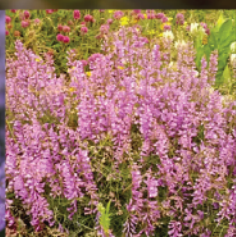


ESANS YAĞLAR

(Üretimi, Gıdada ve Hayvan Beslemede Kullanımı)

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ

İKSAD

Publishing House

ESANS YAĞLAR

(Üretimi, Gıdada ve Hayvan Beslemede Kullanımı)

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK
Prof. Dr. Ahmet TEKELİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON
Prof. Dr. Ahmet TEKELİ
Prof. Dr. Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ
Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK
Prof. Dr. Elvan OCAK
Prof. Dr. E. Sultan GİRAY
Prof. Dr. Fatih SEYİS
Prof. Dr. Figen KIRKPINAR
Prof. Dr. Fikret PAZIR
Prof. Dr. Gültekin YILDIZ
Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU
Prof. Dr. Ladine BAYKAL ÇELİK
Prof. Dr. Mehmet ÇELİK
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK
Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN
Prof. Dr. Saliha KIRICI
Prof. Dr. Semra DEMİR
Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ
Doç.Dr. Ayhan BAŞTÜRK
Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK
Doç. Dr. Gökhan FİLİK
Doç. Dr. Mehmet BOZKURT
Doç. Dr. Uğur SERBESTER
Dr. Öğr. Üyesi Ali Eslem KADAK
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül FİLİK
Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ
Dr. Öğr. Üyesi Hulusi AKÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Özlem DURNA AYDIN
Dr. Engin ÜNAY
Dr. Onur ÖZDİKİCİERLER
Öğr. Gör. Uğur TEMİZ
Arş. Gör. Elif Gülşen KARABACAK
Arş. Gör. Haydar KÜPLEMEZ
Arş. Gör. Lütfi NOHUTÇU
Gıda Yük. Müh. Janan Hossein ZADEH
Zir. Yük. Müh. Muhammed İkbal COŞKUN
YÖK 100/2000 Bursiyeri Ezelhan ŞELEM

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2021 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)
TURKEY 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 – 2021©

ISBN: 978-625-8007-39-8
Cover Design: İbrahim KAYA
October / 2021
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ.....1

BÖLÜM 1

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE AROMATİK BİTKİLERİN ÜRETİMİ VE EKONOMİYE KATKISI

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK

YÖK 100/2000 Bursiyeri Ezelhan ŞELEM

Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK

Arş. Gör. Lütfi NOHUTÇU.....3

BÖLÜM 2

AROMATİK BİTKİLERDEN ESANS YAĞ ELDE ETMEDE KULLANILAN EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Saliha KIRICI

Prof. Dr. E. Sultan GİRAY…….27

BÖLÜM 3

ESANS YAĞLARDA ETKİCİL MADDE BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Sultan GİRAY

Prof. Dr. Saliha KIRICI.....55

BÖLÜM 4

ESANS YAĞLARIN ETKİCİL MADDE ORANLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ

Arş. Gör. Haydar KÜPLEMEZ

Prof. Dr. Fatih SEYİS.....87

BÖLÜM 5

ESANS YAĞ ÜRETİMİNDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN AROMATİK BİTKİLER VE BU BİTKİLERİN KISIMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ

Arş. Gör. Haydar KÜPLEMEZ

Prof. Dr. Fatih SEYİS.....123

BÖLÜM 6

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA BÜYÜME UYARICI OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. Ahmet TEKELİ

Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU.....147

BÖLÜM 7

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA ANTİOKSİDAN OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. Ladine BAYKAL ÇELİK…….....171

BÖLÜM 8

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİ

Doç. Dr. Mehmet BOZKURT

Dr. Öğr. Üyesi Hulusi AKÇAY.....205

BÖLÜM 9

ESANS YAĞLARININ KÜMES HAYVANLARINDA İMMÜNOLOJİK ETKİLERİ

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ

Prof. Dr. Figen KIRKPINAR.....241

BÖLÜM 10

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA YUMURTA KALİTESİ VE KULUÇKA PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Figen KIRKPINAR

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ.....267

BÖLÜM 11

ESANS YAĞLARIN RUMEN FERMANTASYONU VE PROTOZOA SAYISI ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Uğur SERBESTER

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN……...295

BÖLÜM 12

ESANS YAĞLARIN RUMİNANT HAYVANLARINDA UÇUCU YAĞ ASİTLERİ VE METAN ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Engin ÜNAY

Zir. Yük. Müh. Muhammed İkbal COŞKUN.....319

BÖLÜM 13

ESANS YAĞLARIN RUMİNANT HAYVANLARDA PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Özlem DURNA AYDIN.....333

BÖLÜM 14

ESANS YAĞLARIN FONKSİYONEL HAYVANSAL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Öğr. Gör. Uğur TEMİZ

Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK……..379

BÖLÜM 15

ESANS YAĞLARIN GIDA KORUYUCUSU OLARAK KULLANIMI

Arş. Gör. Elif Gülşen KARABACAK

Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON.....405

BÖLÜM 16

ESANS YAĞLARININ GIDA SANAYINDE RENKLENDIRICI MADDE OLARAK KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül FİLİK

Doç. Dr. Gökhan FİLİK.....445

BÖLÜM 17

ESANS YAĞLARININ GIDA SANAYİNDE AROMA VERİCİ OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. Elvan OCAK

Doç. Dr. Ayhan BAŞTÜRK.....467

BÖLÜM 18

UÇUCU YAĞLARIN ENKAPSÜLASYONU

Prof. Dr. Fikret PAZIR

Dr. Onur ÖZDİKİCİERLER

Gıda Yük. Müh. Janan Hossein ZADEH…….....511

BÖLÜM 19

SU ÜRÜNLERİNİN MUHAFAZASINDA ESANS YAĞLARIN KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Ali Eslem KADAK

Prof. Dr. Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ

Prof. Dr. Mehmet ÇELİK …….....543

BÖLÜM 20
ESANS YAĞLARININ BİTKİ KORUMADA KULLANILMASI
Prof. Dr. Semra DEMİR
Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK.....579

ÖN SÖZ

Bilinçsiz kullanılan antibiyotiklerin insanlara, hayvanlara ve doğaya verdiği zararın anlaşılmasından sonra, tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi tüm dünyada artmıştır. Bu nedenle, son yirmi yılın ziraat, veterinerlik ve gıda alanında en dikkat çekici ve en yoğun çalışma konularından belki de birincisi aromatik bitkilerden elde edilen esans yağlar olmuştur. Aromatik bitkilerden elde edilen aromatik-kokulu yağlar, esans yağlar, uçucu yağlar, bitkisel ekstraklar ve esansiyel yağlar gibi farklı bir takım isimlerle de anılmaktadır. Hem bir örnek oluşturması, hem de yanlış kullanımların önüne geçmek için mevcut kitapta esans yağ kavramı tercih edilmiştir. Esans yağ terimi için aynı zamanda esansiyel yağ kavramının kullanılması, yanlış anlaşılmalara neden olmaktadır. Çünkü esansiyel yağ terimi vücutta sentezlenemeyen linoleik, linolenik asit gibi yağ asitlerinin anlaşılmasına neden olacaktır. Bu anlayışla yola çıkarak Türkiye'nin farklı üniversitelerinden farklı bölümlerinden (Tarla, Bitki koruma, Zootekni, Veteriner, Gıda, Kimya, Su Ürünleri) alanlarında uzman olan hocaların bir araya gelmesi sonucunda bu eser ortaya çıkmıştır. Esans yağlar kitabında, tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesinden, analizlerine ve farklı sektörlerde kullanımına dair çok geniş ve kapsamlı doyurucu bilgiler, güncel literatürü içerecek şekilde sunulmuştur. Eserin, akademisyenlerden farklı düzeyde eğitim alan öğrencilere ve esans yağlardan faydalanmak isteyen tüm ilgililere katkı sağlayacağını ümit ediyoruz.

Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK
Prof. Dr. Ahmet TEKELİ

BÖLÜM 1

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE AROMATİK BİTKİLERİN ÜRETİMİ VE EKONOMİYE KATKISI

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK[1]
YÖK 100/2000 Bursiyeri Ezelhan ŞELEM[2]
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK[3]
Arş. Gör. Lütfi NOHUTÇU[4]

[1] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. Orcid: 0000-0002-7995-0599, e-mail: murattuncturk@yyu.edu.tr
[2] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. Orcid: 0000-0003-4227-501, e-mail: ezelhanselem@hotmail.com
[3] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye.Orcid: 0000-0002-3759-8232, e-mail: ruveydetuncturk@yyu.edu.tr
[4] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye. Orcid: 0000-0003-2250-2645, e-mail: lutfinohutcu@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Eukarya (Ökaryotlar) domaininin Hayvanlar (Animalia) âleminden sonraki en gelişmiş bölümü olan Bitkiler (Plantae) âleminde bilimsel olarak 1.064.035 tür tanımlanmıştır. Bu türlerin 642 familyada 17.020 cins ile toplamda 350.699 tür ismine sahip olduğu kabul edilmektedir. Bilimsel olarak isimlendirilen ve günümüzde kabul edilen tür sayısının 350.699 (% 33), sinonim olan tür sayısının 470.624 (% 44.2) ve isimlendirilmemiş tür sayısının 242.712 (% 22.8) olduğu tespit edilmiştir (Anonim a, 2021).

Dünyadaki bitki çeşitliliği göz önüne alındığında Türkiye'nin bitki zenginliği açısından önemli bir konumda olduğu görülmektedir. Dünyada farklı ekolojilere sahip önemli ülkelerden biri olan Türkiye, endemizm ve bitki biyoçeşitiliği açısından zengin olup, 1/3'ünü endemik türlerin oluşturduğu toplamda 12.000'den fazla bitki taksonuna ev sahipliği yapmaktadır (Şenkul ve Kaya, 2017). Avrupa ile kıyaslandığında oldukça zengin bir floraya sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedenleri arasında Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgelerinin kesiştiği, Avrupa ve Asya kıtalarının birleştiği bölgede yer alması, topoğrafyasının kısa mesafelerde değişmesi, toprak ve ana kaya tiplerinin çeşitlilik göstermesi, farklı jeolojik yapısı ve iklim tiplerinin görülmesi gösterilmektedir (Bağçıvan ve Daşkın, 2019).

Ülkemizin coğrafi bölgelere göre bitki çeşitliliği;

- Akdeniz Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 5487 Endemik bitki taksonusayısı 1755
- Doğu Anadolu Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 4760 Endemik bitki taksonu sayısı 1237 - Karadeniz Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 4571 Endemik bitki taksonu sayısı 856
- Marmara Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 3519 Endemik bitki taksonu sayısı 308
- İç Anadolu Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 3488 Endemik bitki taksonu sayısı 1030
- Ege Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 3369 Endemik bitki taksonu sayısı 591
- Güneydoğu Anadolu Bölgesi; Toplam bitki taksonu sayısı 1891 Endemik bitki taksonu sayısı 239'dur (Anonim b, 2021).

Dünya genelinde 10.000 civarı bitki türünün gıda olarak tüketildiği, 72.000 türün tıbbi değer taşıdığı düşünülmektedir. Bunlardan sadece 5.000 türün dünyada ticareti yapılmakta ve bunların yaklaşık %99'u doğadan toplanmaktadır. Türkiye'deki tıbbi ve aromatik özelliğinden kaynaklı kullanılan bitki türü florada tanımlanmış türlerin yaklaşık % 5'ini oluşturmaktadır(Baydar, 2013; Nohutçu ve ark., 2019).

2. Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları

Geçmişten günümüze kadar insanlar, beslenme, barınma, ısınma, yaralarını iyileştirmek ve hastalıklarını tedavi etmek için bitkilerden faydalanmışlardır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Tıbbi ve aromatik bitkiler

günümüzde; gıda, tekstil, kozmetik, ilaç, peyzaj, boya ve tarım gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı da değişiklik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde insanların % 80'i bitkisel ürünlerle tedavi olmaktadırlar. Orta Doğu, Asya ve Afrika'daki bazı ülkelerde bu oran % 95' e kadar çıkmaktayken; gelişmiş ülkelerde ise bu oran daha da az olmaktadır (Acıbuca ve Budak, 2018). Bitkinin gövdesi, yaprağı, çiçeği, tohumu, yumrusu, kabuğu bütün organları yaş veya kuru olarak farklı amaçlarla ve farklı yöntemlerle kullanılmaktadır. Geleneksel kullanımının yanı sıra teknolojinin gelişmesi ile bu bitkilerin kullanım alanları artmış ve çeşitli sanayi kollarında kullanılmaya başlanmıştır (Göktaş ve Gıdık, 2019).

Tıbbi özellikteki bitkilerin yaygın olarak alternatif tıp veya fitoterapi adı verilen alanlarda tedavi amaçlı kullanıldığı bilinmektedir. Tedavi amacıyla değerlendirilen bitkiler çaylar, galenik preparatlar ve ilaçlarda kullanılmaktadır. Tek başına veya birkaç droğun hazırlanmasıyla elde edilen çayların antioksidan, antiaging, antikanserojen, antiaterojenik, antienflamatuvar, antimikrobiyal ve kalp koruyucu etkilerinden kaynaklı tüketildiği bilinmektedir. Ahududu, kekik adaçayı, fesleğen, anason, , dağ çayı, melisa, elma, , ıhlamur, tarhun, ısırgan, ekinezya, biberiye, kuşburnu, sinameki, nane, papatya ve rezene yaygın olarak kullanılan bitki çaylarıdır(Toker ve ark., 2015). Bitkisel ilaç olarak kullanımında bitki suyu, ekstre, lapa, merhem, esansiyel yağ ve tentür şeklinde hazırlanarak dahili ve harici kullanılmaktadır(Aytaç ve Yiğen, 2016).

Gıda olarak tüketiminde ise baharatların ön plana çıktığı görülmektedir. Kimyon, haşhaş, safran, anason, çörek otu, kekik, kırmızıbiber, nane, rezene, fesleğen, kişniş gibi bitkilerin yaygın olarak tüketildiği görülmektedir. Tıbbi özellikteki bitkiler içerdiği lif, vitamin, yağ asidi, protein ve amino asitlerden kaynaklı gıda takviyesi olarak kapsül, toz paket, sıvı ampül, pastil şeklinde hazırlanarak tüketime sunulmasıdır. Bu türlerin aynı zamanda tatlandırıcı, koruyucu, renk verici, antimikrobiyal, antifungal, antioksidan gibi özelliklerinden kaynaklı katkı maddesi olarak da kullanıldığı bilinmektedir(Toker ve ark., 2015; Göktaş ve Gıdık, 2019).

Teknolojinin gelişmesiyle tıbbi ve aromatik bitkiler parfümeri ve kozmetik sanayisinde de önemli bir materyal haline gelmiştir. Petrol türevlerinin yaygın olarak kullanıldığı bu sektörlerde insanların doğal olana yönelmesi ile tıbbi ve aromatik bitkilere bir talep oluşmuştur. Aynısefa (*Calendula officinalis*), Kuşotu (*Stellaria media*), Papatya (*Matricaria recutita- Anthemis nobilis*), Karakafesotu (*Symphytum officinale*) ve Hayıt (*Vitex agnus-castus*) gibi bitkilerin farklı aksamları nemlendirici, yenileyici, onarıcı ve yatıştırıcı gibi özelliğinden kaynaklı, leke karşıtı kremler, diş macunu, yüz ve saç bakım ürünlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Göktaş ve Gıdık, 2019).

Son dönemlerde alternatif enerji kaynaklarına bir yönelimin olduğu ve çevre dostu biyoyakıtların ön plana çıktığı görülmektedir. Yüksek enerjili bazı tıbbi ve aromatik bitkilerinde bu alanda değerlendirilebileceğine yönelik çalışmalar yapılmış olup hintyağı, kolza, ayçiçeği, ketencik ve jojoba bitkisinin kullanılabileceği

belirtilmiştir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011; Aytaç ve Yiğen, 2016; Göktaş ve Gıdık, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin belirtilen anların dışında pestisit, peyzaj ve süs bitkisi olarak da değerlendirildiğine yönelik çok sayıda çalışmanın yapıldığı belirlenmiştir (Biz, 2019; Kösa ve Güral, 2019; Selem ve ark., 2020).

3. Dünyada Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti

Son yıllarda dünya genelinde tıbbi ve aromatik bitkiler ve ürünlerine olan ilginin arttığı yapılan istatistiklerde açıkça görülmektedir. Dünya genelinde yıllık ortalama 100 milyar dolarlık tıbbi ve aromatik bitki ticareti yapıldığı tahmin edilmekte olup bu bitkiler ile ilgili yapılan araştırmalarda en önemli sorunun üretim ve ticaret rakamlarına tam olarak ulaşılamaması olduğu görülmüştür (Acıbuca ve Budak, 2018). Tarımsal alanlarda üretimi yapılan türlerin kayıt altına alınmasının yanı sıra doğadan yapılan toplayıcılığın resmi rakamlarla tam olarak ortaya konmadığı görülmektedir.

Uluslararası Dünya Doğa Koruma Birliği (IUCN)'ne göre tıbbi bitkilerin günümüzde Asya ve Afrika gibi yoğun kullanıldığı bölgelerde birtakım türler yok olma tehlikesi altındadır. IUCN'nin verilerine göre dünyada 15.000 tıbbi bitki türünün nesli; plansız toplama, şehirleşme, yabancı ot mücadelesi vb. birçok sebeple farklı derecelerde tehlike altındadır. Bu nedenle artan taleplerinin karşılanması için hızla tıbbi ve aromatik bitki tarımının yapılması, biyoçeşitliliğin korunmasında ve kaçakçılığın önlenmesinde hayati

önem taşımaktadır. Dünyada tıbbi bitki ticareti yapan ülkelerde kültüre alma çalışmaları uzun yıllardır devam etmektedir. Bu kapsamda farklı ülkelerde birçok farklı türde tarla tarımına geçilerek tıbbi bitkilerin üretimi yapılmaktadır (Lange, 2006; Anonim b, 2021).

Dünyada muhtelif sayıda tıbbi ve aromatik bitkinin yaklaşık 36 milyon hektar alanda tarımı yapılmakta, üretim miktarı yönünden kahve, kakao, çay, kırmızı biber ilk sıralarda yer almaktadır (Temel ve ark. 2018).

Aşağıda yer alan Tablo 1'de tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatçısı ülkeler ve yıllara göre üretim değerleri verilmiştir. Dünya genelinde tıbbi bitkilerin en çok kullanıldığı ülkeler olan Çin ve Hindistan aynı zamanda en çok yetiştiricilik yapan ülkelerdir. Önemli tıbbi ve aromatik bitki ihracatçısı olan ülkelerin başında sırasıyla Hindistan, Çin, Madagaskar, Vietnam Endonezya, Almanya ve Hollanda gelmektedir. Dünya genelinde 20 ülkenin Tıbbi ve aromatik bitki ihracatında % 81'lik payı karşıladığı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dünyada tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatçısı ülkeler (1 000 $).

Yıllar Ülke	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Pay
Hindistan	1.503.200	1.813.265	1.938.314	2.025.527	2.206.080	2.156.099	%16
Çin	1.978.991	2.223.211	1.963.235	1.975.781	2.048.233	2.092.479	%16
Madagaskar	138.572	251.967	390.860	581.031	950.960	1.027.951	%8
Vietnam	1.002.019	1.344.313	1.399.571	1.579.208	1.197.322	862.274	%6
Endonezya	639.521	689.934	894.747	795.666	691.159	665.956	%5
Almanya	460.619	491.789	497.553	528.348	593.702	559.120	%4
Hollanda	401.137	452.374		478.348	489.374	492.324	%4
İspanya	297.205	331.866	326.459	380.166	399.605	404.853	%3
ABD	310.802	324.495	298.570	314.046	331.768	345.528	%3
Srikanka	339.466	246.671	348.613	277.038	367.874	328.271	%2
Fransa	200.339	208.973	205.382	221.869	246.637	268.788	%2
Brezilya	265.577	378.502	387.239	299.434	327.245	254.582	%2
Kanada	218.967	295.322	281.734	252.059	250.069	215.597	%2
Singapur	294.615	415.702	318.517	223.390	222.907	184.942	%1
Türkiye	142.469	153.316	147.244	174.358	159.946	175.773	%1
Meksika	127.297	130.411	142.782	143.822	147.982	168.602	%1
Peru	131.685	142.702	142.570	139.786	157.755	153.930	%1
İran	233.907	270.470	195.945	311.886	350.797	148.965	%1
Polonya	107.367	125.258	115.156	110.466	127.503	144.936	%1
Mısır	123.613	147.737	134.222	139.915	138.479	143.146	%1
İlk 20 Ülke	**8.917.368**	**10.435.278**	**10.531.872**	**10.951.967**	**11.405.397**	**10.794.116**	**%81**
Genel Toplam	**11.660.363**	**13.296.866**	**13.385.988**	**13.704.325**	**14.513.941**	**14.513.941**	

Kaynak: Ticaret Bakanlığı

Dünyadaki tıbbi ve aromatik bitkiler ithalatçısı ülkelere bakıldığında ise ABD'nin %17'lik bir pay ile ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Almanya, Vietnam, Hindistan, Japonya, Fransa ve Hollanda'nında önemli ithalatçı ülkelerden olduğu Tablo 2'de gösterilmektedir. Önemli ithalatçı ülkereden olan ve Tablo 2'de belirtilen ülkelerin 20 tanesi dünyadaki ithalatın % 73'ünü oluşturduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Dünyada tıbbi ve aromatik bitkiler ithalatçısı ülkeler (1 000 $).

Yıllar Ülke	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Pay
ABD	1.619.130	1.785.472	2.059.846	2.114.437	2.264.570	2.269.562	%17
Almanya	797.498	853.759	866.313	954.466	974.833	980.497	%7
Vietnam	143.729	123.197	265.544	158.925	130.410	708.873	%5
Hindistan	328.877	544.531	639.371	666.473	686.552	676.261	%5
Japonya	580.193	667.196	618.405	650.783	610.172	605.311	%4
Fransa	335.115	371.067	383.609	471.430	586.777	583.294	%4
Hollanda	393.586	465.091	417.054	433.988	472.049	490.688	%4
Hong Kong	418.433	402.104	453.125	410.547	351.902	435.407	%3
İngiltere	393.334	436.684	430.003	402.260	419.313	428.616	%3
Kanada	253.758	287.511	287.478	288.535	306.219	330.552	%2
İspanya	294.333	267.629	299.475	313.284	339.175	309.361	%2
Malezya	300.531	374.302	313.684	321.375	284.669	291.883	%2
Çin	250.517	277.482	201.515	166.031	163.463	277.988	%2
Singapur	430.660	516.964	437.042	325.322	311.938	275.495	%2
Meksika	186.073	215.303	238.648	252.874	259.866	260.567	%2
Tayland	95.509	110.348	142.664	221.611	242.602	240.477	%2
Endonezya	73.106	107.184	83.190	161.762	203.957	218.029	%2
Birleşik Arap Emirlikleri	329.670	436.836	439.625	311.701	358.790	205.996	%2
Tayvan	140.834	164.970	179.311	180.775	178.962	196.300	%1
İtalya	181.002	192.779	190.205	214.924	213.944	192.569	%1
İlk 20 ülke toplamı	**7.545.888**	**8.600.409**	**8.946.107**	**9.021.503**	**9.360.163**	**9.997.726**	%73
Genel Toplam	**10.772.931**	**12.236.855**	**12.753.125**	**13.011.807**	**13.645.944**	**13.717.331**	

Kaynak: Ticaret Bakanlığı

FAO istatistiki verileri çerçevesinde; dünyada TAB üretim miktarları incelendiğinde bu bitkiler ve ürünlerindeki toplam ihracat-ithalat değerlerinin yıllara göre sürekli artan bir ivme kazandığı belirlenmiştir. Gelecekte de bu bitkilere ve ürünlere olan talebin artacağı beklenmektedir.

4. Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti

Türkiye'de ekonomik öneme sahip ve ticareti yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin sayısı yapılan araştırmalara göre son yıllarda yaklaşık 500 türün tıbbi, gıda, kozmetik vb. amaçlara yönelik kullanılıp ticaretinin yapıldığı tahmin edilmektedir. Türkiye'de

kullanılan ve ekonomik öneme sahip 500 bitki türünden yaklaşık 200 bitki türünün ihracat potansiyelinin olduğu bilinmektedir. Ülkemizde kullanılan ve ticareti yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin tür sayısı olarak çoğu (yaklaşık % 90) doğadan toplanarak geri kalan türlerin yaklaşık olarak 20 tanesinin 1,3 milyon dekarlık alanda tarımı yapılmaktadır. Türkiye'de toplam üretilen tıbbi ve aromatik bitkiler üretim miktarının ise % 50'sinin tarımı yapılarak (kültür) sektörde değerlendirildiği yapılan sektör analizlerinden çıkarılmaktadır (Anonim b, 2021; Temel ve ark. 2018).

Şekil 1. Van YYU Tıbbi ve aromatik bitkiler bahçesinde yetiştirilen lavantalar(Tunçtürk, 2021).

Şekil 2. Van YYU Tıbbi ve aromatik bitkiler bahçesinde yetiştirilen geofitler (Tunçtürk, 2021).

Şekil 3. Van YYU Tıbbi ve aromatik bitkiler bahçesinde yetiştirilen otlu peynir yapımında kullanılan bazı türler (Tunçtürk, 2021).

Tıbbi bitkilerde etken maddenin bulunduğu kısım drog olarak adlandırılmakta ve bitkilerin kök, kök-sap, yumru, gövde veya odunsu yapı, kabuk, yaprak, çiçek, meyve veya tohumlarında bulunmaktadır.

Türkiye'de bitkilerin yararlanılan kısımlarına bakıldığında; 202'sinin kök, 180'inin yumru, 8'inin kabuk, 702'sinin gövde, 911'inin yaprak, 429'unun çiçek, 344'ünün meyve, 177'sinin tohum, 10'unun reçine, 39'unun bal özü ve 10'unun sabit yağının kullanıldığı görülmektedir. Köklerin sebze olarak kullanıldığı, yumruların ise bazı bitkilerde kurutularak, bazılarında ise çiğ olarak tüketildiği belirlenmiştir (Urhan ve ark., 2016).

Ülkemizde tıbbi ve aromatik bitkilerin kültüre alınması, üretiminin yaygınlaştırılması, sürdürülebilir verimli ve kaliteli üretimi için tohumluk ıslahı, üretimi, tescil ve sertifkasyonu, tedariki gibi konular stratejik öneme sahiptir. Sürdürülebilir ve kaliteli tıbbi ve aromatik bitkilerin kültüre alınmaları için doğal floradaki bitki genetik kaynakları stratejik öneme sahip olup tohumluğun başlangıç üretim materyalini oluşturmaktadır. 2015 yılından itibaren, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından tıbbi ve aromatik bitki üretimlerinin desteklenmeye başlanması, bu ürünlerde çeşit geliştirme ve tohumluk üretimini daha da önemli hale getirmiştir. Geliştirilen çeşitlerin sertifikalı çoğaltımları bu materyallerin tohumluk teminlerinde (tohum, fide, yumru, soğan, rizom, stolon vb.) büyük önem taşımaktadır. Tıbbi bitkilerde kültüre alma, ıslah ve çeşit geliştirme çalışmaları ülkemizde özellikle son 10 yıl içerisinde ivme kazanmış olup, tıbbi ve aromatik bitkilere olan yoğun ilgi ve talep ile birlikte hem ıslah çalışmaları hem de tescil ettirilen çeşit sayısında dikkate değer artışlar söz konusu olmuştur. Kamu kurumları, üniversiteler ve özel sektör tarafından 58 çeşit tescil ettirilmiş olup halen tescili devam

eden çeşit adayı sayısı 14'tür. Tescil edilmiş çeşitlere ait liste Tablo 3'de gösterilmiştir (Anonim b, 2021).

Tablo 3. Türkiye'de bazı kurumlar tarafından tescil ettirilmiş tıbbi bitkiler listesi (2002-2019).

Ürünler	Tagem	Kamu Sektörü (Diğer)	Özel Sektör	Üniversite	Toplam
Haşhaş	5	7	-	-	**12**
Şerbetçiotu	-	-	7	-	**7**
Fesleğen	-	-	7	-	**7**
Kekik	3	-	1	2	**6**
Çemen	1	-	-	2	**3**
Kişniş	-	-	-	2	**2**
Kimyon	2	-	-	-	**2**
Safran	1	-	-	-	**1**
Tıbbi Adaçayı	1	-	-	2	**3**
Dağ Çayı	1	-	-	-	**1**
Anadolu Adaçayı	1	-	-	-	**1**
Çörekotu	1	-	-	-	**1**
Karabuğday	2	-	-	-	**2**
Kinoa	-	-	5	-	**5**
Düğün Çiçeği					
Oğul Otu	1	-	-	-	**1**
Ekinezya	1	-	-	-	**1**
Şekerotu	-	-	2	-	**2**
Şevketibostan	1	-	-	-	**1**
Toplam	**21**	**7**	**22**	**8**	**58**

Türkiye, coğrafik konumu nedeniyle büyük genetik çeşitlilik ve endemizme sahiptir. Türkiye, dünyanın en önemli tıbbi ve aromatik bitki ticaretini yapan ülkelerinden biridir fakat Türkiye'deki tıbbi ve aromatik bitkilerin yüksek ihracat potansiyeline rağmen, istenen seviyeye henüz ulaşılamamıştır (Bayraktar ve ark., 2017).

Ülkemizde üretimi yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerin listesi Tablo 4'de verilmiştir. Toplam üretim miktarı ve ekiliş alanı göz önüne alındığında yıllar içerisinde bir artışın olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Ülkemizde üretimi yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler.

Tür	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)	Alan (ha)	Üretim (Ton)
Anason	10.850	9.309	13.811	9.050	13.665	9.491	12.183	8.418	12.445	8 664	23.917	17 589	5.531	10 716
Kekik	9.295	11.752	10.486	12.992	12.112	14.724	12.147	14.477	13.906	15 895	15.707	17 965	18.471	23 866
Gül	2.835	10.258	2.824	9.483	2.975	12.267	3.327	13.372	3420	14 773	3845	16 560	4132	18 202
Rezene	1.584	2.289	1.551	161	1.750	2.464	1.652	2.022	2.340	3 067	3.385	4 655	2.220	4 365
Lavanta	218	297	321	400	500	747	660	845	868	1 040	1190	1 462	2218	3 499
Melisa	50	238	51	242	21	108	20	106	172	84	209	93	284	150
Çörekotu	171	140	468	425	2.316	2.527	3.256	3.094	3.386	3 322	3.708	3 603	3.377	3 412
Adaçayı	13	9	53	80	368	411	412	557	395	428	560	1 233	665	1 271
Nane	700	3.750	750	4.000	800	4.250	820	4.500	10.134	14 511	12.650	16 011	13.110	23 471
Haşhaş	26.621	16.223	61.591	30.730	29.921	16.550	23.731	13.836	45.122	26.991	67.736	27.288	46.125	20.542
rbetçi otu	353	1.832	350	1.869	341	1.846	330	1.785	330	1.785	330	1.800	331	1.908
Isırgan otu	3	0,42	0	0	5	1	5	1	5	1	0	0	1	0.1
Kapari	15	-	15	-	3	-	-	-	20	2	25	3	32	3
Kişniş	1	1	15	11	50	42	41	29	40	29	15	12	245	188
Kimyon	22.442	15.570	27.024	16.897	26.884	18.586	26.735	19.175	36.176	24.195	32.188	20.245	21.213	13.926
Çemen	1.979	17.716	4.825	18.530	8.234	19.521	14.499	18.410	71.88	17.437	6.040	16.893	6.521	18.648
Toplam	77.130	89.384	97.111	104.870	99.604	101.689	99.818	100.627	135.947	132.224	171.505	145.412	134.476	144.167

Kaynak:. Tüik, 2021.

İhraç edilen farklı ürün gruplarındaki tıbbi ve aromatik bitkilerin miktarı 2014'den 2018'e kadar 48 tondan 57.5 tona yükselmiştir. İhracatta kekik % 32'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Türkiye, dünya kekik ticaretinin yaklaşık % 70–80'ini elinde bulundurmaktadır. Ülkemiz 56,7 milyon dolar kekik ve 40,2 milyon dolar defne yaprağı ihracatı ile bu ürünlerin ihracatında dünyada 1. sıradadır

Tablo 5. Ülkemizde ihracatı yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler.

	2014		2015		2016		2017	
İSİM	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**
Kekik	15.566.411	59.983.406	15.191.80	55.839.513	17.123.407	60.653.996	17.856.797	57.293.731
Defne	12.255.915	35.762.159	12.723.657	35.831.347	14.073.387	40.100.766	12.708.650	36.058.749
Kimyon	6.011.182	15.398.651	3.764.989	11.134.100	8.299.934	22.915.533	4.846.812	15.518.659
An/Rez	3.808.886	14.186.420	3.250.740	11.589.069	3.609.843	12.629.396	1.967.096	7.284.542
B. K.	396.171	2.454.205	697.319	3.423.573	1.396.785	4.904.734	2.800.308	7.907.454
Biberler (kuru, işlenmiş)	1.465.718	5.775.759	1.552.975	5.439.830	2.010.964	6.312.788	2.228.037	7.539.141
Ada Çayı	1.692.682	6.807.728	2.070.163	8.064.556	2.071.012	7.651.095	1.907.454	7.057.417
Sumak	1.538.564	3.570.603	1.743.159	4.199.172	1.737.669	4.575.833	1.942.456	4.545.258
Bit. Çaylar					1.254.214	4.104.793	1.809.226	3.326.530
Meyan	1.329.258	2.321.804	919.531	1.522.501	290.699	789.773	897.421	2.721.601
Nane	205.356	1.045.155	360.585	1.314.201	374.293	1.360.420	635.867	1.864.665
Ihlamur	77.441	861.797	61.594	666.299	32.625	462.421	51.193	728.233
Biberiye					638.294	1.945.005	591.646	1.752.895
Karabiberler	150.099	1.679.071	177.59	1.871.019	152.453	1.574.329	186.785	1.558.146
Genel Toplam	45.194.515	153.315.640	28.143.925	147.244.126	53.786.017	174.357.550	51.518.337	159.945.727

Kaynak: Ticaret Bakanlığı

Türkiye'den yaklaşık 100'e yakın ülkeye tıbbi ve aromatik ham bitki ve işlenmiş yarı ve tam mamül ürünlerin ihracatı gerçekleştirilmektedir. İhracat yapılan ülkelerin başında Japonya, ABD, AB, Latin Amerika, Uzak Doğu, Kuzey Afrika Ülkeleri gelmektedir. Bu ülkelerden ABD, Kanada, Vietnam, Almanya, Hollanda, Brezilya, İtalya, Belçika, Fransa, İspanya ve Polonya listenin başında yer almaktadır. Tablo 6'da belirtilen 20 ülke toplam ihracatın % 84'ünü karşılamaktadır.

Tablo 6. Ülkelere göre tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatımız (1 000 $)

Yıllar							
Ülke	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**Pay**
Ege Serbest Bölgesi	31.532.730	33.251.221	34.060.288	38.519.853	32.576.617	34.324.625	%20
Almanya	13.421.321	16.916.717	14.756.103	18.120.500	19.511.993	22.661.441	%13
ABD	25.228.519	25.355.341	22.096.371	27.723.491	24.053.531	22.076.276	%13
Vietnam	12.105.558	14.356.265	15.489.132	20.163.257	14.379.234	18.093.476	%10
Bangladeş	4.906.524	4.956.881	2.875.167	7.310.343	2.960.027	7.097.680	%4
Fransa	1.957.431	2.010.057	2.328.809	4.803.948	5.426.067	5.617.129	%3
Hollanda	4.237.227	4.220.326	4.804.017	5.284.538	4.652.981	5.228.639	%3
İngiltere	1.406.966	1.820.734	2.312.957	2.899.599	3.315.916	3.622.490	%2
Polonya	3.999.711	4.691.435	4.173.220	4.007.732	3.461.318	3.580.176	%2
Suriye	190.383	529.928	588.073	1.404.057	2.445.556	3.108.966	%2
İspanya	2.436.049	1.674.997	1.693.236	2.097.553	2.330.716	2.750.199	%2
Brezilya	2.408.390	2.969.718	2.862.597	2.527.873	3.329.730	2.645.329	%2
Japonya	2.647.966	2.618.382	2.786.838	2.645.456	2.992.313	2.589.497	%1
Suudi Arabistan	920.204	707.797	1.685.803	913.771	1.115.812	2.437.097	%1
Kanada	1.642.450	2.099.663	1.770.349	2.417.786	2.116.255	2.275.109	%1
Avusturya	1.510.171	1.684.147	1.218.086	1.731.041	1.643.993	1.961.587	%1
İtalya	1.680.290	1.664.626	1.373.316	1.524.507	1.555.810	1.854.972	%1
İsrail	1.524.613	1.333.794	1.644.199	1.224.950	1.529.481	1.774.748	%1
Irak	1.037.801	836.759	1.131.370	1.711.333	1.667.259	1.749.026	%1
B.A.E	1.343.181	1.220.111	1.324.738	1.554.709	1.959.094	1.733.668	%1
İlk 20 Ülke Toplamı	**116.137.485**	**124.918.899**	**120.974.669**	**148.586.297**	**133.023.703**	**147.182.130**	%84
Genel Toplam	**142.469.008**	**153.315.640**	**147.244.126**	**174.357.550**	**159.945.727**	**175.772.644**	

(Ticaret Bakanlığı, 2021)

Türkiye'de ithal edilen farklı ürün gruplarındaki tıbbi ve aromatik bitkilerin miktarı 2014 yılında 19.895.557 kg iken, 2018 yılında 48.598.376 kg'a ulaşmıştır . Türkiye'den en fazla ihraç edilen tıbbi ve aromatik bitkiler karabiber, defne yaprağı, anason, kimyon, zencefil ve kekiktir.

Tablo 7. Ülkemizde ithalatı yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler.

	2014		2015		2016		2017		2018		
İSİM	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Miktar (kg)**	**Değer ($)**	**Pay**
Karabiber	3.286.566	5.220.014	3.127.215	5.657.906	4.186.124	7.830.681	6.287.699	15.087.262	3.678.628	7.312.482	9,7%
An/Rez	1.344.901	3.971.533	1.040.566	2.594.201	1.889.384	4.258.047	2.273.063	4.763.020	3.612.533	6.589.114	8,7%
Kekik	1.360.191	3.654.247	1.348.315	3.875.277	1.658.817	4.751.230	1.540.790	4.002.011	1.793.860	4.755.858	6,3%
Bit. Çaylar	0	0	0	0	1.268.283	3.164.906	2.030.718	5.210.273	1.772.758	4.727.081	6,2%
Biberler	1.414.216	3.177.498	1.784.421	4.296.027	1.849.747	3.908.508	9.350.402	16.698.029	2.360.769	3.835.893	5,1%
Zencefil	1.743.748	1.765.524	1.950.618	1.801.487	2.711.836	2.345.829	2.932.659	3.236.646	2.990.512	3.295.411	4,4%
Kimyon	736.443	2.031.505	1.791.364	4.438.898	2.061.664	5.526.942	2.294.735	6.088.810	1.003.631	3.290.609	4,3%
Çörekotu	2.932.987	2.766.173	2.898.392	3.017.157	3.466.469	3.656.661	5.500.803	5.558.042	2.429.310	2.511.634	3,3%
Meyan	267.110	198.087	36.483	46.842	415.415	501.534	915.175	1.539.684	1.102.153	1.985.376	2,6%
Tarçın	2.020.639	1.731.602	1.219.354	1.265.020	1.781.427	2.082.872	2.280.816	3.396.495	1.153.774	1.900.997	2,5%
Ada Çayı	993.219	2.865.054	838.294	1.927.055	1.446.138	3.008.811	942.410	1.823.828	743.980	1.620.684	2,1%
Defne	1.140.492	1.769.828	2.302.200	3.455.169	1.678.652	1.871.912	1.330.028	1.795.342	989.611	1.523.208	2,0%
Zerdeçal	498.616	422.503	506.542	607.976	703.808	761.849	782.959	938.318	979.376	1.096.073	1,4%
Kakule	23.168	128.478	153.220	569.863	197.471	745.463	232.636	1.055.907	204.675	871.164	1,2%
Yenibahar	283.137	471.241	433.892	744.238	514.920	970.798	416.360	891.161	479.600	860.167	1,1%
Biberiye					312.879	462.073	590.456	788.589	619.752	839.080	1,1%
Karanfil	371.783	571.265	305.519	593.680	175.913	352.552	269.260	725.567	279.113	482.837	0,6%
Genel Toplam	**19.895.557**	**32.576.614**	**20.837.247**	**36.579.624**	**28.973.327**	**48.816.115**	**42.514.442**	**75.708.004**	**27.671.877**	**48.598.376**	

Ülkemizde 2001-2018 yılları arasındaki genel ihracatın 5.4 kat artış gösterdiği ve burada tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatının da yıllar içerisinde 3 katı artış gösterdiği belirlenmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin 2001 yılındaki ihracat miktarı 57.8 milyon dollar iken 2018 yılında 175.7 milyon dolara yükseldiği tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 8. Üretim ve dış ticaretin genel karşılaştırması

	2001	2005	2009	2013	2016	2018	Artış Katı
Ülkemiz Genel İhracatı (milyar dolar)	31.3	73.5	102.1	151.8	142.5	167.9	5.4
Ülkemiz Tıbbi ve Aromatik Bitkiler İhracatı (milyon dolar)	57.8	65.3	99.7	142.5	174.4	175.7	3.0
Dünya Genel Tıbbi ve Aromatik Bitkiler İhracatı (milyar dolar)	3.7	4.3	6.8	10.8	13.0	13.7	3.7

Son yıllarda ülkemize yurt dışından yukarda belirtilen ham tıbbi ve aromatik bitkilerin ticaretinin dışında, tıbbi ve aromatik bitkilerden üretilmiş bitkisel ekstreler, uçucu yağlar, sabit yağlar, reçineler, bitki öz suları vb. nitelikli hammddelerin ithalatında artışlar söz konusudur. Aynı zamanda yurt dışından büyük hacimli ithal edilen hammaddelerin yanında küçük hacimli fakat pahada ağır nihai (bitmiş) ürün olarak aromaterapi ve fitoterapide kullanılan bitkisel ilaçlar, tıbbi çaylar, uçucu ve sabit yağlar, kozmetik ürünleri, baharatlar, fonksiyonel gıda vb.ürünlerin ithalatları yapılmaktadır. Sektör analizleri yapıldığında ülkemizden üretilip yurt dışına satılan bitkisel hammaddelerin bir kısmının işlenip katma değeri yüksek şekilde ülkemize geri satıldığı dikkat çekmektedir. Oysa Türkiye

endüstriyel alt yapılarında ve transfer edilebilecek bazı teknolojilerle ithal edilen ürünlerin tamamına yakınını kendi kaynakları ve alt yapılarında üretebicek potansiyele sahip ülkelerden birisidir (Anonim b, 2021).

Ülkemizde üretimi yapılan ve ihracatta önemli bir potansiye sahip olan tıbbi ve aromatik bitkilerin başında kekik, anason, gül, rezene, lavanta, melisa, çörekotu, adaçayı, nane, haşhaş, şerbetçi otu, ısırgan otu, kapari, kişniş, kimyon ve çemen gelmektedir. Bu türlerin 2014-2020 yılları arasındaki üretim miktarı ve ekiliş alanına bakıldığında çoğunun üretim ve ekiliş alanlarında dalgalanmalar olmasına karşın kekik, gül, lavanta ve adaçayında yıllara göre sürekli bir artışın olduğu görülmüştür. Toplam ekiliş alanları 2014 yılında 77.130 ha iken bu sayı 2020 yılında 134.167 ha alana yükselmiştir. Toplam üretim miktarına bakıldığında ise 2014 yılında toplam 89.384 ton olan üretim miktarı 2020 yılında 144.167 tona yükselmiştir. Ülkemizdeki tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliği göz önüne alındığında üretimin sadece belirli türlerle sınırlı kaldığı görülmektedir. İthalatta önemli bir konuma gelmek için üretimi yapılan bitkilerin üretim miktarı ve ekim alanlarının artırılması ve yaşanan dalgalanmaların önüne geçilmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Dünya pazarlarında tıbbi ve aromatik bitkilere olan talep her geçen gün artış göstermektedir. Dünya genelinde yapılan tıbbi ve aromatik bitkiler ihracatı 2001 yılında 3.7 milyar dolar iken 2018 yılında 13.7 milyar dolara yükselerek toplamda 3.7 kat artış göstermiştir. Tıbbi

bitki ihracatı yapan 110 ülke arasında Türkiye 2009 yılında 18. sırada iken 2018 yılında % 1'lik bir pay ile 15. sıraya yükselmiştir. Türkiye, Doğu ve Güney Doğu Avrupa ülkeleri arasında ise ihracatta 5. sırada iken, ithalatta 8. sırada yer almıştır.

Türkiye gelişmiş ülkelerin bitkisel ilaç, bitki kimyasalları, gıda ve katkı maddeleri, kozmetik ve parfümeri sanayilerinin girdisini oluşturan pek çok bitkisel ürünü florasında barındırmaktadır. Bu tıbbi ve aromatik bitkiler çoğunlukla Ege, Marmara, Akdeniz, Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinden toplanmaktadır. Türkiye'nin ihracatında önemli olan 32 bitkinin ihracat değeri, 2013 yılında 153 milyon dolar olarak gerçekleşmişken, 2018 yılında 175 milyon dolar seviyesine yükselmiştir. İthal edilen 31 tıbbi ve aromatik bitki 2013 yılında 32 milyon dolar iken 2018 yılında 48 milyon dolara yükselmiştir.

Türkiye'nin zengin florası ve iklim özellikleri göz önüne alındığında tıbbi ve aromatik bitki üretiminin beklenen oranlarda olmadığı görülmektedir.

Ticareti yapılan tıbbi ve aromatik bitki türleri içerisinde kimyon, kekik, anason, rezene, çemen, kişniş, nane ve çörekotunun kültürü yapılmakta olup, bu bitkilerin üretimlerinin diğer kültür bitkilerine oranla oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkilerin genellikle ham halde ihraç edilmesi de düşük katma değer yaratmaktadır.

Temizleme, ayıklama, sınıflandırma, toptan veya perakende paketleme işlemleri dahi sınırlı sayıda baharat ve bitki çayı üretiminde uygulanmaktadır.

Sonuç olarak; tıbbi ve aromatik bitkilerin çok farklı sektörlerde kullanımı yaygınlaşmakla birlikte ürün çeşitliliği de hızla artmaktadır. Bitkisel ilaçlardan, fonksiyonel gıdalara, kozmetik ürünlerden hayvansal tedavi ve bakım ürünlerine kadar artan çeşitlilikte kullanım alanı mevcuttur.

Gıda katkı maddelerine, sentetik antioksidanlara ve sentetik ilaç etkin maddelerine alternatif olabilecek tıbbi ve aromatik bitkilerin Türkiye'deki mevcut potansiyeli göz önüne alındığında üretimine yönelik teşvik ve destekleme politikalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Araştırmalar tıbbi ve aromatik bitki üretiminin daha çok yurtdışı pazar fiyatlarından etkilendiğini göstermektedir. Bu hususta yerel üreticinin desteklenmesi üretimi daha fazla teşvik edebileceği düşünülmektedir. Yurt dışı satışlarının üretim üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve bu sebeple üretimde belirli bir standardizasyona ve kaliteye ulaşabilmek için yerli üreticinin desteklenmesinin ve eğitimler verilmesinin yurt dışı pazar payını arttıracağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Acıbuca V. ve Budak, D.B. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi, Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi., vol. 33, no. 1, p. 37-44.

Anonim a, (2021). The Plant List. https://web.archive.org/web/20190523171514/http://www.theplantlist.org/. Erişim tarihi: 25.04.2021.

Anonim b, (2021). Aromatik Bitkilerin Yaygınlaşması https://www.dokap.gov.tr/Upload/Genel/tibbi-ve-aromatik-bitkilerin-uretiminin-yayginlastirilmasi-projesi-egitim-kitabi-2020-pdf-242112-rd_52.pdf. Erişim tarihi: 25.04.2021.

Aytaç S. and Yiğen Ç. (2016). "Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Önemli Kullanım Alanları," III. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, Antalya. s. 147-157

Bağçıvan, G., & Daşkın, R. (2019). Büyükorhan ve Harmancık İlçelerinin (Bursa/Türkiye) Florası. Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma, *12*(2), 126-140.

Bayraktar, O. V., Ozturk, G., Arslan, D. (2017). Türkiye'de Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretimi ve pazarlamasındaki Gelişmelerin Değerlendirilmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitusu Dergisi, 26(2), 216- 229.

Biz, S. (2019 Kekik yağı ve kaynatılmış fungal ekstrakt ile elma meyvelerinde mavi küf (Penicillium expansum) hastalık etmeninin önlenmesi ve biyokimyasal aktiviteleri üzerine çalışmalar (Doktora tezi, Basılmamış). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Faydaoğlu E. and Sürücüoğlu M.S. 2011."Geçmisten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi," Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi., vol. 11, no. 1, p. 52-67.

Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 145-151.

Kösa ve S., & GÜRAL, S. M. (2019). Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler Ve Peyzajda Kullanımları. Peyzaj, *1*(1), 41-54.

Lange, D., (2006). International trade in medicinal and aromatic plants: actors, volumes and commodities. In: Bogers RJ, Craker LE and Lange D (Eds.), Medicinal and aromatic plants: agricultural, commercial, ecological, legal,

pharmacological and social aspects. Wageningen UR Frontis Series, Vol. 17, Springer, The Netherlands, 155-170.

Nohutçu, L., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2019). Yabani Bitkiler ve Sürdürülebilirlik. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, *24*(2), 142-151.

Selem, E., Tuncturk M., Tuncturk R. And Nohutcu L. (2020). Potential Of Some Naturally Grown *Allium* Species as An Ornamental Plant. Ornamental Plants: With Their Features And Usage Principles, Iksad Publising House. ISBN: 978-625-7687-33-1. P: 219-236.

Şenkul, Ç., & Kaya, S. (2017). Türkiye Endemik Bitkilerinin Coğrafi Dağılışı. Türk Coğrafya Dergisi, (69), 109-120.

Temel M, Tınmaz A.B, Öztürk M, Gündüz O (2018) Dünyada ve Türkiye'de Tıbbi –Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 21(Özel Sayı): 198-214.

Ticaret Bakanlığı, (2021). Dış ticaret İstatistikleri https://ticaret.gov.tr/istatistikler/dis-ticaret-istatistikleri. Erişim tarihi: 25.04.2021.

Toker R., Gölükcü M. and Tokgöz, H. (2015). Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Gıda Sanayisinde Kullanım Alanları. Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi., vol. 4, no. 15, p. 54-59.

Tunçtürk M., (2021). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitkiler &Geofit Bahçesi.

Urhan, Y., Ege, M.A., Öztürk, B., Cebe, G. E. (2016). Türkiye Gıda Bitkileri Veritabanı, Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi. / J. Fac. Pharm, 40 (2), Ankara, , s. 43-57.

Göktaş Ö. and B. Gıdık, B. (2018). Ketencik (*Camelina sativa*) Bitkisinin Ekonomik Önemi. IV. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi, Erzurum. S. 313.

BÖLÜM 2

AROMATİK BİTKİLERDEN ESANS YAĞ ELDE ETMEDE KULLANILAN EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Saliha KIRICI[1]

Prof. Dr. E. Sultan GİRAY[2]

[1] Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Orcid: 0000-0002-5798-857X, e-posta: kirici@cu.edu.tr

[2] Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana, Orcid: 0000-0002-2847-0747, e-posta: esgiray@cu.edu.tr

GİRİŞ

İnsanın varoluşundan itibaren bitkilere ilgisi başlamıştır. İlk çağlardan kalan arkeolojik bulgulara göre insanlar, besin elde etmek ve sağlık sorunlarını gidermek için öncelikle bitkilerden faydalanmışlardır. Günümüzde ise ilaç olarak kullanmalarının yanında; gıdaların tatlarında, temizlik ürünlerinin kokusunda, dış macunu ve sakızların ferahlığında, bitki çaylarının rahatlatıcı etkisinde ve kozmetiklerin doğallığında da bitkilerin katkısı bulunmaktadır (Kırıcı 2015).

Tıbbi ve aromatik bitkileri değerli kılan içerdikleri etkili maddeler olup, bunlar "Sekonder metabolitler" olarak adlandırılmaktadır. Bitkiler tarafından sentezlenen, ancak bitkilerin büyüme ve gelişmesinde herhangi bir direkt rolü olmayan organik bileşikler olup, daha çok herbivorlara, mikroorganizmalara ve ekolojik varyasyonlara karşı savunma amacıyla üretilirler (Wink, 1988). Diğer bir deyişle, sekonder metabolit; bir bitkinin normal büyüme, gelişme veya çoğaltılması ile doğrudan ilgili olmayan, ancak tozlayıcı böcekleri cezbedici, otçul hayvanlar tarafından yenmeyi engellemek için kovucu, farklı çevre koşullarına adaptasyonu sağlamak için savunma mekanizması sonucu üretilen metabolitlerdir (Kaya ve Albu Kaya, 2017). Sekonder metabolit ürünlerinin çoğunluğu bitkilerle diğer organizmalar arasındaki karşılıklı etkileşimin en önemli ekolojik ve fizyolojik belirleyicisidirler (Çalışkan ve ark. 2019a). Birbirinden farklı 50.000 den fazla sekonder metabolit ürünü bulunmaktadır. Bunlar; alkaloitler, uçucu yağlar, fenoller, glikozitler, heterozitler, steroitler, saponinler, flavonoidler, tanenler, renk

maddeleri ve reçineler olup, genel olarak alkaloitler, terpenoitler ve fenoller olmak üzere üç temel grupta sınıflandırılırlar (Baydar, 2019). Terpenler ya da terpenoitler (beş karbonlu izopren birimlerinden oluşur), sekonder ürünlerin en geniş sınıfını oluştururlar ve bu grup da bulunan bileşikler genellikle suda çözünmezler. Çoğu bitkide kendilerine has kokuları veren, uçucu yağ veya eterik yağ olarak bilinen uçucu özellikteki maddeler monoterpenler (on karbonlu) ve seskiterpenler (on beş karbonlu) ve daha yüksek sayıda karbon içeren karışımlardan oluşurlar (Taiz ve Zeigler, 2008).

Uçucu Yağlar

Uçucu yağlar; gıda, sağlık, kozmetik ve parfüm endüstrileri gibi birçok alanda hammadde olarak kullanılan oldukça değerli doğal ürünlerdir. Uçucu yağlar, iklim, toprak kompozisyonu, coğrafik bölge, yetişme sezonu boyunca toprak nem içeriği gibi çevresel faktörlerin yanı sıra bitkinin yaşına, bitki organına (morfogenetik varyasyon), bitkinin gelişme dönemlerine (ontogenetik varyasyon) ve hatta hasat saatine göre (diurnal varyasyon) kalite, miktar ve bileşimde değişiklik gösterebilmektedir (Kırıcı ve İnan, 2001; Giray ve ark., 2008; Kaya ve ark., 2012; Maral ve ark., 2018; Maral ve Kırıcı, 2019; Çalışkan ve ark. 2019b). Hasattan sonra kurutma şekli de uçucu yağ oranını etkilemektedir. *Mentha piperita* L. (nane) bitkisinde uçucu yağ oranı güneş de kurutmada % 2.78, fırında kurutmada % 3.49 ve oda sıcaklığında gölgede kurutmada % 3.68 olmuştur (Çalışkan ve ark. 2017). Bu değişimler tıbbi ve aromatik bitkilerin ne zaman hasat edileceğini, hangi organının değerlendirileceğini ve nerelerde

yetiştirilebileceğini ortaya koyması açısından önemlidir. Bilinen 3000 uçucu yağdan yaklaşık 300 tanesi biyolojik, antibakteriyel, antifungal ve antioksidant özelliklerinden dolayı sağlık, özellikle parfüm ve kozmetik alanlarında ticari olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden dolayı son dönemlerde antibiyotiklere alternatif olarak kullanımları güncellik kazanmakta ve hayvan beslemede yem katkı maddeleri şeklinde alternatif kullanımları her geçen gün artmaktadır (Kırıcı ve ark., 2020). Uçucu yağlar; bitkide toprak üstü (herba) kısmında veya farklı organlarında, yani tomurcuk, çiçek, yaprak, sap, dal, tohum, meyve, kök ve kabuklar da lokalize olmuşlardır (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı Organlarında Uçucu Yağ İçeren Bitkiler (Handa, 2008; Franz ve Novak, 2010)

Uçucu yağ içeren kısım	Bitkinin Adı	Bitkinin Latincesi	Familyası
Yaprak+ Herba	Nane	*Menthaxpiperita, M. arvensis, M. spicata*	*Lamiaceae*
	Reyhan	*Ocimum basilicum*	*Lamiaceae*
	Kekik	*Origanum ssp., Thymbra spicata, Coridothymus capitatus, Thymus ssp. Satureja ssp.*	*Lamiaceae*
	Adaçayı	*Salvia officinalis, S. Fruticosa, S. lavandulifolia*	*Lamiaceae*
	Biberiye	*Rosmarinus officinalis*	*Lamiaceae*
	Limonotu	*Cymbopogon ssp.*	*Poaceae*
Yaprak+Dallar	Itır	*Pelargonium graveolens*	*Geraniceae*
	Paçuli	*Pogostemon cablin*	*Lamiaceae*
	Defne	*Laurus nobilis*	*Lauraceae*
	Çay ağacı	*Melaleuca spp.*	*Myrtaceae*
	Ökaliptus	*Eucalyptus globulus, E. citriodora*	*Myrtaceae*

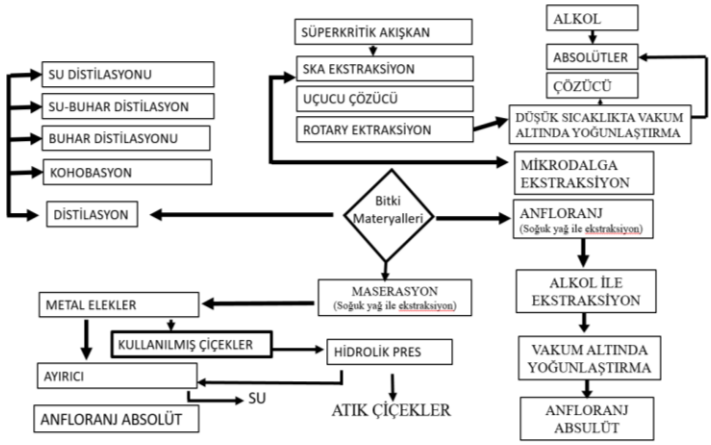
Çiçek	Gül	*Rosa x damascena*	*Rosaceae*
	Yasemin	*Jasminum officinalis*	*Oleaceae*
	Portakal	*Citrus sinensis*	*Rutaceae*
	Karanfil	*Syzygium aromaticum*	*Myrtaceae*
	Papatya	*Matricaria recutita, Anthemis nobilis*	*Asteraceae*
	Lavanta	*Lavandula angustifolia, L. latifolia*	*Lamiaceae*
	Kananga (Ylang ylang)	*Cananga odorata*	*Annonaceae*
Meyve	Bergamot	*Citrus bergamia*	*Rutaceae*
	Portakal	*Citrus sinensis*	*Rutaceae*
	Limon	*Citrus limon*	*Rutaceae*
	Juniper	*Juniperus communis*	*Cupressaceae*
Meyve/Tohum	Rezene	*Foeniculum vulgare*	*Apiaceae*
	Kişniş	*Coriandrum sativum*	*Apiaceae*
	Kimyon	*Cuminum cyminum*	*Apiaceae*
	Dereotu	*Anethum graveolens*	*Apiaceae*
	Çörekotu	*Nigella sativa*	*Ranunculaceae*
Ağaç Kabuğu	Tarçın	*Cinnamomum zeylanicum*	*Lauraceae*
	Çin tarçını	*Cinnamomum cassia*	*Lauraceae*
	Kanella	*Canella winterana*	*Canellaceae*
Odun	Sedir	*Cupressus funebris*	*Cupressaceae*
	Sandal ağacı	*Santalum album*	*Santalaceae*
	Pelesenk ağacı	*Aniba roseodora*	*Lauraceae*
Rizom	Zencefil	*Zingiber officinale*	*Zingiberaceae*
	İris	*Iris germanica ve I. pallida*	*Iridaceae*
	Zerdeçal	*Curcuma longa*	*Zingiberaceae*
	Eğir otu	*Acorus calamus*	*Araceae*
Kök	Melekotu	*Angelica archangelica*	*Apiaceae*
	Sassafras	*Sassafras albidum*	*Lauraceae*
	Saussurea	*Saussurea obvallata, S. Discolor, S. lappa*	*Astereceae*
	Kedi otu	*Valeriana officinalis*	*Caprifoliaceae*
Sakız veya Oleoresin sızıntısı	Peru-Tolu Balsamı	*Myroxylon balsamum, M. toluiferum*	*Leguminosae*
	Sığla	*Liquidambar orientalis*	*Hamamelidaceae*
	Mür	*Commiphora myrrha*	*Burseraceae*
	Karagünlük	*Styrax benzoin*	*Styracaceae*

Uçucu yağların üretilmesi ve depolanması; salgı hücreleri, hücreler arası boşluklar, salgı kanalları, epidermik hücreler veya glandüler trikomlar gibi bazı özel bitki yapılarında olup, genellikle bitkinin familyasına bağlıdır. Örneğin *Labiatae, Verbanaceae, Geraniceae* familyalarında salgı bezlerinde, karabibergiller familyasında modifiye parankimal hücreler gibi özel yapılarda uçucu yağlar oluşabilir. Kozalaklı ağaçlarda reçine kanalları, *Umbelliferae* familyasına dahil şizokarp meyvelerin üzerinde bulunan vittae olarak adlandırılan yağ kanalları, *Rutaceae* familyasında limon portakal ve diğer narenciye türlerinde olduğu gibi lisigen boşlukları, *Myrtaceae, Graminae, Compositae* familyalarında olduğu gibi salgı hücrelerinin ortasından bölünerek oluşan kısımları veya *Cistacae* ve *Burseraceae* familyasına dahil ağaçları ve çalıların kabukları belirgin dikey şizojen reçine kanalları (triterpenoid bileşikleri ve aromatik yağlar ve sakız reçineleri üreten eterik yağlar) tıbbi özelliklere sahip uçucu yağlar nedeniyle biyoaktif bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Sardunya yaprağına hafifçe dokunulduğunda, uzun saplı yağ bezlerinin kırılgan olması nedeniyle bir koku yayıldığı iyi bilinmektedir. Benzer şekilde, bir nane yaprağına hafif bir baskı uygulanması, yağ bezini yırtacak ve yağı serbest bırakacaktır. Buna karşılık, çam iğneleri ve okaliptüs yaprakları, yaprağın epidermisi kırılana kadar yağlarını salmaz. Dolayısıyla yağın içinde bulunduğu yapılar bitki türüne göre farklılık gösterir ve bitki familyasına özgüdür. Pratik açıdan, yüzeysel ve yüzey altı yağlar olarak kategorize edilebilirler. Halihazırda mevcut olan bilgilere dayanarak, *Labiatae, Verbenaceae* ve *Geraniaceae* familyalarına ait yağların bilinen tek yüzeysel yağlar olduğu, diğerleri

ise yüzey altı yağlar olarak kabul edilir (Handa ve ark., 2008); (Murthy ve ark., 2016). Bu nedenlerle uçucu yağların elde edilmesinde uygun yöntemlerin geçilmesi çok önemlidir.

Uçucu Yağların Ekstraksiyon Yöntemleri

Tıbbi ve aromatik bitkilerin çeşitli organlarında bulunan uçucu yağların uygun yöntemlerle elde edilmesi kalite ve verimlilik yönünden önemlidir. Bitkilerden Uçucu Yağların (UY) ekstraksiyonu için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Şekil 1). Bu yöntemleri; klasik/geleneksel yöntemler ve modern/ileri yöntemler olmak üzer iki kategoride incelemek mümkündür. Özellikle son otuz yıl içinde inovasyon çalışmaları ile ekstraksiyon süresini azaltacak, enerji tasarrufu sağlayan, uçucu yağın kalitesini artıran ve ekstraksiyon verimini yükselten yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında süper kritik akışkanlardan, mikrodalga enerjisi ve ultra ses enerjisinden yararlanılan teknikler öne çıkmıştır.



Şekil 1. Bitkilerden Uçucu Yağların Ekstraksiyon Yöntemleri (Handa, 2008)

1. Klasik ve Geleneksel yöntemler

Bitkilerden UY ekstraksiyonunda kullanılan geleneksel yöntemler su buharı destilasyonu esasına dayanan hidrodestilasyon, doğrudan su buharı ile ekstraksiyon; organik çözücüler ile ekstraksiyon ve soğuk sıkım yer almaktadır.

1.1. Hidrodistilasyon (HD)

En eski ve en basit yöntemdir. Tarihte ilk olarak İbn-i Sina'nın (batı da Avicenna olarak bilinir 980-1037), *Rosa* L.'den (Gül) uçucu yağları bir imbik kullanarak gerçekleştirdiği bilinmektedir (El Asbahani ve ark., 2015). Bu yöntemde, bitki ve su bir imbik içine birlikte konulur ve kaynatılır. Sistem aynı zamanda bir yoğunlaştırıcı ve su ile ekstraktın birbirinden ayrılacağı bir toplayıcı kap içerir. Bu en basit ekstraksiyon yönteminin temelini "azetropik destilasyon" oluşturur. Normal koşullar altında gerçekleştirilen bu işlemde, ısıtılmayla birlikte su ve UY molekülleri bir heterojen karışım oluşturur ve 100°C'nin altında bir sıcaklıkta, sanki tek bir bileşikmiş gibi kaynamaya başlarlar. Halbuki UY moleküllerinin kaynama noktası çok daha yüksektir (Tablo 2). Ancak bu koşullar altında daha düşük sıcaklıkta ve dolayısıyla bozulmadan ekstrakte elde edilebilirler. Kaynama ile birlikte buhar ve uçucu yağ karışımı kondensere kadar gelir orada yoğunlaşarak florentin denilen toplama tankında yoğunlukları farklı olduğu için uçucu yağ üst kısımda birikir (Baydar, 2019). Ekstraksiyon sonunda, su ile karışmayan özellikle terpenoid moleküller kolaylıkla yoğunluk farkından yararlanılarak sudan dekantasyon yoluyla ayrılırlar. UY'ların elde edilmesinde

Clevenger sistemi ile hidrodestilasyon *Eurepean Pharmacopoeia* tarafından önerilen bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle uçucu yağı ısı ile bozulmayan taze yağ gülü ve yasemin gibi çiçeklerin ekstraksiyonu için çok uygundur. Çünkü ekstraksiyon sırasında materyalin sıkışması veya topaklanması söz konusu değildir. Ülkemizde buna en iyi örnek yağ gülünden (*Rosa damascena*) gül yağı elde edilmesidir (Baydar, 2019). Ancak, HD yönteminin önemli dezavantajları vardır (Bohra ve ark., 1994). Bunlar;

- Uzun ekstraksiyon süresi (3-24 saat, bitkiye göre değişir),
- Suyun kaynama noktasında bitkilerden ekstrakte edilen bazı bileşenlerin de etkisiyle suyun pH'ı 4-7 arasında değişir. Bunun sonucunda terpenik moleküllerin kaynama noktasındaki su ile hidroliz ve/veya halkalaşma tepkimelerinin gerçekleşmesi sonucu kimyasal olarak değişmesi olasılığı,
- Bazı polar moleküllerin su içinde çözünmesi.

HD sürecinde uçucu yağın tümü alınamayarak bir kısmı (bazı oksijenli monoterpenler ve fenolleri) suda kalır, yağ altı suyuna "kohobasyon" adı verilen ikinci bir destilasyon uygulanır. Kohobasyon yapılarak hem yağ kalitesi, hem de yağ verimi artırılmış olur (Baydar, 2019).

1.2. Su Kullanılan Diğer Ekstraksiyon Yöntemleri

Bu yöntemlerde HD ile benzer prensiplerle çalışır. Ancak bu yöntemlerde bitki doğrudan su yerine su buharıyla ile temas eder. Ekstraksiyon süresi daha kısadır ve dolayısıyla UY da kimyasal

değişimler azaltılmış olur. Bu prensiple üç farklı yöntem geliştirilmiştir. Bunlar buhar hidrodistilasyonu, buhar distilasyonu ve hidrofüzyon yöntemleridir (Masango, 2005). Buhar hidrodistilasyonu ticari olarak en yaygın olarak kullanılan bu yöntem olup, taze materyale uygulanır. Buhar distilasyonunda materyal delikli bir ızgara üzerine yerleştirilir ve başka bir yerde üretilen doygun su buharı bitki materyalinin üzerine püskürtülür. Su buharı ile birlikte uçucu yağ sıvı hale dönüştürülecek bir soğutma sisteminden geçirilerek ayrılır (Kırımer ve ark., 1999). Buhar distilasyonun da sıcaklığın ve basıncın kontrol altında tutulabilmesi su distilasyonuna göre üstünlüğüdür. Bu şekilde bitki materyali 100°C den daha fazla ısıya maruz kalmaz ve koku moleküllerinde olası bozulma da önlenmiş olur (Baydar, 2019). Su kullanılarak yapılan bir diğer geleneksel yöntem ise sıcak/soğuk su ile maserasyondur. Bazı bitkilerden UY'ların elde edilmesi için sıcak su ile maserasyon etkili bir yöntemdir. Bazı bitkilerin (örneğin meyan kökü) etken maddeleri soğuk suda daha kolay çözünür. Maserasyonda UY eldesinde su kullanılabildiği gibi bazı organik çözücülerde kullanılabilir.

1.3. Soğuk Sıkım

UY'ların elde edilmesinde bir diğer geleneksel yöntem soğuk sıkımdır. Bu yöntemle elde edilen sulu bir emülsiyon şeklindendir. Bu ürünün santrifüj edilmesiyle UY ayrılır. Örneğin, *Citrus limon* (limon) kabuğundan UY'ların elde edilmesi yaygın olarak soğuk sıkımla gerçekleştirilmektedir (Gök ve ark., 2015). Bu şekilde hazırlanan

turunçgillerin kabuklarından elde edilen UY gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde katkı maddesi veya aroma verici olarak kullanılır.

1.4. Organik Çözücülerle Ekstraksiyon (OÇE)

OÇE, bitkisel materyalin oda sıcaklığında etanol, metanol gibi organik çözücülerle veya su ile ıslatılması (maserasyon) ve ardından çözünün vakum altında uzaklaştırılmasıyla UY elde edilmesi tekniğidir. Bu teknik UY moleküllerinin ekstraksiyon sürecinde, HD da olduğunun aksine kimyasal olarak değişmesinin önlenmesini sağlar. Ancak OÇE tekniğinin önemli dezavantajı, elde edilen UY'ların orijinal molekülleri içerdiği düşünülmesine rağmen, UY dan organik çözücü uzaklaştırılması aşamasında olası kalıntı nedeniyle gıda ve kozmetik ürünlerinde kullanılmasını sakıncalı hale getirmesidir. Bir diğer dezavantajı ise çok uzun işlem süresi ve çok fazla çözücü kullanılmasıdır (Azmin ve ark., 2016). Aynı zamanda çözücünün sabit yağ, mum, reçine ve pigmentler gibi istenmeyen diğer bileşikleri de çözmesi göz önüne alınmalıdır (Cellat, 2011).

1.5 Soğuk Yağ ile Ekstraksiyon

Yüksek kaliteli ve az miktarda uçucu yağ içeren, özellikle parfüm üretiminde kullanılan yasemin, sümbülteber (*Polianthes* tuberosa) ve Gardenya (*Gardenia jasminoides*) bitkilerin çiçekleri hidrodistilasyon yapılamaz, distilasyon sırasında yüksek sıcaklık UY bileşenlerini değiştirebilir. Çiçeklerdeki bu tip UY ekstraksiyonları anfloranj olarak adlandırılan soğuk yağ ile yapılır. Bazı çiçekler hasat edildikten sonra 24 saat veya daha uzun bir süre fizyolojik aktivitelerini devam

ettirirler. Bu özelliğe sahip olan çiçekler soğuk yağ ile temas ettirilirler. Bunun için kokusuz, renksiz ve uygun kıvamda bir yağ seçilir. Genellikle saflaştırılmış domuz yağı ve içyağı karışımı kullanılır. Bu işlem soğuk yağ ile yapılırsa anfloranj, sıcak yağ ile yapılırsa maserasyon adı verilir. Maserasyon; gül, mimazo, akasya, portakal çiçeği gibi koparıldıklarında fizyolojik aktivitesi duran çiçekler 60-70 ^{O}C sıcaklıktaki yağa daldırılarak yapılır. Parfüm ve kozmetik endüstrisi için yüksek kalitede ve değerde soğuk yağ ile anfloranj üretimi günümüzde Bulgaristan, Mısır, Cezayir, Sicilya ve Fransa'da yapılmaktadır. Soğuk yağ, kenarları tahta çerçeve ile kaplanmış bir cam plak üzerine yayılır ve yağ kaplı bir plak bunun üzerine kapatılır. Taze olarak toplanmış olan çiçekler yağın üzerine serpilir. 24 saat bekletilir, sonra işi biten çiçekler alınıp yerlerine yenileri konur. Bu işleme yağ tamamen doyuncaya kadar devam edilir. Cam plaka üzerindeki yağ spatula ile sıyrılır ve eritildikten sonra bir varile konur ve elde edilen bu ürüne "Pomat" adı verilir. Pomat alkol ile ekstraksiyona sokulur, -15 ^{0}C de bekletilerek alkol içerisinde donmuş yağlar çöktürülür, Alkolde bulunan uçucu yağlar, alkolün evaporatörden geçirilerek uzaklaştırılmasıyla elde edilir. Bu ürüne "Absolü" adı verilir (Sing, 2008); (Baddal, 2010); (Baydar, 2019) .

2.Modern ve Yeşil yöntemler

Bitkilerden UY'ların elde edilmesi için kullanılan yukarıda anlatılan geleneksel yöntemlerin çeşitli dezavantajları vardır. Bunların en önemlisi UY'ların ısıl kararlılığının olmaması nedeniyle, uzun süreli

su ile ısıl işlem sırasında UY'ların hidroliz, izomerizasyon ve oksidasyon tepkimeleri ile kimyasal değişime uğramasıdır. Bunun dışında, düşük verim ve uzun ekstraksiyon süresinde düşük kaynama noktasına sahip UY moleküllerinin (örneğin *cis*-rosoksid, kn. 71°C) kayıpları gibi dezavantajları vardır (Khajeh ve ark., 2005). Bu nedenle, UY'ların daha hızlı, kimyasal olarak değişmeden ve doğal bolluğunun bozulmadan ekstraksiyonunu sağlayacak alternatif yöntemler geliştirilmesi zorunlu olmuştur. Geleneksel yöntemlere alternatif olarak geliştirilen ve üzerinde en çok çalışılan yöntem Süperkritik Akışkanlarla Ekstraksiyon (SKAE) yöntemi olmuştur.

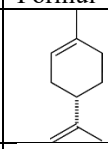
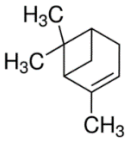
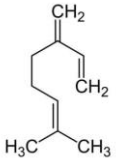
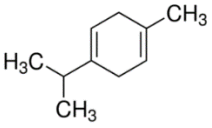
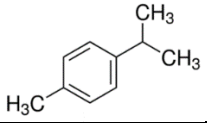
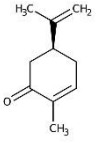
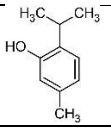
2.1 Süperkritik Akışkanlarla Ekstraksiyon (SKAE)

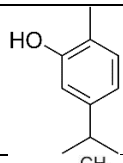
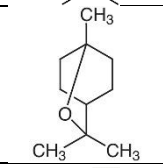
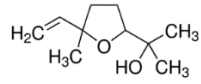
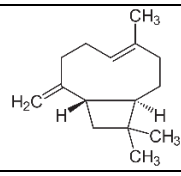
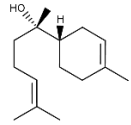
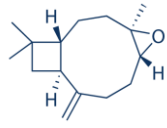
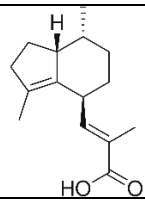
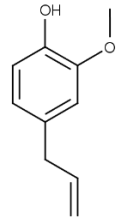
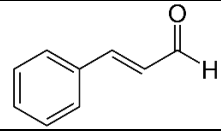
SKAE; kesikli, yarı kesikli veya sürekli mod'larda gerçekleştirilir. Genel olarak bitki bir reaktöre konulur ve süperkritik akışkan (SKA), belirli bir akış hızıyla reaktöre bir pompa yardımıyla gönderilir.

Sıvılar, kritik sıcaklık (Tc) ve kritik basıncının (Pc) üzerine çıkıldığında süper kritik akışkan fazına geçer ve bu fazda fizikokimyasal özellikleri sıvı ve gazların özelliklerinin arasında yer alır (Tablo 2). Bu fazda bulunan bileşiklere süperkritik akışkan (SKA) denir ve oldukça ilginç fizikokimyasal özellikler gösterirler. Kritik sıcaklık ve basıncının üzerinde sıvıların viskozitesi ve yoğunluğu azalır, difüzyon hızı artar. Bu da SKA'ların bitkilerden UY ekstraksiyonunda çok önemli avantajlar sağlar. Ayrıca SKA'ların sıcaklık ve basınçlarında yapılacak küçük değişikliklerle çok ilginç çözücü özellikleri göstermeleri sağlanır. Başarılı bir SKAE için çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Bunlar; örneğin tipi,

örneğin hazırlanma şekli, kullanılacak çözücü, modifier (yardımcı çözücü) kullanılacaksa bunun seçimi, basınç, sıcaklık, işlem süresi ve çözücü akış hızıdır (Lang ve ark., 2001).

