel dağılımını ve bu dağılımın zamansal dönüşümünü ortaya koymaktadır. Cumhuriyet'in ilk yıllarında, çeltik yetiştiriciliği Karadeniz Bölgesi (%27.5), Güneydoğu Anadolu Bölgesi (%24.2) ve Akdeniz Bölgesi (%23.7) genelinde nispeten dengeli bir mekânsal düzen sergilerken, Marmara Bölgesi'nin payı %4.1 ile sınırlı kalmıştır.

1960 ve 1969 yıllarına gelindiğinde, Marmara Bölgesi'nin hem tarım alanı hem de üretim payı hızla arttı. 1981'den sonra bu yükseliş eğilimi daha belirgin hale geldi ve Marmara çeltik üretiminde baskın bölge olarak öne çıktı. Gerçekten de Marmara Bölgesi 1998'de toplam tarım alanının %56'sını oluştururken, bu oran 2019'da %69.4'e, 2024'te ise %71.6 ya yükseldi.

Karadeniz Bölgesi uzun yıllar boyunca çeltik tarımında önemli bir rol oynamış olsa da 1980'lerden sonra görece bir gerileme dönemine girmiştir. Buna rağmen, 2024 itibarıyla %24.2 hissesiyle ikinci konumunu korudu. Buna karşılık Akdeniz, Orta Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde zaman içinde çeltik tarım alanlarında belirgin bir daralma yaşandı; özellikle 1990'lardan sonra, toplam üretime katkıları yaklaşık %1-2'ye düştü. Ege Bölgesi'nde çeltik ekimi hiçbir zaman kesintisiz olmamış ve yalnızca sınırlı ve geçici üretim alanlarıyla temsil edilmiştir.

Genel olarak, veriler Cumhuriyet Dönemi'nde Türkiye'de çeltik tarımının giderek Marmara Bölgesi'nde ve daha az ölçüde Karadeniz Bölgesi'nde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu mekânsal dönüşüm, sulama altyapısının, iklimin uygunluğunun, verimli alüvyal alçakların varlığı ve tarımsal organizasyon düzeyinin bölgesel uzmanlaşmayı şekillendiren belirleyici faktörler olduğunu açıkça göstermektedir.

1929'da Türk İktisatlar Bakanlığı, İtalyan çeltik uzmanı M. Civani SanPietro'yu Anadolu'da çeltik yetiştiriciliği üzerine araştırma yapmak üzere Ankara'ya davet etti. SanPietro, raporunda Tosya ve Maraş'ı Türkiye'de çeltik tarımı için en uygun bölgeler olarak tanımladı (Çakır, 2004). Bu değerlendirmenin ardından Harun Aziz Bey, 1930'da çeltik yetiştiriciliği konusunda uzman eğitim almak üzere İtalya'ya gönderildi. Dönüşünde, 1930 yılında Tosya'nın Dikmen köyünde kurulan çeltik deneme istasyonunun başkanı olarak atandı.

Bu istasyonda 44-45 yerli ve yabancı tür test edildi. Denemeler, yerel Akçeltik çeşidinin hektar başına yaklaşık 4 ton verim verdiğini, iken İtalyan çeşitlerin hektar başına 5-6 ton verim sağladığını gösterdi. 1935-1940 yılları arasında Tosya'da yetiştirilen başlıca çeşitler arasında Akçeltik, Sarıkılık, Maratelli, Amerikano ve Harun Aziz Bey tarafından tanıtılan Restono ve Benlok çeşitleri yer almaktadır (Sürek, 2025).



Şekil 7. M. Civani SanPietro



Şekil 8. Harun Aziz Bey

Türkiye'deki çeltik ıslah faaliyetleri, Yeşilköy Tarım Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen araştırmaların yeni kurulan Edirne Tarım Araştırma Enstitüsü'ne aktarılmasıyla 1970 yılında modern bir aşamaya girmiştir. Kapsamlı uluslararası iş birliği ağı aracılığıyla, bu kurum İtalya, Rusya, Japonya, Bulgaristan, Amerika Birleşik Devletleri, Macaristan, Fransa, İspanya

ve Uluslararası Çeltik Araştırma Enstitüsü'nden (IRRI) elde edilen yetiştirme hatlarını Türk ekolojik koşullarına uyum sağlayabilmesi açısından değerlendirdi.

Bu uyarılama denemeleri sonucunda, İtalyan kökenli Rocca çeşidi 16 Mayıs 1978'de üretim onayı aldı. Daha sonra, 1983'te kapsamlı bir kayıt süreci tamamlandı ve Rocca, Krasnodarsky- 424, Ranballi, Rodina ve Plovdiv çeşitleri resmen kaydedildi. 1983 ile 1985 yılları arasında, bu kayıtlı çeşitlerin ülke çapında yayılma potansiyelini değerlendirmek için ülke genelinde 22 eyalet ve 34 lokasyonda büyük ölçekli tanıtım ve uyarılama denemeleri yapıldı. Bu değerlendirme süreci ayrıca İtalyan kökenli Gritna çeşidini, daha önce kayıtlı Ribe çeşidini ve yerel genotipleri de içererek Türkiye'nin çeltik üretim modelini şekillendirmek için bilimsel bir temel sağladı.

1981 yılına kadar çeltik ıslahı faaliyetleri yalnızca Edirne Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün koordinasyonu altında yürütülüyordu. O yıldan itibaren, yetiştirme çalışmaları stratejik bir politika kararı doğrultusunda ulusal bir proje olarak yeniden organize edildi. Edirne'nin merkezi koordinasyon birimi olarak belirlenmesiyle birlikte Samsun, İzmir, Antalya, Adana, Ankara, Diyarbakır, Eskişehir, Sakarya ve Iğdır'daki araştırma enstitüleri programa dahil edilerek araştırma ağı ülke çapında genişletildi. 1982 yılına gelindiğinde, merkezi enstitüden dağıtılan yetiştirici malzemelerle çeşitli agro-ekolojik bölgelerde verim denemeleri ve gözlem fidanlıkları kurulmuştu. Bu koordineli araştırma çerçevesi, güçlü yerel adaptasyon kapasitesine sahip yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesinin temelini oluşturdu (Sürek, 2025).

Bu kurumsal iş birliğinin en önemli sonucu, 1979'da başlatılan hibritleşme programının başarısı oldu. 1990 yılında, Ergene, Meriç, Altınyazı, Trakya ve İpsala çeşitleri, ulusal çeltik ıslah programında bir dönüm noktası olarak resmen tescil edildi; bu ulusal çeltik ıslahı programında bir dönüm noktası oldu ve bilimsel literatüre önemli katkılar sağladı.

Tablo 3. Türkiye'de Geçtiğimiz Yüzyılda Çeltik Ekim Alanı, Çeltik Üretimi ve Çeltik Verimi

Yıllar	Çeltik Ekim Alanı (1000 ha)	Çeltik Üretim (1000 ton)	Çeltik Verimi (ton/ha)
1928-1930	18.9	46.7	2.8
1931-1940	28.9	94.2	3.3
1941-1950	24.4	83.3	3.5

1951-1960	46.3	161.3	3.5
1961-1970	51.9	208.2	4.1
1971-1980	59.7	272.8	4.5
1981-1985	68.8	309	4.5
1986-1990	54.2	274.5	5.2
1991-1995	43.8	218	5.0
1996-2000	58.6	312	5.3
2001-2005	67.8	436.4	6.4
2006-2010	97.8	860	7.6
2011-2015	111.3	886	8.0
2016	116.1	920	7.9
2017	109.6	900	8.2
2018	120.1	940	7.8
2019	126.4	1000	7.9
2020	125.4	980	7.8
2021	129.5	1000	7.7
2022	120.5	950	7.9
2023	112.1	900	8.0
2024	128.9	1019	7.9

Veriler, Türkiye’de 1928-1930 döneminden 2024’e kadar olan uzun vadeli çeltik yetiştiriciliğinin ekim alanı, üretim hacmi ve verim açısından gelişmesini göstermektedir. Cumhuriyet’in ilk yıllarında, çeltik yetiştiriciliği nispeten sınırlı alanlarda uygulanıyordu. 1928-1930 döneminde, 18.9 bin hektarda yaklaşık 46.7 bin ton çeltik üretildi ve verim hektar başına 2.8 ton gibi mütevazı bir seviyede kalmıştır.

1950’lerden itibaren, sulama altyapısındaki iyileştirmeler ve devlet destekli üretim politikaları hem ekim alanlarında hem de üretimde önemli bir genişlemeye yol açtı. 1960 ile 1970 yılları arasında tarım alanı 50 bin hektarı aşmış ve verim hektar başına 4 tonun üzerine çıkmıştır. 1980’ler, sadece nicel genişlemede değil, aynı zamanda verimlilik artışında da hızlanan bir ilerleme döneminde ortalama verim hektar başına 5.2 tona yükseldi.

2000’li yılların ardından, modern yüksek verimli çeşitlerin benimsenmesi, mekanizasyonun artması ve gübreleme ile sulama tekniklerindeki gelişmeler verimlilikte önemli bir sıçrama sağladı. Verim 2006-2010 döneminde hektar başına 7.6 ton, 2011-2015 yıllarında ise yaklaşık 8 tona ulaşmıştır.

Son istatistikler, ekim alanlarının zamanla dalgalandığını ancak genel olarak yükseliş eğilimi izlediğini gösteriyor. 2019’dan bu yana toplam üretim

1 milyon tona yaklaştı. 2024 yılında 128.9 bin hektarda çeltik yetiştiriciliği, toplam üretim 1019 bin tona ulaştı ve hektar başına ortalama 7.9 ton verim elde edildi.

Genel olarak, bu bulgular Türkiye’de çeltik üretiminin büyümesinin sadece ekilen alanların genişlemesinden değil, daha da önemlisi verimlilikteki yapısal iyileşmelerden kaynaklandığını göstermektedir. Cumhuriyetçi Dönem boyunca, çeltik tarımı kademeli olarak modern, yoğun ve yüksek verimli bir üretim sistemine dönüşmüştür.

3. Günümüz Türkiye’inde Çeltik Tarımı

Türkiye’de çeltik yetiştiriciliği tarihsel olarak yoğun emek ve geleneksel üretim tekniklerine dayanıyordu. Osmanlı Dönemi’nden erken Cumhuriyet Dönemi’ne kadar çeltik sürekli su basan tarlalarda yetiştirildi; burada toprak hazırlama ve diğer kültürel uygulamalar büyük ölçüde el emeği ve hayvan çekişine dayanıyordu (Abdioğlu ve Çakır, 2021). Bu üretim modeli önemli insan çabası gerektiriyordu. Sulama kanalları, setler ve tarla düzleştirme inşaatı zaman alıcı ve fiziksel olarak zorlayıcıydı. Ayrıca hastalık ve yabancı ot kontrolündeki sınırlamalar nispeten düşük verimlilik seviyelerine katkıda bulundu.

Ancak son yıllarda mekanizasyonun modern sulama teknolojilerinin ve gelişmiş çeşitlerin tanıtılması çeltik üretiminin verimliliğini önemli ölçüde artırmıştır. Trakya Bölgesi’nde yapılan araştırmalar, damla sulama sistemlerinin geleneksel çeltik sulama ile karşılaştırıldığında su tüketiminin %70’e kadar azaltabildiğini göstermektedir, ancak bu koşullarda verimde bir miktar düşüş gözlemlenmiştir (Arıkan, 1990).

Mekanizasyon ekim, hasat ve harmanlama işlemlerinin daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamış ve böylece iş gücü gereksinimleri ve ilgili üretim maliyetleri düşmüştür. Bu teknolojik gelişmelerin başlıca faydaları arasında su kullanım verimliliğinin artması, üretim hacimlerinin artması ve maliyet azalması yer almaktadır. Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye’nin birim alan başına ortalama çeltik verimi dünya ortalamasının yaklaşık iki katına ulaşmıştır (TAGEM, 2022).

Buna rağmen, modern üretim sistemlerinin benimsenmesi, yüksek başlangıç yatırım maliyetleri, yeni yabancı ot yönetimi sorunlarının ortaya çıkması ve damlama sistemleri gibi alternatif sulama yöntemleriyle potansiyel

verim düşüşleri gibi bazı zorlukları da beraberinde getirdi. Günümüz yetiştirici programları çeşitli üretim ortamlarına uyum sağlayan, daha dayanıklı, yüksek verimli çeltik hatları geliştirerek bu kısıtlamaları azaltmayı amaçlar.

Tablo 4. 2014 -2024 Çeltik Ekim Alanı, Çeltik Üretimi ve Çeltik Verimi

Yıl	Ekim Alanı (da)	Üretim (Ton)	Verim (kg/da)
2014	1 108 844	830 000	749
2015	1 158 561	920 000	794
2016	1 160 563	920 000	793
2017	1 095 599	900 000	821
2018	1 201 424	940 000	782
2019	1 264 190	1 000 000	791
2020	1 253 980	980 000	782
2021	1 294 904	1 000 000	772
2022	1 205 226	950 000	788
2023	1 121 204	900 000	803
2024	1 289 036	1 019 000	791

Ekim alanı ve üretim miktarı genel olarak artış eğilimindedir. Verim dalgalanma göstermekte, bu da iklim koşulları, çeşit seçimi, gübreleme veya sulama gibi faktörlerin etkili olduğunu gösterir. 2021’de verim düşüklüğü dikkat çekicidir; buna rağmen ekim alanı ve toplam üretim yüksek kalmıştır. 2024 itibarıyla hem ekim alanı hem üretim 10 yıllık süreçte en yüksek değerlerine yaklaşmıştır.

4. Samsun’da Çeltik Tarihi

16. yüzyıla ait Osmanlı kayıtları Bafra, Tosya, Beypazarı, Terme, Niksar ve Boyabat ile Anadolu’nun başlıca çeltik üretim merkezlerinden biri olarak belirlenmektedir (İbret, 2004a, 2004b; Avcı, 2012; Öz, 1999). Arşiv verileri 1455 ile 1576 yılları arasında Osmanlı İmparatorluğu’nun Canik sancağı sınırları içinde yer alan Terme ve Bafra ilçelerinde çeltik yetiştirildiğini göstermektedir. 1455 yılında çeltik, ilin toplam tarımsal üretiminin yaklaşık %15’ini oluştururken, 1576 yılına gelindiğinde bu oran %4’e düşmüştür (Öz, 1999).

19. yüzyılın sonları ve 20. Yüzyılın başlarında çeltik üretimi devam etmiş ve toplam tarımsal ürünlerin %3,24’ünü oluşturmuştur (Akay, 2017; Trabzon Vilayet Salnameleri, Yolalıcı, 1998). Belgeler tamamen kesintisiz olmasa da Osmanlı kayıtları günümüz Samsun ili sınırlarına denk gelen

bölgede 1455 ile 1576 yılları arasında çeltik yetiştirildiğini doğrulamaktadır. 15. ve 16. yüzyıllarda Bafra Ovası, çeşitli sebze ve meyvelerle ek olarak buğday, arpa, çeltik, kenevir ve pamuk üretimini desteklemiştir.

1888, 1892 ve 1896 yılına ait kaynaklar Bafra ilçesinin kenevir, keten, buğday, yem bitkileri, çavdar, mısır, mercimek ve fasulye gibi birçok ürünü ürettiğini bildirmektedir. 20. yüzyılın başlarına gelindiğinde başlıca tarımsal ürünler arasında tütün, buğday, mısır, yulaf, arpa ve çeltik yer almaktadır. 16. ve 20. yüzyıllar arasında çeltik üretiminin nispi olarak az olması, genellikle alternatif bitkilere kıyasla daha düşük ekonomik getirilerine bağlanmaktadır (Doğanay, 2007).

Cumhuriyet Dönemi'nde, çeltik Samsun ilinin önemli tarım ürünlerinden biri olmaya devam etti; ancak ekim alanları önemli dalgalanmalar gösterdi (Barkan, 1939). 1950 yılında 5890 dekar alan ekilen çeltik, kısmen mısır ekim alanlarındaki azalmanın etkisiyle 1962 yılında 110000 dekara yükseldi. Alan 1965 yılında kesin bir şekilde 25000 dekara düştü, ancak 1979 yılına gelindiğinde tekrar 100000 dekara yükseldi ve Samsun'un Türkiye toplam çeltik ekim alanındaki payını %13.6 seviyesine çıkardı. 1980 sonrasında yeniden bir düşüş gözlenirse de 2008 yılında Samsun, 85833 dekar ile ülke genelinde üçüncü sırada yer aldı. 2020 verilerine göre ekim alanı 134000 dekara ulaşarak Türkiye toplam çeltik ekim alanının %15.03'ünü oluşturdu (TÜİK, 2024).

Cumhuriyet'in ilk yıllarında, Terme Samsun'un çeltik ekiminin öncü merkezi olurken, buna daha sonra Bafra izledi. Bafra'da çeltik üretiminin 1952'de, Sinop'un Boyabat ilçesinden getirilen tohumların izinsiz ekilmesiyle başladığı bildirilmektedir. Resmi kayıtlar, Bafra'da organize çeltik ekiminin 1955 yılına dayandığını göstermektedir.

1990-2020 yılları arasında, Samsun'daki toplam çeltik ekim alanları yaklaşık iki ila iki buçuk kat artmıştır. Ancak il içi eğilimler farklılık göstermektedir: Bafra Ovası neredeyse üç kat genişlerken, Terme Bölgesi'ndeki ekim alanları 1.5-2 kat daralmıştır. Bu daralmanın büyük ölçüde Terme'deki çiftçilerin daha karlı ürünlere özellikle fındığa yönelmesine bağlandığı belirtilmektedir (Hekimoğlu ve Altındağ, 2019).

8. Sonuç ve Öneriler

Dünya nüfusunun yarısından fazlası için temel besin kaynağı olan çeltik (*Oryza sativa* L.), anaerobik koşullara uyum sağlayarak su altında gelişebilen stratejik bir tahıldır. Anadolu'daki serüveni Türklerin bölgeye yerleşmesiyle ivme kazanan bu ürün, Osmanlı Dönemi'nde üretim faaliyetleri kapsamında devletin öncelikli tarımsal üretim alanlarından biri olmuştur. Ekim alanlarının sınırlılığı ve yüksek iş gücü gereksinimi nedeniyle uzun süre saray mutfağıyla özdeşleşen ve lüks tüketim statüsünde değerlendirilen çeltik, Cumhuriyet Dönemi'nde 1936 tarihli 3039 sayılı 'Çeltik Ekimi Kanunu' ile devlet denetimine alınmıştır. Bu kanunun temel amacı, dönemin önemli halk sağlığı sorunlarından biri olan sıtma ile mücadele olmuştur.