Tablo 2. Bazı yaygın uçucu yağ molekülleri ve kaynama noktaları (k.n.°C)

UY Molekülü	Formül	k.n.°C	Bulunduğu Bitki
Limonen		175.4	*Citrus limon* (Limon)
a-pinen		157.9	*Pinus pinaster* (Sahil çamı)
Mirsen		167	*Citrus aurantium* (Acı portakal)
g-terpinen		183	*Origanum vulgare* (Güve otu)
para-Simen		176-178	*Cuminum cyminum* (Kimyon)
Karvon		231	*Mentha spicata* (Bahçe nanesi)
Timol		233	*Thymus vulgaris* (Adi kekik)

Karvakrol		237.7	*Thymus maroccanus* (Fas kekiği)
1,8-Cineole		176	*Eucalyptus polybractea* (Ökaliptus)
Linalool oxide		198.5	*Pelargonium graveolens* (Itır)
b-Caryophyllene		268.4	*Rosmarinus oficinalis* (Biberiye)
a-Bisabolol		153	*Matricaria recutita* (Papatya)
Caryophyllen oxid		279.68	*Chenopodium ambrosioides* (Meksika çayı), *Psidium guajava* (Guava)
Valerenic acid		374.5	*Valeriana officinalis* (Kedi otu)
Eugenol		254	*Eugenia, caryophyllata* (Karanfil)
Cinnamaldehyde		248-250	*Cinnamomum zeylanicum* (Tarçın)

SKAE, geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında, uçucu yağların ekstraksiyonunda daha etkin alternatif bir teknik olmasını sağlayan özelliklere sahiptir (Otterbach ve Wenclawiak 1999); (Lang ve Wai, 2001). Bunları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Genellikle düşük sıcaklıkta çalışılır ve dolayısıyla ısıya hassas bileşiklerin bozulmadan ekstraksiyonuna olanak sağlar,
- Ekstraksiyon çözücüsünün çözme gücü (çözünen ve çözücü arasındaki etkileşim) basınç ve sıcaklıkta yapılacak değişikliklerle kontrol altına alınabilir; bu da ekstraksiyonda yüksek seçicilik sağlar.
- Ancak yüksek basınç genellikle tercih edilmez. Çünkü yüksek basınç uygulandığında, ekstraksiyonu istenmeyen yüksek molekül ağırlıklı moleküller de ekstrakte olabilmektedir.
- Çözücü ile ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla, SKAE yönteminde, SKA'lar düşük viskozite ve yüksek difüzyon hızı nedeniyle katı materyalin gözeneklerine daha rahat girerek daha hızlı ve daha yüksek verimle ekstraksiyon gerçekleşmesine olanak sağlar (Tablo 3).

Tablo 3. Gaz, süperkritik akışkan ve sıvıların yoğunluk, viskozite ve difüzyon hızlarının kıyaslanması

	Yoğunluk (kg/m^3)	Viskozite ($\mu Pa \cdot s$)	Difüzyon hızı (mm^2/s)
Gazlar	1	10	1–10
Süperkritik akışkanlar	100–1000	50–100	0.01–0.1
Sıvılar	1000	500–1000	0.001

Bitkilerden UY ekstraksiyonunda en yaygın kullanılan SKA basınç altında sıvılaştırılmış karbondioksit'tir (CO_2). Süperkritik CO_2 ekstraksiyonun HD ve diğer geleneksel yöntemlere kıyasla üstün özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Düşük kritik sıcaklık (Tc : 31.2 °C) ve düşük kritik basınca (Pc: 72.9 atm) sahiptir, dolayısıyla termal olarak kararsız olan UY moleküllerinin bozulmadan ekstrakte olması mümkündür.
- Kimyasal olarak inerttir.
- Kritik sıcaklık ve basınç altında polaritesi apolar organik çözücülerin polaritesine yakındır ve böylece lipofilik molekülleri çözme gücü artar.
- Yanıcı değildir, ucuz ve kolay temin edilebilir.
- İşlem sonunda basıncın düşürülmesiyle ekstraktan kolayca uzaklaşır, dolayısıyla kalıntı bırakmaz (Brennecke ve Chateauneuf, 1999); (Darr ve Poliafoff 1999).

Yukarda özetlenen özellikleriyle SKAE son otuz yıl içinde bitkilerden UY'ların ekstraksiyonunda oldukça yaygın olarak kullanılmıştır. Hem toksik olmayan çözücüler kullanılması hem de teknik gereği kullanılan çözücü miktarının çok az olması bu yöntemin laboratuvar skalasından endüstriyel skalaya kadar uygulama alanı bulmasını sağlamıştır (Sawamura ve ark., 1989); (Monya, 1990); (Goto ve ark., 2006); (Gomes ve ark., 2007); (Guan ve ark., 2007); (Peterson ve ark., 2006); (Roy ve ark., 2007); (Fornari ve ark., 2012).

SKA'lar ile UY ekstraksiyonun yaygın olarak kullanılmasının önündeki tek engel gerekli ekipmanların pahalı, kurulum ve bakım giderlerinin yüksek olmasıdır. Ancak bunun yanı sıra SKA ile elde edilen ekstraktlar kimyasal kompozisyon ve biyolojik aktiviteleri açısından kıyaslandığında, hidrodestilasyon ve organik çözücü ile elde edilen ekstraktlardan çok daha iyi özellikler göstermiştir (Giray ve ark., 2008); (Capuzzo ve ark. 2013); (Vági ve ark., 2005); (Glišic ve ark., 2007).

Süperkritik CO_2 den ayrı subkritik koşullardaki çözücülerde bitkilerden UY ekstraksiyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanılan subkritik su'dur (Basile ve ark., 1998) ; (Clifford ve ark., 1999); (Özel ve ark., 2006); (Herrero ve ark., 2006); (Giray ve ark, 2008). Subkritik faz, basıncın kritik basınçtan (Pc) yüksek, sıcaklığın ise Tc den küçük olduğu durumda oluşur. Subkritik su, sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığından yüksek ancak kritik sıcaklığından (Tc: 374 C) düşük sıcaklıkta ve kritik basınç (Pc: 221 atm) altında bulunan akışkandır. Bu fazda bulunan subkritik su; düşük viskozite, sıvının yoğunluğuna yakın bir yoğunluk ve gaz ile sıvı arasında bir düfüzyon hızına sahiptir (Soto ve ark., 2001). Giray ve arkadaşları (2008), *Lavandula stoechas* (Karabaş Lavantası) bitkisinden UY'ların ekstraksiyonunda subkritik su ile ekstraksiyonu (SbkSE) ile hidrodestilasyon ve ultrases destekli organik çözücü ile ekstraksiyonu yöntemlerinin kıyaslamışlardır, SbkSE tekniğinin kısa ekstraksiyon süresi, göreceli olarak düşük ekstraksiyon sıcaklığı, oksijen içeren moleküllerce zengin dolayısıyla daha kaliteli UY elde

edilmesi, toksik ve yanıcı olmayan, ucuz ve kolay temin edilen su kullanılması gibi üstün özellikleri olduğunu belirlemişlerdir.

2.2.Ultrases Destekli Ekstraksiyon

Bu teknik ilk olarak 1950 yılında laboratuvar ölçeklerinde kullanılabilecek şekilde geliştirilmiştir (Vinatoru, 2001). Ultrases dalgaları 20 kHz–1 MH arasında bir frekansa sahiptir ve kavitasyon ile ekstrakte edilecek bitkide hücre duvarları ve membranlarının titreşimine ve dolayısıyla UY damlacıklarının hızlıca salınmasına neden olur (Sališová ve ark., 1997); (Hromádková ve ark. 1999); (Vinatoru, 2001); (Chemat ve ark., 2006); (Assami, 2012); (Sereshti ve ark., 2012). UY ekstraksiyonunda kullanılan ekipman SKA ile ekstraksiyon ve mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) tekniklerine kıyasla daha ucuzdur. Bunun dışında oda sıcaklığında çalışıldığı için termal olarak kararsız moleküllerin değişime uğramadan ekstraksiyonuna olanak sağlar. Ayrıca kütle transfer hızı, hücrelerin bozulmasıyla çözücünün penatrasyonu kolaylaşır ve bu da ekstraksiyon verimini artırır (Romanik ve ark., 2007).

2.3. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon (MDE)

Mikrodalgalar, 300MHz-30Ghz arasında frekans ve dalga boyu 1cm-1m arasında değişen elektromagnetik ışımalardır. Yaygın olarak kullanılan frekans 2450 MHz' dir (dalga boyu 12.2 cm). MDE yöntemi "yeşil ekstraksiyon" yöntemleri arasında yer almaktadır. Enerji tasarrufunun sağlanması amacıyla geliştirilen mikrodalga destekli UY ekstraksiyon yöntemleri arasında vakum altında

mikrodalga destekli hidrodestilasyon (MDHD) yöntemi öne çıkmaktadır (Stashenko ve ark., 2004). Bunun yanı sıra çözücü kullanılmadan gerçekleştirilen MDE yöntemi de UY ekstraksiyonunda kullanılmaktadır (Lucchesi ve ark., 2004a, b); (Vian ve ark., 2008). Golmakani ve Rezaei (2008) *Thymus vulgaris* L.' UY'larının ekstrakte edilmesinde MDHD ile geleneksel HD yöntemi kıyaslanmış ve MDHD'nun UY ekstraksiyonunda iyi bir alternatif yöntem olduğunu saptamışlardır. Aynı şekilde *Lavandula angustifolia* Mill., Lamiaceae'dan UY ekstraksiyonunda MDHD'in geleneksel HD dan daha üstün bir teknik olduğu saptanmıştır (Chemat ve ark., 2006). Literatür çalışmaları MDE yönteminin UY ekstraksiyonu için, yüksek verim, kısa işlem süresi kolay kullanım, çözücü kullanımının azaltılması ve enerji tasarrufu gibi özellikleri nedeniyle gelecek vaat eden alternatif bir yöntem olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Tıbbi ve aromatik bitkilerin en önemli bileşiklerinden olan uçucu yağlar antik dönemlerden günümüze kadar kullanım alanları sürekli artmaktadır. Çok sayıda bitkilerin çeşitli organlarında bulunan uçucu yağların elde edilmesinde kullanılan yöntemler her geçen gün gelişmekte ve çeşitlenmekte, küçük çaplı üretimlerden endüstriyel ölçekte üretimlere geçilmektedir. Burada önemli olan bitkinin ve uçucu yağın özelliğine göre uygun ekstraksiyon yönteminin seçilmesidir. Uçucu yağ ekstraksiyonunda; verim, kalite ve standartlara uygunluk, maliyet ve süre gibi faktörlerin göz önüne alınması gerekir. Ayrıca insan sağlığı ve çevre için toksik olmayan,

enerji tasarrufu sağlayan yeşil ekstraksiyon yöntemleri konusunda seçici olunmalıdır.

KAYNAKLAR

Azmin, S.N.H.M., Manan, Z.A., Wan Alwi, S.R., Chua, L. S., Azri Mustaffa, A. & Yunus, N.A. (2016). Herbal Processing and Extraction Technologies. *Separation & Purification Reviews*, 45: 305-320

Baddal, M.K. (2010) *Origanum minutiflorum* bitkisinin antioksidan özelliklerinin incelenmesi(Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Basile, A., Jiménez-Carmona, M.M. & Clifford, A.A. (1998). Extraction of Rosemary by Superheated Water _*Journal Agricultural Food Chemistry.* 46 (12): 5205-5209.

Baydar, H. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (7. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.

Brennecke, J. F. & Chateauneuf, J.E. (1999) Homogeneous organic reactions as mechanistic probes in supercritical fluids. *Chemical Reviews* 99: 433-452.

Bohra, P.M., Vaze, A.S., Pangarkar, V.G. & Taskar, A. (1994). Adsorptive recovery of water soluble essential oil components. J*ournal of Chemical Technology and Biotechnoogyl.* 60 (1): 97-102.

Capuzzo, A., Maffei, M.E. & Occhipinti, A. (2013). Supercritical fluid extraction of plant flavors and fragrances. *Molecules* 18 (6): 7194-7238.

Cellat, K. (2011). Bazı endemik bitkilerin uçucu yağ bileşenlerinin ekstrakte edilmesi ve içeriklerinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Chemat, F., Lucchesi, M.E., Smadja, J., Favretto, L., Colnaghi, G. & Visinoni, F. (2006). Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: a rapid, clean and environmentally friendly approach. *Analytica Chimica Acta* 555 (1): 157-160.

Clifford, A.A., Basile, A. & Al-Saidi, S.H.R. (1999). A comparison of the extraction of clove buds with supercritical carbon dioxide and superheated water. *Fresenius Journal Analytical Chemistry* 364 (7): 635-637.

Çalışkan, T., Maral, H., Gutierrez Prieto,L.M.V., Kafkas, E. & Kırıcı, S. (2017). The influence of different drying methods on essential oil content and composition of peppermint (*Mentha piperita L.*) in Çukurova conditions. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research* 51(3) S518-S521.

Çalışkan, T., Hatipoğlu, R. & Kırıcı, S . (2019a). Sekonder b i t k i metabolitlerinin *in vitro* koşullarda üretimi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(7): 971-980.

Çalışkan, T., Maral, H., Pala, C., Kafkas, E. & Kırıcı, S. (2019b). Morphogenetic variation for essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) in Çukurova conditions. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 5(1):32-38.

Darr, J.A. & Poliakoff, M. (1999). New directions in inorganic and metal-organic coordination chemistry in supercritical fluids. *Chemical Reviews*, 99 (2): 495-542.

El Asbahani , A., Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Ait Addi, E.H., Casabianca, H., El Mousadik, A., Hartmann , D., Jilale, A., Renaud, F.N.R. & Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation, *International Journal Pharmaceutics* 483(1-2): 220-243.

Fornari, T., Vicente, G., Vázquez, E., García-Risco, M.R. & Reglero, G. (2012). Isolation of essential oil from different plants and herbs by supercritical fluid extraction. *Journal Chromatography A* 1250: 34-48.

Franz, C. & Novak, J. (2010). Sources of essential oils. In: K.H.C. Başar, G. Boucbauer (eds) Handbook of essential Oils Science, Technology, and Applications CRC Press Taylor& Francis Group, London, New York.

Giray, E.S., Kırıcı, S., Kaya, D.A., Türk, M., Sönmez, Ö. & İnan, M. (2008). Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74 (4): 930-935.

Glišic, S.B., Mišic, D.R., Stamenic, M.D., Zizovic,.T., Ašanin, R.M. & Skala, D.U. (2007). Supercritical carbon dioxide extraction of carrot fruit essential oil:

chemical composition and antimicrobial activity. *Food Chemistry* 105 (1): 346-352.

Gomes, P.B., Mata, V.G. & Rodrigues, A.E. (2007). Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *Journal of Supercritical Fluids* 41 (1): 50-60

Gök, A., Kirbaşlar, Ş.İ. & Kirbaşlar, G. (2015). Comparison of lemon oil composition after using different extraction methods. *Journal of Essential Oil Research* 27 (1): 17-22.

Guan, W., Li, S., Yan, R., Tang, S. & Quan, C. (2007). Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. *Food Chemistry* 101(4):1558-1564.

Handa, SS. 2008. An overview of extraction technologies for medicinal and aromatic plants. In SS Handa, SPS Khanuja, G Longo, DD Rakesh (Eds) Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. Trieste, Italy: ICS UNIDO, pp 21-54.

Herrero, M., Cifuentes, A. & Ibañez, E. (2006). Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalgae: a review. *Food Chemistry* 98(1): 136-148.

Hromádková, Z., Ebringerová, A. &Valachovic, P. (1999). Comparison of classical and ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Salvia officinalis* L. *Ultrasonics Sonochem*istry 5(4): 163-168.

Assami, K.D.P. (2012). Ultrasound induced intensification and selective extraction of essential oil from *Carum carvi* L. seeds. *Chemical Engineering and Processing Process Intensif*ication 62: 99-105.

Kaya, D.A, İnan, M., Giray, E.S. & Kırıcı, S. (2012). Diurnal, ontogenetic and morphogenetic variability of Lavandula stoechas L. ssp. stoechas in East Mediterranean Region. *Revista de Chimie* 63(8):749-753.

Kaya, D.A. & Albu Kaya, M.G. (2017). Uçucu yağlar: Uçucu yağların gücü ve biyo-malzeme olarak kullanımı. *Türkiye Klinikleri Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları-Özel konular* 3(1):8-14.

Khajeh, M., Yamini, Y., Sefidkon, F. & Bahramifar, N. (2004). Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*. 86 (4): 587-591

Kırıcı, S. & İnan, M. (2001). Effect of different harvesting time on the essential oil content of the rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the Çukurova condition, *Workshop on Agricultural and Quality Aspects of Medicinal and Aromatic Plants* 29 May – 1 June. Proceeding Book S.263-272. Adana, Türkiye

Kırıcı, S. (2015). Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkilerin genel durumu. *TÜRKTOB, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*. 15: 4-11.

Kırıcı, S, Bayram, E., Tansı, S., Arabacı, O., Baydar, H., Telci, I., İnan, M, Kaya DA. & Özel. A. (2020). Tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde mevcut durum ve gelecek, *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi* 13-17 Ocak, Bildiri Kitabı-1, S 505-528. Ankara, Türkiye.

Kırımer, N., Tabanca, N., Tümen, G., Duman, H. & Başer, K.H.C. (1999). Composition of the essential oils of four endemic *Sideritis* species from Turkey. *Flavour and Fragrence Journal*, 14, 421-425

Lang, Q.Y. & Wai, C.M. (2001). Supercritical fluid extraction in herbal and natural product studies-a practical review. *Talanta* 53(4):771-782.

Lucchesi, M.E., Chemat, F. & Smadja, J. (2004a). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydrodistillation. *Journal of Chromatography A* 1043 (2): 323-327.

Lucchesi, M.E., Chemat, F. & Smadja, J. (2004b). An original solvent free microwave extraction of essential oils from spices. *Flavour Fragrance Journal* 19(2): 134-138.

Maral, H., Çalışkan, T., Yıldırım, C.D., Akdoğan, M. E., Kafkas, N.E.& Kirici S. (2018). The influence of harvesting period and cutting hour on yield and quality in thyme (*Thymus vulgaris* L.) in Çukurova condition. *ARCTIC Journal*, 71(11):82-88.

Maral, H. & Kırıcı, S. (2019). Changes within the daytime of essential oil content and composition of zahter (*Thymbra spicata* L.) grown in Ermenek conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 7(2):13-16.

Masango, P. (2005). Cleaner production of essential oils by steam distillation. *J. Cleaner Production* 13(8): 833-839.

Monya, S., (1990). Extraction of essential oils from citrus fruit peel by supercritical carbon dioxide. *Japan Fudo Saiensu*, 29:58-64.

Murthy, K.S.R., Reddy, C.M., Rani, S.S.& Pullaiah, T. (2016). Bioactive principles and biological properties of essential oils of Burseraceae: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 5(2):247-258.

Otterbach, A. & Wenclawiak, B.W. (1999). Ultrasonic/soxhlet/supercritical fluid extraction kinetics of pyrethrins from flowers and allethrin from paper strips. *Fresenius Journal Analytical Chemistry* 365(5):472-474.

Özel, M.Z., Göğüş, F. &Lewis, A.C. (2006). Comparison of direct thermal desorption with water distillation and superheated water extraction for the analysis of volatile components of *Rosa damascena* Mill. using GCxGC-TOF/MS. *Analytica Chimica Acta* 566(2):172-177.

Peterson, A., Machmudah, S., Roy, B-C., Goto, M., Sasaki, M. & Hirose, T. (2006). Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81(2):167-172.

Romanik, G., Gilgenast, E., Przyjazny, A. & Kamiński, M. (2007). Techniques of preparing plant material for chromatographic separation and analysis. *Journal Biochemical and Biophysical Methods* 70(2): 253-261.

Roy, B.C., Hoshino, M., Ueno, H., Sasaki, M. & Goto, M. (2007). Supercritical carbon dioxide extraction of the volatiles from the peel of Japanese citrus fruits. *Journal of Essential Oil Research* 19(1):78 -84.

Sališová, M., Toma, Š. & Mason, T.J. (1997). Comparison of conventional and ultrasonically assisted extractions of pharmaceutically active compounds from *Salvia officinalis*. *Ultrasonics Sonochemistry* 4(2):131-134.

Sawamura M, Kuriyama T, Li Z.F. & Kusunose, H. (1989). Comparison of peel oil components of yuzu (*Citrus junos* Tanaka) extracted by supercritical carbon dioxide and traditional methods. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 36:34-38.

Sereshti, H., Rohanifar, A., Bakhtiari, S. & Samadi, S. (2012). Bifunctional ultrasound assisted extraction and determination of *Elettaria cardamomum* Maton essential oil. *Journal of Chromatography A* 1238:46-53.

Sing, A.K. (2008) Hydrolytic maseration, expression and cold fat extraction. In S.S. Handa, S.P.S. Khanuja, G. Longo, D.D. Rakesh (Eds) Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. Trieste, Italy: ICS UNIDO, pp 83-92.

Soto Ayala, R. & Luque de Castro, M.D. (2001). Continuous subcritical water extraction as a useful tool for isolation of edible essential oils. *Food Chemistry* 7581): 109-113.

Stashenko, E.E., Jaramillo, B.E. &Martínez, J.R. (2004). Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *Journal of Chromatography A* 1025 (1): 93-103.

Taiz, L. & Zeiger E. (2008). Bitki Fizyolojisi. Palme Yayıncılık. Ankara.

Vági, E., Simándi, B., Suhajda, Á. & Héthelyi, É. (2005). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Origanum majorana* L. extracts obtained with ethyl alcohol and supercritical carbon dioxide. *Food Research International* 38: 51-57.

Vian, M.A., Fernandez, X., Visinoni, F. & Chemat, F. (2008). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A* 1190 (1-2): 14-17.

Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* 8(3): 303-313.

BÖLÜM 3

ESANS YAĞLARDA ETKİCİL MADDE BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Sultan GİRAY[11]
Prof. Dr. Saliha KIRICI[2]

[1] Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana, Orcid: 0000-0002-2847-0747, e-posta: esgiray@cu.edu.tr
[2] Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Orcid: 0000-0002-5798-857X, e-posta: kirici@cu.edu.tr,

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler çok farklı kullanım alanlarına sahiptir. Geçmişten günümüze gelişen teknolojiye bağlı olarak, gıda, ilaç, kozmetik ve parfüm gibi kullanım alanları çeşitlenmiş ve doğrulanmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler, bileşimlerinde bulunan etkili maddelerinin tanımlanmasıyla birlikte farklı endüstrilerde önemli konuma gelmişlerdir. Tıbbi ve aromatik bitkilere önem kazandıran sekonder metabolit olarak adlandırılan etkili maddeleri olup, bileşimi, kalitesi ve miktarı; coğrafi orijini, mevsim, aynı türün varyantları, tarımsal uygulamalar, bitkinin yağının çıkartıldığı kısım, hasat zamanı, distilasyon yöntemi ve depolama süresi gibi bir çok faktöre göre değişmektedir (İnan ve ark., 2011); (Kızıl ve ark., 2016). Bununla beraber; Dünyada tıbbi ve aromatik bitkiler piyasası ve ilaç sektörü etken madde miktarı ve kalitesi yüksek ve bu yönleriyle "standart ürün" talep etmektedir (Kırıcı, 2015). Uçucu yağların kompozisyonu da iç (mevsimsel, ontogenetik, morfogenetik ve genetik varyasyonlar) ve dış (ekolojik ve çevresel) faktörlere göre değişir, kalitesi de güçlü bir şekilde bu faktörlere bağlıdır. Uluslararası Standart Örgütü (ISO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Analitik Avrupa Farmakopesi gibi çeşitli kurumlar tarafından tıbbi bitkiler ve bunlardan elde edilen, özellikle ticarileşmiş uçucu yağların iyi kalitede olmaları için birçok kitap ve yönetmelikler yayınlamaktadır (Zzarte ve Salgueiro, 2015). Uçucu yağların kalite değerlendirmelerinde bileşimlerinin farmakopi ve kodekslerde belirtilen standartlara uygunluğu ve bileşenlerin tanımlanmasında analiz yöntemleri öne

çıkmaktadır. Uçucu yağlar (UY), pek çok alanda saf ve doğal moleküllere olan artan talepler nedeniyle dünya çapında geniş bir talep görmektedir. Böylece, büyük oranda kozmetik, aromaterapi ve fitoilaç alanının kapsayan sağlık ve koku endüstrisi için çok büyük miktarlarda UY üretimi yapılmaktadır (Do ve ark., 2015).

UY'ların tüm uygulamaları (endüstriyel, ticari değeri vs) onların doğrudan doğruya kimyasal kompozisyonu, fizikokimyasal özellikleri, biyolojik aktiviteleri, en bol bulunan veya bazen en az miktarda bulunan kimyasal bileşenine bağlı olarak değerlendirilir. Örneğin bir UY örneği monoterpen veya sesquiterpenlerce zenginse su-alkol ortamında düşük çözünürlük gösterir ve dolayısıyla parfüm endüstrisinde çok kabul görmez. Öte yandan, örneğin safrol, bilinen genetoksik ve kanserojen etkisi nedeniyle gıda ürünlerinde kullanılması sakıncalı iken, timol veya karvakrol'ce zengin UY'lar, antiseptik, antimikrobiyal özellikleri açısından tercih edilir UY molekülleridir (Mastelic´ ve ark., 2008).

UY'ların tanımlanması aşamalarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

1) Duyusal Değerlendirme: bir grup uzman ve deneğin, koku alma yoluyla yaptığı bir uygulamadır. Daha çok parfüm sanayii için uygulaması söz konusudur.
2) Fizikokimyasal özelliklerin saptanması: bu test içinde çeşitli uluslararası standartlara başvurulur (örneğin ISO, International

Organisation for Standardisation). UY'ın dokusu, rengi, akışkanlığı, yoğunluğu, refraktif indeksi, alkolde çözünürlüğü, optik çevirme açısı, peroksit indeksi, ester sayısı, asit sayısı, donma noktası, alevlenme noktası vb parametreler saptanır

3) Biyolojik özelliklerinin saptanması: UY'ların biyolojik özelliklerinin saptanması bunların endüstriyel kullanımlarında oldukça önemlidir. Bu özellikler arasında, antioksidant ve antimikrobiyal özellikleri veya ışık hassasiyetleri ve alerjik özelliklerinin saptanması gereklidir.
4) Kimyasal kompozisyonlarının saptanması: UY'kimyasal kompozisyonun saptanması en önemli analizden biridir. UY bileşenlerinin fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra, kimyasal bileşenler ve bunların göreceli miktarlarının (%) saptanması gıda, ziraat, farmakoloji ve parfüm sanayii gibi alanlarda kullanımı ve onların market fiyatlarının saptanmasında çok belirleyici bir rol almaktadır (De Silva, 1995).

Uçucu Yağların Analiz Yöntemleri

UY'ların kimyasal kompozisyonun çok iyi saptanmasının, uygulamaları açısından önemi arttıkça bunların analiz yöntemlerinde de bir gelişme kaçınılmaz olmuştur. Literatürde yer alan çalışmalar, günümüzde kullanılan ve gelecekte de kullanılması mümkün olan tekniklere oldukça geniş bir yer vermektedir. UY'ların analizlerinde kromatografik ayırma yöntemleri öne çıkmaktadır.

1. KROMATOGRAFİ

Kromatografi herhangi bir karışımda yer alan bileşenleri, hareketli (taşıyıcı-mobil) bir faz yardımıyla sabit (durgun-adsorban) bir faz arasından bu fazlar arasındaki farklı etkileşimlerinden dolayı değişik hızlarda hareket etmeleri esasına dayanarak bileşenlerin birbirlerinden ayrılması yöntemidir. Kromatografi esas olarak, durgun faz tarafından kuvvetle tutulan numune bileşenlerinin, hareketli fazın akısıyla çok yavas hareket etmesi ve fakat durgun faz tarafından zayıfça tutulan numune bilesenlerinin hızlı hareket etmesiyle ayrımın sağlanmasıdır. Böylece numune bilesenleri kalitatif ve/veya kantitatif tayin edilebilirler (Tonbul 2015).

Kromatografi ayrılma mekanizmalarına, uygulama biçimine göre ve faz tiplerine göre sınıflandırılmaktadır.

A. Ayrılma Mekanizmalarına Göre

1. Adsorpsiyon kromatografisi
2. Partisyon kromatografisi
3. İyon değiştirme kromatografisi
4. Jel filtrasyon (Moleküler eleme) kromatografisi
5. İyon çifti kromatografisi
6. Afinite kromatografisi

B. Uygulama Biçimine Göre

1. Düzlemsel kromatografi
2. Kağıt kromatografisi
3. İnce tabaka kromatografisi (TLC)
4. Kolon kromatografisi
5. Gaz kromatografisi (GC)
6. Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC)

C. Faz Tiplerine Göre

1. Sıvı kromatografisi
2. Sıvı-Katı kromatografisi
3. Sıvı-Sıvı kromatografisi
4. Gaz kromatografisi
5. Gaz-Katı kromatografisi
6. Gaz-Sıvı kromatografisi

1.1. Gaz Kromatografisi

Kromatografik ayırmalarda örnek gaz, sıvı veya süperkritik akışkan olan bir mobil fazda çözülür. Bu mobil faz kendisiyle karışmayan (çözünmeyen, reaksiyon vermeyen), bir kolon içine veya katı yüzey üzerine yerleştirilmiş olan bir sabit fazda harekete zorlanır. Örnek bileşenleri sabit ve mobil fazlarda farklı derecede dağılım

gösterirler. Bileşenler sabit faz üzerinde alıkonurlarken mobil faz akışıyla yavaşça hareket ederler. Böylece sabit faz tarafından zayıf tutulan bileşenler daha hızlı hareket ederler. Hareket hızındaki bu farklılıktan dolayı örnek bileşenleri kalitatif veya kantitatif analiz edilebilecek bantlara ayrılırlar. Yöntemin basit oluşu, çalışma kolaylığı ve zamandan tasarruf sağlaması yönünden klasik ayırma yöntemlerine göre üstünlük sağlamaktadır. Kromatografik yöntemlerle kimyasal ve fiziksel özellikleri birbirine çok yakın bileşenlerden oluşan karışımları tümüyle, kolayca ve kısa sürede ayırmak mümkün olmaktadır. Kromatografinin diğer bir avantajı karışımdan hiçbir maddenin kaybolmaması ve yeni bir maddenin kimyasal reaksiyonlarla oluşmamasıdır (Şahin 2016).

Bir maddenin gaz kromatografi cihazıyla analizinin yapılabilmesi için;

a - Molekül yapısının sıcaklığa dayanıklı olması, sıcaklıkla bozunmaması,

b- Maddenin buharlaşabilir olması,

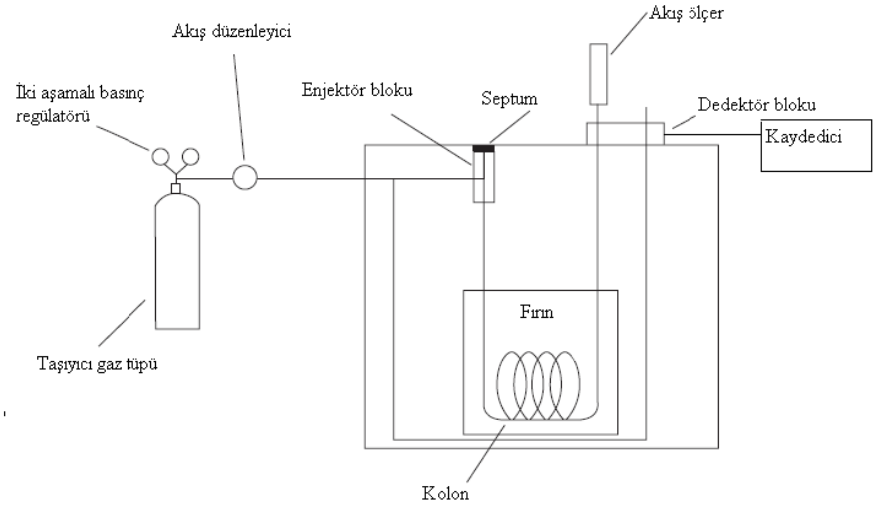
c- Molekül ağırlığının < 400 amu olması,

d- Gaz fazda stabil olması ve taşıyıcı gazlarla reaksiyona girmemesi,

e- Analiz edilen diğer maddelerle reaksiyona girmemesi gerekmektedir.

Gaz kromatografi cihazlarının çalışma prensipleri şu şekildedir;

1. Analiz edilecek numunenin uygun numune hazırlama yöntemlerine göre hazırlanarak cam viallere alınması ve cam viallerin cihaz üzerinde belirlenen kısma yerleştirilmesi,
2. Cihazın hangi numuneyi hangi metotta ve hangi hacimde çalışacağını belirten çalışma tablosunun yazılması,
3. Numune vialinden belirlenen miktarda numunenin otoenjektör vasıtasıyla alınması ve enjeksiyon bloğuna gönderilmesi,
4. Enjeksiyon bloğunda sıcaklıkla numunenin buharlaştırılması, gerekirse tercihe göre numunenin tamamının (splitless) veya bir kısmının (split) taşıyıcı gaz yardımıyla kapiler kolona taşınması ve elüsyon işleminin başlaması,
5. Numune bileşenlerinin kolonda tutunmalarına göre ilerleyerek (her bileşen partisyon katsayısı K'ya bağlı olarak farklı hızlarda hareket edecektir) dedektöre ulaşması ve dedektör sinyallerinin kaydediciye iletilerek pik yüksekliği veya pik alanı olarak kaydedilmesi, enjeksiyon başlangıcından dedektör sinyalinin kaydedilmesine kadar geçen zaman o bileşen için tutunma zamanı (retention time, tR) olarak kaydedilmektedir. Gaz kromatografi cihazlarında tutunma zamanlarına göre kalitatif analiz, pik alanları veya yüksekliklerine göre de kantitatif analizler yapılabilmektedir. Şekil 1 de gaz kromatografi cihazının bileşenleri gösterilmiştir (Şahin 2016)



Şekil 1. Gaz kromatografi cihazının bölümleri

Taşıyıcı Gaz

Gaz kromatografisinde mobil faz taşıyıcı gaz olarak adlandırılmaktadır. Taşıyıcı gaz inert olmalıdır. Taşıyıcı gaz olarak argon, azot ve hidrojen de kullanılabilmesine rağmen en çok helyum kullanılmaktadır. Taşıyıcı gaz olarak helyum tercih edilmesinin nedeni hidrojen gibi potansiyel patlama tehlikesinin olmaması ve diğer taşıyıcı gazlara göre hassasiyet düşmesine sebep olmamasıdır. Gaz kromatografi cihazlarında kullanılan bütün gazlar cihaza girmeden önce gaz filtrelerinden (moleküler elek) geçirilmelidir.

Taşıyıcı gaz akış hızı gaz kromatografi cihazlarında sabit akış (constantflow) ve sabit basınç (constantpressure) olmak üzere 2 farklı şekilde ayarlanabilmektedir. Basınç-akış değişikliği kullanıcı tarafından programlanmasına rağmen fırın programındaki sıcaklık

değişiklikleri nedeniyle sabit basınç altında akışın devamlı değişiklik göstermesi nedeniyle sabit akış modunda çalışma daha çok tercih edilmektedir (Şahin 2016).

Numune Girişi

Gaz kromatografi cihazlarında örnek cihaz üzerine monte edilmiş bir otoenjektör vasıtasıyla enjeksiyon bloğuna gönderilir. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı numunedeki en az uçucu bileşenin kaynama noktasının en az 50 ºC üzerinde olması ayrıca kolon girişinde yoğunlaşmaya sebep olmamak için metot başlangıç sıcaklığından düşük olması gerekmektedir. Örnek enjeksiyon bloğunun içinde sıcaklıkla buharlaşır, taşıyıcı gazla seyreltilir ve kolona girer. Yüksek kolon verimi ve örnekden örneğe taşınmanın engellenmesi açısından kolona giren miktar önemlidir. Örnek miktarının fazla olması ve/veya yavaş enjekte edilmesi (manuel enjeksiyonlarda) bant genişlemesine ve bileşenlerin ayrılmasının iyi olmamasına sebep olabilir. Çalışılan numunenin konsantrasyonuna göre bir kısmının (split) veya tamamının (splitless) cihaza enjekte edilmesi gerekebilir (Şahin 2016).

Kromatografik Kolon

Gaz kromatografi cihazlarında dolgulu ve kılcal (kapiler) olmak üzere 2 çeşit kolon kullanılmaktadır. Önceleri dolgulu kolon kullanılırken, günümüzde daha çok kapiler kolonlar tercih edilmektedir. Kolon yapımında çoğunlukla paslanmaz çelik ve

ergitilmiş silis, nadiren de cam ve teflon kullanılır. Kolonlar kolon fırınlarına sığmaları için bobinler halinde sarılır. Kolonların sabit fazı katı veya katı yüzeyine emdirilmiş bir sıvı olabilir. Kullanılan kolon tipine göre gaz kromatografisi, gaz-katı kromatografisi (sabit faz katı) ve gaz-sıvı kromatografisi (sabit faz sıvı) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şahin 2016). Gaz-katı kromatografisinde sabit faz olarak silikajel, alümina veya aktif kömür gibi maddelerin kullanıldığı, zayıf adsorbsiyon prensibine dayalı bu yöntemde birbirinden ayrılması zor ve kuyruklu pikler elde edilir. Bu yöntem daha çok küçük moleküllü maddelerin ayrılmasında kullanılır. Gaz-Sıvı kromatografisinde ise kolon çapı 0,3-0,5 mm olan kapiler kolonlar kullanılır. Bu kolonlarda gözenekli bir katı faz üzerine emdirilmiş büyük moleküllü özel bir sıvı faz bulunmaktadır. Sabit fazı veya dolgu maddesi özel bir sıvı ile kaplanmış kolonlar SCOT (supportcoatedopentubuler), iç yüzeyi özel bir sıvı ile kaplanmış kolonlar WCOT (wallcoatedopentubuler) olarak adlandırılmaktadır. WCOT kolonlar içleri boş ve açık uçlu kolonlardır. Kolonların iç yüzeyleri büyük moleküllü özel bir sıvı ile kaplıdır. Bu kolonlar bakır, alüminyum, paslanmaz çelik veya camdan yapılabilmektedir (Şahin 2016).

Kaynama noktası geniş bir aralıkta seyreden bileşenler için kolon fırınlarının sıcaklıkları programlanabilir olmalıdır. Bu şekilde ayrılma devam ederken sıcaklık sürekli olarak veya kademeli olarak değiştirilebilir. Kapiler kolonlarla çalışırken kolon içinde gaz akışı

yokken fırına yüksek sıcaklıklar vermemek ve cihazın çalışmadığı durumlarda kolonun belli bir kondüsyonda düşükte olsa gaz akışı olacak şekilde bekletilmesi tekrarlanabilir sonuçlar almak açısından önemlidir. Bu uygulama aynı zamanda kolon ömrünü de uzatmaktadır. Gaz kromatografi cihazlarında numune miktarı, kolon uzunluğu, çalışılan numuneye uygun kolon dolgu maddesi, sıcaklık programı, taşıyıcı gaz, taşıyıcı gaz akış hızı uygun bir şekilde seçilerek tatmin edici bir ayırma elde etmek mümkündür (Şahin 2016).

Sıcaklığın Etkisi ve Kontrolü

Gaz kromatografisinde amaç örnek bileşenlerinin kolon boyunca gaz fazında ilerlemesidir. Kaynama noktası en yüksek olan bileşenin taşıyıcı gaz içinde süratle buharlaşmasına olanak vermek için kolon sıcaklığının yeteri kadar yüksek olması gerekmektedir. Sıcaklık yeteri kadar yüksek değilse numune kolondan geçerken çok yavaş hareket edecek bu da analiz zamanının yükselmesine, piklerin genişlemesine ve hassasiyetin düşmesine neden olacaktır. Eğer kolon sıcaklığı çok yüksek olursa numune bileşenleri kolonu hızlıca terk edecek ve bu durumda da uygun bir ayrılma sağlanamayacaktır. Kolon sıcaklığını geniş bir aralık içinde ayarlayabilmek ve kontrol edebilmek bu nedenlerle çok önemlidir. Kaynama noktası geniş bir aralıkta değişen bileşenler için genellikle sıcaklık programlaması (gradient, kademeli) yapılarak piklerin daha iyi ayrılması sağlanabilir. Bu durumda ayrılma sürerken sıcaklık sürekli olarak veya basamaklar halinde arttırılır. İzotermal

çalışmalarda fırın sıcaklığı analiz boyunca sabit tutulmakta ve geç çıkan piklerde yüksek pik genişlemesi görülmektedir. Sıcaklık programı uygulandığında daha kısa süreli analizlerde daha düzgün pikler elde edilebilirken artan kolon kanamasıyla baseline kaymaları görülebilmektedir (Şahin 2016).

Gaz Kromatografi Dedektörleri

Dedektör kolonda ayrılan bileşenleri algılayan ve onları elektronik sinyallere dönüştüren elektronik birimdir. İdeal bir dedektör ilgilenilen maddelere karşı yeterince hassas, stabil ve tekrarlanabilirliği iyi olmalıdır. Çalışılacak madde konsantrasyonları için yeterli bir lineer aralıkta çalışabilmelidir. Oda sıcaklığından 400°C ye kadar çalışabilmelidir. Akış hızından bağımsız olarak algı-cevap süresi kısa olmalıdır. Geniş bir aralıkta maddeye karşı hassas olmalı ve örnekten olumsuz etkilenmemelidir. Uygulandıkları numune tiplerine göre gaz kromatografi dedektörleri Tablo 1'de gösterilmiştir (Şahin 2016).

Alev iyonlaşma dedektörü gaz kromatografide en yaygın ve uygulama alanı en geniş dedektörlerdendir. Kolondan gelen karışım hidrojen-hava alevine yönlendirilir. Organik bileşiklerin çoğu bu alevde piroliz edildiğinde elektronlar ve iyonlar üretirler. Oluşan bu elektron ve iyonlar alev boyunca elektrik iletkenliği sağlarlar. Gaz kromatografisi / kütle spektrometresi (GC/MS), karmaşık organik ve biyokimyasal karışımların analizi için kullanılan güçlü bir

sistemdir. Bu uygulamada kromatografik kolondan çıkan bileşikler için ayrı ayrı spektrumlar toplanır. Bu spektrumlar daha sonra islenmek üzere bir bilgisayarda depolanır. Kütle spektrometresi ayrıca uçucu olmayan bileşenler içeren numunelerin analizi için sıvı kromatografi ile de birlestirilmistir (LC/MS).

Tablo 1. Gaz Kromatografi Dedektörlerinin Uygulandığı Numune Tipleri (Skoog&Leary 1992)

Dedektör tipi	**Uygulanan numuneler**
Alev iyonlaşma (FID)	Hidrokarbonlar
Termal iletkenlik (TCD)	Her tip bileşik
Elektron yakalama (ECD)	Halojenli bileşikler
Kütle spektrometre (MS)	Her tür için ayarlanabilir
Termiyonik(NPD)	Azot ve fosfor bileşikleri
Elektrolitik iletkenlik (Hall)	Halojen,kükürt veya azot
Fotoiyonlaşma	UV ışınıyla iyonlaşan
Fourier dönüşümlü IR(FTIR)	Organik bileşikler

Her iki ikili yöntemin de geliştirilmesi sırasında çözülmesi gereken en büyük problem, kromatografi sisteminde taşıyıcı gaz yada sıvı ile büyük ölçüde seyrelmenin olması yani taşıyıcı miktarının numuneye göre çok olmasıdır. Bu nedenle, numuneyi kütle spektrometreye göndermeden önce bu gaz ya da sıvıyı uzaklaştırmak için yöntemler gerekir (Şahin 2016).

GC ile UY Bileşenlerinin Tanımlanması

Gaz kromatografi (GC), bilimin pek çok alanından olduğu gibi, UY'ların kimyasal kompozisyonunun saptanmasında en yaygın kullanılan temel analitik yöntemlerde biridir. Kromatografik bir işlemle bir örnek karışımının çok iyi bir şekilde birbirinden ayrılmasını sağlamak mümkündür. GC, bir sabit faz ve bir de hareketli faz arasında moleküllerin bu fazlardaki kalma sürelerine bağlı olarak gerçekleşen bir ayırma yöntemi olarak da kısaca tanımlanabilir. Ancak bu ayırma işleminin ardından her bir ayrılan molekülün kimyasal yapısının saptanması için, spektroskopik veye spektrometrik detektörler aracılığı ile ikinci analitik çalışma daha gereklidir. Bu aşamada da en yaygın kullanılan uygulama GC-MS (Gaz Kromatografisi- Kütle Spektroskopisi) yöntemidir (Jennings ve Shibamoto,1980).

UY bileşenlerinin tam ve doğru tanımlanmasının yapılmasında uygulanan GC çalışımla koşullarının iyi saptanması oldukça önemlidir. Bu başarılı ayırma işleminde; kolon seçimi, fırın sıcaklık programı, hareketli fazın (gaz) akış hızı, enjeksiyon modu (split/kolona doğrudan/pulsed) ve dedektör sisteminin seçimleri oldukça önemlidir. Detektör sistemi olarak yaygın olarak tercih edilen kütle spektrometresi (MS), yeni veya bilinmeyen moleküllerin saptanması, geometrik izomerlerin ayırt edilebilmesi konusunda oldukça yardımcı bir analitik yöntemdir. Bunun yanı sıra, oldukça güçlü bir teknik olan nükleer magnetik rezonans spektrometresi

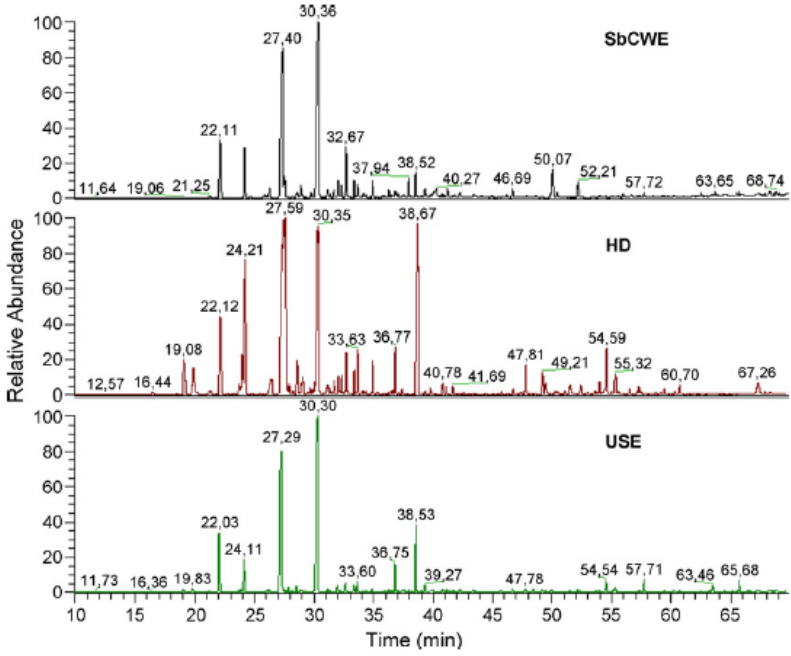
(NMR), Infrared (IR) ve Raman spektroskopi teknikleri de UY'ların saptanmasında kullanılmaktadır (Daferera ve ark., 2002); (Tomi ve Casanova, 2006); (Schulz ve Baranska, 2007); (Sparkman ve ark., 2011). Bu bölümde GC tekniklerinden bahsederken tek ve çok boyutlu teknikler olarak bir isimlendirme adı altında yapılacaktır.

Tek Boyutlu GC Tekniği

GC ile UY analizlerinde en temel çalışma, UY bileşenlerinin, spektrometirk bir dedektörün kullanılmadığı bir sistemde moleküllerin tanımlanması FID, TCD detektörlerden sağlanan kromatografik verilerden yararlanarak yapılır (Kovats indisi, Lineer alıkonma indisi, göreceli alıkonma(t_{RR}) zamanı, mutlak alıkonma süresi (t_R) gibi). Bu verilen standart moleküllerin verileriyle kıyaslanır. Bunun için UY moleküllerinin tüm kromatografik ayırma koşullarının (kolonun cinsi, fırın sıcaklık programı, hareketli fazın akış hızı, detektör) birebir, kıyaslanacağı standart molekülün ayırma koşulları ile aynı olması gereklidir. Bu teknik için en yaygın örnek GC-FID ve GC-TCD sitemidir.

GC sisteminde UY bileşenlerinin ayrılması, kromatografi kolunun içi yüzeyi (sabit faz) ve hareketli faz (gaz, N_2, He veya H_2) arasından dağılma oranlarına bağlı olarak gerçekleşir. Bu ayrılmanın öncesinde ise analiz örneğinin uçucu fazda olması gereklidir. Bu aşama, enjeksiyon kısmında sıcaklığın 200 °C veya üstünde tutulmasıyla sağlanır. Enjeksiyon portunda buharlaştırılan UY bileşenlerinin ~0.2

mm iç çapına sahip kolonun, dolgu materyali üzerinden (sabit faz; polar, apolar veya inert) hareketli faz (gaz) yardımıyla hareket ettirilerek biribirden ayrılırlar. Bu ayrılma, sıcaklık kontrollü bir işlemdir. Ayırma işlemi sırasından uygulanan sıcaklık programı işlem sırasından, kromatografi kolonun koşullarının değişmesini sağlar böylece ayırma başarıyla tamamlanır. Ayrılma sırasında detektöre ulaşan bileşenler, içinde bulunduğu karışımındaki miktarına göre bir göreceli bir miktar dağılımı gösterir (Şekil 1).



Şekil 1. *Lavandula stoechas* Çiçeklerinin Subkritik Su Ekstraksiyonu (Sbcwe), Hidrodestilasyon (HD) Ve Ultrases Destekli Ekstraksiyon (USE) Yöntemleri İle Hazırlanmış Uçucu Yağlarının GC–MS Kromatogramı (Giray ve ark., 2008)

Kromatografik ayırma, dört ana birimden oluşur: giriş, ayırma, dedeksiyon ve data toplama. Bir GC işlemi ile ayrılacak analiz örneğinin yeterince uçucu ve aynı zamanda termal olarak kararlı olması gereklidir. Bu nedenle, GC analizine uygun olmayan analitler arasında iyonik veya çok polar maddeler, ısıya dayanıklı veya yüksek moleküler ağırlıklı bileşikler bulunur. GC ile analize uygun moleküller konusunda iyi birer kaynak olarak Handbook of Derivatives for Chromatography (Blau ve Helket (1993) ve Modern Derivatization Methods for Separation Sciences (Toyo'oka, 1999) verilebilir.

Tek Boyutlu GC Tekniğinde Kullanılan Kolonlar

UY'lar genellikle çok fazla sayıda bileşenden oluştuğu ve aynı zamanda çeşitli izomerik (geometrik, stereoizomerik, yapısal) formlarda olduğu için bunların ayrılmasında kolon seçimi önemlidir. Genel olarak uzun (50 - 60 m) ve iç çapı küçük (çoğunlukla 0.25 - 0.32 mm) olan kolonlar tercih edilir. Kolon çapı ve uzunluğunun yanı sıra, kolon dolgu maddesinin (sabit faz) film kalınlığı da (df) kromatografik ayırma sonucunu etkileyen önemli bir faktördür. Yaygın uygulama olarak -0.33 μm dir. Çok uçucu olan bileşenler için d_f : 5 μm olarak değişebilir. GC ayırma işleminde, sabit fazın kimyasal yapısı ise ayrılacak moleküllerin yapısına göre tercih edilmesi gerekir. Bunu analiz örneğinin polaritesi belirler. UY'ların hem polar hem de apolar bileşenler içerdiği göz önünde bulundurulduğunda, polar (polietilen glikol) ; apolar [% 100-poli(dimetilsiloksan) veya % 5–95-

fenil-poli(metil siloksan) karışımı kolonlar tercih edilir. GC ile ayırma işleminde, uçucu bileşenlerin analizi için kolon başlangıç sıcaklığı yaygın olarak 35–50 °C tercih edilir; UY'ların doğası gereği yüksek bir kolon son sıcaklığına ihtiyaç olmayabilir (200–250 °C). Bunların yanı sıra kolon ısınma hızı, kolonun uzunluğu ile ilişkili olmak üzere, uzun kolonlar için 3–4 °C/min, kısa kolonlar için (30 m) 5–7 °C/min veya biraz daha hızlı olabilir. Ancak hemen belirtmek gerekir ki, sıcaklık programı uygulanarak yapılan bu analitik çalışma için verilen bu değerler opsiyoneldir. UY moleküllerinin kimyasal kompozisyonu bu değerlerin değişmesine neden olabilir (Hinshaw ve Ettre, 1994).

Yıllar içinde cihazlarda ve geliştirilen analiz yöntemlerindeki hızlı ilerleyişler, kapiler kolonların kullanıldığı GC'lerde çok hızlı ve hassas çalışmalar yapılmasına olanak sağlamıştır. GC için kararlı kiral kolonların gelişmesiyle (bu sabit fazlar çoğunlukla siklodekstrin esaslıdır) enantiyomerik UY moleküllerinin tanımlanmasına da olanak sağlamaktadır. Bu şekilde tanımlamalar UY kalitesini kontrol etmede oldukça önemlidir. Ancak literatürde yer alan pek çok araştırma sonucundan tek bir "evrensel kirla kolon" çıkarımı yapabilmek mümkün değildir (König, 1998); (Bicchi ve D'Amato, 1999)

Tek Boyutlu GC Tekniğinde Kullanılan Enjeksiyon Sistemleri

Genel olarak uçucu maddelerin kromatografik analizinde tüm enjeksiyon sistemlerinden yararlanılır. UY analizlerinde ise klasik split/splitless enjeksiyon sistemi tercih edilir. Enjeksiyon portunun

sıcaklığı UY moleküllerinin buharlaştırılmasına yetecek düzeyde tutulur (200–250 °C). Split mod'da çalışıldığına, analiz örneğinin minimum deteksiyon limitinin üzerinde bir miktarda kolona transferi sağlanır. Splitless mod ise, çok miktarda bulunan ve bunların yan ısıra termal olarak kararlı olmayan bileşenlerin enjeksiyonu için uygun bir sistemdir (Grob, 1993). Bir diğer enjeksiyon sistemi sıcaklık-programlı enjeksiyonlardır (Programmed-temperature injectors PTV). Daha çok, çok derişik (örneğin ekstraksiyon ortamından doğrudan alınan UY moleküllerinin) örneklerin analizinde tercih edilir. Doğrudan kolona enjeksiyon (on-column injection) sistemi ise hem yüksek uçucu hem de termal olarak kararlı olmayan UY moleküllerin analizine uygun bir enjeksiyon sistemidir (Grob, 1987).

Tek Boyutlu GC Tekniğinde Kullanılan Detektörler ve GC-MS

GC sistemlerinde yer alan detektörler, analiz edilen moleküller için bir sinyal üretirken, taşıyıcı gaza cevap vermez. Kullanılan dedetörler, refraktif indeks, floresans, iyonik akım, ısıl iletkenlik (TCD) ve foton emisyon gibi fiziksel özelliklerden yararlanarak analiz örneklerine cevap verirler. TCD veya infrared (IR) detektörler genel olarak tüm moleküllerin saptanmasında kullanılabildikleri için bunlara "evrensel dedektörler" de denir. Bunların dışında, azot-fosfor detektör (NPD), elektron-yakalama (ECD), alev-fotometrik detektör (FPD), ısıl enerji analizör (TEA) ve atomik emisyon detektör (AED)de diğer özel dedektörler arasında yer alır. Bunların dışında en özel detektörlerden bir diğeri ise Kütle Spektrometresi (MS) dir (Dressler, 1986).

GC ve MS kombinasyonu, UY analizlerinde üç bağımsız parameterenin saptanmasını sağlar. Bunlar: analitin alıkonma zamanı (t_R), iyonlaşan analitin ayrılma zamanı ve MS detektöre ulaşan her bir molekülün miktarı (sinyal yüksekliği) (Scheinemann ve ark., 2012). Bunun yanı sıra, GC- MS kombinasyonunda headspace enjeksiyon mümkündür ve böylece; düşük deteksiyon limiti, iyi seçicilik, hızlı analiz süresi, atmosferik basınç altında çalışma ve analiz örneği için ön hazırlık gerektirmemek gibi avantajları vardır. UY'lar hakkındaki mevcut bilgiler, GC-MS tekniği kullanılarak sağlanmıştır (Daferera ve ark., 2000); (Giray ve ark., 2008); (Jiang ve ark., 2011). GC-MS sisteminde analiz, moleküllerin iyonlaştırılmasını gerektirir. Bu iyonlaşma ardından, elektron bombardımanı (EI, 70 eV, enerji, en eski ve yaygın elektron iyonlaştırması yöntemi) ile molekülde kovalent bağlarda kırılmalar ile molekülden parçalanma ürünleri elde edilir. Bir diğer iyonlaşması yöntemi de kimyasal iyonlaşmadır (KI). Bu yöntem, EI yöntemi ile moleküler iyon sinyali oluşturamayan moleküllerin iyonlaştırılmasında tercih edilir. Analiz örneğinin doğasına bağlı olarak, uygun bir reaktif gaz ile molekülden pozitif veya negatif iyonlar oluşur. KI sırasında protonlanmış (MH^+), deprotonlanmış ($M-H^-$) veya elektron almış ($M-$) moleküler iyonlar oluşur. Analitin molekül kütlesi bu modifiye edilmiş moleküler iyon kütlesinden saptanır. GC-MS ile elde edilen sonuçların yorumlanması sırasında, karışımlardaki maddelerin moleküler yapısının yüksek bir doğrulukla saptamak çok önemlidir. Özellikle tüm analitler için sertifikalı standart maddelerin temin edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda,

bu çalışmalar çok daha yüksek dikkat gerektirmektedir. Bu değerlendirmeler sırasında ticari olarak temin edilen veri tabanlarından (NIST, WILEY, vb) da yararlanılır.

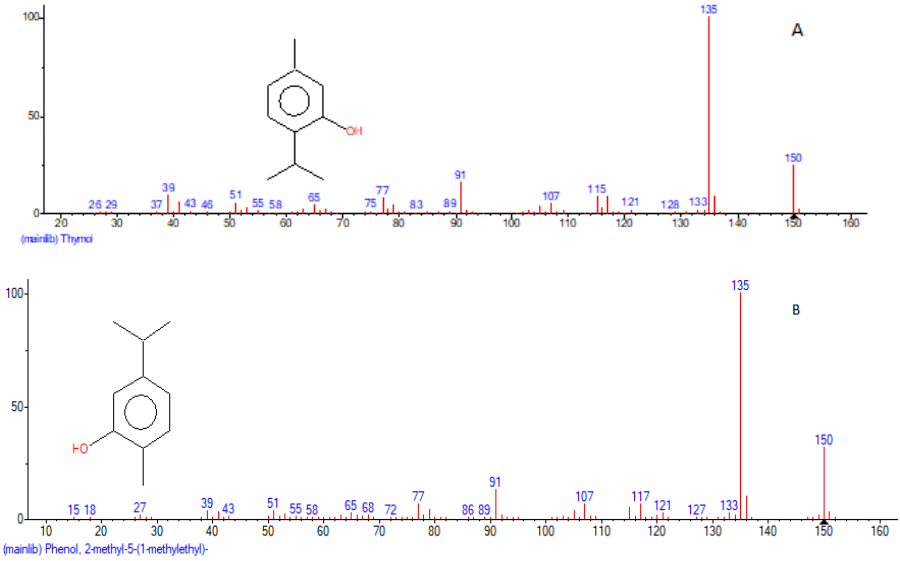
MS larının değerlendirilmesi işlemlerinde parçalanma ürünlerinin kütlesi (m/z) ve şiddeti (göreceli bolluğu), moleküldeki kovalat bağlarının gücüne göre değişkenlik gösterir. Parçalanma ürünleri denilen bu iyonların dağılımı, her bir moleküle özgü olduğu için yapının aydınlatılmasının hatasız olmasına olanak sağlar. Hatta bu izomerik moleküller için de geçerlidir. Örneğin karvakrol ve timol, yapı izomeri iki doğal monoterpen fenol bileşiğidir ve bunların MS'ları neredeyse birebir aynıdır. Ama GC-MS sisteminde, farklı polariteye sahip kolonlarda yapılan ayırma işlemlerinden elde edilen lineer alıkonma indislerinden (LRI) yararlanılarak ayırt edilmeleri mümkündür (Şekil 2).

İki ve Üç Boyutlu GC Tekniği

İki boyutlu GC tekniklerinden biri GC-GC tekniğidir. Bu sistemlerde iki farklı polariteye sahip kolon birbirinden bağımsız olarak peş peşe kullanılır. Genellikle ilk kolon düşük polariteye sahip bir sabit faz içerirken, ikinci kolonun dolgu maddesi daha polar bir materyal olarak seçilir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki; farklı moleküller farklı mekanizmalarla ayrılırlar, dolaysıyla kolon kombinasyonları konusunda kesin bir kural yoktur. Genel olarak birinci kolonda ayrılan moleküller, ikinci kolona aktarılarak orada da ikinci ayırma işlemi

gerçekleşir. Ancak, GC- GC tekniği, ilk kolon uygulama aşamasında yavaş ilerleyen bir sıcaklık programı gerektirmesi, data işleminin kolay olmayışı ve tercih edilebilir bir cihaz uygulaması olmaması gibi dezavantajlara sahiptir (Marriott ve ark., 2003); (Namara ve ark., 2007).

Üç boyutlu GC tekniğinin en güçlü örneği ise GC-GC -TOFMS teknolojisidir. Bu teknikle çok yüksek çözünürlükle UY moleküllerinin ayrılması ve tam kütle spektrumlarının sağlanabilmesi mümkündür. Bu teknikle lavander (*Lavandula angustifolia*) UY ve paçuli (*Pogostemon cablin*) UY 'nın kimyasal kompozisyonu tam olarak aydınlatılabilmiştir (Shellie ve ark.,2001); (Wu ve ark., 2004).



Şekil 2. İki İzomerik Fenolik Bileşiğin EI (70 eV) Kütle Spektrumu . A: Timol; B: Karvakrol

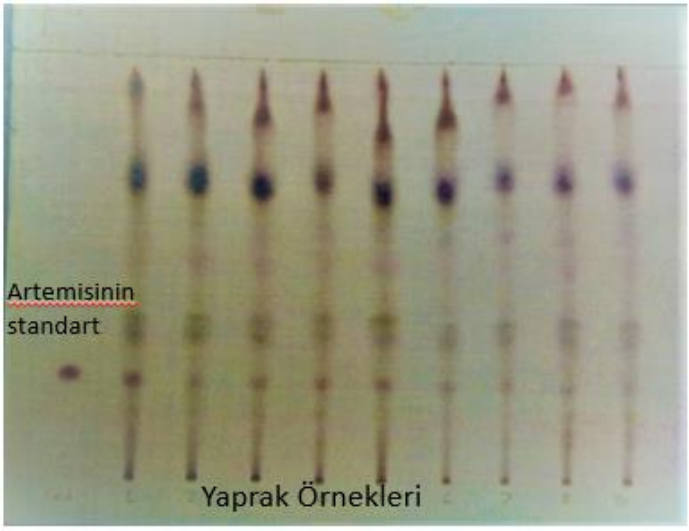
1.2.Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC)

HPLC cihazı genel olarak 8 kısımdan oluşur; Mobil faz (çözücü) şişeleri, degasser (mobil faz içerisinde bulunan eriyik gazların giderilmesi için kullanılan bir sistem), pompa, enjektör, kolon fırını, kolon, dedektör, kaydedici, bu kısımlardan bazıları çalışılacak numuneye ve cihaz marka, modeline göre değişiklik gösterebilir (Eser & Dinçel, 2018) . UY analizlerinde, HPLC sistemi yaygın olarak UV detektörle birlikte kullanılır (HPLC-UV). Hassas ve seçimli olma özellikleri nedeniyle güvenilir bir yöntem olmasının yanı sıra, UY bileşenleri arasından uçuculuğu az olan moleküllerin analizlerinde tercih edilir (Bonaccorsi ve ark., 1999); (Marin ve ark., 2000). Piry ve Pribela, ters-faz HPLC-UV (reversed-phase HPLC-UV) tekniği ile frenk üzümü (*Ribes nigrum* L.) UY'larının başarılı bir ayrıma örneğinin vermektedir (Piry ve Pribela, 1991). Bonaccorsi ve ark., da narenciye (*Citrus*) UY'larının oksijenli hetereosiklik moleküllerinin HPLC tekniği ile ayrılmasına örnekler vermişlerdir (Bonaccorsi ve ark., 1999).

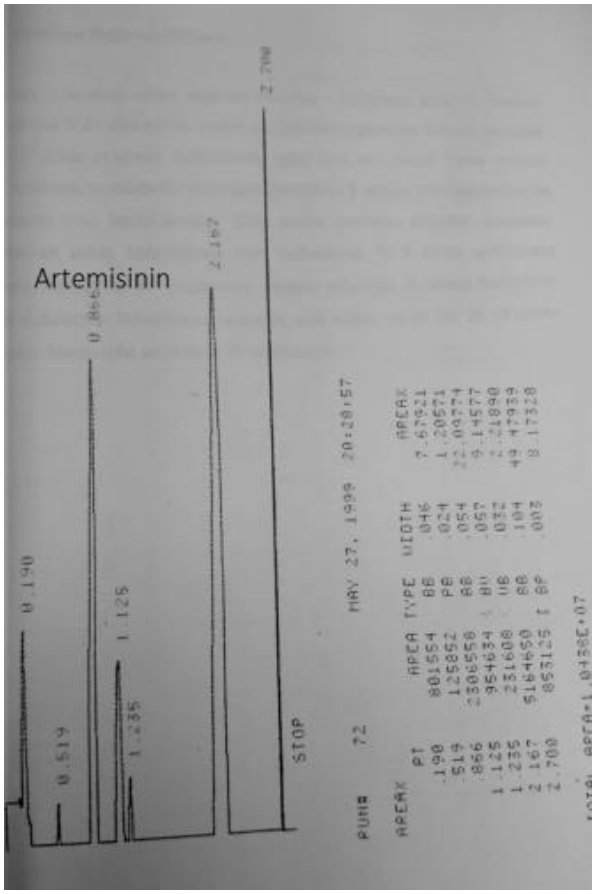
1.3. İnce Tabaka Kromatografisi (İTK)

Yapısına bağlı olarak tabaka moleküllerin ayırmasını (1) çözünenlerin çözeltiden, tabaka partiküllerinin yüzey aktif gruplarına fiziksel sorpsiyonuyla (adsorpsiyon), (2) tabaka üzerinde tutulan sabit sıvıda moleküllerin çözülmesiyle (dağılma), (3) iyonların tabakanın zıt yüklü kısımlarıyla etkileşmesiyle (iyon değiştirme) veya molekül

boyutlarına veya (4) şekillerine bağlı olarak çözünenlerin tutulması (boyut eleme) ile sağlar. İTK'da dahil olmak üzere tüm kromatografik tekniklerde temel amaç bir karışım içerisindeki bileşenleri ayırmaktır. Özellikle uzak doğuda malaryaya karşı kullanılan yıllık pelin otunda (*Artemisia annua*) seskuiterpen olan etkili maddesi artemisinin, ısıya maruz kaldığında artemisinin A ve B olarak ikiye ayrıldığı için hızlı ve güvenilir analizinde İTK ve TLC-densitometri kullanılmaktadır (Mert, 1999; Mert ve ark., 2002) (Şekil 3 ve 4).



Şekil. 3. Yıllık Pelin Otunda İTK Artemisinin Analizi (Çözücü: N-Heksan:Dietileter 1:1, Belirteç: Glasial Asetik Asit-Konsantre H_2SO_4-Anisaldehit 50:1:0.5).



Şekil 4. Yıllık Pelin Otu Yaprak Örneğinin İTK Densiogramı (Camag Scanner-II).

SONUÇ

Uçucu yağların kullanım alanları her geçen gün artmakta, endüstrinin farklı alanlarında yer almaktadır. Gerek doğal floradan gerekse tarımı yapılan bitkilerden elde edilen UY'ların oran ve bileşenleri çeşitli faktörlerin etkisiyle değişmekte, bununla beraber Dünya pazarları, kozmetik ve ilaç sektörü etken madde miktarı ve kalitesi yüksek ve bu yönleriyle "standart ürün" talep etmektedir. Uçucu yağların kalite

değerlendirmelerinde bileşimlerinin farmakopi ve kodekslerde belirtilen standartlara uygunluğu ve bileşenlerin tanımlanmasında, tahşiş de analiz yöntemleri öne çıkmaktadır. Kompleks organik ve biyokimyasal karışımlar olan UY'ların ayrılmasında seçilen yöntemin, UY'a uygun, hızlı, güvenilir ve ekonomik olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Bicchi, C., D'Amato, A. & Rubiolo, P. (1999). Cyclodextrin derivatives as chiral selectors for direct gas chromatographic separation of enantiomers in the essential oil, aroma and flavour fields. *Journal of Chromatography A* 843(1-2):99-121.

Blau, K.B., & Halket, J. (1993). Handbook of Derivatives for Chromatography. John Wiley & Sons. New York.

Bonaccorsi, I.L, McNair, H.M., Brunner, L.A., Dugo, P. & Dugo, G. (1999). Fast HPLC for the analysis of oxygen heterocyclic compounds of citrus essential oils, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(10): 4237–4239.

Daferera, D. Tarantilis, P., & Polissiou, M. (2002). Characterization of essential oils from lamiaceae species by fourier transform Raman spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(20): 5503–5507.

Daferera, D.J., Ziogas, B.N. & Polissiou, M.G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum.* *Journal of Agricultural Food Chemistry* 48(6): 2576–2581.

De Silva, T.K. (1995). A Manual on the EO industry. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Vienna.

Do, T. K. T., Hadji-Minaglou, F., Antoniotti, S. & Fernandez, X. (2015). Authenticity of essential oils, *Trends in Analytical Chemistry* 66: 146–157) .

Dressler, M. (1986). Selective Gas Chromatographic Detectors. Elsevier, Amsterdam.

Eser, B. & Dinçel, A.S. (2018) Kromatografiye giriş, yüksek performanslı sıvı kromatografi kullanımında basit ipuçları. *Journal of Health Services and Education* 2(2): 51-57.

Giray, E.S., Kırıcı, S., Kaya, D.A., Türk, M., Sönmez, Ö. & İnan, M. (2008). Comparing the effect of sub-critical water extraction with conventional

extraction methods on the chemical composition of *Lavandula stoechas*. *Talanta* 74 (4): 930-935.

Grob K. (1993). Split and Splitless Injection in Capillary GC, 3rd ed. Huthig Buch Verlag. . Heidelberg.

Grob, K. (1987). On-Column Injection in Capillary Gas Chromatography, 2nd ed. Dr. Alfred Heuthig, Gmbh. Heidelberg.

Hinshaw, J.V. & Ettre, L.S. (1994). Introduction to Open-Tubular Column Gas Chromatography. Advanstar, Cleveland.

İnan, M., Kırpık, M., Kaya, D.A. & Kırıcı, S. (2011). Effect of harvest time on essential oil composition of *Thymbra spicata* L. Growing in Flora of Adıyaman. *Advances in Environmental Biology* 5(2): 356-358.

Jennings, W., & Shibamoto, T. (1980) Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. Academic Press, New York.

Jiang, M.H., Yang, L., Zhu, L., Piao, J.H. & Jiang, J.G. (2011). Comparative GC/MS analysis of essential oils extracted by 3 methods from the bud of *Citrus aurantium* L. var. *amara* Engl. *Journal of Food Science* 76(9):C1219-25.

Kırıcı, S. (2015). Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkilerin genel durumu. *TÜRKTOB, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*. 15: 4-11.

Kızıl, S., Güler, V., Kırıcı, S. & Türk, M. (2016). Some agronomic characteristics and essential oil composıtion of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under cultivation conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 15(6) : 193-20.

König, W.A. (1998). Enantioselective capillary gas chromatography in the investigation of stereochemical correlations of terpenoids. *Chirality* 10:499-504.

Marin, C., Marchisio, G., Janinet, O. & Le, B.B. (2000). HPLC control of citrus essential oils. Application to lemon essential oils, *Annales des Falsifications de l'Expertise Chimique et Toxicologique* 93(953):389–399.

Marriott, P.J., Haglund, P. & Ong R.C.Y. (2003). A review of environmental toxicant analysis by using multidimensional gas chromatography and comprehensive GC. *Clinica Chimica Acta* 328 (1-2):1-19.

Mastelic, J,, Jerkovic´I., Blaževic´, I., Poljak-Blaži, M., Borovic´, S., Ivanci-Bace´, I., Vilko Smreckı ˇ , Žarkovıc´, N., Kostic, K. B., Vikıc´-Topıc´D. & Müller, N. (2008). Comparative Study on the Antioxidant and Biological Activities of Carvacrol, Thymol, and Eugenol Derivatives Journal *of Agricultural Food Chemistry* 56 (11):3989–3996.

Mert, A. (1999). *Artemisia annua* L. da bazı agronomic uygulamaların verim ve verim komponentleri ile kalite üzerine etkileri (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Mert, A., Kırıcı, S. &Ayanoğlu, F. (2002). The effects of different plant densities on yield, yield components and quality of *Artemisia annua* L. ecotypes. In C.B. Johnson, C. Franz (eds.) Breeding Research on Aromatic and Medicinal Plants.pp: 413-418, The Haworth Press, New York.

Namara, K.M., Howell, J., Huang, Y. & Robbat Jr. (2007). A. Analysis of gin essential oil mixtures by multidimensional an one-dimensional gas chromatography/mass spectrometry with spectral deconvolution. *Journal of Chromatography A* 1164(1-2):281-290.

Piry, J. & Pribela A. (1991). Distribution of aromatic substances in black currants. *Biologia* 46(3): 185–192.

Scheinemann, A., Sielemann, S, Walter, J. & Doll T. (2012). Evaluation strategies for coupled GC-IMS measurement including the systematic use of parametrized ANN. *Open Journal of Applied Sciences* 2(4):257-266.

Schulz, H., & Baranska, M. (2007). Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 43(1): 13–25.

Shellie, R., Marriott, P. & Morrison, P. (2001). Concepts and preliminary observations on the triple-dimensional analysis of complex volatile samples by using GCxGC-TOFMS. *Analytical Chemistry* 73(6):1336- 1344.

Skoog, D.A. & Leary, J.J. (1992). Principles of Instrumental Analysis. 4th Edltion, Saunders College Publishing, Philadelphia.

Sparkman, O.D., Penton, Z., & Kitson, F.G. (2011) Gas Chromatography and Mass Spectrometry: A Practical Guide. Academic Press, Oxford.

Şahin M (2016). *GC/FID Cihazı ile Kantitatif MDMA Analizi Metot Validasyonu* (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Tomi F. & Casanova, J. (2006). 13C NMR as a tool for identification of individual components of essential oils from Labiatae – A review. *Acta Horticulturae*, 723: 185–192.

Tonbul, S. (2015). *İnce Tabaka Kromatografi* (Lisans Tezi) Yakın Doğu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü.

Toyo'oka, T. (1999). Modern Derivatization Methods for Separation Sciences. John Wiley & Sons. New York.

Wu, J., Lu, X., Tang, W., Kong, H., Zhou, S. & Xu, G. (2004). Application of comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry in the analysis of volatile oil of traditional Chinese medicines. *Journal of Chromatography A*. 1034:199-205.

Zzarte, M. & Salgueiro, L. (2015). Essential oils chemistry. In D.P. de Sousa (ed.) Bioactive Essential Oils and Cancer. 19- 28. Springer International Publishing, Switzerland.

BÖLÜM 4

ESANS YAĞLARIN ETKİCİL MADDE ORANLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Dr. Öğrt.Üyesi Emine YURTERİ[1]

Arş.Gör. Haydar KÜPLEMEZ[2]

Prof. Dr. Fatih SEYİS[3]

[1] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0002-3770-2714, e-posta: emine.yurteri@erdogan.edu.tr
[2] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4094-1318, e-posta: haydar.kuplemez@erdogan.edu.tr
[3] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0002-9714-370X, e-posta: fatih.seyis@erdogan.edu.tr

GİRİŞ

Bitkisel kökenli esansiyel yağlar, tarıma dayalı endüstrilerin önemli bir ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bitkisel esansiyel yağlar, başta sağlık, tarım, kozmetik ve gıda olmak üzere farklı alanlarda uygulanabilmektedir. Özellikle aromatik bitki ve baharatlardan elde edilen esansiyel yağların gıda ürünlerinin muhafazasında ve gıda ürünlerinin tatlandırılmasında, içeceklerde, parfümlerde ve makyaj malzemelerinde de kullanıldığını görmek mümkündür.

Esansiyel yağlar, farklı kimyasal sınıflara ait 20-100 kadar farklı bitkisel sekonder metaboliti içermektedirler (Carson ve Hammer,2011). En az 2000 bitki türünden 300' ü ticari öneme sahip 3000 kadar esansiyel yağ el edilmiştir (Djilani ve Dicko, 2012). Bunlar genellikle bitkilerin yağ kanallarında, reçine kanallarında veya trikomlarında depolanmaktadırlar (Berger, 2007). Bitkilerin sekonder ürünlerinden biri olan esansiyel yağlar uçucu özellikte terpenler ve fenil propanların kompleks karışımlarıdırlar, fakat aynı zamanda orta düzeyde hidrokarbon veya sülfürlü bileşenler ihtiva etmektedirler (Barra, 2009).

Franz (2009) esansiyel yağlardaki varyasyonun şu üç faktör çerçevesinde incelenmesi gerektiğini belirtmiştir: 1. Bireysel genetik varyabilite, 2. bitkinin farklı kısımları arasındaki varyasyon ve farklı gelişme dönemleri, 3. çevreye bağlı olarak meydana gelen modifikasyonlar. Son yıllarda aromatik bitkilerdeki kimyasal ve genetik varyabiliteyi, mevsimsel değişimlerin kimyasal kompozisyona etkisi, hasat edilen bitki kısmı ve hasat dönemi gibi konularda çok

fazla sayıda araştırmalar yapılmıştır. Barra (2009) esansiyel yağların kimyasal kompozisyonunu etkileyen faktörleri exogen ve endogen faktörler olarak ikiye ayırmıştır.

Exogen faktörler esansiyel yağların kalitatif/kantitatif miktarlarını değiştirdiği düşünülen ışıki yağış, lokasyon ve toprak gibi faktörlerdir. Diğer taraftan endogen faktörler tamamen bitkinin anatomik ve fizyolojik karakterleri ile bitkinin farklı kısımları ve genetik ile fakörlere bağlı olarak yakından alakalıdır. Fakat burada şunu söylemek gerekmektedir. Sekonder metabolizmadaki biyosentetik süreçler ve bu süreçlerde etkili olan enzimlerin etkinliği bitkinin farklı kısımlarında ve farklı dönemlerde hasat edilen bitkinin aynı kısımlarında farklılık gösterebilmektedir.

Bu çalışmada bitkilerin esans yağ içeriğini etkileyen faktörler ayrı ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

Uçucu Yağ Bileşimlerini Etkileyen Faktörler

Esansiyel yağlar farklı fakörlerin etkisi altındadır. Birçok iç ve dış faktör esansiyel yağların kompozisyonunu, belirli bileşenlerin konsantrasyonunu ve nihayetinde uçucu yağ verimini etkilemektedir (Djouahri ve ark., 2015; Formisano ve ark., 2015; Rehman ve ark., 2016). Bu faktörleri bitkiden kaynaklanan koşullar ve dış faktörler olarak sınıflandırmak doğru olacaktır.

Bitkiden kaynaklanan koşulları genetik (tür, ekotip ve kemotip), bitki popülasyonu, bitkinin kökeni, bitkinin kullanılan kısmı, gelişme

aşaması veya mevsimsel örnekleme dönemi, fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri ve tüm bitkinin fizyolojisini kapsamaktadır.

Dış faktörler ise çevresel faktörleri (iklim ve çevre koşulları, ekim tarihi ve gübre varyasyonları), yetiştirme koşullarını (tarım teknikleri) (sıcaklık, nem, radyasyon, rüzgar, toprak özellikleri, coğrafi konum ve hasat zamanı ve yöntemleri) ve hasat sonrası teknikleri (kurutma yöntemleri ve ekstraksiyon, damıtma süresi, miktar tayini yöntemleri ve analiz koşulları) kapsamaktadır.

Fakat bu faktörlere değinmeden önce önemi itibariyle kemotaksonomi, kemotip ve kimyasal polimorfizm konularını açıklamakta fayda var.

Kemotaksonomi ve Kimyasal Polimorfizm:

Kemotip

Bitki teşhisinde klasik botanik metodlar kullanılarak tam emin olunamadığında kemotaksonomi bitki sınıflandırmasına katkıda bulunabilmektedir (Labra ve ark., 2004; Mello Cruz ve ark., 2008; Bernath ve Nemeth, 2007). Kemotaksonomi uçucu yağ içeren bitkilerin sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır ve bu tarz sınılandırma tür içi kimysal polimorfizmlaein olduğunu ortaya koymuştur.

Kimyasal bileşim esas olarak genetik kontrol altında olmasına rağmen, kimyasal profil farklı ortamlarda birkaç yıl sonra esasen sabit kalmaktadır. Bu durumda, bunun bir “kemotip” olduğu kabul edilmektedir (Sadeghi ve ark., 2015).

Bir kemotip, bir bitkide sekonder metabolit bileşiminde farklılık gösteren kimyasal olarak farklı bir yapıdır. Morfoloji veya anatomi üzerinde çok az veya hiç etkisi olmayan küçük genetik ve epigenetik değişiklikler, kimyasal fenotipte büyük değişikliklere neden olabilir. Kemotipler genellikle o birey tarafından en bol olarak üretilen kimyasal ile tanımlanmaktadır ve bu kavram, kimyasal ekolojistler ve doğal ürün kimyagerleri tarafından yapılan çalışmalarda faydalı olmuştur (Keefover-Ring ve ark., 2009).

Birçok polimorfik kemotipe sahip olan bir bitkiye iyi bir örnek T. vulgaris'tir. Görünüşte büyük ölçüde ayırt edilemez olmakla birlikte, T. vulgaris örnekleri, uçucu yağın baskın bileşeninin timol, karvakrol, linalool, geraniol, sabinen hidrat (thuyanol), a-terpineol veya okaliptol olmasında bağlı olarak yedi farklı kemotipten birine atanmalıdır. Bu tür kemotipler, T. vulgaris ct Thymol (kırmızı kekik), T. vulgaris ct. geraniol (tatlı kekik) vb. sınıflandırılmalıdır (Keefover-Ring ve ark., 2009) şeklinde sınıflandırılmalıdır. Kemotipler sadece en bol bulunan sekonder metabolit üzerinden tanımlandığı için, aynı özelliği paylaşan bir grup organizmada çok az pratik anlama sahip olabilirler.

Bir kemotipin bireyleri, en fazla bulunan kimyasalın miktarına bağlı olarak çok farklı kimyasal profillere sahip olabilirler. Bu, aynı kemotipe sahip iki bireyin otoburlar, tozlayıcılar ve zararlılara karşı direnç üzerinde farklı etkileri olabileceği anlamına gelmektedir (Keefover-Ring ve ark., 2009).

Hindistan'da iki lokasyonda beş Ocimum türüne ait 15 genotipin uçucu yağ verimleri üzerinde çevre koşullarının etkisi araştırılmıştır. Sonuçlara göre, araştırma yapılan lokasyonlar genelinde Ocimum basilicum genotiplerinin özel aroma bakımından zengin spesifik yağ üretimi için uygundur (Patel ve ark., 2016).

Öte yandan, farklı kemotiplerin varlığı, linalool, metilkavikol, metilsinnamat, öjenol, metilöjenol, kamfor ve benzerleri gibi bireysel doğal aroma kimyasallarının pazar gereksinimlerini karşılamak üzere fesleğen bitkilerinin yetiştirilmesi için ve onları değerli bitkisel ürünlerin geliştirilmesinde değerlendirmek için fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca, çeşitli ekolojik koşullar altında Ocimum uçucu yağlarının verimi rakım gibi koşullar nedeniyle farklı olmuştur (Patel ve ark., 2016).

Genetik faktörler

Farklı parametrelerin uçucu yağ içeriği ve bileşimi üzerindeki etkileri çeşitli bitki türlerinde daha önce çalışılmıştı. Çeşitli çalışmaların sonuçları, genetik ve ekolojik faktörlerin ve bunların interaksiyonlarının bitkilerin bazı özelliklerini etkileyebileceğini ortaya koymuştur (Pirbalouti ve ark., 2013a,b). Genetik profil ile kimyasal bileşim arasında buldukları ilişkiler, gelecekteki ıslah programlarında ve bitki türlerinin yetiştirilmesinde önemli bir adımı temsil etmektedir (Liber ve ark. 2011).

Çevre koşulları

Çevresel koşullarına bağlı olarak uçucu yağ bileşiminde meydana gelen değişiklikler "ekotipler" olarak tanımlanmaktadır (Laribi ve ark., 2013; Nurzyn´ska-Wierdak ve ark., 2012). Bitki ekotipi/kemotipine ek olarak, tıbbi ve aromatik bitkilerde uçucu yağ içeriği ve bileşimi çevresel koşullarına (sıcaklık, gün uzunluğu, ışık ve su durumu gibi iklim koşulları), yetiştirme koşullarına (bitki yoğunluğu, ekim tarihi, toprak özellikleri, toprak tipi, ve toprak verimliliği), yetiştirme teknikleri ve kültürel uygulamalar (sulama dozu, gübreleme ve mineral besleme) (Dudai, 2005; Özgüven ve ark., 2008; Pirbalouti ve ark., 2013b; Rioba ve ark., 2015) tarafından etkilenmektedir.

Ayrıca, deney alanlarından alınan farklı örneklerinde tespit edilen uçucu yağlardaki farklılıklar, rakım ve güneşe maruz kalma gibi çevresel koşulların sekonder metabolit üretimi üzerinde etkisininin olduğunu doğrulamaktadır (C´avar Zeljkovic' ve ark., 2015; Melito ve ark. (2016). Tablo 1 de farklı bitkilerde çevre faktörlerinin etkisi verilmiştir.

Tablo 1: Farklı bitkilerde çevre faktörlerinin etkisi

Faktör	Tür	Etki	Kaynak
Genetik ve çevre faktörü	*Salvia officinalis*	Uçucu yağ içeriği ve bileşimi	Grausgruber-Gröger ve ark. (2012)
Yılın farklı mevsimleri	Farklı bitki türleri	Uçucu yağ bileşimi	Demuner ve ark. (2011); Dhouioui ve ark. (2016); Gazim ve ark. (2010); Hussain ve ark. (2008)
Çevresel etki	*O. basilicum*	kimyasal varyasyon	Gazim ve ark. (2010)
Sıcaklık	*O. basilicum*	Yağ verimi	Hussain ve ark. (2008)
Rakım	*Helichrysum italicum*	Uçucu yağ bileşimi	Satta ve ark. (1999)
Enlem	*Citrus bergamia*	Uçucu yağın kimyasal bileşimi	Di Giacomo ve Mincione (1995)
Enlem	*Hyptis suaveolens Satureja montana* L. ssp. *montana*	Sesquiterpene içeriğinde artış	Slavlovska ve ark. (2001)
Toprak pH' sı	*Rosmarinus officinalis*	Uçucu yağ içeriği	Pala-Paul ve ark., (2008)
Toprak pH' sı	*Erygium campestre*	Uçucu yağ içeriği	Pala-Paul ve ark., (2008)
Kalkerli toprak	*Thymus spinolusus*	Uçucu yağ içeriği	De Feo ve ark. (2003)
Mevsim	*Lavandula stoechas*	Uçucu yağ içeriği	Angioni ve ark. (2011)
Mevsim	*Salvia libanotica*	Uçucu yağ içeriği	Farhat ve ark. (2001)

Coğrafi Köken

Bazı bitkilerde bitkinin bazı özellikleri bitkinin yetiştirildiği coğrafi bölge tarafından etkilenmektedir. Örneğin, *Mentha* × *villosa* Hudson türünde biyokütle, uçucu yağ içeriği ve bileşimi bitkinin yetiştirildiği coğrafi bölgeden etkilendii ortaya konmuştur (Teles ve ark., 2013). *Daucus carota* tohum yağının bileşimindeki belirgin varyasyonun coğrafi kökene bağlı olduğu tespit edilmiştir (Maxia ve ark., 2009). Ayrıca, kimyasal gruplar ile dağ/deniz kıyısı habitatı arasında da yakın bir ilişki bulunmuştur; bu da uçucu yağ

kompozisyonunun rakıma ve ve çevre şartlarına maruz kalmaya bağımlı olabileceğini ortaya koymaktadır (C'avar Zeljkovic' ve ark., 2015; Melito ve ark., 2016). Radyasyona (güneş ışığı) maruz kalmanın yanı sıra biyoiklimsel ve pedolojik koşullar, lokaliteler arasında niteliksel ve nicelik olarak uçucu yağ profilinde değişikliğe sebebiyet verebilmektedir (Rapposelli ve ark., 2015).

Fenolojik Dönemler

Farklı büyüme ve gelişme aşamalarında uçucu yağların içeriği ve kimyasal bileşimindeki belirgin farklılıkların bitkinin büyüme ve gelime süreci boyunca sekonder metabolizmada meydan gelen değişimler ile beraber hareket ettiği bilinmektedir (Ghani ve ark., 2009; Msaada ve ark., 2007). Ayrıca, Sellami ve ark. (2009) farklı fenolojik aşamaların uçucu yağ ve bileşenleri üzerindeki etkisinin, uçucu yağ üretimindeki enzim aktivitesi ve metabolizması üzerindeki etkisinden kaynaklanabildiğini belirtmişlerdir. Tablo 2’ de farklı türlerde farklı fenolojik dönemlerin verilen türlerde meydana getirdiği değişiklik verilmiştir.

Tablo 2’ de verilen bilgiler bitkilerde uçucu yağ veriminin ve uçucu yağların kimyasal bileşimlerinin farklı büyüme aşamalarına/hasat dönemlerine göre değiştiğini göstermektedir.

Tablo 2: Fenolojik dönemlerin farklı bitkilere etkisi

Faktör	Tür	Etki	Kaynak
Hasat dönemi	*Thymus pulegoides* L.	Çiçeklenme döneminde fenol içeriğinde artış	Senatore (2000)
Hasat dönemi	*Salvia officinalis* L.	Kışın monoterpen hidrokarbon içeriğinde artış	Santos-Gomes ve Fernandes-Ferreira (2001)
Hasat dönemi	*Artemisia pallens* L.	Uçucu yağ kompozisyonunda değişim	Mallalvaparu ve ark. (1999)
Hasat dönemi	*Salvia libanotica*	Kış hasadında yaz hasadına göre kamforca, thujon ve kamfence zenginlik	Farhat ve ark. (2001)
Mevsim	*Lavandula stoechas*	Uçucu yağ içeriği	Angioni ve ark. (2006)
Mevsim	*Salvia libanotica*	Uçucu yağ içeriği	Farhat et al. (2001)
Fenolojik dönemlerde	*Ocimum ciliatum* *Tagetes minuta* *Cuminum cyminum*	Uçucu yağ verimi ve kimyasal kompozisyonda değişim	Moghaddam ve ark. (2015c); Moghaddam ve ark. (2007a); Moghaddam ve ark. (2015b)
Hasat süresi	*Thymus capitatu* *T. minuta*	Uçucu yağ verimi ve kimyasal kompozisyonda değişim	Casiglia ve ark. (2015); Moghaddam ve ark. (2007a)

Bitki Organları

Farklı bitki kısımlarından elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimi üzerine yapılan araştırmalar (sekonder metabolitlerin ortaya çıkmasından sorumlu olan ilgili genler ve transkriptome faktörleri) (Galata ve ark., 2014) farklı bitki organlarında eşsiz genlerin dokuya özgü aşırı ekspresyonunu açıklığa kavuşturmuş ve farklı terpenoid yolakların belirlenmesine yardımcı olmuştur (Niu ve ark., 2015).

Bir bitki kısmından elde edilecek uçucu yağ bitkilerin anatomik ve fizyolojik özelliklerine bağımlıdır (Barra, 2009). Örneğin, Lamiacea familyasında uçucu yağlar bitkinin topraküstü kısımlarında bulunur iken Citru cinsinde kabuk ve yaprakta bulunmaktadır.

Esans yağ içeren bitki listesi şüphesiz çok uzundur. Tablo 3' de seçilen bazı tıbbi ve aromatik bitkiler, kullanılan kısımları ve içerikleri verilmiştir.

Tablo 3: Bazı tıbbi bitkilerin kısımlarında bulunan etken maddeler

Bitki	Kısım	İçerik	Kaynak
Achillea millefolium	Çiçek	Flavanoid, karoten	Varshanidze ve ark. (2018)
Salvia officinalis L.	Çiçek	Yüksek β-pinene	Perry ve ark. (1999)
Lavandula stocheas	Çiçek	Önemli 1,8-cineole, Myrtenyl asetat içerikleri	Skoula ve ark. (1996)
Cryptomeria japonica	Farklı dokular	Sesquiterpen içeriğinde önemli farklılıklar	Cheng ve ark. (2005)
Salvia officinalis L.	Yaprak	Yüksek Thujone içeriği	Perry ve ark. (1999)
Lavandula stocheas	Yaprak	Önemli 1,8-cineole, Myrtenyl asetat içerikleri	Skoula ve ark. (1996)
Petroselinum sativum	Yaprak	Tannin, askorbik asit	Varshanidze ve ark. (2018)
Mentha longifolia	Yeşil aksam	Flavanoid, terpinen	Varshanidze ve ark. (2018)
Salvia glutinosa	Yeşil aksam	Karotenoidler, limonene	Varshanidze ve ark. (2018)
Coriandrum sativum	Yeşil aksam	Gliseroller ve alakloidler	Varshanidze ve ark. (2018)
Thymus grossheimi	Yeşil aksam	Flavanoidler	Varshanidze ve ark. (2018)

Önceki bir araştırmaya göre, fesleğen bitkisinin uçucu yağı kemotiplerdeki, yaprak ve çiçek renklerindeki, aromadaki ve bitkilerin kökenindeki farklılıklara bağlı olarak geniş ve değişken bir dizi kimyasal bileşenden oluşmaktadır (Carovic´-Stanko ve ark., 2010; Pirbalouti ve ark., 2013c). Ayrıca, uçucu yağların bileşenleri organik gübre uygulamalarından etkilenmiştir (Moghaddam et al., 2015a).

Kurutma Yöntemleri

Kurutma yöntemi, tıbbi bitkilerde kurutulmuş nihai ürün kalitesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Uçucu yağ içeren bitkilerin içeriği ve kimyasal bileşimi üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Uçucu yağ bileşenlerinde nitel ve nicel değişiklikler daha önce rapor edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda tespit edilen uçucu yağ bileşimleri karşılaştırıldığında, kurutma koşullarının ve yöntemlerinin çeşitli aromatik bitkilerin uçucu yağ içeriğini ve bileşenlerini etkilediğini ortaya çıkmaktadır (Antal ve ark., 2011; Buchaillot ve ark., 2009; Huang ve ark., 2012; Sellami ve ark., 2011). Limon mineçiçeği (Lippia citriodora) yağındaki ana bileşikler, artan sıcaklık ve hava akış hızı ile kademeli olarak artmıştır (Shahhoseini ve ark., 2013).

Kurutma işlemi ilerledikçe yağ içeriği sürekli olarak azalmıştır; özellikle, çoğu yağ kaybı tüm sıcaklıklar için kurutma işleminin başlangıcında gözlemlenmiştir (Argyropoulos ve Müller, 2014).

Damıtma Süreleri

Damıtma yöntemleri ve süreleri de esans yağ içeriğine ve kompozisyonuna etki etmektedir. Damıtma süresinin etkisinin, çeşitli aromatik bitkilerin hem uçucu yağ içeriğini hem de kompozisyonunu değiştirdiği tespit edilmiştir (Cannon ve ark., 2013; Kumar ve ark.,, 2016; Zheljazkov ve ark., 2013a,b, 2014).

Zheljazkov ve ark. (2012, 2013a) bitkilerdeki belirli bileşenlerin geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak için farklı damıtma süreleri kullanılabileceğini belirtmişlerdir.
Yağlardan hidrodistilasyon ve solventsiz mikrodalga ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak çeşitli kimyasal bileşenler elde edilebilmektedir (Ajayi ve ark., 2016). Genel olarak, bitkisel uçucu yağların en baskın bileşenin farklı bitki parçalarından damıtma veya diğer gelişmiş yöntemler ile ekstrakte edilen izoprenoidler olduğunu söylemek mümkündür (Berka-Zougali ve ark., 2012).

Tarımsal Uygulamalar

Esans yağ üretimi ve esans yağ kompozisyonu üzerine tarımsal uygulamalar da etki etmektedir. Uçucu yağ biyosentezini, içerik verimini ve bileşenlerini, en güçlü şekilde etkileyebilecek tarımsal uygulamalardan biri olarak toprak mineral gübrelemesi rapor edilmiştir (Alizadeh ve ark., 2010; Karamanos ve Sotiropoulou, 2013). Makro besin elementleri, uçucu bileşenlerin üretimini etkileyen ana toprak faktörleri olarak kabul edilmektedir (Dudai, 2005) ve mikro

besin elementleri içeriğindeki değişimler yağ bileşimini etkilemektedir (Amzallag ve ark., 2005; Bernstein ve ark., 2009).

Çeşitli çalışmalar arasındaki bazı tutarsızlıklar farklı bitki türlerinin, gübre kaynaklarının ve gübre uygulama yöntemlerinin kullanılmasından kaynaklanmış olabilir. Örneğin yaprak gübresi, besinlerin doğrudan yapraklarda talep edilen yere daha hızlı emilmesi nedeniyle yağ miktarını artırmıştır (Mondal ve Al Mamun, 2011).

Tablo 4' de gübrelerin tıbbi bitkilerdeki etkileri verilmiştir.

Tablo 4: Kullanılan gübrelerin tıbbi bitkilerdeki etkileri

Kullanılan Gübre	Bitki	Etki	Kaynak
Biyolojik gübre	*Lippia citriodora*	Uçucu yağ üretimi sabitlenmiştir	Mohammadi ve ark. (2013)
Kimyasal ve organik gübre	*Matricaria chamomilla* L.	Uçucu yağ bileşenlerinde değişim olmamıştır	Hendawy ve Khalid (2011)
Azotlu gübreleme	Nane türleri	Uçucu yağ verimini ve içeriğini artırmıştır	Abbaszadeh ve ark. (2009); Castro ve ark. (2010)
Azotlu gübreleme	Kimyon türleri	Uçucu yağ verimini ve içeriğinde artış	Azizi ve Kahrizi (2008)
Azotlu gübreleme	*O. vulgare*	Uçucu yağ üretiminde azaltma	Azizi ve ark. (2009)
Fosfor uygulaması	*Matricaria chamomilla*	Uçucu yağ üretiminde azaltma	Emongor ve ark. (1990)
Fosfor uygulaması	*Tanacetum parthenium* L	uçucu yağ içeriğinde artış	Saharkhiz ve Omidbaigi (2008)
Fosfor uygulaması	S. officinalis L.	uçucu yağ içeriğinde artış	Nell ve ark. (2009)
Fosfor uygulaması	Fesleğen	uçucu yağ içeriğinde artış	Ramezani ve ark. (2009)
Fosfor uygulaması	*Foeniculum vulgare*	uçucu yağ içeriğinde artış	Kapoor ve ark. (2004)
Fosfor uygulaması	kimyon	uçucu yağ içeriğinde artış	Tunçtürk ve Tunçtürk (2006)

Tablo 4: Kullanılan gübrelerin tıbbi bitkilerdeki etkileri (devamı)

Kullanılan Gübre	Bitki	Etki	Kaynak
Potasyum uygulaması	*Artemisia annua*	uçucu yağ veriminde artış	Davies ve ark. (2009)
Potasyum uygulaması	*Oreganum vulgare*	uçucu yağ veriminde artış	Said-Al Ahl ve ark. (2009); Zaghloul ve ark. (2009)
Potasyumuygulaması	*Carum carvi* L.	Meyvelerin uçucu yağ içeriği ve veriminde azalma	El-Din ve ark. (2010)
CaCO3 uygulaması	*Chrysanthemum boreale*	yüksek uçucu yağ içeriği ve verimi	Lee ve Yang (2005)
CaCO3 uygulaması	*Chrysanthemum coronarium*	yüksek uçucu yağ içeriği ve verimi	Supanjani ve ark. (2005)
CaCO3 uygulaması	*Satureja hortensis*	yüksek uçucu yağ içeriği ve verimi	Mumiv ve ark. (2011)
Yapraklara nitrojen püskürtülmesi	*O. basilicum'da*	linalool ve epi-cadinol konsantrasyonunda artış	Nurzyn´ska-Wierdak ve ark. (2012)
N uygulaması	Adaçayıa	linalool, transgeraniol ve linalil asetatı en yüksek oranda artış	Sharma ve Kumar (2012)
N uygulaması	Kekik	karvakrol konsantrasyonunda artış	Callan ve ark. (2007)
N uygulaması	*S. officinalis*	yağdaki β-pinen yüzdesi artan nitrojen seviyeleri ile artmıştır	Rioba ve ark. (2015)
yüksek fosfor uygulaması	*Chamomilla recutita*	α-bisabolol içeriği artmıştır	Rioba ve ark. (2015)
Potasyum gübrelemesi	Kimyon	Linalool ve limonen içeriği önemli ölçüde etkilemektedir	El-Din ve ark. (2010)

Bitki Sıklığı

Bitki yetişticiliğinde yetiştirme tekniği paketinin bir unsuru olan bitki sıklığının, bitki sıklığı arttıkça dereotu uçucu yağının içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kekik ve maydanoz bitkilerinin yağ üretimi en yüksek ekim sıklığında daha düşük olurken (El-Zaeddi vd., 2016; Khazaie vd., 2008), çördük bitkisi ekim sıklığına tepki vermemiştir (Khazaie et al., 2008).

Fesleğen bitkisinde en dar ekim mesafesi, daha geniş bir ekim mesafesine kıyasla daha yüksek uçucu yağ verimine sebep vermiştir (El-Gendy ve ark., 2001; Khazaie ve ark., 2008).

Sulama Sıklığı

Sulama sıklıkları, tıbbi bitkiler ve aromatik bitkilerin uçucu yağ kompozisyonunu etkilemektedir (Bettaieb ve ark., 2009; Corell ve ark., 2007; Petropoulos ve ark., 2008; Vahidipour ve ark., 2013). Sulama sıklığının adaçayı (*S. officinalis*) uçucu yağ imiktarı ve bileşimi üzerindeki etkisi üzerine bir çalışmada, sulama sıklığındaki bir azalmanın tüm ana uçucu yağ bileşenlerinde daha düşük bir birikime neden olduğunu göstermiştir; özellikle β-pinen, azaltılmış sulama sıklığı ile önemli ölçüde azalmıştır (Rioba et al., 2015). Öte yandan, sulama dozundaki bir azalma, çoğu uçucu maddenin konsantrasyonlarının artmasına neden olmuştur, ki bu da en yüksek toplam konsantrasyona yol açmaktadır. Bu çelişkili sonuçlar, bitkilerin su durumu ile nitrojen ve fosforlu beslenme gibi uçucu biyosentezini etkilediği bilinen koşullar gibi diğer çevresel/tarımsal etkiler arasındaki interaksiyonları işaret edebilir. Azotlu gübreleme, fosforlu gübreleme ve sulama sıklığının bireysel etkilerine ek olarak, bu parametreler arasındaki interaksiyonların çeşitli aromatik bitkilerde yağ üretimini etkilediği ortaya konmuştur. Bitkinin fonksiyonları ve uçucu yağ üretimi üzerine sulama ve gübreleme rejimleri interaksiyonun etkisi, çeşitli aromatik bitkilerde iyice araştırılmıştır (Dudai, 2005; El-Hendawy ve ark., 2008) ve aromatik bitkilerde uçucu yağların üretimi ve bileşimi üzerindeki bu tür etkilerini ortaya

koyan bazı çalışmalar vardır (El-Hendawy ve ark., 2008; Vahidipour ve ark., 2013). Sulama ve gübrelemenin bitki metabolizması ve ardından ikincil metabolitlerin üretimi üzerindeki etkileri şunlardır: topraktaki mineral made miktarı, toprak türü, iklim koşulları gibi çevresel koşullar ve ayrıca bitki türü. Bu nedenle, çeşitli deneysel koşullar altında gübreleme ve sulama rejimlerinin uçucu yağ üretimi üzerinde bir dizi etkiye sahip olması şaşırtıcı değildir (Rioba ve ark., 2015). Sulama sıklığının ve dikim yoğunluğunun kekiğin yağ üretimine etkisi de rapor edilmiştir (Khazaie ve ark., 2008).

Çevresel Stresler

Uçucu yağ içeriği, genellikle, büyümede karbon kullanımı ile sekonder metabolit üretimi arasında mevcut olan dengedeki değişikliklerin bir sonucu olarak çeşitli çevresel stresler nedeniyle bir savunma tepkisi olarak artmaktadır (Blanch ve ark., 2007).

Ancak yüksek ve düşük sıcaklıklar (Copolovici ve ark., 2012), kuraklık (Copolovici ve ark., 2014; Timmusk ve ark., 2014), alkalilik, tuzluluk, UV stresi ve patojen enfeksiyonu gibi zararlı çevresel stresler bitki büyümesini ve fotosentez oranlarını aşırı derecede azaltabilmektedir (Akula ve Ravishankar, 2011) ve sonuçta aynı zamanda sekonder kimyasalların üretim oranını da azaltabilir (Blanch ve ark., 2007). Toprak sodisitesi, tuzluluğu ve yapısındaki farklılıklar da yağ bileşimini etkilemektedir (Amzallag ve ark., 2005; Bernstein ve ark., 2009). Bitkideki su mevcudiyeti, bitki fonksiyonu ve metabolik süreçler üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Letchamo ve

Gosselin, 1995). Uçucu yağ verimi ve bileşiminin su stresine tepkisi, stresin şiddeti ve süresine göre değişmekte ve birçok aromatik bitkide metabolit üretiminin ve uçucu yağ veriminin su stresi koşulları altında azaldığı ortaya konmuştur (Letchamo ve Gosselin, 1995; Rao ve ark. , 1996).

Tablo 5' de çevresel streslerin tıbbi bitkilerde meydana getirdiği etkiler gösterilmiştir. Özellikle su stresi farklı bitkilerde uçucu yağ oranı ve verimine teki etmiştir.

Tablo 5: Çevresel streslerin tıbbi bitkilerde meydana getirdiği etkiler

Faktör	**Bitki**	**Etki**	**Kaynak**
Su eksikliği	*S. officinalis*	toplam uçucu yağ miktarını azaltma	Corell ve ark. (2007)
Su eksikliği	Maydanoz	toplam uçucu yağ miktarını azaltma	Petropoulos ve ark. (2008)
Su eksikliği	Meksika kekiği	toplam uçucu yağ miktarını azaltma	Dunford ve Vazquez (2005)
Orta ve şiddetli su eksiklikleri	Adaçayı	uçucu yağ verimini artırma	Baghalian ve ark. (2011)
Su stresi	düz yapraklı ve kıvırcık yapraklı maydanoz	uçucu yağ verimini arttırma	El-Zaeddi ve ark. (2016); Petropoulos ve ark. (2004)
Su stresi	Zahter, Lavanta ve Absinthium	uçucu yağ miktarının artması	Baher ve ark. (2002); Karamzadeh (2003); Khazaie ve ark. (2008)
Su stresi	T. vulgaris'te	p-simen içeriğinin azalması	Azizi ve Kahrizi (2008)
Kuraklık stresi	Papatya	epigenin içeriği azalmıştır	Baghalian ve ark. (2011)

SONUÇ

Başlangıçta belirtildiği gibi, uçucu yağların kullanımı konusunda mutlak bir geleceği vardır. Düzenleyici sınırlamalara, tehlikeli madde düzenlemelerine ve dermatolojik kaygılara ve dünya uçucu yağ

üretiminin fiyatlandırılmasıyla ilgili sorunlara rağmen esans yağ kullanımının artacağı düşünülmektedir.

Uçucu yağlar çok çeşitli kullanım alanları mevcutturr. Her türlü parfüm ve kozmetikte kullanılan kokuları, duş jellerine ve vücut losyonlarına cilt yumuşatıcılarına ve hatta "aromaterapi at bakımı masaj yağlarına" kdar ayrılmaz bir bileşenidirler.

Sürekli genişleyen aromaterapi veya daha iyisi aromakoloji alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Çok büyük miktarlarda doğal uçucu yağlar, gıda ve aroma endüstrileri tarafından küçük ürünlerin, hızlı yiyeceklerin, dondurmaların, içeceklerin, hem alkollü hem de alkolsüz alkolsüz içeceklerin ve benzerlerinin tatlandırılması için kullanılmaktadır. Tıbbi özellikleri uzun yıllardır ve hatta yüzyıllardır bilinmektedir. Bazıları antibakteriyel veya antifungal aktiviteye sahipken, diğerleri yiyeceklerin sindirimine yardımcı olabilir.

Bununla birlikte, bir şekilde değişken bileşime sahip çok bileşenli karışımlar olduklarından, tam yağların tıbbi kullanımı bir şekilde daralmıştır, bunun nedeni, tekli uçucu yağ bileşenlerinin etkinlik ve nihai yan etkiler açısından test edilmesinin daha kolay olmasıdır. Tüm bunlara rağmen, doğal şifa sahnesinde esansiyel yağların kullanımı hala "bir numara"dır.

Tarım alanında, sentetik pestisitlerin ve herbisitlerin yerini alacak, uçucu yağlar da dahil olmak üzere, ekolojik olarak daha dost doğal biyositlerin tanımlanması için girişimlerde bulunulmaktadır. Esansiyel

yağlar ayrıca çiftlik hayvanlarının iştahını iyileştirmek için kullanılır, bu da vücut ağırlığında daha hızlı artışlara ve ayrıca sindirimin iyileşmesine yol açmaktadır.

Yukarıda sayılan geniş kullanım alanına sahip esans yağlar ile ilgili ülkemizde yapılan araştırma sayısı artırılmalı, biyoçeşitliliği yüksek olan ülkemizde mevcut kaynakların endüstriye kazandırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abbaszadeh, B., Valadabadi, H. A. F. S. A., Moaveni, P. (2009). Investigation of variations of the morphological values and flowering shoot yield in different mint species at Iran. *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(7), 109-112.

Ajayi, E. O., Sadimenko, A. P., Afolayan, A. J. (2016). Data showing chemical compositions of the essential oils of the leaves of Cymbopogon citratus obtained by varying pH of the extraction medium. *Data in Brief*, *8*, 599.

Akula, R., Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, *6*(11), 1720-1731.

Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E., Khalighi, A. (2010). Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in Satureja hortensis L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, *4*(1), 033-040.

Amzallag, G. N., Larkov, O., Hur, M. B., Dudai, N. (2005). Soil microvariation as a source of variability in the wild: the case of secondary metabolism in Origanum dayi Post. *Journal of Chemical Ecology*, *31*(6), 1235-1254.

Angioni, A., Barra, A., Arlorio, M., Coisson, J. D., Russo, M. T., Pirisi, F. M., Cabras, P. (2003). Chemical composition, plant genetic differences, and antifungal activity of the essential oil of Helichrysum italicum G. Don ssp. microphyllum (Willd) Nym. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(4), 1030-1034.

Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P. (2006). Seasonal plant part chemical variability and antifungal activity investigation of Lavandula stoechas L. ssp. Stoechas essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*, 4364-4370.

Antal, T., Figiel, A., Kerekes, B., Sikolya, L. (2011). Effect of drying methods on the quality of the essential oil of spearmint leaves (Mentha spicata L.). *Drying Technology*, *29*(15), 1836-1844.

Argyropoulos, D., Müller, J. (2014). Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (Melissa officinalis L.). *Industrial Crops and Products*, *52*, 118-124.

Azizi, A., Yan, F., Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (Origanum vulgare L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Industrial Crops and Products*, *29*(2-3), 554-561.

Azizi, K., Kahrizi, D. (2008). Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (Cuminum cyminum L.) under the conditions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*.

Baghalian, K., Abdoshah, S., Khalighi-Sigaroodi, F., Paknejad, F. (2011). Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (Matricaria recutita L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, *49*(2), 201-207.

Baher, Z. F., Mirza, M., Ghorbanli, M., Bagher Rezaii, M. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in Satureja hortensis L. *Flavour and Fragrance Journal*, *17*(4), 275-277.

Barra, A. (2009). Factors affecting chemical variability of essential oils: a review of recent developments. *Natural Product Communications*, *4*(8), 1934578X0900400827.

Berger, R. G. (Ed.). (2007). *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. Springer Science & Business Media.

Berka-Zougali, B., Ferhat, M. A., Hassani, A., Chemat, F., Allaf, K. S. (2012). Comparative study of essential oils extracted from Algerian Myrtus communis L. leaves using microwaves and hydrodistillation. *International Journal of Molecular Sciences*, *13*(4), 4673-4695.

Bernáth, J., Németh, É. (2007). Chemical systematization of the genus Foeniculum Mill. based on the accumulation and qualitative differentiation of the essential oil. *Natural Product Communications*, *2*(3), 1934578X0700200313.

Bernstein, N., Chaimovitch, D., Dudai, N. (2009). Effect of irrigation with secondary treated effluent on essential oil, antioxidant activity, and phenolic compounds in oregano and rosemary. *Agronomy Journal*, *101*(1), 1-10.

Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W. A., Kchouk, M. E., Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on Salvia officinalis fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, *120*(2), 271-275.

Blanch, J. S., Peñuelas, J., Llusià, J. (2007). Sensitivity of terpene emissions to drought and fertilization in terpene-storing Pinus halepensis and non-storing Quercus ilex. *Physiologia Plantarum*, *131*(2), 211-225.

Buchaillot, A., Caffin, N., Bhandari, B. (2009). Drying of lemon myrtle (Backhousia citriodora) leaves: retention of volatiles and color. *Drying Technology*, *27*(3), 445-450.

Callan, N. W., Johnson, D. L., Westcott, M. P., Welty, L. E. (2007). Herb and oil composition of dill (Anethum graveolens L.): Effects of crop maturity and plant density. *Industrial Crops and products*, *25*(3), 282-287.

Cannon, J. B., Cantrell, C. L., Astatkie, T., Zheljazkov, V. D. (2013). Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. *Industrial Crops and Products*, *41*, 214-220.

Carović-Stanko, K., Orlić, S., Politeo, O., Strikić, F., Kolak, I., Milos, M., Satovic, Z. (2010). Composition and antibacterial activities of essential oils of seven Ocimum taxa. *Food Chemistry*, *119*(1), 196-201.

Carson, C. F., Hammer, K. A. (2011). Chemistry and bioactivity of essential oils. *Lipids Essent Oils Antimicrob Agents*, *25*, 203-38.

Casiglia, S., Bruno, M., Scandolera, E., Senatore, F., Senatore, F. (2019). Influence of harvesting time on composition of the essential oil of Thymus capitatus (L.) Hoffmanns. & Link. growing wild in northern Sicily and its activity on microorganisms affecting historical art crafts. *Arabian Journal of Chemistry*, *12*(8), 2704-2712.

Castro, L. W. P., Deschamps, C., Biasi, L. A., Scheer, A. P., Bona, C. (2010). Development and essential oil yield and composition of mint chemotypes under nitrogen fertilization and radiation levels. In *Proceedings of the 19th*

World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Symposium 3.3. 2 Molecular biology and optimizing crop nutrition. International Union of Soil Sciences (IUSS), c/o Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur.

Ćavar Zeljković, S., Šolić, M. E., Maksimović, M. (2015). Volatiles of Helichrysum italicum (Roth) G. Don from Croatia. *Natural Product Research*, *29*(19), 1874-1877.

Cheng, S. S., Lin, H. Y., Chang, S. T. (2005). Chemical composition and antifungal activity of essential oils from different tissues of Japanese cedar (Cryptomeria japonica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(3), 614-619.

Copolovici, L., Kännaste, A., Pazouki, L., Niinemets, Ü. (2012). Emissions of green leaf volatiles and terpenoids from Solanum lycopersicum are quantitatively related to the severity of cold and heat shock treatments. *Journal of Plant Physiology*, *169*(7), 664-672.

Copolovici, L., Kännaste, A., Remmel, T., Niinemets, Ü. (2014). Volatile organic compound emissions from Alnus glutinosa under interacting drought and herbivory stresses. *Environmental and Experimental Botany*, *100*, 55-63.

Corell, M., Castillo García, M., Cermeño, P. (2007, April). Effect of the Deficit Watering in the Production and Quality of the Essential Oil, in the Cultivation of Salvia officinalis L. In *I International Medicinal and Aromatic Plants Conference on Culinary Herbs 826* (pp. 281-288).

Cruz, A. V. M., Ferreira, M. J., Scotti, M. T., Kaplan, M. A., Emerenciano, V. P. (2008). Chemotaxonomic relationships in Celastraceae inferred from principal component analysis (PCA) and partial least squares (PLS). *Natural Product Communications*, *3*(6), 1934578X0800300617.

Davies, M. J., Atkinson, C. J., Burns, C., Woolley, J. G., Hipps, N. A., Arroo, R. R., Bentley, S. (2009). Enhancement of artemisinin concentration and yield in response to optimization of nitrogen and potassium supply to Artemisia annua. *Annals of Botany*, *104*(2), 315-323.

De Feo, V., Bruno, M., Tahiri, B., Napolitano, F., Senatore, F. (2003). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from Thymus spinulosus Ten.(Lamiaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(13), 3849-3853.

Demuner, A. J., Almeida Barbosa, L. C., Gonçalves Magalhaes, C., Da Silva, C. J., Alvares Maltha, C. R., Lelis Pinheiro, A. (2011). Seasonal variation in the chemical composition and antimicrobial activity of volatile oils of three species of Leptospermum (Myrtaceae) grown in Brazil. *Molecules*, *16*(2), 1181-1191.

Dhouioui, M., Boulila, A., Chaabane, H., Zina, M. S., Casabianca, H. (2016). Seasonal changes in essential oil composition of Aristolochia longa L. ssp. paucinervis Batt.(Aristolochiaceae) roots and its antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, *83*, 301-306.

Di Giacomo, A., Mincione, B. (1995). Olio essenziale di bergamotto. Laruffa, Reggio Calabria, Italy.

Djilani, A., Dicko, A. (2012). The therapeutic benefits of essential oils. *Nutrition, Well-Being and Health*, *7*, 155-179.

Djouahri, A., Boualem, S., Boudarene, L., Baaliouamer, A. (2015). Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of Tetraclinis articulata (Vahl) Masters. *Industrial Crops and Products*, *63*, 138-146.

Dudai, N. (2005). Factors affecting content and composition of essential oils in aromatic plants. *Crops Growth, Quality and Biotechnology. Part III: Quality Management of Food Crops for Processing Technology*, 77-90.

Dunford, N. T., Vazquez, R. S. (2005). Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*, *7*(1), 20-22.

El Gendy, S. A., Hosni, A. M., Omer, E. A. (2001). Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (Ocimum bacilicum) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 9, 915–933.

El-Hendawy, S. E., Hokam, E. M., Schmidhalter, U. (2008). Drip irrigation frequency: the effects and their interaction with nitrogen fertilization on sandy soil water distribution, maize yield and water use efficiency under Egyptian conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *194*(3), 180-192.

El-Zaeddi, H., Calín-Sánchez, Á., Martínez-Tomé, J., Noguera-Artiaga, L., Burló, F., Carbonell-Barrachina, Á. A. (2016). Irrigation dose and plant density affect the essential oil content and sensory quality of parsley (Petroselinum sativum). *Scientia Horticulturae*, *206*, 1-6.

Emongor, V. E., Chweya, J. A., Keya, S. O., Munavu, R. M. (1990). Effect of nitrogen and phosphorus on the essential oil yield and quality of chamomile. East African Agricultural and Forestry Journal, 55 (4), 261–264.

Ezz El-Din, A. A., Hendawy, S. F., Aziz, E. E., Omer, E. A. (2010). Enhancing Growth, Yield and Essential Oil of Caraway Plants by Nitrogen and Potassium Fertilizers. *International Journal of Academic Research*, *2*(3).

Farhat, G. N., Affara, N. I., Gali-Muhtasib, H. U. (2001). Seasonal changes in the composition of the essential oil extract of East Mediterranean sage (Salvia libanotica) and its toxicity in mice. *Toxicon*, *39*(10), 1601-1605.

Formisano, C., Delfine, S., Oliviero, F., Tenore, G. C., Rigano, D., Senatore, F. (2015). Correlation among environmental factors, chemical composition and antioxidative properties of essential oil and extracts of chamomile (Matricaria chamomilla L.) collected in Molise (South-central Italy). *Industrial Crops and Products*, *63*, 256-263.

Franz, C. (1993). Genetics. Volatşle Oil Crops. Their Biology, Biochemistry and Production. Longman Publications, UK.

Galata, M., Sarker, L. S., Mahmoud, S. S. (2014). Transcriptome profiling, and cloning and characterization of the main monoterpene synthases of Coriandrum sativum L. *Phytochemistry*, *102*, 64-73.

Gazim, Z. C., Amorim, A. C. L., Hovell, A. M. C., Rezende, C. M., Nascimento, I. A., Ferreira, G. A., Cortez, D. A. G. (2010). Seasonal variation, chemical composition, and analgesic and antimicrobial activities of the essential oil

from leaves of Tetradenia riparia (Hochst.) Codd in Southern Brazil. *Molecules*, *15*(8), 5509-5524.

Ghani, A., Saharkhiz, M. J., Hassanzadeh, M., Msaada, K. (2009). Changes in the essential oil content and chemical compositions of Echinophora platyloba DC. during three different growth and developmental stages. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *12*(2), 162-171.

Grausgruber-Gröger, S., Schmiderer, C., Steinborn, R., Novak, J. (2012). Seasonal influence on gene expression of monoterpene synthases in Salvia officinalis (Lamiaceae). *Journal of Plant Physiology*, *169*(4), 353-359.

Hendawy, S. F., Khalid, K. A. (2011). Effect of chemical and organic fertilizers on yield and essential oil of chamomile flower heads. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, *5*(1), 43-48.

Huang, B., Wang, G., Chu, Z., Qin, L. (2012). Effect of oven drying, microwave drying, and silica gel drying methods on the volatile components of ginger (Zingiber officinale Roscoe) by HS-SPME-GC-MS. *Drying Technology*, *30*(3), 248-255.

Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (Ocimum basilicum) essential oils depends on seasonal variations. *Food chemistry*, *108*(3), 986-995.

Kapoor, R., Giri, B., Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in Foeniculum vulgare mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, *93*(3), 307-311.

Karamanos, A. J., Sotiropoulou, D. E. (2013). Field studies of nitrogen application on Greek oregano (Origanum vulgare ssp. hirtum (Link) Ietswaart) essential oil during two cultivation seasons. *Industrial Crops and Products*, *46*, 246-252.

Karamzadeh, S. (2003). Drought and production of second metabolites in medicinal and aromatic plants. *Drought J*, *7*, 90-95.

Keefover-Ring, K., Thompson, J. D., Linhart, Y. B. (2009). Beyond six scents: defining a seventh Thymus vulgaris chemotype new to southern France by ethanol extraction. *Flavour and Fragrance Journal*, *24*(3), 117-122.

Khazaie, H. R., Nadjafi, F., Bannayan, M. (2008). Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (Thymus vulgaris) and hyssop (Hyssopus officinalis). *Industrial Crops and Products*, 27(3), 315-321.

Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., Kumar, N. (2016). Drying methods and distillation time affects essential oil content and chemical compositions of Acorus calamus L. in the western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(3), 136-141.

Labra, M., Miele, M., Ledda, B., Grassi, F., Mazzei, M., Sala, F. (2004). Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of Ocimum basilicum L. cultivars. *Plant Science*, *167*(4), 725-731.

Laribi, B., Kouki, K., Bettaieb, T., Mougou, A., Marzouk, B. (2013). Essential oils and fatty acids composition of Tunisian, German and Egyptian caraway (Carum carvi L.) seed ecotypes: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, *41*, 312-318.

Lee, K. D., Yang, M. S. (2005). Changes in mineral and terpene concentration following calcium fertilization of Chrysanthemum boreale M. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences,1*, 222-226.

Letchamo, W., Gosselin, A. (1995). Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (Thymus vulgaris L.) clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science*, *75*(1), 231-238.

Liber, Z., Carović-Stanko, K., Politeo, O., Strikić, F., Kolak, I., Milos, M., Satovic, Z. (2011). Chemical characterization and genetic relationships among Ocimum basilicum L. cultivars. *Chemistry & Biodiversity*, *8*(11), 1978-1989.

Mallavarapu, G. R., Kulkarni, R. N., Baskaran, K., Rao, L., Ramesh, S. (1999). Influence of plant growth stage on the essential oil content and composition

in Davana (Artemisia pallens Wall.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(1), 254-258.

Maxia, A., Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S., Tuveri, E., Gonçalves, M. J., Salgueiro, L. (2009). Chemical characterization and biological activity of essential oils from Daucus carota L. subsp. carota growing wild on the Mediterranean coast and on the Atlantic coast. *Fitoterapia*, *80*(1), 57-61.

Melito, S., Petretto, G. L., Podani, J., Foddai, M., Maldini, M., Chessa, M., Pintore, G. (2016). Altitude and climate influence Helichrysum italicum subsp. microphyllum essential oils composition. *Industrial Crops and Products*, *80*, 242-250.

Moghaddam, M., Estaji, A., Farhadi, N. (2015). Effect of organic and inorganic fertilizers on morphological and physiological characteristics, essential oil content and constituents of agastache (Agastache foeniculum). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *18*(6), 1372-1381.

Moghaddam, M., Miran, S. N. K., Pirbalouti, A. G., Mehdizadeh, L., Ghaderi, Y. (2015). Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (Cuminum cyminum L.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, *70*, 163-169.

Moghaddam, M., Omidbiagi, R., Sefidkon, F. (2007). Changes in content and chemical composition of Tagetes minuta oil at various harvest times. *Journal of Essential Oil Research*, *19*(1), 18-20.

Moghaddam, M., Pirbalouti, A. G., Mehdizadeh, L., Pirmoradi, M. R. (2015). Changes in composition and essential oil yield of Ocimum ciliatum at different phenological stages. *European Food Research and Technology*, *240*(1), 199-204.

Mohammadi, M., Tobeh, A., Vahidipour, H. R., Fakhari, R. (2013). Effects of biological fertilizers on essential oil components and quantitative and qualitative yield of lemon verbena (Lippia citriodora). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *5*(12), 1374.

Mondal, A. B., Al Mamun, A. (2011). Effect of foliar application of urea on the growth and yield of tomato. *Frontiers of Agriculture in China*, *5*(3), 372-374.

Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M. B., Chahed, T., Kchouk, M. E., Marzouk, B. (2007). Changes on essential oil composition of coriander (Coriandrum sativum L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chemistry*, *102*(4), 1131-1134.

Mumiv, H., Babalar, M., Hadian, J., Fakhr-Tabatabaei, M. (2011). Plant growth and essential oil content and composition of Satureja hortensis L. cv. Saturn in response to calcium carbonate and nitrogen application rates. Journal of Medicinal Plants Research, 5(10), 1859-1866.

Nell, M., Voetsch, M., Vierheilig, H., Steinkellner, S., Zitterl-Eglseer, K., Franz, C., Novak, J. (2009). Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (Salvia officinalis L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(6), 1090-1096.

Nell, M., Voetsch, M., Vierheilig, H., Steinkellner, S., Zitterl-Eglseer, K., Franz, C., Novak, J. (2009). Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (Salvia officinalis L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(6), 1090-1096.

Nurzynska-Wierdak, R. (2012). Ocimum basilicum L.–wartościowa roślina przyprawowa, lecznicza i olejkodajna. Praca przeglądowa. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EEE: Horticultura*, *22*(1).

Nurzyńska-Wierdak, R., Bogucka-Kocka, A., Sowa, I., Szymczak, G.A. (2012). The composition of essential oil from three ecotypes of Origanum vulgare L. ssp. vulgare cultivated in Poland. *Farmacia*, *60*(4), 571-577.

Özgüven, M., Şener, B., Orhan, I., Şekeroğlu, N., Kirpik, M., Kartal, M., Kaya, Z. (2008). Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of Artemisia annua L. *Industrial Crops and Products*, *27*(1), 60-64.

Palá-Paúl, J., Pérez-Alonso, M. J., Velasco-Negueruela, A., Palá-Paúl, R., Sanz, J., Conejero, F. (2001). Seasonal variation in chemical constituents of Santolina rosmarinifolia L. ssp. rosmarinifolia. *Biochemical Systematics and Ecology*, *29*(7), 663-672.

Patel, R. P., Singh, R., Rao, B. R., Singh, R. R., Srivastava, A., Lal, R. K. (2016). Differential response of genotype× environment on phenology, essential oil yield and quality of natural aroma chemicals of five Ocimum species. *Industrial Crops and Products*, *87*, 210-217.

Perry, N. B., Anderson, R. E., Brennan, N. J., Douglas, M. H., Heaney, A. J., McGimpsey, J. A., Smallfield, B. M. (1999). Essential oils from Dalmatian sage (Salvia officinalis L.): variations among individuals, plant parts, seasons, and sites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(5), 2048-2054.

Petropoulos, S. A., Daferera, D., Akoumianakis, C. A., Passam, H. C., Polissiou, M. G. (2004). The effect of sowing date and growth stage on the essential oil composition of three types of parsley (Petroselinum crispum). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *84*(12), 1606-1610.

Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., Passam, H. C. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, *115*(4), 393-397.

Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Ghahfarokhi, F. T. (2013a). Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated Thymus daenensis Celak and Thymus vulgaris L. *Industrial Crops and Products*, *48*, 43-48.

Pirbalouti, A. G., Hossayni, I., Shirmardi, H. A. (2013b). Essential oil variation, antioxidant and antibacterial activity of mountain fennel (Zaravschanica membranacea (Boiss.) M. Pimen.). *Industrial Crops and Products*, 50, 443-448.

Pirbalouti, A. G., Mahdad, E., Craker, L. (2013c). Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces. *Food Chemistry*, *141*(3), 2440-2449.

Rajeswara Rao, B. R., Kaul, P. N., Mallavarapu, G. R., Ramesh, S. (1996). Effect of seasonal climatic changes on biomass yield and terpenoid composition of rose-scented geranium (Pelargonium species). *Biochemical Systematics and Ecology*, *24*(7-8), 627-635.

Ramezani, S., Rezaei, M. R., Sotoudehnia, P. (2009). Improved growth, yield and essential oil content of basil grown under different levels of phosphorus sprays in the field. *Journal of Applied Biological Sciences*, *3*(2), 105-110.

Rapposelli, E., Melito, S., Barmina, G. G., Foddai, M., Azara, E., Scarpa, G. M. (2015). Relationship between soil and essential oil profiles in Salvia desoleana populations: preliminary results. *Natural Product Communications*, *10*(9), 1934578X1501000932.

Rehman, R., Hanif, M. A., Mushtaq, Z., Al-Sadi, A. M. (2016). Biosynthesis of essential oils in aromatic plants: A review. *Food Reviews International*, *32*(2), 117-160.

Rioba, N. B., Itulya, F. M., Saidi, M., Dudai, N., Bernstein, N. (2015). Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (Salvia officinalis L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *2*(1), 21-29.

Sadeghi, H., Robati, Z., Saharkhiz, M. J. (2015). Variability in Zataria multiflora Bioss. essential oil of twelve populations from Fars province, Iran. *Industrial Crops and Products*, *67*, 221-226.

Said-Al Ahl, H. A. H., Ayad, H. S., Hendawy, S. F. (2009). Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals. *Journal of Applied Sciences*, *2*(3), 319-323.

Santos-Gomes, P. C., Fernandes-Ferreira, M. (2001). Organ-and season-dependent variation in the essential oil composition of Salvia officinalis L. cultivated at two different sites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *49*(6), 2908-2916.

Satta, M., Tuberoso, C. I. G., Angioni, A., Pirisi, F. M., Cabras, P. (1999). Analysis of the Essential Oil of Helichrysum italicum G. Don ssp. microphyllum (Willd) Nym. *Journal of Essential Oil Research*, *11*(6), 711-715.

Sellami, I. H., Maamouri, E., Chahed, T., Wannes, W. A., Kchouk, M. E., Marzouk, B. (2009). Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (Origanum majorana L.). *Industrial Crops and Products*, *30*(3), 395-402.

Sellami, I. H., Wannes, 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.

Senatore, F. (2000). Oli essenziali, provenienza estrazione ed analisi chimica. EMSI, Roma, Italy.

Shahhoseini, R., Ghorbani, H., Karimi, S. R., Estaji, A., Moghaddam, M. (2013). Qualitative and quantitative changes in the essential oil of lemon verbena (Lippia citriodora) as affected by drying condition. *Drying Technology*, *31*(9), 1020-1028.

Skoula, M., Abidi, C., Kokkalou, E. (1996). Essential oil variation of Lavandula stoechas L. ssp. stoechas growing wild in Crete (Greece). *Biochemical Systematics and Ecology*, *24*(3), 255-260.

Slavkovska, V., Jancic, R., Bojovic, S., Milosavljevic, S., Djokovic, D. (2001). Variability of essential oils of Satureja montana L. and Satureja kitaibelii wierzb. ex Heuff. from the central part of the balkan peninsula. *Phytochemistry*, *57*(1), 71-76.

Supanjani, T. A. R. M., Yang, M. S., Han, H. S., Lee, K. D. (2005). Calcium effects on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic Chrysanthemum coronarium L. *International Journal of Botany*, *1*, 146-151.

Teles, S., Pereira, J. A., Santos, C. H., Menezes, R. V., Malheiro, R., Lucchese, A. M., Silva, F. (2013). Effect of geographical origin on the essential oil content and composition of fresh and dried Mentha× villosa Hudson leaves. *Industrial Crops and Products*, *46*, 1-7.

Timmusk, S., Abd El-Daim, I. A., Copolovici, L., Tanilas, T., Kännaste, A., Behers, L., Nevo, E., Seisenbaeva, G., Stenström, E., Niinemets, Ü. (2014). Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. *PloS One*, *9*(5), e96086.

Tuncturk, R., Tuncturk, M. (2006). Effects of different phosphorus levels on the yield and quality components of cumin (Cuminum cyminum L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *2*(6), 336-340.

Vahidipour, T. H., Vahidipour, H. R., Baradaran, R., Seqhatoleslami, M. J. (2013). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield and essential oil percentage of medicinal plant Ajowan. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, *4*(5), 1013-1022.

Varshanidze, N., Turmanidze, N., Dolidze, K., Zarnadze, N., Diasamidze, I., Epitashvili, T., Katcharava, T. (2018). Biodiversity of Medicinal Plants Containing Essential Oil and Their Spreading in Adjara. *Universal Journal of Agricultural Research*, *6*(3), 99-104.

Zaghloul, S. M., El-Quesni, F. E. M., Mazhar, A. A. M. (2009). Influence of potassium humate on growth and chemical constituents of Thuja orientalis L. seedlings. *Ozean Journal of Applied Sciences*, *2*(1), 73-78.

Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., Hristov, A. N. (2012). Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. *Industrial Crops and Products*, *36*(1), 222-228.

Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., Jeliazkova, E. A., Tatman, A. O., Schlegel, V. (2013a). Distillation time alters essential oil yield, composition and antioxidant activity of female Juniperus scopulorum trees. *Journal of Essential Oil Research*, *25*(1), 62-69.

Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., Shiwakoti, S., Poudyal, S., Horgan, T., Kovatcheva, N., Dobreva, A. (2014). Essential oil yield and composition of garden sage as a function of different steam distillation times. *HortScience*, *49*(6), 785-790.

Zheljazkov, V. D., Cantrell, C. L., Astatkie, T., Jeliazkova, E. (2013b). Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, *62*(4), 195-199.

BÖLÜM 5

ESANS YAĞ ÜRETİMİNDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN AROMATİK BİTKİLER VE BU BİTKİLERİN KISIMLARI

Dr. Öğr. Üyesi Emine YURTERİ[1]

Arş. Gör. Haydar KÜPLEMEZ[2]

Prof. Dr. Fatih SEYİS[3]

[1] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0002-3770-2714, e-posta: emine.yurteri@erdogan.edu.tr
[2] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4094-1318, e-posta: haydar.kuplemez@erdogan.edu.tr
[3] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye, Orcid: 0000-0002-9714-370X, e-posta: fatih.seyis@erdogan.edu.tr

GİRİŞ

Esans Yağ Bitkileri

Esans yağlar, bitkilerin yaprak, çiçek, kabuk, kök veya meyve gibi çeşitli kısımlarından farklı yöntemlerle elde edilen, oda sıcaklığı koşullarında sıvı halde bulunan ve kolaylıkla kristalleşebilen, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkli, kuvvetli koku ihtiva eden doğal bileşiklerdir. Oda sıcaklığında buharlaşabildiklerinden "uçucu yağ", eter gibi uçucu yapıya sahip olduklarından "eterik yağ", güzel koku yaymaları ve kozmetik sanayiinde kullanılmaları dolayısıyla da "esans" gibi isimlerle tanımlanmaktadırlar (Ceylan, 1983; Erdemgil, 1992).

Esans yağlar, canlı organizmalar tarafından üretilen ve sadece fiziksel yollarla (presleme ve damıtma) elde edilebilen, bitkinin bütününden veya taksonomik olarak bilinen bir bitki parçasından izole edilen uçucu bileşiklerin kompleks karışımlarıdır. Esans yağların kimyasal yapısında terpenler (terpenoitler), düz zincirli hidrokarbonlar, azot içeren maddeler ve aromatikler bulunur. Terpenler, uçucu yağların yapısında bulunan en temel maddelerdendir (Bayrak, 2006; Kılıç, 2008; Baydar, 2009). Kimyasal formülleri $(C_5H_8)_n$ şeklinde gösterilen terpenlerin; monoterpen, diterpen, triterpen, tetraterpene ve seskiterpen gibi farklı yapıları mevcuttur. Esans yağlarda özellikle monoterpen ve bazı seskiterpen bileşikleri mevcutken, diterpenler ve triterpenler daha çok reçinelerin, balzamların ve steroidlerin yapısına katılırlar. Aromatikler ise esans yağlarda terpenlerden sonra gelen en önemli bileşiklerdir. Anizol, thymol ve anetol gibi aromatik bileşikler,

koku ve tat sayesinde birçok bileşiğin sentezinde görev alırlar (Baydar, 2009). İlgili ana bileşikler esas olarak sadece üç biyosentetik yoldan türetilir. Bu biyosentetik yollar; seskiterpenlere giden mevalonat yolu, mono ve diterpenlere giden metil-eritritol yolu ve fenilpropenlere giden shikimik asit yoludur. Bununla birlikte, neredeyse sayılamayan sayıda tekil madde ve uçucu yağların bileşiminde muazzam bir çeşitlilik vardır. Bu uçucu maddelerin birçoğunun çeşitli ekolojik işlevleri bulunmaktadır. Esans yağlar bitkide otçullara karşı savunma maddeleri ya da bitki doğal düşmanlarını uzaklaştırma gibi işlevleri bulunmasının yanında tozlayıcı böcekleri de kendine çeken işlevi bulunmaktadır (Harrewijn ve ark., 2001). Tüm bitkiler esas olarak uçucu bileşikler üretme kabiliyetine sahiptir, ancak çoğu zaman yalnızca eser miktardadır. Özellikle "uçucu yağ bitkileri" ise ticari olarak ilgi çekici bir uçucu yağ sağlayan bitki türleridir. Örneğin güldeki çiçek kokuları gibi uçucu maddelerin eşsiz bir karışımı (*Rosa* spp.), yasemin (*Jasminum sambac*) veya tuberose (*Polianthes tuberosa*) gibi bitkilerde bulunmaktadır. Bu tür çiçekler uçucu maddeleri üretir ve hemen yapraklarının epidermal tabakaları tarafından yayar (Bergougnoux ve ark., 2007). Bu nedenle, yoğun kokulu çiçeklerde uçucu yağ verimi çok düşüktür ve damıtmaya ek olarak anfloraj gibi özel yöntemler uygulanabilir.

Özel anatomik yapılarda uçucu maddelerin salgılanması ve birikmesi bitkideki uçucu yağın daha yüksek konsantrasyonlarına yol açar. Uçucu yağlar için bu tür anatomik depolama yapıları salgı idioblastları

(salgı hücreleri), boşluklar (cavity), kanallar (duct) veya glandular trikomlar olabilir (Fahn, 1979, 1988; Svoboda ve ark., 2000). Glandular trikomlar,. uçucu yağları bir savunma mekanizması olarak salgılama ve depolama görevine sahiptir. Glandular olmayan trikomlar ise single ya da non-glandular trikom olarak adlandırılmakta ve salgı görevi bulunmamaktadır. Non-glandular trikomların bitkiden su kaybını engelleme ya da bazı sekonder metabolitlerin sentezini sağlayan genleri içerdiği düşünülmektedir (Monthony ve ark., 2021). Salgı idioblastları, büyük miktarlarda uçucu yağ üreten ve kortikal tabaka içinde ve endodermise yakın olan *Vetiveria zizanioides*'in köklerinde uçucu yağ idioblastları gibi hücre içindeki yağı tutan bireysel hücrelerdir (Bertea ve Camusso, 2002). Çoğunlukla uçucu yağların yapısına katılan monoterpenlerin biyosentezi, Adaçayı (*Salvia officinalis*) ve nane (*Mentha piperita*) gibi çeşitli Lamiaceae türlerinde yaprak gelişiminin erken dönemlerinde kısa bir süre ile sınırlıdır (Croteau ve ark., 1981; Gershenzon ve ark., 2000). Örneğin nane içindeki monoterpen biyosentezi 15 günlük yapraklarda maksimuma ulaşır; 12 günden küçük veya 20 günden büyük yapraklarda ise çok düşük oranlar gözlenmiştir (Gershenzon ve ark., 2000). Uçucu yağın bileşimi genellikle bitkinin farklı kısımları arasında değişir. Fitokimyasal polimorfizm genellikle farklı bitki organları arasında görülür. (Johnson ve ark., 2004). Bir türdeki iki uçucu yağın karmaşık bileşimindeki farklılıkların bazen spesifik kemotiplere veya bitkilerin belirli çevresel koşullara, örneğin farklı büyüme yerlerine reaksiyonlarının bir sonucu olarak ortaya çıkan farklılıklara atanması zor olabilir. Genel olarak, genetik çeşitlilikten

kaynaklanan farklılıklar farklı çevresel koşullardan çok daha büyüktür. Bununla birlikte, birçok intraspesifik polimorfizm muhtemelen henüz tespit edilmemiştir veya adaçayı gibi yaygın olarak kullanılan uçucu yağ bitkileri için bile yakın zamanda tarif edilmiştir (Novak ve ark., 2006). Uçucu yağları sentezleme oranı her tıbbi bitkide farklı olmakla birlikte, aynı cins altında bulunan türlerde benzer eğilim görülmektedir. Taksonomik ve sistematik açıdan değerlendirildiğinde; yalnızca bitkide uçucu yağ üretimi tek başına ayrıcı bir özellik olmamakla birlikte daha geniş perspektifli bir sınıflandırmayı kapsamaktadır. Örneğin bitkinin uçucu yağ salgılama sistemi (trikomlar, yağ bezleri, lizojenik boşluklar) ya da biyosentetik olarak uçucu yağların bulunduğu kimyasal gruplar (mono- ya da seskiterpenler ve fenilpropanoidler gibi) uçucu yağ bitkilerinin sınıflandırılmasında önem arz etmektedir. Biyosentetik olarak bir madde ne kadar uçucu yapın içerisinde ortaya çıkarsa, belirli taksonlara da aynı oranda spesifik olma özelliği taşımaktadır. Örneğin monoterpenler *Mentha* (nane) cinsine bağlı türlerde genellikle bulunmaktayken, *M. piperita* ve *M. arvensis* ssp. *piperascens* türlerinde mentol maddesi karakterizedir. Bu bağlamda bir diğer benzer durum da *Achillea millefolium* (civan perçemi) bitkisinde bulunmaktadır. Seskiterpenler *A. Millefolium* bitkisinde karakterize iken *A. roseoalba ve A. collina* türleri chamazulene üretimine prekürsör (öncül madde) olarak matricin üretmektedir (Vetter ve ark., 1997). Ekonomik açıdan en önemli uçucu yağların çoğunu veren türlerden oluşan bitki familyaları, özel bir taksonomik grupla sınırlı olmamakla birlikte, tüm bitki sınıfları arasında dağılım

göstermektedir. Örneğin açık tohumlulardan (Gymnosperm) Cupressaceae familyası (sedir ağacı, sedir yaprağı, ardıç yağı, vb.) ve Pinaceae familyasına (çam ve köknar yağları) ait türler uçucu yağ bakımından önem arz etmektedir. Kapalı tohumlulardan ise Rosopsida, Magnoliopsida ve Liliopsida sınıfına ait bitkiler uçucu yağ bitkileri olarak değerlendirilmektedir. Çift çenekli (dikotiledon) bitki familyalarında ise uçucu yağ üretimi bakımından; Apiaceae (rezene, kişniş ve diğer aromatik tohum/kök yağları), Asteraceae veya eski kullanımıyla Compositae (papatya, pelin otu, altın otu), Geraniaceae (turnagagası), Illiciaceae (yıldız anason yağı), Lamiaceae (adaçayı, nane, biberiye, lavanta, kekik ve diğer birçok bitkisel yağlar), Lauraceae (litsea, kafur, tarçın, sassafras yağı, vb.), Myristicaceae (hindistan cevizi), Myrtaceae (mersin, karanfil ve yenibahar), Oleaceae (yasemin yağı), Rosaceae (gül yağı) ve Santalaceae (sandal ağacı yağı). Monokotlarda (Liliopsida), esas olarak Acoraceae (calamus), Poaceae (vetiver ve aromatik çim yağları) ve Zingiberaceae (zencefil ve kakule) ile sınırlıdır (Franz ve Novak, 2015).

Uçucu Yağ Üretimi Bakımından Öne Çıkan Bitki Familyaları

Lamiaceae Familyası

Lamiaceae familyası içerisinde birçok tıbbi özellikli aromatik bitkiler bulunmaktadır. Bu bitkiler arasında dünyada toplam 900 türü bulunan *Salvia* cinsine ait türler (adaçayı) tıbbi önemi, yaygın olması ve zengin uçucu yağ bileşenleri bakımından öne çıkmaktadır. Ilıman, subtropikal ve tropikal bölgelerde doğal olarak bulunabilen *Salvia* türleri, Akdeniz, Orta Asya, Orta ve Güney Amerika'da yaygın olarak

bulunmaktadır. Geleneksel ve modern tıpta dünya çapında daha çok 400 türü kullanılmaktadır. Bu türler arasında öne çıkan *türlere S. officinalis, S. Sclarea, S. fruticosa, S. divinorum, S. miltiorrhiza* ve *S. pomifera* örnek olarak verilebilir. Türkiye florasında 51 türü endemik olmak üzere toplam 97 *Salvia* (adaçayı) türü doğal olarak bulunmaktadır (İpek ve Gürbüz, 2010). Tıbbi amaçlarla tüm bitkiden ya da yalnızca yapraklarından yararlanılmaktadır. Adaçayı uçucu yağının içerisinde çok sayıda mono ve seskiterpen vardır (Franz ve Novak, 2015).

Bir diğer ilginç çeşitlilik örneği ise kekik (Oregano) türlerinde bulunmaktadır. Ticari olarak önemi dünya genelinde yüksek olmakla birlikte yaklaşık 60'a yakın bitki türü benzer aroma nedeniyle "kekik" olarak adlandırılmaktadır. Bu benzer aroma karvakrol ve thymol içeriğinden kaynaklanmaktadır. Bazı istisnalar dışında kekik (oregano) türlerinin çoğu Lamiaceae ve Verbenaceae familyalarından sırasıyla *Origanum* ve *Lippia* cinslerine bağlıdır. Türkiye'de ise daha çok *Origanum onites* ve *Origanum majorana* türleri yetişmekte ve kendi içlerinde kemotipleri bulunmaktadır. Baharat ve tıbbi bitki amaçıyla *Origanum* türleri Türkiye, Yunanistan, İtalya, Fas ve İsrail'de uzun yıllardır tarımı yapılmaktadır (Baser, 2002).

Asteraceae Familyası

Dünya genelinde yaklaşık 23.000 türü barındıran Asteraceae familyası, Türkiye'deki en geniş bitki familyalarından biridir. Diğer familyalara ait tıbbi bitkilerde olduğu gibi, Asteraceae familyasına ait bitki türlerinin de antifungal, diüretik antihipertansif ve antelmintik

etkileri araştırmacılar tarafından raporlanmıştır (Chiasson ve ark., 2001; Lahlou ve ark., 2007; Lahlou ve ark., 2008; Hassanpouraghdam ve ark., 2009; Kumar ve Tyagi, 2013; Baranauskiene ve ark., 2014; Stojković ve ark., 2014; Godinho ve ark., 2014). Bu familyaya ait tıbbi bitki olarak kullanılan bitkilere *Anthemis* sp. (papatya), *Achillea* sp. (civanperçemi), *Carthamus* sp. (aspir), *Scorzonera* sp. (tekesakalı), *Helichrysum* sp. (altın otu) ve *Tagetes* (kadife çiçeği) örnek olarak verilebilir. Çoğunlukla uçucu yağ üretimi amaçlı tüm bitki ya da yapraklar ve çiçekler tercih edilmektedir.

Esans Yağ Üretiminde Kullanılan Bitki Kısımları

Esans yağ üretiminde kullanılacak olan bitki kısımları esans yağ oranı ve kimyasal kompozisyonu bakımından farklılık göstermektedir. Bu farklılık bitkilerin anatomik ve fizyolojik karakteristiklerine dayanmaktadır. Morfogenetik varyabilite, tıbbi bitkilerde etkili maddelerin aynı gelişme döneminde bitkinin organlarına göre farklılık göstermesidir. Özellikle bitkinin toprak altı ve üstü organlarında, meyvelerde, çiçeklerde ve vejetatif organlarda etkili maddeler kimyasal bileşim ve kalite yönünden farklılık gösterirler. Bu durumda bitkinin uygun olan organı drog olarak kullanılır. Tıbbi bitkilerde etken maddelerin morfogenetik varyabilitesinin araştırılması sonucunda; bitkinin hangi organın kullanılacağı ortaya çıkmıştır. Örneğin Lamiaceae familyasında uçucu yağlar bitkinin toprak üstü aksamında (aerial parts) bulunmaktayken, Rutaceae familyasına bağlı *Citrus* cinsinin türlerinde (narenciye) esans yağlar meyve kabuğu ve yapraklarda bulunmaktadır. Ayrıca esans yağ salgılayan salgı

idioblastları (salgı hücreleri), boşluklar (cavity), kanallar (duct) ve glandular trikomlar gibi yapıların bitkideki konumu türden türe farklılık göstermektedir. Esans yağ içeriğini oluşturan bileşikler bitki kısımlarında farklılık göstermektedir. Örneğin *Salvia officinalis* (adaçayı) çiçekleri βpinene açısından zenginken, yaprakları thujon (α ve β) içeriği bakımından zengindir (Perry ve ark., 1999).

Tablo 1. Bazı Önemli Esans Yağ Bitkilerinin Ticari ve Botanik Adları, Familyaları ve Kullanılan Bitki Kısımları

Ticari Adı	**Botanik Adı**	**Familya**	**Bitki Kısmı**	**Kaynak**
Adaçayı	*Salvia officinalis* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü	El Euch ve ark., 2019
Altın otu	*Helichrysum italicum* G. Don	Asteraceae (Papatyagiller)	Toprak üstü	Leonardi ve ark., 2013
Anason	*Pimpinella anisum*. L.	Apiaceae (Maydanozgiller)	Meyve	Orav ve ark., 2008
Aslanpençesi	*Alchemilla vulgaris* L.	Rosaceae (Gülgiller)	Toprak üstü	İlgün ve ark., 2014
Bergamot	*9Citrus bergamia* Risso et Poiteau	Rutaceae (Sedef otugiller)	Meyve kabuğu	Sawamura ve ark., 2006
Biberiye	*Rosmarinus officinalis* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü, yapraklar	Szumny ve ark., 2010
Civanperçemi	*Achillea millefolium* L.	Asteraceae (Papatyagiller)	Toprak üstü	Candan ve ark., 2003
Çay	*Camellia sinensis* (L.) O.Kuntze	Theaceae (Çaygiller)	Çiçek	Xia ve ark., 2018
Gül	*Rosa damascena* Mill.	Rosaceae (Gülgiller)	Çiçek	Babu ve ark., 2002
Kedi otu	*Valeriana officinalis* L.	Valerianaceae (Kedi otugiller)	Toprak altı	Hendriks ve ark., 1981
Kekik	*Thymus vulgaris* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü, yapraklar	Calín-Sánchez ve ark., 2013
Kuşburnu	*Rosa canina* L.	Rosaceae (Gülgiller)	Meyve	Ahmad ve ark., 2016
Lavanta	*Lavandula officinalis* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü, yapraklar	Hassanpouraghdam ve ark., 2011
Limon	*Citrus limon* L.	Rutaceae (Sedef otugiller)	Meyve kabuğu	Paw ve ark., 2020
Nane	*Mentha piperita* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü	Saharkhiz ve ark., 2012
Oğul otu	*Melissa officinalis* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü	Mimica-Dukic ve ark., 2004
Papatya	*Anthemis tinctoria* L.	Asteraceae (Papatyagiller)	Çiçek	Hollá ve ark., 2000
Portakal	*Citrus sinensis* L.	Rutaceae (Sedef otugiller)	Meyve kabuğu	Sharma ve Tripathi, 2006
Sarımsak	*Allium sativum* L.	Amaryllidaceae (Nergisgiller)	Soğan	Benkeblia, 2004
Soğan	*Allium cepa* L.	Amaryllidaceae (Nergisgiller)	Soğan	Benkeblia, 2004

Tablo 1. Bazı Önemli Esans Yağ Bitkilerinin Ticari ve Botanik Adları, Familyaları ve Kullanılan Bitki Kısımları (devamı)

Yarpuz	*Mentha pulegium* L.	Lamiaceae (Ballıbabagiller)	Toprak üstü	Mahboubi ve Haghi, 2008
Yıldız anason	*Illicium verum* Hook fil.	Schisandraceae	Meyve	Huang ve ark., 2010
Zencefil	*Zingiber officinale* Roscoe	Zingiberaceae (Zencefilgiller)	Rizom	Mahboubi, 2019
Zerdeçal	*Curcuma longa* L.	Zingiberaceae (Zencefilgiller)	Rizom	Liju ve ark., 2011

Esans yağların kimyasal kompozisyonlarının gösterdiği bu varyasyonun yüksek ya da düşük olması bitki türleri arasında farklılık göstermektedir. Örneğin *Lavandula stoechas* L. ssp *stoechas* türünün yaprak ve çiçek örneklerinde 1,8-cineole ve myrtenyl acetat içerikleri bakımından kayda değer bir farklılık saptanmamıştır (Skoula ve ark., 1996). Diğer bir araştırma sonuçlarına göre *Cryptomeria japonica* L. D. Don türünden alınan 4 farklı doku örneğinde esans yağların kimyasal kompozisyonu bakımından (özellikle seskiterpenler) güçlü farklılıklar ortaya çıkmıştır (Cheng ve ark., 2005).

Tablo 2. Bazı Önemli Esans Yağ Bitkilerinin Kısımları ve Kullanım Amaçları

Botanik Adı	**Bitki Kısmı**	**Yaygın Kullanım Amacı**	**Kaynak**
Alchemilla vulgaris L.	Toprak üstü	Antimikrobiyal, yara iyileştirici, diüretik	İlgün ve ark., 2014; Tasić-Kostov ve ark., 2019; Renda ve ark., 2017
Helichrysum italicum G. Don		Antiinflamatuar, antialerjik ve antimikrobiyal	Leonardi ve ark., 2013; Mastelic ve ark., 2005
Lavandula officinalis L.		Kozmetik ve parfümeri, farmasötik, antimikrobiyal	Hassanpouraghdam ve ark., 2011; Shafaghat ve ark., 2012
Mentha piperita L.		Kozmetik, gıda tatlandırıcı, antimikrobiyal ve radyoprotektif	Saharkhiz ve ark., 2012; Balige ve Rao, 2010
Melissa officinalis L.		Antioksidan, antimikrobiyal, sakinleştirici, gıda tatlandırıcı	Mimica-Dukic ve ark., 2004; Bisset ve Wichtl, 2001
Mentha pulegium L.		Antiseptik, antioksidan, spazmolitik	Mahboubi ve Haghi, 2008; Estrada-Soto ve ark., 2010
Rosmarinus officinalis L.		Antimikrobiyal, gıda tatlandırıcı, hepatoprotektif, antioksidan	Szumny ve ark., 2010; Hussain ve ark., 2010
Salvia officinalis L.		Antiinflamatuar, antimikrobiyal, kozmetik, antihidrotik	El Euch ve ark., 2019; Raal ve ark., 2007; Barnes ve ark., 2002
Thymus vulgaris L.		Antimikrobiyal, antioksidani gıda katkısı, kozmetik ve parfümeri	Calín-Sánchez ve ark., 2013; Lee ve ark., 2005

Tablo 2. Bazı Önemli Esans Yağ Bitkilerinin Kısımları ve Kullanım Amaçları (devamı)

Achillea millefolium L	Çiçek	Antioksidan, anti-mikrobiyal, böcek kovucu,	Candan ve ark., 2002; Rohloff ve ark., 2000
Anthemis tinctoria L.		Kozmetik, gıda katkısı, antioksidan ve antimikrobiyal	Hollá ve ark., 2000; Saroglou ve ark., 2006
Camellia sinensis (L.) O.Kuntze		Antioksidan, antimikrobiyal, antihistaminik, antiinflamatuar	Xia ve ark., 2018; Chen ve ark., 2013
Rosa damascena Mill.		Kozmetik, parfümeri, gıda tatlandırıcı, antimikrobiyal, antispazmodik	Babu ve ark., 2002; Verma ve ark., 2011;
Illicium verum Hook fil.	Meyve	Antimikrobiyal, gıda ve içecek tatlandırıcı, insektisit, antifungal	Huang ve ark., 2010; Li ve ark., 2020
Pimpinella anisum. L.		Gıda katkısı, parfümeri, antikonvülsan	Orav ve ark., 2008; Pourgholami ve ark., 1999
Rosa canina L.		Antiinflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal,	Ahmad ve ark., 2016; Ghazghaz ve ark., 2010
Citrus bergamia Risso et Poiteau	Meyve kabuğu	Kozmetik ve parfümeri, gıda katkısı, aromaterapi, antiseptik	Sawamura ve ark., 2006; Navarra ve ark., 2015
Citrus limon L.		Antioksidan, antinosiseptif, kozmetik ve parfümeri, gıda tatlandırıcı	Paw ve ark., 2020; Campêlo ve ark. 2011
Citrus sinensis L.		Antimikrobiyal, antifungal, gıda koruyucu, kozmetik ve parfümeri	Sharma ve Tripathi, 2006; Li ve ark., 2021
Allium cepa L.	Soğan	Antimikrobiyal, antioksidan, böcek kovucu, gıda katkısı, antimutajenik	Benkeblia, 2004; Singh ve ark., 2009; Ye ve ark., 2013

Tablo 2. Bazı Önemli Esans Yağ Bitkilerinin Kısımları ve Kullanım Amaçları (devamı)

Allium sativum L.	Soğan	Antimikrobiyal, antioksidan, böcek kovucu, gıda katkısı	Benkeblia, 2004; Chekki ve ark., 2014
Curcuma longa L.	Rizom	Antioksidan, antiinflamatuar, antimutajen, antikanserojen, gıda katkısı, böcek kovucu	Liju ve ark., 2011; Jayaprakasha ve ark., 2002; Negi ve ark., 1999;
Zingiber officinale Roscoe		Antioksidan, antiinflamatuar, antimikrobiyal, gıda katkısı, gıda koruyucu	Mahboubi, 2019; Singh ve ark., 2008; Noori ve ark., 2018
Valeriana officinalis L.	Toprak altı	Sakinleştirici, kozmetik, böcek kovucu, antioksidan, antimikrobiyal	Hendriks ve ark., 1981; Letchamo ve ark., 2004

Tablo 2 incelendiğinde, bitkilerin yoğun esans yağ bulunan kısımları drog olarak kullanılmaktadır. Esans yağların çoğunlukla antioksidan ve antimikrobiyal etkileri öne çıkmaktadır. Tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*), bitki kısımlarında esans yağ kompozisyonu bakımından morfogenetik varyabilite bulunmaktadır. Kök, gövde ve yaprak esans yağ bileşenleri kendi aralarında farklılık göstermektedir. Gövde kabukları % 70 oranında cinnamaldehyde içerirken, kök kabuğu çoğunlukla kamforve linalool içermektedir. Yapraklarda ise ana bileşen olarak eugenol içermektedir (Wijesekera ve ark., 1974). Tarçındaki bu varyabilite örneğinin tam tersine, karanfil (*Syzygium aromaticum*) gövde, yaprak ve dallarında % 70-90 oranında eugenol ana bileşendir (Lawrance, 1978). Esans yağ bitkilerindeki bu morfogenetik varyabilite, bitki kısımlarındaki esans yağın kimyasal

kompozisyon ve oranını etkilemekte ve kullanım amacı hususunda belirleyici olmaktadır.