Tarihsel olarak su kaynaklarına erişimin mümkün olduğu alanlarda gelişen çeltik tarımı, Anadolu'da Trakya, Karadeniz ve Güney Marmara bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Osmanlı Dönemi'nde artan nüfus ve gıda ihtiyacıyla birlikte üretim alanları genişlemiş; sulama altyapısının geliştirilmesi ve devlet destekli politikalar, belirli bölgelerde uzmanlaşmış çeltik üretim sistemlerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Cumhuriyet Dönemi'nde tarımsal araştırma kurumlarının kurulması ise yerli, yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip çeşitlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Modern ıslah çalışmaları ve çağdaş tarım tekniklerinin uygulanmasıyla Türkiye, birim alan veriminde dünya ortalamasının yaklaşık iki katına ulaşarak (791 kg/da) önemli bir başarı elde etmiştir.

Buna karşın günümüzde çeltik tarımı, iklim değişikliği, azalan su kaynakları ve artan üretim maliyetleri gibi yeni sorunlarla karşı karşıyadır. Yüksek su ihtiyacı, üretimin sürdürülebilirliğini tehdit eden temel kısıtlardan biri hâline gelirken; özellikle Kızılırmak Deltası ve Bafra Ovası gibi hassas ekosistemlerde yoğun gübre ve pestisit kullanımı biyolojik çeşitlilik üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır. Mevcut yasal düzenlemelerin modern üretim teknikleri ve güncel çevresel önceliklere yanıt vermekte yetersiz kalması, 1936 tarihli kanunun yenilenmesini zorunlu kılmaktadır. Günümüzde öncelik, sıtma ile mücadeleden ziyade su yönetimi, çevresel kirliliğin önlenmesi ve modern mekanizasyona uyumdur.

Sonuç olarak çeltik tarımı, Anadolu'da yalnızca ekonomik bir üretim faaliyeti değil; aynı zamanda kırsal yaşamın, beslenme kültürünün ve tarımsal mirasın ayrılmaz bir parçasıdır. Bu çok yönlü üretim sisteminin

sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için mevzuatın güncellenmesi, su tasarrufu sağlayan üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması ve doğa dostu tarım uygulamalarının teşvik edilmesi sektörel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdioğlu, H., & akır, B. (2021). Osmanlı Devleti'nde eltik tarımı ve muhasebe işlemleri. *Accounting and Financial History Research Journal*.
- Akagündüz, Ü. (2016). II. Meşrutiyet Döneminde Toplumsal Bir Sorun Olarak Sıtma ve Sıtmadan Korunma areleri. *Kebikeç: İnsan Bilimleri İçin Kaynak Araştırmaları Dergisi*, (41).
- Akay, H., Sezer, İ., Mut, Z., & Dengiz, O. (2017). Bafra ovası sol sahilinde yetiştirilen bazı eltik çeşitlerinin verim ve kalite performanslarının belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 297-302.
- Arıkan, Z. (1990). XV–XVI. Yüzyıllarda Anadolu'da eltik üretimi. V. Milletlerarası Türkiye Sosyal ve İktisat Tarihi Kongresi Tebliđleri. Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Atıl, E. (1999). Levni ve Surname: Bir Osmanlı Şenliğinin Öyküsü. (*No Title*).
- Avcı, C. (2012). 19. yüzyıl sonlarında Kastamonu Vilayeti. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 17-34.
- Barkan, Ö. L. (1939). Türk-İslam toprak hukuku tatbikatının Osmanlı İmparatorluğu'nda aldığı şekiller: Malikâne-divanî sistemi. *Türk Hukuk ve İktisat Tarihi Mecmuası*, 2, 119–184.
- akır, B. (2004). Maraş eltük enharı mukataası: Osmanlı döneminde Maraş'ta eltik üretimi. I. Kahramanmaraş Sempozyumu Bildirileri.
- elik, B. (2024). Aydın Sancağında eltik Tarımı (XVI-XVII. Yüzyıllar). *İzmir Araştırmaları Dergisi*, 10(21), 1-18.
- Dahiliye Nezareti Mektubi Kalemi Belgeleri (BOA.DH.MKT.).
- Emecen, F. (1993). Çeltik. Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi (Cilt 8).
- Evliya Çelebi. (2021). Günümüz Türkçesiyle Evliya Çelebi Seyahatnamesi (S. A. Kahraman, Haz.). Yeditepe Yayınevi.
- FAO (Food and Agricultural Organization) (2024). <http://www.fao.org>, (Erişim tarihi: 05.10.2025).
- Farođhi, S. (2017). *Osmanlı İmparatorluğu ve etrafındaki dünya*. Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Genç, M. (2006). Mukataa. Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, 31, 129–132.
- Güçer, L. (1964). XVI-XVII. asırlarda Osmanlı İmparatorluğunda hububat meselesi ve hububattan alınan vergiler. (*No Title*).

- H.1319 Trabzon Salnamesi, Trabzon Vilayet Matbaası.
- Hekimoğlu, B., & Altındeğer, M. (2019). Fındık sektörünün mevcut durumu. URL: https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/Findik_Sektorunun_Durumu_Sorunlari_ve_Cozum_Onerileri.pdf (erişim tarihi: 20.11. 2020).
- Işık, Z. (2021). Osmanlı'nın Son Zamanları Cumhuriyet'in İlk Çeyrek Asrında Sıtma Salgınına Karşı Verilen Mücadelenin Mahiyeti. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, (51), 51-82.
- İbret, B. (2003). Tarihi İpek Yolu Üzerindeki Bir Anadolu Şehri Tosya (Kuruluşu ve Gelişmesi). *Marmara Coğrafya Dergisi*, (8).
- İbret, B. (2004). Tosya şehrinin fonksiyonel özellikleri. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (9).
- Juliano, B. O. (2003). *Rice chemistry and quality*. Philippine rice research institute.
- Karagöz, M. (2004). 1193/1779 Senesi Rüsum Defterine Göre Bazarcık-Tatarpazar'nda Pirinç Üretimi.
- Nikiforuk, A. (2022). Mahşerin dördüncü atlısı: Salgın ve bulaşıcı hastalıklar tarihi (S. Erkanlı, Çev.). İletişim Yayınları.
- Öz, M. (2006). XV. yüzyıldan XVII. yüzyıla Samsun Yöresi. *Geçmişten Geleceğe Samsun*, 1, 4-6.
- Özcan, A. G. (2024). Osmanlı Devleti'nde Vergi Muafiyeti ve Toplum Yapısı: Vize Sancağında Muaf ve Müsellemler (XVI. Yüzyılın İkinci Yarısında). *Ankara Anadolu ve Rumeli Araştırmaları Dergisi*, 5(9), 99-135.
- Öztürk, M. (2019). *Asya hunlarının tarım faaliyetleri ve hunlarda yerleşik hayat*. Hiperlink Eğitim. İlet. Yay. San. Tic. ve Ltd. Şti.
- Pakalın, M. Z. (1983). *Osmanlı Tarih Deyimleri ve Terimleri Sözlüğü*. Milli Eğitim Basımevi.
- Pirinç Ziraatı Hakkında Nizamname". *Düstur*, 1/6, Devlet Matbaası, 1939, 1528-1530.
- Sürek, H. (2002). Çeltik tarımı. Hasat Yayıncılık.
- Sürek, H., (2025). *The history of rice breeding activities and the obtained development in Türkiye*. V. International Plant Breeding Congress, Antalya.

- Şahin, M., Sezer, İ., Dengiz, O., Öner, F., Akay, H., & Sirat, A. (2016). Osmancık şartlarında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin verim performanslarının belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-1), 1-5.
- Şura-yı Devlet Belgeleri (BOA.ŞD.), 517/21.
- T.C. Resmî Gazete. (1936). Çeltik ekimi kanunu (Kanun No: 3039).
- Tarım, T. C., & Bakanlığı, H. Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü. *Bitki Sağlığı Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara, 123s.*
- Taş, İ., Zengin, M., Yılmaz, E., & diğerleri. (2022). Economic analysis of paddy production with drip irrigation: Case study of Dardanelles–Turkey. *Current Trends in Natural Sciences*.
- Taş, K. Z. (2020). Osmanlı Çeltik Üretim Sahası Olarak Konrapa Ya Da “Osmanlı Sarayının Nadidesi Konuralp Pirinci”. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(44), 1253-1268.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Tarımsal İstatistikler (Bitkisel Üretim) 2025 Yılı Verileri. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/>
- Yılmaz, İ. (2024). Osmanlı Son Döneminde Üretim ve Toplum Sağlığı İkileminde Pirinç Ziraatı. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (63), 139-152.
- Yolalıcı, M. E. (1998). XIX. yüzyılda Canik (Samsun) Sancağı'nın sosyal ekonomik yapısı. (*No Title*).

BÖLÜM IV

BİTKİ YÜZEY ARTIĞI KAPLAMA YÜZDESİ VE TOPRAK KAYBI TAHMİNİ İÇİN WEB TABANLI BİR YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Prof. Dr. İlknur DURSUN¹

Prof. Dr. Ergin DURSUN²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.19616825>

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE. dursun@agri.ankara.edu.tr, orcid id: 0000-0002-1957-718X

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE. edursun@agri.ankara.edu.tr, orcid id: 0000-0001-5109-6071

1. GİRİŞ

Erozyon, tarımsal üretimi ve doğal kaynakların sürdürülebilir olarak kullanılmasını tehlikeye atan önemli bir çevre sorunudur (Lal, 2001). Su ve rüzgâr erozyonu verimli toprak tabakasının aşınıp taşınmasına, organik madde kaybına ve verim düşüşüne yol açmaktadır (Pimentel, 2006). Özellikle yoğun tarım alanlarında toprağın aşırı derecede işlenmesi, her yıl milyarlarca ton verimli toprak kaybına neden olmaktadır (Pimentel ve Burgess, 2013). Küresel iklim değişikliğinin erozyon ve nem kaybının daha da artmasına yol açtığı öngörülmektedir (Borrelli vd., 2020).

Geleneksel toprak işlemenin aksine koruyucu toprak işleme, hem toprağın fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde hem de toprak kaybının önlenmesinde etkilidir (Dursun, 2018). Koruyucu toprak işleme, toprak işleme ve ekimden sonra toprak yüzeyinin en az %30 oranında bitki yüzey artıkları ile kaplanması gerekir (CTIC, 2017; Dursun, 2018). Başlıca koruyucu toprak işleme teknikleri; malçlı toprak işleme, şeritsel toprak işleme, sırta ekime yönelik toprak işleme ve toprak işlemez tarımdır. Küresel düzeyde son yirmi yılda bu tekniklerin benimsenme oranı artmıştır (Kassam vd., 2019). Erozyonun önlenmesi yönünden en başarılı teknik, toprak işlemez tarımdır. Toprak işlemez tarımın ilk yıllarında, kulaklı pullukla sürüm yapılmadığından toprak sıkışması ve yüzey akışları artar. Ancak zamanla bu durum tersine döner. Toprak ve nem kayıpları azalır.

Toprak yüzeyinin bitki yüzey artıkları ile kaplanması, su ve rüzgâr erozyonunun azaltılmasında en etkili yöntemdir (Lal, 2015). Bitki yüzey artıkları, yağmur damlalarının etkisini azaltır ve yüzey akışlarını engeller. Aynı zamanda toprak agregatlarını stabilize ederek erozyonu önlerler (Blanco-Canqui ve Lal, 2009). Yapılan meta-analizler sonucunda, koruyucu toprak işleme sayesinde Asya gibi erozyona hassas bölgelerde yüzey akışı ve toprak kaybının azaldığı belirlenmiştir (Daryanto, vd., 2017). Koruyucu toprak işlemenin ayrıca organik karbon artışı ile iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi potansiyeli vardır (Powlson vd., 2016).

Farklı toprak işleme ekipmanlarının bitki yüzey artığı kaplama yüzdesine etkisi üzerinde ekipmanın teknik özellikleri, iş derinliği, ilerleme hızı ve tarladaki önceki bitki türü gibi faktörler etkilidir (Allmaras vd., 1991). Bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi; gözlem, tahmin, tarlada ölçüm ve karmaşık modellerle (örneğin RUSLE) belirlenebilir (Renard vd., 1997). Ancak bu

yöntemler, deneyim, uzmanlık ve ek zaman gerektirdiğinden üreticiler için pratik değildir (FAO, 2024). Bitki yüzey artığı kaplama yüzdesinin belirlenmesi konusunda pratik ve ekonomik tahmin araçlarına ihtiyaç vardır. Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle “Tarım 4.0” çağında web tabanlı karar destek sistemleri yaygınlaşmıştır (Jones vd., 2017). Bu sistemler, makina öğrenmesi gibi yenilikçi yaklaşımları entegre ederek karmaşık verileri daha isabetli yorumlama ve karar alma imkânı sunmaktadır (Liakos vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı; kırılğan ve dayanıklı bitki yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşullarında, farklı toprak işleme setleriyle çalışıldığında bitki yüzey artığı kaplama yüzdesini ve buna bağlı olarak toprak kaybını tahmin edebilen kullanıcı dostu, web tabanlı bir karar destek sisteminin geliştirilmesidir. Türkiye’de toprak işleme ve ekimde yapay zekâdan yeterince yararlanılmadığı düşünülmektedir. Tarımda modern teknolojilerin kullanılması üreticilere büyük bir ivme kazandıracaktır. Toprak işlemede yapay zekâdan yararlanılması veya bu konuda web tabanlı yazılımların geliştirilmesi, üreticilerin mevcut faktörleri dikkate alarak kısa sürede doğru karar vermelerine ve bunun sonucunda da toprak ve nem kaybının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

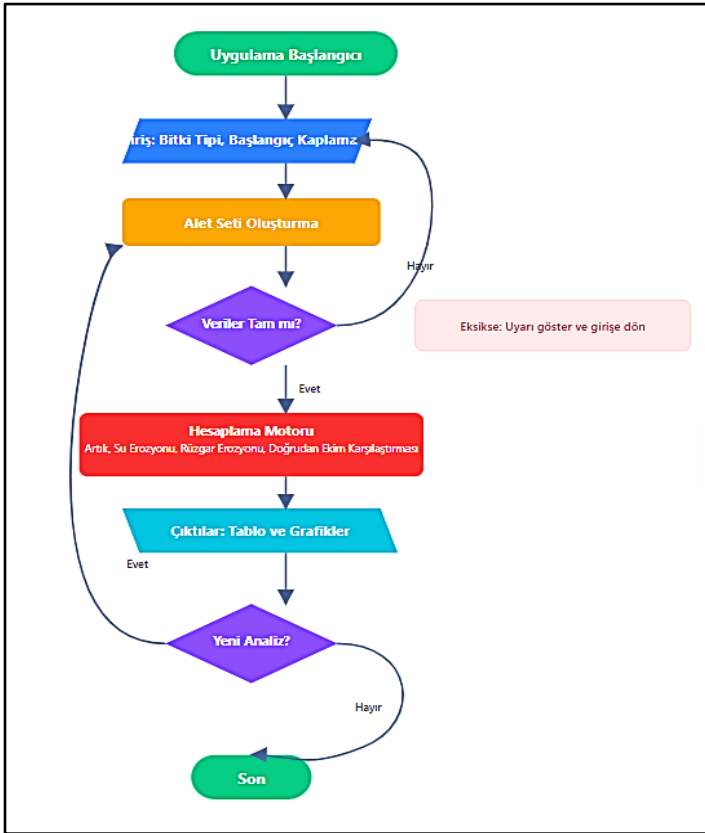
Bu çalışmada; kırılğan (soya, ayçiçeği, kuru fasulye vb.) ve dayanıklı (buğday, mısır, pamuk vb.) bitki yüzey artıklarıyla kaplı tarla koşullarında, çeşitli toprak işleme ekipmanlarıyla toprağın işlenmesinden sonra yüzeyde kalan bitki artığı kaplama yüzdesini ve buna bağlı olarak su ve rüzgâr erozyonu ile toprak kaybını tahmin eden “ResLossWeb” adı verilen web tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir.

2.1. Sistem Mimarisi, Yazılımın Teknik Özellikleri ve Geliştirme Ortamı

ResLossWeb, modern web tabanlı uygulama geliştirme prensiplerine uygun olarak tasarlanmış bir tek sayfa (SPA: Single Page Application) uygulamasıdır. Yazılım; kullanıcı arayüzü, hesaplama motoru ve görselleştirme modüllerinden oluşan çok katlı bir mimari ile kurgulanmıştır. Kullanıcı verileri tarayıcı belleğinde sakladığı için sunucu bağımlılığı olmaksızın

çalışabilmektedir. Kod geliştirme süreci, yapay zekâ destekli araçlar (xAI: Grok 3 ve Anthropic: Claude Sonnet 4) kullanılarak optimize edilmiştir.

ResLossWeb; iki farklı bitki yüzey artığı çeşidi, 0-100 arasında değişen başlangıç bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi ile toplam 33 farklı ekipman ile iklim etkisini kapsamaktadır. RUSLE (Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği) ve WEQ (Rüzgâr Erozyonu Eşitliği) entegre edilerek su ve rüzgâr erozyonuna bağlı toprak kayıpları tahmin edilmektedir. Geliştirilen yazılımın, kullanıcılar için kolay erişilebilir ve kullanıcı dostu bir çözüm sunması hedeflenmiştir (Farmonaut, 2025; Raj ve Prahadeeswaran, 2025). Şekil 1' de geliştirilen yazılımın akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 1. ResLossWeb'in Akış Şeması

Geliştirme, HTML5 ile yapılandırılmış bir arayüz, CSS3 ile stil yönetimi ve JavaScript (ES6) ile iş mantığı entegre edilerek gerçekleştirilmiştir. Yazılımın veri giriş ekranları sade, hesaplama modülleri ise dinamik yapıdadır.

Arayüzde dropdown menüleri (bitki türü, ekipman seti seçimi) ve sayısal giriş alanları (başlangıç bitki yüzey artışı kaplama yüzdesi) kullanıcı etkileşimini sağlamaktadır. Bu yapı sayesinde çoklu set seçimi yapılabilir. Hesapla butonu, kullanıcı girdilerine göre analizlerin gerçekleştirilmesini sağlar. Hesaplama motorunda matematiksel işlemler doğrudan tarayıcı üzerinde yürütülmektedir. Görselleştirme modülü ise Chart.js kütüphanesi aracılığıyla toprak kaybı ve su ile rüzgâr erozyonu eğilimlerini hem dinamik tablolar hem de <canvas> tabanlı grafikler şeklinde sunmaktadır. Yazılım, Claude ortamında test edilmiştir ve kullanıcılar için kolay erişilebilir, kullanıcı dostu bir çözüm olarak tasarlanmıştır.

2.2. Girdi Verileri

Girdi verileri, kullanıcı tarafından sağlanan dinamik parametrelerden oluşur. Bunlar; önceki ürün türü, başlangıç kaplama yüzdesi, toprak işleme setleri ve mevsimsel faktör/kış etkisidir. Veri işleme aşamasında kullanıcıdan alınan giriş değerleri, sistem tarafından kontrol edilerek hatalı girişler engellenmiştir. Elde edilen veriler, algoritmalar aracılığıyla işlenmiş, sonuçlar tablolar ve grafikler halinde görselleştirilmiştir. Sistemin doğruluğu ve güvenilirliği için çeşitli senaryolar üzerinden testler gerçekleştirilmiştir (USDA-NRCS, 2008).

Kullanıcı arayüzünde, öncelikle yüzey artışı kırılmalı veya dayanıklı olan bitki türü seçilir. Daha sonra başlangıçtaki bitki yüzey artışı kaplama yüzdesi girilir. Farklı ekipmanlar arasında seçim yapıldıktan sonra ekipman setleri oluşturularak kaydedilir. Kullanıcı arayüzü, HTML5 ve CSS3 teknolojileriyle geliştirilmiş ve görsel olarak tasarlanmıştır. Arayüz, etkileşimli formlar ve seçim kutularından meydana gelmiştir (Şekil 2). Bitki türü seçimi için açılır menü, kaplama yüzdesi için giriş alanı ve farklı ekipman seçeneklerini içeren bir seçim listesi sunulmaktadır. “Hesapla” butonu, girilen verileri tablo formatında toplar ve toprak kaybı eğrilerini görselleştirir.

Toprak İşleme Alet Setleriyle Kalan Bitki Artığı Tahmini

Bitki tipini seçin, önceki ürün kaplama yüzdesini girin, ekipmanları ekleyin, set adını yazın ve kaydedin. Hesapla butonuyla tüm setleri değerlendirin.

Bitki Tipi:

Kırılgan bitkiler daha kolay parçalanır ve daha az yüzey artığı bırakır. Kırılgan olmayan bitkiler daha dayanıklıdır.

Önceki Ürüne Ait Kaplama Yüzdesi (%):

Örnek: 60

Alet Seçin:

Geçerli Set Aletleri:

Set Adı:

Kaydedilen Setler:

Şekil 2. ResLossWeb'in Kullanıcı Arayüzü

2.3. Hesaplama Modülü

Hesaplama modülü; öncelikle seçilen her bir ekipmanın toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi kullanılarak çalışmadan sonra tarla yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama yüzdesinin belirlenmesini sağlar. Bu değer; RUSLE modeli ile su erozyonuna, WEQ modeli (Chepil ve Woodruff, 1963) ile rüzgâr erozyonuna bağlı toprak kayıplarının hesaplanmasında kullanılır.

Hesaplama modülü, toprak işlemez tarım ile seçilen ekipman setlerinden kaynaklanan toprak kayıpları arasındaki farkın analizini de gerçekleştirir. İstatistiksel değerlendirme kapsamında, model tahminleri Unger ve McCalla (1980) ile Laflen vd. (1981)'in saha ölçüm verileriyle karşılaştırılmıştır. Kaplama yüzdesi ile toprak kaybı arasındaki ilişki, her iki erozyon türü için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 11 senaryo üzerinden belirleme katsayısı (R^2), kök ortalama kare hatası (RMSE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) hesaplanmıştır. Model, kendi ürettiği değerler üzerinden $R^2 = 0.9986$ (su) ve $R^2 = 0.9990$ (rüzgâr) ile yüksek iç tutarlılık sergilemektedir. Saha verileriyle dış doğrulamada ise su erozyonu için $R^2 = 0.94$, rüzgâr erozyonu için $R^2 = 0.91$ elde edilmiştir (Unger ve McCalla, 1980; Laflen vd., 1981). Bu değerler modelin kabul edilebilir tahmin gücüne sahip olduğuna işaret

etmektedir. Modern koşullar ve farklı iklim bölgelerini temsil eden bağımsız saha verileriyle kapsamlı doğrulamanın, yazılımın gelecekteki geliştirme sürecinde öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

2.3.1. Bitki Yüzey Artığı Kaplama Yüzdesinin Hesaplanması

Toprak işlemeden önce tarla yüzeyinin kırılğan ve dayanıklı bitki yüzey artıklarıyla kaplı olduğu kabul edilmiştir. Tablo 1’de, yüzey artıkları kırılğan ve dayanıklı olan bazı bitkiler verilmiştir.

Tarlada bulunan önceki ürüne ait yüzey artıklarının kırılğan ve dayanıklı olması toprak işlemeden sonra kalan bitki yüzey artığı kaplama yüzdesini etkiler. Tablo 2’de, ResLossWeb’de kullanılan farklı ekipmanlarla yapılan çalışmalar sonucunda yüzeyde kalan ortalama bitki artığı kaplama yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 1. Bitki Yüzey Artıkları Kırılğan ve Dayanıklı Olan Bazı Bitkiler (Shelton vd., 1996; USDA, 1992; USDA-NRCS, 2006)

Kırılğanlar	Dayanıklılar
Kanola/Kolza	Buğday
Kuru fasulye	Arpa
Kuru ve yeşil bezelye	Çavdar
Mercimek	Yulaf
Hardal	Çeltik
Yer fıstığı	Tütün
Patates	Keten
Aspir	Pamuk
Soya fasulyesi	Mısır
Şekerpancarı	Darı
Ayçiçeği	Sorgum
Sebzeler	Çayır otu

Tablo 2. Önceki Ürünün Kırılabilirlik Durumuna Göre Farklı Ekipmanlarla Çalışmadan Sonra Toprak Yüzeyinde Kalan Ortalama Bitki Yüzey Artığı Kaplama Yüzdeleri (%) (Shelton vd., 1996; USDA, 1992)

Ekipman Tipi	Ortalama Bitki Yüzey Artığı Kaplama Yüzdesi (%)	
	Dayanıklı	Kırılabilir
Kulaklı Pulluk	5	2.5
Diskli Pulluk	15	10
Parabolik Pulluk/Paratill	85	80
V Ripper/Dıpkazan/İş Derinliği: 30-35 cm, Aralık: 50 cm	80	70
Dıpkazan-Çizel	60	45
Disk-Dıpkazan	40	15
Çizel/Uzun Kanatlı Kazayağı Uç Demiri	77.5	55
Çizel/Dar Uç Demiri	70	45
Çizel/Bükük Uç Demiri	60	25
Keski Demirli Çizel/Uzun Kanatlı Kazayağı Uç Demiri	75	45
Keski Demirli Çizel Dar Uç Demiri	60	50
Keski Demirli Çizel Bükük Uç Demiri	50	25
Diskli Çizel/Uzun Kanatlı Kazayağı Uç Demiri	65	35
Diskli Çizel/ Dar Uç Demiri	55	35
Diskli Çizel/ Bükük Uç Demiri	40	25
Offset Diskli Tırmık/Hafif/Aralık: 17-22 cm	55	30
Offset Diskli Tırmık/Ağır/ Aralık: 25 cm	45	30
Tandem Diskli Tırmık /Hafif/Aralık: 17-22 cm	55	32.5
Tandem Diskli Tırmık/Anız Bozma/Aralık: 25 cm	45	30
Tarla Kültivatörü/ Dar Kazayağı Uç Demiri	47.5	42.5
Tarla Kültivatörü/ Kazayağı Uç Demiri/İş Genişliği: 15-30 cm	55	50
Tarla Kültivatörü/Kazayağı Uç Demiri/İş Genişliği: 30-50 cm	70	65
Tamamlayıcı Ekipman/Disk, Ayak ve Düzeltme Ekipmanları	60	40
Rototiller/İkincil/İş Derinliği: 7-8 cm	50	30
Alet Kombinasyonu/Yaylı Ayaklı Dişli Tırmık/Kültivatör ve Kafes Merdane	80	60
Dişli Tırmık	80	70
Tahıl Ekim Makinası/Tek Diskli Gömücü Ayaklı	92.5	80
Tahıl Ekim Makinası/Çift Diskli Gömücü Ayaklı	90	70
Doğrudan Ekim Makinası/Düz Keski Demirli	90	77.5
Sırtta Ekim Makinası	50	30
Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinası/Toprak Altına	70	50
Döner Çapa	87	85
Alttan Kesici/Uzun Kanatlı Kazayağı Uç Demirli/V bıçaklı/Bıçak Genişliği: > 76 cm	90	75
İklim/Kış Etkisi	87	75
Toprak İşlemesiz Tarım	95	90

Toprak işlemeden önce ya da başlangıçtaki bitki yüzey artışı kaplama yüzdesi, 0-100 arasında seçilmektedir. Her bir ekipmanla çalışmadan sonraki yüzey artışı kaplama yüzdesi, sıralı çarpım yöntemi kullanılarak hesaplanır:

$$RC = BA \times (F_1/100) \times (F_2/100) \times \dots \times (F_n/100) \quad (1)$$

Burada;

RC: Toprak işleme ve ekimden sonraki bitki yüzey artışı kaplama yüzdesi (%),

BA: Toprak işlemeden önceki bitki yüzey artışı kaplama yüzdesi (%),

F₁, F₂, ..., F_n: Her ekipmanla çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan ortalama bitki yüzey artışı kaplama yüzdeleri (Ondalık)'dir.

2.3.2. Su Erozyonunun Neden Olduğu Toprak Kaybının Hesaplanması

RUSLE, koruyucu toprak işleme planlamalarında yaygın olarak kullanılan ve etkinliği kanıtlanmış ampirik bir modeldir. Daha detaylı ve fiziksel süreçlere dayalı analizler için WEPP (Water Erosion Prediction Project) gibi yeni nesil modeller de kullanılmaktadır (USDA-NRCS, 2021). Bu çalışmada, yazılım kolaylığı yönünden RUSLE'nin tam formundan ($A=R \times K \times LS \times C \times P$) saparak RUSLE'den esinlenen basitleştirilmiş bir üstel yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımda, RUSLE'nin R (yağış erozyon indeksi), K (toprak erozyon hassasiyeti), LS (eğim uzunluğu ve eğim derecesi) ve P (destekleme uygulamaları) faktörleri, orta düzeyde erozyon riski taşıyan genelleştirilmiş bir tarım senaryosunu temsil etmek üzere sabit bir $A_0=10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ katsayısı içinde birleştirilmiştir. Bu sabit değer, bitki örtüsünün bulunmadığı referans parseller için literatürde bildirilen yıllık toprak kaybı aralığının ($5-15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ortalaması dikkate alınarak belirlenmiştir (Blanco-Canqui ve Ruis, 2023; Renard vd., 1997). Söz konusu basitleştirme, mutlak toprak kaybı değerlerini yüksek doğrulukla tahmin etmekten çok, farklı örtü yönetimi senaryolarının (C faktörü) göreceli etkilerinin karşılaştırılmasını olanaklı kılmaktadır. Buna göre su erozyonunun neden olduğu toprak kayıpları, RUSLE (Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği) temelinde üstel bir modelle hesaplanmıştır (Blanco-Canqui ve Ruis, 2023; Renard vd., 1997):

$$A_{su} = A_0 \times e^{(-0.035 \times RC)} \quad (2)$$

Burada:

A_{su} : Su erozyonunun neden olduğu toprak kaybı ($Mg\ ha^{-1}\ yıl^{-1}$),

A_0 : Temel toprak kaybı ($10\ Mg\ ha^{-1}\ yıl^{-1}$),

RC: Artık kaplama yüzdesi (%)’ dir.

ResLossWeb’de “ $A_{su} = 10 \times e^{(-0.04 \times RC)}$ ” eşitliğinden yararlanılmıştır. 2 numaralı teorik denklemde yer alan -0.035 katsayısı, geniş coğrafi ölçekte hesaplanmış bir meta-analiz ortalamasıdır (Blanco-Canqui ve Ruis, 2023). Ancak hesaplamalarda bitki yüzey artığı kaplama yüzdesinin su erozyonu üzerindeki azalma etkisini üstel olarak modellemek için bu değer -0.04 olarak seçilmiştir. Çünkü bitki yüzey artığı kaplama yüzdesinin erozyonu lineer olmayan bir şekilde azalttığı varsayılmaktadır (Lal, 2022). Yoğun ve kısa süreli yağış rejiminin görüldüğü yarı kurak tarım alanlarında, bitki yüzey artığı örtüsünün damla darbesini sönümleme kapasitesinin literatür ortalamasının üzerinde seyrettiği bildirilmektedir (Laflen vd., 1981; Unger ve McCalla, 1980). Söz konusu katsayı, doğrulama aşamasında saha verileriyle karşılaştırılarak seçilmiştir.

2.3.3. Rüzgâr Erozyonunun Neden Olduğu Toprak Kaybının Hesaplanması

Rüzgâr erozyonuna bağlı toprak kayıplarının hesaplanmasında, Fryrear modelinin $E = f(I, K', C', L, V)$ modifiye edilmiş basitleştirilmiş versiyonu kullanılmaktadır. Toprak erozyon hassasiyeti indeksi (I), toprak erozivitesi (K'), alan uzunluğu (L) ve rüzgâr hızı (V) faktörleri sabit bir 5 katsayısı içinde birleştirilmiştir. Bu durum, rüzgâr erozyonunun bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi dışındaki çevresel etkilerinin genelleştirilmiş bir ortalamaya indirgenmesini sağlamaktadır (Zhang vd. 2024):

$$A_{rüzgâr} = A_0 \times e^{(-0.07 \times RC)} \quad (3)$$

Burada:

$A_{rüzgâr}$: Rüzgâr erozyonunun neden olduğu toprak kaybı ($Mg\ ha^{-1}\ yıl^{-1}$),

A_0 : Temel toprak kaybı ($5\ Mg\ ha^{-1}\ yıl^{-1}$),

RC: Artık kaplama yüzdesi (%)’ dir.

Fryrear vd. (2000) modelinden türetilen teorik denklemdeki -0.07 katsayısı, arid koşulları temsil eden bir parametredir. ResLossWeb’de bu değer -0.03 olarak uygulanmıştır. Çünkü rüzgâr erozyonunun şiddeti, kaplama

yüzdesinin yanı sıra toprak yüzeyinin nem içeriği ve agregat stabilitesi gibi etkenlerle de doğrudan ilişkilidir. Söz konusu etkenler A_0 sabiti içinde genelleştirildiğinde, kaplama yüzdesinin azaltıcı katkısı görece zayıflamakta ve bu durum daha küçük bir katsayı ile ifade edilmektedir. Zhang vd. (2024), bu katsayının bölgesel koşullara bağlı olarak -0.02 ile -0.08 arasında değiştiğini bildirmektedir. ResLossWeb’de “ $A_{\text{rüzgâr}}=5 \times e^{(-0.03 \times RC)}$ ” eşitliğinden yararlanılmıştır (Renard vd., 1997). Eşitlikteki -0.03 katsayısı, bitki yüzey artığı kaplama yüzdesinin rüzgâr erozyonu üzerindeki azaltıcı etkisini üstel bir biçimde modellemek için seçilmiştir. Bu değere göre bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi, rüzgâr erozyonunu su erozyonuna kıyasla daha yavaş azaltmaktadır (Khangura vd., 2023).

Güncel literatürlerde, bu tür basitleştirilmiş yaklaşımların kontrollü senaryolarda (%30-80 düzeyinde bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi) su ve rüzgâr erozyonuna bağlı toprak kaybı tahminlerinde genellikle %10-15 hata payıyla kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir (Blanco-Canqui ve Ruis, 2023).

2.3.4. Toprak Kayıplarının Kıyas Değerleriyle Karşılaştırılması

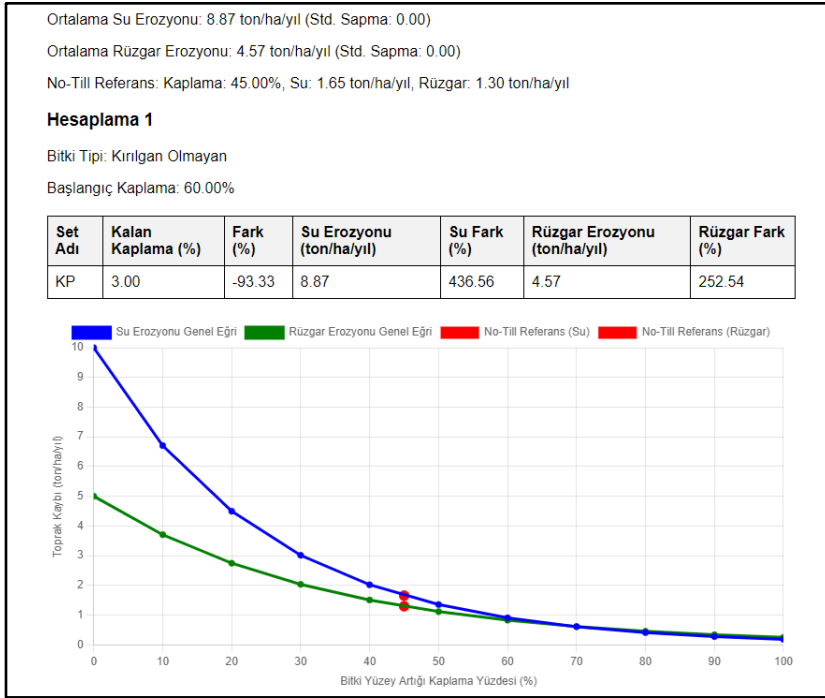
Toprak işlemez tarım referans alınarak, her bir ekipman setine ait erozyonun neden olduğu toprak kayıpları yüzde (A_{FARK}) olarak kıyaslanmıştır. Toprak işlemez tarımda yalnızca ekim makinasını geçişine bağlı olarak minimal düzeyde artık karışımı gerçekleştiğinden, işlem sonrası kaplama yüzdesi dayanıklı artıklar için başlangıç değerinin %95’i, kırılğan artıklar için %90’ı olarak alınmıştır (Shelton vd., 1996; USDA, 1992). Karşılaştırma yaparken her set için hesaplanan toprak kaybı (A_{SET}) ile toprak işlemez tarım koşullarında elde edilen toprak kaybı (A_{NT}) arasındaki farktan yararlanılmıştır:

$$A_{\text{FARK}} = \left[\frac{A_{\text{SET}} - A_{\text{NT}}}{A_{\text{NT}}} \right] \times 100 \quad (4)$$

2.4. Görselleştirme Çıktıları

Algoritma, JavaScript ile dinamik olarak çalıştırılır ve elde edilen sonuçlar, tablo formatında biriktirilir. Şekil 3’de görüldüğü gibi bu tablo verileri Chart.js kütüphanesi kullanılarak çizgi veya çubuk grafik şeklinde görselleştirilir (Chart.js, 2025). Grafikler, her veri setinin su ve rüzgâr

erozyonunu karşılaştırmalı olarak gösterir. Grafikte su erozyonu yeşil, rüzgâr erozyonu kırmızı renk ile kodlanmıştır. Eksenler sıfırdan başlamakta ve legend grafiğin üst kısmında yer almaktadır. Grafik, kullanıcı girdilerine göre dinamik olarak güncellenebilir. Örneğin; başlangıç bitki yüzey artışı kaplama yüzdesinin %60 olması koşulunda Set 1-50 karşılaştırması gibi senaryolar görselleştirilebilir.