SONUÇ

Daha önce de ifade edildiği gibi esans yağlar, hoş bir kokuya sahip doğal uçucu bileşiklerdir. Esans yağlar tıpta yaygın uygulamalara sahiptir ve bulaşıcı hastalıklar, depresyon, anksiyete gibi farklı hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır; mantar önleyici, antimikrobiyal, antikanser ve yara iyileştirici özelliği vardır ve kozmetik ve parfüm endüstrilerinde de kullanılırlar. Sağlık alanında uçucu yağlar daha sık kullanılır ve ağrıyı gidermek için daha çok vücudun dış bölgelerine uygulanmaktadır. Aynı zamanda parfümeri sanayinde uçucu yağlar kullanılmaktadır.

Çekici kokuları nedeniyle uçucu yağlar endüstride daha çok kullanılmaktadır. Esans yağlar dünya çapında kullanım alanına sahiptir. Dünyada uçucu yağ pazarı her gün hızla büyümekte ve her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle Türkiye de zengin biyolojik çeşitliliğinden elde edeceği etken maddeleri bu endüstriye kazandırmak durumundadır.

KAYNAKLAR

Ahmad, N., Anwar, F., Gilani, A.H. (2016). Chapter 76 - Rose Hip (Rosa canina L.) Oils, Editor(s): Victor R. Preedy, Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, Academic Press, Pages 667-675, ISBN 9780124166417.

Babu, K. G., Singh, B., Joshi, V. P., Singh, V. (2002). Essential oil composition of damask rose (Rosa damascena mill.) distilled under different pressures and temperatures. *Flavour and Fragrance Journal*, *17*(2).

Baliga, M., Rao, S. (2010). Radioprotective potential of mint: a brief review. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, vol. 6, no. 3, pp. 255–262.

Baranauskienė, R., Kazernavičiūtė, R., Pukalskienė, M., Maždžierienė, R., & Venskutonis, P. R. (2014). Agrorefinery of Tanacetum vulgare L. into valuable products and evaluation of their antioxidant properties and phytochemical composition. *Industrial Crops and Products*, *60*, 113-122.

Barnes, J., Anderson, L. A., Newall, C. A., Phillipson, J. D. (2002). *Herbal medicines: A guide for healthcare professionals*. 2nd edn, Pharmaceutical Press, London, Chicago.

Baser, K.H.C. (2002). The Turkish *Origanum* species. In *Oregano*: *The Genera Origanum and Lippia*, S.E. Kintzios (ed.), pp. 109–126. New York: Taylor & Francis.

Baydar, H. (2009). Tıbbi Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 51, Isparta.

Bayrak, A. (2006). Gıda Aromaları. *Gıda Teknolojisi Derneği*, Yayın No: 32, Ankara.

Benkeblia, N. (2004). Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (Allium cepa) and garlic (Allium sativum). *LWT - Food Science and Technology*, *37*(2), 263-268.

Bergougnoux, V., Caissard, J., Jullien, F., Magnard, J., Scalliet, G., Cock, J. M., Hugueney, P., Baudino, S. (2007). Both the adaxial and abaxial epidermal layers of the rose petal emit volatile scent compounds. *Planta*, 226(4), 853-866.

Bertea, C.M. Camusso, W. (2002). Anatomy, biochemistry and physiology. In Vetiveria: Medicinal and Aromatic Plants—Industrial Profiles, M. Maffei (ed.), Vol. 20, pp. 19–43. London, U.K.: Taylor & Francis.

Bisset, N.G., Wichtl, M. (2001). Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. Boca Raton, London, New York, Washington D.C., USA: CRC Press.

Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Lech, K., Szumny, A., Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). Effects of drying methods on the composition of thyme (Thymus vulgaris L.) essential oil. *Drying Technology*, *31*(2), 224-235.

Campêlo, L., Almeida, A., Freitas, R., Cerqueira, G., Sousa, G.F., Saldanha, G., Feitosa, C., Freitas, R. (2011). Antioxidant and Antinociceptive Effects of Citrus limon Essential Oil in Mice. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*, Volume 2011, Article ID 678673, 8 pages.

Candan, F., Unlu, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, A., Akpulat, H. A. (2003). Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of Achillea millefolium subsp. millefolium Afan. (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, *87*(2-3), 215–220.

Ceylan, A. (1983). Tıbbi Bitkiler-II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını No:481, Bornova-İzmir.

Chekki, R. Z., Snoussi, A., Hamrouni, I., Bouzouita, N. (2014). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of Tunisian garlic (Allium sativum) essential oil and ethanol extract. *Mediterranean Journal of Chemistry*, *3*(4), 947-956.

Chen, Z., Mei, X., Jin, Y., Kim, E., Yang, Z., Tu, Y. (2013). Optimisation of supercritical carbon dioxide extraction of essential oil of flowers of tea (Camellia sinensisL.) plants and its antioxidative activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(2), 316-321.

Cheng, S., Lin, H., Chang, S. (2005). Chemical composition and Antifungal activity of essential oils from different tissues of Japanese cedar (Cryptomeria japonica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3), 614-619.

Chiasson, H., Bélanger, A., Bostanian, N., Vincent, C., Poliquin, A. (2001). Acaricidal Properties of Artemisia absinthium and Tanacetum vulgare

(Asteraceae) Essential Oils Obtained by Three Methods of Extraction. *Journal of Economic Entomology.*

Croteau, R., Felton, M., Karp, F., Kjonaas, R. (1981). Relationship of camphor biosynthesis to leaf development in sage (*Salvia officinalis*). *Plant Physiology*, *67*(4), 820-824.

El Euch, S. K., Hassine, D., Cazaux, S., Bouzouita, N., Bouajila, J. (2019). Salvia officinalis essential oil: Chemical analysis and evaluation of anti-enzymatic and antioxidant bioactivities. *South African Journal of Botany*, *120*, 253-260.

Erdemgil, F.Z. 1992. *Origanum onites L. Uçucu yağının bileşimi*. (Yüksek Lisans Tezi) Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Estrada-Soto, S., González-Maldonado, D., CastilloEspaña, P., Aguirre-Crespo, F., Sánchez-Salgado, J.C. (2010). Spasmolytic effect of Mentha pulegium L. involves ionic flux regulation in rat ileum strips. *Journal of Smooth Muscle Research*., 46(2), 107-117.

Fahn, A. (1979). Secretory Tissues in Plants. London, U.K.: Academic Press.

Fahn, A. (1988). Secretory tissues in vascular plants. New Phytologist, 108: 229–257.

Franz, C., Novak, J. (2015). Sources of Essential Oils from: Handbook of Essential Oils, Science, Technology, and Applications CRC Press.

Gershenzon, J., McConkey, M. E., Croteau, R. B. (2000). Regulation of Monoterpene accumulation in leaves of peppermint. *Plant Physiology*, *122*(1), 205-214.

Ghazghazi, H., Miguel, M., Hasnaoui, B., Sebei, H., Ksontini, M., Figueiredo, A., Pedro, L., Barroso, J. (2010). Phenols, essential oils and carotenoids of Rosa canina from Tunisia and their antioxidant activities. *African Journal of Biotechnology*, *9*, 2709-2716.

Haddanpouraghdam, M.B., Hassani, A., Vojodi, L., Asl, B.H., Rostami, A. (2011). Essential oil constituents of *Lavandula officinalis* Chaix. from Northwest Iran. *Chemija.* 22, 167–171.

Harrewijn, P., van Oosten, A.M., Piron, P. (2012). Natural terpenoids as messengers: A multidisciplinary study of their production, biological functions and practical applications. Springer Science & Business Media.

Hassanpouraghdam, M.B., Tabatabaie, S.J., Nazemiyeh, H., Vojodi, L., Aazami, M. (2009). Volatile oil constituents of alecost (Tanacetum balsamita L. ssp. balsamitoides (Schultz-Bip.)) growing wild in North-West of Iran. *Herba Polonica*, *55*, 53-59.

Hendriks, H., Bos, R., Allersma, D., Malingré, T., Koster, A. (1981). Pharmacological screening of Valerenal and some other components of essential oil of Valeriana officinalis. *Planta Medica*, *42*(05), 62-68.

Hollá, M., Svajdlenka, E., Vaverková, Š., Zibrunová, B., Tekel, J., Havránek, E. (2000). Composition of the Oil from the Flowerheads of Anthemis tinctoria L. Cultivated in Slovak Republic. *Journal of Essential Oil Research*, *12*, 714 – 716.

Huang, Y., Zhao, J., Zhou, L., Wang, J., Gong, Y., Chen, X., Guo, Z., Wang, Q., Jiang, W. (2010). Antifungal activity of the essential oil of Illicium verum fruit and its main component trans-anethole. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *15*(11), 7558–7569.

Hussain, A. I., Anwar, F., Chatha, S. A., Jabbar, A., Mahboob, S., Nigam, P. S. (2010). Rosmarinus officinalis essential oil: Antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology*, *41*(4), 1070-1078.

İlgün, S, Baldemir, A, Koşar, M. (2014). Alchemilla L. Türlerinin Kimyasal Bileşikleri ve Biyolojik Aktiviteleri. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, (1), 17-30.

İpek, A, Gürbüz, B. (2010). Türkiye Florasında Bulunan *Salvia* Türleri ve Tehlike Durumları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2), 30-35.

Jayaprakasha, G.K., Jena, B.S., Negi, P.S., Sakariah, K.K. (2002). Evaluation of antioxidant activities and antimutagenicity of turmeric oil: a byproduct from curcumin production. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(9-10), 828-835.

Johnson, C. B., Kazantzis, A., Skoula, M., Mitteregger, U., Novak, J. (2004). Seasonal, populational and ontogenic variation in the volatile oil content and composition of individuals of Origanum vulgare subsp. Hirtum, assessed by GC Headspace analysis and by SPME sampling of individual oil glands. *Phytochemical Analysis*, *15*(5), 286-292.

Kılıç, A. (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (13), 37-45.

Kumar, V., Tyagi, D. (2013). Chemical composition and biological activities of essential oils of genus Tanacetum −a review, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2:3,159-163.

Lahlou, S., Tahraoui, A., Israili, Z., Lyoussi, B. (2007). Diuretic activity of the aqueous extracts of Carum carvi and Tanacetum vulgare in normal rats. *Journal of Ethnopharmacology*, *110*(3), 458-463. https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.005.

Lawrence, B.M. (1978). *Essential Oils 1976–77*, pp. 84–109. Wheaton, IL: Allured Publishing.

Lee, S.J., Umano, K., Shibamoto, T., Lee, K.G. (2005). Identification of volatile components in basil (Ocimum basilicum L.) and thyme leaves (Thymus vulgaris L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 91(1), 131–137.

Leonardi, M., Ambryszewska, K. E., Melai, B., Flamini, G., Cioni, P. L., Parri, F., Pistelli, L. (2013). Essential-oil composition of Helichrysum italicum (ROTH) G.DON ssp. italicum from Elba Island (Tuscany, Italy). *Chemistry & Biodiversity*, 10(3), 343–355.

Letchamo, W., Ward, W., Heard, B., & Heard, D. (2004). Essential oil of Valeriana officinalis L. cultivars and their antimicrobial activity as influenced by harvesting time under commercial organic cultivation. *Journal of agricultural and food chemistry*, *52*(12), 3915-3919.

Li, Y., Tang, C., He, Q. (2021). Effect of orange (Citrus sinensis L.) peel essential oil on characteristics of blend films based on chitosan and fish skin gelatin. *Food Bioscience*, Volume 41, 2021, 100927, ISSN 2212-4292.

Li, Y., Wang, Y., Kong, W., Yang, S., Luo, J., & Yang, M. (2020). Illicium verum essential oil, a potential natural fumigant in preservation of lotus seeds from fungal contamination. *Food and Chemical Toxicology*, *141*, 111347.

Liju, V. B., Jeena, K., Kuttan, R. (2011). An evaluation of antioxidant, anti-inflammatory, and antinociceptive activities of essential oil from Curcuma longa. L. *Indian Journal of Pharmacology*, *43*(5), 526–531.

Mahboubi, M. (2019). Zingiber officinale Rosc. essential oil, a review on its composition and bioactivity. *Clinical Phytoscience*, *5*(1).

Mahboubi, M., Haghi, G. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of Mentha pulegium L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, *119*(2), 325 327.

Mastelic, J., Politeo, O., Jerkovic, I., & Radosevic, N. (2005). Composition and antimicrobial activity of helichrysum italicum essential oil and its terpene and terpenoid fractions. *Chemistry of Natural Compounds*, *41*(1), 35-40.

Mimica-Dukic, N., Bozin, B., Sokovic, M., Simin, N. (2004). Antimicrobial and antioxidant activities of Melissa officinalis L. (Lamiaceae) essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(9), 2485–2489.

Monthony, A. S., Page, S. R., Hesami, M., Jones, A. M. (2021). The past, present and future of cannabis sativa tissue culture. *Plants*, 10(1), 185.

Navarra, M., Mannucci, C., Delbò, M., Calapai, G. (2015). Citrus bergamia essential oil: from basic research to clinical application. *Frontiers in pharmacology*, *6*, 36.

Negi, P.S., Jayaprakasha, G.K., Jagan Mohan Rao, L., Sakariah, K.K. (1999). Antibacterial activity of turmeric oil: a byproduct from curcumin manufacture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4297-4300.

Noori, S., Zeynali, F., & Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (Zingiber officinale) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food control*, *84*, 312-320.

Novak, J., Marn, M., Franz, C. M. (2006). An α-pinene Chemotype inSalvia offcinalisL. (Lamiaceae). *Journal of Essential Oil Research*, *18*(3), 239-241.

Orav, A., Raal, A., Arak, E. (2008). Essential oil composition of Pimpinella anisum L. fruits from various European countries. *Natural Product Research*, *22*(3), 227-232.

Paw, M., Begum, T., Gogoi, R., Pandey, S. K., Lal, M. (2020). Chemical composition of citrus Limon L. Burmf peel essential oil from north east India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *23*(2), 337-344.

Perry, N. B., Anderson, R. E., Brennan, N. J., Douglas, M. H., Heaney, A. J., McGimpsey, J. A., Smallfield, B. M. (1999). Essential oils from Dalmatian sage (Salvia officinalis L.): Variations among individuals, plant parts, seasons, and sites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(5), 2048-2054.

Pourgholami, M., Majzoob, S., Javadi, M., Kamalinejad, M., Fanaee, G., & Sayyah, M. (1999). The fruit essential oil of pimpinella anisum exerts anticonvulsant effects in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, *66*(2), 211-215.

Raal, A., Orav, A., Arak, E. (2007). Composition of the essential oil of Salvia officinalis L. from various European countries. *Natural Product Research*. 21. 406-11.

Renda, G., Tevek, F., Korkmaz, B., Yaylı, N. (2017). Comparison of the Alchemilla L. Samples from Turkish Herbal Market with the European Pharmacopoeia 8.0. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*; Ankara Vol. 42, Iss. 3:167-177.

Rohloff, J., Skagen, E. B., Steen, A. H., Iversen, T. H. (2000). Production of yarrow (Achillea millefolium L.) in Norway: essential oil content and quality. *Journal of agricultural and food chemistry*, *48*(12), 6205–6209.

Saharkhiz, M. J., Motamedi, M., Zomorodian, K., Pakshir, K., Miri, R., Hemyari, K. (2012). Chemical Composition, Antifungal and Antibiofilm Activities of the Essential Oil of Mentha piperita L. *ISRN Pharmaceutics*, *2012*, 718645.

Saroglou, V., Dorizas, N., Kypriotakis, Z., Skaltsa, H. D. (2006). Analysis of the essential oil composition of eight Anthemis species from Greece. *Journal of Chromatography A*, *1104*(1-2), 313-322.

Sawamura, M., Onishi, Y., Ikemoto, J., Tu, N. T., Phi, N. T. (2006). Characteristic odour components of bergamot (Citrus bergamia Risso) essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, *21*(4), 609-615.

Shafaghat, A., Salimi, F., Amani-Hooshyar, V. (2012). Phytochemical and antimicrobial activities of Lavandula officinalis leaves and stems against some pathogenic microorganisms. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*.

Sharma, N., Tripathi, A. (2006). Fungitoxicity of the essential oil of citrus sinensis on post-harvest pathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *22*(6), 587-593.

Singh, B.N., Singh, B.R., Singh, R.L., Prakash, D., Singh, D.P., Sarma, B.K., Upadhyay, G., Singh, H.B. (2009). Polyphenolics from various extracts/fractions of red onion (Allium cepa) peel with potent antioxidant and antimutagenic activities. *Food and Chemical Toxicology*, *47*(6), 1161-1167.

Singh, G., Kapoor, I.P.S., Singh, P., de Heluani, C.S., de Lampasona, M.P., Catalan, C.A. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of Zingiber officinale. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(10), 3295-3302.

Skoula, M., Abidi, C., Kokkalou, E. (1996). Essential oil variation of Lavandula stoechas L. SSP. stoechas growing wild in Crete (Greece). *Biochemical Systematics and Ecology*, *24*(3), 255-260.

Stojković, M.B., Mitic, S.S., Jovana, L.J., Pavlović, J.L., Stojanovic, B.T., Paunović, D.D. (2014). Antioxidant potential of Tanacetum vulgare L. extracts, *Biologica Nyssana*, 5:1, 47-51.

Svoboda, K.P., Svoboda, T.G. (2000). Secretory structures of aromatic and medicinal plants: A review and atlas of micrographs. Powis: Microscopix Publications.

Szumny, A., Figiel, A., Gutiérrez-Ortíz, A., Carbonell-Barrachina, Á. A. (2010). Composition of Rosemary essential oil (Rosmarinus officinalis) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering*, *97*(2), 253-260.

Tasić-Kostov, M., Arsić, I., Pavlović, D., Stojanović, S., Najman, S., Naumović, S., Tadić, V. (2019). Towards a modern approach to traditional use: In vitro and in vivo evaluation of Alchemilla vulgaris L. gel wound healing potential. *Journal of Ethnopharmacology*, *238*, 111789.

Varshanidze, N., Turmanidze, N., Dolidze, K., Zarnadze, N., Diasamidze, I., Epitashvili, T., Kacharava, T. (2018). Biodiversity of Medicinal Plants Containing Essential Oil and Their Spreading in Adjara. *Universal Journal of Agricultural Research*. 6. 99-104.

Verma, R. S., Padalia, R. C., Chauhan, A., Singh, A., Yadav, A. K. (2011). Volatile constituents of essential oil and rose water of damask rose (Rosa damascena Mill.) cultivars from North Indian hills. *Natural Product Research*, *25*(17), 1577–1584.

Vetter, S., Franz, C., Glasl, S., Kastner, U., Saukel, J., Jurenitsch, J. (1997). Inheritance of sesquiterpene lactone types within the *Achillea millefolium complex* (Compositae). *Plant Breeding*, 116: 79–82.

Wijesekera R., Jajewardene, A.L., Rajapakse, L.S. (1974). Composition of the essential oils from leaves, stem bark and root bark of two chemotypes of cinnamom. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 25: 1211–1218.

Xia, C., Tu, Y., Yang, Z., Jin, Y., Xia, H. (2018). Antioxidative activity of essential oil of flowers of tea (Camellia Sinensis L.) plants extracted by supercritical carbon dioxide. *Journal of Biomedical Sciencies*, *07*(03).

Ye, C. L., Dai, D. H., Hu, W. L. (2013). Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil from onion (Allium cepa L.). *Food control*, *30*(1), 48-53.

BÖLÜM 6

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA BÜYÜME UYARICI OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. AHMET TEKELİ[1]
Prof. Dr. HASAN RÜŞTÜ KUTLU[2]

[1] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Van, Türkiye. 0000-0002-6525-7267, atekeli@yyu.edu.tr
[2] Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye. 0000-0002-3891-1534, hrk@cu.edu.tr

1.GİRİŞ

Hayvan beslemede antibiyotikler, büyümeyi hızlandırmak için kullanılmakta idi. 01 Ocak 2006 tarihinde başlayan yasakla birlikte artık sadece hastalıkları tedavi etmek için kullanılmaktadır. Antibiyotik kullanılan hayvanın et, süt ve yumurtalarında antibiyotik kalıntılarına rastlanılmaktadır. Bu durum insan sağlığı yönünden iki sakınca doğurmaktadır. Birincisi bu ürünleri tüketen duyarlı insanlarda alerjilere yol açması, ikincisi besinler yoluyla uzun süre az miktarda antibiyotiğe maruz kalan tüketicilerde hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılan beşeri antibiyotiklerin iyileştirici etkisinin azalmasıdır. Yani çapraz rezistans denilen antibiyotiklere karşı direncin gelişmesidir.

Son yapılan araştırmalarda insanlarda çapraz direnç oluşturma olayının sadece yem katkı maddesi olarak antibiyotik tüketen hayvanların ürünleri ile değil aynı zamanda bu antibiyotik katkılı yemlerle beslenen hayvanların kesildiği kesimhanelerde çalışan insanlara ve bu antibiyotik katkılı yemlerleri tüketen hayvanların barındırıldığı çiftliklerin etrafında oturan insanlara solunum yoluyla da geçebileceği belgelenmiştir (Kutlu, 1999a)

Büyümeyi uyarıcı antimikrobiyallerin 2006 yılı itibariyle yasaklanmasından dolayı, günümüzde esans yağlar alternatif yem katkısı olarak önem kazanmaya başlamış ve bu bileşiklere olan ilgi giderek artmaktadır. Çünkü son yıllarda tüketiciler gıda ile ilgili

riskler hakkında giderek daha fazla bilinçlenmeye ve bu konuda tüketici endişeleri hızla artmaya başlamıştır.

Günümüzde hayvansal üretim zincirinde esans yağları; yem lezzetini iyileştirmek, yem alımını arttırmak, hayvanın direncini ve sağlık durumunu iyileştirmek, hastalıkları önlemek ve tedavi etmek, karkas randımanını arttırmak ve özelliklerini iyileştirmek gibi çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Hatta enkapsülasyon gibi yeni teknoljiler ile de esans yağlarının biyoyarayışlılığı arttırılmaktadır. Bu bölümde, esans yağlarının kümes hayvanlarında büyüme uyarıcı olarak kullanımı güncel literatürler eşliğinde incelenecektir.

2. ESANS YAĞLARIN TANIMI

Esans yağlar, aromatik bitkilerin düşük molekül ağırlıklı, sekonder metabolitleri tarafından üretilen uçucu bileşenlerin bir karışımıdır (Bassolé ve Juliani, 2012; Shiratsuchi ve ark., 2012). Uçucu metabolitler aromatik bitkilerde çeşitli ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilir (Herman ve ark., 2019). Elde edilen bileşikler uçucu yağ, esans yağ, eterik yağ ya da bitkisel ekstrakt gibi farklı isimlerle adlandırılmaktadır (Butnariu ve Sarac, 2018). Ancak bu terim bazı araştırmacılar tarafından esansiyel yağ olarak da tanımlanmaktadır (Bilgin ve Kocabağlı, 2010; Tekce ve Gül, 2016). Ancak bu terimin kullanılması, vücutta sentezlenemeyen dışardan alınması gereken linoleik asit, omega 3 yağ asidi gibi yağ asitlerinin anlaşılmasına dolaysıyla anlam kargaşasına neden olacağı için bu tür kullanımdan uzak durulması tavsiye edilebilir. Aromatik bitkilerden elde edilen

kokulu, uçucu olan bu yağların İngilizcesi ‘essencial oil’ dir. Bir örneklik olması ve doğru kullanım açısından bu tür yağlara esans yağlarının denilmesi daha doğru olacaktır. Van de Braak ve Leijten, (1999), yaklaşık 300 kadar ticari olarak önemli olan ve dünya tarafından kullanılan 3.000’nin üzerinde esans yağın var olduğunu bildirmişlerdir.

Aromatik bitkilerden elde edilen esans yağları binlerce yıldır çok çeşitli amaçlarla özellikle hastalık tedavisinde ilaç olarak kullanılmıştır. Modern hayvan beslemede, aromatik bitkilerin ve bu bitkilerden elde edilen esans yağlarının büyümeyi uyarıcı antimikrobiyal olarak kullanımı 2000’li yıllara kadar pek dikkate alınmamıştır. Fakat, Tıbbın ve tüketicilerin baskıları özellikle Avrupa topluluğunun hayvan yemlerinde büyüme uyarıcı olarak antibiyotiklerin kullanılmasını (70/524/EEC Direktif ve 1831/2003/EC sayılı yönetmelikle) 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren yasaklamasıyla (Anonymous, 2006), aromatik bitkilerden elde edilen esans yağların, kümes hayvanlarında büyüme uyarıcı olarak kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bitkilerden ekstrakt elde etmenin temel amacı, bitkilerin gereksiz maddelerden arındırılması ve ana aktif maddelerinin saf olarak elde edilmesidir (Wheeler, 1993). Esans yağarının rasyondan herhangi bir dönemde çıkarılmasına gerek kalmadan sürekli olarak rasyonda kullanılabileceği, aynı zamanda antibiyotiklere karşı bir direnç oluşturmadığı bildirilmektedir (Gill, 1999). Öte yandan, bütün esans yağlar “doğal ve organik olduklarından faydalıdır” fikri yanlış bir

kanıdır. Bunlardan biri olan "EPHEDRA" adlı bitki 2003 yılı sonlarında sinir sistemine zarar vermesi, psikoza, hafıza kaybına, hatta ölüme neden olmasından dolayı yasaklanmıştır (Anonymous, 2004).

3. ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDAKİ ETKİ MEKANİZMASI

Aromatik bitkilerden elde edilen esans yağlarının kendilerine özgü bilinen esas etkilerinden birisi bunların antimikrobiyal aktiviteleridir. Gerçekten de hayvansal ve/veya yem kaynaklı patojenlere karşı birçok esans yağın antibakteriyel, antifungal ve antiviral etkilerinin kanıtı olabilecek laboratuvar çalışmalarından oluşan oldukça fazla bilimsel kaynak mevcuttur. MIC (bakteri üreme ve gelişmesini önleyici bir indeks; Minimum İnhibitör Konsantrasyon) çalışmaları bu esans yağlarının, ticari olarak temin edilen bazı antibiyotiklere bazen çok yakın veya benzer değerler gösterdiğini bildirmektedir. Bütün bu kanıtlarla birlikte, uygulamada birçok farklı esans yağları yüksek konsantrasyonlarda karıştırılarak etkileri antibiyotiklerle mukayese edilmelidir. Çoğu esans yağ, bir çok sayıda aktif madde içerdiğinden dolayı bu mantıksaldır. Bunların gözlenen antimikrobiyal etkileri kimyasal yapıları ile bağlantılıdır. Önemli bir faktör olarak bu aktif maddeler bitkiler aleminde değişik konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Kamel, 2000).

Aromatik bitkilerin ve esans yağlarının hayvansal organizmada esas etkili olduğu bölge hayvanın sindirim sistemi olup bu etkiyi ya sindirim sistemindeki patojen mikroflorayı yok ederek yada besin

maddelerinin daha iyi bir şekilde sindirilmesine ve emilmesine yol açan mikrobiyal populasyonun sindirim sistemindeki konsantrasyonunu arttırmak suretiyle göstermektedir (Wenk, 2000). Ayrıca esans yağların sindirim salgıları ve safrayı da uyardıkları bildirilmiştir. Böylelikle sindirim enzimleri besin maddelerini emilim için hazır hale getirmektedir (Krishan ve Narang, 2014; Krauze, 2021). Önceki çalışmalar da, bağırsak mikrobiyotasının besin maddelerinin emilimi ve enerjinin etkin kullanımında önemli roller oynadığını bildirmektedir (Krajmalnik-Brown ve ark., 2012; Martin ve ark., 2019)

Esans yağlarını havyan beslemede üstün kılan özelliklerinden biri de iştah açıcı özelliklere sahip olmalarıdır (Hernández ve ark, 2004). Esans yağlarının iştah açıcı özellikleri esans yağlarının içermiş oldukları aromalara ve tatlara bağlanmaktadır (Lippens ve ark, 2005).

Havyanlar özellikle kanatlılar *Escherichia coli, Salmonella ssp, Clostridium perfringens* ve *Campylobacter sputorum* gibi patojen bakterilere karşı çok hassastırlar. İnce bağırsaktaki patojenik mikrobial flora, besin maddeleri için konakçı ile yarışmakta ve aynı zamanda safra asitlerinin etki ettiği maddelere bağlanmasını engelleyerek yağ ve yağda eriyen vitaminlerin sindirimini düşürmektedirler. Bu durum performansın düşmesine ve hastalık oranının artmasına neden olmaktadır. Kanatlı yemlerinde uzun süre büyüme uyarıcı olarak kullanılan antibiyotikler bağırsağın mikrobiyal florasını dengede tutmakta, spesifik bazı bağırsak patojenlerini

engelleyerek büyüme performansını iyileştirmektedir (Günal ve ark., 2006).

Esans yağlarının antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları bir takım mekanizmalara bağlanmaktadır. Örneğin soğan (*Allium cepa*) ve sarımsak (*Allium sativum*)'dan elde edilen isothiocynates'in antimikrobiyal aktivitesi ekstraselüler enzimleri inaktif yapabilme yeteneğine bağlanmaktadır (Brul ve Coote, 1999). Fakat çoğu esans yağların antibakteriyel etkileri hücre duvarının yapısını bozmalarına bağlanmaktadır. Bu aktivite elektron alışverişini, iyon yoğunluğunu, protein sentezini, fosforilasyon adımlarını ve enzimlere bağlı direk reaksiyonları etkilemektedir ve bütün bunlarda bakterinin kimyasal ozmatik dengesini kaybetmesine neden olmaktadır (Ultee ve ark, 1999; Cox ve ark., 2000; Dorman ve Deans, 2000). Örneğin; Helander ve ark, (1998)'de carvacrol ve thymolün her ikisinin de *E. coli'*nin gelişmesini engellediğini, carvacrolün H^+ ve K^+ iyonları için hücre duvarının geçirgenliğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Yucca schidigera (Ys) ekstraktı, etken maddesi olan sarsaponinin bakteri veya protozoanın hücre duvarındaki kolestrolü bağlaması sonucu, bakteri veya protozoanın ölümüne neden olmaktadır (Cheeke, 1995; Kutlu, 1999b). Diğer esans yağları ise yapılarındaki etken maddenin özelliğine bağlı olarak bakteri veya protozoa üzerine öldürücü etkiye sahip olmaktadır. Örneğin, fenoller, bakteri hücre duvarında yer alan proteinleri denatüre ederek, hücre duvarının geçirgenliğini arttırırlar. Sonuçta geçirgenliği bozulan hücre duvarından, hücre içi sıvının hücre dışına çıkması ile bakterinin ölümü

gerçekleşir (Kutlu, 1999b). Fenol bileşikleri direkt hücre duvarını etkileyerek bakterilerin ölümüne yol açarlar iken, penisilin ve streptomisin vb. antibiyotikler ise bakterilerin kromozom yapısını bozarak bakterilerin ölümlerine sebep olmaları nedeniyle zamanla antibiyotiklere karşı direnç şekillenebilir (Şanlı, 1999).

Yukarıda bahsedilen bilgilerin ışığında, esans yağların kümes hayvanlarındaki etki mekanizması Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1: Esans Yağların Kümes Hayvanlarındaki Etki Mekanizması

4. ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA BÜYÜME PERFORMANS PARAMETRELERİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Esans yağların birçok fonksiyonel özelliklere sahip olduğu ve kümes hayvanlarında büyüme uyarıcı yem katkı maddesi olarak kullanıldığı bildirilmiştir.

a) Canlı Ağırlık Üzerine Etkileri

Botsoglou ve ark. (2002), yeme 50 ve 100 mg/kg katılan oregano esans yağının etlik etlik piliçlerin büyüme performansı üzerine etkili olmadığını bildirmişlerdir. Benzer olarak Demir ve ark. (2003)'da antibiyotik büyüme uyarıcılarına karşı oregano, dusacch, quiponin, sarımsak ve thymolden oluşan bitkisel ekstraktların etlik piliçlerde canlı ağırlık kazancı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Tekeli ve ark. (2006), etlik piliçlerde antibiyotiklere alternatif büyüme uyarıcı olarak ayrı ayrı kullanılan 120 ppm *Yucca schidigera*, 120 ppm *Oreganum vulgare*, 120 ppm *Thymus vulgare*, 120 ppm *Syzigium aromaticum* ve 120 ppm *Zingiber oficinale* isimli esans yağlarının deneme sonu itibariyle canlı ağırlık değerlerini rakamsal olarak iyileştirdiği fakat istatistiki olarak önemli bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir.

Bütün bu çalışmaların aksine esans yağların kümes hayvanlarında canlı ağırlık kazancı üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu çalışmalar da mevcuttur. Omar ve ark., (2016), çemen otu (*Tigonella foenum graecum*), papatya (*Anthemis ecutita*), ısırgan (*Urtica dioica*), kekik

(*Thymus vulgaris*), nane (*Menthola*), çörek otu (*Nigella sativa*) ve saf baldan oluşan esans yağ karışımının etlik civcivlerin içme sularına 300 ml/m^3 düzeyinde ilave edilmesi, negatif kontrol grubu ve antibiyotik içeren pozitif kontrol grubuna kıyasla canlı ağırlık kazancı önemli düzeyde arttırdığını göstermişlerdir. Kim ve ark. (2016), kekik, anason ve Quillaja özlerinden oluşan Biostrong 510 isimli ticari esans yağ karışımının etlik piliçlerde günlük canlı ağırlık kazancını önemli düzeyde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Olaifa ve ark. (2019), hindi civcivlerinin içme sularına ayrı ayrı katılan 12 ml/l mantar, sarımsak ve zencefil esans yağlarının hayvanların performans parametrelerini olumsuz etkilemeden günlük canlı ağırlık kazancını ve deneme sonu canlı ağırlık değerlerini önemli düzeyde iyileştirdiğini ifade etmişlerdir. Masood ve ark. (2020), Mix Oil® ticari isimli İtalya'dan temin ettikleri esans yağ karışımının Japon bıldırcınlarında (*Coturnix coturnix japonica*) büyüme performansı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Esans yağ karışımları % 0.15 (0.33 ml/2 lt su),% 0.25 (0.5 ml/2 lt su), ve % 0.5 (1 ml/2 lt su) düzeylerinde suya katılarak verilmiştir. Sonuç olarak araştırmacılara esans yağ karışımlarının bıldırcınlarda canlı ağırlık kazancını iyileştirdiği ve büyüme uyarıcı olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Youssef ve ark. (2021), etlik civciv rasyonlarına anson, biberiye, timol ve karvakrolden oluşan esans yağ katkısından 25 mg/kg katılması ile canlı ağırlık kazancının arttığını, esans yağların özellikle saponin (46.0 mg/kg Quilaj saponin) ile birlikte kullanılmasının piliçlerin büyüme performansını arttırmada umut verici yeni ajanlar olarak kabul edilebileceğini bildirmektedirler.

Kümes hayvanlarında esans yağların canlı ağırlık kazancı bakımından çalışmalar arasında görülen birtakım farklılıkların, doğal büyüme uyarıcı olarak kullanılan esans yağların elde edildikleri aromatik bitkilerin yetiştikleri coğrafik bölgelerin, ekstraksiyon yönteminin, ekstrakt edilen bitkinin orjininin ve uygulama düzeylerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

b) Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Üzerine Etkileri

Doğal yem katkı maddesi olarak esans yağların, orijini ve aktif maddesine bağlı olmakla birlikte yemden yararlanmayı iyileştirici bir takım özelliklere sahip olduğunu gösteren çalışmalar mevcut olup bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Al-Kassie (2009), kekik ve tarçın esans yağlarının farklı dozlarının (100 ve 200 ppm) 42 günlük deneme sonu itibariyle etlik piliçlerde yemden yararlanma oranlarını istatistiki olarak önemli düzeyde iyileştirdiğini bildirmiştir. Petričevič ve ark., (2018), biberiye (*Rosmarinus officinalis*) tozunu etlik piliçlerde %0.2, 0.4 ve 0.6 oranlarında kullanmışlardır. %0.4 ve 0.6 dozları, kontrol ve düşük doz düzeylerine kıyasla yemden yararlanma oranlarını önemli düzeyde iyileştirmiştir.

Rahimian ve ark., (2018), Chamomile (papatya) esans yağının farklı dozlarının (%0.3, 0.5 ve 0.7) etlik piliçlerde yemden yararlanma oranını öneli düzeyde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Mendoza-Ordoñez ve ark. (2020), oregano (kekik) esans yağını hindilerde 105 gün

boyunca kullanmışlardır. 200 mg/kg oregano yağı, en düşük yem alımını ($p<0.001$), 100 mg/kg ve 200 mg/kg oregano yağı ise kontrol grubuna kıyasla en iyi yemden yararlanma oranını göstermişlerdir ($p<0.001$). Tekce ve ark. (2020), yüksek sıcaklık altında yetiştirilen Japon bıldırcını (*Coturnix coturnix japonica*) yemlerine farklı düzeylerde (200, 400, 600 mg/kg) ilave edilen *Moringa oleifera* esans yağının özellikle yüksek doz seviyesinin yem alımını azaltarak, yemden yaralanma oranını istatistiki olarak önemli düzeyde iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak bu esans yağ karışımını sıcak stresini azaltmak amacıyla kanatlı yemlerinde alternatif bir yem katkı maddesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Yem tüketimi ve yemden yararlanma oranlarındaki iyileşme esans yağların sindirim sistemini uyarıcı etkisine, patojenik bakterilere karşı gösterdiği antimikrobiyal aktvitesine ve bağırsak villi uzunluklarını artırıcı etkisine bağlanılabilir (Kamel, 2001; Tekeli ve ark, 2010).

c) Kesim ve Karkas Özellikleri Üzerine Etkileri

Khaksar ve ark. (2012), timol esans yağının Japon bıldırcınlarında karkas randımanını ve göğüs oranını isatistiki olarak önemli düzeyde arttırdığını, ancak abdominal yağ oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Petričevič ve ark., (2018), biberiye (*Rosmarinus officinalis*) aromatik bitkisinin etlik piliçlerde karkas randımanını istatistiki olarak önemli düzeyde etkilemediğini, ancak karkas kalitesini iyileştirici etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Biberiye aromatik bitkisi etlik piliçlerde abdominal yağ oranını

istatistiki olarak önemli düzeyde azaltmıştır. Rahimian ve ark., (2018), Chamomile (papatya) esans yağının etlik piliçlerde karkas ağırlığını önemli düzeyde arttırdığı, abdominal yağ ağırlığını da önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir. Mendoza-Ordoñez ve ark. (2020), oregano (kekik) yağının antioksidan özelliği nedeniyle kanatlı hayvanlarda sadece büyüme uyarıcı olarak değil et kalitesini de iyileştirmek amacıyla antibiyotiklere alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu araştırmaların aksine esans yağların kanatlı karkas parametrelerine etkisinin olmadığını gösteren çalışmalarda mevcuttur. Zamora ve ark. (2017), Meksika oregano yağının etlik piliçlerde kesim ağırlığı, sıcak karkas ağırlığı, soğuk karkas ağırlığı, karkas randımanı gibi karkas parametrelerini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Kümes hayvanlarında yapılan çalışmalarda esans yağlarının kullanımının karkas randımanında bir takım farklılıkların görülmesi, doğal büyüme uyarıcı olarak kullanılan esans yağların canlı ağırlığı önemli düzeyde etkileyip etkilememelerine veya kullanılan esans yağlarının bu yönde bir etkisinin olmamasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Kümes hayvanların yemlerine esans yağları katılarak şu faydalar sağlanabilir (Kutlu ve Görgülü, 2001);

1) Daha fazla ağırlık kazancı ve daha iyi yem çevirme etkinliği.
2) Ağızdan itibaren sindirim sistemi içinde patojen mikroorganizmaların öldürülmesi.
3) Yemde lezzet artışı.

4) Safra ve Sindirim özsularının sekresyonunu artırma.
5) Sindirim enzimlerinin etkinliğini artırarak yemlerin sindirilebilirliğini yükseltme.
6) Bağışıklık sistemini güçlendirme.
7) Kolesterolü düşük hayvansal ürün temin etme.
8) Protein sentezini uyararak daha kaliteli ve yağsız et üretme.
9) Amonyağı bağlayarak daha temiz ve sağlıklı çevre oluşturma.

5. SONUÇ

Kümes hayvanlarında antibiyotiklerin büyüme uyarıcısı olarak kullanımının 2006 yılında yasaklanmasından itibaren, aromatik bitkilerden elde edilen esans yağlarının kullanımı ve tanınırlığı giderek artmaya başlamıştır. Esans yağları daha ucuz, daha etkili ve sağlık açısından tehlike oluşturmadıkları için gıda güveliği ve üretim arasında ki boşluğu kapatmak için kullanılmaktadır. Antibiyotiklere alternatif olarak düşünülen yem katkı maddelerinden esans yağları kümes hayvanlarında rasyonda herhangi bir dönemde çıkarılmasına gerek kalmadan kesime kadar sürekli olarak kullanılabilmesi, antibiyotiklere karşı bir direnç oluşturmaması, uygun miktarda kullanıldıklarında zararsız olmaları ve kalıntı riski taşımamaları bu doğal katkıların önemini arttırmaktadır. Konu aynı zamanda ekolojik ürün elde etme açısından da önem taşımaktadır.

Bazı esans yağlarının kümes hayvanlarının hematolojik, serum biyokimyasal parametreleri, sindirim sistemi gelişimi ve dolaysıyla da büyüme performansı üzerine etkilerini arttırmak amacıyla, esans

yağları belirli oranlarda karıştırılarak, bir araya getirilerek birbirlerinin eksikliklerini tamamlamak suretiyle verimlilikleri arttırılmaya çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

Al-Kassie, G.A.M. (2009). Influence of Two Plant Extracts Derived from Thyme and Cinnamon on Broiler Perfromance. Pakistan Vet. J. 29(4): 169-173.

Anonymous, (2004). Herbs and Botanicals. http://www.extension.iastate.edu/ nutrition/supplements/classification.php (08.08.2004)

Anonymous, 2006. Ban on Antibiotics as Growth Promoters in Animal Feed Enters into Effect:

http://www.europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1687&format. (03.02.2006)

Bassolé, I.H.N and Juliani, H.R. (2012). Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. Molecules, 17: 3989-4006.

Bilgin, A.Ş ve Kocabağlı, N. (2010). Etlik Piliç Beslemede Esansiyel Yağların Kullanımı. İstanbul Üniv Vet Fak Derg 36 (1): 75-82.

Botsoglou, N.A., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Fletouris, D.J. and Spasis, A.B., (2002). Effect of Dietary Oregano Essential Oil on Performance of Chickens and Iron-Induced Lipid Oxidation of Breast, Thigh and Abdominal Fat Tissues. British Poultry Science, Volume 43, Number 2,May, 223-230.

Brul, S and Coote, P. (1999). Preservative agents in foods-mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology* 50:1-17.

Butnariu, M. and Sarac, I. (2018). Essential Oils from Plants. Journal of Biotechnology and Biomedical Science. 1 (4): 35-43.

Cheeke, P.R. (1995). Toxicants of Plant Origine, Glicosides. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida.

Cox, S.D., Mann, C.M., Markham, J.L., Bell, H.C., Gustafson, J.E., Warmington, J.R., and Wyllie, S.G. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology* 88: 170-175.

Demir, E., Sarıca, Ş., Özcan, M.A. and Suiçez, M. (2003). The Use of Natural Feed Additives as Alternative For an Antibiotic Growth Promoter in Broyler Diets. British Poutry Science, 44, 44-45.

Dorman, H.J.D. and Deans, S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antimicrobial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88: 308-316.

Gill, C. (1999). Herbs and plant extracts as growth enhancers. *Feed International*, April: 20-22.

Günal, M., Yaylı, G., Kaya, N., Karahan, N., and Sulak, O. (2006). The effects of antibiotic growth promoter, probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broylers. *International journal of Poultry Science* 5 (2): 149-155.

Herman, R.A., Ayepa, E., Shittu, S., Fometu, S.S and Wang, J. (2019). Essential Oils and Their Applications-A Mini Review. Advances in Nutrition & Food Science. 4 (4): 1-13.

Hernandez F, Madrid Garcia V, Orengo J and Megias MD. (2004). Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. Poultry Science, 83: 169-174.

Helander, I.M., Alakomi, H.L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L.G.M. and Von, Wright, A. (1998). Chararacterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3590-3595.

Shiratsuchii, H., Chang, S., Wei, A., El-Ghorab, A.H. and Shibamoto, T. (2012). Biological Activities of Low-Molecular Weight Compounds Found in Foods and Plants. Journal of Food and Drug Analysis. 20 (1): 359-365.

Kamel, C. (2000). A novel look at a classic approach of plant extracts. Feed Mix, Special-2000: 19-21.

Kamel, C. (2001). Tracing Methods of Action and Roles of Plant Extracts in Non-ruminants. In: Recent Advances in Animal Nutrition (eds.). Grans worthy, P. C. and J. Wiseman, Nottingham University Press, Nothingham, UK.

Khaksar, V., Van Krimpen, M.M., Hashemipour, H. and Pilevar, M. (2012). Effects of thyme essential oil on performance, some blood parameters and ileal microflora of Japanese quail. Journal of Poultry Science, 49: 106-110. https://www.doi.org/10.2141/jpsa.011089

Kim, S.J., Lee, K.W., Kang, C.W and An, B.K. (2016). Growth Performance, Relative Meat and Organ Weights, Cecal Microflora, and Blood Characteristics in Broiler Chickens Fed Diets Containing Different Nutrient Density with or without Essential Oils. Asian Australas J. Anim. Sci. 29 (4): 549-554.

Krajmalnik-Brown, R., Z. E. Ilhan, D. W. Kang and J. K. DiBaise. (2012). Effects of gut microbes on nutrient absorption and energyregulation. Nutr. Clin. Pract. 27: 201–214.

Krauze, M. (2021). Phytobiotics a Natural Growth Promoter for Poultry (Online First). Intech Open, Advanced Studies in the 21st Century Animal Nutrition. (Editors, Prof László Babinszky, Dr Juliana Oliveira and Dr Edson Mauro Santos) https://www.intechopen.com/online-first/77807 (26.08.2021)

Krishan, G and Narang, A. (2014). Use of Esential Oils in Poultry Nutrition: A new Approach. J. Adv. Vet. Anim. Res. 1(4): 156-162.

Kutlu, H.R. (1999a). Türkiye'de Karma Yem Katkı Maddesi Olarak Antibiyotik-Büyütme Faktörlerinin Kullanımı, Geleceği ve Alınacak Önlemler. Türkiye Yem Sanayiciler Birliği Yem Magazin Dergisi. Haziran 1999-sayı 22.

Kutlu, H.R. (1999b). *Yucca schidigera* Ekstraktının Kanatlı Beslenmesindeki Önemi. Yem Sanayi Semineri Tebliği.3 Haziran 1999. Tüyap Fuar ve Konferans Merkezi, İstanbul.

Kutlu, H.R. ve Görgülü, M. (2001). Kanatlı yemlerinde yem katkı maddesi olarak kullanılan antbiyotik-büyütme faktörleri için alternatifler. *Yem Magazin Dergisi* 27: 45-62.

Lippens, M., Huyghebaert, G. and Cerchiari, E. (2005). Effect of the use of coated plant extracts and organic acids as alternative for antimicrobial growth promoters on the performance of broiler chickens. Arch.Geflügelk., 69 (6). S. 261- 266.

Martin, A.M., Sun, E.W., Rogers, G.B. and Keating, D.J. (2019). The Influence of the Gut Microbiome on Host Metabolism Through the Regulation of Gut Hormone Release. Frontiers in Physiology. 10 (428): 1-11.

Masood, A., Qureshi, A.S., Shahid, R.U. and Jamil, H. (2020). Effects of Oral Administration of Essential Oil (Mix Oil®) on Growth Performance and Intestinal Morphometry of Japanese Quails (Coturnix coturnix japonica). Pak Vet J, 2020, 40(3): 385-389.

Mendoza-Ordoñez, G., Caceda-Gallardo, L., Loyaga-Cortéz., Ybañez-Julca, R., Gonzales-Nonato, D., Asunción-Alvarez, D. (2020). Oregane Essential Oil Supplementation Improves Productive Performance, Oxidative Stability and lipid Parameteres in Turkyes. Scientia Agropecuaria 11(2): 187-193.

Olaifa, R.O., Sorgunle, O.M., Obileye, L.I., Ibitoye, S.A., Ayodeji, T.M., Odutayo, O.J and Ogundele, M.A. (2019). Effect of Oral Administration of Three Different Phytobiotics on Growth Performance of Locally-Adapted Turkeys. Ecronicon Veterinary Science. 4(8): 656-662.

Omar, J.A., Hejazi, A. and Badran, R. (2016). Performance of Broilers Supplemented with Natural Extract. Open Journal of Animal Science, 6: 68-74

Petričevič, V., Lukıĉ, M., Ŝkrbic, Z., Rakonjac, S., Doskoviĉ, V., Petriĉeviĉ, M., Stanojkoviĉ, A. (2018). The effect of using rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in broiler nutrition on production parameters, slaughter characteristics, and gut microbiological population. Turk J Vet Anim Sci. 42: 658-664.

Rahimian, Y., Moeini, M., Moradi, S., Miri, Y., Davoodi, S.M. (2018). Performance of Cobb 500 broiler Chickes Feed by Chamomile Alcoholic Extract. Veterinary science Development. 8: 7529.

Şanlı, Y. (1999). Veteriner Klinik Farmakoloji ve İlaçla Sağıtım İlkeleri. Özkan Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara.

Tekce, E ve Gül, M. (2016). Esansiyel Yağların Broiler Beslemedeki Kullanım Alanları. GÜFBED/GUSTIJ. 6 (2): 74-88.

Tekce, E., Bayraktar, B., Aksakal, V., Dertli, E., Kamiloğlu, A., Topçu, K.Ç., Takma, Ç., Gül, M and Hacer, K. (2020). Response of Japanese quails

(Coturnix coturnix japonica) to dietary inclusion of Moringa oleifera essential oil under heat stress condition. Italian Jopurnal of Animal Science.19 (19: 514-523

Tekeli, A., Çelik, L., Kutlu, H.R. ve Görgülü, M. (2006). Effect of Dietary Supplemental Plant Extracts on Performance, Carcass Characteristics, Digestive System Development, Intestinal Microflora and Some Blood Parameters of Broiler Chicks. EPC 2006, XII European Poultry Conference Verona, Italy. 10-14 Sept 2006, Book of Abstracts, Volume 62; supplement: 307-308.

Tekeli, A., Kutlu, H.R., Celik, L. and Doran, F. (2010). Determination of the Effects of *Z. officinale* and Propolis Extracts on Intestinal Microbiology and Histological Characteristics in Broilers. International Journal of Poultry Science 9 (9): 898-906.

Ultee, A., Kets, EPW., and Smid, E.J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 4606-4610.

Van de Braak, S.A.A.J. and Leijten, G.C.J.J. (1999). *Essential Oils and Oleoresins: A Survey in the Netherlands and Other Major Markets in the European Union*; CBI Publishers, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries: Rotterdam, The Netherlands.

Wenk, C. (2000). Why All The Discussion About Herbs? Biotechn. In The Feed Industry. Proc. of Alltech's 16th Annu. Symp. 2000, Alltech Technical Puplications, Nottingham Universty Press. Nicholasville, KY. Pages: 79-96.

Wheeler, G. E. (1993). Use of Herbal Supplements to Reduce The Effect of Stress. Proceedings World Conference on Medicinal and Aromatic Plants, Tiberius, Israel. 22 March, P.496-511. Tiberias on the Sea of Galilee, Israel.

Youssef, I.M.I., Männer, K., Zentek, J. (2021). Effect of essential oils or saponins alone or in combination on productive performance, intestinal morphology and digestive enzymes' activity of broiler chickens. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 105: (1): 99-107.

Zamora, G.M., Meléndez, L.A.D., Hume, M.E and Vázquez, R.S. (2017). Performance, blood parameters, and carcass yield of broiler chickens supplemented with Mexican oregano oil. Revista Brasileira de Zootecnia. 46 (6):515-520.

BÖLÜM 7

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA ANTİOKSİDAN OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. Ladine BAYKAL ÇELİK[1]

[1] Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye.
0000-0003-3352-9181, ladine@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kanatlı rasyonlarında büyütme faktörü olarak antibiyotiklerin kullanımının yasaklanmasının ardından kümes hayvanlarının beslenmesinde alternatif besleme arayışları süregelmektedir. Büyütme faktörü olarak antibiyotik kullanımında ilk kısmi yasaklar 1969 yılında İsveç'ten gelmiş, 2006 yılında Avrupa Birliği ülkelerinde, 2010 yılında ülkemizde, 1 Temmuz 2020 yılında da Çin'de tamamıyla yasaklanmıştır. Sonuçta hayvansal üretim; performansta düşme, hastalık direncinde azalma ve finansal kar kaybında ciddi zorluklar yaşamış, hayvanların performansını, savunma sistemini, bağırsak sağlığını korumak için güvenli ve etkili stratejilerin geliştirilmesi için baskı artmıştır (Zhang ve ark., 2021). Avrupa ülkeleri, Japonya ve ABD başta olmak üzere bitkilerin yapılarındaki aktif maddelerin hayvan ve insanlardaki etkilerine ilişkin çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır.

"Esans yağ" veya "uçucu yağ" bitkilerin çiçek, tomurcuk, tohum, yaprak, dal, ağaç kabuğu, meyve, kök gibi bölümlerinden destilasyon ile elde edilen aromatik yağlı sıvılardır. Esans yağlar sıklıkla buhar destilasyonu yoluyla elde edilmekle birlikte fermantasyon, ekstraksiyon veya ekspresyon metodları da kullanılmaktadır. Kimyasal yapıları itibariyle karmaşık ve değişken olan uçucu yağlar hidrokarbonlar (terpenler) ve oksijenli bileşikler (aromatik bileşikler) başta olmak üzere düşük düzeyde de uçucu olmayan kalıntılar (parafin, mum vb) içerirler. Terpenler, esans yağlarda yüksek düzeyde bulunan; esas olarak monoterpenler (C10) ve seskiterpenler

(C15)'den oluşan hidrokarbonlardır. Esans yağların C, H, O içeren bir diğer bileşeni olan oksijenli bileşiklerden en yaygın olanları ise aldehid, alkol, fenol, metoksi türevleri vb'dir (Krishan ve Narang, 2014; Adaszyńska-Skwirzyńska ve Szczerbińska, 2019).

Ülkemizde ve dünyada yaygın kullanılan aromatik bitkiler içinde en bilinenleri kekik ve biberiye olup (Yazıcı ve ark., 2020), karanfil ve tarçın da en etkili esans yağlar olarak gösterilmektedir (Bilgin ve Kocabağlı, 2010). Sıklıkla araştırmalara konu olan esans yağların başlıca bileşenleri ise *limonen, cinnamaldehyde, eugenol, α-terpineole, 1,8-cineole, carvacrol, linalool, menthol* ve *thymol*'den oluşmaktadır (Adaszyńska-Skwirzyńska ve Szczerbińska, 2019). Esans yağların bileşenleri çok sayıda biyolojik aktivitelere sahiptir. Bu özelliklerden biri antioksidan aktivitesi olup dokularda antioksidan enzim aktivitesini artırmakta, serbest radikallerin neden olduğu lipid peroksidasyonunu, protein karbonilasyonunu ve DNA zararını azaltmaktadır (Krishan ve Narang, 2014).

1.1. Serbest radikal nedir, nasıl oluşur?

Serbest radikaller, temel besin maddelerinden enerji oluşumu sırasında meydana gelen atom, molekül ya da bir veya daha fazla eşleşmemiş elektronlardır. Bir moleküldeki kovalent bağların ısı, ışık, metal iyonlar veya oksijen varlığında kırılması sonucu elektron kaybetmesi ile oluşmaktadır. Metabolizma sırasında oluşan son derece reaktif, stabil olmayan, reaktif oksijen metabolitleri (tekli oksijen; $^1O^2$, superoksid iyon; $O_2^{-\cdot}$, hidroksil iyon; $OH^{\cdot}$ ve hidrojen peroksit H_2O_2), karbonhidrat, lipit, protein moleküllerine ve DNA gibi hücre

bileşenlerine zarar vermektedir. Organizmada oluşan serbest radikallerin oluşum hızı ile bunların ortadan kaldırılma hızı bir denge içerisindedir. Bu denge serbest radikaller lehine arttığında oksidatif stres gözlenmektedir (Çelik ve ark., 2010). Kümes hayvanlarında serbest radikal oluşumunu kontrol altına almak ve bu moleküllerin zararlı etkilerinin önlenmesi endojen ve eksojen kaynaklı sistemlerce sağlanmaktadır. Endojen antioksidanlar (*süperoksit dismutaz; SOD, katalaz, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon, melatonin, ürik asit, bilurubin, albümin, koenzim Q10, selenyum, α-lipoik asit, seruloplazmin ve transferrin*) serbest radikalleri yok etme yeteneğindedir. Bu enzimler genel olarak serbest radikallerin DNA, proteinler ve lipidler gibi hücresel bileşenlere zarar vermesini sınırlandırmak suretiyle bir hücresel bölgeden diğerine geçişi önleyebilmektedirler (Nimse ve Pal, 2015). Aynı zamanda antioksidan enzimlerin aktiviteleri ve konsantrasyonları da hayvanın oksidan durumunun değerlendirilmesi açısından önemlidir (Zhang ve ark., 2021). Eksojen (A, B_9, C, E vitaminleri, bitki ekstrakları, bitki esans yağları) antioksidanlar ise oksijen radikalini yakalayarak radikal zincir reaksiyonlarını kırmaktadır (Nimse ve Pal, 2015; Karabulut ve Gülay, 2016).

1.2. Esans yağlarının antioksidan etki mekanizması

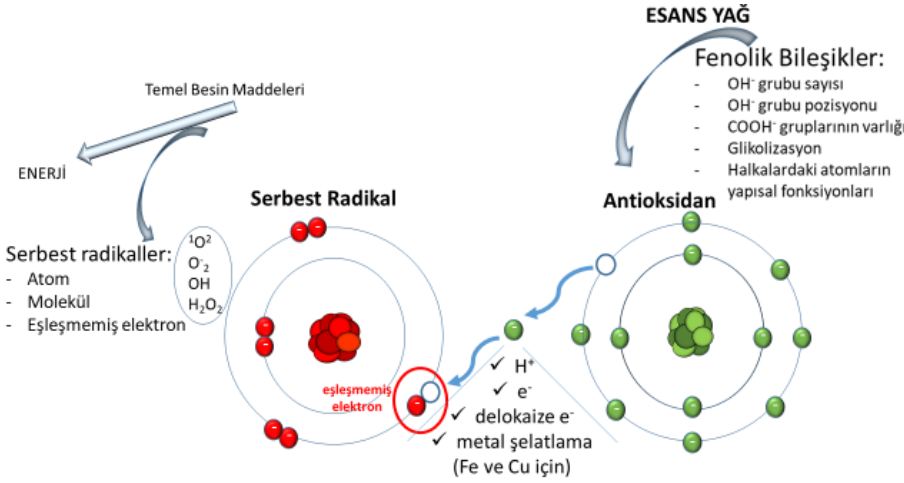
Rasyondaki antioksidanlar; serbest radikalleri süpürücü etkisi, hücresel sinyal mekanizmasını düzenleyerek redoks durumunu koruması, transkripsiyon faktörlerinin modülasyonunu ve çok karmaşık metabolitlerin oluşumunu sağlamakta ve birbiriyle yakından

ilişkili birçok biyolojik sürece müdahale etmektedir (Hunyadi, 2019). Esans yağların antioksidan mekanizmaları, serbest radikale bir hidrojen veya bir elektron verme yeteneğine ve aromatik yapı içindeki eşleşmemiş elektronu yer değiştirme yeteneğine dayanmaktadır (Fernandez-Panchon ve ark., 2008). Böylece esans yağ diğer biyolojik molekülleri oksidasyona karşı korumaktadır. Bitkilerden ve/veya aktif bileşenlerinden elde edilen esans yağların antioksidan özelliklerinin yapılarındaki fenolik bileşiklerden kaynaklandığı bildirilmektedir. Bu konu ile ilgili olarak fitojenik yem katkı maddelerinin antioksidan özellikleri çok sayıdaki *in vitro* çalışma ile ortaya koyulmuştur (Aly ve ark., 2016; Amiri, 2012; Bozkurt ve ark., 2014). Esans yağların antioksidan kaynak olarak kümes hayvanlarında yem katkı maddesi olarak kullanımı ise nispeten daha yenidir.

Bugüne kadar kümes hayvanlarının savunma sistemini iyileştirmek amacıyla yürütülmüş çalışmalarda, esans yağların kullanımını olumlu yönde destekleyecek önemli bir potansiyelinin olduğunu söylemek mümkündür.

Bitki esans yağları fenolik bileşiklerce zengindir. Fenolik bileşiklerin anti-oksidatif gücü, hidrojen veya elektron vererek serbest radikalleri ortadan kaldıran indirgeyici özelliklerinden ileri gelmektedir. Aynı zamanda tekli (singlet) oksijen oluşumunu engellemektedir. Ayrıca, bu bileşikler özellikle demir ve bakır olmak üzere prooksidan metal iyonların şelatlayarak serbest radikal oluşumunu baskılayabilmektedir. Ayrıca bu antioksidatif rol hidroksil grubun sayısına, pozisyonuna ve karboksil fonksiyonel grupları ile ilişkisine bağlıdır.

Fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri glikozilasyon ve halkalardaki atomların yapısal fonksiyonları ile de ilişkilidir. Fenolik bileşiklerin anti-oksidatif rolünün açıklanmasında kullanılabilecek bir diğer metabolik yol, lipid oksidasyonunun azaltılması için %50'den daha fazla etkili konsanstrayondaki DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)'ın düşürülmesidir (Şekil 1).



Şekil 1. Esans Yağlarının Etki Mekanizması

Kısacası, fenolik halkadaki serbest elektronları delokalize etmek amacıyla hidrojen veya elektron verme kapasitesi, oksidasyona karşı biyolojik molekülleri korumanın ana mekanizmasını oluşturmaktadır. Reaktif oksijen radikalleri bağırsak mukozasına hücum edip besinlerin emilimini engellerken, antioksidan bileşikler ise bağırsak yüzeyini daha optimal ortamda tutarak serbest radikalleri nötralize etmede yaşamsal bir rol oynamaktadır (Mahfuz ve ark., 2021).

Oksidasyon, lipid peroksitlerin oluşumuyla başlatılabilmektedir. Lipid oksidasyonunun ilk aşamasında oluşan peroksit ve hidroperoksit seviyeleri peroksit değeri ölçülerek tespit edilmektedir. Yağ kaybının derecesini belirlemek için yağ peroksit değeri kullanılır. Düşük peroksit yağ değeri genellikle yağın bozulmadığını ve iyi bir stabiliteye sahip olduğunu göstermektedir (Bennett ve ark., 2014). Ette yağ oksidasyonunu etkileyen esas faktörü, lipid peroksitlerini meydana getirmek için doymamış lipitlerle reaksiyona giren oksijen oluşturmaktadır. Meydana gelen lipid peroksitler alkoller, aldehitler ve ketonlar (Domínguez ve ark., 2014) gibi hoş olmayan tat ve kokudan sorumlu olan kimyasal bileşiklerin oluşumuna yol açmakta, böylece etin duyusal ve besinsel kalitesinin azalmasından sorumlu tutulmaktadırlar (Klimentová, ve Angelovičová, 2019). Yağların oksidasyonu yemde, et işlemede veya et ürünlerinde sentetik ve doğal antioksidanların ilavesiyle önlenebilmektedir. Doğal antioksidanlar bitkilerin yapısında bulunan fenolik bileşiklerdir. En önemli fenolik bileşikler tokoferoller, flavonoidler (antosiyanidinler, flavonlar ve flavonoller, flavanonlar, kateşinler, proantosiyanidinler, izoflavonoidler) ve fenolik asitler (hidroksisinamik asit, hidroksibenzoik asit)'dir (Kumar ve ark., 2015). Esans yağların fenolik hidroksil (OH) grupları, yağ dokuda hidrojen peroksit, aldehitler ve ketonların oluşumuna yol açan doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu inhibe etmektedir. Esans yağların kümes hayvanlarında antioksidan kaynak olarak kullanımı yapılarındaki antioksidan güce sahip etken maddelerin varlığıyla mümkündür. Ancak esans yağların antioksidan özelliklerinin her zaman ana

bileşeninin antioksidan aktivitesine bağlı olmadığı, diğer bileşenler tarafından da modüle edilebileceği gösterilmiştir. Etken maddelerin antioksidan aktivitesini değerlendirmede kullanılan yöntemin tipine bağlı olarak, antioksidan özellikleri ve ana bileşenlerinin karşılaştırılmasında sinerjizm, antagonizm ve düzey etkili olmaktadır (Dawidowicz ve Olszowy, 2014). Bitkilerin orijinleri, farklı kısımları, etken madde tespitinde kullanılan yöntemin tipi esans yağlardaki etken madde konsantrasyonlarına etki etmektedir. Araştırmalara sıklıkla konu olan esans yağların etken madde konsantrasyonları Tablo 1'de verilmiştir.

Bitkilerden elde edilen esans yağların kümes hayvanlarındaki bu antioksidan etkilerine ilişkin son yıllarda yapılmış sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

2. ESANS YAĞLARIN ANTİOKSİDAN ÖZELLİKLERİ VE KÜMES HAYVANLARINDA ANTİOKSİDAN KAYNAK OLARAK KULLANIMI

Kekik (*Thymus L.)* dünyada 215 türü olan, aromatik, çok yıllık, Akdeniz Bölgesi'nde çok bilinen bir bitkidir. En yaygın olanı *Thymus vulgaris*'dir. *T. kotschyanus, T. eriocalyx ve T. daenensis subsp lancifolius* türlerinde yapılan *in vitro* çalışmada esas bileşenlerinin timol (%16.4–42.6), karvakrol (%7.6–52.3) ve γ-terpinen (%3–11.4)'den oluştuğu belirlenmiştir. *T. daenensis subsp lancifolius*'nin polar alt fraksiyonunun antioksidan aktivitesi DPPH testinde diğerlerinden daha yüksek bulunurken, *T. eriocalyx* polar olmayan alt fraksiyon β-karoten/linoleik asit testinde en yüksek antioksidan

aktiviteye sahip saptanmıştır (Amiri, 2012). Bir başka çalışmada kekik (*Thymus vulgaris* L.) esans yağının karvakrol, gammaterpinen, timol, terpineol, alfa-pinen, borneol, linalol gibi bileşenlerce zengin olduğu belirtilirken; toplam fenol içeriği, serbest radikalleri yakalama aktivitesi (DPPH için IC50) ve p-anisidin değerlerinin ise sırasıyla 18.72±0.37 mg, GAE/g DW ve 4.74 µg ekstrakt/mL olarak bulunmuştur (Yazıcı ve ark., 2020). Tacikistan orijinli *Origanum tyttanthum* esans yağının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu IC50 değerini ABTS [2,2′-azino-bis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)] için 0.12 mg/mL, DPPH için 0.28 mg/mL olarak belirlemişlerdir (Sharopov ve ark., 2015). Meksika orijinli girit kekiği (*Origanum dictamnus)* esans yağının antioksidan gücünün özellikle çiçeklenme döneminde en yüksek düzeye (EC50 1.82 µL/mL) çıktığı belirtilmiştir (Olivas ve ark., 2020). Mısır orijinli Java eriği (*Syzygium cumini* L.), Akdeniz servisi (*Cupressus sempervirens* L.), ağaç minesi (*Lantana camara* L.) yapraklarından elde edilen esans yağlarının güçlü antioksidan aktivite gösterdiği; sırasıyla %11.13, %3.13, %9.13 olarak TAS konsantrasyonuna sahip olduğu bildirilmiştir (Elansary ve ark., 2012). Kanatlı hayvanlarda yürütülen çalışmalar değerlendirildiğinde ise zorlamalı tüy dökümüne alınmış yumurtacı tavuklara oregano esans yağı verilmesi ile karaciğer antioksidan durumunu (SOD ve TAS konsantrasyonları artırıp MDA düzeyini azaltarak) iyileştirdiği belirlenmiştir (Bozkurt ve ark., 2016). Kış aylarında lipid peroksidasyonunu azaltmak amacıyla yumurtacı tavuk rasyonlarına oregano esans yağının 200 ppm ilavesinin taze yumurtada, 150 ppm ilavesinin 21 gün depolanmış yumurtada lipid

peroksidasyonunu azalttığı belirlenmiştir (Migliorini ve ark., 2019). Oregano esans yağındaki antioksidan bileşiklerin yumurta sarısına olası transferi ile malondialdehit (MDA) miktarı azaltılmakta, böylece daha yüksek antioksidan maddelere sahip yumurtaların üretimi mümkün olmaktadır (Botsoglou ve ark., 2005). Buna karşılık bir başka çalışmayla oregano esans yağının yumurtanın tazeliğini etkilemediği ortaya koyulmuştur (He ve ark., 2017). Etlik piliç rasyonlarına 150 ve 300 ppm oregano esans yağı ilavesinin plazmanın glutatitiyon peroksidaz ve toplam antioksidan kapasitesini (TAS) artırdığı; jejunum mukozasında MDA konsantrasyonunda azalma eğilimi gösterdiği ortaya koyulmuştur (Ruan ve ark., 2021). Bir başka benzer çalışmada 200 ppm oregano esans yağının etlik piliçlerde oksidatif stresi engellediği antioksidan kaynak olarak kullanılabileceği de bildirilmiştir. Buna göre diyetteki oregano esans yağı serum, duodenal ve jejunal glutatiyon peroksidaz ve SOD içeriklerini artırırken; serum ve duodenal TAS ile glutatiyon redüktaz konsantrasyonlarında artışa neden olmuştur (Zhang ve ark., 2021). Bir başka araştırmada her ne kadar etlik piliç rasyonunda oregano (*Origanum vulgare* L.) esans yağı serum antioksidan aktivitesini etkilemezken, kontrol grubuna göre daha yüksek saptanmıştır (Roofchaee ve ark., 2011). Oregano esans yağının piliç etinde oksidatif stabiliteyi iyileştirme eğiliminde bir potansiyelinin olduğu belirtilmektedir (Klimentová, ve Angelovičová, 2019). Avila-Ramos ve ark. (2012) oregano esans yağının, pişmiş tavuk etinde vitamin E'ye benzer şekilde lipid oksidasyon stabilitesini korumada etkili olduğunu bildirmişlerdir. Sıcaklık stresi altındaki yumurtacı tavukların

rasyonlarına katılan kekik (*Thymus vulgaris*) uçucu yağının plazma MDA düzeyini düşürebileceği, vitamin E ve C yerine alternatif olarak kullanılabileceği ortaya koyulmuştur (Büyükkılıç Beyzi ve ark., 2020). Pekin ördeklerinde rasyondaki 100 ppm oregano esans yağı, serum SOD aktivitesini ve jejunum toplam antipksidan kapasitesini artırmıştır (Ding ve ark., 2020).

Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) esans yağının en önemli bileşenlerini ökaliptol, kamfor, karvakrol, endo-borneol, delta-3-karen, terpineol, bornil-asetat, o-simen oluştururken; toplam fenol içeriği, serbest radikalleri yakalama aktivitesi (DPPH için IC50) ve p-anisidin değerleri sırasıyla 12,11±0,29 mg GAE/g DW ve 2,75 µg ekstrakt/mL olarak saptanmıştır (Yazıcı ve ark., 2020). Yumurtacı tavuk rasyonlarında 100 ppm biberiye uçucu yağ kullanımının yumurta sarısında lipid peroksidasyonunu azalttığı belirlenmiştir (Çimrin ve Demirel, 2016). Biberiye esans yağı, etlik piliçlerinin kas dokularındaki MDA düzeyini azaltarak et kalitesini artırdığı görülmüştür (Yeşilbağ ve ark., 2011).

Karanfil (*Syzygium aromaticum*) bitkisi Endonezya'ya özgü bir bitki olmakla birlikte Brezilya da dahil dünyanın pek çok yerinde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yapısında eugenol, eugenol asetat ve gallik asit gibi zengin fenolik bileşikler mevcuttur. Bu bileşiklerin varlığı karanfil esans yağını 5.76µg/mL'ye eşit IC_{50} ve 6.94 antioksidan aktivite indeksi ile güçlü bir antioksidan kaynak kılmaktadır (Farias ve ark., 2019). Karanfil esans yağı ve antibiyotik alan etlik piliçlerin daha yüksek villus yüksekliği ve kript derinliği,

ayrıca daha düşük goblet hücre sayısı ile villus yüksekliği:kript derinliği oranı gösterdiği belirlenmiştir (Mohammadi ve ark., 2014). Dietlerinde karanfil esans yağını (100 ppm) alan etlik piliçlerin etlerinde oksidasyon düzeyi karanfil esans yağından etkilenmediği ortaya koyulmuştur (Hernandez ve ark., 2009).

Yıldız anason (*Illicium verum* Hook.f.) esans yağı ilaç ve gıda endüstrisinde sentetik antioksidanlara alternatif kaynak olarak kullanılmaktadır. Yumurtacı tavuk rasyonlarında 200, 400 ve 600 ppm yıldız anason esans yağı kullanımı serum toplam superoksid dismutaz, glutatiyon peroksidaz ile karaciğer glutatiyon peroksidaz, serum ve karaciğerde toplam antioksidan kapasitesini doz artışına bağlı olarak artırırken, karaciğer MDA konsantrasyonunu azaltmıştır. Aynı zamanda yumurta sarısı SOD konsantrasyonu linear olarak artarken, MDA konsantrasyonu azalmıştır (Yu ve ark., 2018). Yıldız anason esans yağında bulunan trans-anethol (%82.7), carryophyllene (%4.8), limonen (%2.3) ve estragol (%1.8) bileşikleri (Aly ve ark., 2016) sayesinde yumurtacı tavukların ve yumurtalarının antioksidan kapasitesi artırılmaktadır. Yüksek yağ içeren yumurtada lipid oksidasyonu ve ransiditenin azaltılması ile raf ömrünün uzatılması böylece mümkün olabilmektedir.

Tarçın (*Cinnamomum zeylanicum* Lauraceae) esans yağının etlik piliç rasyonlarına ilavesi (100 ve 200 ppm) ile besinin 21. günde karaciğer MDA içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2019). Tarçın yağının hipokolesterolemik ve antioksidan özellikler içerdiği etlik piliçlerde gösterilmiştir (Çiftçi ve ark., 2010). Normal ya da termal

sıcaklık koşullarında yetiştirilen bıldırcın rasyonlarına tarçın kabuğu yağı ilavesi ile karaciğer ve kalp dokularında SOD, glutatiyon peroksidaz aktivitesi ile glutatiyon düzeyini artırdığı gösterilmiştir (Şimşek ve ark., 2013).

Sarımsak (*Allium sativum*), dialil disülfid, dialil trisülfid (Yoo ve ark., 2014), alliin, allicin (Bampidis ve ark., 2005) gibi kükürt içeren bileşiklerce zengindir. Sarımsak yağı aktif bileşenleri, albumen ve yumurta sarısı antioksidan kapasitesini iyileştirirken TBARS değerini düşürmüştür. Sarımsak yağındaki allisin kaynaklı çeşitli disülfid türevlerinin kükürt içeren bileşiklerle reaksiyona girerek antioksidan aktiviteyi uyardığı bildirilmiştir (Rodjan ve ark., 2021).

Lavanta (*Lavandula angustifolia*) esans yağının ana aktif bileşenlerini linalool, linalil asetat, lavandulil asetat, alfa-terpineol, geranil asetat, karyofillen ve terpinen-4-ol oluşturmaktadır (Adaszynska-Skwirzynska ve Szczerbinska, 2019). Lavanta (*Lavandula angustifolia*) esans yağı etlik piliçlerde antioksidan aktiviteyi artırmıştır. Serum ve karaciğerde SOD aktivitesini; serumda glutatyon peroksidaz aktivitesini artırmış; serumda MDA konsantrasyonunu düşürmüştür (Yarmohammadi Barbarestani ve ark., 2020).

Karpuz çekirdeği yağındaki fitojenik bileşiklerin yumurtacı tavukların sağlığını iyileştirdiği, yumurtanın tazeliğini artırdığı bildirilmektedir (Marume ve ark., 2020).

Karaciğer, bağırsaktan emilen kimyasalların perfüze edildiği birincil organ olup absorbe edilen ajanların toksik özelliklerinden etkilenen ilk

organ olma özelliğindedir. Etlik piliçlerin içme suyuna *Satureja khuzestanika* esans yağının (2.5 g/L) yüksek dozlardaki ilavesiyle karaciğer hasarının işareti olan glutamat piruvat transaminaz enziminin artma eğilimi gösterebileceği de bildirilmektedir (Khosravinia ve ark., 2013). *Satureja khuzestanika* esans yağının (400 mg/L) etlik piliçlerin sıcaklık stresini azalttığı, pankreas ve safra kesesi ağırlığının arttığı ortaya koyulmuştur (Khosravinia, 2015). Sıcaklık stresindeki etlik piliçlerim *Satureja khuzestanika* esans yağı alması durumunda göğüs kasında oksidasyonu azalttığı gözlemlenmiştir (Parvar ve ark., 2013).