Şekil 3. ResLossWeb ile Yapılan Örnek Hesaplama Sonuçları

2.5. Doğrulama Aşamaları

Sistemin doğruluğu, literatürde rapor edilen saha deney sonuçları ile karşılaştırılarak test edilmiştir. Özellikle Unger ve McCalla (1980) ve Laflen vd. (1981) tarafından elde edilen sonuçlar, referans alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen ResLossWeb adlı web tabanlı yazılım, çeşitli önceki bitki çeşitleri ve başlangıç bitki yüzey artışı kaplama yüzdeleri için test edilmiştir. Tablo 3' de bazı örnek senaryolardan elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3. ResLossWeb Yazılımı Kullanılarak Bazı Ekipman Setleri ile Çalışmadan Elde Edilen Sonuçlar

Ekipman Seti	Yüzeysel Artığı Tipi	BYAKY* (%)	BYAKY** (%)	Toprak Kaybı*** (Mg ha ⁻¹ yıl ⁻¹)	Toprak Kaybı**** (Mg ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
Kulaklı Pulluk	Dayanıklı	60	3.00	8.87	4.57
	Kırılğan		1.50	9.42	4.78
Kulaklı Pulluk	Dayanıklı	35	1.75	9.32	4.74
		80	4.00	8.52	4.43
Kulaklı Pulluk + Offset Diskli Tırmık	Dayanıklı	60	1.80	9.31	4.74
	Kırılğan		0.52	9.79	4.92
Çizel (Dar Uç Demirli) + Offset Diskli Tırmık	Dayanıklı	60	20.25	4.45	2.72
	Kırılğan		9.45	6.85	3.77
Parabolik Pulluk	Kırılğan	80	56.00	1.06	0.93
Toprak İşlemesiz Tarım	Dayanıklı	45	42.75	1.81	1.39
	Kırılğan	80	72.00	0.56	0.58

*Toprak işlemmeden önceki bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi, **Toprak işlemmeden sonraki bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi, ***Su erozyonunun neden olduğu toprak kaybı, ****Rüzgâr erozyonunun neden olduğu toprak kaybı.

Tablo 3'den anlaşılacağı gibi toprak kayıplarının azaltılması yönünden en etkili yöntem, toprak işlemesiz tarımdır. Toprak işlemesiz tarımın referans değerleri ile yapılan karşılaştırmaya göre kulaklı pullukla sürüm, toprak işlemesiz tarıma kıyasla su erozyonuna bağlı toprak kaybını dayanıklı artık koşullarında yaklaşık %390, kırılğan artık koşullarında ise yaklaşık %1578 oranında artırmaktadır. Rüzgâr erozyonu açısından bu oranlar sırasıyla %230 ve %729 düzeyindedir. Tersine bakıldığında, toprak işlemesiz tarım kırılğan artıklı koşullarda kulaklı pullukla kıyaslandığında su erozyonunu %94.0, rüzgâr erozyonunu %87.9 oranında azaltmaktadır. Dayanıklı artıklı koşullarda ise bu oranlar sırasıyla %79.6 ve %69.7 düzeyindedir. Kulaklı pullukla sürüm, işlem sonrası toprak yüzeyini neredeyse tümüyle artıktan yoksun bıraktığından toprağı erozyona karşı en savunmasız duruma getiren yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Çizel (Dar Uç Demirli) + Offset Diskli Tırmık kombinasyonu, orta düzeyde bir performans sergilemektedir. Dayanıklı artık koşullarında toprak kaybını toprak işlemesiz tarıma göre su erozyonunda %146, rüzgâr erozyonunda %96 oranında artırmaktadır. Yüksek kaplama yüzdesi sağlayan

parabolik pulluk ise kırılğan artık ve %80 başlangıç koşullarında toprak işlemez tarıma en yakın performansı göstermektedir. Su erozyonu farkı %90 düzeyinde kalmaktadır.

Kırılğan artıklı tarla koşullarında tüm ekipman setlerinin toprak işlemez tarıma göre ürettiği toprak kaybı farkı, dayanıklı artıklı koşulların belirgin biçimde üzerindedir. Bu durum, artık kırılğanlığının yalnızca kaplama yüzdesini değil, toprak kaybı riskini de orantısız biçimde artırdığını göstermektedir. Dolayısıyla kırılğan artıklı bitki türlerinin yetiştirildiği alanlarda koruyucu toprak işleme tekniklerinin benimsenmesi özellikle kritik önem taşımaktadır.

Bitki yüzey artıkları kırılğan ve dayanıklı olan bitkiler arasında önemli farklar olduğu gözlenmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, aynı ekipman ve aynı başlangıç kaplama yüzdesi (%60) koşulunda doğrudan karşılaştırılabilen üç ekipman setinde, kırılğan artıklara ait işlem sonrası kaplama yüzdelерinin dayanıklı artıklara ait değerlerin ortalama %41.9'u (aralık: %28.9–%50.0) düzeyinde kaldığı görülmektedir. Bu fark; özellikle ikincil diskli tırmık da içeren setlerde (Kulaklı Pulluk+Offset Diskli Tırmık: %28.9) belirginleşmekte, yüzey artışının kırılğanlığının mekanik parçalanmaya duyarlılığı artırdığını ortaya koymaktadır.

Çalışmadan sonra toprak yüzeyinde kalan bitki yüzey artığı kaplama yüzdesi ile toprak kaybı arasında güçlü üstel ilişki olduğu bulunmuştur. Bu ilişkiler su erozyonunun neden olduğu toprak kayıpları için $R^2 = 0.94$, rüzgâr erozyonunun neden olduğu toprak kayıpları için $R^2 = 0.91$ 'dir.

ResLossWeb'den çeşitli amaçlarla yararlanılabilir:

- Koruyucu toprak işleme hedeflerine uygun ekipman setlerinin seçilmesi sayesinde yalnızca erozyon değil aynı zamanda yakıt ve işçilik maliyetleri de düşeceğinden ekonomik verimlilik artabilir.
- Farklı toprak işleme tekniklerinin neden oldukları toprak kayıpları karşılaştırılabilir.
- Bitki yüzey artığı yönetiminin toprak organik karbonu üzerindeki etkisi dolaylı olarak değerlendirilebilir. Yapılan kapsamlı meta-analizler sonucunda, toprak işlemez tarımın üst topraktaki organik karbon birikimini artırmada en etkili yöntem olduğu bulunmuştur. ResLossWeb, bu hedefe ulaşmak için gerekli olan bitki yüzey artığı miktarını koruyacak alet setlerinin seçiminde bir ön araç olabilir.

- Koruyucu toprak işleme tekniğinin faydaları görsel olarak sergilenebilir. Bu tür sistemlerin benimsenme oranları, bölgesel ve sosyo-ekonomik faktörlere göre büyük farklılıklar gösterebilmektedir (Derpsch vd., 2014).
- Eğitim ve danışmanlık amacıyla kullanılabilir.

Ancak geliştirilen yazılımın toprak tipinin etkisinin dikkate alınmaması, ilerleme hızı, iş derinliği gibi çalışma koşullarının statik olması, yerel iklim koşullarının modele dahil edilmemesi gibi eksik yönleri vardır. Bu durum, bitki yüzey artışı kaplama yüzdesini etkileyebilir. ResLossWeb, toprak tipini bağımsız bir girdi parametresi olarak içermemektedir. Oysa farklı toprak tipleri; agregat stabilitesi ve bitki artıklarının bozunma hızı bakımından önemli farklılıklar sergilemektedir (Thierfelder ve Wall, 2012; Blanco-Canqui ve Lal, 2009). Kumlu tekstürlü topraklarda agregatlar mekanik işleme daha kolay dağılırken, killi topraklarda yapışkanlık nedeniyle bitki artıkları toprağa daha hızlı karışabilmektedir. Bu durum, aynı ekipman ve aynı başlangıç kaplama yüzdesi koşullarında bile toprak tipine bağlı olarak işlem sonrasında gerçekleşen kaplama yüzdesinin Tablo 2'deki ortalama değerlerden sapmasına yol açabilmektedir. Dolayısıyla ResLossWeb'in ürettiği tahminler, söz konusu ortalama değerlerin geçerli olduğu koşullar için temsilidir. Belirgin tekstür farklılıklarına sahip alanlarda kullanıcıların sonuçları dikkatle yorumlaması önerilir.

Mobil uygulama versiyonunun geliştirilmesi ve GPS entegrasyonu ile tarlada kullanım imkanları araştırılabilir. Üreticilerin akıllı telefonları ile çektikleri tarla fotoğraflarından yüzey artışı kaplama yüzdesini tahmin eden "OpTIS" gibi uygulamalar, ResLossWeb'in gelecekteki versiyonları için etkili bir örnek oluşturmaktadır (Eash vd.,2021). Uydu görüntüleri ve makina öğrenmesi algoritmalarının entegre edilmesi ile bölgesel ölçekte yüzey artışı kaplama haritaları oluşturulabilir. Ayrıca erozyon risk analizleri, dinamik olarak yapılabilir.

4. SONUÇ

ResLossWeb'in iç tutarlılık analizinde kaplama yüzdesi ile toprak kaybı arasındaki üstel ilişkiler su erozyonu için $R^2 = 0.94$, rüzgâr erozyonu için $R^2 = 0.91$ düzeyinde bulunmuştur. Blanco-Canqui ve Ruis (2023)'ün belirttiği üzere bu tür basitleştirilmiş yaklaşımlar, %30-80 kaplama yüzdesi aralığında

%10-15 hata payıyla kabul edilebilir tahminler üretmektedir. Yazılım, özellikle koruyucu toprak işleme tekniklerinin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesine yaramaktadır.

Geliştirilen yazılımın toprak işleme ekipman setlerinin koşullara göre optimize edilmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Toprak işlemesiz tarımın geleneksel toprak işlemeye kıyasla toprak erozyonunu %90'a kadar azalttığı bildirilmektedir (Srivastava, 2025). Bu bağlamda ResLossWeb, üreticilerin hangi ekipman setinin koruyucu toprak işleme eşiğini (%30 kaplama) sağlayacağını ya da hangi seçeneğin toprak ve nem kaybını minimize edeceğini hızlı ve görsel biçimde değerlendirmelerine olanak tanımaktadır.

Tarımsal karar destek sistemlerinin sürdürülebilir toprak ve su yönetimi uygulamalarını desteklemedeki potansiyeli giderek daha fazla kabul görmektedir. Ancak bu tekniklerin benimsenmesi, kullanıcı dostu tasarım ve erişilebilirlik eksiklikleri nedeniyle hâlâ sınırlı kalmaktadır (Tikhonova ve Buzylev, 2024). ResLossWeb, sunucu bağımlılığı olmaksızın doğrudan tarayıcı üzerinde çalışan mimarisi ile bu erişilebilirlik sorununu gidermekte ve internet bağlantısı olan her kullanıcıya anlık hesaplama imkânı sunmaktadır.

Bitki yüzey artışı yönetiminin yalnızca erozyon kontrolüyle sınırlı olmadığı, toprak organik karbonu üzerinde de belirleyici bir rol oynadığı bilinmektedir. ABD'de 1990-2022 yılları arasında toprak karbon stoklarındaki artışın başlıca sürücülerinde azaltılmış ve toprak işlemesiz tarım uygulamaları ile örtü bitkisi genişlemesi yer almaktadır (West vd., 2010). ResLossWeb, bu hedefe ulaşmak için gerekli olan bitki yüzey artışı miktarını koruyacak ekipman setlerinin seçiminde ön değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

Bitki yüzey artışı kaplama yüzdesinin insansız hava araçları (İHA) görüntüleri ve makina öğrenmesi ile gerçek zamanlıya yakın biçimde tahmin edilebildiği gösterilmiştir (Automated Crop Residue Estimation, 2024). ResLossWeb'in gelecekteki versiyonlarında bu tür uzaktan algılama tabanlı kaplama tahminiyle entegrasyon sağlanması, bölgesel ölçekte erozyon risk haritalarının dinamik olarak üretilmesine olanak tanıyabilir. OpTIS gibi sistemler, uydu verilerini kullanarak tarla ölçeğinde örtü bitkisi, kış örtüsü ve toprak sağlığı uygulamalarını otomatik olarak haritalandırmaktadır (Hagen vd., 2020). Bu sistemlerle entegrasyon, ResLossWeb'in kapsam ve güvenilirliğini önemli ölçüde artırabilir.

ResLossWeb'in toprak ve çevre koruma bilincinin artırılmasına, benzer yazılım geliştirme süreçlerine katkı sağlayacağı ve tarımda dijital araçların benimsenmesini hızlandıracağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Allmaras, R.R., Langdale, G.W., Unger, P.W., Dowdy, R.H., & Van Doren, D.M. (1991). Adoption of conservation tillage and associated planting systems. In *Soil Management for Sustainability* (pp. 53-83). Soil and Water Conservation Society.
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(3), 139-163.
- Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2023). Advances in soil erosion modeling: Focus on cover management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 78(5), 150-160. <https://doi.org/10.2489/jswc.78.5.150>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., et al. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001.
- Chart.js. (2025). Chart.js: Open source charting library. <https://www.chartjs.org>
- Chepil, W. S. & Woodruff, N. P. (1963). , The physics of wind erosion and its control. *Advances in agronomy*, 15, 211-302.
- Conservation Technology Information Center (CTIC). (2017). National Crop Residue Management Survey. West Lafayette, IN: CTIC.
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2017). Impacts of no-tillage on soil erosion and runoff in Asia: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 131-139.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., & Hongwen, L. (2014). Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 7(1), 1-25.
- Dursun, İ. (2018). Toprak İşleme Alet ve Makinaları (Gözden Geçirilmiş II: Baskı). Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1644, Ders Kitabı: 595, Ankara.
- Eash, N. S., Held, J., & De Bruin, J. (2021). The OpTIS (Objective Tillage Information System): A mobile app for estimating crop residue. *Agronomy Journal*, 113(3), 2938-2943.

- Farmonaut. (2025). Top 6 new sustainable agriculture farming practices 2025. <https://farmonaut.com/blogs/top-6-new-sustainable-agriculture-farming-practices-2025>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Sustainable agriculture and soil health: A global perspective. FAO Press.
- Hagen, S. C., Delgado, G., Ingraham, P., Cooke, I., Emery, R., P. Fisk, J., ... & Gustafson, D. (2020). Mapping conservation management practices and outcomes in the corn belt using the operational tillage information system (OpTIS) and the denitrification–decomposition (DNDC) model. *Land*, 9(11), 408.
- Jones, J.W., Antle, J.M., Basso, B., Boote, K.J., Conant, R.T., Foster, I., ... & Wheeler, T.R. (2017). Brief history of agricultural systems modeling. *Agricultural Systems*, 155, 240-254.
- Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76(1), 29-51.
- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bhandari, H. (2023). Regenerative agriculture: A critical review of sustainable practices. *Soil and Tillage Research*, 232, 105789. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105789>
- Lafren, J.M., Amemiya, M., & Hintz, E.A. (1981). Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation*, 36(6), 341-343.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519-539.
- Lal, R. (2015). Soil erosion and carbon dynamics. *Soil and Tillage Research*, 81(2), 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.09.002>
- Lal, R. (2022). Soil erosion dynamics under varying cover conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 86(4), 1235-1245. <https://doi.org/10.1002/saj2.20450>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Powelson, D. S., Stirling, C. M., Jat, M. L., Gerard, B. G., Palm, C. A., Sanchez, P. A., & Cassman, K. G. (2016). Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 6(7), 678-683.

- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1), 119-137. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8>
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture*, 3(3), 443-463.
- Raj, M., & Prahadeeswaran, M. (2025). Revolutionizing agriculture: A review of smart farming technologies for a sustainable future. *Discover Applied Sciences*, 7(9), 937-950. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-05937-0>
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook No. 703.
- Shelton, D., Smith, J. A., Jasa, P. J. & Kanable, R. (1996). Estimating Percent Residue Cover Using the Calculation Method. G05-1135-A, Field Crops, H-4, Conservation and Management, University of Nebraska, Nebraska.
- Srivastava, R. K. (2025). Conservation Tillage Practices on GHG Emissions, Soil Health and Overall Agricultural Sustainability. *Soil Use and Management*, 41 (2), e70096.
- Thierfelder, C., & Wall, P. C. (2012). Effects of conservation agriculture on soil quality and productivity in contrasting agro-ecological environments of Zimbabwe. *Soil Use and Management*, 28, 209–220.
- Tikhonova, M.V. & Buzylev, A.V. (2024). Application of DSS in agroecological assessment. *BIO Web Conf.*, 82, 02004.
- USDA-NRCS. (2008). National Agronomy Manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- USDA. (1992). Estimates of Residue Cover remaining after single operation of selected tillage machines. Soil Conservation Service, USDA and The Equipment Manufactureres Institute, https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/Delete/2004-5-22/Estimates_of_Residue_Cover.pdf
- USDA-NRCS. (2006). *Crop Residue Management*. National Resources Conservation Service Conservation Practice Standard 329. Washington, DC: USDA.
- USDA-NRCS. (2021). WEPP (Water Erosion Prediction Project) Model Science Documentation. Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory.

- Unger, P.W., & McCalla, T.M. (1980). Conservation tillage systems. *Advances in Agronomy*, 33, 1-58.
- West, T. O., Brandt, C. C., Baskaran, L. M., Hellwinckel, C. M., Mueller, R., Bernacchi, C. J., ... & Post, W. M. (2010). Cropland carbon fluxes in the United States: Increasing geospatial resolution of inventory-based carbon accounting. *Ecological Applications*, 20(4), 1074-1086.
- Zhang, X., Li, P., & Wang, Y. (2024). Wind erosion modeling: Simplifications and validations. *Aeolian Research*, 56, 1078-1087. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2024.1078>

BÖLÜM V

Origanum onites (İZMİR KEKİĞİ), BOTANİK ÖZELLİKLERİ VE GIDA ENDÜSTRİSİNDEKİ POTANSİYELİ

Dr. Öğr. Üy. Muzaffer KIRPIK¹
Öğr. Gör. Mahir Serdar YILMAZ²

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.19616833>

¹ Adıyaman Üniversitesi, Kahta MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Adıyaman, Türkiye. mkirpik@adiyaman.edu.tr, orcid id: 0000-0002-8089-2533

² Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Adıyaman, Türkiye. serdaryilmaz@adiyaman.edu.tr, orcid id: 0000-0003-3748-0389

GİRİŞ

Lamiaceae familyasının tıbbi ve aromatik açıdan öne çıkan üyelerinden biri olan *Origanum* cinsi, küresel ölçekte baharat ve uçucu yağ endüstrisinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Taksonomik olarak Section Majorana içerisinde sınıflandırılan *Origanum onites* L., halk arasında “İzmir kekiği”, “Bilyalı kekik” ve “Peynir kekiği” olarak bilinmektedir. Tür, tek dudaklı kaliks yapısı ve yalancı korimbus tipi infloresens gibi ayırt edici morfolojik özellikleriyle yakın taksonlardan ayrılmaktadır (Tepe et al., 2016). Doğu Akdeniz kökenli steno-endemik bir takson olan *O. onites*, Türkiye’nin batı ve güney kıyı şeridi ile Yunanistan ve bazı Ege adalarında doğal yayılış göstermektedir (Vokou et al., 1988; Temel & Tokur, 2013).

Ekonomik perspektiften değerlendirildiğinde, Türkiye dünya kekik ticaretinde lider konumda olup küresel ihracatın önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Bu ihracatın yaklaşık %80’inin, yüksek uçucu yağ verimi ve üstün kalite parametreleri nedeniyle *O. onites* kaynaklı olduğu bildirilmektedir. Tür; gıda endüstrisinde baharat olarak doğrudan kullanımının yanı sıra, uçucu yağı, aromatik suyu ve fenolik bileşikleri sayesinde farmasötik ve kozmetik sektörlerde de kritik bir hammadde niteliği taşımaktadır (İnan et al., 2011).

Ziraat mühendisliği ve üretim teknolojileri bağlamında, *O. onites*’in verim ve kalite parametreleri ekolojik faktörler ve agronomik uygulamalar tarafından doğrudan belirlenmektedir. Sekonder metabolit biyosentezi; rakım, toprak özellikleri, sulama rejimi ve gübreleme stratejileri gibi çevresel ve kültürel faktörlere bağlı olarak önemli düzeyde varyasyon göstermektedir (Hancıoğlu et al., 2019). Maksimum uçucu yağ verimi ve karvakrol oranına ulaşmak için tam çiçeklenme dönemi optimal hasat zamanı olarak kabul edilmekle birlikte, ontogenetik gelişim evreleri ve diurnal varyasyonun dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Sönmez, 2019). Başlıca fenolik monoterpen olan karvakrol, türün karakteristik aromasını belirleyen temel bileşen olup; aynı zamanda güçlü antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan aktiviteler sergilemektedir. Son yıllarda, genetik erozyonun önlenmesi ve standardize ürün eldesi amacıyla kontrollü kültür koşullarında üretime yönelik çalışmaların arttığı gözlenmektedir (Uskutoğlu, 2025; Korukluoğlu et al., 2009).

Bu biyolojik ve kimyasal özellikler, *O. onites*’in gıda sistemlerinde doğal koruyucu olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle raf

ömrünün uzatılması, patojen mikroorganizma kontrolü, antitoksijenik uygulamalar ve aktif ambalaj teknolojileri bağlamında önemli bir potansiyel sunmaktadır (Canlı et al., 2023).

Bu bölümde *O. onites*, botanik, yetiştiricilik, kimyasal bileşim ve gıda teknolojisi uygulamaları kapsamında bütüncül olarak ele alınmakta; devamında ise tarımsal performansı ve endüstriyel kullanım potansiyeli ayrıntılı biçimde değerlendirilmektedir.

BOTANİK ÖZELLİKLER VE TAKSONOMİK SINIFLANDIRMA

Morfolojik ve anatomik özellikler

Lamiaceae familyasının aromatik açıdan en değerli üyelerinden biri olan *Origanum onites* L., Doğu Akdeniz havzasında, özellikle Türkiye ve Yunanistan'ın kıyı bölgelerinde yayılış gösteren steno-endemik bir türdür (Başer, 2022). Bitki, yarı çalimsı bir habitusa sahip olup, tabanda odunlaşmış bir gövde yapısı sergiler. Doğal habitatında 30-60 cm arasında boylanırken, kültürel üretim koşullarında 100 cm'nin üzerine çıkabilmektedir. Gövde, familyanın genel karakteristiği olarak dört köşelidir; dik veya yükselici bir büyüme gösterir ve yoğun hirsut tüylerle kaplıdır (Gönüz & Özgörücü, 1999; Temel & Tokur, 2013).

Yaprak morfolojisi tür tayininde belirleyici bir parametredir. *O. onites* yaprakları kalp şeklinden ovale kadar değişen formlarda olup, uç kısımları akut veya akuminattır. Yaprak kenarlarının hafif dişli bir yapıya sahip olması, onu kenarları düz olan yakın akrabası *O. majorana*'dan ayıran temel morfolojik farklardan biridir (Temel & Tokur, 2013). Çiçek durumu, "yalancı korimbus" olarak adlandırılan yoğun spikalardan oluşur. Türün en karakteristik botanik ayırt edici özelliği ise çanak yaprağın tek dudaklı olmasıdır; bu yapı braktelere benzer şekilde üst kısımda tek parça halinde genişlemiştir (Duman, 2000).

Bitkinin sekonder metabolit kapasitesi, üzerinde barındırdığı trikom sistemine doğrudan bağlıdır. *O. onites* üzerinde uçucu yağ sentezleyen peltat ve kapitat glandular trikomlar bulunur. Karvakrol ve timol gibi fenolik bileşiklerin asıl birikim merkezi, kütükula altındaki geniş boşluklarda yağ depolayan peltat tüylerdir (Gönüz & Özgörücü, 1999). Yaprak anatomisi incelendiğinde, üst ve alt epidermisin tek sıralı hücrelerden oluştuğu, mezofil tabakasında palizat ve sünger parankimasının net bir şekilde ayırt edildiği

dorsiventral bir yapı görülür. Ayrıca iletim demetlerinin etrafında bitkiye mekanik destek sağlayan sklerankimatik dokular mevcuttur (Temel & Tokur, 2013) (Tablo 1).

Tablo 1. Seçilmiş *Origanum* türlerinin karşılaştırmalı morfolojik özellikleri

Tür	Morfoloji + Generatif karakterler	Kaynak
<i>O. onites</i>	50–120 cm; yarı-çalı; tüylü, gland.; kordat–oval yaprak, akut. Korimbus; kaliks 2–3 mm, bilab.; cor: beyaz (3–7 mm)	Temel & Tokur, 2013; Ferahoğlu et al., 2022
<i>O. majorana</i>	80–110 cm; yarı-çalı; kısa tüylü; yuvarlak–oval yaprak, obtuz, grimsi tüylü. Panikulat; kaliks 2–3.5 mm, bilab., romboid; cor: beyaz–sarı	Temel & Tokur, 2013
<i>O. vulgare subsp. hirtum</i>	50–80 cm; dik çokyıllık; yoğun tüylü; ovat yaprak, gland., tüylü. Panikulat; kaliks tüpsü, 5 dişli	Karık et al., 2007; Arabacı et al., 2020
<i>O. husnucan-baseri</i>	39–84 cm; dik; seyrek tüylü; ovat–mızraksı yaprak, akut. Gevşek spika; kaliks bilab., mızraksı dişli	Uysal & Çınar, 2020
<i>O. sipyleum</i>	64–121 cm; yarı-çalı, çok dallı; oval–obovat yaprak, tüysüz/sseyrek tüylü. Sarkık spika; kaliks bilab.; cor: pembe–beyaz	Uysal & Çınar, 2020
<i>O. malatyanum</i> ×	50–80 cm; dik–yükselici; kısa tüylü; ovat–mızraksı yaprak, damarlı. Sarkık; kaliks 3.5–4 mm, bilab.; cor: beyaz–pembe (6.5–9 mm)	Arabacı et al., 2020
<i>O. syriacum var. bevanii</i>	Çalı; yoğun beyaz tüylü; geniş ovat–kordat yaprak. Sık spika (1–3 cm); kaliks bilab.; cor: beyaz	Ferahoğlu et al., 2022; Başer, 2022

Taksonomik sınıflandırma ve genetik çeşitlilik

Origanum onites L., Ietswaart (1980) tarafından önerilen ve günümüzde geniş ölçüde kabul gören taksonomik revizyona göre *Origanum* cinsinin Section Majorana (Bentham) içerisinde konumlandırılmaktadır. Bu seksiyonun üyeleri, cinsin diğer taksonlarından belirgin biçimde ayrılan karakteristik bilabiata kaliks morfolojisi ile tanımlanmaktadır. *O. onites*'in en yakın filogenetik akrabaları arasında *O. majorana*, *O. syriacum* ile Türkiye endemikleri olan *O. minutiflorum* ve *O. saccatum* yer almaktadır (Doğu & Dinç, 2011).

Sitotaksonomik veriler, *O. onites*'in çoğunlukla diploid ($2n = 30$) kromozom sayısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Tonk et al., 2010). Türler arası üreme izolasyonunun sınırlı olması, doğal hibritleşmenin yaygınlaşmasına yol açmaktadır. Nitekim özellikle *O. onites* ile *O. vulgare* subsp. *hirtum* arasında gözlenen hibrit formlar, morfolojik delimitasyonun güvenilirliğini azaltmakta ve taksonomik sınırların belirlenmesini güçleştirmektedir (Arabacı et al., 2020).

Moleküler filogenetik çalışmalar, başta nükleer ribozomal ITS bölgesi ve kloroplast DNA matK geni olmak üzere çeşitli genetik belirteçler kullanılarak yürütülmektedir. Bu analizler, *O. onites*'in monofiletik bir klad oluşturduğunu ve Section Majorana ile yakın filogenetik ilişkiler sergilediğini göstermektedir (Lukas et al., 2013). Türkiye popülasyonlarında yüksek düzeyde genetik çeşitlilik rapor edilmiştir. SRAP ve SSR markörlerine dayalı çalışmalar, popülasyonlar arasında belirgin genetik polimorfizm bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu genetik varyasyon, türün farklı ekolojik koşullara adaptasyon kapasitesini artırmakta ve kemotip düzeyinde anlamlı farklılıkların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Taşcıoğlu et al., 2018).

YETİŞTİRİCİLİK

İklim ve toprak istekleri

Origanum onites L., Doğu Akdeniz kökenli, yüksek ekonomik değere sahip tıbbi ve aromatik bir bitki türüdür (Başer, 2022). Doğal yayılış alanı, Türkiye'nin batı ve güney kıyı kuşakları ile Yunanistan ve Ege adalarını kapsayan tipik Akdeniz iklim zone ile sınırlıdır (Vokou et al., 1988). Tür, deniz seviyesinden yaklaşık 1400 m rakıma kadar uzanan elevasyon gradyanında; taşlı tepeler, kayalık yamaçlar ve maki vejetasyonu içerisinde yayılım göstermektedir (Temel & Tokur, 2013).

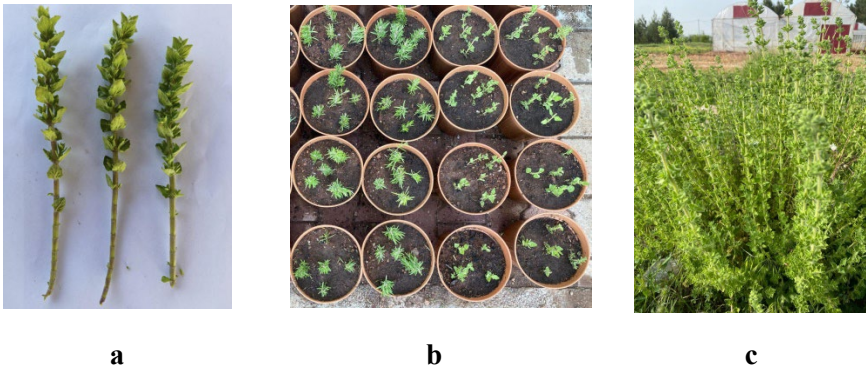
Ekofizyolojik açıdan *O. onites*, yüksek ışık şiddetine maruz kalan açık habitatlara uyum sağlamış ve fotoperiyodik sinyallere duyarlılık gösteren bir türdür. Vejetatif büyüme ve sekonder metabolit biyosentezi bakımından optimum sıcaklık aralığının 20–30 °C olduğu bildirilmektedir (Kocabaş Oğuz & Kaplan, 2023). Kurak yaz koşullarına adaptasyon çerçevesinde, yaprak yüzey alanının küçülmesi ve transpirasyonun sınırlandırılması gibi morfofizyolojik düzenlemeler gelişmektedir (Gönüz & Özgörücü, 1999). Ayrıca, fotoperiyod uzunluğunun artmasının bitki boyu, sürgün gelişimi ve toplam

biyokütle üretimi üzerinde pozitif etkiler oluşturduğu deneysel olarak ortaya konmuştur (Bahtiyarca Bağdat et al., 2016).

Edafik gereksinimler bakımından tür, geniş bir tolerans aralığına sahip olmakla birlikte; iyi drene olmuş, yüksek poroziteli ve hafif kumlu-tınlı tekstüre sahip topraklarda hem herba verimi hem de uçucu yağ verimi ve kalitesi açısından üstün performans sergilemektedir (Kocabaş Oğuz & Kaplan, 2023). *O. onites*, pH 6–8 aralığında değişen nötr ve hafif alkali koşullarda optimum gelişim gösterebilmekte ve kireçli topraklara belirgin bir adaptasyon kapasitesi sergilemektedir (Temel & Tokur, 2013). Buna karşılık, tuzluluk stresine duyarlı bir tür olup, artan toprak tuzluluğu koşullarında bitki büyümesi ve herba veriminde anlamlı düzeyde azalma gözlenmektedir (Hancıoğlu et al., 2019).

Dikim, bakım ve gübreleme

O. onites üretimi generatif (tohum) ve vegetatif (çelik/klon) yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Tohumla üretimde fideler genellikle sera koşullarında viyollerde yetiştirilerek tarlaya şaşırtılmaktadır. Ticari üretimde ise homojenlik ve yüksek uçucu yağ içeriğinin korunması amacıyla üstün kemotiplerden elde edilen çeliklerle klonal üretim daha yaygın olarak tercih edilmektedir (Tonk et al., 2010). Dikim sıklığı verimi doğrudan etkileyen bir faktör olup genellikle 45×15 cm, 45×25 cm veya 40×20 cm aralıklar uygulanmaktadır (Kaçar et al., 2006) (Şekil 1).



Şekil 1. Adıyaman Üniversitesi Hasancık Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde yürütülen *Origanum onites* çelikle üretim çalışmaları: **a)** Çelik materyali, **b)** Çeliklerin dikim aşaması, **c)** Gelişimini tamamlamış bitki örneği.

Bitki koruma ve bakımında yabancı ot kontrolü, özellikle tesisin ilk yıllarında gelişimin yavaş olması nedeniyle kritik öneme sahiptir; bu dönemde mekanik çapalama ve malçlama yöntemleri önerilmektedir (Uskutoğlu, 2025). Sulamada damla sulama sistemleri su kullanım etkinliğini artırmakta ve nem dengesinin kontrollü yönetimine olanak sağlamaktadır. Sulama miktarındaki artış taze herba verimini artırmakla birlikte, aşırı sulamanın uçucu yağ oranında azalmaya neden olabildiği bildirilmiştir (Tokul & Bayram, 2022).

Gübreleme stratejileri toprak analizine dayalı olarak yürütülmekte olup azotlu (N) gübreleme bitki boyu ve taze herba verimi üzerinde belirgin etki göstermektedir. Fosforlu (P) gübreleme kök gelişimi ve uçucu yağ sentezini desteklemektedir. Konvansiyonel gübrelere alternatif olarak tavuk gübresi ve solucan gübresi gibi organik kaynaklar toprağın mikrobiyal aktivitesini artırarak verim ve kaliteyi olumlu yönde etkilemektedir (Avcı, 2017; Çelik et al., 2025). Ayrıca bitki gelişimini stimüle eden rizobakterilerin (PGPB) uygulamaları kimyasal gübre ihtiyacını azaltırken bitki kalitesini artırmaktadır (Çakmakçı et al., 2023).

Hasat, kurutma ve depolama

O. onites'te ideal hasat zamanı, uçucu yağ birikimi ve ana bileşen karvakrol oranının maksimuma ulaştığı tam çiçeklenme evresidir (Sönmez, 2019). Bu dönem genellikle Haziran–Temmuz aylarına karşılık gelmektedir (Özkan et al., 2010). Hasadın, toprak yüzeyinden 10–15 cm yükseklikten ve odunsu kısımlara zarar vermeden yapılması önerilmektedir (Uskutoğlu, 2025). Ayrıca diurnal varyasyonun etkili olduğu, sabah saatlerinde yapılan hasadın uçucu yağ korunumu açısından daha uygun olduğu bildirilmiştir (Yaldiz et al., 2005).