Farklı asma varyetelerinden elde edilen üzüm çekirdeği yağlarının toplam antioksidan ve toplam polifenol içeriğinde önemli farklılıklar saptanmıştır. Toplam polifenol içeriği 0,24 ile 1,13 mg GAE/g arasında değişirken, toplam antioksidan içeriği 0,12 ile 0,78 μg TEAC/g arasında değişmiştir (Kapcsándi ve ark., 2021). Yumurtacı tavukların serum HDL düzeyini 100 ppm üzüm (*Vitis vinifera* L.) çekirdeği yağının düşürdüğü gösterilmiştir (Kılınç ve Karaoğlu, 2020).

Esans yağların tek başlarına etkilerinin yanı sıra sinerjitik etkilerinin ortaya koyulması amacıyla tek veya kombine esans yağların antioksidan etkilerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar da yoğundur.

Esans yağ karışımının (oregano yağı, defne yaprağı yağı, adaçayı yaprağı yağı, yaban mersini yaprağı yağı, rezene tohum yağı ve limon kabuğu yağı) farklı depolama sürelerindeki (0-15 gün) yumurta

sarısında lipid peroksidasyonunu azalttığı; karaciğerde SOD, glutation peroksidaz enzimlerini artırdığı, MDA düzeyini düşürdüğü bildirilmiştir (Bozkurt ve ark., 2012b). Sinamaldehid ve timol içeren esans yağ karışımını alan etlik piliçlerin plazma toplam protein ve globülin düzeylerinin arttığı gösterilmiştir (Attia ve ark., 2019). Tarçın kabuğu ve karanfil tomurcuk yağlarının ajwain tohumu *(Trachyspermum copticum)* yağına oranla etlik piliçlerin serum SOD aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir (Chowdhury ve ark., 2018). Oksidasyonun spesifik etkilerinden biri pigmentlerde renk açılmasıdır. Kaslardaki hemoglobin pigmenti ve miyoglobin konsantrasyonu lipid oksidasyonundan etkilenmektedir. Etteki renk değişimi bu pigmentlerin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Tavuk eti doymamış yağ asitlerince zengin, diğer etlere oranla oksidatif bozulmaya daha müsaittir. İçme suyu ile esans yağ karışımı (*Eucalyptus globulus* labill, *Tymus vulgaris, Cymbopogon nardus* ve *Syzgium aromaticum*) alan sıcaklık stresi altındaki etlik piliçlerin et renginin (a* ve L*) arttığı belirlenmiştir (Tekçe ve ark., 2020). İçme suyuna eklenen esans yağ karışımı içeren bileşikler, etin parlaklık değerini artırmaktadır. Bu bileşiklerdeki antioksidanların varlığı myoglobin oksidasyonunu inhibe etmekte rol oynamaktadır (Sharbati ve ark., 2015). Timol ve organik asit karışımlarının yumurtacı tavuklarda yumurta sarı rengini artırdığı belirlenmiştir (Wang ve ark., 2019). Timolün yüksek antioksidan aktivitesi fenolik OH gruplarının varlığından ileri gelmektedir. Hidroksil grupları, lipid oksidasyonunun ilk aşamasında üretilen peroksi radikallere hidrojen verici görev üstlenmekte böylece hidroksi peroksit oluşumunu geciktirmektedir

(Lee ve ark., 2004). %5 karvakrol, %3 sinamaldehid ve %2 kapsikum oleoresin esans yağ karışımının etlik piliçlerde karaciğer karetenoid ve koenzim Q10 konsantrasyonunu iyileştirdiği belirlenmiştir (Karadaş ve ark., 2014). Etlik piliç rasyonlarına 100 ppm düzeyinde karvakrol, sinamaldehid ve kapsikum oleoresinden oluşan esans yağ karışımı ilavesinin karoten, koenzim Q10 ve toplam vitamin E'yi içeren karaciğer antioksidanlarının miktarını artırdığı ortaya koyulmuştur. Esans yağ karışımının absorpsiyonu iyileştirdiği ve/veya daha az oksidasyona neden olduğu, karaciğerdeki karotenoid rezervlerinin tükenmesini önlediği bildirilmiştir (Pirgozliev ve ark., 2019). Etlik piliç kümesine nane ve kekik esans yağının sprey şeklinde verilmesinin piliçlerin bağışıklık sistemlerini olumlu yönde etkileyebileceği belirtilmiştir (Witkowska ve ark., 2019). Nekrotik enterit piliçlerin rasyonlarında enkapsüle esans yağı ve organik asit karışımının (%4 kekik, %4 karvakrol, %0.5 hekzanoik asid, %3.5 benzok asid ve %0.5 butirik asid) bağırsak bağışıklığını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Pham ve ark., 2020). Kekik (*Thymus vulgaris*), nane (*Mentha piperita*) ve okaliptüs (*Eucalyptus globules*) esans yağ karışımlarının etlik piliçlerin serum lipid and hepatik enzim belirteçlerini iyileştirdiği belirlenmiştir (Nameghi ve ark., 2019). Kekik (*Origanum compactum*) ve Jawa zencefili (*Curcuma xanthorrhiza*) uçucu yağları, yapılarındaki zengin fenolik bileşikler sayesinde sıcaklık stresindeki etlik piliçlerin antioksidan savunma sistemlerini iyileştirdiği görülmüştür (Akbarian ve ark., 2014). Etlik piliç rasyonlarında ilave edilen 0.5 ppm *Thymus vulgaris* esans yağı ile 0.4 ppm selenyum karışımının duodenal mukozada tioredoksin

redüktaz aktivitesini artırdığı gözlemlenmiştir (Placha ve ark., 2014). Kekik ve biberiye yağı alan etlik piliçlerde esans yağlar, sinerjik etki göstererek lipid oksidasyonunu önlemiş, etin raf ömrünü uzatmada etkili olmuştur (Basmacıoğlu ve ark., 2004). Etlik piliç rasyonlarında sarımsak (200 mg/kg) ve hint leylağı (neem) (100 mg/kg) esans yağlarının kullanımı ile yapılarındaki antioksidan bileşikler sayesinde etin raf ömrü uzamıştır. Her iki yağın kombinasyonu sinerjetik etki göstererek bağışıklık sistemini güçlendirmiştir (Priyanka ve ark., 2018). Rasyona 200 ppm esans yağ karışımı (*Thymus vulgaris, Mentha piperita, Rosmarinus officinalis* ve *Anethum graveolens*) ilavesi yumurtacı tavukların sistemik ve hepatik antioksidan yanıtlarını iyileştirmiştir (Mousavi ve ark., 2017). Ancak kekik (%5 timol ve %65 karvakrol) ile Enviva (%4.5 sinnamaldehit ve %13.5 timol karışımı) esans yağlarını alan ördeklerin serum toplam protein, albumin, globulin, toplam kolesterol, trigliserid, alanin aminotransferaz ve aspartat aminotransferaz düzeylerine etkili olmamıştır (Abouelezz ve ark., 2019).

Cinnamodendron dinisii Schwacke (biber) taze yapraklarından elde edilen esans yağlarda α-pinene (%35.41), β-pinene (%17.81), sabinene (%12.1) ve bicyclogermacrene (%7.59) tespit edilirken; *Siparuna guianensis* Aublet (negramina)'ın taze yapraklarından elde edilen esans yağında β-myrcene (%13.14), germacrene-D (%8.68) ve bicyclogermacrene (%16.71) saptanmıştır. Her iki esans yağının antioksidan aktivitesi düşük bulunmuştur (Andrade ve ark., 2013). Farklı türdeki yavşan ya da pelin (*Artemisia*) otu esans yağlarının

antioksidan (beta-karoten/linoleat) ve DPPH radikal süpürücü aktivitelerinin zayıf olduğu bildirilmiştir (Lopes-Lutz ve ark., 2008). *Thymus fontanesii*, *Artemisia herba-alba* ve *Rosmarinus officinalis'*in tek ve kombine antioksidan etkisi incelendiğinde, *Thymus fontanesii*'nin tek başına ve diğer bitki esansları ile kombine etkisinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Timol ve p-cymene ile 1,8-cineole, chrysanthenone, camphor, borneol ve verbenone sinerjitik etki göstermesiyle antioksidan aktivitesi artmaktadır (Benyoucef ve ark., 2018). Kekik, karanfil ve kimyondan oluşan esans yağ karışımlarının DPPH için %79 TEAC (troloks eş değeri antioksidan kapasite) için 276.51 µM/100 g antioksidan aktivitelere sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik içeriğin 437.84 mg GAE/g olduğu, fenolik bileşiklerin carvacrol (%42.08), thymol (%4.17), eugenol (%22.38), cuminaldhyde (%5.04) ve safran (%2.69)'dan oluştuğu saptanmıştır. Doğal antioksidan olarak yemlerde kullanılabileceği bildirilmiştir (Aktaş ve ark., 2018). Etlik piliç rasyonlarında esans yağ karışımlarının (kekik, defne yaprağı, adaçayı yaprağı, mersin yaprağı rezene tohumu, narenciye kabuğu yağları) antibiyotiklere alternatif olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Bozkurt ve ark., 2012a). Kekik, biberiye ve defne uçucu yağları ve karışımlarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu gıda endüstrisinde doğal antioksidan ajan olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur (Tural ve Tuhan, 2017). Tarçın, kimyon, defne, nane, kekik, biberiye ve adaçayı uçucu yağlarının başlıca bileşenleri sırasıyla cinnamaldehyde propilene glycol acetat (%41.50), cuminaldehyde (%44.01), 1,8 cineole (%39.55), (+) pullegon (%67.80), carvacrol (%59.03), 1,8

cineole (%30.12) ve (+) camphor (%17.15) olarak belirlenirken; esans yağlar içinde en yüksek antioksidan aktivite sırasıyla defne (%79.00), kimyon (%75.98), kekik (%75.81), nane (%69.49), ada çayı (%69.01), tarçın (%68.83) ve biberiye (%63.88) şeklinde saptanmıştır (Soycan Önenç ve ark., 2016).

Tablo 1. Bitkilerin Farklı Kısımlarından Elde Edilen Esans Yağların Başlıca Etken Madde Konsantrasyonları

Esans Yağı	**Bileşik**	**% yağ**	**Kaynak**
Kekik *(Origanum onites)*	Carvacrol Thymol p-Cymene γ –Terpinene	59.03 12.04 6.37 3.86	Soycan Önenç ve ark., 2016
Kekik *(Thymus kotschyanus)*	Thymol γ-terpinene Carvacrol	39.7 11.4 7.6	Amiri, 2012
Kekik *(Thymus daenensis subsp lancifolius)*	Carvacrol Thymol γ-terpinene	52.3 16.4 10.8	Amiri, 2012
Kekik *(Thymus eriocalyx)*	Thymol Carvacrol	42.6 32.3	Amiri, 2012
Kekik *(Thymus fontanesii)*	Thymol p-Cymene	76.6 7.4	Benyoucef ve ark., 2018
Biberiye (*Rosmarinus officinalis L.)*	Eucalyptol (1,8-Cineole) Endo-borneol Delta-3-Carene Camphor α -Pinene	26.17 13.26 11.54 9.70 7.16	Yazıcı ve ark., 2020
Tarçın *(Cinnamomum parthenoxylon)*	Cinnamaldehyde Cinnamyl acetate	76.47 5.17	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Karanfil *(Syzygium aromaticum, L. Myrtaceae*	Eugenol β-Caryophyllene Eugenol acetate	83.10 7.22 6.58	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Adaçayı (*Salvia triloba)*	(+) Camphor Eucalyptol (1,8-Cineole) β-Thujon Caryophyllene α-Humulene (+) Borneol α-Pinene	17.15 14.84 8.01 6.53 5.98 5.34 5.01	Soycan Önenç ve ark., 2016
Defne *(Laurus nobilis)*	Eucalyptol (1,8-Cineole) α-Terpinyl acetate Terpinen-4-ol	39.55 21.72 4.38	Soycan Önenç ve ark., 2016
Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.)	*Trans*-anethole, % Estragole Limonene	67.0 12.5 7.3	Mimica-Dukić ve ark., 2016
Kişniş (*Coriandrum sativum* L.)	linalool Camphor	74.6 5.9	Mimica-Dukić ve ark., 2016

	Geranyl acetate	4.6	
Nane (*Mentha pulegium*)	(+) Pulegon Isomenthon Piperitenone	67.80 15.77 3.91	Soycan Önenç ve ark., 2016
Kimyon *(Cuminum cyminum)*	Cuminaldehyde p-Cymene Safranal β-Pinene	44.01 23.85 8.25 8.11	Soycan Önenç ve ark., 2016
Sedir *(Cedrus libani)*	Cedr-8-ene Thujopsene Cedrol	31.10 26.89 17.11	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Mandalina *(Citrus reticulata Blanco)*	D-Limonene p-Cymene	89.23 4.57	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Limon *(Citrus limon* (L.) Burn*)*	D-Limonene γ-Terpinolene	70.65 6.12	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Lemon balm (*Melissa officinalis* L.)	Citronellal Geranial (α-citral) Neral (β -citral) Nerol acetate	35.57 19.90 17.29 6.73	Olszowy ve Dawidowiccz, 2016
Anason (*Pimpinella anisum* L.)	*Trans*anethole, γ-himachalen Estragole	93.5 1.8 1.7	Mimica-Dukić ve ark., 2016
Kereviz tohumu (*Apium graveolens* L.)	Limonene β-selinene	76.6 11.1	Mimica-Dukić ve ark., 2016
Maydanoz tohumu (*Petroselinum crispum* (Mill.)	Phenylpropanoids Myristicin Apiole	44.0 12.1	Mimica-Dukić ve ark., 2016
Tea Tree *(Melaleuca alternifolia)*	Terpinen-4-ol γ-Terpinene α-Terpinene	40.6 22.0 9.8	Zhao ve ark., 2008
Limon otu (*Cymbopogon citratus)*	Geranial β-myrcene Neral 4.5-epoxy-carene	31.89 25.37 24.62 6.00	Farias ve ark., 2019
Yavşan Otu (*Artemisia herba-alba)*	Camphor Chrysanthenone Camphene 1.8-Cineole	32.3 25.6 10.3 8.4	Benyoucef ve ark., 2018
Sater *(Satureja khuzistanica)*	Carvacrol p-Cymene	92.16 1.26	Khosravinia, 2015
Syzygium cumini L.	α-Pinene α-Terpineol Alloocimene Caryophyllene Oxide	17.53 16.67 13.55 4.81	Hosam ve ark., 2012
Cupressus sempervirens L.	Cedrol Δ3-Carene α-Terpinolene Camphene	21.29 17.85 9.17 7.3	Hosam ve ark., 2012
Lantana camara L.	Trans-Caryophyllene α-Humulene Bicyclogermacrene	15.57 9.16 6.69	Hosam ve ark., 2012
Guarea kunthiana	α-zingiberene β-sesquiphellandrene α-curcumene β-elemene	34.48 22.90 16.17 5.19	Pandini ve ark., 2018
Fesleğen *(Ocimum basilicum)*	Estragole Methyleugenol	69.19 12.24	Dawidowiccz ve Olszowy, 2014

	Linalool	6.21	
Summer savory *(Satureja hortensis)*	Carvacrol δ-Terpinene D-Limonene	67.5 18.48 7.37	Dawidowiccz ve Olszowy, 2014
Adaçayı *(Salvia hispanica)*	Camphor α-Pinene Eucalyptol cis-Ocimene	29.16 16.33 14.30 11.17	Dawidowiccz ve Olszowy, 2014

3. SONUÇ

Esans yağların antioksidan aktivitesine ilişkin farklı araştırmaların çelişkili sonuçlarının olası nedenlerini takviye yöntemleri (yem veya içme suyu), takviye seviyesi, bazal diyetteki seviyesi, biyoyararlanımı, stres durumu, stresin derecesi ve takviye süresi gibi çeşitli değişkenler oluşturabilmektedir. Bitkinin bölümü, yağın ekstraksiyonunda kullanılan solventin tipi, izolasyon prosedürü ve bileşenlerin konsantrasyonu esans yağın etkinliğini etkilemektedir. Bu farklılıkların ortadan kaldırılması, üretim ve üretim sonrası güvenli kullanım için yüksek sıcaklık, basınç ve oksidan faktörlere dayanıklı enkapsüle formlarının üretilmesi ile mümkün olabilecektir. Ayrıca esans yağların yapılarındaki bileşenlerin kimyasal yapısının belirlenmesinde farklı analitik yöntemler kullanılmakta olup ifade edilmesinde ciddi farklılıklar vardır. Yayınlanan sonuçlardaki bu farklılıklar, esans yağların oksidatif durumuna ilişkin doğru değerlendirmesinin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca antioksidan aktivite düzeyi farklı yapısal özelliklere sahip birçok bileşiğin sinerjik etkisinin doğal sonucu olarak esans yağların antioksidan aktivitesinin tam mekanizmasını ortaya koymak oldukça zor görünmektedir.

KAYNAKLAR

Abouelezz, K., Abou-Hadied, M., Yuan, J., Elokil, A.A., Wang, G., Wang, S., Wang, J., Bian, G. (2019). Nutritional impacts of dietary oregano and Enviva essential oils on the performance, gut microbiota and blood biochemicals of growing ducks. *Animal*, 13: 2216-2222.

Adaszynska-Skwirzynska, M., Szczerbinska, D. (2019). The effect of lavender (Lavandula angustifolia) essential oil as a drinking water supplement on the production performance, blood biochemical parameters, and ileal microflora in broiler chickens. *Poultry Science* 98: 358–365

Akbarian, A., Michiels, J., Golian, A., Buyse, J., Wang, Y., De Smet, S. (2014). Gene expression of heat shock protein 70 and antioxidant enzymes, oxidative status, and meat oxidative stability of cyclically heat-challenged finishing broilers fed Origanum compactum and Curcuma xanthorrhiza essential oils. *Poultry Science* 93: 1930–1941.

Aktaş, B., Özdemir, P., Basmacıoğlu-Malayoğlu, H. (2018). In vitro antioxidant activities, total phenolic contents and main phenolic compounds of essential oil blend and grape seed extract. *Journal of Animal Production*, 59 (2):43-47.

Aly, S.E., Sabry, B.A., Shaheen, M.S., Hathout, A.S. (2016). Assessment of antimycotoxigenic and antioxidant activity of star anise (*Illicium verum*) in vitro. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 15: 20–27

Amiri, H. (2012). Essential oils composition and antioxidant properties of three thymus species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, P.1-8 https://doi.org/10.1155/2012/728065

Andrade, M.A, Cardoso, M.dG., Andrade, J.d., Silva, L.F., Teixeira, M.L., Resende, J.M.V., Figueiredo, A.C.dS., Barroso, J.G. (2013). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from *Cinnamodendron dinisii* Schwacke and *Siparuna guianensis* Aublet *Antioxidants* 2: 384-397, doi:10.3390/antiox2040384

Attia, Y., Al-Harthi, M., El-Kelawy, M. (2019). Utilisation of essential oils as a natural growth promoter for broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 18(1): 1005-1012 DOI: 10.1080/1828051X.2019.1607574

Avila-Ramos, F., Pro-Martinez, A., Sosa-Montes, E., Cuca-Garcia, J.M., Becerril-Perez, C. M., Figueroa-Velasco, J.L., Narciso-Gaytan, C. (2012). Effects of dietary oregano essential oil and vitamin E on the lipid oxidation stability of cooked chicken breast meat. *Poultry Science* 91: 505–511, doi: 10.3382/ps.2011-01731

Bampidis, V.A., Christodoulou, V., Christaki, E., Florou-Paneri, P., Spais, A.B., (2005). Effect of dietary garlic bulb and garlic husk supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology* 121: 273–283

Basmacıoğlı, H., Tokuşoğlu, Ö., Ergül, M. (2004). The effect of oregano and rosemary essential oils or alpha-tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFA'S in broilers. *South African Journal of Animal Science*, 34(3):197-210

Bennett, L., Logan, A., Shiferaw-Terefe, N., Singh, T., Warner, R. (2014). Measuring the oxidation potential in foods. In Bartosz, G. Food Oxidants and Antioxidants: Chemical, Biological, and Functional Properties, Boca Raton, FL: CRC Press, p. 47-78 ISBN-13: 978-1439882412.

Benyoucef F, El Amine Dib M, Arrar Z, Costa J, Muselli A. (2018). Synergistic antioxidant activity and chemical composition of essential oils from Thymus fontanesii, Artemisia herba-alba and Rosmarinus officinalis. *Journal of Applied Biotechnology Reports* 5(4): 151-156 doi:10.29252/JABR.05.04.03.

Bilgin, A.Ş., Kocabağlı, N. (2010). Etlik piliç beslemede esansiyel yağların kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 36 (1): 75-82

Botsoglou, N., Botsoglou, E., Dotas, V. (2005). The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and α -tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. *South African Journal of Animal Science* 35: 143–151

Bozkurt, M., Bintaş, E., Kırkan, Ş., Akşit, H., Küçükyılmaz, K., Erbaş, G., Çabuk, M., Akşit, D., Parın, U., Ege, G., Koçer, B., Seyrek, K., Tüzün, A.E., (2016).

Comparative evaluation of dietary supplementation with mannan oligosaccharide and oregano essential oil in forced molted and fully fed laying hens between 82 and 106 weeks of age. *Poultry Science*, 95 (11): 2576-2591, https://doi.org/10.3382/ps/pew140.

Bozkurt, M., Hippenstiel, F., Abdel-Wareth, A.A.A., Kehraus, S., Küçükyilmaz, K., Südekum, K.H. (2014). Effects of selected herbs and essential oils on performance, egg quality and some metabolic activities in laying hens – a review. *European Poultry Science* 78, ISSN 1612-9199, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DOI: 10.1399/eps.2014.49

Bozkurt, M., Küçükyılmaz, K. Çatlı, A.U., Çınar, M., Çabuk, M., Alçiçek, A. (2012a). Effects of administering an essential oil mixture and an organic acid blend separately and combined to diets on broiler performance. Archiv für Geflügelkunde, 76(2): 81–87.

Bozkurt, M., Tokuşoğlu, Ö., Küçükyilmaz, K., Akşit, H., Çabuk, M., Çatlı, A.U., Seyrek, K., Çınar, M. (2012b). Effects of dietary mannan oligosaccharide and herbal essential oil blend supplementation on performance and oxidative stability of eggs and liver in laying hens. Italian Journal of Animal Science, 11:2, e41, DOI: 10.4081/ ijas.2012.e41

Büyükkılıç Beyzi, S., Konca, Y., Kaliber, M., Sarıözkan, S., Kocaoğlu Güçlü, B., Aktuğ, E., Şentürk, M. (2020). Effects of thyme essential oil and A, C, and E vitamin combinations to diets on performance, egg quality, MDA, and 8-OHdG of laying hens under heat stress. *Journal of Applied Animal Research*, 48 (1): 126-132, DOI:10.1080/09712119.2020.1746662

Chowdhury S, Mandal GP, Patra AK. Kumar, P., Samanta, I., Pradhan, S., Samanta, A.K. (2018). Different essential oils in diets of chickens: 1. Growth performance, nutrient utilisation, nitrogen excretion, carcass traits and chemical composition of meat. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 236: 86–97

Çelik, L., Serbester, U., Kutlu, H.R. (2010). Kanatlı hayvanlarda oksidatif stres oluşumu ve önleme. *Kümes Hayvanları Kongresi'2010,* 7-9 Ekim 2010, Bildiriler Kitabı, P.16. Kayseri.

Çiftçi, M. Simsek, U.G., Yüce, A., Yılmaz, Ö., Dalkılıç, B., (2010) Effects of dietary antibiotic and cinnamon oil supplementation on antioxidant enzyme activities, cholesterol levels and fatty acid compositions of serum and meat in broiler chickens. ACTA VET. BRNO 2010, 79: 33–40; doi:10.2754/avb201079010033

Çimrin, T., Demirel, M. (2016). Yumurtacı tavuk yemlerine biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağ ilavesinin performans, yumurta kalite kriterleri ve yumurta sarısı lipit oksidasyonu üzerine etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2): 113-119.

Dawidowicz, A.L., Olszowy, M. (2014). Does antioxidant properties of the main component of essential oil reflect its antioxidant properties? The comparison of antioxidant properties of essential oils and their main components. *Natural Product Research*, 28:22, 1952-1963, DOI: 10.1080/14786419.2014.918121

Ding, X.M., Wu, X.P., Zhang, K.Y., Bai, S.P., Wang, J.P., Peng, H.W., Xuan, Y., Su, Z.W., Zeng, Q.F. (2020). Dietary supplement of essential oil from oregano affects growth performance, nutrient utilization, intestinal morphology and antioxidant ability in Pekin ducks. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104: 1067–1074

Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., Lorenzo, J. M. (2014). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97 (2): 223-230 https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.023

Elansary, H.O., Salem, M.Z.M., Ashmawy, N.A., Yacou, M.M. (2012). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of leaves essential oils from Syzygium cumini L., Cupressus sempervirens L. and Lantana camara L. from Egypt. *Journal of Agricultural Science*, 4(10): 144-152.

Farias, P.K.S., Lopes Silva J.C.R., de Souza C.N., da Fonseca F.S.A., Brandi I.V., Martins E.R., Azevedo A.M., de Almeida A.C. (2019). Antioxidant activity of essential oils from condiment plants and their effect on lactic cultures and pathogenic bacteria. *Ciência Rural.* 49 doi: 10.1590/0103-8478cr20180140.

Fernandez-Panchon, M.S., Villano, D., Troncoso, A.M., Garcia-Parrilla, M.C. (2008). Antioxidant activity of phenolic compounds: From in vitro results to in vivo evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48: 649-671

He, X., Hao, D., Liu, C., Zhang, X., Xu, D., Xu, X., Wang, J., Wu, R. (2017). Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and relatively ıntestinal parameters of laying hens. *American Journal of Molecular Biology* 7: 73-85 http://dx.doi.org/10.4236/ajmb.2017.71006

Hernandez, P., Juste, V., Zomeño, C., Moreno, R., Peñalver, P. (2009). Effect of dietary clove essential oil on poultry meat quality. *International Congresses of Meat Science and Technology*, PE1.62

Hunyadi A. (2019). The mechanism(s) of action of antioxidants: From scavenging reactive oxygen/nitrogen species to redox signaling and the generation of bioactive secondary metabolites. *Medicinal Research Reviews* 39: 2505-2533 https://doi.org/10.1002/med.21592

Kapcsándi, V., Lakatos, E.H., Sik, B., Linka, L.A., Székelyhidi, R. (2021). Characterization of fatty acid, antioxidant, and polyphenol content of grape seed oil from different *Vitis vinifera* L. varieties. *Oilseeds & fats Crops and Lipids OCL*, 28: 30.

Karabulut, H. ve Gülay, M.Ş. (2016). Antioksidanlar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 1 (1): 65-76

Karadaş, F., Pirgozliev, V., Rose, S.P., Dimitrov, D., Oduguwa, O., Bravo, D. (2014). Dietary essential oils improve the hepatic antioxidative status of broiler chickens. *British Poultry Science*, 55(3): 329-334, DOI:10.1080/00071668.2014.891098

Khosravinia, H. (2015). Effects of Satureja khuzistanica essential oils in drinking water on mortality, production performance, water intake, and organ weights in broiler chickens reared under heat stress condition. *International Journal of Biometeorology* 59:1711–1719 DOI 10.1007/s00484-015-0979-9

Khosravinia**,** H., Ghasemi S., Rafiei Alavi, E. (2013). The effect of savory (Satureja khuzistanica) essential oils on performance, liver and kidney functions in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences* 22 (1): 50–55

Kılınç, G., Karaoğlu, M., (2020). Effects of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil and St John's wort (*Hypericum perforatum* L.) extract supplementation into laying hens diets on performance, egg quality, and some blood parameters. *International Journal of Science Letters (IJSL)*, 2(1): 26-38.

Klimentová, M., Angelovičová, M. (2019). Antioxidant effect of oregano essential oil during various storage meat time of hybrid combination ross 308. Potravinarstvo *Slovak Journal of Food Sciences* 13(1): 337-343 https://doi.org/10.5219/1068

Krishan, G. and Narang, A. (2014). Use of essential oils in poultry nutrition: A new approach. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 1(4): 156-162.

Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., Narsaiah, K. (2015). Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews, Food Science and Food Safety* 14(6): 796-812 https://doi.org/10.1111/1541-4337.12156

Lee, K.W., Everts H., Beynen, A.C. (2004). Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3(12): 738-752

Lopes-Lutz, D., Alviano, D.S., Alviano, C.S., Kolodziejczyk, P.P. (2008) Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of Artemisia essential oils. *Phytochemistry* 69: 1732–1738.

Mahfuz, S., Shang, Q., Piao, X. (2021). Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* (2021) 12:48 https://doi.org/10.1186/s40104-021-00565-3

Marume, U., Mokagane, J.M., Shole,C.O., Hugo, A. (2020). Citrullus lanatus essential oils inclusion in diets elicit nutraceutical effects on egg production, egg quality, and physiological characteristics in layer hens. *Poultry Science* 99: 3038–3046 https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.029

Migliorini, M.J., Boiago, M.M., Stefani, L.M., Zampar, A., Roza, L.F., Barreta, M., Arno, A., Robazza, W.S., Giuriatti, J., Galvão, A.C., Boscatto, C., Paiano, D., Da Silva, A.S., de C. Tavernari, F. (2019). Oregano essential oil in the diet of laying hens in winter reduces lipid peroxidation in yolks and increases shelf life in eggs, *Journal of Thermal Biology*, doi: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102409

Mimica-Dukić, N., Orčić, D., Lesjak, M., Šibul, F. (2016). Essential oils as powerful antioxidants: misconception or scientific fact? medicinal and aromatic crops: production, phytochemistry, and utilization. *ACS Symposium Series;* American Chemical Society: Washington, DC, 2016. Chapter 12, August 25 doi: 10.1021/bk-2016-1218.ch012

Mohammadi, Z., Ghazanfari, S., Moradi, M.A. (2014). Effect of supplementing clove essential oil to the diet on microflora population, intestinal morphology, blood parameters and performance of broilers. *European Poultry Science*, 78-2014 DOI: 10.1399/eps.2014.51

Mousavi, A., Mahdavi, A.H., Riasi, A., Soltani-Ghombavani, M. (2017). Synergetic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability and liver health indices in laying hens fed fish oil. *Animal Feed Science and Technology* 234: 162–172.

Nameghi, A.H., Edalatian, O., Bakhshalinejad, R. (2019). Effects of a blend of thyme, peppermint and eucalyptus essential oils on growth performance, serum lipid and hepatic enzyme indices, immune response and ileal morphology and microflora in broilers. *Journal of Animal Physiology Animal Nutition.* 1–11. DOI: 10.1111/jpn.13122

Nimse, S.B., Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *Royal Society of Chemistry, RSC Advances,* 5: 27986–28006.

Olivas, N.A., Bejarano, C.V. Soto, G.A., Ortega, M.Z., Salas, F.S., Chávez, E.S., Ochoa, L.H. (2020). Bioactive compounds and antioxidant activity of essential oils of Origanum dictamnus from Mexico. *Agriculture and Food* 5(3): 387–394 DOI: 10.3934/agrfood.2020.3.387

Olszowy, M., Dawidowicz, A.L. (2016). Essential oils as antioxidants: their evaluation by DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC, and b-carotene bleaching methods. *Monatshefte für Chemie* 147:2083–2091 DOI 10.1007/s00706-016-1837-0

Pandini, J.A., Pinto, F.G.S., Scur, M.C., Santana, C.B., Costa, W.F., Temponi, L.G. (2018). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant potential of the essential oil of Guarea kunthiana A. Juss. *Brazilian Journal of Biology*, 78(1): 53-60, http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.04116

Parvar, R., Khosravinia, H., Azarfar, A. (2013). Effect of *Satureja khuzestanica* essential oils on postmortem pH and antioxidative potential of breast muscle from heat stressed broiler chicken. *Asian Journal of Poultry Science* 7 (2): 83-89.

Pham, V.H., Kan, L., Huang, J., Geng, Y., Zhen, W., Guo, Y., Abbas W., Wang, Z. (2020). Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. *Journal of Animal Science and Biotechnology* P,11-18 https://doi.org/10.1186/s40104-019-0421-y

Pirgozliev, V., Mansbridge, S.C., Rose, S.P., Mackenzie, A.M. Beccaccia, A., Karadas, F., Ivanova, S.G., Staykova, G.P., Oluwatosin O.O., Bravo, D. (2019). Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animal* 13:3, pp 502–508 doi:10.1017/S1751731118001520

Placha, I., Takacova, J., Ryzner, M., Cobanova, K., Laukova, A., Strompfova, V., Venglovska, K., Faix, S. (2014). Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers. *British Poultry Science*, 55 (1): 105-114, DOI:10.1080/00071668.2013.873772

Priyanka, K., Dhumal, M., Nikam, G. M. (2018). Effect of supplementation of essential oils on performance of broiler, meat quality and immune status. *International Journal of Livestock Research* 8(9): 338-353 doi: 10.5455/ijlr.20170216052442

Rodjan, P., Wattanasit, S., Faroongsarng, D., Thongprajukaew, K., Theapparat, Y. (2021). Garlic oil granules coated with enteric polymer: Effects on performance, egg quality, yolk antioxidants, yolk cholesterol, blood biochemistry and hepatic lipid metabolism in laying hens. *Animal Feed Science and Technology* 274 (4): 114854

Roofchaee, A., Irani, M., Ebrahimzadeh, M.A., Akbari, M.R. (2011). Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology* 10(32); 6177-6183.

Ruan, D., Fan, Q., Fouad, A.M., Sun, Y., Huang, S., Wu, A., Lin, C., Kuang, Z., Zhang, C., Jiang, S. (2021). Effects of dietary oregano essential oil supplementation on growth performance, intestinal antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in yellow-feathered chickens, *J*ournal *of Animal Science*, 99 (2) February 2021, skab033, https://doi.org/10.1093/jas/skab033

Sharbati, A, Daneshyar, M., Aghazadeh, A., Aliakbarlu, J., Hamian, F. (2015). Effects of *Rhus coriaria* on nutrient composition, thiobarbituric acid reactive substances and colour of thigh meat in heat-stressed broilers. *South African Journal of Animal Science* 45:49–55

Sharopov, F., Braun, M.S., Gulmurodov, I., Khalifaev, D., Isupov, S., Wink, M. (2015). Antimicrobial, antioxidant, and anti-ınflammatory activities of essential oils of selected aromatic plants from Tajikistan. *Foods*, 4: 645-653 doi:10.3390/foods4040645

Simsek, U.G., Ciftci, M., Dogan, G., Ozcelik, M. (2013). Antioxidant activity of cinnamon bark oil (*Cinnamomum zeylanicum* L.) in Japanese quails under thermo neutral and heat stressed conditions. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi* 19: 889–894

Soycan Önenç, S., Açıkgöz, Z., Kırkpınar, F., Küme, T., Şeremet Tuğalay, Ç., Bayraktar, Ö.H. (2016). Chemical compositions and antioxidant activities of the essential oils of some medicinal and aromatic plants. *Hayvansal Üretim* 57(2): 7-14

Tekce, E., Çınar, K., Bayraktar, B., Takma, Ç., Gül, M. (2020). Effects of an essential oil mixture added to drinking water for temperature-stressed broilers: performance, meat quality, and thiobarbituric acid-reactive substances. *Journal of Applied Poultry Research* 29:77–84 http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfz030

Tural, S., Tuhan, S. (2017). Antimicrobial and antioxidant properties of thyme (thymus vulgarisl.), rosemary (rosmarinus officinalisl.) and laurel (lauris nobilisl.) essential oils and their mixtures. *Gıda*, 42(5): 588-596, doi: 10.15237/gida.GD17030

Wang, H., Liang, S., Li, X., Yang, X., Long, F., Yang, X. (2019). Effects of encapsulated essential oils and organic acids on laying performance, egg quality, intestinal morphology, barrier function, and microflora count of hens during the early laying period. *Poultry Science* 98: 6751–6760

Witkowska, D., Sowińska, J., Murawska, D., Matusevičius, P., Kwiatkowska-Stenzel, A., Mituniewicz T., Wójcik, A. (2019). Effect of peppermint and thyme essential oil mist on performance and physiological parameters in broiler chickens *South African Journal of Animal Science* 49 (1): 29-39

Yang, Y.F, Zhao, L.L., Shao, Y.X., Liao, X.D., Zhang, L.Y., Lu, L., LUO, L., X. G. (2019). Effects of dietary graded levels of cinnamon essential oil and its combination with bamboo leaf flavonoid on immune function, antioxidative ability and intestinal microbiota of broilers. *Journal of Integrative Agriculture* 18(9): 2123–2132

Yarmohammadi Barbarestani, S., Jazi, V., Mohebodini, H., Ashayerizadeh, A., Shabani, A., Toghyani, M. (2020). Effects of dietary lavender essential oil on growth performance, intestinal function, and antioxidant status of broiler chickens. *Livestock Science*, *233*, 103958

Yazıcı, S.Ö., Aşkın, B., Kaynarca, G.B. (2020). Determination of antioxidant properties and composition of rosemary and thyme essential oils. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 8(10): 2105-2112

Yeşilbağ, D., Eren, M., Agel, H., Kovanlikaya, A., Balcı, F. (2011) Effects of dietary rosemary, rosemary volatile oil and vitamin E on broiler performance,

meat quality and serum SOD activity. *British Poultry Science*, 52 (4): 472-482, DOI: 10.1080/00071668.2011.599026

Yoo, M., Kim, S., Lee, S., Shin, D. (2014). Validated HPLC method and temperature stabilities for oil-soluble organosulfur compounds in garlic macerated oil. *Journal of Chromatographic Science* 52: 1165–1172

Yu, C., Wei, J., Yang, C., Yang, Z. Yang, W., Jiang, S. (2018). Effects of star anise (*Illicium verum* Hook.f.) essential oil on laying performance and antioxidant status of laying hens. *Poultry Science* 97: 3957–3966 http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey263

Zhang, L.Y., Peng, Q.Y., Liu, Y.R., Ma, Q.G., Zhang, J.Y., Guo, Y.P., Xue, Z., Zhao, L.H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. *Poultry Science* 100:101-163 https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101163

Zhao, Q., Bowles, E.J., Zhang, H.Y. (2008). Antioxidant activities of eleven australian essential oils. *Natural Product Communications* 3(5): 837–842

BÖLÜM 8

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİ

Doç. Dr. Mehmet BOZKURT[1]

Dr. Öğr.Üyesi Hulusi AKÇAY[2]

[1] Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, 09100 Aydın ORCID: 0000-0002-8602-2280 e-posta:mbozkurt@adu.edu.tr

[2] Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, 09100 Aydın ORCID: 0000-0001-9759-1035 e-posta: hakcay@adu.edu.tr

1. GİRİŞ

Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde uygulanan entansif manejman uygulamalarının (yüksek yerleşim sıklığı, kötü altlık kalitesi, kümeslerde dönemler arası dinlenme süresinin kısalığı, yetersiz hijyen ve ağır stres koşulları vb.) hayvan sağlığı ve verimlilik üzerindeki olumsuz etkilerinin telafi edilmesi amacıyla yaklaşık son yarım yüz yıl süresince antibiyotiklerden yararlanılmıştır (Burt, 2004; Windsch ve ark., 2009; Bozkurt ve ark., 2013). Tedavi edici dozlarının çok daha az miktarınca antibiyotiklerin yemlere karıştırılarak hayvanların tüketimine sunulması bu anlamda başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak hayvansal üretimde önemli sağlık problemleri oluşturan patojen bakterilerin kontrolündeki yüksek etkinliklerine karşın sürekli ve kontrolsüz kullanımlarından dolayı antibiyotiklere karşı direnç gelişmiş ve antibiyotik kalıntı riski gündeme gelmiştir (Scallan ve ark., 2011; Micciche ve ark., 2019). Bu nedenle son 15 yıl süresince antibiyotiklerin tavukçulukta kullanımı birçok ülkede yasaklanmış ve bu süreçte antibiyotik büyütme faktörleri (AGP)' ne alternatif arayışları hızlanmıştır (Mountzouris ve ark., 2011, Christaki ve ark., 2012; Bozkurt ve ark., 2016). AGP'lerin yerini alabilecek doğal, gıda güvenliğini sağlayabilen, mevcut mevzuatlara uyumlu ve sürdürülebilir ürünler geliştirmeye yönelik çabalar sonucunda pratikte kullanım alanı bulanlar organik asitler, enzim, probiyotik, maya ve prebiyotiklerdir (Peric ve ark., 2010; Puvača ve ark., 2013). Bütün bu alternatif stratejilerin temel amacı bağırsak bütünlüğü ve sağlığının desteklenmesi suretiyle verimliliğin iyileştirilmesi ve güvenli

hayvansal gıda temininin garanti altına alınmasıdır (Giannenas ve Kyriazakis, 2009).

Bu anlamdaki bir diğer önemli seçenek tıbbi bitkilerin ekstrat ve esans yağları (EY)'dır (Frankič ve ark., 2009; Yap ve ark., 2014). Özellikle antiseptik, antioksidan ve sindirim düzenleyici özelliklerinin sağlık ve gıda güvenliğini destekleyici etkileri nedeniyle antik çağlardan beri insanlar EY'dan faydalanmakta olup çiftlik hayvanlarında da benzer amaçlarla kullanıldıklarına dair kanıtlar mevcuttur (Calo ve ark., 2015; Idris ve ark., 2007). Ancak antibakteriyel ve antioksidan etki mekanizmalarını açıklamaya (Farag ve ark., 1989; Tellez ve ark., 1993; Halender ve ark., 1998; Ultee ve ark., 1999; Dorman ve Deans, 2000; Deans, 2000; Bassolé ve ark., 2012) ve endüstriyel tavukçulukta kullanımına yönelik çalışmalar 1990' lı yıllardan sonra hız kazanmış (Giannenas ve Kyriazakis, 2009; Windsch ve ark., 2009; Franz ve ark., 2010; , Zeng ve ark., 2015; Diaz-Sanchez ve ark., 2015; Flees ve ark., 2021) ve günümüze değin önemli bilgi birikimi oluşmuştur. Bu amaçla üzerinde en çok araştırma yürütülen fitojenik bileşikler Lamiaceae familyasına ait *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (İstanbul kekiği), *Origanum vulgare* (bilyalı kekik), *Salvia triloba* L. (adaçayı), *Mentha L.* (nane), *Laurus Nobilis* (defne) ve *R. Officinalis* (biberiye) gibi aromatik bitkilerin ekstratları ve/veya esans yağlarıdır (Baratta ve ark., 1998; Christaki ve ark., 2012; Zeng ve ark. 2015). *Lavandula angustifolia* L. (lavanta), *Tagetes erecta* (kadife çiçeği) ve *Cinnamomum* L. (tarçın) bu amaçla sıklıkla kullanılan diğer tibbi bitkilerdir (Baratta ve ark., 1998; Hammer, ve ark., 1999). Bu

bitkilerden elde edilen EY ve ekstratlar antimikrobiyal, antioksidan, immünomodülatör, anti-koksidiyal ve sindirim düzenleyici dahil olmak üzere birçok işleve sahip olup temel bileşenler olarak fenoller ve polifenolleri içerirler (Hammer ve ark., 1999; Başer, 2002; Burt, 2004; Bakkali ve ark., 2008; Bozkurt ve ark. 2013; Calo ve ark., 2015).

EY çok çeşitli fitojenik (biyoaktif) bileşiklere sahiptir ve bu nedenle antibiyotiklere en ümit var alternatiflerden birisini temsil ederler (Franz ve ark., 2010; Calo ve ark., 2015). Fitojenik bileşikler ilgili gastrointestinal parametreler (örneğin: mikrobiyal koloni sayıları, bağırsak fizyolojisi, bağırsak dokusu morfolojisi, immünolojik reaksiyonlar ve toksik fermantasyon ürünleri) üzerinde diğer antimikrobiyal yem katkı maddeleri ile benzer şekilde etki gösterdiği izlenimini vermektedir (Langeveld ve ark., 2014). Bu durum EY'ın etki mekanizmasının temel olarak antimikrobiyal aktiviteye dayandığı hipotezini güçlendirmektedir (Windsch ve ark., 2009; Faleiro ve ark., 2011). Bununla birlikte EY'ın rapor edilen *in vitro* bakterisid ve bakteriostatik etki mekanizmalarının *in vivo* uygulamalardaki yansımaları tatmin edici düzeyde değildir ve aktivite spektrumları ile ilgili tutarsızlıklar tartışılmaktadır (Diaz-Sanchez ve ark., 2015). Buna neden olan etkenlerin tam olarak anlaşılamaması nedeniyle kanatlı hayvan yetiştiriciliğindeki uygulama girişimleri beklentilerin altında kalmıştır. Fitojenik bileşikler ile manejman faktörleri arasındaki olası etkileşimlerin daha iyi anlaşılabilmesi ülkemizin zengin florasından antibakteriyel yem katkı maddesi üretimi anlamında daha etkili bir

şekilde faydalanılmasını sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında sunulan bilgiler bunun nasıl gerçekleştirilebileceği konusunda eldeki mevcut kanıtlara dayanarak okuyucuya yol göstermeyi amaçlamaktadır.

2. ESANS YAĞLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİNDEN YARARLANILMA OLANAKLARI

Esans yağlar antibakteriyel, antiviral, fungisid, antiparasitik, enzimatik, ateş düşürücü ve sindirimi düzenleyici etkilerinden dolayı eski çağlardan beri insan ve hayvanların sağlığını desteklemek amacıyla kullanılmaktadır (Bakkali ve ark., 2008; Calo ve ark., 2015). Ancak EY'ın antimikrobiyal aktivitesi bilimsel literatürde en iyi belgelenmiş özellikleri olup hayvansal üretimde de başlıca yararlı etkisi olarak kabul edilmiştir (Lambert ark., 2001; İdris, 2007). EY'ı oluşturan çeşitli fitojenik bileşiklerin *Listeria monocytogenes, Salmonella typhimurium, S. enteritidis, Escherichia coli* O157:H7, *Shigella dysenteria, Bacillus cereus, Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus* gibi çok çeşitli gıda kaynaklı patojenlere karşı biyoaktif olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Dorman ve Deans, 2000; Burt, 2004; Penalver ve ark., 2005). Bu anlamda ülkemiz florasının zengin çeşitliliğe sahip tıbbi ve aromatik bitkilerinden olan Lamiacea familyası en tipik örnektir. Bu familyanın üyelerinden *Origanum* spp. *hirtum* (istanbul kekiği) ve O*riganum* spp. *omnites* (bilyalı kekik) ile *Salvia officinalis* L. (adaçayı) EY'ı ticari ve bilimsel anlamda büyük ilgi görmektedir (Baratta ark.,1998; Başer, 2002; Burt, 2004). Bu familyadaki bitkilerin EY'ları gıda kaynaklı

patojenlere karşı güçlü antibakteriyel özelliklere sahip olup carvacrol, thymol ve 1,8-Cineole gibi yüksek oranda fenolik bileşikler içerirler (Farag ve ark., 1989; Hammer ve ark., 1999; Lambert ve ark., 2001). Başlıca biyoaktif bileşenleri sırasıyla cinnamaldehid ve eugenol olan tarçın ve kadife çiçeği EY'nın kanatlı hayvanlarla yürütülen bilimsel çalışmalarda olduğu kadar ticari karışımların oluşturulmasında tercih edilen EY olduğu görülmektedir (Mitsch ve ark. 2004; Jang ve ark. 2007). Günümüzde ticareti yapılan yaklaşık 300 adet ticari EY arasında yukarıda sayılanlar başta olmak üzere yaklaşık 20 adedi antibakteriyel esaslı ticari EY preparatlarının üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan EY'ın bir yıllık toplam parasal tutarının yaklaşık 500 milyon $ olduğu tahmin edilmekte ve prebiyotik, probiyotik ve organik asit gibi benzer amaçla kullanılan preparatlar ile mukayese edilebilir pazar payına sahip olduğu görülmektedir (Grand View Research, 2018; Anonim, 2021).

EY'ın Gram-negatif bakterilere kıyasla Gram-pozitifler üzerinde daha güçlü antibakteriyel etkileri olduğu konusunda yaygın görüş hakimdir (Burt, 2004; Lambert ve ark., 2001). Kanatlı hayvan yemine EY'ın ilavesi ile sağlanan antibakteriyel faydanın iki yoldan gerçekleştiği yönünde yaygın bir görüş mevcuttur: yemdeki ve sindirim sistemindeki mikrobiyal yükün azaltılması veya karkasın mikrobiyal hijyeninin iyileştirilmesi. Bunun EY'ın biyoaktif bileşenlerinin bakterisid ve bakteriostatik özellikleriyle bağırsak mikro florasını dengelemesi sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir (Roper, 1999, Frankič ve ark., 2009). Patojen bakterilerde antibiyotiklere karşı

oluşan direncin EY'ın kullanımı durumunda oluşmaması EY'ın farklı antibakteriyel etki mekanizmalarına sahip birçok biyoaktif bileşeni içeriyor olmasına atfedilmektedir (Becerril ve ark., 2012). EY'ın kanatlı yetiştiriciliğinde yaygın olan bazı patojen bakterilere karşı çoklu etki mekanizmalarının sinerjisiyle bakterisid etki gerçekleştirdikleri gösterilmiştir (Diaz-Sanchez ve ark., 2015; Micciche ve ark. 2019). Bahsedilen özgün etki mekanizmaları hayvan yemlerinde kullanımı yasaklanmış olan antibiyotik büyütme faktörleri (AGP)' nin yerine EY'ın neden önemli bir alternatif seçenek oluşturabileceği sorusunun cevabını içermektedir. Nitekim bilimsel raporlar EY'ın antibiyotiklere karşı bakteriyel direnci azaltma potansiyelini göstermiştir (Langeveld ve ark., 2014). Mevcut veriler EY'ın tavukçulukta antibakteriyel amaçlar doğrultusunda başarılı bir şekilde kullanılabilecek sürdürülebilir ve çevre dostu bir strateji olduğunu göstermektedir.

3. ESANS YAĞLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİ MEKANİZMALARI

EY'ların antimikrobiyal etkileri lipofilik özellikleri yardımıyla hücre duvarı ve sitoplazmik membrandan nüfuz etmek suretiyle membranın yapısını ve hücre içi yapılarını bozma yeteneklerinin bir sonucudur (Yang ve ark., 2015). Bu nedenle bakteri hücre duvarlarının biyosentetik mekanizması diğer antimikrobiyal bileşikler gibi fitojenik bileşikler tarafından da en çok hedeflenen bölgedir (Faleiro ve ark., 2011; Yap ve ark., 2014). EY ve biyoaktif bileşenleri, genellikle hücrelerin morfolojisini tamamen değiştirerek hem hücre duvarlarına

(hücre zarı dâhil) hem de sitoplazmaya karşı etki gösterebilirler. Bahsedilen yapısal hasarlar bakteri hücre zarlarının geçirgenliğini arttırarak hücre içeriğinin dışarı sızmasına yol açar. Sızıntı genellikle hücre duvarı bütünlüğünün bozulması, sitoplazmik membran hasarı, sitoplazma pıhtılaşması ve membran proteinlerinin ve enzimlerinin yıkımı süreçlerini izleyerek hücrenin ölümü ile sonuçlanır. (Helander ve ark., 1998; Nazzaro ve ark., 2013). EY'ların biyoaktif bileşenlerinin hücre membranından hücre içine geçişleri ve tekrar dışarı çıkışları esnasında yapılarında herhangi bir değişiklik olmaz, yalnızca bir proton değişimine aracılık ederek iyonların membran dışına sızmasına neden olurlar (Ultee ve ark., 2002). EY'lar bu özelliklerden dolayı hayvansal üretim sistemlerinde antibiyotiklere potansiyel bir alternatif olarak kabul edilmektedirler (Kim ve ark., 1995; Lambert ve ark., 2001).

Patojen bakterinin iyon dengesinin bozulması hücre içi ATP sentezini engelleyerek hücreyi enerjisiz bırakır. Bu durum EY'ların bakterisid etkisinin gerçekleşmesini destekleyen diğer önemli bir mekanizmadır. ATP sentezinin itici gücü olan transmembran elektrik potansiyelinin azaltılması hücre membranının proton geçirgenliğini arttırır. Sonuç olarak potasyum ve fosfor gibi iyonlar hücre dışına sızar ve hücrenin ozmotik basıncı bozularak sitoplazmik membran hasar görür (Eckmann ve ark., 1998; Pitman ve ark., 2000).

EY'ların lipofilik hidrokarbon bileşiklerinin bakteri hücresi membranının lipid katmanları arasında birikerek lipid-protein etkileşimini bozduğu varsayılmaktadır (Trombetta ve ark., 2005; De

Souza ve ark., 2009). Bakteriyel membranlardan EY'ların biyoaktif bileşenlerinin penetrasyonu hücrenin yapısal ve fonksiyonel özelliklerinde değişikliklere yol açar (Nazzaro ve ark., 2013). Bahsedilen spesifik antibakteriyel etki mekaniznası nedeniyle thymol ve carvacrol'un (kekik türlerinin başlıca biyoaktif bileşenleri) bazı G-negatif bakterileri karşı diğer fitojenik bileşiklerden daha üstün antimikrobiyal özellikler gösterdiği ileri sürülmektedir (Helander ve ark., 1998).

EY'ın içerdiği çeşitli biyoaktif bileşenler bakterilerin gen ekspresyonunun *in vitro* düzenlenmesini engelleme yeteneğine de sahiptir. Quorum sensing olarak adlandırılan bu özellik virülans faktörlerinin sentezinden sorumlu bakteri genlerinin ekspresyonuna aracılık eder. Belirli patojen bakterilerin yoğunluğu tarafından tetiklenen bu durum bakteri-konak etkileşimleri açısından önem arz eder. (Defoirdt ve ark., 2013). EY'ın bahsedilen spesifik antimikrobiyal etki mekanizması konusundaki mevcut çalışmalar yeni ve sınırlı sayıdadır (Zhou ve ark., 2013).

Carvacrol gibi biyoaktif bileşenler tarafından yönlendirilen ve bakteri hücresi kamçısının (flagellin) sentezinin inhibe edilmesine dayanan diğer bir antibakteriyel etki mekanizması da söz konusudur. Kamçısız (aflagellate) duruma getirilen hücreler hareket kabiliyetlerini kaybederler. Hareketsizlik nedeniyle epitel hücrelerine yapışma kabiliyetinin büyük ölçüde kaybedilmesi potansiyel patojenik bakteri suşlarınının enfektif olmayan hücrelere dönüşmesi anlamına gelir (Burt ve ark., 2007). Diğer yandan EY'ın bağırsakta villus yüzeyini

koruyan mukus salgısını arttırmak suretiyle antimikrobiyal etki gerçekleştirdiğini ileri süren bilimsel görüşler de mevcuttur (Jamroz ve ark., 2006).

4. ESANS YAĞLARIN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ ARASINDAKİ OLASI İNTERAKSİYONLAR

Esans yağlar özgün karekteristiklerini belirleyen yalnızca bir veya birkaç ana bileşiğin (major component) yanı sıra toplamda yaklaşık 20-40 arasında değişen (bazı durumlarda 100'e kadar varan) ayrı bileşik içerebilir (Hammer ve ark., 1999). EY'ın antibakteriyal aktivitesinin bu ana bileşikler ile diğer düşük konsantrasyona sahip bileşikler (minor components) arasındaki interaktif etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu minor bileşenlerin EY'ın antibakteriyel aktivitesinin sergilenmesinde önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Bazı çalışmalar EY'ın kendilerine özgün antibakteriyel aktivitelerinin genellikle karışımı oluşturan ana bileşenlerinkine kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum major ve minör bileşikler arasındaki eklemeli ve sinerjik etkinin bir yansıması olmakla beraber bunun zıt yönünde (antagonistik) veya yararsız sonuçlarda ortaya çıkabilmektedir (Davidson ve ark., 1989; Mourey ve ark., 2002). Bunun yanı sıra *in vitro* koşullarda yapılmış bazı çalışmalarda EY'ın major aktif bileşenlerinin belirli patojen bakterilere karşı birbirlerinin antimikrobiyal aktivitelerini inhibe ettikleri belirlenmiştir (Bassolé ve Rodolfo, 2012). Örneğin carvacrol ve eugenol kombinasyonu *E. coli* üzerinde sinerjik antibakteriyel etki gösterirken (Pei ve ark. 2009) *S. Aureus* ve *B. cereus* üzerinde

antogonist etki gösterebilmektedir (Gallucci ve ark., 2009). Buna benzer interaksiyonlar cinnamaldehyde/eugenol, cinnamaldehyde/carvacrol, thymol/eugenol, carvacrol/eugenol, cinnamaldehyde/thymol ve carvacrol/linalool gibi ticari amaçla kullanılan başlıca EY'ın major biyoaktif bileşenleri arasında da mevcuttur (Bassolé ve Rodolfo, 2012). Bu nedenle EY'ın özellikle karışım halinde kullanılması durumunda biyoaktif bileşenler arasındaki interaksiyonların varlığına dikkat etmek gerekir.

EY'ın antimikrobiyal aktiviteleri çoğu durumda yapılarında bulunan fenoller, aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler, eterler veya hidrokarbonlar gibi farklı bileşik sınıfları arasındaki karmaşık etkileşimden kaynaklanır (Kim ve ark. 1995; Lambert ve ark., 2001; Burt, 2004). Ana bileşenler olarak cinnameldehid, carvacrol, thymol, eugenol veya citral gibi aldehitler veya fenolleri içeren EY'ın en yüksek antibakteriyel aktiviteyi gösterdiği ve bunu terpen alkolleri içeren EY'ın izlediği bildirilmiştir. Tarçın, kekik türleri, kadife çiçeği gibi bitkilerin ve turunçgillerin EY'ı sırasıyla yukarıda bahsedilen biyoaktif bileşenlerce en zengin olanlardır. Buna karşılık β-mirsen, a-thujone veya geranyl acetate gibi ketonlar veya esterler içeren diğer EY çok daha zayıf aktiviteye sahiptir. Bu nedenle *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların büyük çoğunluğu fenolik monoterpenlerin (carvacrol veya thymol) ile fenilpropanoidlerin (eugenol) diğer bileşen gruplarıyla, özellikle diğer fenoller, fenilpropanoidler ve monoterpen alkolleri ile etkileşimine odaklanmıştır. Bununla birlikte gerek EY'ların içerdiği biyoaktif bileşenlerinin çokluğu ve gerekse

aralarındaki karmaşık interaktif ilişkileri yorumlayabilecek mevcut bilgi birikiminin yetersizliği dolayısıyla olası interaksiyonların açıklanması için uzun zaman ve çabaya gereksinim vardır. Zira bu konudaki bilgi birikimi çoğunlukla gıda mikrobiyolojisi alanında yapılan çalışmalardan elde edilmiş olup hayvan besleme özelindeki çalışmalar yok denecek kadar azdır. Çiftlik hayvanlarından EY kullanımı ile elde edilen bazı tutarsız sonuçların tek başına sebebinin aktif bileşenlerin arasındaki antogonist etkileşimlerden kaynaklanabileceği gözden kaçırılmamalıdır.

5. ESANS YAĞLARIN *İN VİTRO* ANTİBAKTERİYEL ETKİLERİ

Esans yağlarin veya biyoaktif bileşenlerinin enteropatojenik suşlar *Escherichia coli, Salmonella* spp. veya *Clostridium perfringens* 'e karşı *in vitro* antimikrobiyal aktiviteleri konusunda yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur (Ultee ve ark., 1999; Deans, 2000; Yang ve ark. 2015; Micciche ve ark. 2019). Kulanılan test yöntemine bağlı olmaksızın (broth mikrodilüsyon veya agar difüzyon testi), fenolik bileşiklerce daha zengin olan EY'ın MIC değeri açısından (minimum inhibisyon konsantrasyonu) en güçlü kapasiteye sahip oldukları görülmüştür (Cosentino ve ark. 1999; Penalver ve ark., 2005). Ancak yürütülen değişik çalışmalarda antimikrobiyal potansiyelin göstergesi olan MIC değeri açısından benzer esans yağlar için aktivite farklılıkları gözlenmiştir (Ben Arfa ve ark., 2006). EY'ın kimyasal bileşiminin yağın elde edildiği bitki türleri ve bitki kısımları ile ekstrasyonda kullanılan distilasyon yöntemine göre büyük değişiklik

göstermesinin bu tür farklılıkların başlıca nedeni olduğu ileri sürülmektedir (Lambert ve ark., 2001). Nitekim yapılan bir *in vitro* çalışmada patojen mikroorganizmaların *Origanum* spp.'nin (kekik) değişik türlerine ve farklı bitki kısımlarından elde edilen yağlara farklı tepkiler verdikleri gözlenmiştir (Deans, 2000). Benzer şekilde farklı *Salvia officinalis* (ada çayı) türlerinden elde edilen EY'ın *E. Coli*'ye karşı gösterdiği değişken tepkilerin fitokimyasal polymorphismden kaynaklandığı belirtilmiştir (Deans, 2000). Bunun yanı sıra mikrobiyoloik test amacıyla kullanılan mikroorganizma türlerinin ve suşlarının duyarlılığındaki değişikliklerinde çalışmalar arasındaki farklı sonuçların kaynağı olabileceğine işaret edilmiştir (Franz ve ark., 2010).

Elde edilen bulgular, kümes hayvanı yetiştiriciliğinde önemli sağlık sorunlarına yol açan patojenik mikroorganizmalara karşı EY'ın *in vitro* koşullar altında güçlü antimikrobiyal etki sergilediklerini göstermektedir. Fenolik bileşiklerce zengin olan kekik, defne, rezene, ada çayı, biberiye, kadife çiçeği ve turunçgil EY'nın ülkemizde bol miktarda bulunması bu anlamda mukayeseli bir avantajdır. Ancak, kanatlı hayvanlar özelinde, belirli patojenlere karşı EY'ın antibakteriyel etkinliğini *in vivo* olarak gösteren ve destekleyen daha az sayıda çalışma mevcuttur ve yeni çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Etlik piliçler ve yumurtacı tavuklar üzerinde şimdiye kadar yapılan *in vivo* çalışmalardan elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

6. ESANS YAĞLARIN *İN VİVO* ANTİBAKTERİYEL ETKİLERİ

Piliç eti ve yumurta üretim zincirinin tüm halkalarında patojen bakterilerin kontrol edilmesi büyük önem taşır ve bu amaçla önemli iş gücü, kaynak, ekipman ve zaman harcanır (Mitsch ve ark., 2004; Micciche, ve ark., 2019). Bu nedenle, Tablo 1'de görüldüğü gibi, *in vivo* çalışmaların büyük çoğunluğunda daha öncesinde *in vitro* koşullarda yüksek antibakteriyel aktivitesi belirlenmiş EY ile çalışılmaya gayret gösterilmiştir. Bu anlamda bilimsel etkinliği kanıtlanmış Lamiaceae familyasındaki bitkilerden diğerlerine kıyasla daha fazla yararlanıldığı görülmektedir (Helander ve ark. 1999; Burt, 2004; Calo ve ark., 2015). Tablo 1' deki seçilmiş çalışmaların incelenmesinden tıbbi bitkilerin öğütülmüş formu, ekstratı veya EY'nın genel olarak bağırsakların değişik bölümlerindeki ve kursaktaki enteropatojenlere karşı güçlü antibakteriyel aktivite gösterdikleri görülmektedir. Az sayıdaki çalışmada ise EY'ın bu anlamda etkili olmadığına dair sonuçlarda mevcuttur. Bilimsel literatürde mevcut diğer değerlendirmelerde Tablo 1'de görülen eğilimi yansıtmaktadır (Yang ve ark., 2015). Bunun yanı sıra Skoufos ve ark., (2020) mevcut literatür bildirişlerini taramak suretiyle yaptıkları değerlendirme sonucunda enfekte hayvanların sağlıklılara kıyasla EY'ın antibakteriyel etkilerinden daha iyi faydalandıklarına işaret etmişlerdir. Aşağıda belirtildiği üzere EY'ın yumurtacı tavuklarda kullanımına ilişkin çalışmalarda da benzer yönde eğilimler saptanmıştır. Bütün bu *in vivo* bulgular EY'ın hayvansal üretimde antibakteriyel amaçlı yem katkı maddesi olarak kullanılabilmesi adına

ümit vericidir. Ancak bu deneysel sonuçların sahada koşullarındaki uygulamalarla örtüşmesini teyit eden yeni gözlemlere acilen ihtiyaç vardır.

Etlik piliçlerde olduğu gibi yumurtacı tavukların bağırsak mikrobiatası üzerine tıbbi bitkilerin öğütülmüş formlarının ve EY'nın etkilerini inceleyen çalışmalarda mevcuttur. Mikrokapsüle edilerek yedi haftalık bir süre boyunca tavuklara kekik yağı (100 mg/kg yem) verilmesinin bağırsaklarda *Escherichia coli* ve Salmonella yoğunluğunu azaltırken Lactobacilli ve Bifidobacteria sayısını arttırdığı gösterilmiştir (He ve ark., 2017). Buna karşılık Bölükbaşı ve Erhan (2007) ise 12 hafta süre ile % 0.1 veya % 0.5 oranında öğütülmüş kekik ilave edilmiş yemle beslemenin tavukların bağırsak koliform sayılarında önemli bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde Bozkurt ve ark. (2016) de zorlamalı tüy dökümü sonrasında yumurtacı tavuklara 24 hafta süre kekik esansiyel yağı (24 mg/kg) verilmesinin caecum koliform sayılarındaki azalma eğiliminin dışında önemli bir değişime neden olmadığını gözlemlemişlerdir.

Upadhyaya ve ark. (2015) Salmonella ile deneysel olarak enfekte edilen tavukların yemine trans-cinnamaldehyde ilavesinin 66 günlük süre sonunda Salmonella pozitif yumurta kabuğu, yumurta sarısı ve doku örnekleri (caecum, karaciğer ve yumurta kanalı) oranını önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir. *S. Enteritidis* ile gerçekleştirilen deneysel bir enfeksiyondan 3 hafta öncesinde itibaren eugenol içeren (250 ppm) ticari bir ürünle beslenen tavukların caecum, karaciğer ve yumurta kanalından enfeksiyondan 30 gün sonrasında alınan

örneklerin Salmonella negatif olduğu görülmüştür (Ordóñez ve ark., 2008). Benzer yönde sonuçların alındığı diğer bir çalışmada ise tavuklara 23 hafta süre ile öğütülmüş kekik verilmesinin yumurta kabuğundaki enterokok, laktobasil, maya ve mantar sayılarını düşürdüğü gözlemlenmiştir (Arpasova ve ark., 2013). Viveros ve ark. (2007) da deneysel olarak *Salmonella enteritidis* ile enfekte edilen tavuklara 36 ppm diyetsel capsaicin verilmesinin dalak ve karaciğerdeki bakteri invazyonunu azalttığını bildirmişlerdir.

Tablo 1. Esans yağların sindirim sistemi üzerindeki *in vivo* antimikrobiyal etkileri

Tıbbi bitki/Esans yağ/Biyoaktif Bileşen	**Yeme katılım oranı**	**Antimikrobiyal etki**	**Kaynak**
Capsaicin	18 ppm	Cecal *S. Enteritidis'de* azalma	Tellez ve ark.,1993
Capsaicin	150-300 ppm	Bağırsaklarda *E. coli* ve *C. perfringens'd*e azalma	Jamroz ve ark., 2003
Cinnamic aldehyde Thyme oil	1 g/kg 3 g/kg 5 g/kg	Bağırsaklarda coliform sayısında azalma	Cross ve ark., 2003
Oregano EY	300 mg/kg	Kanlı ishal, lezyon skoru ve oosit sayısında azalma (*E. tenella* ile enfekte civcivlerde)	Ginnenas ve ark., 2003
Oregano (öğütülmüş tüm bitki)	330 g/kg	Caecum'da *C. perfringens* sayısında azalma	Waldenstedt ve ark., 2003
EY karışımı (CRINA® Poultry)	25 ve 50 g/kg	İleo-cecal *E.Coli*'de azalma *Lactobacilli*'de değişim yok	Jang ve ark., 2004
Ticari EY karışımı (CRINA® Poultry) Thymol/Carvacrol/ Curcumin/Eugenol Piperin	100 ppm	Bağırsakta *C. perfringens* kolonizasyonunda azalma	Mitsch ve ark., 2004
Ticari EY karışımı	100 mg/kg	*E. coli, C. perfringens*	Jamroz ve ark.,

(XRACT™) Carvacrol /Capsaicin Trans-cinnamaldehyde		ve fungi'de azalma ve *Lactobacillus*'da artış	2005
Capsaicin	5 ppm	*S. enteritidis'e* karşı profilaktik etki	Orndorff ve ark., 2005
Oleoresin	20 ppm		
Oregano EY	0.5-1.25 g/kg	*Lactobacilli*'e karşı güçlü bakterisid etki	Horošová ve ark., 2006
Cabbage Tree Golden Wattle Tree Seaweed Thyme Oregano Marjoram Rosemary Yarrow	10 g/kg öğütülmüş tüm bitki +1 g/kg EY	İntestinal mikrofolarada antibakteriyal etki yok	Cross ve ark.,2007
Ticari EY karışımı (CRINA® Poultry)	25 mg/kg 50 mg/kg	İleum ve cecada coliformlarda azalma	Jang ve ark., 2007
Lupulone (*Humulus lupulus*) EY	62,5 ppm 125 ppm 250 ppm	Jejunum ve caecum'da *C. perfiringes'* i inhibe ediyor	Siragusa ve ark., 2008
Ticari EY karışımı (Biomin P.E.P.125)	125 g/t	Cecadaki *E.coli* sayısında dikkate değer azalma	Peric ve ark., 2010
Thymol	15 g/t	*E. coli* ve *Clostridium'* da azalma	Tiihonen ve ark., 2010
Cinnamaldehyde	5 g/t	*Bifidobacterium* ve *Lactobasillus'l*arda artış	
Thymol Cinnamaldehyde Eucalyptus EY	150-200 g/t 150 g/t 150 g/t	Necrotic enteritis kontrolü (*C. perfringens*)	Timbermont ve ark., 2010
Ticari EY karışımı (cinnamaldehyde and thymol) (EnvivaTM)	100 g/t	İleal içerikteki bakteri türlerinde artış	Amerah ve ark., 2011
Green tea extract	0,1 g/kg 0,2 g/kg	Cecal coliform bakteride azalma	Erener ve ark., 2011
(Grape Pomace Concent-GPC) (Grapr seed extract-GSE)	60 g/kg 7,2 g/kg	GSE ileumda *Lactobcillus'u* arttırmış, GPC/GSE cecada *E. coli*, *Lactobacillus*, *Enterecocus* ve *Clostridium'u* arttırmış	Viveros ve ark., 2011
EY karışımı Oregano	300 mg/kg	İntestinal *Clostridium*'da azalma, ancak total	Kırkpınar ve ark., 2011

Garlic Oregano+garlic	300 mg/kg 150 mg/kg+150 mg/kg	bakteri, *Streptococcus*, *Lactobacillus* ve *Coliform*'larda etki yok	
Ticari EY karışımı (Biomin P.E.P.)	250 mg/kg	Caecumda *Lactobacillus* ve *bifidobacterium* da artış	Mountzouris, 2011
Thyme (*Thymus vulgaris*), coneflower (*Echinacea purpurea*), garlic (*Allium sativum*)	% 0,1	Ileal *E.Coli* sayısında azalma ve *Lactobacillus* sayısında artış	Rahimi ve ark., 2011
Oregano (*Origanum vulgare* L.) EY	300-1200 mg/kg	Cecal *E.Coli*'de azalma, *Lactobacillus*'da etki yok	Roofchaee ve ark., 2011
EY karışımı (Enviva^{TM})	100 g/t	Ksilinaz ile birlikte cecal *S. Heidelberg*'de azalma	Amerah ve ark., 2012
EY karışımı (oregano, anis and citrus peel)	125 g/kg	Cecal total bakteri, *Lactobaccilli*, *Enterococci*, *Coliform* veya *Salmonella* kolonizasyonunda etki yok	Hong ve ark., 2012
Pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) (öğütülmüş tüm bitki)	% 0,025 %0,50	Jejunum'da *E. Coli*'de düşüş, Laktik asit bakterilerinde artış	Erhan ve ark., 2012
Trans-cinnamaldehyde Eugenol	% 0,75 % 1	Caecum'da *Salmonella* kolonizasyonunda azalma	Kollanor-Johny ve ark., 2012
Carvacrol Thymol Eucalyptol Lemon	İçme suyuna %0.05, 0.025 ve 0.0125	Kursakta Salmonella'da azalma, cecal Salmonella'da etki yok	Alali ve ark., 2013
Capsicum oleoresin Turmeric oleoresin	4 mg/kg	*C. perfringes*'e karşı koruyucu immünite gelişimi	Hyen Lee ve ark., 2013
Trans-cinnamaldehyde	500 mg/kg	Cecada *Br. intermedia*'da azalma	Verlinden ve ark., 2013
Thymol Carvacrol Thymol+Carvacrol	% 0,25 % 0,50 % 1, % 2 veya % 0,5	Caecum içeriğindeki *Campylobacter'de* azalma	Ali ve ark., 2014
Thymol	30 mg/kg	Cecal *Lactobaccilli*'de artış ve *Coliform*'da	Ginnenas ve ark., 2014

		azalma, ancak kursakta ve ileum'da etki yok	
Ground Yerba Mate (öğütülmüş tüm bitki)	% 0,5 % 1	Ceacum'da *S. Enteritidis*'e karşı etki yok	Gonzalez-Gil ve ark., 2014
Thyme (*T. vulgaris*) EY	0,5 g/kg	Cecum'da toplam bakteri ve *Lactobaccillus'da* hafif artış; kalın bağırsakta *Enterobacteriaceae*'de azalma	Placha ve ark., 2014
Clove (*Syzygium aromaticum*) EY	100, 300 veya 500 mg/kg)	Cecumda *E. coli'*de azalma ve *Lactobaccillus*'da hafif artış	Mohammadi ve ark., 2014
Cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*) EY	0,5 g/kg	Ileum ve caecum'da total bacteri, *E. coli* ve *Lactobacillus'*da etki yok	Pathak ve ark., 2016
Oregano EY	0.5 g/kg	Caecum ve jejunum'da *Lactobaccilus* spp ve *C. perfringens'*de etki yok	Tzora ve ark., 2017
Cinnamon (C*innamomum Zeylanicum) EY*	0,3 g/kg	Cecumda *E. coli*'de azalma, *Clostridium spp.*'de etki yok	Chowdhurya ve ark., 2018

7. ESANS YAĞLARIN ETİN MİKROBİYOLOJİK GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Evcil kümes hayvanları *Salmonella, Campylobacter ve Listeria monocytogenes* gibi gıda kaynaklı hastalıkların başlıca nedenleri olan patojen bakterilerin doğal rezervuarı olarak kabul edilmektedir (Scallan ve ark., 2011; Scharff ve ark., 2012). Kesimhanede uygulanan antimikrobiyal işlemlere ve sürekli kontrol programlarına rağmen bu patojenlerin kanatlı ürünlerindeki kalıcılığı ve bunlara ilişkin gıda kaynaklı salgınlar halk sağlığı kadar gıda endüstrisi için de ciddi bir endişe kaynağıdır (EFSA, 2015; Nair ve ark., 2015). Çiğ veya pişmiş aşamada depolanan hayvansal kaynaklı gıdalara fitojenik

bileşiklerin (örneğin tıbbi bitkiler, baharatlar veya EY) eklenmesinin gıda mikrobiyolojik güvenliğine ve kalitesine katkıda bulunduğu da bilinmektedir (Georgantelis ve ark., 2007; Fasseas ve ark., 2008). Gıda hijyenindeki bu tür iyileşmeler biyoaktif bileşiklerin antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu yöndeki antimikrobiyal aktivite kullanılan bitkisel preparatın yapısındaki bir veya daha fazla biyoaktif bileşene (örneğin terpenler, fenoller, aldehidler) atfedilmektedir (Giannenas ve Kyriazakis, 2009). Bu tür aktiviteye sahip başlıca tıbbi bitkilere sırasıyla carvacrol, thymol ve cinnamaldehyde gibi biyoaktif bileşenleri içeren bilyalı kekik, İstanbul kekiği ve tarçın örnek verilebilir (Burt, 2004; Bajpai ve diğerleri, 2012; Bakkali ve diğerleri, 2008).

Çiğ veya pişmiş et üzerinde sağlanan biyoaktif bileşen kaynaklı antimikrobiyal aktivitenin bir kaç yolla gerçekleştiği ileri sürülmektedir (Puvaca et al., 2013). Fitojenik bileşiklerin yem yoluyla vücuda alınması sonucu bağırsaktaki patojenleri azaltılması bunun ilk yöntemi olarak kabul edilmektedir. Böylece sağlıklı bir bağırsak ortamını teşvik edebilir ve bu da kesim sırasında karkas kontaminasyonunun azalmasına katkıda bulunabilir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesine (EFSA) göre bu gıda maddelerinin kontaminasyonunu ve ardından insanlarda gıda kaynaklı hastalıkların sayısını azaltmanın en etkili yollarından birisidir. Biyoaktif bileşenlerin metabolik dokulardaki potansiyel birikiminin bir sonucu olarak karkas üzerinde patojenik bakterilerin büyümesinin

engellenmesi antimikrobiyal aktivitenin bir diğer gerçekleşme yolu olarak düşünülmektedir. Bu anlamda yeme 100 mg/kg düzeyinde kekik EY'ı katılması buzdolabında muhafaza edilen hindi göğüs filetolarında toplam canlı bakteri ve *Pseudomonas* spp sayısı ile ifade edilen mikrobiyal büyüme üzerinde inhibitör etki göstermiştir (Govaris ve ark., 2005). Benzer şekilde yeme kekik yağı ilavesi sonucu etlik piliç karkaslarında *Salmonella* spp. ve Staphyloccoci/Micrococci yoğunluğunda yarıya varan düşüşler gözlenmiştir (Akşit ve ark., 2006). Etlik piliç kanatları kesimhanede *Rhus coriaria* L (sumak) ekstratı ile muamele edildiğinde dekontaminasyonun gerçekleşebildiği Gülmez ve ark. (2006) tarafından gösterilmiştir. Düşük et pH'sı EY'ın suda çözünebilirliğini (hidrofobi) zorlaştırırken hedef bakterilerin hücre zarının lipid katmanları arasında daha kolay çözünmelerini sağlar (Juven ve ark., 1994). EY'dan beklenen yararın elde edilmesi adına bu noktaya dikkat etmek gerekir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bilimsel çalışmalardan ve saha tecrübelerinden elde edilen mevcut veriler EY'ın kümes hayvanları yetiştiriciliğinde AGP'ne alternatif olarak kullanılabilme potansiyelinin olabileceğini göstermektedir. EY'ın antibiyotikler ile benzer etki mekanizmalarına sahip olmaları ve buna ilaveten direnç oluşturma risklerinin bulunmaması sürdürülebilirlik açısından olumlu gelişmelerdir. Birçok etki mekanizmasına sahip olmalarına rağmen yetiştiricilerinin EY kullanımından en büyük beklentileri güçlü antimikrobiyal etkidir.