Uçucu yağ bileşimi hasat dönemine bağlı olarak değişmektedir. Karvakrol oranı çiçeklenme öncesinde %45.09 iken tam çiçeklenmede %48.22'ye çıkmakta, tohum bağlama döneminde %45.63'e düşmektedir. Timol %14.67'den %1.28'e gerileyip ardından %15.72'ye yükselmektedir. γ -terpinen %17.60'tan %6.40'a düşüp %13.35'e çıkmakta, p-simen ise %5.15, %3.97 ve %5.56 olarak değişmektedir (Özkan et al., 2010). Bu bulgular, tam çiçeklenme döneminde karvakrolün baskın hale geldiğini göstermektedir.

Hasat edilen materyalin kurutulması, uçucu yağ kayıplarını azaltmada kritik bir aşamadır. En uygun yöntem, doğrudan güneş ışığına maruz

bırakılmadan iyi havalandırılan gölgeli koşullarda kurutmadır. Teknik kurutma uygulanacaksa, aromatik bileşenlerin termal bozunumunu önlemek amacıyla sıcaklık 35–40°C aralığında tutulmalıdır. Kurutulan materyalin serin, kuru ve karanlık ortamlarda, hava geçirmez kaplarda depolanması önerilmektedir. Bu koşullarda karvakrol dahil uçucu bileşenlerin oksidasyonu sınırlandırılarak biyolojik aktivite korunabilmektedir (Ozdemir et al., 2018).

KİMYASAL BİLEŞİM VE UÇUCU YAĞ İÇERİĞİ

Temel besin öğeleri ve mineral kompozisyon

Origanum onites L., antik dönemlerden bu yana tıbbi kullanımın yanı sıra gıda rasyonlarında aromatik bileşen ve baharat olarak da değerlendirilmektedir (Ersoy et al., 2020). Bitkinin besin ve mineral içeriği, fonksiyonel gıda özellikleri ve nutrasötik potansiyeli açısından temel belirleyicidir. *Origanum* türlerinin toprak üstü kısımları fenolik bileşikler, L-askorbik asit ve karotenoidler bakımından zengindir; taze materyalde askorbik asit ve karotenoidler daha yüksek, kurutulmuş materyalde ise toplam fenolik madde oranı daha yüksektir (Ağamirzaoğlu et al., 2024).

Mineral içerik açısından *O. onites*, Ca, K, Mg ve P gibi makro elementleri yüksek düzeylerde içermektedir. Mineral birikimi hasat dönemine bağlı olarak değişmekte; Ca ve Mg tam çiçeklenmede artış gösterirken K erken gelişim evrelerinde daha yüksek seviyelerdedir. Mikro elementler arasında Fe, Mn, Cu ve Na öne çıkmaktadır. Fe içeriğinin bazı yakın türlere göre farklı hasat dönemlerinde daha yüksek olabildiği bildirilmiştir. Ağır metal düzeyleri genel olarak WHO limitlerinin altında olmakla birlikte Co ve Cr birikimi yetiştirme ortamının jeokimyasal özelliklerine bağlı değişkenlik göstermektedir (Uskutoğlu, 2025).

Amino asit profili açısından asparajin, serin ve alanin baskın olup bitkinin hem esansiyel hem de esansiyel olmayan amino asitler bakımından kaynak niteliği taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca klorofil (~130.92 µg/g dw) ve karotenoid (~22.49 µg/g dw) içeriği, fotosentetik aktivite ve antioksidan kapasite ile ilişkilendirilmektedir (Fidan et al., 2020).

Sekonder metabolitler

Origanum onites'in biyolojik aktivitelerinden sorumlu başlıca bileşenler, uçucu yağ dışında hidrofilik fraksiyonda yer alan fenolik asitler ve

flavonoidlerdir (Tepe et al., 2016). Bu sekonder metabolitlerin düzeyi; genetik yapı, fenolojik evre ve çevresel stres koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Gök et al., 2022).

En karakteristik fenolik asit rosmarinik asit olup güçlü antioksidan ve antiviral özellikleri ile öne çıkmaktadır. Metanolik ekstraktlarda rosmarinik asidin baskın bileşen olduğu (~32.05 mg/100 g), bunu 4-hidroksibenzoik asit ve kafeik asidin izlediği belirlenmiştir (Erenler et al., 2018). Flavonoid fraksiyonunda naringenin, apigenin ve luteolin gibi bileşikler radikal süpürücü aktiviteye önemli etki etmektedir (Ersoy et al., 2020). Aynı çalışmada Muğla popülasyonunda naringenin (1495 µg/g) baskın flavonoid olduğu rapor edilmiştir.

Vitexin, rutin, hesperidin ve eriodiktiol gibi glikozidik flavonoidlerin özellikle Temmuz hasadında daha yüksek seviyelere ulaştığı bildirilmektedir. Bu yüksek polifenolik içerik, *O. onites*'in gıda sistemlerinde lipid oksidasyonunu geciktirme ve raf ömrünü uzatma potansiyelini desteklemektedir (Özkan et al., 2010).

Uçucu yağ bileşenleri ve kemotip varyasyonu

O. onites'in ticari değerini belirleyen temel unsur uçucu yağın kimyasal kompozisyonu ve özellikle karvakrol içeriğidir. Uçucu yağda %50–90 aralığına ulaşabilen karvakrol oranı nedeniyle tür, uluslararası pazarda “karvakrol tipi kekik” olarak sınıflandırılmaktadır. Karvakrol, hem karakteristik aroma profilinin hem de antimikrobiyal ve farmakolojik etkinliğin temel bileşenidir (Tepe et al., 2016).

Başlıca uçucu yağ bileşenleri karvakrol, timol, γ -terpinen ve p-simen olup, biyosentetik süreçte γ -terpinenin aromatisasyonu ile p-simen, bunun hidroksilasyonu ile de karvakrol ve timol oluşmaktadır (Soltanbeigi & Özliman, 2023). Türkiye popülasyonlarında karvakrol tipi genel olarak baskın olmakla birlikte literatürde yüksek karvakrol, yüksek linalool ve karışık tip olmak üzere üç ana kemotip tanımlanmıştır (Kaskatepe et al., 2017).

Kimyasal bileşim coğrafi ve ekolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Isparta popülasyonlarında karvakrol oranı %86.9'a kadar çıkarken, Diyarbakır popülasyonlarında %24.66–52.58 aralığında değişmekte ve timol oranı artış göstermektedir (Yazıcı et al., 2025). Benzer şekilde Yunanistan Sakız adası popülasyonlarında karvakrol oranı %69.0–92.6

arasında değişmekte, %2.0'ın üzerindeki borneol içeriği ise *O. vulgare* subsp. *hirtum*'dan ayırmda kemotaksonomik belirteç olarak önerilmektedir (Stefanaki et al., 2016) (Tablo 2).

Bu zengin ve değişken kimyasal yapı, bitkiden elde edilen nihai ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Kimyasal profillerin standardizasyonu ve aktif bileşenlerin drog içerisindeki miktarlarının korunması ekstraksiyon yöntemlerinin seçimi ile yakından ilişkilidir (Inan et al., 2007).

Tablo 2. Farklı coğrafi popülasyonlardan *O. Onites* uçucu yağının ana bileşenleri (%)

Lokasyon	Karvakrol	Timol	P-Simen	γ-Terpinen	Linalool	Kaynak
Türkiye (Isparta)	87.15	7.48	1.52	2.63	-	Özkan et al., (2010)
Türkiye (Balıkesir)	78.40	0.82	4.35	3.51	-	Yazıcı et al., (2025)
Türkiye (Antalya-Kaş)	68.64	7.78	3.19	-	6.41	Kocabas Oğuz & Kaplan (2023)
Yunanistan (Sakız)	80.3-92.6	0.3-0.8	4.1-9.5	2.9-7.9	0.2-1.1	Stefanaki et al., (2016)
İtalya (Sicilya)	51.0-81.1	0.3-0.5	5.1-11.6	2.3-13.6	0.2-1.1	Vokou et al., (1988)

UÇUCU YAĞ VE EKSTRE ELDE ETME YÖNTEMLERİ

Tıbbi ve aromatik bir bitki olan *Origanum onites* L.'den elde edilen sekonder metabolitlerin niteliği ve niceliği, kullanılan ekstraksiyon yöntemine doğrudan bağlıdır. Bitkinin ticari değerini belirleyen uçucu yağlar ve polifenolik fraksiyonlar, bitki matrisinden ayrıştırılırken yöntemin ekstraksiyon verimi, enerji gereksinimi ve hedef bileşenlerin termal stabilitesi üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Bu bölümde, İzmir kekiğinden uçucu yağ ve ekstre eldesinde kullanılan geleneksel yöntemlerden modern ve yeşil teknolojik yaklaşımlara kadar uzanan süreçler ele alınmaktadır (Tablo 3).

Geleneksel yöntemler

Origanum onites'ten uçucu yağ eldesinde kullanılan temel geleneksel yöntemler su distilasyonu ve buhar distilasyonudur. Laboratuvar ölçekli çalışmalarda ve bilimsel araştırmalarda genellikle Clevenger tipi aparatlar kullanılarak hidrodistilasyon yöntemi tercih edilmektedir (Bouhleb et al., 2026). Bu yöntemde kurutulmuş bitki materyali su ile doğrudan temas halindedir ve kaynama sıcaklığında uçucu bileşenler su buharı ile sürüklenerek kondansatörde yoğunlaştırılır. *O. onites* için Clevenger yöntemiyle distilasyon süresinin genellikle 3-4 saat arasında değiştiği bildirilmiştir (Kahramanoğlu et al., 2022).

Endüstriyel ölçekte ise, özellikle Denizli ve İzmir bölgelerindeki tesislerde buhar distilasyonu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde bitki materyali su ile temas etmez; yalnızca yüksek basınçlı buharın bitki yatağından geçmesiyle uçucu bileşenler ekstrakte edilir (Cinbilgel & Kurt, 2019). Geleneksel distilasyon yöntemlerinin başlıca sınırlılıkları yüksek enerji tüketimi ve uzun işlem süreleridir. Ayrıca uzun süreli ısı işlem maruziyeti, termolabil monoterpenlerin dekompozisyonuna veya hidrolizine yol açarak uçucu yağın kimyasal profilini değiştirebilmektedir (Genc, 2024). Buna karşın, hidrodistilasyon sonrası yan ürün olarak ortaya çıkan kekik suyu, içerdiği suda çözünür aromatik bileşikler nedeniyle gıda sanayinde değerli bir yan ürün olarak değerlendirilmektedir (Bouhleb et al., 2026).

Modern ekstraksiyon teknikleri

Geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını gidermeye yönelik geliştirilen modern ekstraksiyon teknikleri arasında mikrodalga destekli distilasyon (MWAD/MWHD) ve ultrasonik destekli ekstraksiyon (UAE) öne çıkmaktadır. Mikrodalga teknolojisi, elektromanyetik radyasyon aracılığıyla bitki dokusundaki su moleküllerini hızlı biçimde ısıtarak hücre içi basıncın artmasına ve uçucu yağ bezlerinin etkin şekilde parçalanmasına yol açmaktadır (Kıtır Şen & Duran, 2023). Karşılaştırmalı çalışmalar, mikrodalga destekli sistemlerin geleneksel hidrodistilasyona kıyasla işlem süresini %50'den fazla azalttığını ve en az %25 oranında enerji tasarrufu sağladığını ortaya koymaktadır (Genc, 2024). Nitekim, konvansiyonel yöntemlerde yaklaşık 180 dakikada ulaşılan verim düzeyine, mikrodalga destekli uygulamalarda 40-60

dakika gibi belirgin şekilde daha kısa sürelerde erişilebilmektedir (Altintas et al., 2013).

Ultrasonik destekli ekstraksiyon (UAE), özellikle uçucu olmayan polifenoller, flavonoidler ve rosmarinik asit gibi bileşiklerin ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaplan et al., 2020). Akustik kavitasyon sonucu bitki dokusunda oluşan mikroölçekli yapısal bozulmalar, çözücünün matrise penetrasyonunu artırarak kütle transfer kinetiğini hızlandırmaktadır. Bu teknikler, ekstraksiyon verimini artırmanın yanı sıra, başlıca bileşen olan karvakrolün oksidatif degradasyonunu sınırlandırarak daha yüksek stabilite ve saflıkta ürün elde edilmesine olanak tanımaktadır (Kıtır Şen & Duran, 2023; Genç, 2024).

Yeşil teknolojiler

Gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda, toksik çözücü kullanımını azaltan “yeşil teknoloji” yaklaşımları *Origanum* ekstraksiyonunda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SFE), özellikle süperkritik CO₂ kullanımıyla düşük sıcaklıklarda ve solvent kalıntısı bırakmadan ekstraksiyon yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, uçucu yağların yanı sıra mumlar ve pigmentler gibi farklı fraksiyonların seçici olarak ayrılmasına imkan veren yüksek bir seçicilik göstermektedir (Kaplan et al., 2020).

Bir diğer yeşil yaklaşım olan enzim destekli ekstraksiyon, selüloz ve pektinaz gibi enzimler aracılığıyla bitki hücre duvarının parçalanmasını hedefleyerek verimi artırmaktadır. Ayrıca, biyobozunur ve toksik olmayan örneğin gliserol-su karışımı gibi “yeşil çözücüler” kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonların, *O. onites*'in toplam fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini geleneksel organik çözücülere kıyasla anlamlı düzeyde artırdığı bildirilmiştir (Kaplan et al., 2020). Bunun yanında, basınçlı sıcak su ekstraksiyonu (PHWE) gibi yenilikçi yöntemlerin de *O. onites* uçucu yağlarının ve fenolik fraksiyonlarının elde edilmesinde etkili bir alternatif olduğu rapor edilmiştir (Ozel & Kaymaz, 2004).

Tablo 3. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin *O. Onites* verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

Yöntem	Verim (%)	Süre (dk)	Karvakrol Oranı (%)	Kaynak
Hidrodistilasyon (Clevenger)	1.50 – 2.40	180 – 240	62.50 – 70.59	Altintas et al., (2013); Genc (2024)
Buhar Distilasyonu (SD)	1.80 – 2.10	120 – 180	60.00 – 62.50	Genc (2024)
Mikrodalga Destekli (MWAD)	2.20 – 2.50	40 – 60	74.22 – 78.57	Altintas et al., (2013); Genc (2024)
Süperkritik CO ₂ (SFE)	Değişken	30 – 90	Yüksek Seçicilik	Kaplan et al., (2020)

GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Gıda endüstrisinin dönüşüm sürecinde son on yılda öne çıkan en belirgin eğilim, tüketicilerin sentetik katkı maddelerine karşı geliştirdiği güçlü direnç ve "temiz etiket" olarak adlandırılan, minimal işlem görmüş, doğal koruyucular içeren ürünlere yönelik talebin giderek artmasıdır. Bu talep değişimi, bilimsel araştırmaları biyoaktif bileşenler açısından zengin doğal kaynakların endüstriyel ölçekte etkin biçimde kullanılmasına yönlendirmiştir (Aebisher et al., 2021).

Lamiaceae familyasının önemli bir üyesi olan *Origanum onites* L., Türkiye'nin dünya kekik ticaretindeki yaklaşık %80'lik payının temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır (Tonk et al., 2010). Bu türün gıda teknolojisindeki önemi yalnızca karakteristik aromatik profilinden değil, aynı zamanda sekonder metabolitler açısından zengin kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır. Söz konusu biyoaktif potansiyel; uçucu yağ fazında yer alan karvakrol ve timol gibi fenolik monoterpenler ile hidrofilik fraksiyonda bulunan rosmarinik asit ve flavonoid bileşenlerinin sinerjik etkileşimiyle şekillenmektedir (Tepe et al., 2016; Ersoy et al., 2020).

Bu bileşenlerin gıda sistemlerinde bozulma süreçlerini kontrol edebilecek çok yönlü bir fonksiyonellik sunduğu bilinmektedir. Özellikle *O. onites* uçucu yağının mikrobiyal kontaminasyonu sınırlandırma ve lipid oksidasyonunu baskılama kapasitesi, türü doğal koruyucu olarak kullanım açısından değerli kılmaktadır (Özkan et al., 2010; Özer et al., 2025). Aşağıda

bu işlevselliğin temel boyutları olan antimikrobiyal etki, antioksidan kapasite, aroma ve tat katkısı, fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanım ile ileri teknolojik uygulamalar ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır.

Antimikrobiyal etki

O. onites, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteriler, mayalar, küfler ve protozoalar üzerinde geniş bir inhibisyon spektrumuna sahiptir (Kaskatepe et al., 2017). Bu antimikrobiyal etkinin temel mekanizması, başlıca bileşen olan karvakrolün lipofilik karakteri sayesinde mikrobiyal hücre membranındaki lipid çift tabakaya penetre olmasıyla başlar. Bu etkileşim membran bütünlüğünü ve akışkanlığını bozar, proton motive gücü zayıflatır ve hücre içinden potasyum (K⁺) iyonları ile ATP sızıntısına neden olarak mikrobiyal hücre fonksiyonlarını baskılar (Kaskatepe et al., 2017; Tasdemir et al., 2019; Canlı et al., 2023).

Gıda kaynaklı mikroorganizmalar üzerinde yürütülen çalışmalarda, *O. onites* etanol ekstraktlarının *Enterococcus faecium* üzerinde 52 mm'ye ulaşan inhibisyon zonları oluşturduğu; *Pseudomonas aeruginosa* ve *Pseudomonas fluorescens* üzerinde ise 24 mm düzeyinde inhibisyon sağladığı saptanmıştır (Canlı et al., 2023). Ayrıca, çoklu antibiyotik direncine sahip *Acinetobacter baumannii* suşlarına karşı da belirgin biyoaktivite bildirilmiştir (Canlı et al., 2023).

Uçucu yağın buhar fazı uygulamalarında karvakrolün, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella enterica* gelişimini tamamen baskılayabildiği farklı araştırmalarda gösterilmiştir (Başer, 2022; López et al., 2007). Bu bulgu, uçucu yağın doğrudan temas gerektirmeksizin gaz fazında da işlev görebildiğini ortaya koyduğundan gıda muhafaza teknolojileri açısından ayrı bir önem taşımaktadır.

Antiprotozoal analizler, uçucu yağın *Trypanosoma brucei rhodesiense* üzerinde IC₅₀ = 180 ng/mL düzeyinde inhibitör etki sunduğunu, buna karşın test edilen hücrelerde sitotoksik bir etki göstermediğini ortaya koymaktadır (Tasdemir et al., 2019) (Tablo 4).

Tablo 4. *Origanum onites* ürünlerinin seçilmiş mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkinliği

Mikroorganizma	Materyal	Etki	Değer	Kaynak
<i>Enterococcus faecium</i>	Etanol Ekstresi	İnhibisyon Zonu	52 mm	Canlı et al., 2023
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Etanol Ekstresi	MIC	19.53 µg/mL	Canlı et al., 2023
<i>Escherichia coli</i>	Uçucu Yağ	MIC	0.62 mg/mL	Kaskatepe et al., 2017
<i>Staphylococcus aureus</i>	Uçucu Yağ	MIC	0.08 mg/mL	Kaskatepe et al., 2017
<i>Trypanosoma brucei rhodesiense</i>	Uçucu Yağ	IC ₅₀	180 ng/mL	Tasdemir et al., 2019
<i>Candida albicans</i>	Uçucu Yağ	MIC	1.25 µg/mL	Ersoy et al., 2020

Su ürünleri teknolojisi alanındaki uygulamalarda, İzmir kekiği ekstraktları ile işlenen gökkuşuğu alabalığı filetoalarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 13. güne kadar yasal sınır değerlerin altında kaldığı, psikrofilik floranın ise 21 günlük depolama süresince kontrol altında tutulabildiği bildirilmiştir (Akarsu, 2016). Benzer biçimde, hamsi filetoalarına uygulanan kekik uçucu yağının 4±1°C koşullarında depolanan ürünlerde mikrobiyolojik bozulmayı geciktirerek raf ömrünü anlamlı ölçüde uzattığı gösterilmiştir (Taşkaya, 2010).

Antioksidan etki

O. onites'in antioksidan kapasitesi; serbest radikal süpürme etkinliği, lipid peroksidasyonunun inhibisyonu ve metal şelatlama kabiliyeti üzerinden değerlendirilmektedir. Bu kapasitenin belirlenmesinde DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) ve ABTS [2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)] radikal süpürme analizleri ile FRAP (ferrik indirgeyici antioksidan güç) testi yaygın biçimde kullanılmaktadır (Özkan et al., 2010; Canlı et al., 2023).

Araştırmalar, *O. onites* uçucu yağı ile sulu ve etanol ekstraktlarının yüksek antioksidan aktivite sergilediğini ortaya koymaktadır. Nitekim bitki etanol ekstraktının DPPH radikal süpürme aktivitesinin, referans antioksidan olan askorbik asidininkini geçtiği bildirilmiştir (Canlı et al., 2023). Uçucu yağ

bileşimi açısından değerlendirildiğinde ise karvakrol ve p-simen oranı yüksek yaprak yağlarının, çiçek yağlarına kıyasla belirgin biçimde daha güçlü antioksidan kapasite sunduğu saptanmıştır (Özer, 2020).

Bitkinin antioksidan kapasitesi ile toplam fenolik madde (TFM) içeriği arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Uskutoğlu, 2025). Fenolik monoterpenler olan karvakrol ve timol ile hidrofilik polifenoller, özellikle rosmarinik asit ve flavonoidler; serbest radikalleri süpürerek ve geçiş metalleri şelatlayarak oksidatif zincir reaksiyonlarını sonlandırmaktadır (Tepe et al., 2016). Rosmarinik asidin lipid peroksidasyonunu inhibe ederek malonaldehit (MDA) oluşumunu baskıladığı ve bu yolla gıda matrisinde oksidatif stabiliteyi artırdığı da ayrıca rapor edilmiştir (Özkan & Erdoğan, 2011).

Antioksidan kapasitenin hasat dönemine bağlı olarak kayda değer farklılıklar gösterdiği de bilinmektedir. Temmuz ayında tam çiçeklenme evresinde hasat edilen bitkilerden elde edilen ekstraktların, Haziran hasadındakilere kıyasla yaklaşık iki kat daha yüksek radikal süpürücü aktivite sergilediği ($IC_{50} = 395.75 \mu\text{g/mL}$) belirlenmiştir (Özkan et al., 2010). Bu bulgu, ham madde kalitesi ve hasat zamanının endüstriyel kullanım performansı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Lipid oksidasyonu; serbest radikal oluşumuyla tetiklenen, gıdalarda besin değerini düşüren ve istenmeyen ransidite aromalarının gelişimine zemin hazırlayan temel bozulma mekanizmalarından biridir. Bu bağlamda, hayvansal ürünlerde kekik uçucu yağı kullanımıyla özellikle dondurulmuş depolama koşullarında etin renk stabilitesinin korunduğu ve oksidatif bozulmanın yaklaşık %40 oranında azaltılabildiği bildirilmektedir (Önenç & Açıkgöz, 2005).

Aroma ve tat bileşeni etkisi

O. onites, kendine özgü keskin kokusu ve dilde ılımlı bir yanma hissi oluşturan aromasıyla Akdeniz diyetinin ve dünya mutfağının köklü baharatlarından biri konumundadır (Ersoy et al., 2020). Gıda endüstrisinde soslar, hazır çorbalar, pizzalar, salata sosları ve et ürünleri başta olmak üzere çeşitli gıda matrislerinde lezzet düzenleyici olarak geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Aktop & Çağatay, 2022).

Türe aromatik kimliğini kazandıran karvakrolün, fırınlama ve kaynatma gibi yüksek ısı işlemler sırasında yapısal bütünlüğünü büyük ölçüde koruyabildiği gösterilmiştir (Genc, 2024). Bununla birlikte, uçucu yağın saf formunun belirgin biçimde baskın aroması bazı gıda sistemlerinde "ilaç benzeri" bir duyuşsal algıya yol açabilmekte; bu nedenle kullanım miktarının duyuşsal eşik değeri gözetilerek belirlenmesi gerekmektedir (Aydın et al., 2025).

Distilasyonun yan ürünü olan kekik suyu (hidrosol), daha hafif bir aroma profili ve çözünmüş karvakrol fraksiyonu içermesi nedeniyle içecek sistemleri ile gıda yüzeyi yıkama ve durulama uygulamalarında potansiyel kullanım imkânı sunmaktadır (Cinbilgel & Kurt, 2019). Geleneksel salamura zeytin üretiminde ise *O. onites* ilavesinin, ürünün duyuşsal özelliklerini zenginleştirmenin yanı sıra fermantasyon sürecinde istenmeyen mikroorganizma gelişimini sınırlayan biyoteknolojik bir işlev de gördüğü bildirilmektedir (Özcan et al., 2008).

Fonksiyonel gıda bileşeni

Fonksiyonel gıdalar; temel besin öğelerine ek olarak, fizyolojik fayda sağlayan ve kronik dejeneratif süreçlerin riskini azaltabilen biyoaktif bileşenler içeren matrisler olarak tanımlanmaktadır. Bu çerçevede *O. onites* sulu ekstraktlarının, biyokimyasal iletim süreçleri üzerinden bilişsel işlevleri destekleyici bir biyoaktif gıda bileşeni olarak endüstriyel kullanım potansiyeli taşıdığı ortaya konmuştur (Özer et al., 2025).

Rosmarinik asit ve kafeik asit türevleri açısından zengin bitki çayları ve aromatik içecekler; sindirim sistemi hareketliliğinin düzenlenmesi ve glisemik modülasyon üzerindeki etkileri nedeniyle biyoaktif fonksiyonel ürünler olarak değerlendirilmektedir (Soltanbeigi & Özliman, 2023). Bu doğrultuda, bildirilen anti-diyabetik ve hipokolesterolemik etkiler göz önünde bulundurulduğunda bitkinin fonksiyonel içecek formülasyonlarındaki kullanımının giderek yaygınlaştığı dikkat çekmektedir (Bouhleb et al., 2026).

Zenginleştirme stratejileri kapsamında yoğurt ve süt ürünlerine ilave edilen *O. onites* türevlerinin ürünlerin antioksidan kapasitesini artırdığı; ancak protein-fenolik etkileşimlerinin biyoaktif bileşenlerin salınım kinetiğini etkileyebildiği bildirilmiştir (Kaplan et al., 2020). Polifenolik bileşenlerin biyoyararlanımını optimize etmek amacıyla zenginleştirilmiş ekme ve

fırıncılık ürünlerinde enkapsüle formların kullanımına yönelik araştırma ve geliştirme çalışmaları da gündemdeki yerini korumaktadır (Baranauskiene et al., 2006).

Nanokapsülasyon ve taşıyıcı sistemler

Kekik uçucu yağının yüksek uçuculuğu, oksidasyona duyarlılığı ve güçlü organoleptik profili, gıda sistemlerinde doğrudan kullanımını teknik olarak kısıtlayan başlıca etkenlerdir (Aydın et al., 2025). Bu kısıtlamaları aşmak amacıyla lipozomlar, nanoemülsiyonlar ve nanovesiküller gibi modern taşıyıcı sistemler geliştirilmiş ve uygulamaya alınmaktadır (Vanti et al., 2021).

Püskürtmeli kurutma (spray drying) teknolojisiyle maltodekstrin ve gam arabik gibi duvar materyalleri kullanılarak gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemi, kekik yağının termal stabilitesini ve suda çözünürlüğünü belirgin biçimde iyileştirmektedir (Balcı-Torun, 2024). Polikaprolakton (PCL) bazlı nanotaşıyıcılara yüklenen karvakrolün ise ışık ve ısı gibi çevresel etkenlerden korunarak gıda sistemlerinde uzun süreli ve kontrollü salınım sağladığı gösterilmiştir (Aydın et al., 2025). Kitosan nanopartiküllerin kullanımı, kekik yağının antimikrobiyal etkinliğini hedef bölgeye etkin taşınım aracılığıyla artırmakta ve biyoaktif bileşenlerin gastrointestinal ortamdaki stabilitesini desteklemektedir (Baranauskaite et al., 2018).

Aktif ve akıllı ambalajlama

Aktif ambalajlama yaklaşımı, gıdayı dış ortamdan pasif biçimde izole etmenin ötesine geçerek ambalaj materyali ile gıda arasında işlevsel bir etkileşim kurmayı hedeflemektedir. *O. onites* uçucu yağı; jelatin, kitosan, pektin ve peynir altı suyu proteini gibi biyopolimer filmlere entegre edilerek biyoaktif bir ambalaj bariyeri oluşturabilmektedir (Almasi et al., 2020).

Bu tür filmler, gıda yüzeyinde sürekli bir antimikrobiyal ortam sağlayarak küf ve bakteri gelişimini engellemekte; aynı zamanda UV geçirgenliğini azaltarak fotooksidasyona bağlı renk kayıplarını ve lipid oksidasyonunu en aza indirmektedir. Yapılan araştırmalarda kekik yağı ilavesinin biyopolimer filmlerin gerilme direnci ve uzama gibi mekanik özelliklerini ile termal stabilitesini iyileştirdiği ortaya konmuştur (Kilinc et al., 2021). İzmir kekiği uçucu yağı içeren yenilebilir kaplamaların çilek gibi hassas

meyveler üzerinde uygulanması su kaybını azaltmakta ve hasat sonrası önemli bir kayıp nedeni olan *Botrytis cinerea* kaynaklı gri küf çürüklüğünü kontrol altına alarak ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Kahramanoğlu et al., 2022) (Tablo 5).

Tablo 5. *O. onites* uçucu yağı içeren farklı biyopolimer filmlerin fizikomekanik ve antimikrobiyal performansı

Film Matrisi	EO Oranı (%)	Gerilme Direnci (MPa)	Kopma Uzaması (%)	İnhibisyon Zonu (mm)	Kaynak
Jelatin	2	28.50	45.20	12.5 (<i>S. aureus</i>)	Kilinc et al., 2021
Jelatin	8	15.30	78.45	24.8 (<i>E. coli</i>)	Kilinc et al., 2021
Kitosan	1	32.10	12.40	18.2 (<i>L. monocytogenes</i>)	Hosseini et al., 2013
Pektin	2	18.40	35.10	15.6 (<i>Salmonella enterica</i>)	Almasi et al., 2020

Et, süt ve içecek teknolojisinde uygulamalar

Et ürünleri teknolojisinde hayvan rasyonuna katılan *O. onites* uçucu yağının sosislerde laktik asit bakterisi gelişimini baskıladığı; sucuk formülasyonlarında ise nitrit düzeylerinin azaltılmasına olanak tanıdığı rapor edilmiştir (Göksoy et al., 2010). Süt teknolojisi bağlamında ise "peynir kekiği" olarak tanınan bu tür, geleneksel beyaz peynir ve otlu peynir üretiminde aroma geliştirici olarak kullanılmakta; olgunlaşma sürecinde yüzey küflerinin gelişimini doğal olarak kısıtlayan bir ajan işlevi de üstlenmektedir (Aktop & Çağatay, 2022).

Süt ve süt ürünleri sistemlerinde *O. onites* hidrosollerinin (kekik suyu), patojen mikroorganizmalara karşı belirgin mikrobiyosidal ve antioksidan aktivite sergilediği; duyuusal özellikleri olumsuz etkilemeksizin sentetik koruyuculara "clean-label" bir alternatif sunduğu ortaya konmuştur. Öte yandan türün bildirilen anti-diyabetik ve hipokolesterolemik etkileri, bitkinin fonksiyonel içecek formülasyonlarındaki kullanımını giderek daha cazip hâle getirmektedir (Bouhleb et al., 2026).

Standardizasyon ve kalite yönetimi

Origanum onites uçucu yağ ve ana bileşeni karvakrol; fenolik yapıları sayesinde gıda sistemlerinde oksidatif süreçleri etkileme kapasitesine sahip olup lipid oksidasyonunun sınırlandırılması ve ürün stabilitesinin artırılması bakımından teknolojik bir değer taşımaktadır (Canlı et al., 2023). Uçucu yağın kompleks bileşimi, tekil bileşenlere kıyasla daha dengeli bir etki profili sunarak gıda matrislerinde daha kontrollü ve öngörülebilir bir işlevsellik sağlayabilmektedir (Demirci et al., 2004).

Bitki ekstraktlarının kimyasal bileşimi, ürünün duyuşsal karakteri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Karvakrol başta olmak üzere bazı monoterpenler, sıcaklık duyarlı reseptörlerle etkileşerek kekiğe özgü yakıcı ve keskin aromatik profilin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Canlı et al., 2023). Bu durum, söz konusu türün baharat ve aroma verici olarak kullanımında önemli bir teknolojik avantaj oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, uçucu yağ ve ekstrakt bileşiminin etkinliği; bitkinin yetiştirme koşulları, genotipi, hasat zamanı ve uygulanan işleme yöntemlerine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu değişkenlik, biyoaktif bileşen konsantrasyonunu ve elde edilen ürünün işlevsel ile duyuşsal özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Öte yandan, uçucu yağ ürünlerinin "Genel Olarak Güvenli" (GRAS) statüsünde yer alması, gıda endüstrisinde yasal mevzuata uyum açısından kritik bir kolaylık sağlamaktadır (Doğan et al., 2024). Dolayısıyla tarımsal üretimden nihai ürüne uzanan tüm süreç boyunca standardizasyonun sağlanması, bu türün endüstriyel potansiyelinin tam olarak kullanılabilmesi için zorunlu bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Origanum onites türevlerinin gıda koruyucusu olarak etkinliği, bitkinin ikincil metabolitlerinin kimyasal yapısına ve bu bileşenlerin gıda matrisiyle olan etkileşimlerine doğrudan bağlıdır (Gök et al., 2022). Bu çok boyutlu özellikler ve birikimlenen teknik bulgular; türün yalnızca bir baharat bitkisi olarak değil, doğal koruyucu ve fonksiyonel bileşen kaynağı olarak da küresel pazardaki rekabet gücünü pekiştirmekte ve gelecekteki endüstriyel uygulama stratejileri için sağlam bir bilimsel zemin oluşturmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Origanum onites L. (İzmir kekiği), Doğu Akdeniz havzasında doğal yayılış gösteren ve Türkiye'nin tıbbi-aromatik bitki kaynakları arasında yer

alan önemli bir türdür. Uçucu yağ bezeleri bakımından zengin anatomik yapısı, türün fitokimyasal potansiyelini belirleyen temel belirleyicilerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, üretimden işleme aşamalarına uzanan süreçlerin disiplinler arası ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Tarımsal üretimde verim ve kimyasal bileşim, çevresel koşullar ile yetiştirme uygulamalarına bağlı olarak önemli düzeyde varyasyon gösterebilmektedir. Özellikle sulama rejimi ve azotlu gübreleme gibi agronomik girdilerin, herba verimi ile uçucu yağ kompozisyonu arasındaki dengeyi etkileyebildiği bilinmektedir. Hasat zamanının belirlenmesi kritik bir parametre olup, tam çiçeklenme döneminin karvakrol içeriği açısından optimal bir evre olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, ıslah edilmiş bazı genotiplerin farklı ekolojik koşullarda daha stabil verim performansı sergileyebildiği bildirilmektedir.

Kimyasal kompozisyon açısından, uçucu yağ fraksiyonunda karvakrolün baskın bileşen olduğu; fenolik fraksiyonda yer alan rosmarinik asit ve flavonoidlerin ise antioksidan kapasiteyi desteklediği yaygın biçimde rapor edilmektedir. Bu bileşim, türün antimikrobiyal aktivitesi ve oksidatif bozulmaya karşı gösterdiği direnç mekanizmalarının temelini oluşturmaktadır.

Ekstraksiyon teknolojileri bağlamında, mikrodalga destekli sistemlerin işlem süresini azaltabildiği ve enerji verimliliğini artırabildiği; süperkritik CO₂ gibi “yeşil” teknolojilerin ise termal olarak hassas bileşiklerin korunmasına yönelik etkili alternatifler sunduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin ölçeklenebilirliği ve endüstriyel uygulanabilirliği, süreç optimizasyonu açısından belirleyici faktörler arasında yer almaktadır.

Gıda teknolojisi uygulamalarında, uçucu yağların biyopolimer bazlı ambalaj sistemlerine entegrasyonu ve nano-taşıyıcı sistemlerle stabilize edilmesi, fonksiyonel kullanım olanaklarını genişleten yenilikçi yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak, endüstriyel uygulamalarda maliyet, stabilite ve standardizasyon gibi teknik parametrelerin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Gelecek araştırmaların; türün çevresel stres koşullarına adaptasyon mekanizmalarının ayrıntılı biçimde incelenmesi, farklı gıda matrislerindeki duyu etkilerinin sistematik olarak ortaya konması ve taşıyıcı sistemlerin ölçeklenebilirliğinin değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşması önerilmektedir.