Bununla birlikte günümüze kadar yürütülen deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar antibiyotikler (AGP) ile elde edilen uzun yılların geniş gözlemlerine kıyasla daha az tutarlılık göstermektedir. Buna kullanılan EY preparatlarının biyoaktif bileşen kompozisyonunun standardizasyonu ile ilgili problemlerin neden olduğu bilinmekte ve büyük ölçüde bitki ıslahı üzerinden çözüm yolları aranmaktadır. Mukus üretimi ve sindirim enzimlerinin salınımının EY tarafından teşvik edilmesinin kimi durumlarda bağırsak dokularının tahrişine yol açması beklenen antibakteriyel yarar azaltmakta olup enkapsülasyon teknolojilerinden yararlanarak sorun giderilmeye çalışılmaktadır. EY'ın yapısındaki biyoaktif bileşenlerin metabolizma hızlarının çok yüksek olması bunların biyoyararlılığını düşüren önemli bir etkendir. Sonuç itibarıyla kümes hayvanı yetiştiriciliğinde yaygın ve kronik bir sorun olan enteropatojenlerin kontrolünde EY' ın antibakteriyel yem katkı maddesi olarak kullanımı anlamında ümit var sonuçlar mevcuttur. Ancak bunların pratik, sürdürülebilir ve ekonomik şekilde kullanımını sağlamak için çok daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Güvenli bir gıda (GRAS) sayılmakla birlikte EY'ın biyoaktif bileşenlerinin ve metabolitlerinin hayvansal dokulardaki birikimlerinin belirlenmesini sağlayan yöntem ve mevzuatın düzenlenmesinede ihtiyaç vardır.

9. KAYNAKLAR

Akşit, M., E. Göksoy, F. Kök, D. Özdemır, Özdoğan, M. (2006). The impacts of organic acid and essential oil supplementations to diets on the microbiological quality of chicken carcasses. *Arch. Geflügelk*. 70:168-173.

Alali, W.Q., Hofacre, C.L., Mathis, G.F., Faltys, G. (2013). Effect of essential oil compound on shedding and colonization of Salmonella enterica serovar Heidelberg in broilers. *Poult. Sci* .92:836–41

Ali, A. H. H. (2014). Productive performance and immune response of broiler chicks as affected by dietary marjoram leaves powder. *Egypt. Poult. Sci.* 34:57–70.

Amerah, A.M., Peron, A., Zaefarian, F., Ravindran, V (2011). Influence of whole wheat inclusion and a blend of essential oils on the performance, nutrient utilisation, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci*. 52:124–32.

Amerah, A. M., Mathis, G., Hofacre, C. L., Faltys, G. (2012). Effect of xylanase and a blend of essential oils on performance and Salmonella colonization of broiler chickens challenged with *Salmonella Heidelberg*. *Poult. Sci*. 91:943–947.

Anonim, 2021. Biomin Website https://www.biomin.net/species/poultry/ (accessed 12.08.2021)

Arpásová, H., Kacániová, M., Hascík, P., Mellen, M. (2013). Effect of thyme essential oil addition on physical and microbiological quality of table eggs. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 2:1092-1106.

Bajpai, V. K., Baek, K. H., Kang, S. C. (2012). Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. *Food Res. Int.* 45, 722-734.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils- a review. *Food and Chem. Toxicol.* 46: 446-475.

Baratta, M.T., Dorman, H.J., Deans, S.G., Fıgueıredo, A.C., Barroso, J.G., Ruberto, G.(1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour Frag. J.* 13: 235-244.

Bassolé, I. H. N., H. J. Rodolfo (2012). Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. *Molecules*, 17: 3989-4006.

Başer, H.C., (2002). The Turkish Origanum species. In: Oregano. The genera Origanum and Lippia. Pp.109–126. Kintzios SE (Ed). Taylor and Francis, London, United Kingdom.

Becerril, R.; Nerin, C.; Gomez-Lus, R. (2012). Evaluation of bacterial resistance to essential oils and antibiotics after exposure to oregano and cinnamon essential oils. *Foodborne Pathog. Dis*. 9: 699–705.

Ben Arfa, A., Combes, S., Preziosi-Belloy, L., Gontard, N., Chalier, P. (2006). Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Letters in Appl. Microbiol*. 43 (2): 149-154.

Bozkurt, M., Bintas, E., Kırkan, S., Aksit, H., Küçükyılmaz, K., Erbas, G., Çabuk, M., Aksit, D., Parın, U., Ege, G., Koçer, B., Seyrek, K., Tüzün, A.E., (2016). Comparative evaluation of dietary supplementation with mannan oligosaccharide and oregano essential oil in forced molted and fully fed laying hens between 82 and 106 weeks of age. *Poultry Sci.* 95:2576-2591.

Bozkurt, M., Giannenas, I., Kucukyilmaz, K., Christaki, E., Florou-Paneri, P. (2013). An update on approaches to controlling coccidia in poultry using botanical extracts. *Br. Poult. Sci.* 54:713-727.

Bölükbaşı, S.C., Erhan, M.K. (2007). Effect of dietary thyme (*Thymus vulgaris*) on laying hens performance and *Escherichia coli* (*E. coli*) concentration in feces. *Int. J. Nat. Eng. Sci.* 1:55-58.

Burt S. A., R. van der Zee, A. P. Koets, A. M. de Graaff, F. Van Knapen, W. Gaastra, H. P. Haagsman, E. J. A. Veldhuizen (2007). Carvacrol Induces Heat Shock Protein 60 and Inhibits Synthesis of Flagellin in Escherichia coli O157:H7. *Appl. Environm. Microbiol.* 73: 4484-4490.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Int. J. of Food Microbiol*. 94: 223-253.

Calo, J.R.; Crandall, F.G.; O'Bryan, C.A.; Ricke, S.C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems-A review. *Food Control*, 54:111–119.

Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Florou-Paneri, P. (2012). Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture* 2: 228-243.

Chowdhurya, S., Mandala, G.P., Patraa, A. K., Kumara, P., Samantab. I., Pradhanc, S., Samantad, A. K. N. (2018). Different essential oils in diets of broiler chickens: 2. Gut microbes and morphology, immune response, and some blood profile andantioxidant enzymes. *Anim. Feed Sci. and Technol*. 236:39–47.

Cosentino, S., Tuberoso, C. I. G., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., Palmas, F. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oil. *Lett. Appl. Microbiol*. 29 (2): 130-135.

Cross, D. E., K. Svoboda, and R. M. Mcdevitt. (2003). The performance of chickens feed diets with and without thyme oil and enzymes. *Br. Poult. Sci*. 44:18–19.

Cross, D. E., R. M. McDevitt, K. Hillman, and T. Acamovic. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *Br. Poult. Sci.* 48:496–506.

Davidson, P.M., Parish, M.E. (1989). Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol*. 43:148–155.

De Souza, A.L., de Barros, J.C.; de Conceicao, M.L., Neto, N.J.G.; da Costa, A.C.V. (2009). Combines application of *Origanum vulgarae L*. essential oil and acetic acid for controlling the growth of Staphylococcus aureus in foods. *Br. J. Microbiol.* 40:387–393.

Deans, S. G. (2000). In Final Report, EU Project Origanum sp. and Salvia sp., FAIR-CT96-1914W. C. Franz, A. Bezzi, W. Blüthner, L. Conte, S. G. Deans, Junghanns, V. Marzi, L. van Niekerk, F. Pank, M. Skoula, C. Vender (eds). Vetmeduni: Vienna.

Defoirdt, T., Brackman, G., Coenye, T. (2013). Quorum sensing inhibitors: How strong is the evidence? Trends *Microbiol.* 21: 619–624.

Diaz-Sanchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., Hanning, I. (2015). Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poultry Science* 94:1419–1430.

Dorman, H.J.D., Deans, S.G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activityof plant volatile oils *J. Appl. Microbiol.* 88:308–316.

Eckmann, L., Kagnoff, M.F., Fierer, J. (1995). Intestinal epithelial cells as watchdogs for the naturalimmune system. *Trends Microbiol.* 3:118–120.

EFSA, 2015. European Food Safety Authority. European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. *EFSA Journal* 13:1-162.

Erener, G., N. Ocak, A. Altop, S. Cankaya, H. Murat Aksoy, and E. Ozturk. (2011). Growth performance, meat quality and caecal coliform bacteria count of broiler chicks fed with green tea extract. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24:1128–1135.

Erhan, M. K., S. C. Bölukbaşı, H. Ürüsan. (2012). Biological activities of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) in broilers. *Livest. Sci.* 146:189–192.

Faleiro, M.L. (2011). The mode of antibacterial action of essential oils. In Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances; Mendez-Villas, A., Ed.; Formatex: Badajoz, Spain, pp. 1143–1156.

Farag, R.S., Z.Y. Daw, S.H. Abo-Raya, (1989). Influence of some spice essential oils Aspergillus parasiticus growth and production of aflatoxins in a synthetic medium. *J. Food Sci*. 54:74-76.

Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M., Zervas, G. (2008). Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chem*. 106:1188–1194.

Flees, J. J., Ganguly, B., Dridi, S. (2021). Phytogenic feed additives improve broiler feed efficiency via modulation of intermediary lipid and protein metabolism–related signaling pathways. *Poult. Sci.* 100:100963.

Frankič, T., Voljč, M., Salobir, J., Rezar, V. (2009). Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Agric. Slov.* 94:95–102.

Franz, C., Başer, K. H. C., Windischc, W. (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour Fragr. J.* 25:327–340.

Gallucci, M.N., Oliva, M., Casero, C., Dambolena, J., Luna, A., Zygadlo, J., Demo, M. .2009. Antimicrobial combined action of terpenes against the food-borne microorganisms *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus. Flavour Fragr. J.* 24:348–354.

Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., Georgakis, S.A. (2007). Effect of rosemary extract, chitosanand a-tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. Meat *Science* 76:172–181.

Giannenas, I., Florou-Paneri, P., Papazahariadou, M., Christaki, E., Botsoglou, N.A., Spais, A.B. (2003). Effect of dietary supplementation with oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with *Eimeria tenella*. *Arch. Anim. Nutr.* 57:99–106.

Giannenas, I., Papaneophytou, C.P., Tsalie, E., Pappas, I., Triantafillou, E., Tontis, D. (2014). Dietary supplementation of benzoic acid and essential oil compounds affects buffering capacity of the feeds, performance of turkey poults and their antioxidant status, pH in the digestive tract, intestinal microbiota and morphology. *Asian-Aust. J. Anim Sci*. 27:225–36.

Giannenas, I., Kyriazakis, I. (2009). Phytobased products for the control of intestinal diseases in chickens in the post antibiotic era. Pages 61-86: In: Phytogenics in Animal Nutrition: Natural concepts to optimize gut health and performance. Steiner, T. (ed). Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Gonzalez-Gil, F., S. D. Sanchez, S. Pendleton, A. Andino, N. Zhang, C. Yard, N. Crilly, F. Harte, I. Hanning (2014). Yerba Mate enhances probiotic bacteria growth *in vitro* but as feed additive does not reduce *S. Enteritidis* colonization *in vivo*. *Poult. Sci.* 93:434–440.

Govaris, A., Botsoglou, E., Florou-Paneri, P., Moutas, A., Papageorgiou, G., (2005). Dietary supplementation of oregano essential oil and tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. *Int. J. of Poult. Sci*. 4:969-975.

Grand View Research (2018). Essential Oils Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Orange, Corn, Mint, Eucalyptus, Citronella, Pepper Mint, Lemon, Clove Leaf, Lime, Spearmint), By Application, And Segment Forecasts, 2018 - 2025.

Gülmez, M., Oral, N., Vatansever, L. (2006). The effect of water extract of Sumac (*Rhus coriaria* L) and lactic acid on decontamination and shelf life of raw broiler wings. *Poult. Sci*. 85:1466–1471.

Hammer, K.A., Carson, C.F., Riley, T.V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.* 86:985–990.

He, X., Hao, D., Liu, C., Zhang, X., Xu, D., Xu, X., Wang, J., Wu, R. (2017). Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and relatively intestinal parameters of laying hens. *Am. J. Mol. Biol.* :73-85.

Helander, M., Alakomi, H., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L.G.M., Wright, A.V. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *J. Agri. and Food Chem.* 46:3590–3595.

Hong, J.C., Steiner, T., Aufy, A., Lien, T.F. (2012). Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livest. Sci.*144:253–62.

Horošová, K., Bujňáková, D., Kmeť, V. (2006). Effect of oregano essential oil on chicken lactobacilli and *E. Coli. Folia Microbiol.* (Praha) 51:278–80.

Hyen Lee, S., H. S. Lillehoj, S. I. Jang, E. P. Lillehoj, W. Min, D. M. Bravo. (2013). Dietary supplementation of young broiler chickens with capsicum and turmeric oleoresins increases resistance to necrotic enteritis. *Br. J. Nutr.* 110:840–847.

Idris, A.E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatileconstituents: A review. *Phytother. Res.* 21:308–323.

Jamroz D., T. Wertelecki, M. Houszka, C. Kamel (2006). Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and

histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr*. 90:255-268.

Jamroz, D., A. Wiliczkiewicz, T. Wertelecki, J. Orda, J. Skorupiska (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *Br. Poult. Sci.* 46:485–493.

Jamroz, D., J. Orda, C. Kamel, A. Wiliczkiewicz, T. Wertelecki, J. Skorupinska (2003). The influence of phytogenic extracts on performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gut microbial status in broiler chickens. *J. Anim. Feed Sci.*12:583–596.

Jang, I.S., Ko, Y.H., Yang, H.Y., Ha, J.S., Kim, J.Y., Kim, J.Y. (2004). Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17:394–400.

Jang, I. S., Y. H. Ko, S. Y. Kang, C. Y. Lee (2007). Effect of commercial essential oils on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134:304–315.

Juven, B. J., J. Kanner, F. Schved, H. Weisslowicz (1994). Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *J. Appl. Bacteriol*. 76:626–631.

Kim, J.M., Marshall, M.R., Wei, C. (1995). Antibacterial activity of some essential of some essential oil components against 5 foodborne pathogens. *Agric. Food Chem.* 43:2839–2845.

Kırkpınar, F., Ünlü, H.B., Özdemir, G. (2011). Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcase, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. *Livest. Sci*. 137:219–25.

Kollanoor-Johny, A., T. Mattson, S. A. Baskaran, M. A. Amalaradjou, S. Babapoor, B. March, S. Valipe, M. Darre, T. Hoagland, D. Schreiber, M. I. Khan, A. Donoghue, D. Donoghue, and K. Venkitanarayanana (2012). Reduction of Salmonella enterica serovar Enteritidis colonization in 20-day-old broiler

chickens by the plant-derived compounds trans-cinnamaldehyde and eugenol. *Appl. Env. Microbiol.* 78:2981–2987.

Lambert, R.J.W., P.N. Skandamıs, P.J. Coote, G.J.E. Nychas (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol*. 91:453-462.

Langeveld, W.T., Veldhuizen, E.J., Burt, S.A. (2014). Synergy between essential oil components and antibiotics: A review. *Crit. Rev. Microbiol*. 40: 76–94.

Micciche, A., Rothrock, M. J. , Yang, Y., Ricke, S. C. (2019). Essential oils as an intervention strategy to reduce campylobacter in poultry production: A Review. *Front. Microbiol.* Vol:10, Article 1058.

Mitsch, P., K. Zitterl-Eglseer, B. K¨ohler, C. Gabler, R. Losa, and I. Zimpernik (2004). The effect of two different blends of essential oil components on the proliferation of Clostridium perfringens in the intestine of broiler chickens. *Poult. Sci*. 83:669–675.

Mountzouris, K.C., V. Paraskevas, P. Tsirtsikos, I. Palamidi, T. Steiner, G. Schatzmayr, K. Fegeros (2011). Assessment of a phytogenic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 168:223– 231.

Mourey, A.; Canillac, N. (2002). Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. *Food Control,* 13*:*289–292.

Nair, D. V. T., Kiess, A., Nannapaneni, R., Schilling, W., Sharma, C. S. (2015). The combined efficacy of carvacrol and modified atmosphere packaging on the survival of Salmonella, Campylobacter jejuni and lactic acid bacteria on turkey breast cutlets. *Food Microbiol*. 49:134-141.

Nazzaro, F., Fratianni, F., de Martino, L., Coppola, R., de Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceut.* 6:1451–1474.

Orndorff, B. W., C. L. Novak, F. W. Pierson, D. J. Caldwell, A. P. McElroy. (2005). Comparison of prophylactic or therapeutic dietary administration of capsaicin for reduction of Salmonella in broiler chickens. *Avian Dis.* 49:527–533.

Ordóñez, G., Llopis, N., Peñalver, P. (2008). Efficacy of eugenol against a Salmonella enterica serovar Enteritidis experimental infection in commercial layers in production. *J. Appl. Poult. Res*. 17:376-382.

Pathak, M., Mandal, G.P., Patra, A.K., Samanta, I., Pradhan, S., Haldar, S. (2016). Effects of dietary supplementation of cinnamaldehyde and formic acid on growth performance, intestinal microbiota and immune response in broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.* 57(5): 821-827.

Pei, R.S., Zhou, F., Ji, B.P., Xu, J. (2009). Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol, cinnamaldehyde, thymol and carvacrol against *E. coli* with an improved Method. *J. Food Sci*, 74:379–383.

Penalver, P., Huerta, B., Borge, C., Astorga, R., Romero, R., Perea, R. (2005). Antimicrobial activity of five essential oil against animal origin strains of the Enterobacteriaceae family. *Acta Pathol. Immun. Scan*. 113: 1–6.

Peric, L., N. Milosevic, D. Zikic, S. Bjedov, C. Dragoljub, S. Markov, M. Mohnl, and T. Steiner. (2010). Effects of probiotics and phytogenic products on performance, gut morphology and cecal microflora of broiler chickens. *Archiv. Tierzucht*. 53:350–359.

Pitman, R.S.; Blumberg, R.S. (2000). First line of defense: The role of the intestinal epithelium as an active component of the mucosal immune system. *J. Gastroenterol.*, 35, 805–814.

Placha I, Takacova J, Ryzner M, Cobanova K, Laukova A, Strompfova V. (2014). Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers. *Br. Poult Sci.*;55:105–14

Puvača, N., Stanaćev, V., Glamočić, D., Levıć, J., Perıć, L., Stanaćev, V., Mılıć, D. (2013). Beneficial effects of phytoadditives in broiler nutrition. *World's Poultry Science Journal* 69, 27-34.

Rahimi S, Zadeh ZT, Torshizi M, Omidbaigi R, Rokni H. (2011). Effect of the three herbal extracts on growth performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. *J Agr Sci Tech-Iran.*;13:527–39.

Roofchaee A, Irani M, Ebrahimzadeh MA, Akbari MR. (2011). Effect of dietary oregano (Origanum vulgare L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *Afr J Biotechnol.*;10:6177–83

Roper, T.J. (1999). Olfaction in birds. In Advances in the Study of Behavior; Slater, P.J.B., Rosenblat, J.S., Snowden, C.T.,Roper, T.J., Eds.; Elsevier: San Diego, CA, USA; London, UK, Volume 28, pp. 247–332, ISBN 9780120045280.

Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Jones, J. L., Griffin, P. M., (2011). Foodborne illness acquired in the United States and major pathogens. *Emerging Infectious Diseases* 17, 7-15.

Scharff, R. L., (2012). Economic burden from health losses due to foodborne illness in the United States. *Journal of Food Protection* 75, 123-131.

Siragusa, G. R., G. J. Haas, P. D. Matthews, R. J. Smith, R. J. Buhr, N. M. Dale, and M. G. Wise. (2008). Antimicrobial activity of lupulone against Clostridium perfringes in the chicken intestinal tract jejunum and caecum. *J. Antim, Chem.* 61:853–858.

Skoufos I, E Bonos, I Anastasiou, ,A Tsinas, A Tzora., (2020). Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. Pages 311-337: In: Feed Addıtıves, Aromatıc Plants And Herbs In Anımal Nutrıtıon And Health. Panagiota Florou-Paneri, Efterpi Christaki, Ilias Giannenas (eds). Academic Press, Elsevier, London, UK.

Tellez, G. I., L. Jaeger, L. Dean, C. E. Corrier, D. E. Deloach, J. D. Williams, and B. M. Hargis. (1993). Effect of prolonged administration of dietary capsaicin on Salmonella enteritidis infection in leghorn chicks. *Avian Dis.* 37:143–148.

Tiihonen, K., H. Kettunen, M. H. L. Bento, M. Saarinen, S. Lahtinen, A. C. Ouwehand, H. Schulze, and N. Rautonen. 2010). The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. *Brit. Poult. Sci.* 51:381–392.

Timbermont, L., A. Lanckniet, J. Dewulf, N. Nollet, K. Schwarzer, F. Haesebrouck, R. Ducatelle, and F. van Immerseel. (2010). Control of Clostridium

perfringes-induced necrotic enteritis in broiler by target-released butyric acid, fatty acids and essential oils. *Avian Pathol.* 39:117–121

Trombetta, D.; Castelli, F.; Sarpietro, M.G.; Venuti, V.; Cristani, M.; Daniele, C.; Saija, A.; Mazzanti, G.; Bisignano, G. (2005). Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. *Antimicrob. Agents Ch.*, 49, 2474–2478.

Tzora,A., Giannenas, I., Karamoutsios, A., Papaioannou, A. N., Papanastasiou, D., Bonos, E., Skoufos,S., Bartzanas, T. Skoufos, I. (2017). Effects of oregano, attapulgite, benzoic acid and their blend on chicken performance, ıntestinal microbiology and ıntestinal morphology. *J. Poult. Sci.* 54, 218-227.

Ultee, A., Kets, E. P., Smid, E. J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen Bacillus cereus. *App.l Environ. Microbiol*. 65(10):4606-4610.

Ultee, A.; Bennik, M.H.; Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 1561–1568.

Upadhyaya, I., Upadhyay, A., Kollanoor-Johny, A., Mooyottu, S., Baskaran, S.A., Yin, H.B., Schreiber, D.T., Khan, M.I., Darre, M.J., Curtis, P.A., Venkitanarayanan, K., (2015). In-feed supplementation of transcinnamaldehyde reduces egg-borne transmission of Salmonella Enteritidis in layer chickens. *Appl. Environ. Microbiol*. 81, 2985-2994.

Verlinden, M., F. Pasmans, M. Mahu, L. Vande Maele, N. De Pawn, Z. Yang, F. Haesebrouck, and A. Martel. (2013). *in vitro* sensitivity of poultry Bachyspira intermedia isolates to essential oil components and *in vivo* reduction of Brachyspira intermedia in rearing pullets with cinnamaldehyde feed supplementation. *Poult. Sci.* 92:1202–1207.

Vicente, J. L., C. Lopez, E. Avila, E. Morales, B. M. Hargis, and G. Tellez. (2007). Effect of dietary natural capsaicin on experimental *Salmonella enteritidis. Int. J. Poult. Sci.* 6:393–396.

Viveros, A., S. Chamorro, M. Pizarro, I. Arija, C. Centeno, and A. Brenes. (2011). Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poult Sci.* 9:566–578.

Waldenstedt L. (2003). Effect of vaccination against coccidiosis in combination with an antibacterial oregano (Origanum vulgare) compound in organic broiler production. *Acta Agr Scand A-An.* 53:101–9.

Windisch, W., E. Rohrer, K. Schedle, (2009) Phytogenic feed additives to young piglets and poultry: mechanisms and application. In: Steıner, T.: Phytogenics in Animal Nutrition: Natural Concepts to Optimize Gut Health and Performance. Nottingham University Press, Nottingham, pp.19-38.

Yang, C., Chowdhury, M.A.K; Hou, Y. and Gong J. (2015). Phytogenic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application. Pathogens, 4, 137-156.

Yap, P.S.X.; Yiap, B.C.; Ping, H.C.; Lim, S.H.E. (2014). Essential oils, a new horizon in combating bacterial anti-biotic resistance. *Open Microbiol. J.*, 8, 6–14.

Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., Piao, X., (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *J. Anim. Sci. Biotechnol*. 6, 1-10.

Zhou, L.; Zheng, H.; Tang, Y.; Yu, W.; Gong, Q. (2013). Eugenol inhibits quorum sensing at sub-inhibitory concentrations. *Biotechnol. Lett.*, 35, 631–637.

BÖLÜM 9

ESANS YAĞLARININ KÜMES HAYVANLARINDA İMMÜNOLOJİK ETKİLERİ

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ[1]

Prof. Dr. Figen KIRKPINAR[2]

[1] Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, İzmir, TÜRKİYE, ORCID: 0000-0001-5517-4153 e-posta: zumrut.acikgoz@ege.edu.tr

[2] Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, İzmir, TÜRKİYE, ORCID: 0000-0002-2018-755X e-posta: figen.kirkpinar@ege.edu.tr

GİRİŞ

Kanatlı hayvanlarda hastalıklara karşı direnç, verim performansı ve ürün kalitesi doğrudan veya dolaylı olarak immün sistem ile ilişkilidir. Ayrıca, immün sistem üreticinin kârını ve tüketicinin sağlığını da etkiler. Ancak, kanatlı hayvanlarda uzun yıllardır verim performansının iyileştirilmesi için yapılan seleksiyonlar immün sistemi olumsuz etkilemiştir (Emerson, 1997). Pinard ve ark. (1988) ile Qureshi ve Havenstein (1994) ticari önemi olan üretim parametreleri ile doğal immünite arasında negatif bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir. Etlik piliçler ve hindilerde canlı ağırlığı veya hindilerde yumurta verimini artırmak için yapılan seleksiyonlar sonucunda birincil ve ikincil immün sistem organlarının oransal değerleri (Bayyari ve ark., 1997; Cheema ve ark., 2003) ile hastalıklara karşı direnç (Yunis ve ark., 2000; Huff ve ark., 2005) azalmıştır. Havenstein ve ark. (1994) 1957 ile 1991 yıllarına ait etlik piliç genotiplerini karşılaştırdıklarında 1991 yılında kullanılanların antikor yanıtlarının [SRCB'ye (sheep red cell blood) karşı toplam, IgG ve IgM üretimi] gerilediğini belirlemişlerdir. Daha sonra Chema ve ark., (2003) yüksek canlı ağırlık için yapılan seleksiyonların hücre aracılı ve inflamatuar yanıtları arttırdığını belirtmişlerdir. Qureshi ve Havenstein, (1994) makrofaj ve doğal öldürücü hücrelerin fonksiyonlarının seleksiyonlardan etkilenmediğini ifade etmişlerdir.

Etlik piliç ve yumurta tavuklarında uygulanan seleksiyonların immün sistem üzerine etkilerini inceleyen Leshchinsky ve Klasing (2001) etlik piliçlerin dalak hücrelerinde daha düşük pro-inflamatuar sitokin

mRNA ekspresyon seviyeleri saptamışlar ve bu sonucun makrofaj aktivitesindeki farklılıktan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Koenen ve ark. (2002) ise, yumurtacılara göre etlik piliçlerin daha yüksek IgM ve daha düşük IgY antikor yanıtları oluşturduklarını ve yüksek antikor seviyelerini daha kısa süre koruyabildiklerini bildirmişlerdir.

Güçlü immün sisteme sahip tavuklarda verim performansı gerilemektedir. Örneğin; yüksek leukozis direncine sahip tavuklarda genellikle yumurta randımanı düşüktür. Yumurta verimindeki bu azalmanın ise fizyolojik olarak normal bir immünite oluşumu için gerekli besin maddelerinin verim payından karşılanması sonucunda oluştuğu ileri sürülmektedir (Zekerias ve ark., 2002). Diğer yandan, yeterli ve dengeli beslenme immün sistemin optimal gelişimi ve işlevselliği için elzemdir.

Günümüzde tavukçuluk sektöründe kullanılan yüksek verimli genotiplerin enfeksiyon hastalıklara dirençleri düşük ve stres hassasiyetleri yüksektir. Bu perspektifte yoğun yerleşimin uygulandığı endüstriyel üretim koşullarında patojen mikroorganizmalardan kaynaklanan enfeksiyonlar artış göstermiş, hatta son yıllarda birçok endemik hayvan hastalığı pandemiye sebep olmuştur. Örneğin; *Avian influenza* (kuş gribi-AI) virüsü nedeniyle dünya çapında pek çok salgın yaşanmış ve milyonlarca kümes hayvanı itlaf edilmiştir. Yüksek patojeniteye ve konak adaptasyon yeteneğine sahip olan AI virüsleri insanlara da bulaşabilmekte ve ölümlere yol açabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün verilerine göre 2003/2020 yılları

arasında dünyada H5N1 enfeksiyonundan etkilenen kişi sayısı 862'dir ve bunların 455'i ölmüştür (WHO, 2021).

Kümes hayvanlarında gerek hastalıkların kontrol edilmesi gerekse büyümeyi stimüle etmek amacıyla antibiyotiklerin yoğun kullanımı, bakterilerde direnç gelişimine ve kanatlı ürünlerinde kalıntı problemine neden olmuş ve bu bağlamda antibiyotiklerin büyüme stimülatörü olarak yemlere ilavesi yasaklanmıştır. Ancak, günümüzde hastalıkların tedavisinde antibakteriyal ilaçların kullanımı kanatlı endüstrisinin sürdürülebilirliği açısından hâlâ bir gerekliliktir. Dolayısıyla, son yıllarda kümes hayvanlarında immün sistemi güçlendirmek ve hastalıklara karşı direnci arttırmak amacıyla doğal immün sistem düzenleyicilerinin (immünomodülatörler) katkı maddesi olarak kullanımı gündeme gelmiştir.

İmmünomodülatörler

Sağlıklı organizmalarda immün sistem homeostazisini korur. Patofizyolojik süreçleri normalleştirmek veya modüle etmek için immünomodülatörler (immünorestoratifler, immün-arttırıcılar veya biyolojik yanıt değiştiricileri) olarak adlandırılan maddeler kullanılır (Puri ve ark.,1994).

İmmünomodülatörler; Blecha (1988) tarafından immün sistemi uyarıcı (immünostimülant) veya baskılayıcı (immünodepresant) etki gösteren ya da bu sistem üzerinde regüle edici özelliklere sahip maddeler, Agarwal ve Singh (1999) tarafından ise doğal veya kazanılmış

immüniteyi ya da her ikisini uyarabilen/baskılayabilen biyolojik ve sentetik substratlar olarak tanımlanmıştır.

İmmünomodülatörler klinik olarak immünoadjuvantlar, immünostimülantlar ve immünodepresantlar olarak katogorize edilmektedir (Agarwal ve Singh, 1999). Pratikte ise immünostimülant ve immünomodülatör terimleri aynı anlamda kullanılabilmektedir. Galeotti (1998) immünostimülantları orijinlerine ve etki şekillerine göre bakteri ve bakteriyel ürünler, kompleks karbonhidratlar, aşılar, kimyasal ve sentetik ilaçlar, besinsel faktörler, hayvansal ekstraktlar, sitokinler ile lektin ve bitkisel ürünler olarak sınıflandırmıştır.

İmmünomodülasyonun birinci hedefi, mikroorganizmalar veya diğer enfeksiyöz ajanlar tarafından harici ve dâhili saldırılara karşı konak direncini arttırmaktır. Evcil hayvanlarda immünomodülasyonun temel amaçları (Dhama ve ark., 2015);

*Hastalığa neden olan mikroorganizmalara karşı güçlü ve sürekli bir immün tepki oluşturmak,

*Genç veya yenidoğan/yumurtadan yeni çıkan hayvanlarda spesifik ve spesifik olmayan bağışıklığın olgunlaşmasını sağlamak,

*Duyarlı bölgelerde veya mide-bağırsak kanalında lokal koruyucu immünite reaksiyonlarını arttırmak,

*Stres ve çevre kirliliğinin immün sistemi baskılayıcı etkilerini azaltmak/gidermek,

*Aşılama sonrası immünite süresini ve seviyesini artırmak,

*İmmünite sürveyansını sürdürmektir.

Das ve ark. (2020) immunmodlatörlerin antibiyotiklerin ve antimikrobiyallerin yerine kullanımını önermişlerdir. Antimikrobiyal yem katkı maddelerine göre immunomodülatörlerin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Gallois ve Oswald, 2008; Dhama ve ark., 2015, Mehana ve ark., 2015). Bunlar;

*Antimikrobiyaller spesifik mikroorganizmalara (bakterilere), immunomodületörler ise bakteri, virüs, fungus gibi birçok mikroorganizmaya karşı etkilidirler. Ancak, bu tüm hastalıkları tedavi edilebileceği anlamına gelmemelidir.

*İmmunostimülantlar mikroorganizmaları doğrudan etkilemezler, dolayısıyla hızlı direnç gelişimine neden olmazlar.

*Antimikrobiyaller immünsupresif vakalarda genellikle etkisizdirler.

*Yüksek düzeylerde immunostimülant kullanımı immünsupresyona neden olabilmektedir.

*İmmunostimülantlar nispeten daha pahalıdır ve paranteral kullanımlarda etkileri sınırlıdır.

Günümüzde immünomodülasyon amacıyla sentetik ürünlerden daha ziyade doğal ürünler [probiyotikler, prebiyotikler, vitaminler (A, C, D, E, B_6, B_{12}), mineraller (Cu, Fe, Se ve Zn), β-karoten, polisakkaritler, bitkisel ürünler vb.] gıda güvenliği açısından tercih edilmektedir.

Esans Yağların İmmünomodülatör Etkileri

Aromatik bitkiler ve bunlardan elde edilen ürünler (ekstraktlar, soğuk-pres yağlar ve esans yağlar) yapılarındaki biyoaktif bileşiklerden

(flavonoidler ve polifenollar) dolayı multifonksiyonel (büyütme faktörü, sindirim uyarıcı, immünomodülatör, antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuar, antistres vb.) özelliktedirler (Das, 2020; Alagawany ve Abd El-Hack, 2021). Antibiyotiklerin yasaklanması ile bitkisel ürünlerin hayvan beslemede kullanımları hız kazanmış ve ilk aşamada bu doğal ürünlerin büyüme uyarıcı etkileri irdelenmiştir. Fenolik bileşiklerin büyümeyi teşvik edici etkisi; antimikrobiyal özelliğinden dolayı bağırsak lümeninde patojen bakterilerin (*E. coli*, *C. perfringens*, *S. typhimurium* gb) sayılarının azalması (Ahmed ve ark., 2013; Jamroz ve ark., 2005), prebiyotik benzeri etki göstermesi nedeniyle yararlı bakterilerin (*Lactobacillus spp. ve Bifidobacteria* gb) popülasyonlarının artması (Jamroz ve ark., 2005; Lan ve ark., 2005), antioksidan ve antiinflamatuar özellikleri nedeniyle bağırsak morfolojisindeki (emilim yüzeyi, villus:kript oranı) iyileşmeler (Cardoso ve ark., 2012; Khalaji ve ark., 2011; Amad ve ark., 2013; Miguel, 2010), sindirim salgılarının (safra ve mukus) (Platel ve Srinivasan, 2004; Jamroz ve ark., 2006) ve enzim aktivitelerinin (pepsin, tripsin, kimotripsin, karboksipeptidaz, lipaz) artması (Jamroz ve ark., 2005; Costa ve ark., 2013) ve fermantasyon ürünlerinin (azot salınımı gibi) azalması (Varel, 2001) ile ilişkilendirilmektedir.

Miguel (2010) esans yağların antioksidan ve antiinflamatuar etkilerinin gıda ve kozmetik endüstrileri kadar sağlık açısından da önemli olduğunu ifade etmiştir. Grigore (2017) fenolik bileşiklerin antioksidan, antiinflamatuar ve immünomodülatör özellikleri arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir. Nitekim, Sadlon ve ark.

(2010) *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) yağındaki antimikrobiyal özellikteki maddelerin immünite uyarıcı, antiinflamatuar, antioksidan, analjezik ve spazmolitik etkilere sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Vitamin C, karotenoidler ve flavonoidler bakımından zengin aromatik bitkiler immün sistem üzerinde etkilidirler (Craig, 1999). Fenolik bileşiklerin antiinflamatuar etkisi büyük ölçüde inflamasyon sürecini kısaltan prostaglandinler ve nitrik oksit üretimini baskılayıcı rolü ile ilişkilidir (Hussain ve ark., 2016). Bu bileşiklerin immünite üzerindeki temel etki şekli immünoglobulin üretmek, sitokin salgılamak, fagositozu artırmak ve interferon-γ salınımını desteklemektir (Craig, 1999; Christaki ve ark., 2020). Polifenoller, mononükleer hücreleri aktif hale getirebilir ve MAPK (mitojenle aktive olan protein kinaz) ve NF-κB (nükleer faktör κB) sinyal yollarını etkileyerek fagositik yanıtı artırabilirler (Fürst ve Zündorf, 2014). Fenolik bileşikler, piliçlerde duodenal fonksiyonu ve besin emilimini artırarak immün sistemi ve büyümeyi desteklerler (Adaszyńska-Skwirzyńska ve Szczerbińska, 2017; Sheoran ve ark., 2017). Polifenoller, immünoglobulinleri uyararak ve proinflamatuar sitokinlerin salgılanmasını engelleyerek tek mideli hayvanların bağırsak sağlığını ve bağışıklığını iyileştirebilirler (Lipiński ve ark., 2017). Ayrıca, fenolik bileşikler, inflamasyonu azaltan antioksidan enzimlerin ekspresyonunu artırabilirler (Rubió ve ark., 2013).

Bazı aromatik bitkilerden elde edilen esans yağların immünomodülatör etkilerine ilişkin aşağıda bilgi verilmiştir.

Allium sativum (Sarımsak)

Alliaceae familyasına dâhil olan sarımsak antibakteriyel, antifungal, antiviral, antioksidan, antiinflamatuar, antiparaziter, antiprotozoal, immünomodülatör vb. biyolojik etkilere sahiptir (Rehman ve Munir, 2015). Sarımsak 200'den fazla kimyasal bileşik içermekte olup bunların en önemlilerinden bazıları kükürt ihtiva eden bileşiklerden (allicin, alliin ve ajoene) oluşan uçucu yağlar ve enzimler (allinase, myrosinase vb.), karbonhidratlar (sakkaroz, glikoz), mineraller, aminoasitler, A, B_1, B_2, Niasin ve C vitaminidir (Baytop, 1999). Sarımsak esans yağının temel aktif bileşenleri 2 propenyl thioacetonitril, trisulfide di-2-propenyl, disulfide, di-2-propenyl, trisulfide methyl 2-propenyl ve diallyl tetrasulphide olarak belirtilmektedir (Dieumou ve ark., 2009; Kırkpınar ve ark., 2011).

Sarımsağın terapötik etkisi kükürlü bileşiklerden thiosulfinate'lar ile ilişkilendirilmektedir (Calvo-Gómeza ve ark., 2004; Lanzotti, 2006). Elmowalid ve ark. (2019) yeme taze sarımsak suyu ilavesinin *E. coli O78* ile infekte edilmiş etlik piliçlerde fagositik kapasiteyi ve bakteriyosidal aktiviteyi artırarak ve nitrik oksit üretimini azaltarak doğal immün yanıtı modüle ettiğini belirtmişlerdir. Etlik piliç yemlerine 100 veya 200 mg/kg sarımsak esans yağı ilave eden Abd El-Latif ve ark. (2013) fagositik aktivite ve fagositik indeks değerlerinin yükseldiğini belirlemişler, ancak Newcastle Hastalığı'na (ND) ve İnfeksiyöz Bursal Hastalığı'na (IBD) karşı antikor titrelerinin ve Bursa fabricius ile dalak oransal değerlerinin önemli düzeyde değişmediğini belirtmişlerdir. Rahimi ve ark. (2011) ise %0.1

sarımsak su ekstraktı ilaveli yemlerle beslenen etlik piliçlerde SRBC'ye karşı antikor yanıtının 27.günde önemli düzeyde ve 36.günde nispeten arttığını, Bursa fabricius oransal değerinin önemli düzeyde yükseldiğini, fakat ND'ye karşı antikor üretiminde ve dalak oransal değerinde önemli farklılıklar oluşmadığını belirlemişlerdir. İçme suyuna ilk 3 hafta 5 g/L sarımsak su ekstraktı ilavesi yapan Garba ve ark. (2013) etlik piliçlerde ND'ye karşı serum antikor titresinin arttığını ve sarımsak esans yağının immünomodülatör etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Oregano sp. ve Thyme sp. (Kekik)

Lamiaceae familyasına dâhil olan kekik antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuar, antiparaziter, immünomodülatör vb. biyolojik etkilere sahiptir (Alagawany ve ark., 2018). Kekik esans yağının temel aktif bileşenleri carvacrol ve thymol'dür (Yanishlieva ve ark., 1999).

Kekik esans yağını etlik piliç yemine 300 mg/kg ilave eden Mohiti-Aslı ve Ghanaatparast-Rashti (2017) serum toplam antikor ve IgG düzeylerinin arttığını ve 500 mg/kg ekleyen Placha ve ark. (2014) duodenal mukozada IgA konsantrasyonunun yükseldiğini ve kan polimorfonükleer hücrelerin fagositik aktivitesinin uyarıldığını saptamışlardır.

Zhang ve ark. (2021) 200 mg/kg doğal ve sentetik kekik esans yağı ilaveli yemlerle beslenen etlik piliçlerde duodenum ve jejunumda sIgA (salgısal IgA) içeriğinin önemli düzeyde arttığını belirlemişlerdir. Etlik piliçlerin beslenmesinde farklı cins kekiklerden

elde edilen esans yağı karışımını kapsüle ederek kullanan Heydarian ve ark. (2020) humoral immünitenin arttığını ve eşit oranda thymol ve carvacrol'den oluşan bir karışımı uygulayan Hashemipour ve ark. (2013) ise hem humoral ve hem de hücresel immün yanıtın iyileştiğini bildirmişlerdir.

Du ve ark. (2016) *Clostridium perfringens* bulaştırılmış erkek etlik piliçlerin ileumunda Klaudin-1 ve Okludin proteinlerinin ekspresyonunun azaldığını ve yeme %25 thymol ve %25 carvacrol içeren esans yağı ilavesinin Okludin gen ekspresyonunda linear bir artış eğilimi oluşturduğunu bildirmişlerdir. Yavaş gelişen etlik dişi kekliklerin (Qingyuan) yemine 150 mg/kg kekik esans yağı ilavesi yapan Ruan ve ark. (2021) ileumda Klaudin-1, Musin-2 ve kanatlı Beta-defensin-1 genlerinin ekspresyonlarının arttığını saptamışlardır. Araştırıcılar, kekik esans yağı ilavesini 300 mg/kg'a yükselttiklerinde plazma IgG düzeyinin arttığını ve ileal mukozal TNF-α (tümör nekroz faktörü-α) içeriğinin azaldığını (inflamatuar sitokinlerinlerin bağırsak ekspresyonunun aşağı-regülasyonu) gözlemlemişler ve bu bulguları kekik esans yağının antiinflamatuar özelliği ile ilişkilendirmişlerdir. Diğer yandan, et tipi ördekleri (Cherry Valley) 100 mg/kg kekik esans yağı içeren yemlerle besleyen Ding ve ark. (2020) jejunumda sIgA ve ZO-3 (zonula okludens-3) m-RNA ekspresyonunun önemli düzeyde azaldığını belirlemişlerdir.

Cinnamomum zeylanicum (Tarçın)

Lauraceae familyasına ait olan tarçının kabuğundan üretilen esans yağının temel bileşenleri (E)-cinnamaldhyde, benzaldehyde, (E)-cinnamyl acetate, limonene ve eugenol'dür (Ünlü ve ark., 2010). Tıpta ve aromaterapide yaygın olarak kullanılan tarçın esans yağının antioksidan, antibakteriyal ve antifungal etkileri belirlenmiştir (Behbahani ve ark., 2020). Yeme ilave edilen tarçın esans yağının etlik piliçlerde fagositik aktivite ve indeksini artırdığını belirleyen Faix ve ark. (2009) tarçın esans yağının immünostimülatör etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Eucalyptus globulus (Okaliptüs)

Myrtaceae familyasından okaliptüs birçok biyolojik etkiye (antioksidan, antibakteriyal, antiviral, antifungal, antiinflamatuar, immünomodülator, insektisit vb.) sahiptir (Sadlon ve Lamson, 2010; Göger ve ark., 2020). Okaliptüs esans yağının temel bileşeni 1,8-cineole'dir (Göger ve ark., 2020). Etlik piliçlerde 7-42.günler arasında yeme okaliptüs esans yağı (250 veya 500 mg/kg) ilave eden Farhadi ve ark. (2017) SRBC'ye karşı birincil antikor (IgM) üretiminin önemli düzeyde arttığını, ancak aynı etkinin ikincil antikor üretiminde saptanamadığını ve ND'ye karşı antikor üretiminde bir farklılık oluşmadığını bildirmişlerdir.

Esans Yağ Karışımları

Aromatik bitkilerin yapısındaki biyoaktif bileşenlerin çeşidi ve düzeyi bitki türüne göre değişmektedir. Bu durum bitkisel ürünlerin fonksiyonlarında ve etkinliğinde farklılıklar oluşturmaktadır. Bu perspektifte, bitkisel ürünlerin etkinliklerinin iyileştirilmesi amacıyla farklı bitki türleri veya biyoaktif bileşenlerden oluşan karışımlar hazırlanmaktadır.

Priyanka ve ark. (2018) etlik piliçlerin yemine 100 mg/kg sarımsak ve 100 mg/kg neem (*Azardiranchta indica*) esans yağını birlikte ilave ettiklerinde Ranikhet hastalığına karşı antikor titresinin yükseldiğini saptamışlardır. ND, infeksiyöz bronşit (IB) ve IBD hastalığına karşı aşılanmış ve içme suyuna 150 ve 200 ppm/gün kekik, nane (*Mentha piperita* L.) ve okaliptüs esans yağları karışımı (40:40:20) ilavesi yapılmış erkek piliçlerde serum antikor titreleri önemli düzeyde yükselmiştir (Hesabi ve ark., 2019). Yumurta tavukları ile yürütülen bir başka çalışmada kekik, nane, biberiye ve dereotu esans yağları karışımı (200 mg/kg yem) kullanılmış ve ND ile SRBC'ye karşı antikor yanıtların iyileştiği belirlenmiştir (Mousavi ve ark., 2018). Elde edilen bu sonuçlar, kullanılan esans yağların immünostimülatör (Hesabi ve ark., 2019) ve antioksidan (Hesabi ve ark., 2019; Mousavi ve ark., 2018) etkileri ve sistemik lenfosit oranlarını arttırması (Mousavi ve ark., 2018) ile ilişkilendirilmiştir.

Abdelnaser ve ark. (2019) kekik, anason ve narenciye kabuğu esans yağlarının ND, IB, AI ve IBD'ye karşı aşılanmış ve *Eimeria spp.+C.*

perfringens bulaştırılmış etlik piliçlerde dalak oransal değerini nispeten ve IBD'ya karşı antikor seviyesini önemli düzeyde artırdığını, ancak Bursa fabricius ve timus oransal değerlerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Buna karşın, Awaad ve ark. (2010) ND ve AI hastalıklarına karşı aşılanmış etlik piliçlerin içme suyuna saponin ile okaliptüs ve nane aromatik yağları içeren bir ticari ürünü ilave ettiklerinde serum antikor titresinin, Bursa fabricius oransal değerinin, fagositik aktivitenin ve serum nitrik oksit düzeyinin önemli düzeyde arttığını belirlemişler ve kullanılan esans yağların hem hücre aracılı hem de humoral bağışıklık yanıtını etkilediğini dolayısıyla immünomodülator etkiye sahip olduklarını bildirmişlerdir.

SONUÇ

Kümes hayvanlarında immün sistem hastalık direncini, verim performansını, hayvanın refahını, üretimde kârlılığı ve insan sağlığını etkilemektedir. Dolayısıyla, optimum immün sistem gelişimi hayati önem taşımaktadır. Güçlü bir immün sistem ise yeterli ve dengeli beslenme ile mümkündür. Bununla birlikte, günümüzde immün sistem gelişimini ve homeostazisini desteklemek için çeşitli doğal ve sentetik immünomodülatörlerin kullanımı önerilmektedir. Bu yaklaşım özellikle virüslerden kaynaklanan hastalıklara karşı immün sistemi güçlü tutmak açısından önemlidir.

Esans yağlar multifonksiyonel ürünlerdir ve bu özellikleri immünomodülasyonda avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, doğa dostu olan bu bitkisel ürünler gıdalarda minimum kalıntı riskine yol

açmaları nedeniyle organik üretimde tercih edilmektedirler. Ancak, esans yağların uçucu özellikte olmaları ve etken madde miktarlarında standardizasyonun sağlanamaması nedeniyle uygulamada etkinlik düzeyleri ve etki sürelerine ilişkin sorunlar yaşanmaktadır. Bu problemler, biyoaktif bileşenler izole edilerek ve mikroenkapsülasyon tekniği uygulanarak aşılabilir. Bunların yanı sıra, ticari esans yağ preperatlarının etkinlik düzeyini artırmak veya kullanım dozunu azaltmak için biyoaktif bileşenler arasındaki sinerjik etkilerden de yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

Abd El-Latif, A.S., Saleh, N.S., Allam, T.S., Ghazy, E.W. (2013). The Effects of Rosemary (Rosemarinus afficinalis) and Garlic (Allium sativum) Essential Oils on Performance, Hematological, Biochemical and Immunological parameters of Broiler Chickens. British Journal of Poultry Sciences. Vol. 2, No. 2, pp. 16-24.

Abdelnaser, A. H. T., Moustafa, M.M.A., Abd El-Haleem, M.I. (2019). Effect of using synbiotics and essential oils on performance parameters and immune response of necrotic enteritis challenged broiler chicks. Benha Veterinary Medical Journal. Vol. 36, No. 2, pp. 373-380.

Adaszyńska-Skwirzyńska, M., Szczerbińska, D. (2017). Use of essential oils in broiler chicken production-a-review. Annals of Animal Science. Vol. 17, No. 2, pp.317–335.

Agarwal, S.S., Singh, V.K. (1999). Immunomodulators: A review of studies on Indian medicinal plants and synthetics peptides. Part1: Medicinal plants. Proceedings of the Indian National Science Academy-Part B: Biological Sciences, B65. pp.179-204.

Ahmed, S.T., Hossain, M.E., Kim, G.M., Hwang, J.A., Ji, H., Yang, C.J. (2013). Effects of resveratrol and essential oils on growth performance, immunity, digestibility and microbial shedding in challenged piglets. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. Vol. 26, No.5, pp. 683-690.

Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E. (2021). An overview of natural feed additive alternatives to AGPs. In Natural Feed Additives Used in the Poultry Industry. Edited: M. Alagawany & M.E. Abd El-Hack. Published by Bentham Science Publishers Pte. Ltd. Singapore. ISBN (Online): 978-981-14-8845-0, pp.1-2.

Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E., Farag, M.R., Shaheen, H.M., Abdel-Latif, M.A., Noreldin, A.E., Patra, A.K. (2018). The usefulness of oregano and its derivatives in poultry nutrition. World's Poultry Science Journal. Vol. 74, No. 3, pp.463-474.

Amad, A.A., Wendler, K.R., Zentek, J. (2013). Effects of a phytogenic feed additive on growth performance, selected blood criteria and jejunal morphology in broiler chickens. Emirates Journal of Food and Agriculture. Vol. 25, No.7, pp. 549-554.

Awaad, M.H.H., Abdel-Alim, G.A., Sayed, K.S.S., Kawkab, Ahmed, A., Nada, A.A., Metwalli, A.S.Z., Alkhalaf, A.N. (2010). Immunostimulant effects of essential oils of peppermint and eucalytus in chickens. Pakistan Veterinary journal Journal, Vol 30, No 2, pp. 61-66.

Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkilerle Tedavi. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, ISBN No: 9754200211

Bayyari, G.R., Huff, W.E., Rath, N.C., Balog, J.M., Newberry, L.A., Villines, J.D., Skeeles, J.K., Anthony, N B., Nestor, K.E (1997). Effect of the genetic selection of turkeys for increased body weight and egg production on immune and physiological responses. Poultry Science. Vol. 76, No. 2, pp.289-296.

Behbahani, B.A., Falah, F., Arab, F.L., Vasiee, M., Yazdi, F.T. (2020). Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Vol. 2, pp.1-8.

Blecha, F. (1988). Immunomodulation: a means of disease prevention in stressed livestock. Journal of Animal Science, Vol., 66, No. 8, pp. 2084-2090.

Calvo-Gómeza, O., Morales-López, J., López, M. (2004). Solid-phase microextraction–gas chromatographic–mass spectrometric analysis of garlic oil obtained by hydrodistillation. Journal of Chromatograph A. Vol. 1036, No. 1, pp. 91-93.

Cardoso, V.D.S, Lima, C.A.R.D., Lima, M.E.F.D., Dorneles, L.E.G., Danelli, M.D.G.M. (2012). Piperine as a phytogenic additive in broiler diets. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Vol. 47, No. 4, pp. 489-96.

Cheema, M.A., Qureshi, M.A., Havenstein, G.B. (2003). A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 Randombred

broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. Poultry Science. Vol. 82, No. 10, pp.1519-1529.

Christaki, E., Giannenas, I., Bonos, E., Florou-Paneri, P. (2020) Innovative uses of aromatic plants as natural supplements in nutrition. In: Feed Additives. Edited: Florou-Paneri, P., Christaki, E., Giannenas, I. London, Academic Press. pp. 19-34. ISBN: 978-0-12-814700-9.

Costa, L.B., Luciano, F.B., Miyada, V.S., Gois, F.D. (2013). Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets. South African Journal of Animal Science. Vol. 43, No. 2, pp. 181-193.

Craig, W.J. (1999). Health-promoting properties of common herbs. American Journal of Clinical Nutritrion. Vol. 70, No. 3, pp. 491-499

Das, D., Roul, A.K., Muduli, S., Nath, S., Sabat, G.P. (2020). Immunomodulation in poultry. The Pharma Innovation Journal. Vol. 9, No. 9, pp. 467-472.

Dhama, K., Saminathan, M., Jacob, S.S., Singh, M., Karthik K, Amarpal, Tiwari, R., Sunkara, L.T., Malik, Y.S., Singh, R.K. (2015). Effect of immunomodulation and immunomodulatory agents on health with some bioactive principles, modes of action and potent biomedical applications. International Journal of Pharmacology, Vol. 11, No. 4, pp. 253-290.

Dieumou, F.E., Teguia, A., Kuiate, J.R., Tamokou, J.D. , Fonge, N.B., Dongmo, M.C. (2009). Effects of ginger (*Zingiber officinale*) and garlic (*Allium sativum*) essential oils on growth performance and gut microbial population of broiler chickens. Livestock Research for Rural Development. Vol. 21, No. 8, 9p.

Ding, X., Wu, X., Zhang, K., Bai, S., Wang, J., Peng, H., Xuan, Y., Su, Z., Zeng, Q. (2020). Dietary supplement of essential oil from oregano affects growth performance, nutrient utilization, intestinal morphology and antioxidant ability in Pekin ducks. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol., 104, pp.1067-1074.

Du, E., Wang, W., Gan, L., Li, Z., Guo, S., Guo, T. (2016). Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of

broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. Journal of Animal Science and Biotechnology. 7:19.

Elmowalid, G.A., Abd El-Hamid, M.I., Abd El-Wahab, A.M., Atta, M., El-Naser, G.A., Attia, A.M. (2019). Garlic and ginger extracts modulated broiler chicks innate immune responses and enhanced multidrug resistant Escherichia coli O78 clearance. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 66:101334.

Emmerson, D.A. (1997). Commercial approaches to genetic selection for growth and feed conversion in domestics poultry. Poultry Science, Vol. 76, No. 8, pp. 1121-1125.

Faix, S., Faixová, Z., Plachá, I., Koppel, J. (2009). Effect of *Cinnamomum zeylanicum* Essential Oil on Antioxidative Status in Broiler Chickens. Acta Veterinaria Brno. Vol. 78, No. 3, pp. 411-417.

Farhadi, D., Karimi, A., Sadeghi, G., Sheikhahmadi, A., Habibian, M., Raei, A., Sobhani, K. (2017). Effects of using eucalyptus (*Eucalyptus globulus* L.) leaf powder and its essential oil on growth performance and immune response of broiler chickens. Iranian Journal of Veterinary Research. Vol.18, No.1, pp.60-62.

Fürst, R., Zündorf, I. (2014). Plant-derived ant-inflammatory compounds: hopes and disappointments regarding the translation of preclinical knowledge into clinical progress. Mediators of Inflammation. doi.org/10.1155/2014/146832, 9p.

Galeotti, M. (1998). Some aspects of the application of immunostimulants and a critical review of methods for their evaluation. Journal of Applied Ichthyology. Vol, 14, No. 3-4, 189-199, 1998

Gallois M., Oswald I.P. (2008). Immunomodulators as efficient alternatives to in-feed antimicrobials in pig production. Archiva Zootechnica. Vol. 11, No. 3, pp. 15-32.

Garbaa, S., Merab, U.M., Garbab, H.S., Musac, U., Jimohd, A.A., Rajie, A.A. (2013). Effect of garlic and neem leaf aqueous extracts on immune response

of broilers to live Newcastle disease vaccine. Scientific Journal of Veterinary Advances. Vol. 2, No. 2, pp.16-20.

Göger, G., Karaca, N., Altınbaşak, B.B., Demirci, B., Demirci, F. (2020). In vitro antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory evaluation of *Eucalyptus globulus* essential oil. Natural Volatiles & Essential Oils. Vol. 7, No. 3, pp. 1-11.

Grigore, A. (2017). Plant phenolic compounds as immunomodulatory agents. In: Phenolic Compounds-Biological Activity. Edited: Soto-Hernandez, M., PalmaTenango, M., del Rosario Garcia-Mateos, M. London, IntechOpen. pp. 75-98.

Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., Veldkamp, T. (2013). Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. Poultry Science. Vol.92, No.8, pp.2059-2069.

Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Scheideler, S.E., Larson, B.T. (1994). Growth, livability and feed conversion of 1991 vs. 1957 broilers when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets. Poultry Science. Vol. 73, No. 12, pp.1785–1794.

Hesabi N.A., Edalatian, O., Bakhshalinejad, R. (2019). Effects of a blend of thyme, peppermint and eucalyptus essential oils on growth performance, serum lipid and hepatic enzyme indices, immune response and ileal morphology and microflora in broilers. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol. 103, No. 3, pp.1388-1398.

Heydarian, M., Ebrahimnezhad, Y., Meimandipour, A. Hosseini, S.A., Banabazi, M.H. (2020). Effects of dietary inclusion of the encapsulated thyme and oregano essential oils mixture and probiotic on growth performance, immune response and intestinal morphology of broiler chickens. Poultry Science Journal. Vol. 8, No. 1, pp. 17-25.

Huff, G.R., Huff, W.E., Balog, J.M., Rath, N.C., Anthony, N. B., Nestor, K. E. (2005). Stress response differences and disease susceptibility reflected by

heterophil to lymphocyte ratio in turkeys selected for increased body weight. Poultry Science. Vol. 84, No.5, pp. 709-717.

Hussain, T., Tan, B., Yin, Y., Blachier, F., Tossou, M.C. B., Rahu, N. (2016). Oxidative Stress and Inflammation: What Polyphenols Can Do for Us? Oxidative Medicine and Cellular Longevity. doi.org/10.1155/2016/7432797 ID 7432797, 9 p.

Jamroz, D., Wertelecki, T., Houszka, M., Kamel, C. (2006). Influence of diet type on the inclusion of herbal origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol. 90, No. 5-6, pp. 255-268.

Jamroz, D., Wiliczkiewicz, A., Wertelecki, T., Orda, J., Skorupinska, J. (2005). Use of active substances of herbal origin in chicken diets based on maize and domestic grains. British Poultry Science. Vol.46, No. 4, pp. 485-493.

Khalaji, S., Zaghari, M., Hatami, K.H., Hedari-Dastjerdi, S., Lotfi, L., Nazarian, H. (2011). Black cumin seeds, Artemisia leaves (*Artemisia sieberi*), and Camellia L. plant extract as phytogenic products in broiler diets and their effects on performance, blood constituents, immunity, and cecal microbial population. Poultry Science. Vol. 90, No. 11, pp. 2500-2510.

Kırkpınar, F., Ünlü, H.B., Özdemir, G. (2011). Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcase, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. Livestock Science. Vol. 137, No.1-3, pp. 219–225.

Koenen, M.E., Boonstra-Blom, A.G., Jeurissen. S.H.M. (2002). Immunological differences between layer- and broiler-type chickens. Veterinary Immunology and Immunopathology. Vol. 89, No.1-2, pp.47-56.

Lan, Y., Verstegen, M.W.A., Tamminga, S., Williams, B.A. (2005). The role of the commensal gut microbial community in broiler chickens. World's Poultry Science Journal. Vol. 61, No. 1, pp. 95-104.

Lanzotti, V. (2006). The analysis of onion and garlic. Journal of Chromatograph A. Vol. 1112, No. 1-2, pp.3-22.

Leshchinsky, T.V., Klasing. K.C. (2001). Divergence of the inflammatory response in two types of chickens. Developmental and Comparative Immunology. Vol. 25, No. 7, pp. 629-638.

Lipiński, K., Mazur, M., Antoszkiewicz, Z., Purwin, C. (2017). Polyphenols in monogastric nutrition-A review. Annals of Animal Science. Vol. 17, No. 1, pp. 41-58.

Mehana, E.E., Rahmani, A.H., Aly, S.M., (2015). Immunostimulants and Fish Culture: An Overview. Annual Research & Review in Biology. Vol. 5, No. 6, pp:477-489.

Miguel, M.G. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. Molecules. Vol. 15, No. 12, pp. 9252-9287.

Mohiti-Asli, M., M. Ghanaatparast-Rashti. (2017). Comparison of the effect of two phytogenic compounds on growth performance and immune response of broilers. Journal Applied Animal Research. Vol. 45, No. 1, pp.603–608.

Mousavi, A., Mahdavi, A.H., Riasi, A., Soltani-Ghombavani, M. (2018). Efficacy of essential oils combination on performance, ileal bacterial counts, intestinal histology and immunocompetence of laying hens fed alternative lipid sources. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. Vol. 102, No. 5 pp.1245–56.

Pinard, M.H., Siegel, P.B., Lamont, S.J., (1998). Lessons from selection experiments on immune response in the chicken. Poultry and Avian Biology Reviews. Vol., 9, No. 4, pp. 125-141.

Placha, I., Takacova, J., Ryzner, M., Cobanova, K., Laukova, A., Strompfova, V., Venglovska, K., Faix, S. (2014). Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers. British Poultry Science. Vol.55, No.1, pp.105–114.

Platel, K., Srinivasan, K. (2004). Digestive stimulant action of spices: A myth or reality? Indian Journal of Medical Research. Vol.119, No. 5, pp. 167-179.

Priyanka, K., Dhumal, M. V., Nikam, M. G. (2018). Effect of supplementation of essential oilson performance of broiler, meat quality and immune status. International Journal of Livestock Research, Vol. 8 No.9, pp. 338-353.

Puri, A., Saxena, R., Saxena, R. P., Saxena, K. C., Srivastava, V., and Tandon, J. S. (1994). Immunostimulant activity of *Nyctanthes arbor-tristis* L. Journal of Ethnopharmacology. Vol. 42, No. 1, pp.31-37.

Qureshi, M.A., Havenstein, G.B. (1994). A comparison of the immune performance of a 1991 commercial broiler with a 1957 random bred strain when fed "typical" 1957 and 1991 broiler diets, Poultry Science. Vol. 73, No. 12, 1805-1812.

Rahimi, S., Teymouri Zadeh, Z., Karimi Torshizi, M.A., Omidbaigi, R., Rokni, H. (2011). Effect of the three herbal extracts on growth performance, immune system, blood factors and intestinal selected bacterial population in broiler chickens. Journal of Agricultural Science and Technology. Vol.13, No.4, pp.527-539.

Rehman, Z.U., Munir, M.T. (2015). Effect of garlic on the health and performance of broilers. Veterinaria. Vol. 3, No. 1, pp. 32-39.

Ruan, D., Fan, Q., Fouad, A.M., Sun, Y., Huang, S., Wu, A., Lin, C., Kuang, Z., Zhang, C., Jiang, S. (2021). Effects of dietary oregano essential oil supplementation on growth performance, intestinal antioxidative capacity, immunity, and intestinal microbiota in yellow-feathered chickens. Journal of Animal Science. Vol. 99, No. 2, pp. 1-11.

Rubió, L., Motilva, M-J., Romero, M-P. (2013). Recent advances in biologically active compounds in herbs and spices: a review of the most effective antioxidant and anti-inflammatory active principles. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Vol. 53, No. 9, pp. 943-953.

Sadlon, A.E., Lamson, D.W. (2010). Immune-modifying and antimicrobial effects of Eucalyptus oil and simple inhalation devices. Alternative Medicine Review. Vol. 15, No. 1, pp.33-47.

Sheoran, N., Kumar, R., Kumar, A., Batra, K., Sihag, S., Maan, S., Maan, N.S. (2017). Nutrigenomic evaluation of garlic (*Allium sativum*) and holy basil (*Ocimum sanctum*) leaf powder supplementation on growth performance and immune characteristics in broilers. Veterinary World. Vol. 10, No. 1, pp. 121-129.

Ünlü, M., Ergene, E., Vardar-Unlü, G., SivasZeytinoglu, H., Vural, N. (2010). Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume (*Lauraceae*). Food and Chemical Toxicology. Vol. 48, No. 11, pp. 3274- 3280.

Varel, V.H., Miller, D.N. (2001). Plant-derived oils reduce pathogens and gaseous emissions from stored cattle waste. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 67, No. 3, pp. 1366–1370.

World Health Organisation (WHO) (2021): Cumulative number of confirmed human cases for avian influenza A(H5N1) reported to WHO, 2003-2021. https://www.who.int/publications/m/item/ cumulative-number-of-confirmed-human-cases-for-avian-influenza-a(h5n1)-reported-to-who-2003-2021-22-june-2021

Yanishlieva, N. V., E. M. Marinova, M. H. Gordon, and V. G. Raneva. (1999). Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. Food Chemistry. Vol. 64, No.1, pp. 59-66.

Yunis, R., Ben-David, A., Heller, E.D., Cahaner, A. (2000). Immunocompetence and viability under commercial conditions of broiler groups differing in growth rate and in antibody response to *Escherichia coli* vaccine. Poultry Science. Vol. 79, No.6, pp. 810-816.

Zekarias, B., Ter Huurne, A.A., Landman ,W.J., Rebel, J.M., Pol, J.M., Gruys, E. (2002). Immunological basis of differences in disease resistance in the chicken. Veterinary Research, Vol. 33, No.2, pp.109-125.

Zhang, L.Y., Peng, Q.Y., Liu, Y.R., Ma, Q.G., Zhang, J.Y., Guo, Y.P., Xue, Z., Zhao, L.H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. Poultry Science. Vol. 100, No.7, 101163.

BÖLÜM 10

ESANS YAĞLARIN KÜMES HAYVANLARINDA YUMURTA KALİTESİ VE KULUÇKA PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Figen KIRKPINAR[1]

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ[2]

[1] Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, İzmir, TÜRKİYE, ORCID: 0000-0002-2018-755X e-posta: figen.kirkpinar@ege.edu.tr

[2] Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, İzmir, TÜRKİYE, ORCID: 0000-0001-5517-4153 e-posta: zumrut.acikgoz@ege.edu.tr

GİRİŞ

Fitojenik katkı maddeleri arasında yer alan esans yağlar aromatik bitkisel kaynaklardan su ve sulu alkol çözeltileri kullanılarak buharlı distilasyon işlemiyle veya sıvı karbondioksit altında basınçla ya da solvent ektraksiyon yöntemiyle elde edilen, kimyasal yapıları ve konsantrasyonları oldukça farklılık gösteren kompleks bileşiklerdir (Losa, 2001; Packiyasothy ve Kyle, 2002).

Doğada yetişen 300'e yakın bitki familyasının yaklaşık üçte biri esans yağ içermektedir. En fazla esans yağ içeren familyalar ise *Apiaceae (Umbelliferae), Asteraceae,(Compositae), Brussicaceae, Chenopodiaceae, Irridaceae, Laminaceae (Labiatae), Laureceae, Myrtaceae, Pinaceae, Piperaceae, Ramunculaceae, Rutaceae, Zingiberaceae* ve *Verbenaceae*'dir. Bu familyalar içerisinde yer alan aromatik bitkilerin içermiş olduğu esans yağların antiseptik, antioksidan, antiinflamatuvar, antiviral, antibakteriyal, antiparaziter, antifungal, antitoksijenik, insektisidal, antitoksijenik, iştah artırıcı, sindirimi uyarıcı ve destekleyici, sindirim enzimlerinin etkinliğini artırıcı birçok etkileri mevcuttur ve multifonksiyoneldirler. Ayrıca gıdaların korunmasında potansiyel olarak etkili oldukları bilinmektedir (Akgül ve ark., 1991; Karpouhtsis ve ark., 1998; Kamel, 2000; Pandey ve ark., 2000; Ultee ve ark., 2001; Juglal ve ark., 2002; Pessoa ve ark., 2002; García ve ark., 2003; Matan ve ark., 2006; Sukutta ve ark., 2008; Reichling ve ark., 2009; Soycan-Önenç ve ark, 2016).

Uçucu özellikte, oda sıcaklığında sıvı halde, kolay kristalleşebilen, yağlı yapıda ve aromatik bileşikler halinde bulunan (Burt, 2004) esans yağlar, yapısal olarak nitrojensiz hidrokarbonlar olarak bilinen (Acamovic ve Brooker, 2005) fenilpropanoidlerin ve terpenoidlerin alkol, ester ve aldehit derivatları olarak sınıflandırılmaktadırlar (Greathead, 2003). Esans yağların aromatik bileşenlerinin çoğu hidrokarbon zincirlerinden (karbon ve hidrojen atomları) oluşur. Esans yağların büyük kısmı terpenoidlerin yapı taşı olan beş karbonlu bir molekül olan izoprenden sentezlenir ve ana bileşenleri alkoller, aldehitler, esterler, eterler, ketonlar, fenoller ve terpenler'dir. Aromatik bitkilerin yapısında bulunan monoterpenler esans yağların en yaygın koku bileşenleridir. Bu bileşikler aromatik halkalarının hidroksil gruplarındaki hidrojeni vererek besin maddelerinin serbest radikallerce okside olmalarını engellerler. Esans yağların fenolik hidroksil grubu içeren aktif bileşenlerinin etki mekanizması oksidasyonun başlangıç aşamasında üretilen peroksit radikallere hidrojen vererek sonraki aşamada hidroksi peroksit oluşumunu engellemektir (Lee ve ark., 2004). Esans yağlar sadece kimyasal yapıları bakımından değil, aynı zamanda biyosentezleri bakımından da farklılık göstermektedirler (Mathe, 2009).

Antik çağlardan beri insanların gıda olarak tükettiği yumurta mükemmel, ucuz ve hazırlanması kolay doğal bir besin kaynağıdır. Yumurta anne sütünden sonra en yararlı gıda olarak tanımlanmaktadır. İçerdiği proteinlerin biyolojik değeri tamdır, dolayısıyla diğer protein kaynaklarının değerlendirilmesinde referans olarak kullanılmaktadır.

Kanatlı kümes hayvanlarından üretilen yumurtalar, insan yiyeceği olarak (sofralık yumurta) ve civciv üretimi amacıyla (kuluçkalık yumurta) değerlendirilir. Yumurta embriyonun gelişebilmesi için gerekli tüm besin maddelerini yeterli ve dengeli biçimde içermektedir. Embriyonun korunması için yumurtadaki besin maddelerinin belirli bir eşik değerin altına düşmemesi veya toksik düzeylerde bulunmaması biyolojik ve genetik olarak garanti altına alınmıştır.

Yumurta tavuklarının verim dönemlerinde yükselen metabolizma ile artan besin madde gereksinimlerinin eksiksiz karşılanması için optimal besleme stratejilerinin uygulanması zorunludur. Kuşkusuz, yüksek performanslı yumurta tavuklarının yeterli ve dengeli beslenmesi ise enerji, protein, vitamin ve iz mineral gereksinimleri ile uyumlu ve doğru yem formülasyonlarının oluşturulmasıyla karşılanabilir.

Yemin biyokimyasal olarak performansa dönüştürüldüğü hayati bir ekosistem olan sindirim sistemi yoğun endüstriyel üretimde rekabetçi biyoçeşitlilik ortamında ve bazen zorlayıcı koşullar altında faaliyet göstermektedir. Bu yüzden, sindirim sistemininin sağlıklı tutularak işlevselliğini verimli bir seviyede sürdürmesini sağlamak önemlidir.

Yeterli enerji alımı ve kullanımı, üretim döngüsünü yüksek seviyede sürdürmek için bir ön koşuldur. Hayvanın yem alımını yemdeki enerji konsantrasyonuna göre düzenlediği bilinmektedir (Harms ve ark., 2000; Valkonen ve ark., 2008). Bununla birlikte, azaltılmış enerji alımı ve/veya kullanımı, yumurta üretiminde ve yumurta

büyüklüğünde düşüşlere neden olabilir. Nitekim yumurta üreticileri, özellikle yem fiyatlarının değişken olduğu dönemlerde, verimliliği optimize etmek için farklı besleme stratejileri arayışındadırlar. Kullanılacak uygun yem katkı maddeleri, bu hedefe ulaşılmasına yardımcı olacak potansiyel bir seçenektir (Steiner, 2006). Şüphesiz dünyada ve ülkemizde antibiyotiklerin yerine alternatif olarak sunulan fitojenik katkılar gelecekte oldukça geniş bir kullanım alanı bulacaktır. Bu yüzden, güvenilir gıda maddeleri üretiminin önem kazandığı günümüz koşullarında, fitojenik katkı maddelerinin hayvan ve insan sağlığı ile ürün kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi önemlidir.

Esans Yağların Verim Performansı, Yumurta Ağırlığı ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Son yıllarda, modern ticari yumurta tavuklarında yumurta üretimindeki artış, yem tüketimindeki azalma ve yemden yararlanmadaki iyileşme dikkate alındığında üretim performansı önemli düzeyde artmıştır. Genetik, barınma, ortam sıcaklığı, aşılama, aydınlatma, besleme gibi çeşitli faktörler yumurta üretimindeki verimliliği etkileyebilir (Alodan ve Mashaly, 1999; Amerah ve ark., 2007; Franco-Jimenez ve ark., 2007; Singh ve ark., 2009).

Yumurta, dıştan içe doğru yumurta kabuğu, yumurta akı (albümin) ve yumurta sarısı (vitellüs) olmak üzere başlıca 3 kısımdan oluşmaktadır. Farklı tür kanatlı kümes hayvanlarında üretilen yumurtaların sarı, ak ve kabuk oranları farklılık göstermektedir. Yumurta kısımlarının

kompozisyonu oldukça değişkendir. Bu kısımların ağırlığı ve içeriği tavuk yaşı, genotipi, yemleme, çevre koşulları (aydınlatma, sıcaklık vb.) ve depolama koşulları gibi birçok faktörden etkilenir. Gerek insan yiyeceği gerekse embriyonik gelişim için kullanılan yumurtalarda kalitenin belirlenmesi önemlidir. Yumurta kalitesi dış ve iç kalite özellikleri olarak sınıflandırılmaktadır. Kanatlı kümes hayvanlarından üretilen yumurtalarda yumurtanın şekli, ağırlığı, kabuk temizliği, kalınlığı, mukavemeti ve rengi dış kalite özelliklerini oluştururken, hava kesesinin durumu, sarı rengi ve indeksi, ak indeksi ve yüksekliği (Haugh birimi), ak asitlik derecesi ve köpürme özelliği, et ve kan lekeleri ise iç kalite özelliklerini oluşturmaktadır. Yumurta tavuklarına uygulanan besleme düzeyi ve niteliği, yumurta ağırlığını, kabuk, ak ve sarı kalitesini etkilemektedir.

Esans yağların yumurtacı tavuklar üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar son yıllarda artış göstermekle birlikte etlik piliçlerle yapılan çalışmalara göre daha azdır. Esans yağların yumurta tavuklarında kullanılmasının olumlu sonuçlarını bildiren çalışmalar yanında herhangi bir etkisinin olmadığını belirten çalışma sonuçlarına da rastlanmaktadır.

Florou-Paneri ve ark. (2005) 32 haftalık yumurta tavukları ile yaptıkları çalışmalarında yeme 50 ve 100 mg/kg düzeylerinde kekik esans yağı (Orego-Stim ticari adı ile %5 O*riganum vulgare* subsp. *hirtum* esans yağı %95 doğal inert taşıyıcı içerir) ilavesinin performans ve yumurta kalitesi (yumurta ağırlığı, şekil indeksi, sarı

çapı, yüksekliği ve rengi, Haugh birimi ve kabuk kalınlığı) üzerine olumlu bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Bölükbaşı ve ark. (2008) 24 haftalık Lohman-LSL yumurta tavuklarının yemlerine 200 mg/kg düzeyinde ilave ettikleri kekik, adaçayı veya biberiye esans yağları (kullanılan esans yağların içerikleri belirtilmemiştir) ile yaptıkları çalışmalarında yem tüketimi, yemden yararlanma oranı ve yumurta sarısı oranı azalırken, kabuk oranı artmıştır. Kekik ve biberiye yağı ile beslenen tavuklarda önemli ölçüde daha düşük Haugh birimi saptanmıştır.

Nichol ve Steiner (2008) ise Lohmann Brown tavukları ile yaptıkları çalışmalarında kekik, anason ve turunçgillerden elde edilen esans yağları ve bunların aktif bileşenlerinden oluşan enkapsüle ticari bir katkının (Digestarom® P.E.P., kekik yağı (*Origanum* sp.), anason yağı (*Pimpinella anisum*), narenciye kabuğu yağı (*Citrus* sp.) karışımı) kabuk kalınlığı önemli ölçüde arttığını (0.416 mm'den 0.478 mm'ye) belirlemişlerdir.

Yumurta tavuklarının (70 haftalık Lohman LSL) yemlerine ilave edilen çörek otu (*Nigella sativa*) esans yağının (% 28-54 thymocinene, % 7-15 p-cymene, % 6-11 carvacrol, %2–7 4-terpineol, % 0.5-3 t-anethole ve %3-5.7 linalool içeren ticari ürün) yumurta verim performansı ve yumurta kalite kriterleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, temel yeme 1.5, 2.5 ve 3.5 ml/kg çörek otu yağı ilave edilmiştir (Bölükbaşı ve ark., 2009). Araştırma sonunda yemlere katılan çörek otu esans yağının yem tüketimi, yemden yararlanma,

yumurta verimi, yumurta ağırlığı, Haugh birimi, yumurta ak, sarı ve kabuk oranları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak kabuk kalınlığını önemli derecede düşürdüğü saptanmıştır.

Bölükbaşı ve ark. (2010) diğer bir çalışmada geç dönemde (75 haftalık yaşta) Lohman LSL yumurta tavuklarında 0.5, 1.0 ve 1.5 ml/kg bergamut esans yağı (*Citrus bergamia*) (% 33 limonene, % 12 linalool, % 24 linalyl acetate içeren ticari ürürn) ilavesinin yem tüketimi, yumurta ak, sarı ve kabuk oranları ile kabuk kalınlığını etkilemediğini ancak 1.5 ml/kg bergamut esans yağı ilavesinin yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini, yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve Haugh birimini artırdığını saptamışlardır.