Ayrıca, kemotip stabilitesi ve verim sürekliliğine yönelik ıslah çalışmalarının geliştirilmesi, uygulama alanlarının standardizasyonuna önemli katkılar sağlayacaktır.

Sonuç olarak, *Origanum onites*; tarım ve gıda teknolojisi kesişiminde konumlanan, çok yönlü kullanım potansiyeline sahip stratejik bir tıbbi-aromatik bitkidir. Mevcut literatür, türün farklı uygulama alanlarında değerlendirilebilirliğini desteklemekte; ancak endüstriyel ölçekleme ve standardizasyon çalışmalarının daha da geliştirilmesine yönelik gereksinimin devam ettiğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Aebisher, D., Cichonski, J., Szyrka, E., Masjonis, S., & Chrzanowski, G. (2021). Essential oils of seven Lamiaceae plants and their antioxidant capacity. *Molecules*, 26(13), 3793. <https://doi.org/10.3390/molecules26133793>
- Ağamirzaoğlu, M., Valizadeh, N., & Rahimi, A. (2024). Comparison of secondary metabolites and essential oil content of some *Origanum* species. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(5), 1075-1090. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1192608>
- Akarsu, H. (2016). *Buzdolabında (+2±1 °C) vakum paketlenerek depolanmış alabalık (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) filetolarının kalitesine farklı kekik (Origanum onites L.) ekstraktlarının etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.
- Aktop, Y., & Çağatay, İ. T. (2022). Tıbbi ve aromatik bitkilerden *Origanum* türlerinin su ürünlerinde kullanım alanları. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(2), 114-121.
- Almasi, H., Azizi, S., & Amjadi, S. (2020). Development and characterization of pectin films activated by nanoemulsion and Pickering emulsion stabilized marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oil. *Food Hydrocolloids*, 99, 105338. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105338>
- Altintas, A., Tabanca, N., Tyihák, E., Ott, P. G., Móricz, Á. M., Mincsovcics, E., & Wedge, D. E. (2013). Characterization of volatile constituents from *Origanum onites* and their antifungal and antibacterial activity. *Journal of AOAC International*, 96(6), 1200-1208. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGEAltintas>
- Arabacı, T., Dirmenci, T., & Yıldız, B. (2020). *Origanum* L. (Ballıbabagiller / Lamiaceae) cinsine ait yeni bir melez: *Origanum × malatyanum* Yıldız, Arabacı & Dirmenci. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7(1), 10-15.
- Avcı, A. B. (2017). Influence of chicken manure applications on the yield and the essential oil content of *Origanum onites* L. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 290-294. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.32>

- Aydın, T., Gök, B., Budama-Kılınc, Y., & Kartal, M. (2025). Obtaining carvacrol from *Origanum onites* L. essential oil and developing carvacrol-loaded nanoformulation for use in cosmetics. *Industrial Crops and Products*, 226, 120652. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120652>
- Bahtiyarca Bağdat, R., Vyas, A., & Craker, L. E. (2016). The effect of photoperiod on the biomass and quality variables of certain *Origanum* spp. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 202-208.
- Balcı-Torun, F. (2024). Encapsulation of *Origanum onites* essential oil with different wall material using spray drying. *Phytochemical Analysis*, 35(8), 1736-1747. <https://doi.org/10.1002/pca.3218>
- Baranauskiene, R., Venskutonis, P. R., Dewettinck, K., & Verhé, R. (2006). Properties of oregano (*Origanum vulgare* L.), citronella (*Cymbopogon nardus* G.) and marjoram (*Majorana hortensis* L.) flavors encapsulated into milk protein-based matrices. *Food Research International*, 39, 413-425. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.09.005>
- Başer, K. H. C. (2022). Kekik. *Tabiat ve İnsan*, 1(191), 15-31.
- Bouhleb, W., Doğan, M., Yetiman, A. E., Horzum, M., & Kanbur, E. (2026). Investigation of the microbiocidal, antioxidant, and cytotoxic effects of *Cinnamomum verum* (cinnamon), *Origanum onites* (oregano balls), and *Origanum vulgare* (black oregano) hydrosols: A model food environment-driven usability study. *Food and Bioprocess Technology*, 19, 166. <https://doi.org/10.1007/s11947-026-04258-5>
- Canlı, K., Bozyel, M. E., Turu, D., Benek, A., Simsek, O., & Altuner, E. M. (2023). Biochemical, antioxidant properties and antimicrobial activity of steno-endemic *Origanum onites*. *Microorganisms*, 11(8), 1987. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11081987>
- Cinbilgel, I., & Kurt, Y. (2019). Oregano and/or marjoram: Traditional oil production and ethnomedical utilization of *Origanum* species in southern Turkey. *Journal of Herbal Medicine*, 16, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100257>
- Çakmakçı, R., Haliloğlu, K., Türkoğlu, A., Özkan, G., Kutlu, M., Varmazyari, A., & Bocianowski, J. (2023). Effect of different Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on biological soil properties, growth, yield and

- quality of oregano (*Origanum onites* L.). *Agronomy*, 13(10), 2511. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102511>
- Çelik, G., Ferahoğlu, E., & Kırıcı, S. (2025). İzmir kekiği (*Origanum onites* L.)'nde inorganik ve organik gübre uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 35-47. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1458527>
- Demirci, F., Paper, D. H., Franz, G. ve Başer, K. H. C. (2004). Investigation of the *Origanum onites* L. essential oil using the chorioallantoic membrane (CAM) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 251–254. <https://doi.org/10.1021/jf034850k>.
- Doğan, S. Y., Kaya, S., & Solak, E. K. (2024). Green synthesis of silver nanoparticles using *Origanum onites* extract: Effect of temperature and time on antioxidant and antimicrobial activity. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, 5(9), 1214-1228. <https://doi.org/10.37871/jbres2009>
- Doğu, S., & Dinç, M. (2011). Endemik *Origanum saccatum* P.H. Davis (Lamiaceae) üzerine anatomik bir çalışma. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 18(2), 45-55.
- Duman, H. (2000). *Origanum* L. In A. Güner, N. Özhatay, T. Ekim, & K. H. C. Başer (Eds.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 2)* (Vol. 11, pp. 207-208). Edinburgh University Press.
- Erenler, R., Demirtaş, I., Karan, T., Gül, F., Kayır, O., & Karakoc, O. C. (2018). Chemical constituents, quantitative analysis and insecticidal activities of plant extract and essential oil from *Origanum onites* L. *Trends in Phytochemical Research*, 2(2), 91-96.
- Ersoy, E., Ozkan, E. E., Boga, M., Yılmaz, M. A., Mataracı-Kara, E., & Kandemir, A. (2020). In vitro biological activities of *Origanum onites* L. (Turkish oregano) with chemical composition by LC-MS/MS. *International Journal of Basic and Clinical Studies*, 9(1), 40-55.
- Ferahoğlu, E., Çürük, U., Çoğalan, D., Kırıcı, S. ve Çakan, H. (2022). Çukurova koşullarında yetiştirilen *Origanum* türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Biodiversity*, 5(2), 75-85. <https://doi.org/10.38059/biodiversity.1116233>.
- Fidan, H., Stankov, S., Petkova, N., Dincheva, I., Stoyanova, M., Stoyanova, A., Koleva, Y., Cosge Senkal, B., Dogan, H., Uskutoglu, T., & Isik

- Abanoz, E. (2020). Biological potential of *Origanum onites* L. from Turkey. *Oxidation Communications*, 43(3), 477-488.
- Genc, A. (2024). Extraction of *Origanum onites* L. using an industrial-type microwave-assisted distillation (MWAD) system: Increasing energy saving and essential oil yield compared to conventional steam distillation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 43, 100575. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2024.100575>
- Gök, H. N., Zengin, G., Mahomoodally, M. F., Sinan, K. I., Stefanucci, A., Mollica, A., Aktumsek, A., & Custodio, L. (2022). Profiling the annual change of the neurobiological and antioxidant effects of five *Origanum* species: A multivariate approach. *Food Chemistry*, 368, 130775. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130775>
- Göksoy, Ö. E., Akşit, M., & Kırcan, Ş. (2010). Mevsimsel sıcaklık stresinde yetiştirilen broilerlerin rasyonlarına ilave edilen organik asit veya *Origanum onites*'in bazı fiziksel ve mikrobiyolojik et kalitesi özellikleri üzerine olan etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (Suppl-A), 41-46. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.1280>
- Gönüz, A., & Özörgücü, B. (1999). An investigation on the morphology, anatomy and ecology of *Origanum onites* L. *Turkish Journal of Botany*, 23, 19-32.
- Hancıoğlu, N. E., Kurunc, A., Tontul, I., & Topuz, A. (2019). Irrigation water salinity effects on oregano (*Origanum onites* L.) water use, yield and quality parameters. *Scientia Horticulturae*, 247, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.044>
- Hosseini, S. F., Zandi, M., Rezaei, M., & Farahmandghavi, F. (2013). Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: Preparation, characterization and in vitro release study. *Carbohydrate Polymers*, 95, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.031>
- Ietswaart, J. H. (1980). *A taxonomic revision of the genus Origanum (Labiatae)*. Leiden University Press. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-9156-9>
- Inan, M., Kirpik, M., Kaya, D. A., & Kirici, S. (2011). Effect of harvest time on essential oil composition of *Thymbra spicata* L. growing in flora of Adiyaman. *Adv. Environ. Biol*, 5(2), 356-358.

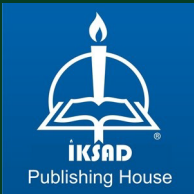
- Kaçar, O., Göksu, E., & Azkan, N. (2006). İzmir Kekiğinde (*Origanum onites* L.) farklı sıklıkların bazı agronomik ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21, 51-60.
- Kahramanoğlu, İ., Panfilova, O., Kesimci, T. G., Bozhüyük, A. U., Gürbüz, R., & Alptekin, H. (2022). Control of postharvest gray mold at strawberry fruits caused by *Botrytis cinerea* and improving fruit storability through *Origanum onites* L. and *Ziziphora clinopodioides* L. volatile essential oils. *Agronomy*, 12(2), 389. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020389>
- Kaplan, M., Yılmaz, M. M., Say, R., Köprü, S., & Karaman, K. (2020). Bioactive properties of hydroalcoholic extract from *Origanum onites* L. as affected by glycerol incorporation. *Saudi journal of biological sciences*, 27(8), 1938–1946. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.014>
- Karık, Ü., Tınmaz, A. B., Kürkçüoğlu, M., Tümen, G. ve Başer, K. H. C. (2007). İstanbul kekiği (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*) populasyonlarında farklı biçim zamanlarının verim ve kaliteye etkileri. *Bahçe*, 36(1-2), 37-48
- Kaskatepe, B., Kiymaci, M. E., Suzuk, S., Erdem, S. A., Cesur, S., & Özkan, S. (2017). Chemical composition and antimicrobial activity of *Origanum onites* L. essential oil against multi-drug resistant *Escherichia coli*. *Acta Biologica Hungarica*, 68(4), 470-478. <https://doi.org/10.1556/018.68.2017.4.11>
- Kıtır Şen, N., & Duran, A. (2023). A new approach on essential oil production of *Origanum onites* L.: Microbial fertilization and microwave extraction. *Heliyon*, 9(9), e20211. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20211>
- Kilinc, D., Ocak, B., & Ozdestan-Ocak, O. (2021). Preparation, characterization and antioxidant properties of gelatin films incorporated with *Origanum onites* L. essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 795-806. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00683-y>
- Kocabas Oguz, I., & Kaplan, M. (2023). Effect of different natural habitats on the variation in essential oil components of *Origanum onites* L. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 36(2), 95-100. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.1162903>
- Korukluoğlu, M., Gürbüz, Ö., Şahan, Y., Yiğit, A., Kaçar, O. ve Rouseff, R. (2009). Chemical characterization and antifungal activity of *Origanum*

- onites* L. essential oils and extracts. *Journal of Food Safety*, 29(1), 144–161. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2008.00124.x>
- López, P., Sánchez, C., Batlle, R., ve Nerín, C. (2007). Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(11), 4348-4356.
- Lukas, B., Samuel, R., Mader, E., Baser, K. H. C., & Novak, J. (2013). Complex evolutionary relationships in *Origanum* section *Majorana* (Lamiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171, 667-686. <https://doi.org/10.1111/boj.12022>
- Ozdemir, N., Ozgen, Y., Kiralan, M., Bayrak, A., Arslan, N., & Ramadan, M. F. (2018). Effect of different drying methods on the essential oil yield, composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. and *Origanum onites* L. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 820-825. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9696-x>
- Ozel, M. Z., & Kaymaz, H. (2004). Superheated water extraction, steam distillation and Soxhlet extraction of essential oils of *Origanum onites*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379(7-8), 1127-1133. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-2671-5>
- Öneç, S. S., ve Açıkgöz, Z. (2005). Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri. *Hayvansal Üretim*, 46(1), 50-55.
- Özcan, M. M., Arslan, D., & Aydar, A. O. (2008). The use of the oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil and hydrosol in green olive fermentation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(3), 601-605. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000300022>
- Özer, Z. (2020). Chemical composition and antioxidant activities of leaf and flower essential oils of *Origanum onites* L. (Lamiaceae) growing in Mount Ida-Turkey. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 7(3), 813-820. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.780334>
- Özer, Z., Çarıkçı, S., Kılıç, T., Dirmenci, T., & Gören, A. C. (2025). Determination of phenolic content and biological activity of aqueous extracts of *Origanum onites* L. from different locations. *Records of Agricultural and Food Chemistry*, 5(1), 86-93. <https://doi.org/10.25135/rfac.33.2505.3547>

- Özkan, A., & Erdoğan, A. (2011). A comparative evaluation of antioxidant and anticancer activity of essential oil from *Origanum onites* (Lamiaceae) and its two major phenolic components. *Turkish Journal of Biology*, 35(6), 735-742. <https://doi.org/10.3906/biy-1011-170>
- Özkan, G., Baydar, H., & Erbaş, S. (2010). The influence of harvest time on essential oil composition, phenolic constituents and antioxidant properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 205-209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3788>
- Soltanbeigi, A., & Özliman, S. (2023). Volatile compounds of *Origanum onites* L. herbal tea influenced by brewing durations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 110, 104681. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104681>
- Sönmez, Ç. (2019). Effect of different harvest times on some yield and essential oil characteristics in *Origanum onites* L. *Turkish Journal of Field Crops*, 24(1), 106-110. <https://doi.org/10.17557/tjfc.571844>
- Stefanaki, A., Cook, C. M., Lanaras, T., & Kokkini, S. (2016). The oregano plants of Chios Island (Greece): Essential oils of *Origanum onites* L. growing wild in different habitats. *Industrial Crops and Products*, 82, 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.086>
- Tasdemir, D., Kaiser, M., Demirci, B., Demirci, F., & Baser, K. H. C. (2019). Antiprotozoal activity of Turkish *Origanum onites* essential oil and its components. *Molecules*, 24(23), 4421. <https://doi.org/10.3390/molecules24234421>
- Taşcıoğlu, T., Sadıkoğlu, N., Doğanlar, S., & Frary, A. (2018). Molecular genetic diversity in the *Origanum* genus: EST-SSR and SRAP marker analyses of the 22 species in eight sections that naturally occur in Turkey. *Industrial Crops and Products*, 123, 746-761. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.027>
- Taşkaya, G. (2010). *Kekik uçucu yağı uygulamasının soğuk koşullarda muhafaza edilen hamsinin kalitesi üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Sinop Üniversitesi.
- Temel, M., & Tokur, S. (2013). Anatomical, morphological and ecological studies on *Origanum onites* and *O. majorana* (Lamiaceae). *Biological Diversity and Conservation*, 6(2), 123-133.

- Tepe, B., Cakir, A., & Sihoglu Tepe, A. (2016). Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacology of *Origanum onites* (L.): A review. *Chemistry & Biodiversity*, 13(5), 504-520. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201500069>
- Tokul, H. E., & Bayram, E. (2022). Effects of different levels of water and nitrogen applications on the yield and quality of oregano (*Origanum onites* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(4), 579-589. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1144428>
- Tonk, F. A., Yüce, S., Bayram, E., Akçali Giachino, R. R., Sönmez, Ç., Telci, İ., & Furan, M. A. (2010). Chemical and genetic variability of selected Turkish oregano (*Origanum onites* L.) clones. *Plant Systematics and Evolution*, 288(3-4), 157-165. <https://doi.org/10.1007/s00606-010-0320-3>
- Uskutoğlu, T. (2025). Effect of harvest on the agronomic, mineral and antioxidant profile of three oregano species (*Origanum onites* L., *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*, and *Origanum acutidens* (Hand.-Mazz.) Ietswaart). *PeerJ*, 13, e20223. <https://doi.org/10.7717/peerj.20223>
- Uysal B. F. ve Çınar, O. (2020). Kültür koşullarında yetiştirilen farklı *Origanum* spp. türlerinin bazı verim ve kalite parametreleri. *Derim*, 37(1), 10-17. <https://doi.org/10.16882/derim.2020.605745>
- Vanti, G., Tomou, E. M., Stojković, D., Ćirić, A., Bilia, A. R., & Skaltsa, H. (2021). Nanovesicles loaded with *Origanum onites* and *Satureja thymbra* essential oils and their activity against food-borne pathogens and spoilage microorganisms. *Molecules*, 26, 2124. <https://doi.org/10.3390/molecules26082124>
- Vokou, D., Kokkini, S., & Bessière, J. M. (1988). *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece: Distribution, volatile oil yield, and composition. *Economic Botany*, 42(3), 407-412. <https://doi.org/10.1007/BF02860166>
- Yaldiz, G., Sekeroglu, N., Özgüven, M., & Kirpik, M. (2005). Seasonal and diurnal variability of essential oil and its components in *Origanum onites* L. grown in the ecological conditions of Çukurova. *Grasas Y Aceites*, 56(4), 254-258. <https://doi.org/10.3989/gya.2005.v56.i4.89>
- Yazıcı, N., Reis, R., Mataracı Kara, E., Kürkçüoğlu, M., Kasap, M., Uysal, S., & Okur, M. E. (2025). Phytochemical profiling and biological activities

of *Origanum onites* L. growing in Balıkesir, Türkiye. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 55(3), 427-434.
<https://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2025.1619681>



ISBN: 978-625-378-631-1