Çabuk ve ark. (2014), yumurtacı bıldırcınları 12 hafta boyunca karma yemlerinde adaçayı yaprağı (*Salvia triloba L.*), defne yaprağı (*Laurus nobilis L.*), kekik (*Origanum sp.*), mersin yaprağı (*Myrtus communis*), rezene tohumu (*Foeniculum vulgare*) ve narenciye kabuğundan (*Citrus sp.*) elde edilen esans yağ karışımı (24 mg/kg yem) ile besleyerek yumurta verimini incelemişlerdir. Esans yağ karışımının yumurta verimini ve yemden yararlanmayı artırdığını, yem tüketimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kalitesini etkilemediğini saptamışlardır.

Yumurtacı tavuk (32 haftalık Bovans beyaz) yemlerine 100, 200 ve 300 mg/kg biberiye uçucu yağı (*Rosmarinus officinalis* L.) ilavesi ile yumurta verimi, yumurta ağırlığı, hasarlı yumurta oranı, ölüm oranı ve yumurta kalite kriterleri (kabuk ağırlığı, kabuk kalınlığı, kabuk kırılma direnci, şekil indeksi, sarı indeksi, ak indeksi, Haugh birimi, sarı

rengi) bakımından kontrol ve deneme grupları arasında önemli bir fark bulunmamış, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı önemli düzeyde iyileşmiştir (Çimrin ve Demirel, 2016).

Ding ve ark. (2017), tarafından yapılan çalışmada yumurta tavuğu yemlerine 50, 100, 150 mg/kg ilave edilen ticari bir esans yağ karışımının (%13.5 thyoml ve %4.5 cinnamaldehyde) yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı, ak yüksekliği, Haugh birimi, sarı rengi ve kabuk dayanıklılığını etkilemediği saptanmıştır. Yumurta kabuk kalınlığı ise 65. haftada artarken 57. ve 61. haftalarda ise önemli değişim göstermemiştir.

Karadağoğlu ve ark. (2018), ticari bir esans yağ karışımını (thymol 2000, β-phellanderene 1300, limonene 3525, β-pinene 1977, linalool 3645, carvacrol 8910, anethole 10712, menthole 63750 mg/kg) 0.1, 0.2 ve 0.3 ml/L düzeyinde Brown Nick yumurta tavuklarının (20 haftalık) içme suyuna ilave etmişlerdir. Esans yağ karışımı 0.1 ml/L düzeyinde yumurta verimi ve ağırlığı ile yemden yararlanma oranını etkilemezken, 0.2 ve 0.3 ml/L düzeyinde yumurta verimi ve ağırlığı ile yemden yararlanma oranını olumlu etkilemiştir. Yem tüketimi ise tüm düzeylerde etkilenmemiştir. Yumurta kabuk kalınlığı ve sarı yüksekliği 35. haftada ve Haugh birimi 25. haftada önemli ölçüde yükselmiştir.

Torki ve ark. (2021), ticari ürünler olan 250 mg/kg lavanta (*Lavandula angustifolia*) (%, limonene 1.81, 1,8-cineole 27.9, campher 7.24, linalool 30.4, linalyl acetate 1.26, terpinen−4-ol 0.420) ve nane

(*Mentha spicata*) (%, 1,8-cineole 1.26, limonene 28.1 menthol 2.24, pulegone 1.58, carvone 55.8, menthone 0.310) esans yağları ile bunların karışımını (250+250 mg/kg) kullandıkları çalışmalarında söz konusu esans yağların yumurta ağırlığı ve indeksi, sarı indeksi ve rengi, kabuk ağırlığı ve kalınlığı ile Haugh birimini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Mousavi ve ark. (2017) 40 hafta yaşında Hy-Line W36 Leghorn tavuklarını 100 ve 200 mg/kg esans yağ karışımı [(kekik (*Thymus vulgaris*), nane (*Mentha piperita*), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), dereotu (*Anethum graveolens*)] içeren yemlerle beslemişlerdir. Esans yağ ilavesi şekil indeksini, sarı indeksi ve rengini, Haugh birimini etkilememiştir. Kabuk ağırlığı, kalınlığı ve dayanıklılığı ise 200 mg/kg düzeyinde uzayan tüketim süresiyle artış göstermiştir.

Esans yağların yumurtacı tavukların performansı ve yumurta ağırlığı üzerine etkilerini inceleyen bazı çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde kullanılan preparatların bileşimleri, fiziksel formları, aktif maddelerin çeşidi ve düzeyleri açısından farklılık göstermeleri nedeniyle bu çalışmalar arasında doğrudan bir karşılaştırma yapmak oldukça güçtür. Diğer taraftan hayvanların genetiği ve yaşının yanı sıra deneysel koşulların da gözlemlenen sonuçları önemli ölçüde etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Esans Yağların Yumurtanın Bileşimi, Besin Maddesi Kompozisyonu ve Yumurta Oksidasyonu Üzerine Etkileri

Yumurtanın %9-11'i kabuk, %60-63'ü albümin ve %28-29'u yumurta sarısından oluşur. Kabuksuz yumurtanın temel bileşeni su (%75.8), protein (%12.9) ve lipitlerdir (%9.9) (Altan, 2015). Yumurta önemli bir doymamış yağ asitleri (özellikle oleik asit), demir, fosfor, iz elementler, vitamin A, E ve K ile B_{12} dahil B vitaminleri, doğal D vitamini (balık karaciğeri yağından sonra ikinci sırada) kaynağıdır. Kabuk dışında kalsiyum içeriği oldukça düşük ve vitamin C yok veya çok azdır (Cook ve Briggs, 1986). Az miktarda karbonhidrat ve bazı önemli biyoaktif komponentler içerir. Yumurta kolay sindirilebilir yağ ve esansiyel amino asitlerce zengin bir protein kaynağı olmakla birlikte enerji içeriği (148 kcal/100 g) oldukça düşüktür (Altan, 2015).

Kanatlı kümes hayvanlarının yumurtalarının besin maddeleri içeriği yemdeki değişikliklere karşı genellikle mukavimdir. Ancak bazı besin maddelerinin eksikliği veya fazlalığı (bazı vitamin ve minerallerin yemdeki aşırı yüksek veya düşük düzeyleri) yumurta kompozisyonunu ve kalitesini doğrudan etkileyebilir. Yumurta üretiminde tavuğun verimliliğini ve sağlığını korumak için genellikle besin maddeleri bakımından dengelenmiş yem karışımları kullanılır. Bu nedenle yumurta kalitesi ve besin maddeleri içeriği oldukça sabittir. Genel olarak yumurtanın protein, yağ, kalsiyum, fosfor, sodyum ve potasyum gibi makro bileşenleri oldukça stabildir. İz elementler, vitaminler ve yağ asitleri gibi mikro bileşenlerinin miktarları ise yemdeki düzeye bağlı olarak daha kolay değişebilir.

Yumurta bileşimi yemin besin madde kompozisyonuna bağlı olarak değişebilir. Yumurta akı proteinlerinin magnumdaki biyosentezi genetik olarak belirlenmiştir. Bu nedenle yumurta akının bileşiminin yeme bağlı olarak değişmesi oldukça zordur. Yumurta sarısı bileşenleri ise genelde karaciğerde sentezlenir ve kan yoluyla foliküle taşınır. Dolayısıyla, yumurta sarı özellikleri örneğin sarı rengi ve sarının bileşimi (özellikle yağ asidi kompozisyonu) yemin içeriğinden etkilenebilir. Yumurta sarısındaki doymuş yağ asitleri (palmitik asit, stearik asit) ve düzeyi oldukça stabildir, ancak tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriği değiştirilebilir (Altan, 2015).

Son yıllarda yem ve besleme uygulamaları ile besin maddeleri bileşimi istenilen yönde değiştirilen, fonksiyonel özelliği olan, kolesterolü düşük, çoklu doymamış yağ asitleri ve omega-3 içeriği yüksek, vitamin, mineral ve antioksidanlar bakımından zenginleştirilmiş yumurta elde edilmekte ve pazara sunulmaktadır (Özkan ve Açıkgöz, 2007).

Yumurtanın kolesterol düzeyi ve yağ asitleri kompozisyonu insan sağlığı üzerine etkileri bakımından önem taşımaktadır. Yumurta sarısının yağ asitlerinin yaklaşık %66'sını doymamış yağ asitleri [%20'si uzun zincirli esansiyal yağ asitleri (%80-90'ı n-6 PUFA, %10-20'si n-3 PUFA), %46'sı bir çift bağ içeren doymamış yağ asitleri] ve %34'ünü doymuş yağ asitleri oluşturur. Ortalama büyüklükteki bir yumurta 200-210 mg kolesterol içerir ve önerilen günlük kolesterol tüketiminin %70 kadarını karşılar. Yumurta kolesterol düzeyinin azaltılması için çok sayıda çalışma

yapılmaktadır. Ancak bu çalışmalarda tutarlı ve yeterli düzeyde başarı elde edilememiştir. Yumurta kolesterol düzeyinin anlamlı düzeyde azaltılması ya rasyona statinlerin eklenmesi veya sentezlenen lipoproteinlerin foliküllere taşınmasının genetik olarak denetlenmesi ile mümkün görülmektedir. Diğer yöntemlerle yumurta kolesterolü ancak %15-25 kadar düşürülebilmektedir. Bu düzeydeki bir azalma, diyetin toplam kolesterol düzeyinin azaltılması için yeterli görülmemektedir (Noble ve ark., 1990; Altan, 2015).

Fitojenik katkıların hepatik enzimleri etkileyebileceği, dolayısıyla yumurta sarısı bileşimi ve muhtemelen kolesterol düzeyini değiştirebileceği öne sürülmüştür (Qureshi ve ark., 1983a, b).

Bölükbaşı ve ark. (2008) kekik, adaçayı veya biberiyeden elde edilen esans yağların serum trigliserit ve kolesterol konsantrasyonlarını azaltırken, yumurtanın kolesterol içeriğini değiştirmediğini saptamışlardır. Araştırıcılar yumurta sarısı proteinlerinden apovitellin Va, α-livetin/apovitellenin III, LDL proteinler, apovitellin 3+4 ve apolipoprotein CII, HDL proteinler, α-livetin ve phosvitin düzeylerinin arttığını, kekik ve biberiye yağları ile en düşük apovitellenin Vb düzeyinin elde edildiğini, adaçayı yağı ile apovitellin V'nin en yüksek düzeye ulaştığını bildirmişlerdir. Apovitellin 7 ve β-livetin ise oldukça düşük düzeylere gerilemiştir.

Yumurta tavuklarının yemlerine çörek otu yağı (*Nigella sativa*) ilavesi yapan Bölükbaşı ve ark. (2009) yumurta sarısı tekli doymamış yağ asitleri (MUFA), ekosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA) ve n-3 içeriklerinin 2.5 ve 3.5 ml/kg kullanım düzeyinde yükseldiğini ve n–6/n–3 oranının azaldığını belirlemişlerdir.

Bölükbaşı ve ark. (2010) diğer bir çalışmada yumurta tavuklarında 0.5, 1.0 ve 1.5 ml/kg bergamut yağı ilavesinin yumurtanın DHA ve n-3 içeriğini önemli düzeyde artırdığını saptamışlardır.

Ding ve ark. (2017), tarafından yapılan diğer bir çalışmada yumurta tavuğu yemlerine ilave edilen esans yağ karışımı (50, 100, 150 mg/kg) yumurta sarısının yağ asitleri profilini etkilememiştir. Buna karşın, doymuş yağ asitleri konsantrasyonu azalmış, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonları artmıştır.

Mousavi ve ark. (2017) yumurta tavuklarında 100 ve 200 mg/kg düzeyinde verilen kekik, biberiye ve dereotundan oluşan esans yağ karışımının yumurta sarısının kolesterol ve trigliserit içeriğini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Karadağoğlu ve ark. (2018)'na göre içme suyuna farklı düzeylerde ilave edilen ticari bir esans yağ karışımı yumurta sarısındaki DHA (C22:6 n-3) ve palmitoleik asit (16:1) oranlarını azaltmıştır. Kullanılan esans yağ karışımı toplam doymuş yağ asitleri, omega 3 ve 6 yağ asitleri düzeylerini etkilemezken, α linolenik asit, linolenik asit, palmitoleik asit, araşidonik asit, lignoserik asit ve DHA

oranlarını değiştirmiştir.

Yumurtaların oksidatif stabilitesi, besin değeri ve duyusal özellikleri ile ilgili bir kalite parametresidir. Lipid oksidasyonu kabuklu yumurtalar için önemli bir sorun olmasa da, özellikle çoklu doymamış yağ asitlerince zenginleştirilmiş yumurtalarda oksidatif stabilitenin korunması önemlidir (Botsoglou ve ark., 1997). Aromatik bitkilerin veya ekstraktlarının oksidatif stabilite üzerine etkilerini irdeleyen birçok çalışma (Botsoglou ve ark.,1997; Botsoglou ve ark., 2005a,b; Florou-Paneri ve ark., 2006; Radwan Nadia ve ark., 2008) bulunmakla birlikte esans yağların kullanıldığı oldukça az araştırma mevcuttur.

Florou-Paneri ve ark. (2005) yeme ilave edilen kekik yağının malondialdehit (MDA) içeriğini azaltığını ve antioksidatif etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Yeşilbağ ve ark. (2013) 6 hafta yaşında bıldırcınlar ile (*Coturnix coturnix Pharaoh*) yaptıkları çalışmada 200 mg/kg biberiye ve kekik uçucu yağı ile bunların karışımları (40+160; 160+40) çiğ yumurta sarısı TBA değerlerini etkilemezken 7, 15 ve 30 gün depolanan yumurtalarda ve pişmiş yumurtalarda önemli ölçüde azaltmıştır.

Çimrin ve Demirel (2016) yeme 100 mg/kg biberiye uçucu yağ ilavesinin 42 ve 56 günlük depolama süresinde yumurta sarısı MDA değerlerini önemli düzeyde düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Aromatik bileşiklerin fenolik hidroksil gruplar lipid oksidasyonunun ilk basamağında üretilen peroksit radikallerine hidrojen vererek

hidroksil peroksit oluşumunu geciktirebilirler. Aynı zamanda molekülün aromatikliği ve izopropil grubunun indüktif etkisi de bu süreçte katkıda bulunur (Farag ve ark., 1989). Bununla birlikte genel olarak antioksidanlardan etkin olarak yararlanma yağların ve yemlerin yapısına, depolama koşullarına (sıcaklık, ışık, oksijen varlığı), ağır metaller gibi pro-oksidanların varlığına, antioksidanın kimyasal yapısına, kullanım süresine ve antioksidanlar arasındaki sinerjik etkiye bağlıdır.

Esans Yağların Kuluçka Performansı Üzerine Etkileri

Yumurta hayvanlar âleminin bilinen en büyük üreme hücresidir ve embriyonik gelişim için gerekli tüm besin maddelerini yeterli ve dengeli olarak içerir. Embriyonun gelişimi için dokularında yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerinin birikimi gereklidir. Embriyolar inkübasyonun son dönemlerinde aşırı ısı üretiminin neden olduğu oksidatif stres koşullarına maruz kalırlar ve kuluçka döneminde çoklu doymamış yağ asitlerince zengin dokular lipid oksidasyonuna karşı oldukça duyarlı durumdadırlar. Bu dönemde embriyonun antioksidan sisteminin gelişimi önemli olup yeme ilave edilecek antioksidanlarla bu gelişimi hızlandırmak mümkündür (Surai, 1999).

Damızlık yumurta üretiminde hedef kaliteli civciv elde edilmesidir. Yumurta kalitesi bunu etkileyen faktörler arasında önem taşımaktadır. Çok büyük ya da küçük yumurtaların kuluçka performansı, çıkış gücü ve civciv kalitesi düşük olmaktadır. İnce kabuklu, gizli çatlaklı, kirli, şekli bozuk ve hava boşluğu uygun yerde oluşmamış yumurtalar

kuluçka sonuçlarını olumsuz etkileyeceği için kuluçkalık olarak değerlendirilmesi tavsiye edilmemektedir (Elibol, 2009). Damızlık yumurtaların ak yüksekliği, kabuk kalınlığı, kabuk kırılma direnci gibi genetik yapıdan etkilenen özellikleri civciv kalitesini etkilemektedir. Yumurta kalite özellikleri iyi olan ve uzun süre bu özellikleri koruyabilen tavuk hatlarının civciv kalitesi daha iyi olmaktadır (Decuypere ve ark., 2001; Tona ve ark., 2007).

Damızlık yumurta tavuklarında esans yağların kullanımı konusunda sınırlı sayıda *in vivo* çalışma yapılmıştır.

Bozkurt ve ark. (2009) esans yağ karışımının [(kekik yağı (*Origanum* sp.), defne yaprağı yağı (*Laurus nobilis*), adaçayı yaprağı yağı (*Salvia triloba*), mersin yaprağı yağı (*Myrtus communis*), rezene tohumu yağı (*Foeniculum vulgare*) ve narenciye yağı (*Citrus* sp.)] 24 ve 48 mg/kg ilavesinin Ross 308 etçi damızlıklarda canlı ağırlık, yumurta ağırlığı, yumurta verimine önemli bir etkisinin olmadığını ancak döllülük oranını artırdığını saptamışlardır.

Şimşek ve ark. (2015), 200 ppm tarçın (*Cinnamomum zeylanicum L.*), 200 ppm biberiye (*Rosmarinus officinalis L.*) ve bu esans yağların 100'er ppm karışımının yumurtacı bıldırcınlarda yem tüketimi, yumurta ağırlığı, kabuk, ak ve sarı oranları, şekil indeksi, kuluçka performansı ve embriyonik ölümler üzerine etkisini önemsiz bulmuşlardır. Tarçın yağı yumurta verimi ve yemden yararlanmayı olumlu yönde etkilerken, biberiye ve tarçın yağı karışımı kabuk kalınlığını düşürmüştür.

Tchoffo ve ark. (2017) bıldırcınlarda (*Coturnix coturnix japonica*) gavaj yoluyla verilen 50, 100 ve 150 µl/kg canlı ağırlık düzeyinde zencefil rizom esans yağının (*Zingiber officinale*) üreme performansı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada yumurta ağırlığı tüm düzeylerde artmış, döllülük ve döllü yumurta çıkış oranı, kuluçka performansı, uterus ağırlığı ve civciv canlı ağırlığı 100 ve 150 µl/kg canlı ağırlık düzeyinde yükselmiş, embriyonik ölümler ise azalma göstermiştir. Zencefil rizom esans yağı yumurta şekil indeksini ve ovaryum ağırlığını değiştirmemiştir.

Damızlık yumurta tavukları ile yapılan diğer bir çalışmada, kuluçkanın 18. gününde allantoik kese içerisine 0.1 ml biberiye esans yağı enjeksiyonu yapılması ile daha yüksek çıkış gücü ve civciv canlı ağırlığı elde edilmiştir. Biberiye yağının in-ovo uygulaması yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı üzerine olumlu etkide bulunmuştur (Sulaiman ve Tayeb, 2020).

SONUÇ

Esans yağlar, yumurta tavuklarının performansı ile sofralık ve kuluçkalık yumurtaların kalitesini etkileyebilecek potansiyelde katkılardır. Kullanılan esans yağın yapısına ve düzeyine bağlı olarak, yem tüketiminin azaldığı, yemden yararlanmanın iyileştiği, yumurta üretimi ve ağırlığının arttığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, sarı kompozisyonu, kabuk kalınlığı veya Haugh Birimi gibi yumurta kalite parametrelerinin çoğunlukla değişmediği belirlenmiştir. Yumurtanın

oksidatif stabilitesini iyileştirdiğine dair bildirişler ise yumurta işleme endüstrisi için ilgi çekicidir.

Esans yağların etkinliği esans yağların ve bileşenlerinin çeşitliliğine, elde edildiği bitkinin türüne, varyetesine, yetiştiği bölgeye, toprağa, hasat edildiği döneme ve hatta elde ediliş yöntemine, yemlerin yapısına, depolama koşullarına (sıcaklık, ışık, oksijen varlığı), ağır metaller gibi pro-oksidanların varlığına, kullanım düzeylerine, hayvanın türüne ve çalışma koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebilir. Farklı aktif bileşiklere sahip esans yağlar arasında sinerjik veya antagonistik etkiler olabilir. Gelecekteki araştırmalar en uygun esans yağların tanımlanmasına, ticari olarak güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için uygun konsantrasyonların ve güvenlik sınırlarının belirlenmesine, ürün kalitesinde istenmeyen organoleptik değişimlerin önlenmesine odaklanmalıdır.

KAYNAKLAR

Acamovic, T., Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. Proceedings of the Nutrition Society, 64: 403-412.

Akgül, A., Kıvanç¸, M., Sert, S. (1991). Effect of carvacrol on growth and toxin production by Aspergillus flavus and Aspergillus parasiticus. Sciences des Aliments, 11(2): 361-370.

Altan, Ö. (2015). Yumurta oluşumu, kalitesi ve biyoaktif komponentleri. Ege Üniversitesi Basımevi. Bornova/İZMİR ISBN: 978-605-84400-0-5.

Alodan, M. A., Mashaly, M. M. (1999). Effect of induced molting in laying hens on production and immune parameters. Poultry Science, 78: 171-177.

Amerah, A. M., Ravindran, V., Lentle, R. G., Thomas, D.G. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. Poultry Science, 86: 2615-2623.

Botsoglou, N. A., Yannakopoulos, A. L., Fletouris, D. J., Tseveni-Goussi, A. S., Fortomaris, D. J. (1997). Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 10: 3711-3716.

Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Botsoglou, E. N., Dotas, V., Giannenas, I., Koidis, A., Mitrakos, P. (2005a). The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and α-tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. South African Journal of Animal Science 35: 143-151.

Botsoglou, N. A., Florou-Paneri, P., Nikolakakis, I., Giannenas, I., Dotas, V., Botsoglou, E. N., Aggelopoulos, S. (2005b). Effect of dietary saffron (*Crocus sativus L.*) on the oxidative stability of egg yolk. British Poultry Science, 46: 701-707.

Bozkurt, M., Alcicek, A., Cabuk, M., Küçükyilmaz, K., Catli, A.U. (2009). Effect of an herbal essential oil mixture on growth, laying traits, and egg hatching characteristics of broiler breeders. Poultry Science, 88: 2368-2374.

Bölükbaşı, Ş. C., Erhan, M. K., Kaynar, Ö. (2008). The effect of feeding thyme, sage and rosemary oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and *Escherichia Coli* count in feces. Archiv für Geflügelkunde, 72: 231-237.

Bölükbaşı, Ş. C., Erhan, M. K., Ürüşan, H. (2009). Yumurtacı tavuk rasyonlarına geç dönemde çörek otu (*nigella sativa*) yağı ilavesinin performans, yumurta sarısı yağ asidi kompozisyonu ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (3): 283-289.

Bölükbaşı, Ş. C., Ürüşan, H. M., Erhan, K., Kızıltunç, A. (2010). Effect of dietary supplementation with bergamot oil (*Citrus bergamia*) on performance and serum metabolic profile of hens, egg quality and yolk fatty acid composition during the late laying period. Archiv für Geflügelkunde, 74 (3): 172-177.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International Journal of Food Microbiology, 94: 223-253.

Cook, F., Briggs, G. (1986). The nutritive value of eggs. In Egg Science and Technology. Ed. by Stadelman, W. J., Cotteril, O.J. Third ed., Avi Publishing Company, Inc. Wesport, Connecticut.

Çabuk, M., Eratak, S., Alçicek, A., Bozkurt, M. (2014). Effects of herbal essential oil mixture as a dietary supplement on egg production in quail. The Scientific World Journal, (3), 1-5.

Çimrin, T., Demirel, M. (2016). Yumurtacı tavuk yemlerine biberiye (rosmarinus officinalis l.) uçucu yağ ilavesinin performans, yumurta kalite kriterleri ve yumurta sarısı lipit oksidasyonu üzerine etkisi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2): 113-119.

Decuypere, E., Tona, K., Bruggeman, V., Bamelis, F. (2001). The day-old chick: a crucial hinge between breeders and broilers. World Poultry Science, 57: 127-138.

Ding, X., Yu, Y., Su, Z., Zhang, K. (2017). Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in

laying hens. Animal Nutrition 3: 127-131.

Elibol, O., (2009). Embriyo gelişimi ve kuluçkacılık. Tavukçuluk Bilimi. (Ed. Türkoğlu, M., Sarıca, M.,) Bey Ofset Matbaacılık, 3. Basım, s:588, Ankara.

Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewedi, F. M., El-Baroty, G. S. A. (1989). Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. Journal of Food Protection, 5: 665-667.

Florou-Paneri, P., Dotas, V., Mitsopoulos, I., Dotas, V., Botsoglou, E., Nikolakakis, I., Botsoglou, N. (2006). Effect of feeding rosemary and-tocopheryl acetate on hen performance and egg quality. The Journal of Poultry Science, 43:143-149.

Florou-Paneri, P., Nikolakakis, I., Giannenas, I., Koidis, A., Botsoglou, E., Dotas, V., Mitsopoulos, I. (2005). Hen performance and egg quality as affected by dietary oregano essential oil and α-tocopheryl acetate supplementation. International Journal of Poultry Science 4: 449-454.

Franco-Jimenez, D. J., Scheideler, S. E., Kittok, R. J., Brown-Brandl, T. M., Robeson, L. R., Taira, H., Beck, M. M. (2007). Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. Journal of Applied Poultry Research 16: 628-634.

García, C. C., Talarico, L., Almeida, N., Colombres, S., Duschatzky, C., Damonte, E. B. (2003). Virucidal activity of essential oils from aromatic plants of San Luis, Argentina. Phytotherapy Research, 17:1073-1075.

Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. Proceedings of the Nutrition Society, 62: 279-290.

Harms, R. H., Russel, G. B., Sloan, D. R. (2000). Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. Journal of Applied Poultry Research 9: 535-541.

Juglal, S., Govinden, R., Odhav, B. (2002). Spice oils for the control of co-occurring mycotoxinproducing fungi. Journal of Food Protection, 65(4): 683-687.

Kamel, C. (2000). A novel look at a classic approach of plant extracts. Feed Mix Special, 19-21,

Karpouhtsis, I., Pardali, E., Feggou, E., Kokkini, S., Scouras, Z.G., Mavragani-Tsipidou, P. (1998). Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46 (3): 1111-1115.

Karadağoğlu, Ö., Ozsoy, B., Olmez, M., Durna Aydin, Ö., Şahin, T. (2018). The effects of drinking water supplemented with essential oils on performance, egg quality and egg yolk fatty acid composition in laying hens. Acta Veterinaria Eurasia, 44: 85-92.

Lee, K. W., Everts, H., Beynen, A. C. (2004). Essential oils in broiler nutrition. International Journal of Poultry Science, 3 (12), 738-752.

Losa, R. (2001). The use of essential oils in animal nutrition. Proceedings of the III Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean. Reus, Spain.

Matan, N., Rimkeeree, H., Mawson, A. J., Chompreeda, P., Haruthaithansan, V., Parker, M. (2006). Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions. International Journal of Food Microbiology, 107:180-185.

Mathe, A. (2009). Essential oils–biochemistry, production and utilisation. In Phytogenics in Animal Nutrition Natural Concepts to Optimize Gut Health and Performance. Edited by Steiner, T., Erber AG, Austria, ISBN: 978-1-904761-71-6.

Mousavi, A., Mahdavi, A. H., Riasi, A., Soltani-Ghombavani, M. (2017). Synergetic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability and liver health indices in laying hens fed fish oil. Animal Feed Science and Technology, 234, 162-172.

Nichol, R., Steiner, T. (2008). Efficacy of phytogenics in commercial Lohmann Brown layers. In: Feed Ingredients & Additives Asia Pacific Conference, March 5, 2008, Bangkok, Thailand.

Noble, R. C., Cocchi, M., Turchetto, E. (1990). Egg fat-a case for concern? World's Poultry Science Journal, 46:109-118.

Qureshi, A. A., Din, Z. Z., Abuirmeileh, N., Burger, W. C., Ahmad, Y., Elson, C. E. (1983a). Suppression of avian hepatic lipid metabolism by solvent extracts

of garlic: impact on serum lipids. Journal of Nutrition, 113: 1746-1755.

Qureshi, A. A., Abuirmeileh, N., Din, Z. Z., Elson, C. E., Burger, W. C. (1983b). Inhibition of cholesterol and fatty acid biosynthesis in liver enzymes and chicken hepatocytes by polar fractions of garlic. Lipids, 18: 343-348.

Packiyasothy, E. V., Kyle, S. (2002). Antimicrobial properties of some herb essential oils. Food Australia, 54: 384-406.

Pandey, R., Kalra, A., Tandon, S., Mehrotra, N., Singh, H.N., Kumar, S. (2000). Essential oil compounds as potent source of nematicidal compounds. Journal of Phytopathology, 148 (7-8): 501-502.

Pessoa, L. M., Morais, S. M., Bevilaqua, C. M. L., Luciano, J. H. S. (2002). Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn. and eugenol against *Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology, 109 (1-2): 59-63.

Radwan Nadia, L., Hassan, R. A., Qota, E.M., Fayek, H.M. (2008). Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. International Journal of Poultry Science, 7 (2): 134-150.

Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., Saller, R. (2009). Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties-An Overview. Forschende Komplementärmedizin, 16: 79-90.

Singh, R., Cheng, K. M., Silversides, F. G. (2009). Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. Poultry Science, 88: 256-264.

Soycan-Önenç, S., Açıkgöz, Z., Kırkpınar, F., Küme, T. Şeremet, Ç, Bayraktar, H. (2016). Chemical compositions and antioxidant activities of the essential oils from certain plant species. Journal of Animal Production, 57(2): 7-14.

Steiner, T. (2006). Managing Gut Health – Natural Growth Promoters as a key to Animal Performance. Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom.

Sukutta, U., Haruthaithansan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant, U., Suppakul, P. (2008). Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their

synergistic aganist postharvest decay fungi of grape in vitro. Kasetsart Journal (Natural Science), 42:169-174.

Sulaiman, K., Tayeb I. T. (2020). Effect of in-ovo injection of some natural oils on the hatchability and subsequent physiological responses of post hatch broilers. Academic Journal of Nawroz University (AJNU), Vol. 9, No. 4, 233-241.

Surai, P. F. (1999). Vitamin E in avian production, Poultry Avian Biology. Reviews, 10:1-60.

Şimşek, Ü. G., Ciftci, M., Özçelik, M., Azman, M. A., Tonbak, F., Özhan, N. (2015). Effects of cinnamon and rosemary oils on egg production, egg quality, hatchability traits and blood serum mineral contents in laying quails (*Coturnix coturnix Japonica*). Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 62, 229-236.

Tchoffo, H., Ngoula, F., Kana, J. R., Kenfack, A., Ngoumtsop, V. H., Vemo, N.B. (2017). Effects of Ginger (*Zingiber officinale*) Rhizomes essential oil on some reproductive parameters in laying japanese quail (Coturnix coturnix japonica). Advances in Reproductive Sciences, 5, 64-74.

Tona, K., Onagbesan, O., De Ketelaere, B., Bruggeman, V., Decupere, E. (2007). A model for predicting hatchability as a function of flock age, hatchability, storage time and season. Archiv für Geflügelkunde, 71: 30-34.

Torki, M., Mohebbifar, A., Mohammadi, H. (2021). Effects of supplementing hen diet with Lavandula angustifolia and/or Mentha spicata essential oils on production performance, egg quality and blood variables of laying hens. Veterinary Medicine and Science, 7: 184-193.

Ultee, A., Smid, E. J. (2001). Influence of carvacrol on growth and toxin production by Bacillus cereus. International Journal of Food Microbiology, 64 (3): 373-378.

Özkan, K., Açıkgöz, Z. (2007). Kanatlı Kümes Hayvanlarının Beslenmesi. Hasad Yayıncılık, ISBN: 9789758377558.

Valkonen, E., Venäläinen, E., Rossow, L. J., Valaja, J. (2008). Effects of dietary energy content on the performance of laying hens in furnished and

conventional cages. Poultry Science, 87: 844-852.

Yeşilbağ, D., Gezen, S.S., Biricik, H., Meral, Y. (2013). Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. British Poultry Science, 54 (2): 231-237.

BÖLÜM 11

ESANS YAĞLARIN RUMEN FERMANTASYONU VE PROTOZOA SAYISI ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Uğur SERBESTER[1]

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN[2]

[1] Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, orcid.org/0000-0003-4460-3797, userbester@cu.edu.tr

[2] Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa, orcid.org/0000-0002-6600-8772, syurtseven@harran.edu.tr

GİRİŞ

Esans yağlar uçucu, aromatik maddeler olup hidrofobik ve yağsı görünüme sahiptirler. Kimyasal olarak esans yağlar fenilpropanoid ve terponoidlerin alkol, ester ya da aldehit türevleridir. Geleneksel anlamda "esansiyel" olmayan bu yağlar güzel koku ya da esansa sahiptir. Esans yağlar hücre zarı üzerine aksiyon göstererek antimikrobiyal etki sergilemektedir. Hücre zar bütünlüğünün kaybolması iyonların sızması ve iyon gradyanının (konsantrasyon farklılığı) bozulmasına yol açmakta, bu ise mikrobiyal hücrenin enerji saçılımının yükselmesine neden olmaktadır. Rumen fermentasyonu daha az kıymetli şeylerin (örneğin selülozca zengin materyallerin) kıymetli olanlara (örneğin süt ya da et) dönüştürülme eylemi olarak tanımlanabilmektedir. dir. Ancak, fermentasyon sırasında oluşan kayıpların en düşük düzeye indirilmesi hem ruminant yetiştiriciliğinin karlılığını hem de çevre dostu üretim için gerekmektedir. Bu amaçlar için özellikle 2000'lı yıllardan itibaren ruminant hayvan yetiştiriciliğinde bitki esans yağlarının kullanımı artmıştır. Bu bölümde, esans yağların rumen fermentasyonu ve protozoalar üzerine etkileri ele alınmış ve özellikle Kekik, tarçın, sarımsak ve limon esans yağları üzerinde durulmuştur.

Rumen fermentasyonu ve mikrobiyal populasyon

Dinamik bir fermantasyon sistemine sahip olan rumende, protein ve enerji kullanılmasının optimize edilmesi mikrobiyal faaliyetlerin düzenlenmesiyle mümkündür. Rumende gerçekleşen fermantasyon

olayları ortam koşulları (sıcaklık, O_2, pH) ve mikroorganizma populasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Rumen mikroorganizma populasyonunun sayısal olarak en büyük kısmını oluşturan bakteriler, genellikle parçaladıkları ve büyüme için kullandıkları substratlara göre; selülolitik bakteriler (*Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus flavefaciens, Butyrivibrio fibrisolvens,* vd.), amilolitik bakteriler (*Streptococcus bovis, Succininimonas amylolytica* ve *Ruminobacter amylophilus,* vd.), proteolitik bakteriler (*Provetella ruminicola*, *Colostridium proteoclasticum*, vd.) şeklinde sınıflandırılabilmektedir. Ayrıca, aminoasit ve NPN' li bileşikleri amonyağa metabolize (deaminasyon) eden Hiper-Amonyak-Üretici (HAP) Bakteriler (*Peptostreptococcus anaerobius, Clostridum aminophilum* vd.) bu geniş familyanın diğer üyeleridir (Vansoest, 1994; Dehority, 2003a).

Rumen bakterileri kullandıkları substrat dışında hücre duvar yapısı bakımından, gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler olarak da sınıflandırılabilmektedir. Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarı sadece peptidoglikan tabakadan oluşmakta ve lipofilik özellik göstermektedir. Peptidoglikan tabaka, moleküler ağırlığı 30000 - 57000 Da olan molekülerin hücre içerisine girmesine izin vermektedir. Bu nedenle fenol, alkol, aldehit gibi moleküler ağırlığı düşük olan bileşikler hızla hücre içerisine nüfuz edebilmektedir. Gram-negatif bakterilerde ise hücre duvarı içten dışa doğru peptodoglikan tabaka, periplazmik boşluk ve dış membran katmanlarından oluşmaktadır. Dış membran lipopolisakkarit, fosfolipid, protein ve porları içermektedir. Sıkıca birbirine bağlanmış

lipopolisakkaritler hücre zarı geçirgenliğinin azalmasına neden olurken, hidrofilik kanallar şeklinde olan porlar, moleküler ağırlığı 800 Da olan küçük hidrofilik moleküllerin difüzyonuna izin verirler (Arda, 1985). Özetle, bakterilerin hücre duvar yapısının farklı olması seçici geçirgen özelliklerini etkilemekte ve rumen fermantasyonunu düzenleyici maddelere karşı farklı tepki göstermelerine neden olmaktadır. Genellikle, gram-pozitif bakteriler rumende, asetat, bütirat, format, laktat ve H_2, gram-negatif bakteriler ise propiyonat ve süksinat üreten fermantasyon olaylarında rol oynamaktadır (Busquet ve ark., 2005a; Spanghero ve ark., 2008). Bu nedenle ruminal fermantasyonu düzenleyici maddeler baskı altına aldıkları bakteri populasyonuna göre son ürünlerin (örneğin UYA'leri) miktarını değiştirebilmektedir.

Metanojenler habitat olarak protozoaları kullanır. Fermantasyon sonucu oluşan uçucu yağ asitleri metanojenler tarafından CO_2 ve suya dönüştürülür. Metanojenik organizmalar CO_2'yi H_2 kullanarak metana dönüştürebilirler. Rumende H_2 kaynaklarını etkileyen faktörler metanojen populasyonunu da baskılayabilir. Metanogenesisin azaltılması H_2 üretimini artırmakta ve H_2' nin propiyonat üretimine yönlendirilmesini sağlamaktadır (Van Soest, 1994; Benchaar ve ark., 2008). Ancak, metanojenlerin H_2 kullanmaları aynı zamanda rumen H_2 basıncının düşük kalmasını ve bağırsaklarda organik madde sindiriminin etkin şekilde gerçekleşmesini de sağlamaktadır (Boadi ve ark., 2004).

Rumendeki protozoalar sayıca bakterilerden daha azdır. Ancak, büyüklükleri bakterilerden çok daha fazla olduğundan toplam bakteri kütlesine eş değer oldukları söylenebilir. Mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri, organizmanın büyüklüğü ile ters orantılı olduğu için bakteriler protozoalara göre daha yüksek metabolik aktiviteye sahiptir (Aksoy ve ark., 2000). Ancak, protozoaların aminoasitleri parçalama aktiviteleri bakterilere göre 3 kat daha fazladır (Wallace, 1991). Protozoalar selüloz ve nişastadan yararlanabilmelerine rağmen esas olarak N metabolizmasında fonksiyon yaparlar (Van Soest, 1994; Jouany ve Morgavi, 2007). Protozoalar, proteolitik ve deaminatik aktiviteleri yanı sıra büyük miktarda bakteri sindirdikleri için rumenden duedonuma geçen mikrobiyal protein miktarını azaltırlar (Dehority, 2003b).

Rumendeki mikrobiyal ekosistem, alınan yemlerden Uçucu Yağ Asitleri (UYA) ve mikrobiyal protein üretmekte, bu sırada CO_2, CH_4 ve NH_3 açığa çıkmaktadır. Üretilen UYA' ların % 95' ini asetik (C_2), propiyonik (C_3) ve butirik asit (C_4) oluşturur. Rumende aminoasitlerin (lösin, valin vb.) katabolizması sonucu az miktarda dallı zincirli uçucu yağ asitleri (izovalerik asit, izobütirik asit) de üretilir (Van Soest, 1994). Rumende, asetik ve propiyonik asitler değişmeden, bütirik asit ise β-hidroksi bütirata dönüştürülerek emilir. Böylece kan dolaşımına katılan UYA'lar karaciğere taşınır. Propiyonat karaciğerde glukoneojenezle, asetat ve β-hidroksi bütirat ise karaciğer dışındaki dokularda enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Van Soest, 1994). Uçucu yağ asitleri ruminant hayvanların enerji gereksinmesinin büyük

bir kısmını (%80) karşılar (Kutlu ve Görgülü, 2001). Mikrobiyal protein ise rumenden sindirim sisteminin alt kısımlarına geçmekte ve protein gereksinmesinin %60-85'ni karşılayabilmektedir (Ørskov, 1992).

Enterik fermentasyon yolu ile üretilen metanın %71'i rumendeki fermentasyondan kaynaklanmaktadır (Gerber ve ark., 2013). Ruminal fermantasyon sonucu oluşan metan ile amonyak, enerji ve protein kullanım etkinliğinin azalmasına neden olur (NRC, 2001). Süt sığırlarında sindirilebilir enerji tüketiminin %8-12' si metan üretimi nedeniyle kayba uğramakta, yemlerle alınan N' un %75-85 ise gübre ve idrar ile dışarıya atılmaktadır (Tamminga, 1992). Metan üretiminin doğrudan ya da dolaylı olarak engellenmesi UYA üretimi ve molar konsantrasyonlarını değiştirebilmektedir. Bu değişim daha fazla H_2' nin uçucu yağ asit üretimine yönlendirilmesi ile sağlanır (Sirohi ve ark., 2009). Diğer yandan, rumen sıvısında peptid ve aminoasitlerin birikmesi mikrobiyal protein sentezini uyararak incebağırsaklara geçen aminoasit miktarında artışa neden olur (Griswold ve ark., 1996; Tekeli ve ark., 2007).

Esans yağların etki mekanizmaları

Rumen fermantasyonunu düzenlemek amacıyla kullanılan iyonofor antibiyotikler, ürünlerde kalıntı bırakması ve daha dirençli bakteri türlerini geliştirmesinden dolayı, 2006 yılında AB komisyonunca yasaklanmıştır. Bu tarihten itibaren antibiyotiklere alternatif olabilecek potansiyel doğal ürünlere (maya, organik asit, prebiyotik,

probiyotik, bitkisel ekstraklar) olan ilgi daha da artmış ve çalışmalar hızlanmıştır (Wallace, 2004; Calsamiglia ve ark., 2007b). Yüksek aktif bileşen içeren birçok bitki ve bunlardan elde edilen ekstraktları oldukça geniş spekturumda ya da çeşitlilikte bakteri, maya ve küfler karşı ilk çağlardan beri kullanılmaktadır (Thompson,1986; Voda ve ark., 2003). Bu doğal ürünler bazı aromatik bitkilerin sekonder metabolitleri (ikincil yan ürünleri) olarak ortaya çıkmaktadır (Wallace, 2004). Bu metabolitler genel isim olarak aromatik, eterik veya esansiyel/esans yağlar olarak adlandırılmıştır. Bunlar uluslararası gıda ve ilaç üreticileri ve konseylerince bünyelerinde 100'den fazla aktif bileşen barındıran, gram pozitif bakteri gruplarına karşı daha çok etkili ve hem yem olarak hem de içirilerek verilen madde halinde kullanımları kabul görmüştür. Esans yağlar, bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek, kabuk, meyva, tohum gibi kısımlarında bulunabilmekte (Benchaar ve ark., 2008) ve miktarları bitki sağlığı, büyüme dönemi, çevresel faktörlere (ışık, sıcaklık ve nem vb.) bağlı olarak değişebilmektedir (Dudareva ve ark., 2004). Bitki esans yağları uçucu özellikte olup, buhar distilasyonu ya da solvent ekstraksiyonu veya düşük sıcaklıkta basınç uygulamaları ile elde edilir (Hart ve ark., 2008; Benchaar ve ark., 2008). Elde ediliş şekilleri biyolojik aktivitelerini etkileyebilir (Burt, 2004). Biyolojik aktiviteyi etkileyen diğer unsurlar ise, içerdikleri etkicil madde oranı, kimyasal yapı ve fonksiyonel gruplar, birbiriyle olan sinerjik etkiler şeklinde sıralanabilir (Dorman ve Deans, 2000; Barceloux, 2009).

Bitki esans yağları ya da yapılarındaki aktif maddeler antimikrobiyal etkilerini hücre zarları ile olan etkileşimle sağlarlar (Dorman ve Deans, 2000). Örneğin, karanfilde bulunan *eugenol* ve kekikte bulunan *thymol* ve *karvakrol*'ün anti bakteriyel etkileri hücre membran geçirgenliğini değiştirmeyle açıklanmaktadır (Helander ve ark., 1998). Bu etkileşim zarda yapısal değişikliklerin oluşmasına, zar geçirgenliğinin değişmesine ve hücre içerisindeki H^+ ve K^+ katyonlarının dışarı çıkmasına, stoplazmik koagülasyona ve parçalanmaya neden olmaktadır (Griffin ve ark., 1999; Hart ve ark., 2008). Hücre içi ve dışı arasındaki iyon değişimi yoğun enerji gerektiren işlemlerdir. Bakterilerin hücre büyümesinde kullanabilecekleri enerjinin iyon değişiminde kullanılması büyümeyi yavaşlatmakta ve ölümlere neden olmaktadır (Ultee ve ark., 1999; Cox ve ark., 2001). Gram-pozitif bakterilerin hücre duvarları gram negatif bakterilerden daha basit yapıda olup, esans yağların hidrofobik etkicil maddeleri ile doğrudan ilişkiye girmektedir. Bu etki mekanizması bitki esans yağları ya da etkicil maddelerinin gram-pozitif bakteriler üzerinde daha etkili olmasını da açıklamaktadır (Trombetta ve ark., 2005). Suda çözünürlükleri az olan bazı etkicil maddeler (karvakrol, timol, sinnamaldehit) gram negatif bakterilere nüfuz edebilmektedir. Bu özellik onların düşük molekül ağırlığına sahip olmalarından kaynaklanır (Helander ve ark., 1998).

Bitki esans yağlarının gösterdiği etkiler arasında metan üretimini baskılayarak enerji kullanım etkinliğini geliştirecek şekilde rumen ortamını modifiye etmesi de bulunmaktadır. Ayrıca, rasyon

lipidlerinin ruminal biyohidrojenasyonunu modifiye ederek de daha sağlıklı et ve süt üretimine katkı sağlayabilmektedirler.

Bitki esans yağlarının ruminal fermantasyon ve metabolizma üzerine etkileri *in vitro* koşullarda yürütülen çok sayıda araştırmanın konusu olmuştur. Bu maddelerin, ruminal fermantasyon üzerindeki etkileri rumen pH'sı, rasyon kompozisyonu, kullanılan esans yağ ya da etkicil madde dozu ve bunlara karşı oluşan mikrobiyal adaptasyon bağlı olarak gerçekleşmektedir (Hart ve ark., 2008).

Kekik, tarçın, sarımsak ve limon esans yağlarının etkileri

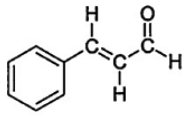
İn vitro araştırmalarla çok sayıda bitki taranmıştır. Antimikrobiyal özellikleriyle rumende protein ve enerji kullanılmasını optimum düzeyde senkronize edebilecek potansiyele sahip olanlar arasında kekik, tarçın, sarımsak ve limon yağları ile etkicil bileşikleri bulunmaktadır (Calsamiglia ve ark., 2007ab).

Kekik (*Origanum vulgare* L.), diğer tıbbi bitkiler içerisinde en yüksek antioksidant kapasiteye sahip bitki olarak adı geçmektedir (Dragland ve ark., 2003; Matsuura ve ark., 2003). Kekik esans yağındaki temel bileşenler, bitki orjininine bağlı olarak değişmekle birlikte, karvakrol, γ-terpinene, thymol, p-cimene, ve linalool olarak belirlenmişlerdir (Sivropoulou ve ark.,1996; Baser, 2002). Kekik esans yağının karanfil esans yapından sonra ikinci en yüksek oksijen radikal absorbantı olduğu tespit edilmiş ve bunu tarçın, zencefil ve biberiye takip etmiştir (Bentayeb ve ark., 2009). Thymol özellikle gram pozitif ve gram negatif bakteriler üzerinde güçlü antimikrobiyel etkiye sahip bir mono

terpendir ve karvakrol da benzer etkiye sahip fenolik bir bileşiktir (Burt, 2004). Kekik esans yağının *Yucca schidigera*'daki saponinler ve kullanımı artık yasaklanan antibiyotiklerden olan flavomisin kadar güçlü anti metanojen olduğu gösterilmiş ve %12 düzeyinde metan azaltıcı etkisi ispatlanmıştır (Wang ve ark., 2009). Burada bu esans yağ karışımının mikrobiyel ekolojiyi dengelemekte bir iyonofor antibiyotik benzeri çalıştığı ve bu etkisini ise rumen fermentasyonunu asla bozmadan yapmakta olduğu ve bu sayede toplam sindilebilirliğe pozitif katkı sağladığı görülmektedir. Bu etkisinin temelinde ise amilolitik ve proteolitik bakterileri baskılayarak nişasta ve protein yıkımını daha yavaş ve stabil hale getirmesi ile ilgili olduğu ifade edilmektedir (Wallace ve ark., 2002). Kekik yapraklarının süt sığırlarında günde hayvan başına 250, 500 veya 750 g verildiğinde, rumen amonyak azotunu ve butirat oluşumunu inhibe etmektedir (Cardozo ve ark., 2005). Bu noktada, yaprakta bulunan bu etkinin esans yağında daha yoğun olduğu ve çok daha düşük dozların (örneğin 1 L rumen sıvısında 1g gibi) benzer etkiye neden olacağı da not edilmelidir. Bu etki, metan oluşumunu düşürmesi asetat ve butirat oluşumunu azaltarak ortamdaki H_2'nin daha çok propiyonat üretimine yönlendirilmesi ve metan üretiminde kullanılmasının önlenmesiyle açıklanmaktadır (Cieslak ve ark., 2013). Rumen fermentasyonunun daha fazla propiyonat üretimine yönlendirilmesi hidrojen üretici *Ruminococcus albus, Ruminococcus flavefaciens* bakterileri ile protozoa üretimini baskılamaktadır (Kumar ve ark., 2014).

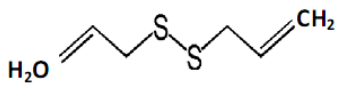
Tarçın bitkisi (Cinnamomun sp.) özel aroması nedeniyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarçın yağı bitki türüne bağlı olarak bir çok aktif bileşik (α-pinen, camphene, limonin vb.) içermekle birlikte özellikle sinnamaldehit ve eugenolce zengindir (Ferme ve ark., 2008). Tarçın yağında %75 oranında sinnamaldehit (3-fenil-2-propenal fenol; C_9H_8O) bulunmaktadır (Calsamiglia ve ark., 2007ab). *In vitro* çalışmalarda tarçın yaprağı yağının rumende gaz oluşumunu baskıladığı gösterilmiş ve 5mM düzeyinde *in vitro* ortamda metan üretimini önemli ölçüde düşürdüğü gözlenmiştir (Macheboeuf ve ark., 2008).

Sinnamaldehit gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerde güçlü antimikrobiyal etkiye sahiptir. Sinnamaldehit molekülünde yer alan konjuge bağ ve benzil halkası dışındaki uzun CH zinciri bu etkiyi sağlar (**Şekil 1**). Aldehit grubun zincirdeki C' na konjugasyonla bağlanması molekülün elektronegatifliğini artırmaktadır. Elektronegatif bileşikler, hücre zarının elektron transferini etkilemenin yanı sıra protein ve nükleik asitlerle reaksiyona girmektedir. Bu etkiler mikroorganizmaların gelişme ve çoğalmalarını engelleyebilmektedir (Dorman ve Deans, 2000; Barceloux, 2009). Gram-negatif bakterilerde, sinnamaldehitin dış zarda bulunan porlar yoluyla periplazmik boşluğa veya daha iç kısımlara ulaşarak antimikrobiyal etki gösterebildikleri de ileri sürülmektedir (Nikaido, 1994). *İn vitro* çalışmalarda, sinnamaldehitin gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler üzerine olan etkisinin kullanım dozuna bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Busquet, 2005a).



Şekil 1. Sinnamaldehit'in kimyasal yapısı

Sarımsağın (*Allium sativum*) içeriğinde bulunan organosülfür bileşikler, bitki aktif maddelerin kimyasal sınıflandırmasına uymadıkları için ayrı bir grup olarak kabul edilebilmektedir. Dokusal hasara uğramamış sarımsak tanesi içerisinde bulunan sülfürlü bileşiklerden en önemlisi alliin (S-allilsistein sülfoksit)' dir (Iciek ve ark., 2009). Sarımsak dişinin zedelenmesi ya da kesilmesi sırasında alliinaz enzimi alliin'i hızlı bir şekilde allisin ($C_6H_{10}S_2O$)'e dönüştürür (Amagase ve ark., 2001). Dokusal olarak zarar görmemiş sarımsak dişlerinde alliin ve alliinaz enzimi hücrenin farklı kompartımanlarında bulunmakta ve dolayısıyla allisin oluşmamaktadır. Ayrıca, allisin stabil olmayan bir yapıda olduğu için kolayca dialil disülfid ($C_6H_{10}S_2$; **Şekil 2**), dialil sülfid ($C_6H_{10}S$), dialil trisülfid ($C_6H_{10}S_3$) ve alil merkaptan (C_3H_6S) 'a dönüşür. Yüksek sıcaklık ve pH' da allisin'in stabilitesi azalmaktadır. Bu nedenle allisin rumendeki fizyolojik koşullarda etkili olamamaktadır (Busquet, 2005b; Kamel ve Greathead, 2007). Dolayısıyla, sarımsak bitkisinin biyolojik aktivitesi allisin'den kaynaklanmamakta, dönüştüğü bileşikler nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Ankri ve Mirelman, 1999; Kamel ve ark., 2008).



Şekil 2. Dialildisülfid'in kimyasal yapısı

Sarımsak yağındaki aktif bileşiklerin antimikrobiyal etkisi ise, içerdikleri sülfidril gruplarının (-SH) hücrede DNA, RNA ve protein sentezini engellemeleriyle açıklanabilir (Feldberg, 1988). Ayrıca, bu etkicil maddeler, bazı mikroorganizmalarda (örneğin rumen metanojenleri) hücre membran stabilitesini bozmaktadır (Calsamiglia ve ark., 2007a). Sarımsak yağı metanojenik arkebakteriler üzerinde spesifik olarak engelleyici etkiye sahiptir. Rumen mikroorganizmaları arasında yalnızca arkebakteriler hücre duvarında izoprenoid üniteye ihtiyaç duyar (Calsamiglia ve ark., 2006). Sarımsak yağı ya da içerdiği organosülfür bileşikler, arkebakterilerin hücre zarının lipid tabakasında bulunan izoprenoid ünitenin mevalonat'tan sentezi için gerekli olan HMG-CoA (3-Hidroksi 3-Metil Glutaril Koenzim A) redüktaz enzimini inhibe etmektedir. Bu nedenle sarımsak yağı diğer mikroorganizmaları etkilemeksizin metanojen arkebakterileri inhibe etme potansiyeline sahiptir (Busquet, 2005b; Kamel ve ark., 2008).

Limonen, limonda, portakalda, greyfurtta, biberiye ve nanede en fazla bulunan monosiklik monoterpenlerdendir (Turner ve ark., 1999). Özellikle gram negatif bakterilere 50 ve 500 mg/L dozlarında toksik etkileri ve toplam uçucu yağ asit konsantarsonunu %5.6 oranında düşürücü etkileri gözlenmiştir. Ayrıca amino asit deaminasyonunu düşürerek, amonyak azotu ve dallı zincirli uçucu yağ asitleri oluşumunu düşürdüğü gösterilmiştir (Allison ver ark.,1962).

Tarçın yağı ya da etkicil bileşiği olan sinnamaldehit'in mikrobiyal fermentasyon ile oluşan son ürünlerin konsantrasyonları üzerindeki etkisi kullanılan doza ve rumen pH' sına bağlı olarak değişmektedir.

Cardozo ve ark. (2004) sinnamaldehit'in (0.22 mg/L) uçucu yağ asit üretimini azaltmaksızın protein sindirimini azalttığını bildirmiştir. Sinnamaldehit proteinlerin yıkımında rol oynayan, gram-negatif *Prevotella* bakteri türlerini baskılayabilmektedir (Ferme ve ark., 2004; Kamel ve Greathead, 2007). Ferme ve ark. (2008) 1.97 mmol/L dozunda sinnamaldehit' in *Prevotella bryantii* bakterilerinin büyümesini tamamen engellediğini ileri sürmektedir. Chaves ve ark. (2008a) ise tarçın yağının (250 mg/L) kendine özgü antimikrobiyal etkisi sebebiyle metanojenik bakterilerin aktivitesini de azaltabileceğini bildirmiştir.

Chaves ve ark. (2009) sinnamaldehitin (0.2 g/kg) mikrobiyal fermantasyon, rumende rasyon sindirilebilirliği, ve N metabolizması üzerinde etkisinin olmadığını ileri sürmüşlerdir. Aksine sinnamaldehit'in (500 mg/L) mikrobiyal aktiveyi tamamen durdurduğunu ileri süren araştırmalarda mevcuttur (Lourenço ve ark., 2008).

Sarımsak yağının rumende metan üretimini azaltması kullanılan doza bağlı olarak metanojenik bakterileri baskılamasıyla gerçekleşmektedir. Sarımsak yağının 100 mg/L dozu metanojenler üzerinde etkili olmazken dozun 250 mg/L ye çıkarılması durumunda bu bakterilerin engellendiği ileri sürülmektedir (Chaves ve ark., 2008a). Sarımsak yağının inhibe ettiği HMG-Coa Reduktaz enziminin diğer bir rolü ise karaciğerde kolesterol sentezi sırasında mevalonat oluşumunu katalize etmektir (Gebhardt ve Beck, 1996). İnsanlarda kolesterol düşürücü bazı ilaçlar bu enzimin inhibisyonunu sağlamaktadır. Kolesterol

düşürücü etkisi bilinen beşeri ilaçlar *in vitro* koşullarda metanojenik arkebakterilerin büyümesini engellemiştir (Miller ve Wolin, 2001).

SONUÇ

Ruminant yetiştiriciliğinde esans yağlardan elde edilen sonuçlar değişkenlik gösterebilmektedir. Uygulanan yemleme sistemi ve yem kompozisyonu gibi etmenler bu varyasyonda etkili olabilmektedir. Diğer yandan, mikrobiyal ekosistem fitoaktif maddelere karşı adaptasyon kazanabilmektedir. Ayrıca, fitoaktif maddeler karbonhidrat ve protein sindiriminde farklı düzeylerde etkili olmaktadır. Bitki esans yağ kombinasyonlarının yapılması rumen mikrobiyal fermantasyonunun daha etkili bir şekilde manipüle edilmesini sağlayabilecektir. Dolayısıyla, farklı sınıf ya da aynı sınıf içerisinde farklı rumen fermentasyon düzenleyicilerinin kullanılması (esans yağ kokteyli gibi) ve bu ürünlerin rotasyona tabi tutulmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Acomovic, T., Brooker, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effect in animals. *Proc. Nutrition Society*, 64: 403-412.

Aksoy, A., Macit, M., Karaoğlu, M. (2000). Hayvan Besleme. Atatürk Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notu, Yayın No: 220, Erzurum.

Allison, M. J., Bryant, M.P., Doestch, R.N. (1962). Studies on the metabolic function of branched-chain volatile fatty acids, growth factors for ruminococci. I. Incorporation of isovalerate into leucine. *J. Bacteriol*. 83: 523–532.

Amagase, H., Petesch, B. L., Matsuura, H., Kasuga, S., Itakura, Y. (2001). Intake of garlic and its bioactive components. *J. Nutr*., 131: 955-962.

Ankri, S., Mirelman, D. (1999). Antimicrobial proporties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*, 2: 125-129.

Arda, M. (1985). Genel Bakteriyoloji. Ankara Üni. Veteriner Fakültesi Yayınları, Yayın No:402, Dışkapı, Ankara.

Barceloux, D. G. (2009). Cinnamon (Cinnamomun Species). *Dis Mon*, 55: 327-335.

Baser, K. H. C. (2002). The Turkish Origanum species. Pages 109–126 in Oregano: The Genera Origanum and Lippia. 1st ed. Taylor and Francis Inc, New York, NY.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Tech*., 145: 209-228.

Bentayeb, K., P. Vera, C. Rubio, C. Nerin, C. (2009). Adaptation of the ORAC assay to the common laboratory equipment and subsequent application to antioxidant plastic films. *Anal. Bioanal. Chem*. 394: 903–910.

Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J., Massé, D. (2004). Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. *Can. J. Anim. Sci.*, 84: 319-335.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *Int. J. Food Microbiol*. 94: 223–253.

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Cardozo, P. W., Kamel, C. (2005a). Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *J. Dairy Sci*., 88: 2508-2516.

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M. D., Kamel, C. (2005b). Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci*., 88: 4393-4404.

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., Ferret, A. (2007b). Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci*., 90, 2580-2595.

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., Ferret, A., Fandiño, I. (2007a). The use of essential oils in ruminants as modifiers of rumen microbial fermentation. *Pen State Dairy Cattle Nutrition Workshop*, November 13-14, Grantville, PA, USA.

Calsamiglia, S., Castillejos, L., Busquet, M. (2006). Alternatives to Antimicrobial Growth Promoters in Cattle. Recent Advances in Animal Nutrition (Ed: P. C. Garnsworthy and J. Wiseman), Nottingham University Press, UK.

Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2004). Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. *J. Anim. Sci*., 82: 3230-3236.

Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2005). Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *J. Anim. Sci*. 83: 2572–2579.

Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A., Losa, R. (2007). Effects of dose and adaptation time of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Tech*., 132: 186-281.

Cieslak, A., Szumacher-Strabel, M., Stochmal, A., Oleszek, W. (2013). Plant components with specific activities against rumen methanogens. *Animal*, 7: 253–265.

Cox, S. D., Mann, C. M., Markam, J. L. (2001). Interaction Between Components of the Essential Oil of Melaleuca alternifolia. *J. Applied Microbiology*, 91: 492-497.

Dehority, B. A. (2003a). Rumen Bacteria-History, Method of In Vitro Culivation, and Discussion of Mixed Culture Fermentations. Rumen Microbiology (Ed: Burk A. Dehority), pp:157-176, Nottingham University Press, UK.

Dehority, B. A. (2003b). Distribution, Specificity and Role of the rumen Protozoa. Rumen Microbiology (Ed: Burk A. Dehority), pp:129-155, Nottingham University Press, UK.

Dorman, H. J. D., Deans, S. G. (2000). Antimicrobial Agents from Plants: Antibacteril Activity of Plant Volatile Oils. *J. Applied Microbiology*, 88: 308-316.

Dragland, S., Senoo, H., Wake, K., Holte, K., Blomhoff, R. (2003). Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. *J. Nutr*. 133: 1286–1290.

Dudareva, N., Pichersky, E., Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant. Physiol*., 135: 1893-1902.

Feldberg, R. S., Chang, S. C., Kotik, A. N., Nadler, M., Neuwirth, Z., Sundstrom, D. C., Thompson, N. H. (1988). In vitro mechanism of ınhibition of bacterial cell growth by allicin. *Anti. Agents Che*., 32: 1763-1768.

Ferme, D., Banjac, M., Calsamiglia, S., Busquet, M., Kamel, C., Avguštin, G. (2004). The effects of plant extracts on microbial community structure in a rumen-stimulating continuous-culture system as revealed by molecular profiling. *Folia Microbiol*., 49: 151-155.

Gebhardt, R., Beck, H. (1996). Differential inhibitory of garlic-derived organosulfur compounds on cholesterol biosynthesis in primary rat hepatocyte cultures. *Lipids*, 31: 1269-1276.

Gerber, P., Opio, C., Vellinga, T., Falcucci, A., Tempio, G., Gianni, G., Robinson, T. (2013). Greenhouse Gas Emissions from Ruminant Supply Chains: A Global Life Cycle Assessment. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Griffin, S., Wyllie, G. S., Markham, J. L., Leach, D. N. (1999). The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Flavour and Fragrance Journal*, 14: 322-332.

Griswold, K. E., Hoover, W. H., Miller, T. K., Thayne, W. V. (1996). Effect of form of nitrogen on growth of ruminal microbes in continuous culture. *J. Anim. Sci*., 74: 483-491.

Hart, K. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S. M., McEwan, N. R., Newbold, C. J. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermantation. *Animal Feed Science and Tech*., 147: 8-35.

Helander, I. M., Alakomi, H., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E. J., Gorris, L. G. M., Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *J. Agric., Food Chem*., 46: 3590-3595.

Iciek, M., Kwiecień, I., Wlodek, L. (2009). Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environ. Mol. Mut*., 50: 247-265.

Jouany, J. P., Morgavi, D. P. (2007). Use of natural products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*, 1: 1443-1466.

Kamel, C., Greathead, H. M. R., Tejido, M. L., Ranilla, M. J., Carro, M. D. (2008). Effects of allicin and diallyl disulfide on ın vitro rumen fermentation of a mixed diet. *Animal Feed Science and Tech*., 145: 351-363.

Kumar, S., Choudhury, P. K., Carro, M.D., Griffith, G.W., Dagar, S.S., Puniya, M., Calabro, S., Ravella, S.R., Dhewa, T., Upadhyay, R.C., Sirohi, S.K., Kundu, S.S., Wanapat, M., Puniya, A.K. (2014). New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 98: 31–44.

Kutlu, H. R., Görgülü, M. (2001). Genel Hayvan Besleme Ders Notu, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, Adana.

Lourenço, M., Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Fievez, V. (2008). Effects of saponins, quercetin, eugenol, and cinnamaldehyde on fatty acid biohydrogenation of forage polyunsaturated fatty acids in dual-flow continuous culture fermenters. *J. Anim. Sci*., 86: 3045-3053.

Macheboeuf, D., Morgavi, D. P., Papon, Y., Mousset, J.L., Arturo-Schaan, M. (2008). Dose–response effects of essential oils on *in vitro* fermentation activity of the rumen microbial population. *Anim. Feed Sci. Technol*. 145: 335–350.

Matsuura, H., Chiji, H., Asakawa, C., Amano, C., Yoshihara, T., Mizutani, J. (2003). DPPH radical scavengers from dried leaves of oregano (*Origanum vulgare* L.). *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 67: 2311–2316.

Miller, T. L., Wolin, M. J. (2001). Inhibition of growth of methane-producing bacteria of the ruminant forestomach by Hydroxymethylglutaryl~SCoA Reductase Inhibitors. *J. Dairy Sci*., 84: 1445-1448.

Molero, R., Ibars, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Losa, R. (2004). Effects of a specific blend of essential oil compounds on dry matter and crude protin degradability in heifers fed diets with different foarage to concentrate ratios. *Animal Feed Science and Tech*., 114: 91-104.

National Research Council (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National Academy Press, Washington, D. C.

Nikaido, H. (1994). Prevention of drugs access to bacterial targets: permeability barriers and active efflux. *Science*, 264: 382-388.

Ørskov, E. R. (1992). Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press Limited, Second Edition, London, UK.

Sirohi, S. K., Pandey, N., Goel, N., Singh, B., Mohini, M., Pandey, P., Chaudhry, P. P. (2009). Microbial activity and ruminal methanogenesis as affected by plant secondary metabolites in different plant extracts. *Int. J. Environ. Sci. Eng*., 1: 52-58.

Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem*. 44: 1202–1205.

Spanghero, M., Robinson, P. H., Zanfi, C., Fabbro, E. (2009). Effect of ıncreasing doses of a microencapsulated blend of essential oils on performance of lactating primiparous dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech*., 153: 153-157.

Tamminga, S. (1992). Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci*., 75: 345-357.

Tekeli, A., Çelik, L., Kutlu, H. R. (2007). Plant extracts; a new rumen moderator in ruminant diets. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 4: 71-79.

Thompson, D. P. (1986). Effect of essential oils on spore germination of *Rhizopus*, *Mucor* and *Aspergillus* species. *Mycologia*, 78: 482–485.

Trombetta, D., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Venuti, V., Cristani, M., Daniele, C., Saija, A., Mazzanti, G., Bisignano, G. (2005). Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. *Antimicrobial Agents and Chemo*, 49: 2474-2478.

Turner, G., Gershenzon, J., Nielson, E.E., Froehlich, J.E., Croteau, R. (1999). Limonene synthase, the enzyme responsible for monoterpene biosynthesis in peppermint, is localized to leucoplasts of oil gland secretory cells. *Plant Physiol*., 120: 879–886.

Ultee, A., Kets, E. P. W., Smid, E. J. (1999). Mechanisms of action of carvocrol on the food-borne pathogen bacillus cereus. *Appl. Enviromental Micro*., 65: 4606-4610.

Vansoest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of The Ruminant. Second edition, Cornell University Press, Ithaca, USA.

Voda, K., Boh, B., Vrtacnik, M., Pohleven, F. (2003). Effect of the antifungal activity of oxygenated aromatic essential oil compounds on the white-rot *Tramates versicolor* and the brown-rot *Coniophora putana. Int. Biodeter. Biodegrad*. 51: 51–59.

Wallace, J. (1991). Rumen Proteolysis and Its Control. Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion (Ed: J. P. Jouany), pp: 131-150, INRA Editions, France.

Wallace, J. (2004). Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutrition Society*, 63: 621-629.

Wallace, R. J., McEwan, N.R., McIntosh, F.M., Teferedegne, B., Newbold, C.J. (2002). Natural products as manipulators of rumen fermentation. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 15: 1458–1468.

Wang, C. J., Wang, S.P., Zhou, H. (2009). Influences of flavomycin, ropadiar, and saponin on nutrient digestibility, rumen fermentation, and methane emission from sheep. *Anim. Feed Sci. Technol*. 148: 157–166.

BÖLÜM 12

ESANS YAĞLARIN RUMİNANT HAYVANLARINDA UÇUCU YAĞ ASİTLERİ VE METAN ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Engin ÜNAY[1]

Zir. Yük. Müh. Muhammed İkbal COŞKUN[2]

[1]Uluslararası Hayvancılık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. Orcid no: 0000-0002-2648-2250, e_unay@hotmail.com

[2]Uluslararası Hayvancılık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. Orcid no: 0000-0001-9913-3505, muhammedikbalcoskun@gmail.com

GİRİŞ

Ruminant hayvanlar insanlar tarafından tüketilemeyen lif ve selüloz içeriği yüksek bitkisel kaynaklı besin kaynaklarını dört farklı bölümden oluşan mide yapısının ilk bölümü olan rumendeki kompleks mikrobiyal faunanın parçalaması ile yararlanabilmektedirler. Mikrobiyal parçalanım esnasında açığa çıkan uçucu yağ asitleri hayvanın enerji ihtiyacının yaklaşık % 70 ini karşılayacak orandadır (Ghimire, 2015).

Ruminant hayvanların sindirim sistemleri, sindirilen enerjinin bir kısmını (%2-15) metan olarak ve sindirilen azotun büyük bir kısmını (%75-95) amonyak olarak dışa attıkları için güçlü bir sera gazı olan metan emisyonuna önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Cobellis ve ark., 2016).

Son yıllarda, Esans yağlar (EO) dahil olmak üzere bitki sekonder metabolitlerini geviş getiren hayvanların beslenmesinde doğal yem katkı maddeleri olarak değerlendirmek ve rumen fermantasyon verimliliğini artırma potansiyellerinden yararlanmak için çok sayıda araştırma yapılmıştır (Cobellis ve ark., 2016).

Esans yağlar, hem in vitro hem de in vivo çalışmalarda metan üretimini ve protein parçalanmasını önemli oranda azalttıkları için çok umut verici bileşikler olarak görülmektedir. Gelecekteki araştırmalar, aktif ve faydalı EO bileşiklerinin tanımlanmasına yönelik olmalıdır.

Ruminantlarda Uçucu Yağ Asitlerinin Oluşumu:

Rumen sıvısında hakim olan uçucu yağ asitleri propiyonik, bütirik ve asetik asit iken izobütirik, valerik, izovaleric ve 2-metilbütirik asit ise eser miktarda bulunmaktadır. Asetik, propiyonik ve butirik asitlerin tamamı, enerji metabolizması içerisinde ATP üretiminde kullanılır. Bununla birlikte, asetik ve bütirik asitten farklı olarak, propiyonik asit, glikoz sentezi için de öncü olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra uçucu yağ asitleri hayvanlarda hormonal dengenin sağlanmasında görev alır. İntravenöz olarak uygulanan propiyonik ve bütirik asit insülin sekresyonunu uyardığı belirlenmiştir. Bununla birlikte uçucu yağ asitleri karaciğerde ve bağırsak duvarında değişen oranlarda metabolize edilmektedir (Dijkstra, 1994, Asi, 1995, Mitsumori ve Sun, 2008).

Ruminant hayvanlarda karbonhidrat alımının neredeyse tamamı sellüloz ve nişastalı ürünlerden oluşur. Ruminantlar tarafından alınan karbonhidratların sindirimi rumende başlar. Sellüloz rumen bakterileri tarafından salgılanan sellülaz enzimi sayesinde parçalanmaktadır (Aluwong ve ark., 2010).

Ruminant hayvanların,bağırsaklarında nişastayı parçalayacak enzimler bulunmasına rağmen parçalanma olayı rumende gerçekleşir. Ruminantların tükürüğünde amilaz enziminin bulunmaması nedeni ile nişastalı gıdalar rumende bakteriler tarafından salgılanan mikrobiyal α-amilaz enziminin yardımı ile sindirime uğrar ve alınan nişastalı gıdalar glukoza kadar parçalanır (Aiello ve ark., 1989)

Nişasta ve sellülozdan elde edilen bu glukozlar rumende ileriye doğru metabolize olur ve birçok ara basamaktan sonra fermentasyona uğrayarak Uçucu Yağ Asitlerine (asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit) dönüşürler (Baldwin ve Smith, 1979).

Ruminantlarda kullanılan rasyon dengeli ise rumendeki fermentasyon sonucunda %5-10 asetik asit, %20-30 propiyonik asit, % 50-50 oranında ise asetik asit oluşur. Eğer rasyon miktarının büyük kısmını kuru ot, saman gibi lifli maddelerden oluşuyorsa bu durumda rumende asetik asit miktarı %70-80 seviyelerine kadar çıkarken, rasyonda nişastalı maddelerin fazla kullanılması durumda fermentasyon sonucu propiyonik asit miktarı yükselir (Tekeli ve ark. 2015b).

Fermentasyon sonucu oluşan uçucu yağ asitlerinin bir kısmı rumenden bir kısmıda retikulumdan emilerek dolaşım sistemine katılırlar. Geviş getiren hayvanların sindirim sistemindeki farklılık yağ mekanizmasında da kendini göstermektedir. Geviş getiren hayvanların doğal rasyonlarındaki yağ miktarının az olması nedeni ile bağırsaklarda az miktarda trigliserite rastlanır ve bunlarda bağırsak mikroflorası tarafından parçalanırlar. Daha sonra hidrojen ile doyurulmalarına bağlı olarak bağırsaklarda yüksek miktarda doymuş serbest yağ asitlerine dönüşürler (Bedford ve ark., 2020)

Ruminantlarda yağ metabolizmasına bakıldığı zaman en önemli yağ grubu uçucu yağ asitleridir. Özellikle karbonhidratlı yemlerin ve sellülozun sindirim kanalında fermentasyonu sayesinde oluşan uçucu yağ asitleri emildikten sonra portal dolaşımla karaciğere ulaşırlar.

Karaciğere ulaşan uçucu yağ asitlerinden asetik ve bütirik asit yağ asitlerinin sentezinde kullanılırken propiyonik asit ise daha çok karbonhidrat metabolizmasında kullanılır (Gray ve ark., 1952, Wang ve ark., 2019)

Ruminantlarda Metan Üretimi:

Hayvansal gıda üretimindeki artışa bağlı olarak, ruminant kaynaklı enterik metan (CH_4) üretimi de önemli miktarda artmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, metan üretiminin küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerinde etkili olan ana faktörlerden birisi olduğunu göstermektedir.

Rumende gerçekleşen fermantasyonun bir sonucu olarak oluşan H_2 (hidrojen) ve CO_2 (karbondioksit)'nin vücuttan uzaklaştırılması için metanogezis (metan oluşumu) gerçekleşmektedir. Metanogezis (metan oluşumu) H_2 ve CO_2'nin metanojen bakteriler olarak adlandırılan arşiyalar tarafından metana dönüştürülmesi olayıdır (Şekil 1).

Rasyonla alınan toplam enerjinin % 2-12'sini metan enerjisi oluşturmakla birlikte bu miktar hayvan tarafından kullanılamayan yüksek bir enerji miktarıdır. Rumende oluşan metan gazı ciddi bir enerji kaybı olmasının yanında sera gazı etkisi nedeniyle de küresel ısınmada rol oynamaktadır (Houtert, 1993)

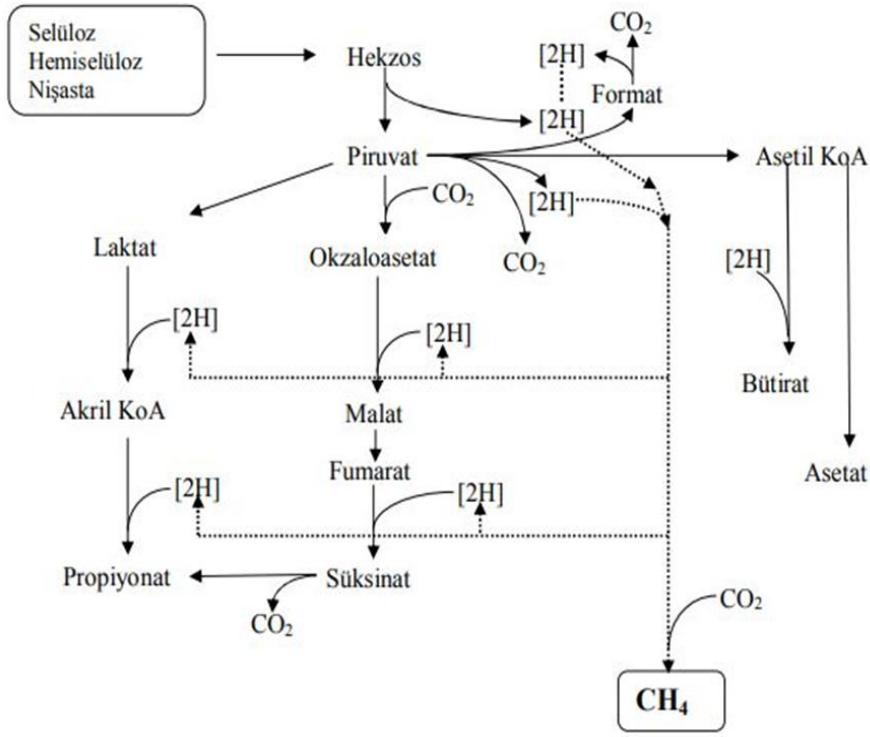
Rumende Metan Oluşumu:

Geviş getiren hayvanların günlük rasyonlarında bulunan ve rumen mikroroganizmları tarafından parçalanan karbonhidrat, yağ ve

proteinler, uçucu yağ asitleri, H_2 ve CO_2'ye dönüşmektedirler. Rumende bulunan arşiyalar tarafından karbonhidratlardan elde edilen H^+ metan üretiminde kullanıldığı için yapılan çalışmaların büyük kısmı rumende oluşan metanı azaltmak amacıyla karbonhidrat sindirimi üzerinde durmuşlardır. (Brask ve ark.,2013)

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 65Ac + 20Pr + 15\ Bü + 35CH_4 + 60CO_2 + 25H_2O$$

Yukarıdaki eşitlik rumende gerçekleşen karbonhidrat fermentasyonunu ve ortaya çıkan uçucu yağ asitleri, karbondioksit, metan ve suyu formülize etmektedir. Rumendeki fermentasyon olayı ise şekil 1. de gösterilmektedir. Rumen bakterileri tarafından rumende gerçekleşen karbonhidrat sindiriminin son ürünü olarak ortaya çıkan H_2 ve CO_2 rumende bulunan arşiyalar tarafından CH_4 (metan gazı) gazına dönüştürülmekte ve vücuttan atılmaktadır. Dışarı atılan metan gazının % 95'i ağızdan geğirme şeklinde olmaktadır.



Şekil 1. Rumende metan oluşumu (Kaya ve Ark. , 2012, Mitsumori ve Sun, 2008).

Esans Yağların Metan Gazı Salımının Azaltılmasına Yönelik Kullanımı

Rumen fermantasyonunda enerji ve protein kayıpları besin maddelerinden yararlanma verimini düşürür ve çevre kirliliğine neden olur. İyonofor antibiyotikler, enerji ve protein kayıplarını azaltmak için rumenlerde uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır. Antibiyotik büyüme destekleyicilerinin yasaklanmasından sonra, antibiyotiklere alternatiflerin araştırılmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu olası alternatiflerden biri de esans yağları olarak da adlandırılan bitki

özleridir. Esans yağları, bitkinin kokusundan ve renginden sorumlu bitki ikincil metabolitleridir (Tekeli ve ark., 2015a)

Esans yağlar, bitkiler tarafından ikincil metabolitlerin karmaşık karışımları olarak üretilen uçucu aromatik bileşiklerdir. Esans yağlar, alkoller, aldehitler, hidrokarbonlar, ketonlar, esterler ve eterler gibi birçok farklı kimyasal madde (her EO'da 20-60 bileşen) içerebilir.

Son yıllarda, esans yağlar (EO'lar), rumende mikrobiyal metabolizmanın iyileştirilmesinde, nişastanın ve protein parçalanmasının azaltılması, verimliliğin arttırılması ve metanogenezin inhibisyonu amacıyla yem katkı maddeleri olarak geniş çapta kullanılmaktadır (McIntosh ve ark., 2003, Calsamiglia ve ark., 2007, Patra 2011,).

Esans yağlar, terpenoid ve fenolik bileşiğin varlığına atfedilen bir özellik olan gram-negatif ve gram-pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal özellikler sergileyen doğal olarak oluşan ikincil metabolitlerdir. EO ilavesinin ruminal fermantasyonu, deaminasyon ve metanogenezin inhibe edildiği şekilde değiştirdiği, daha düşük NH_3, CH_4 ve asetat üretimine ve daha yüksek propiyonat ve bütirat konsantrasyonlarına neden olduğu belirtilmiştir (Tekeli ve ark., 2015a, Aiello ve ark., 1989). EO'nun rumen fermantasyonu üzerindeki etkilerine dair çoğu rapor, kısa süreli *in vitro* kültür inkübasyonlarıdır ve sadece birkaç *in vivo* çalışma vardır. Rasyonlara sarımsak yağı eklenmesi *in vitro* CH_4 üretimini azalttığı ve ruminal fermantasyonu propiyonat üretimine doğru kaydırdığı belirtilmiştir. Çeşitli

baharatların metanol ve etanol ekstraktlarını araştırmış ve sarımsak metanol ekstraktının CH_4'ün en etkili baskılayıcı olduğu ve yem sindirilebilirliği üzerinde olumsuz bir etkisi olmayan *in vitro* olarak % 64 azalma olduğu sonucuna varmıştır. Sarımsak yağının etkileri genellikle organosülfür bileşiklerinin, özellikle allisinin antimikrobiyal aktivitesine atfedilir (Brusquet ve ark., 2005).

Yapılan bir çalışmada (Patra ve Yu, 2012), *in vitro* ortamda 1.0 g/L dozunda kullanılan karanfil yağı, okaliptüs yağı, sarımsak yağı, origanum yağı ve nane yağının metan üretimi sırasıyla % 34.4, 17.6, 42.3, 87 ve 25.7 oranında azalttığı bildirilmiştir. Denemedeki esans yağların artan dozlarıyla birlikte *in vitro* ortamdaki arkia, protozoa ve majör selülolitik bakterilerin (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens ve R. albus*) varlığını baskıladığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Adem, Kaya., Hatice, Kaya & Çelebi, Ş. (2012). Ruminant Hayvanlarda Metan Üretimini Azaltmaya Yönelik Çalışmalar/Studies to Reduce The Production of Methane from Ruminant. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *43*(2), 197-204.

Asi, T. (1995). Tablolarla Biyokimya Cilt I. *İstanbul Üniversitesi, Yayın*, (199).

Aiello, R. J., Armentano, L. E., Bertics, S. J., & Murphy, A. T. (1989). Volatile fatty acid uptake and propionate metabolism in ruminant hepatocytes. *Journal of Dairy Science*, *72*(4), 942-949.

Aluwong, T., Kobo, P. I., & Abdullahi, A. (2010). Volatile fatty acids production in ruminants and the role of monocarboxylate transporters: a review. *African Journal of Biotechnology*, *9*(38), 6229-6232.

Baldwin, R. L., & Smith, N. E. (1979). Regulation of energy metabolism in ruminants. In *Advances in nutritional research* (pp. 1-27). Springer, Boston, MA.

Bedford, A., Beckett, L., Harthan, L., Wang, C., Jiang, N., Schramm, H., ... & White, R. R. (2020). Ruminal volatile fatty acid absorption is affected by elevated ambient temperature. *Scientific reports*, *10*(1), 1-11.

Brask, M., Lund, P., Weisbjerg, M. R., Hellwing, A. L. F., Poulsen, M., Larsen, M. K., & Hvelplund, T. (2013). Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplements in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *96*(4), 2356-2365.

Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M. D., & Kamel, C. (2005). Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of dairy science*, *88*(12), 4393-4404

Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret A. (2007). Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 90:2580 –2595.

Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., Yu, Z., (2016). Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. Sci. Total Environ. 545–546, 556–568. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.103

Dijkstra, J. (1994). Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. *Livestock Production Science*, *39*(1), 61-69.

Ghimire, S. (2015). *Volatile Fatty Acid Production in Ruminants* (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

Gray, F. V., Pilgrim, A. F., Rodda, H. J., & Weller, R. A. (1952). Fermentation in the Rumen of the Sheep: IV. The Nature and Origin of the Volatile Fatty Acids in the Rumen of the Sheep. *Journal of Experimental Biology*, *29*(1), 57-65.

McIntosh FM, et al. (2003). Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. Appl. Environ. Microbiol. 69: 5011–5014.

Mitsumori, M., & Sun, W. (2008). Control of rumen microbial fermentation for mitigating methane emissions from the rumen. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *21*(1), 144-154.

Patra AK. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. Asian J. Anim. Vet. Adv. 6:416–428.

Patra, A.K., Yu, Z., 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. Appl. Environ. Microbiol. 78, 4271–4280. doi:10.1128/AEM.00309-12

Tekeli, A., Drochner, W., & Steingass, H. (2015). Efficacy of essence oil supplementation to feeds on volatile fatty acid production. *Revista MVZ Córdoba*, *20*, 4884-4894.

Tekeli, A., Yıldız, G., Drochner, W., & Steingass, H. (2017). Effects of essence oil additives added to different feeds on methane production. *Revista MVZ Córdoba*, *22*(2), 5854-5866.

Van Houtert, M. F. J. (1993). The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Animal Feed Science and Technology*, *43*(3-4), 189-225.

Wang, C., Liu, Q., Guo, G., Huo, W. J., Zhang, Y. L., Pei, C. X., & Zhang, S. L. (2019). Effects of rumen-protected folic acid and branched-chain volatile fatty acids supplementation on lactation performance, ruminal fermentation, nutrient digestion and blood metabolites in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *247*, 157-165.

BÖLÜM 13

ESANS YAĞLARIN RUMİNANT HAYVANLARDA PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Gültekin YILDIZ[1]

Dr. Öğr. Üyesi Özlem DURNA AYDIN[2]

[1] Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye. Orcid no: 0000-0002-1003-9254, gyildiz@ankara.edu.tr

[2]Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kars, Türkiye. Orcid no: 0000-0003-4532-6795 odurna36@gmail.com

GİRİŞ

Avrupa Birliği 2006 yılı başından itibaren hayvan yemlerine antibiyotik yem katkı maddesinin katılmasını yasaklamasını takiben alternatif bakterileri öldürebilecek, hayvanların sindirim sistemini geliştirecek, büyütme potansiyeline sahip doğal maddeler arayışı başlamıştır. Bu amaçla enzimler, organik asitler ve aromatik bitkilerden elde edilen ekstraktlar olan esansiyel yağlar üzerinde yoğun çalışmalara girişilmiştir. Bu çalışmalar organik üretim sistemleri açısından da bir dönüm noktası olmuş, organik koşullarda ruminant hayvan yetiştiriciliği üretiminin gelişmesine önemli düzeyde katkıda bulunmuştur (Durna Aydın ve ark., 2020).

Uçucu yağlar (UY) (uçucu veya eter yağları olarak da adlandırılır), uçucu lipofilik ikincil metabolitlerin karmaşık karışımlarıdır. Genellikle bitki materyalinden su kaynatılarak ve buharla damıtılarak ekstrakte edilirler, ancak diğer yöntemler ayrıca solvent ekstraksiyonu, süper kritik CO_2 ekstraksiyonu ve ekspresyon ekstraksiyonunu içerir (Benchaar ve Greathead, 2011). Uçucu yağlar bitkiye özeldir ve bir bitkinin karakteristik tat ve kokusundan sorumludur (Greathead, 2003). Ayrıca bitkinin abiyotik ve biyotik stres faktörlerinden korunmasında ve tohumları dölleyen ve dağıtan organizmalara cezbedici olarak davranmada önemli bir rol oynarlar (Wink ve Schimmer, 2010; Samanta, 2011). Uçucu yağlar, yapraklar, kökler, çiçekler, yapraklar, tohumlar, meyveler, gövdeler ve kabuklar dahil olmak üzere bir bitkinin tüm kısımlarından ekstraksiyon yöntemi ile elde edilebilir (Anitescu ve ark., 1997). Kimyasal olarak uçucu

yağlar tipik olarak fenilpropen ve terpen ikincil metabolitlerinden oluşur. Fenilpropenler shikimat yolu ile sentezlenirken (Sangwan ve ark, 2001), terpenler (monoterpenler ve seskiterpenler) sitrik asit döngüsü ara maddesi asetil-CoA (mevalonat yolu) ve glikolitik ara maddeler gliseraldehitler 3-fosfat ve piruvat kullanılarak sentezlenir (Dewick, 2002). İsimlerinin aksine, gerçek yağlar (lipitler) değildir ve genellikle bitkilerin kokudan sorumlu bileşenlerden veya *Qunta essenta'dan elde edilir*. UY, insan ve hayvan tüketimi için güvenli kabul edilir ve ABD'de genel olarak güvenli (FDA, 2004) olarak kategorize edilmiştir (Benchaar ve ark., 2008a).

UY uçucu, güzel kokulu genellikle hafif yapılı karmaşık karışımlardır. Eterik yağlar olarak da bilinen uçucu yağlar, aromatik bileşikler büyük ölçüde uçucu olduğundan, genellikle buhar damıtma veya çözücü ekstraksyonu ile ekstrakte edilir (Greathead, 2003). UY'ın bileşimi tohumlar, kökler ve kabuk gibi farklı bölümler arasında değişebilir (Dorman ve Deans, 2000). Örnek kişniş (*Corandrum satvum* L.) tohumlarından elde edilen UY ile kişnişinolgunlaşmamış yapraklarından elde edilen UY farklı bir bileşime sahiptir (Delaqus ve ark., 2002). UY'dan zengin olan bitki bölümleri ve ana bileşikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Sindirim uyarıcı aromatik bitkiler (Kamel 2000)

Bitki İsmi	**Kullanışlı Kısım**	**Ana Bileşik**	**BitkiİsmI**	**Kullanışlı Kısım**	**Ana Bileşik**
Ada çayı	Yaprak	Cineole	Kekik	Bütün	Thymol, carvacrol
Anason	Tohum	Anethole	Kimyon	Çekirdek	Cuminaldehit
Biberiye	Yaprak	Cineole	Kişniş	Çekirdek, yaprak	Linalol
Çemen	Çekirdek	Trigonelline	Maydanoz	Yaprak	Apiol
Defne	Yaprak	Cineole	Nane	Yaprak	Menthol
Hardal	Tohum	Allylisothiocyanate	Sarımsak	Soğan	Allicin
Hindistan Cevizi	Tohum	Sabinene	Tarçın	Kabuk	Cinnamaldehyde
Karabiber	Meyva	Piperine	Zencefil	Rhizome	Zingerole
Karanfil	Çiçek	Eugenol			

Ülkemiz florasının 1/3'ü aromatik bitkilerden oluştuğundan bu konuda şanslıyız. Türkiye'de yetişen bitkilerin yaklaşık 3000 çeşidinin aromatik özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir. Bu bitkilerden destilasyon yolu ile elde edilen esansiyel yağların bazılarının aktif komponentleri bakteriostatik, bakterisit ve fungusit özelliklere sahiptir (Çabuk ve ark, 2003). Esansyel yağlar çiftlik hayvanları beslemede yemden yararlanmayı iyileştirme, oksidatif strese karşı koruma ve antimikrobiyal özellikler (Torres ve ark., 2020; Benchaar, 2021) gibiüç önemli nedenden dolayı kullanılıyor. UY'ın antioksidatif aktivitesi, yem yağlarının oksidatif zarardan korunması özelliklerine ek olarak, küçükbaş hayvanlarda UY'ın uzun vadeli kullanımının et ve sütün antoksidan stabilitesini iyileştirdiği bildirilmektedir (Martnez ve ark., 2007). Kekik, rezene, defne yaprağı, adaçayı gibi aromatik

bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar patojen mikroorganizmaların kontrolünde, antioksidan etkileri ile, gübre ile meydana gelen çevre kirliliğinin azaltılmasında, gıdaların raf ömrünün uzatılmasında değerlendirilmişlerdir. Bitki ekstraktlarının hayvan yem veya sularına ilave edilmesi bazı çalışmalarda yem tüketimi, yemden yararlanma ve karkas kalitesini önemli düzeyde iyileştirmiş, mortaliteyi azaltarak verimliliği arttırmıştır (Jamroz ve Kamel 2002; Çabuk ve ark, 2003). Ruminal selüloz sindirimini daha etkin kılacak ve fermantasyon sırasında gerçekleşen besin madde kayıplarının (uçucu yağ asitleri üretimindeki dengesizlikler; azot kayıpları, metan üretimi) en aza indirgeyecek çalışmalar önemlidir (Benchaar ve ark 2008b).

Esans Yağların Antimikrobiyal Özellikleri ve Etki Mekanizmaları

Uçucu yağların antimikrobiyal aktivite sergilediği gösterilmiştir (Burt, 2004). Uçucu yağlarda bulunan çok sayıda bileşen nedeniyle, antibakteriyel aktivitelerinin tek bir etki tarzından kaynaklanmaması, hücredeki birkaç hedefi içermesi büyük olasılıktır (Burt, 2004; Acamovic ve Brooker, 2005). Uçucu yağların antibakteriyel aktivitesi esas olarak hidrofobiklikleriyle ilgilidir ve bu onların etkilerini uyguladıkları yerden, ikincil metabolitin türüne göre değişen bakteriyel plazma zarının lipit çift tabakasında birikmelerini sağlar. Bazıları membran geçirgenliğini değiştirir, bazıları membran proteinleri ile etkileşime girer ve diğerleri, plazma membranının içinden veya sitoplazmanın kendisine yayılarak doğrudan sitoplazmik bileşenlerle etkileşime girebilir. Bu mekanizmaların tümü ayrı hedefler değildir; bazıları hedeflenen başka bir mekanizmanın sonucu

olarak hücre duvarlarını çevreleyen bir dış tabakaya sahip olması nedeniyle bu beklenebilir (Lambert ve ark., 2001; Burt, 2004). Ancak Helander ve ark. (1998), timol ve karavakrol fenoliklerinin dış hücre zarını bozarak Gram-negatif bakterilerin büyümesini de engellediğini bildirdi. Uçucu yağların küçük moleküler ağırlığının, dış zardaki porinproteinlerinden geçmelerine ve plazma zarına erişmelerine izin verdiği görülmektedir (Dorman ve Deans, 2000).

Esans Yağların Performans Üzerine Etkileri

Besicilikte iki önemli terim vardır. Bunlardan birincisi canlı ağırlık artışı (CAA) olup, bunu genelde günlük canlı ağırlık artışı (GCAA) olarak belirleriz. Bunu hesaplamak için basit olarak, besi sonu canlı ağırlıktan besi başı canlı ağırlık çıkarılarak besi süresine bölünür. İkincisi ise, yemden yararlanma yeteneği (oranı) (YYO) olup, her kg canlı ağırlık artışı için tüketilen kuru madde bazındaki yem miktarını ifade eder. Besiciliğin ekonomik bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olan şartlar, aynı zamanda besi performansını etkileyen faktörlerdir. Bu faktörlerde hayvanın ırkı, cinsiyeti, orjini, yaşı, kondisyonu, bakım ve sağlık ile beslenmedir.

Sığır eti üretimini artırmak için yapılması gerekenler içinde yem hazırlama ve yemlemenin iyileştirilmesi konusu da yer almaktadır. Rasyon hazırlama ve yemleme sığır eti üretiminde önemli bir role sahiptir. Bilindiği üzere yem giderleri tüm giderlerin içinde %70 gibi önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle, yapılan çalışmalar yüksek bir canlı ağırlık ile besin madde yönünden ekonomik bir besiyi amaçlamalıdır.

Besicilikte amaç, hayvanlara her gün belirli bir canlı ağırlık artışı sağlatmaktır. Besi, genetik yapının izin verdiği ölçüde en yüksek miktarda kaliteli et üretmek üzere hayvanların özel bir beslenme rejimine tabi tutulmasıdır. Son yıllarda besi sığırlarının beslenmesinde çeşitli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır. Amaç yemden yararlanmanın iyileştirilmesi ve canlı ağırlık artışının artırılmasıdır.

Vücutta sentez faaliyetlerini artıran, besi performansını yükselten, karkas kalitesini artıran ve hastalıklara karşı koruyucu olarak yemlere katılan yem katkı maddelerini: organik asitler, killer, probiyotikler, prebiyotikler, metan bağlayıcılar, protein koruyucular, transklizanlar, rumen stabilizatörler, rumen fermantasyonunu düzenleyiciler, rumen tamponlayıcıları ($NaHCO_3$, MgO, Na-Bentonit gibi), buzağı yetiştirmede barsak stabilizatörleri olarak özetleyebiliriz.

Son yıllarda bu alana esans yağlar da ilave edilmektedir. Aromatik bitki karışımı (çörek otu tohumu, rezene, kekik, kimyon "YUMESA Meat Plus") kullanmanın besi sığırlarında besi performansı (canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma değerleri), ultrasonik olarak ölçülen bazı karkas özellikleri ve bazı kan parametreleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla Kaya (2018) tarafından yürütülen çalışmada, 20 baş Holstein erkek dana 15 gün alıştırma döneminden sonra 93 günlük denemeye alınmıştır. Kontrol grubuna işletmede rutin olarak uygulanan besleme yöntemi uygulanmıştır. Diğer 10 hayvandan oluşan deneme grubuna ise aynı rasyona ilave olarak 50gr/baş/gün YUMESA Meat Plus ticari ismi ile pazarlanan bitkisel yem katkı maddesi yem üzerine dökülerek verilmiştir. Yapılan

çalışmada elde edilen verilere göre kontrol ve deneme gurubu arasında besi performansı, bazı kan parametreleri ve karkas özellikleri bakımından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Deneme süresi 0-93 gün arasında, kontrol grubundaki hayvanlarda günde 1,209 kg canlı ağırlık artışı gözlenirken, deney grubundaki hayvanların günlük canlı ağırlık artışı 1.386 kg olmuş, deneme grubundaki hayvanlar günlük 177 g (yaklaşık %15) daha fazla canlı ağırlık kazanmışlardır. Bunun yanı sıradeneme gurubundaki hayvanların daha sakin olduğu gerçeğinin gözlemlenmesi, kontrol grubunda timpani gibi hadiselerin yaşanırken deneme grubunda gözlenmemesi aromatik bitkilerin besi sığırları üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır.

Kekik ve çörek otu tohumu ile alakalı yapılan farklı çalışmaların sonuçları göz önüne alındığında, ruminant hayvanların rasyonlarına farklı miktarlarda kekik yağı ilavesinin, besi performansı ve organ ağırlıkları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Rumen parametreleri bakımından kekik yağının, sindirim sistemini kötü etkilemediği, toplam uçucu yağ asitleri konsantrasyonlarında pozitif etki yaptığı tespit edilmiştir (Ünal ve Kocabağlı 2014). Çörekotu tohumu ve çörekotu tohumundan üretilen küspe ve yağların kuzuların günlük canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranı açısından istatistiki olarak önemsiz olduğu fakat kesif yemlerle beslenen ruminant hayvanlar için sorun olan rumen pH değerinin düşmesini önlemesi açısından çörek otu tohumunun ruminant rasyonlarına % 4 seviyesine kadar ilave edilebileceği sonucuna

varılmıştır (Özçelik ve Bayram 2012). Durna Aydın ve ark., (2020) yapmış oldukları çalışmada, sütten kesilmiş Tuj ırkı kuzularda kekik yağının *(Origanum vulgare)* farklı dozlarda oral kullanımının canlı ağırlık artışı, günlük canlı ağırlık artışı, günlük yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını etkilemediğinibildirmişlerdir. Çalışmalarda (Benchaar ve ark., 2007b) 750 mg/gün esans yağ tüketimi ile yem sindiriminin iyileştiği bildirildi. Bir çalışmada Benchaar ve ark. (2006) besi sığırlarının büyüme performansını değerlendirmişler ve bunun için ticari bir eterik yağ bileşiği karışımı (timol, öjenol, vanilya ve limonen) ile 2 veya 4 g/gün takviye edilen temel rasyon ile beslemişlerdir. KM alımının ve yemden yararlanma oranının 2 g/gün dozuyla en iyi şekilde etkilendiği belirtilmiştir. Benchaar ve ark. (2006) timol, öjenol, vanilin ve limonenden oluşan UY bileşiklerinin (Vertan®, IDENA, Sautron, Fransa) 2 veya 4 g/gün ticari karışımı ile takviye edilmiş silaj bazlı bir rasyon ile beslenen besi sığırlarının büyüme performansını değerlendirmişlerdir. Kuru madde (KM) alımının ve ortalama günlük kazancın, UY bileşikleri karışımıeklenmesinden etkilenmediğini göstermişlerdir. Bununla birlikte, kazanç/KM alım oranı, yemden yararlanmayı en üst düzeye çıkaran 2 g/gün'lük bir dozla kuadratik olarak etkilenmiştir.

Benchaar ve ark., tarafından yapılan bir dizi çalışma (2008b, 2012, 2015) ve Benchaar (2016)'ın diğer çalışmasında süt ineklerine tarçın yağı (50 mg/gün), sinnamaldehit (50 mg / kg KM) veya öjenol (25, 50 ve 75 mg/kg KM alımı) verilmesinin süt verimi ve süt bileşimi üzerine hiçbir etkisi olmadığını ortaya koymuştur. Yang ve ark. (2007), süt

ineklerine sarımsak (5 g/gün) ve ardıç (2 g/gün) yağlarının verilmesinin süt üretimi ve süt bileşimi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını gözlemlemişlerdir (Tablo 2). Tager ve Krause (2011), 0.5 veya 10 g/gün sinnamaldehit ve öjenol karışımıyla beslenen süt ineklerinin süt performansında hiçbir değişiklik bulunmadığını ifade etmişlerdir. Hristov ve ark. (2013), KM'deki artışa rağmen, kekik yapraklarıyla beslenen süt ineklerinin süt üretiminde herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Benchaar ve ark. (2007b), ineklerin günlük timol içeren UY (750 mg) ile takviye edildiğinde süt yağ asidi profilinde bir değişiklik olmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte, aynı karışımın daha yüksek bir konsantrasyonda (yani 2 g/gün) eklenmesi, süt yağındaki sağlığı geliştirici bir yağ asidi olan konjuge linoleik asit (KLA) konsantrasyonunu arttırmıştır.

Uçucu yağların ve temel bileşenlerinin büyüme, karkas bileşimi ve et kalitesi üzerindeki etkilerini inceleyen çok az çalışma vardır. Bampidis ve ark. (2005), kilogram KM başına 144 mg veya 288 mg kekik yağı (karvakrolün % 85'i) eşdeğerini sağlayan kekik yaprakları ile takviye edilmiş kuzuların kuru madde tüketimi ve yem dönüşüm oranında hiçbir değişiklik gözlememiştir. Chaves ve ark. (2008b) kuzuların sinnamaldehit veya karvakrol (200 mg/kg KM) ile desteklenmesinin KM tüketimi, yem dönüşüm oranı, karkas özellikleri ve et kalitesi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada, Chaves ve ark. (2008a) sinnamaldehit, sarımsak veya ardıç meyvesi yağları (200 mg/kg KM) ile beslenen kuzuların kuru madde tüketimi, karkas özellikleri ve et kalitesinde herhangi bir

değişiklik gözlemlememiştir. Sinnamaldehit veya ardıç meyvesi yağı ile beslemek karkas kalitesinde de hiçbir değişiklik yapmamıştır.

Tablo 2 Farklı fitojenik katkı maddelerinin in vivo çalışmalarda hayvan performansına etkisi (Kholif ve Olafadehan, 2021' den uyarlanmıştır).

Bitki Türleri	Bitki Malzemesi	Dozaj	Hayvan Türleri	Diyet	Etkileri	Referans
Kekik (Origanum vulgare)	Yaprak	4 ve 8 kg/ton rasyon	Chios kuzusu	konsantre ad lib: yonca 0.44 kg (kuzu/gün)	↔:GCAA ↔: KM Alımı ↔: YYO ↔: karkas verim özellikleri	Bampidis ve ark (2005)
Capsicum (*Copsicum annuum*)	Uçucu yağ	1 g/d	Holstein düveleri	Arpa samanı ve konsantre rasyonu	↑ KM Alımı	Cardozo ve ark. (2006)
Yonca (*Medicago sativa)* ve öjenol		30 g/gün Eugenol yonca özü 0.09g/gün	Holstein düveleri	Arpa samanı ve konsantre	↓: tüketim	Cardozo ve ark. (2006)
Thymol, öjenol, vanilin ve limonen	Uçucu yağlar karışımı	2 veya 4 g/gün	Besi sığırları	Silaj bazlı bir rasyon	↔ GCA	Benchaar ve ark (2006)
Sarımsak (Allium sativum) ve ardıç (Juniperus communis)	Uçucu yağ	Sarımsak esansiyel yağı (5 g/gün) ve ardıç (2g/inek/gün)	Laktasyonda holstein inek	Kaba yem ve arpa bbalı konsantre yem (40:60)	↔:tüketim	Yang ve ark (2007)
Karvacrol veya cinnamaldehit	Uçucu yağlar Karışımı	0.2 g/kg diyet	Arcott kuzuları	Tane Arpa veya mısır bazlı rasyon	↔ tüketim ↔ GCA	Chaves ve ark. (2008c
Linalool, p-cymene, a-pinene ve p-pinene	Monoterpen karışımı	0.043 g/kg KM alımı	Saanen veya Alp keçileri	Konsantre: kaba yem (21: 79, KM)	↔:tüketim ↔sindirilebilirlik	Malecky ve ark (2009)
Thymol, öjenol, vanilin ve limonen	Uçucu yağlar Karışımı	1,2 g/ınek/ gün	İnek	Mısır silajı:yonca silajı:buğdaysamanı (70:15:15)	↔ Süt verimi	Tassoul ve Shaver (2009)
Yucca (*Yucco Sehidigera), kekik* (Origanum vulgare)	Saponin	Saponin (170 mg/gün) ve kekik (250 mg/gün)	Mongolia koçu	Temel yem 1.29 kg kuru ot karması ve 0.43 kg konsantre (KM)	↔KM Alımı ↔sindirilebilirlik ↔ selüloz sindirilebilirliği	Wang ve ark (2009)
Eugenol, geranil asetat ve kişniş yağı	Uçucu yağlar karışımı	0,85 g/inek/gün	Holstein	Buğday silajı, mısır tanesi, yonca kuru otu, taze doğranmış yonca ve mısır silajı	↔ Süt verimi ↔ süt bileşimi	Santos ve ark. (2010)

Tablo 2 Devamı. Farklı fitojenik katkı maddelerinin in vivo çalışmalarda hayvan performansına etkisi (Kholif ve Olafadehan, 2021' den uyarlanmıştır).

Bitki Türleri	Bitki Malzemesi	Dozaj	Hayvan Türleri	Diyet	Etkileri	Referans
Cinnamaldehit	Uçucu yağlar	0,4 g/ gün	Tosun	%15 arpa silajı, %80 ezilmiş arpa tanesi ve %5 katkı rasyon	↑ KM Alımı ↑ Besin sindirilebilirliği	Yang ve ark. (2010)
Cinnamaldehit	Uçucu yağlar	1,6 g/d	Tosun	%15 arpa silajı, %80 ezilmiş arpa tanesi ve %5 katkı	↑ KM Alımı ↑ Besin sindirilebilirliği	Yang ve ark. (2010a)
Kişniş *{Coriandrum sotivum)*	Ham yağ	14 mL/inek/gün	Laktasyon Friesian inek	Konsantre:berseem yoncası: pirinç samanı (40:40:20)	↑ Besin sindirilebilirliği ↑Süt üretimi ↑ Süt (yem) verimliliği	Matloup ve ark. (2017)
Salkım söğüt *(Salix babylonica)*	Sulu özü	150 mL/inek/gün	İsviçre esmesi	konsantre ve yulaf samanı	↑ KM Alımı ↑Süt üretimi ↑Süt yağı ↑ Süt (yem) verimliliği	Salem ve ark. (2014b)
Salkım söğüt *(.Salix babylonica)*	Sulu özü	25-50 mL/gün	kuzu	Sorgum tane : konsantre (15:85)	↑ KM Alımı ↑GCAA	Salem vd. (2014c)
Biberiye (Salvia *rosmarinus*)ve limon otu *(Cymbopogon citratus)*	Otlar	10 g/keçi/gün	Laktasyon Şam keçileri	Berseem yoncası: konsantre yem (1:1)	↔KM Alımı ↑ besin sindirilebilirliği ↑ Süt verimi ↑süt bileşimi ↑ Süt KLA ve UFA ↓ süt SFA	Kholif ve ark.. (2017)
Hardal *{Brassica junceo)* ve kimyon *(Kimyon cyminum*)	Tohum	10 g/keçi/gün	Laktasyon Şam keçileri	Berseem yoncası:konsantreler (1:1)	↔KM Alımı ↑ besin sindirilebilirlığ ↑ Süt verimi ↑süt bileşimi ↑ Süt KLA ve PUFA	Morsy ve ark. (2018)
Moringa oleifera	Sulu özü	10, 20 ve 40 ml/keçi ve gün	Laktasyonda Nubian keçisi	Berseem yoncası: konsantre (40:60,KM)	↑ KM Alımı ↑ Besin sindirilebilirli ↑Süt üretimi ↑Süt yağı ve laktoz ↑ Süt UFA ve KLA	Kholif ve ark (2018a)
Capsicum (ıCopsicum *onnuum)* ve kekik (*Thymus vulgaris)*	Uçucu yağlar karışımı	2 mL/gün	Laktas. Farafra koyunla	Konsantreler: berseem samanı: buğday samanı (60:20:20 KM)	↔:tüketim ↓Süt ↓besin sindirilebilirliği indeksi	Kholif ve ark (2018c)
Cinnamaldehit, timol ve öjenol karışımı	Uçucu yağ karışımı	1 ve 2 g/kg deneysel substrat	Kore yerli sığır düveleri	Esi sığırı için ticari konsantre yem	↓:sindirilebilirlik ↓: selüloz sindirimi	Kim ve ark (2019)

Timol ve kereviz	Yaprak	20 g/koyun/ gün	Barki koyunu	Temel konsantre yem yemlik mısır 60:40 (KM)	↑ bitiş canlı ağırlık ↑ ortalama CA ↑ enerjiye göre düzeltilmiş süt ↑ Süt yağı ↑yem alımı ↑sindirilebilirlik	Abbd El Tawab ve ark (2020)
Timol ve kereviz	Yaprak	20 g/koyun/ gün	Barki koyunu	Temel konsantre yem yemlik mısır 60:40 (KM)	↑ GCA ↑ Süt verimi ↑ Süt bileşenleri verimi ↑ YYO ↑ süt bileşimi ↑ yem alımı ↑sindirilebilirlik	Khattab ve ark (2020)
Özel özler ve uçucu yağlarla zenginleştirilmiş öğütülmiş ot kompleksi	Katkı karışımı	3 veya 6 g/inek/gün	Friesian inek	Konsantre yemarışımı, mısır silajı ve pirinç samanı bazlı rasyon(50:30:20)	↑süt üretimi ↑süt bileşenleri verimi ↑süt Ca, Zn, Fe ve Mn miktarı ↑ besin sindirilebilirliği	Kholif ve ark.. (2021b

↔: etkisiz; ↓: azalma; ↑: artış. KLA konjuge linoleik asit, KM kuru madde, PUFA çoklu doymamış yağ asitleri, SFA doymuş yağ asitleri, UFA doymamış yağ asitleri

Rivaroli ve ark. (2016) dört ay boyunca uçucu yağ karışımı (kekik, sarımsak, limon, biberiye, kekik, okaliptüs ve tatlı portakal) (0, 3.5, 7 g/hayvan/gün) ile besledikleri sığırlarda ((1/2Angus- 1/2 Nellore)uçucu yağların kimyasal ve yağ asidi bileşimi, et rengi, su tutma kapasitesi veya dokusu üzerinde hiçbir etkisi görülmemiş, 3.5 g/gün eklenmesi ile lipid oksidasyonu azalmıştır. Katkı 7.0 g/hayvan/gün olduğunda et üzerinde pro-oksidan bir etki ve 14 gün beklemede daha yüksek lipid oksidasyonu değerleri görülmüştür. Geçen zamançözülme kayıplarını ve dokuyu önemli ölçüde etkilemiştir. Sonuçta besi hayvanlarında 3.5 g/hayvan/gün dozunun uygun olduğu, daha yüksek dozların pro-oksidan etkisi olabildiği bildirilmiştir.

Canbolat ve ark. (2021) sarımsak uçucu yağının (GEO) kıvırcık kuzularının performans, ruminal fermantasyon ve kan parametreleri üzerine etkilerini belirlemek üzere iki ay süreyle rasyona%0.0, 0.4, 0.8 ve 1.2 g/kg KM'de GEO katkısı yaptılar. GEO takviyesi ile toplam ağırlık artışı (CAA) ve ortalama günlük ağırlık artışını (GCAA) önemli ölçüde azalırken, nihai vücut ağırlığı (nCA), günlük yem alımı (YT) ve yem dönüşüm oranı (YYO) üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Kuzulara 0,8 g/kg KM'ye kadar GEO takviyesi önerilmiştir. Kuzu rasyonlarına GEO ilavesinin rumen fermantasyonu ve kan parametreleri üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. Kuzu rasyonlarına GEO ilavesi, esterleşmemiş yağ asidi üretimini arttırırken, takviye ile glikoz, üre, protein, trigliserit, insülin ve kolesterol seviyeleri önemli ölçüde azalmıştır. Kan parametreleri dikkate alındığında glikoz, üre, trigliserit, insülin ve kolesterolün azalmasının hayvan sağlığı açısından önemli olduğu söylenebilir.

Da Silva ve ark. (2020) bir uçucu yağ karışımının (BEO; kapsaisin ve karvakrol, sinnamaldehit ve öjenolün saf formlarını içeren mikrokapsüllü biber özü karışımı) tüketimi, laktasyon performansı, diyet sindirilebilirliği, rumen fermentasyon profili, yeme davranışı, vücut termoregülasyonu, kan asidi-baz dengesi ve laktasyondaki ineklerin süt yağ asidi profili üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kullandıkları yirmi sekiz Holstein ineğini 14 gün boyunca bireysel olarak standart bir diyet ve 56 gün süreyle kontrol veya BEO (150 mg/kg rasyon kuru maddesi) ile beslemişlerdir. BEO ile kuru madde alımı azalmış (19,5'e karşı 20,1 kg/gün) ve süt verimi artmıştır (30.1'e

karşı 30,8 kg/gün). Bu sonuç süt/KM alımı oranını (1,53'e karşı 1,62) teşvik etmiştir. Süt yağı konsantrasyonu da BEO ile artma eğiliminde olmuştur. BEO ile rumen sıvısındaki asetatın molar oranı azalmış (51,4'e karşı %57,8), propiyonatınki artmış (%26,1'e karşı %31,3), rumen sıvısındaki ruminal mikrobiyal verim ve toplam protozoa sayısı farklılık göstermemiştir. Yem tüketiminde ufak farklılıklar olmuş, kan üre-N ve glukoz konsantrasyonları ise farklılık göstermemiştir. BEO tüketimi ile juguler kan oksijenasyonunu ile sıcak ve kuru bir günde terleme oranı (160'a karşı 221 g/m2/saat) artmıştır. Ortalama rektal ve cilt sıcaklıkları ve solunum hızı değişmemiştir. BEO katkısı süt yağındaki 18:0 izo yağ asitlerinin konsantrasyonunu arttırmıştır. Düzenli süt tüketicilerinin %59'u (n = 63) BEO katkısı tüketen ineklerinden alınan süt numunesini, kontrolden göre, doğru ayırt etmişlerdir. BEO katkılı tüketim ile yem verimliliğindeki kazanç, rumen sıvısında azalan asetat-propionat oranı, değişen yeme davranışı, daha düşük yüksek rektal sıcaklık ve artan kan oksijenasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Uçucu yağlar, süt ineklerinin rumen fermantasyonu ve sistemik değişkenleri üzerinde olumlu etkilere sahip bulunmuştur.

Özdoğan ve ark. (2011), Karya kuzularının (19,05±1,65 kg ağırlığında ve 5,5 aylık) besi performansı, bazı kan parametreleri, kesim özellikleri ve iç organ ağırlıkları üzerine uçucu yağ bileşikleri karışımı (BEOC) incelemek üzere karma yeme kg başına 1 g uçucu yağ katılan yemler ilead libitum beslemede kuzu başına 0.2 kg/gün yonca otu ve karma yem 56 günlük süre boyunca verilmiştir. BEOC katkısıile canlı ağırlık (A), canlı ağırlık artışları (CAA), toplam kuru

madde alımı ve yem dönüşüm oranları (YYO) daha iyi sonuçlar gösterirken bunlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05).

Esans Yağların Rumen Mikrobiyal Fermantasyonu Üzerine Etkileri

Geviş getiren hayvanlarda esans yağı dozlarını yüksek oranda arttırmak metan üretimini azaltabilmektedir. Bitki özleri (*T. vulgars, O. vulgare, S. aromatcum, Z. offcnale*) kullanılarak yapılan çalışmada (Tekeli ve ark, 2017) syzygum 200 ppm takviyesi ile invitro rumen ortamında 24 saat inkubasyonda en düşük metan üretim değerleri (Thymol 25ppm (%9,43), Oregano 25ppm (%9,77), Zanzibar 200ppm (%8,52) ve Syzygum 200ppm (%1,65) elde edilmiştir (P<0.05).

Eterik yağların ruminal mikrobiyal fermentasyon üzerindeki etkilerini i*n vitro* gaz üretim yöntemiyle araştıran Oh ve ark. (1967, 1968), Nagy ve Tengerdy (1968) olmuştur. Borchers (1965) kazein içeren ruminal sıvıya (1 g / l) timol ilavesinin amino asit (AA) birikiminde ve amonyak N (NH 3 –N) konsantrasyonunda bir düşüş olduğunu duyurmuştur. Bu düşme ruminal bakteriler tarafından aminoasit deaminasyonunun inhibisyonu sonucu gerçekleşmiştir. Daha yakın zamanda, McIntosh ve ark. (2003) kazein ortamında aminoasit deaminasyonunda %9'luk bir azalma gözlemlemişlerdir. Uçucu yağların N metabolizmasını değiştirmesi için gereken konsantrasyon aralığı 35-360 mg / l olarak belirtilmiştir (McIntosh ve ark, 2003).

Uçucu yağlar ve bileşenleri doza bağlı bir şekilde ruminal N metabolizmasını etkilemektedir. Busquet ve ark. (2006) anason yağı, kırmızı biber yağı, tarçın yağı, karanfil, tomurcuk yağı, dereotu yağı, sarımsak yağı, zencefil yağı, kekik yağı ve çay ağacı yağı ile bunların ana bileşenleri (anetol, benzil salsilat, karvakrol, karvon, sinnamaldehit ve öjenol) ile çalışmışlar ve yüksek dozlar (3000 mg/l) NH 3 –N konsantrasyonunu etkilemiş, orta dozlarda (300 mg/l) ve düşük dozlarda (3 mg/l) bu etkiyi bulamamışlardır. Danalara 100 g/kg anethol içeren anason özütü 2 g/gün dozunda verildiğinde holotrich ve entodinomorph sayıları azalmıştır (Cardozo ve ark, 2006).

Esans Yağların Rumen Protein Metabolizması Üzerine Etkileri

Geviş getiren hayvanlar rasyon nitrojenini (N) çevreye idrar ve dışkı ile attıklarından nispeten verimsiz kullanırlar. Besin N'nin süt proteinine transferinin etkinliği % 25 ila 30 arasında değişmektedir (Lapierre ve ark., 2005; Huhtanen ve Hristov ve ark., 2009). Sonuç olarak, süt protein sentezi veya kazancı için kullanılmayan N, havanın ve yer altı ve yüzey suyunun kirlenmesine katkıda bulunur. Bu nedenle geviş getiren hayvanlarda azot kullanımının etkinliğinin artırılması, hayvansal üretim ve çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

Uçucu yağların ve temel bileşenlerinin rumen protein metabolizması üzerindeki etkilerini belirlemek için çeşitli in vitro çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, uçucu yağa (veya uçucu yağ bileşiğine), doza ve kullanılan in vitro tekniğe (parti veya

sürekli kültür) bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Örneğin, Castillejos ve ark. (2006, 2008) timolün rumen mikrobiyal fermantasyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir dizi kesikli kültür ve sürekli kültür deneyi gerçekleştirdiklerinde 5 ve 50 mg / l dozlarında timolün ruminal N metabolizması üzerinde etkisi olmadığını belirlediler. Daha yüksek dozlarda (500 ve 5000 mg/l)timol ise 24 saatlik toplu kültürlerde amonyak konsantrasyonunu düşürmüştür. Bununla birlikte, sürekli bir kültür sisteminde 500 mg/l'de timol eklendiğinde büyük peptit N konsantrasyonunu ve küçük peptit artı aminoasit N konsantrasyonunu arttırmıştır, ancak amonyak konsantrasyonu üzerinde hiçbir etkisi olmamıştır. Bu değişiklikler hem proteoliz hem de peptidoliz süreçlerinin timol tarafından uyarıldığının bir göstergesidir. Uçucu yağların ruminal N metabolizması üzerindeki etkilerini *in vivo* araştıran bir dizi çalışma yapılmıştır. Chaves ve ark. (2008b) sinnamaldehit veya karvakrol (200 mg /kg kuru madde alımı) ile takviye edilmiş kuzularda ruminal amonyak konsantrasyonunda hiçbir değişiklik gözlemlememiştir. Aynı şekilde Yang ve ark. (2010a, b) 400, 800 veya 1600 mg/gün öjenol veya sinnamaldehitle beslenen besi sığırlarında ruminal amonyak konsantrasyonunda hiçbir değişiklik gözlemlememiştir. Süt ineklerine tarçın yağı (50 mg / kg KM alımı), sinnamaldehit (43 ve 50 mg/kg KM alımı) veya öjenol (25, 50 ve 75 mg/kg KM alımı) beslemenin ruminal protein yıkımı ve amonyak konsantrasyonunda (Benchaar ve ark., 2008b, 2012, 2015, Benchaar, 2016) hiçbir değişiklik gözlememişlerdir. Tekippe ve ark. (2011) süt ineklerinin işkembesine 500 g/gün kekik yaprağı (toplam uçucu yağın % 90,8'i

karvakrol) katılmasının ruminal amonyak konsantrasyonunu artırdığını, bunların aksine, Hristov ve ark. (2013) 250, 500 veya 750 g/gün kekik yaprağı (toplam uçucu yağın % 78,5'i karvakrol) ile beslenen ineklerde ruminal amonyak konsantrasyonunda bir düşüş bildirmişlerdir.

Esans Yağların Rumen UYA Üzerine Etkileri

Esans yağ kullanımında antimikrobiyal etkilerinin bir sonucu ve doza bağımlı olarak UYA konsantrasyonunun azalması olabilmektedir. Örneğin Busquet ve ark. (2006) çeşitli bitki özlerinin (anason yağı, karanfil yağı, kırmızı biber yağı, tarçın yağı, karanfil, tomurcuk yağı, dereotu yağı, çemen otu, sarımsak yağı, zencefil yağı, kekik yağı, çay ağacı yağı ve yucca) ve ikincil bitki metabolitleri (anethol, benzil salisilat, karvakrol, carvone, sinnamaldehit ve öjenol) 24 saatlik bir ruminal inkübasyonda kültür sıvısına 3 g/l kadar dozlarda katılması toplam UYA konsantrasyonunu artırırken yüksek konsantrasyonları ise düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Busquet ve ark. (2005a) sinnamaldehit ve sarımsak yağı sırasıyla 31.2 ve 312 mg/l kültür sıvısına ilave edilmesi durumunda düşük sinnamaldehit dozu ve yüksek sarımsak yağı dozunda asetat oranı azalırken propiyonat oranı artmıştır, yüksek dozda bütiratın molar oranı da artmıştır.

UY veya bileşikleri ilavesinin ruminal toplam UYA konsantrasyonunu artırdığı, yem sindirimini iyileştiği sınırlı sayıda çalışmalarda da olsa gösterilmiştir. UY ilavesi (1.5 mg/l) toplam UYA konsantrasyonunu ve sabit pH inkubasyonlarda kuru madde sindirilebilirliğini artırmıştır

(Castllejos ve ark, 2005). UY ilavesi ile yapılan iki *in vivo*çalışmada (koyun, 110 mg/gün veya sığırlara 1 g/gün ilave) toplam UYA konsantrasyonunu ve oranlarını etkilemiştir (Newbold ve ark., 2004; Beauchemn ve McGinn, 2006). Busquet ve ark. (2006), çeşitli bitki ekstratlarının (anason yağı, ardıç yağı, kırmızı biber yağı, tarçın yağı, karanfil, tomurcuk yağı, dereotu yağı, çemen otu, sarımsak yağı, zencefil yağı, kekik yağı, çay ağacı yağı) ve ikincil bitki metabolitlerinin (anetol, benzil salisilat, karvakrol, carvone, sinnamaldehit ve öjenol) 24 saatlik bir inkubasyonunda ruminal fermantasyon üzerine etkileri ele alınmış, her bir muamele için inkubasyon sıvısına 3 g/l kadar dozlarda ilaveler yapılmıştır. UY bileşiklerin toplam UYA konsantrasyonunu artırdığı, ancak en yüksek konsantrasyonda yapılan ilavelerde ise toplam UYA konsantrasyonunu düşürdüğü ortaya konmuştur.

Baharatların (*Foenculum vulgare*, rezene; *Syzygum*) bitki özleri (20 g/100 ml çözücü) Sarımsak özleri ekleyerek 24 saat inkübasyona tutulduğunda metanojenezdeki azalma sonucu artan hidrojen nedeniyle propiyonat üretimine doğru artışa bağlı asetat/propiyonat oranında bir düşüşe yol açmıştır. Fakat karanfil özleri ile yapılan denemede asetatta değişiklik olmazken propiyonat içeriği azaldığından önemli ölçüde asetat/propyonat oranında artış görülmüştür (Patra ve ark 2006).

Bitki özütü ilavesinin yüksek konsantre yemle beslenen Holstein tosunlarda besi performansı, fermantasyonu ve metabolizması üzerine etkisi üzerine yapılan çalışmada (Devant ve ark., 2007) kontrol (K),

sodyum monensin (32 mg/kg KM, MON, pozitif kontrol) ve bitki özütü (UY: cynarin, ginseng ve çemen otu; Bostar ®, Phytosynthese, Fransa (2.8 g/kg KM UY) ilavesinde 35 ila 71 günlük çalışma sonucu serum Leptin konsantrasyonunda artış olmuştur. Bitki özü takviyesi ile büyüme, rumen fermantasyonu ve kortizol üzerinde benzer etkilerbulunmuştur. Bostar® enginar (200–300 gr/kg), Sibirya ginseng (150–250 gr/kg) ve çemen otu (550–650 g/kg) karışımıdır. Bitki özütü ile ortalama rumen pH'ı kontrolden daha düşük ($P < 0.01$) (K 6.52 ± 0.068; MON 6.08 ± 0.068 ve UY 6.12 ± 0.068) bulunmuş, ortalama rumen NH_3- N konsantrasyonu ve UYA etkilenmemiştir.

Benchaar ve ark. (2007b) 400 mg L^{-1} karvakrol ilavesi ile propiyonat oranında ciddi bir düşüşve bütirat miktarında artış belirlemişlerdi. Bu sonuçlar Busquet ve ark. (2006), 300 mg L –1 karvakrol ilavesinde propiyonat oranının düşmesi ve bütirat oranını artması ile desteklenmiştir. Cardozo ve ark. (2004) kekik yağı (0.22 mg L –1) (%64 karvakrol, %16 timol) ilavesinde de inkübasyonun ilk 6 gününde asetat artışı ve propiyonat azalması bildirmişlerdir. İnkübasyonun 7. gününde ise rumen mikroorganimalarında adaptasyon olduğu belirtilmiştir.

Evans ve Martin (2000) ile Castillejos ve ark., (2006) sırasıyla, 400 ve 500 mg L–1 timolün, 24 saatlik *in vitro* inkübasyonlarında pH'yı arttırdığını bildirmiştir. Bazı çalışmalarda (Busquet ve ark., 2006; Castillejos ve ark., 2006), artan pH ve toplam konsantrasyonundaki azalma fenolik bileşiklerin antimikrobiyal aktivitesi ve fermentasyonunun azalması ile ilişkilendirilmiştir (Brooker

veAcamovic, 2005; Fraser ve ark., 2007). Bu tür sonuçlar, fenolik bileşiklerin yüksek dozları uygulandığında rumende mikrobiyal fermentasyon için muhtemelen zararlı olduğunu göstermektedir. UYA üretimi geviş getiren hayvanlar için temel enerji kaynağını temsil ettiğinden, UYA üretiminin azaltılmasıolumsuz beslenme sonuçları doğurabilir. Bu çalışmada, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında sadece karvakrol, timol ve öjenol UYA'nın molar oranlarını etkilemiştir. Ayrıca 400 mg L-1 karvakrol eklenmesi, propiyonat molar oranını büyük ölçüde azaltmış ve bütiratın molar oranını artırmıştır. Busquet ve ark. (2006), 300 mg L-1 karvakrolün propiyonat oranını düşürdüğünü ve bütiratın oranını arttırdığını bildirmişlerdir. Sabit pH'da tutulan çift akışlı sürekli bir kültür fermenteri kullanan Cardozo ve ark. (2004) ayrıca kekik yağının (0.22 mg L – 1) (% 64 karvakrol ve% 16 timol içeren) ilavesi inkübasyonun ilk 6 günü sırasında asetatın molar oranının arttığını ve propiyonatın molar oranını düşürdüğünü gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, bu etkiler 7 günlük fermantasyondan sonra kalkmış ve bu durum da rumen mikroorganizmalarının kekik yağına adapte olabildiğini düşündürmüştür. Busquet ve ark., (2006), 300 mg L –1 konsantrasyonda öjenolün kullanıldığında, asetat ve propiyonat molar oranlarını değiştirmediğini, ancak butirat oranını artırdığını ifade etmişleridir. McGuffey ve ark., (2001) belirli UY ve bileşenlerinin UYA'nın molar oranlarını değiştirdiği, asetat oranlarında azalma ve propiyonat oranlarında artış görmüşlerdir.

Esans Yağların Rumen Florası Üzerine Etkileri

Uçucu yağlar, Gram negatif ve Gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahiptir (Helander ve ark. 1998). Birkaç Gram-pozitif bakteri, rasyondaki doymamış yağ asitlerinin rumen biyohidrojenasyonunda rol oynar (Harfoot ve Hazlewood, 1988). Bu nedenle, UY ile beslenme, doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonunda yer alan bakterilerin sayısını ve aktivitesini azaltarak yağ asitlerinin biyohidrojenasyonunu azaltabilir.

Rumende, genellikle asetat ve bütirat üreten bakteriler Gram-pozitif bakteriler, ropiyonat üreten bakteriler Gram- negatif bakterilerdir (Stewart 1991). Busquet ve ark. (2006) Gram-negatif bakterilerinkarvakrol ve öjenol etken maddelerine duyarlı olduklarını, Gram pozitif bakterilerde ise böyle bir duyarlılık gözlemlemediklerini bildirmişlerdir. Burt (2004) bitki UY antibakteriyel özelliklerine göre Gram pozitif bakterilerin Gram negatif bakterilere göre daha duyarlı göründüğünü bildirmiştir. Ancak Helander ve ark. (1998) iki fenolik bileşiğin, timol ve karvakrol, hücre dış zarını bozarak Gram-negatif bakterilerin de büyümesini inhibe ettiğini görmüşlerdir. Puupponen-Pmä ve ark., (2001) meyvelerde fenolik bileşiklerin olduğunu ve bunların Gram-negatif bakterilerin büyümesini engellediği, ancak Gram pozitif bakteriler üzerinde hiçbir etkisi olmadığını görmüşlerdir.

UY ve ana bileşenlerinin, *E. coli O157: H7, S. aureus, L. monocytogenes* ve *Salmonella* spp dahil olmak üzere çeşitli gıda kaynaklı patojenleri inhibe edebildiği gösterilmiş olmasına rağmen

(Burt ve Reinders, 2003; Friedman ve ark, 2004; Penalver ve ark, 2005; Oussalah ve ark, 2007) bu bileşiklerin geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivitesi, geviş getiren hayvanların sindirim sistemi içindeki patojenleri spesifik olarak hedeflemesini zorlaştırabilir. Rumen bakterilerine (örn., karvakrol, kekik ve kekik yağları) karşı en yüksek antimikrobiyal aktivite sergileyen bu UY ve bileşikleri, genellikle patojenlere karşı en güçlü olanlardır (Oussalah ve ark, 2007). Bazı durumlarda UY, bakterilerin diğer antimikrobiyallere (Rafii ve Shahverdi, 2007; Santiesteban-Lopez ve ark., 2007) ve sindirim sistemindeki mikrobiyalitlere karşı duyarlılığını artırabilirler.

Ando ve ark. (2003), uçucu yağ bileşikleri kaynağı 200 g/gün (30 g/kg KM) nane (*Menthaxpperta* L.) Holstein erkek sığırlara verildiğinde toplam protozoa sayısını ve *Entodinum, Isotrica* ve *Diplodum* sayılarını azalttığı rapor edilmiştir. Mohammed ve ark. (2004) siklodekstrin ile enkapsule yaban turpu yağı (20 g/kg KM doz) ile erkek sığırlarda, McIntosh ve ark. (2003), esans yağ ilavesinde süt ineklerinde, Newbold ve ark. (2004) ile Benchaar ve ark. (2007a) koyun ve süt inekleri rasyonuna sırasıyla 110 ve 750 mg/gün timol içeren UY ilave edildiğinde ruminal protozoa sayısının etkilenmediğini bildirmişlerdir. Cardozo ve ark. (2006), dana rasyonlarına sinnamaldehit (180 mg/gün) ve eugnol (90 mg/gün) karışımı eklenmesinin holotrich sayısını artırdığını ve entodiniomorflar üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını gözlemlemiştir. Karışım daha yüksek konsantrasyonlarda sinnamaldehit (600 mg/gün) ve öjenol (300 mg/gün) içerdiğinde ise bu protozoal türlerin

etkilenmediği belirtilmiştir. Bunların aksine, 2 g/gün anason özütü tüketen danalara 100 g/kg anetol takviyesinde *holotrich* ve *entodiniomorf* sayısının azaldığı rapor edilmiştir (Cardozo ve ark., 2006). Genel olarak bakıldığında ise UY ve bileşenlerinin ruminal siliata protozoaları sayısı ve/veya aktivitesi üzerinde belirgin bir etkisi yoktur. UY bileşiklerinin küçük moleküler ağırlığı, Gram negatif bakterilerin iç zarına nüfuz edebildiğini göstermiştir (Dorman ve Deans 2000).

Son zamanlarda, naneden elde edilen UY'ın, sığırlarda oldukça yaygın olan bir protozoal parazit olan *Giardia*'ya (Vidal ve ark., 2007) karşı aktivite sergilediği gösterilmiştir (Olson ve ark., 2004). UY'ın veya bunların aktif bileşenlerinin, *Cryptosporidium, coccidia veya nematodlar* gibi bağırsakta bulunan diğer parazitlere karşı da aktiviteye sahip olması mümkündür. UY'ın alt sindirim sistemindeki parazitler üzerindeki etkileri, içerdikleri antimikrobiyal bileşenlerin işkembeden geçtikten sonra aktif kalma yeteneklerine bağlı olacaktır. Bugüne kadar, UY'ın rumenden kaçma ve alt sindirim sistemine akma derecesi incelenmemiştir.

Esans yağların (1 g/gün esans yağ) mikrobiyal floranın düzenlenmesinde ve amonyak üretimi üzerinde etkileri olduğunu invitro rumen sıvısı araştırmalarında Newbold ve ark. (2004) bildirmişlerdir. Benzer bir tasarıma sahip başka bir denemede (Newbold ve ark, 2000) *in situ* inkübasyonda azot ruminal parçalanmasını inhibe ettikleri, rumen sıvısında i*n vitro* ölçülen amino asitlerin deaminasyonunu azalttığı (% 25; $p < 0.05$) bildirilmiştir.

Uçucu yağlar ve bileşenlerinin doza bağlı bir şekilde ruminal N metabolizmasını etkilediği gösterilmiştir. Busquet ve ark. (2006) UY (anason yağı, cade yağı, kırmızıbiber yağı, tarçın yağı, karanfil, tomurcuk yağı, dereotu yağı, sarımsak yağ, zencefil yağı, kekik yağı ve çay ağacı yağı) ve bunların ana bileşenlerini (anetol, benzil salsilat, karvakrol, karvon, sinnamaldehit ve öjenol) yüksek konsantrasyonlarda (3000 mg/l) ilave ettiklerinde NH 3 –N konsantrasyonu inhibe edildiği, ancak orta (300 mg/l) ve düşük dozlarda (3 mg/l) böyle bir etkilenmenin olmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte, ruminal NH 3 –N konsantrasyonun azalması ve toplam UYA' da görülen azalma rasyondaki genel fermentasyonun azalması ile ilişkili bulunmuştur. UYA ruminant için enerji kaynağı olduğundan rumende UYA üretiminin azalması beslenme için olumsuz bir sonuç yaratmaktadır.

Bazı bitki ekstraktlarının rumen fermantasyonu ve protozoal sayımlar üzerine etkilerini çalışan Yıldız ve ark. (2015) timol, kekik, zingiber ve syzygium esansiyel yağlarının değişen dozlarda in vitro gaz üretimlerini sırasıyla 2, 4, 8, 12, 24, 36 ve 48 (h) olarak belirlemişler, yüksek dozlarda (50 ppm) timol ve kekik ilavesinin inkübasyonun sonraki saatlerinde gaz üretimini önemli ölçüde azalttığını ($p<0.05$), tüm dozlarda zingiber ve syzygium ilavesinin gaz üretimini önemli ölçüde artırdığını ($p<0.05$), yüksek toplam gaz üretim miktarı ile substratların çoğunun gaza dönüştürüldüğünü ve bunun sonucunda uçucu yağ asitlerinin ve diğer faydalı son ürünlerin konsantrasyonlarının azaldığını, yüksek doz timol ve kekik ilavesinin

gaz üretiminde önemli azalmaya neden olduğunu ($p<0.05$), en yüksek protozoal sayısının Z. officinale 200 pmm grubunda belirlenirken, TMR için en düşük protozoal sayısının T. vulgaris, O. vulgare ve S. aromaticium gruplarında kaydedildiğini bildirmişlerdir.

Esans Yağların Rumen Metan Üretimi Üzerine Etkileri

Metan (CH_4), mikrobiyal yem sindirimi (enterik fermantasyon) sırasında işkembede ve az ölçüde gübre depolamada üretilen güçlü bir sera gazıdır. Çiftlik hayvanları, küresel antropojenik CH_4 emisyonlarının % 44'üne katkı yapar ve bunun çoğu geviş getirenlerin enterik fermantasyonundan kaynaklanır (Gerber ve ark., 2013). Enterik CH_4 aynı zamanda geviş getiren hayvanın üretken enerjisinde önemli bir kayıptır (tüketilen brüt enerjinin % 2 ila 12'si) (Johnson ve Johnson, 1995). Bu nedenle, beslenme ve çevresel açılardan işkembede enterik CH_4 üretiminin azaltılmasına yönelik ilgi olmaktadır. Metan üretimini azaltan esans yağlar önemlidir. Yüksek dozlarda, UY ve bileşenler aminoasitlerin deaminasyonunu engelleyebilir ve rumende metan üretimini azaltabilir. Bununla birlikte, uzun vadeli *in vitro* (sürekli kültürler) ve i*n vivo* çalışmalar mikrobiyal popülasyonları veya bireysel mikrobiyal türlerin UY'a adaptasyonu gibi değişimler nedeniyle UY ile ilişkili faydaların zamanla azaldığını öne sürmektedir (Benchaar ve ark., 2008b).

Castro-Montoya ve ark. (2012), 24 saatlik kesikli kültür inkübasyonlarında sinnamaldehit eklendiğinde CH_4 üretiminde güçlü bir düşüş (% 90-95) gözlemledi. Bu azalma, yem parçalanmasında

inhibisyonun bir göstergesi olan toplam üretiminde eşzamanlı bir düşüşle ortaya çıktı. Pellikaan ve ark. (2011) tarafından yapılan *in vitro*bir çalışmada, soya fasulyesi kabuklarına veya mısıra sinnamaldehit (2,5 mg/ml) eklendiğinde, 72 saatlik inkübasyonun ilk 30 saatinde CH_4 üretimi neredeyse tamamen engellendi. Soya fasulyesi kabuğundan CH_4 üretimindeki düşüşün boyutu 72 saatlik inkübasyondan sonra ise sadece % 65 olması ilginçtir, bu rumen mikroorganizmalarının sinnamaldehit maruziyetine olası bir adaptasyonunu düşündürmektedir. Busquet ve ark. (2005a), sarımsak yağı ve 2 bileşiği olan dialil disülfid ve alil merkaptanın CH_4 üretimi üzerindeki etkilerini *in vitro* olarak değerlendirdiklerinde 300 mg/l alil merkaptan ile sindirilebilirlik değişmeden CH_4 üretiminin % 19.5 düşürmüş ve toplam UYA konsantrasyonunu azaltmıştır. Aynı konsantrasyonda, sarımsak ve dialil disülfür katkısı ile CH_4 üretimi sırasıyla-% 74 ve -% 69 azalırken, aynı zamanda kuru madde sindirilebilirliği ve toplam UYA konsantrasyonu da azalmıştır. Diallil disülfidin, CH_4 üretimini sarımsağın yağ fraksiyonu ile aynı ölçüde azaltması, bu sülfür içeren bileşiğin sarımsak yağının antimetanojenik aktivitesinin çoğundan sorumlu olduğunu göstermektedir. Sınırlı sayıda çalışma, uçucu yağların ve ana bileşenlerinin geviş getirenlerin enterik CH_4 üretimi üzerindeki etkilerini *in vivo* incelemiştir. Beauchemin ve McGinn (2006) etçi sığırlarda 1 g/gün ticari karışım (Crina® Ruminant, DSM) katkısında CH_4 üretiminde herhangi bir değişiklik gözlemlememişler ve yem sindirilebilirliğinde azalma kaydetmişlerdir. McIntosh ve ark. (2003) metanojen Methanobrevibacter smithii'nin büyümesinin inhibisyonununu Crina®

ilavesinde yalnızca Ruminant konsantrasyonu 1000 mg /l' yi aştığında gerçekleştiğini gözlemlemiştir. Bu düzey, Beauchemin ve McGinn (2006) tarafından kullanılandan 33 kat dahayüksektir; bu, ruminal fermantasyonun etkinliği ve rasyon sindirilebilirliği üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle pratik olmayan bir beslenme oranıdır. Tekippe ve ark. (2011) ile Hristov ve ark. (2013), kekik yapraklarıyla beslenen veya geviş getiren süt ineklerinin enterik CH_4 üretiminde bir azalma gözlemlemişlerir. Meale ve ark. (2014), sarımsak (5 g/gün) veya ardıç meyvesi (2 g/gün) yağlarıyla beslenen ineklerin CH_4 üretiminde herhangi bir değişiklik gözlemlememiştir. Daha yakın zamanlarda, Benchaar (2016) tarçın yağı veya sinnamaldehit ile beslemenin (50 mg/kg KM) süt ineklerinde enterik CH_4 üretimi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını gözlemlemişlerdir.

Evans ve Martin (2000), *Thymus* ve *Origanum'dan* türetilen ana bileşen timol (400 mg/l) ile *in vitro olarak* çalıştıklarında bu esans yağın güçlü bir metan inhibitörü olduğunu ancak asetat ve propiyonat konsantrasyonunu azalttığını görmüşlerdir. Kamra ve ark. (2005), metanol ve etanol özütlerinin metan üzerindeki etkileri için rezene, karanfil, sarımsak, soğan ve zencefil dahil olmak üzere çeşitli baharatları*in vitro* test ettiklerinde en çok sarımsağın metanol özünün yem sindirilebilirliği üzerineyan etkisi olmadan *in vitro* metan üretiminde%64 azalma gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Busquet ve ark. (2005a), sarımsak yağının (312 mg/l) *invitro* metan üretiminde azalmaya neden olduğunu, asetatta azalma ve propyonatta artış görüldüğünü bildirmişlerdir. Busquet ve ark. (2005b)

'in vitro fermentasyon kültüründe sarımsak yağının (300 mg/l ruminal sıvı) sindirilebilirliği değiştirmeden metan üretimini % 74 azalttığını ifade etmişlerdir.

Karanfil özütünün protozoa sayısını azaltarak metanogenezi inhibe ettiği görülmektedir. Metanojenler, protozoa ile yakından ilişkilidir. Bu sonuç incelendiğinde, özellikle sarımsağın karanfile göre güçlü anti-metanojenik aktiviteye sahip olduğu görülmektedir (Patra ve ark. 2006).

Uçucu Yağların Kullanımını Sınırlanıran Etmenler

Ruminantların beslenmesinde uçucu yağların kullanımını bazı etmenler sınırlandırabilir. Bu etmenler aşağıda yer almıştır.

- ✓ Yayınlanan *in vitro* çalışmalardan, ruminal fermantasyonu değiştirmek için yüksek konsantrasyonlarda uçucu yağların (yani> 300 mg/L kültür sıvısı) gerekli olduğu görülmektedir. Bu seviyeler in vivo olarak elde edilemeyecek kadar yüksektir ve potansiyel olarak zararlı etkileri nedeniyle beslenme açısından pratik değildir (Benchaar ve ark., 2008a; Benchaar ve ark., 2009).
- ✓ Rumen mikroorganizmalarının, saponinler ve tanenler gibi çok çeşitli ikincil bitki metabolitlerine uyum sağlama kapasitesine sahip olduğu gösterilmiştir (Newbold ve ark., 1997; Makkar, 2003).
- ✓ Ruminal fermantasyonu manipüle etmek için uçucu yağların kullanımına olan ilginin artmasına rağmen, uçucu yağların ve

bunların bileşiklerinin geviş getirenlerin mide-bağırsak yolundaki akıbetini belirlemek için çok az araştırma yapılmıştır (Benchaar ve Greathead, 2011). Terpenler gibi bazı uçucu yağların mide-bağırsak yolunda parçalanabileceğine dair göstergeler vardır. Cluff ve ark. (1982), adaçayı içinde bulunan monoterpenoidlerin %80'inin yabani geyiğin rumeninde kaybolduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Malecky ve ark. (2009) süt keçilerinin rumeninden terpen linalool, p-simen ve α- ve β-pinenin yüksek oranda kaybolduğunu (%80-100) bildirmiştir. Uçucu yağ terpenlerinin sindirim sisteminden kaybolmasının nedeni rumen florası tarafından mikrobbiyel dönüşüme uğramasıdır (Welch ve Pederson, 1981; Schlichtherle-Cerny ve ark, 2004).Terpenlerin uçuculuğu nedeni ile işkembede gaz fazına geçerek geğirme ile kayıplara (Cluff ve ark., 1982; White ve ark., 1982) ve rumen duvarından kan sistemine emilerek idrar ile kaybolmalarına neden olur (Malecky, 2008; Malecky ve ark., 2009). Terpenlerin gastrointestinal sistem içinde parçalanması ve / veya dönüşümü, *in vitro* ve *in vivo* çalışmalar arasındaki tutarsızlığı açıklayabilir (Benchaar ve ark., 2008b ve 2009).

- ✓ Hayvancılık üretiminde yem katkı maddesi olarak uçucu yağların kullanımı, yem üretim personeli ve çiftlik çalışanları için de güvenli olmalıdır. Aslında, bu bileşiklerin potansiyel olarak tahriş edici olduğu ve bu nedenle alerjik dermatite neden olduğu bildirilmiştir (Burt, 2004).

Laboratuar tabanlı (yani, *in vitro*) çalışmalardan elde edilen sonuçlar, fenolik bileşiklerin (yani timol, öjenol, karvakrol) veya yüksek konsantrasyonlarda fenolik, tarçın yağı ve ana bileşeni (yani, sinnamaldehit), sarımsak ve onun türevleri (örneğin dialil disülfür) içeren uçucu yağların geviş getiren hayvanlarda N ve /veya enerji kullanımını iyileştirmek için olan potansiyelini ortaya çıkardı. Bununla birlikte, *in vivo* çalışmalardan elde edilen sonuçlar, *in vitro* çalışmalara kıyasla uygulanan farklı dozaj nedeniyle daha az kesin sonuç vermiştir.

SONUÇ

Bugüne kadar yayınlanan uçucu yağlarla ilgili araştırmaların çoğu kısa vadeli olup *in vitro* sistemler kullanılarak yapılmıştır (Calsamiglia ve ark., 2007; Benchaar ve ark, 2008a; Benchaar ve ark., 2009). Son yıllarda *in vivo* çalışmaların sayısı artmış olsa da uçucu yağların yem (N ve enerji) verimliliğini iyileştirme ve hayvan performansını iyileştirme potansiyelini belirlemek için daha fazla araştırma çalışmasına ihtiyaç vardır. Bugüne kadar yayınlanan sonuçlara göre, fenolik bileşiklerin (yani timol, öjenol, karvakrol) veya bu fenoliklerin yüksek konsantrasyonlarına sahip uçucu yağlar (özellikle dialil disülfid ve diğer uçucu yağlar) en azından *in vitro* olarak, geviş getiren hayvanlarda N veriminin ve enerji kullanımının iyileştirilmesinde etkili olabilir.

KAYNAKLAR

Abd El Tawab, A.M., Kholif, A.E., Khattab, M.S.A.,Shaaban, M.M., Hadhoud, F.I., Mostafa, M.M.M., Olafadehan, O.A.(2020). Feed utilization and lactational performance of Barki sheep fed diets containing thyme or celery. *Small Rumin Res*, 192,106249

Acamovic, T., Brooker, J.D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proc. Nutr. Soc*. 64, 403–412

Ando, S., Nishida, T., Ishida, M., Hosoda, K., Bayaru, E. (2003). Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. *Livest. Prod. Sci*, 82, 245–248.

Anitescu, G., Doneanu, C., Radulescu V. (1997). Isolation of Coriander Oil: Comparison Between Steam Distillation and Supercritical CO2 Extraction. *Flavour Fragr. J*., 12, 173-176

Bampidis, V.A., Christodoulou, V., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Spais A.B., Chatzopoulou, P.S. (2005). Effect of dietary dried oregano leaves supplementation on performance and carcass characteristics of growing lambs. *Anim Feed Sci Technol*, 121, 285–295

Beauchemin, K.A., McGinn, S.M. (2006). Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *J Anim Sci*, 84, 1489–1496.

Benchaar, C. (2021). Diet supplementation with thyme oil and its main component thymol failed to favorably alter rumen fermentation, improve nutrient utilization, or enhance milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci*, 104, 324–336

Benchaar, C. (2016). Diet supplementation with cinnamon oil, cinnamaldehyde, or monensin does not reduce enteric methane production of dairy cows. *Animal*, 10, 418–425

Benchaar, C., Duynisveld, J.L., Charmley, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci*. 86, 91–96

Benchaar, C., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Wang, Y., Beauchemin, K.A., McAllister, T.A. (2007a). Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation.*Can J. Anim. Sci*, 87,413–419

Benchaar, C., Petit, H.V., Berthiaume, R., Ouellet, D.R., Chiquette, J., Chouinard, P.Y. (2007b). Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *J. Dairy Sci*. 90, 886–897

Benchaar, C., Calsamiglia S., Chaves A.V., Fraser G.R., Colombatto D., McAllister T.A., Beauchemin, K.A. (2008a). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim. Feed Sci. Technol*, 145, 209–228

Benchaar, C., McAllister, T.A., Chouinard, P.Y. (2008b). Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or Yucca schidigera saponin extracts. *J. Dairy Sci*, 91,4765–4777

Benchaar, C., Chouinard, P.Y. (2009). Short communication: Assessment of the potential of cinnamaldehyde, condensed tannins, and saponins to modify milk fatty acid composition of dairy cows. *J Dairy Sci*, 92, 3392–3396

Benchaar, C., Greathead, H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. Animal Feed Science and Technology, vol 166–167, pp 338–355

Benchaar, C., Lettat A., Hassanat F., Yang W.Z., Forster R.J., Petit H.V., Chouinard P.Y. (2012). Eugenol for dairy cows fed low or high concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, rumen microbial populations and milk fatty acid profile. *Anim. Feed Sci. Technol*, 178, 139–150

Benchaar, C., Hassanat F., Petit H.V. (2015). Dose-response to eugenol supplementation to dairy cow diets: Methane production, N excretion, ruminal fermentation, nutrient digestibility, milk production, and milk fatty acid profile. *Anim. Feed Sci. Technol*, 209, 51–59

Borchers, R. (1965). Proteolytic activity of rumen fluid in vitro. *J. Anim. Sci*, 24, 1033–1038

Brooker, J.D., Acamovic, T. (2005). Phytochemicals in livestock production systems. *Anim. Feed Sci. Tech*, 121, 1-4

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int. J. Food Microb*, 94, 223–253

Burt, S.A., Reinders, R.D. (2003). Antibcaterial activity of selected plant essential oils against Escherichia coli O157:H7. *Lett. Appl. Microbiol*, 36, 162–167

Busquet, M., Calsamiglia S., Ferret A., Cardozo, P.W., Kamel C. (2005a). Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *J. Dairy Sci*, 88, 2508–2516

Busquet, M., Calsamiglia S., Ferret A., Carro M.D., Kamel, C. (2005b). Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci*, 88,4393–4404

Busquet, M., Calsamiglia S., Ferret A., Carro M.D., Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89, 761–771

Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo P.W., Castillejos, L., Ferret A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J Dairy Sci*, 90, 2580–2595

Canbolat O, Kamalak A, Kalkan H, Kara H, Filya I. (2021). Effect of garlic oil on lamb fattening performance, rumen fermentation and blood parameters. *Progr Nutr*. 2021 Mar. 31 [Jun. 5];23(1):e2021006

Cardozo, P.W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2004). Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. *Journal of Animal Science*, 82, 3230–3236

Cardozo, P.W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2006). Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *J Anim Sci*, 84, 2801–2808

Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. (2006) Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci*, 89, 2649–2658

Castillejos, L., Calsamiglia S., Martín-Tereso J., Ter Wijlen, H. (2008). In vitro evaluation of effects of ten essential oils at three doses on ruminal fermentation of high concentrate feedlot type diets. *Anim. Feed Sci. Technol*, 145, 259–270

Castro-Montoya, J., De Campeneere, S., Van Ranst, G., Fievez, V. (2012). Interactions between methane mitigation additives and basal substrates on in vitro methane and VFA production. *Animal Feed Science and Technology*, 176, 47–60

Chaves, A.V., Stanford, K., Gibson, L.L., McAllister, T.A., Benchaar, C. (2008a). Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 396–408

Chaves, A.V., Stanford, K., Dugan, M.E.R., Gibson, L.L., Mcallister, T.A., Herk, F. Van, Benchaar, C. (2008b) Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livest Sci*, 117, 215–224

Chaves, A.V., Stanford, K., Gibson, L.L.,McAllister T.A.,Benchaar, C. (2008c). Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Anim Feed Sci Technol*, 145, 396–408

Cluff, L., Welch, B.L., Pederson, J.C., Brotherson, J.D. (1982). The concentration of monoterpenoids in rumen ingesta of wild mule deer browsing on a big sagebrush winter range. *J. Range Manage*, 35, 192–194

Çabuk, M., Alçiçek, A., Bozkurt, M., İmre, N. (2003). Aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağların antimikrobiyal özellikleri ve alternatif yem katlı maddesi olarak kullanım imkanı. *Yem Magazin*, 35, 39-41

Da Silva, RB., Pereira, MN., de Araujo, RC., Silva, W.de R, Pereira, R.A.N. (2020). A blend of essential oils improved feed efficiency and affected ruminal and systemic variables of dairy cows. *Translational Animal Science*, 4(1), 182–193

Devant, M., Anglada, A., Bach, A. (2007). Effects of plant extract supplementation on rumen fermentation and metabolism in young Holstein bulls consuming high levels of concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 46-57

Dewick, P.M. (2002). Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach, 2nd edn. Wiley, Chichester

Dorman, H.J.D., Deans, S.G., (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol*, 88, 308–316

Durna Aydın, Ö., Merhan, O., Yıldız, G., Ulufer, S. (2020). The effect of oregano oil (Origanum vulgare) on the fattening performance and blood oxidantantioxidantbalance in post-weaned Tuj lambs. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26 (1), 59-64, 2020

Evans, J.D., Martin, S.A. (2000). Effects of thymol on ruminal microorganisms. *Curr Microbiol*, 41, 336–340.

FDA (2004). Food and Drug Administration of the US, 21 CFR 184. Online. Available at: http://www.cfsan.fda.gov/eafus.html

Fraser, G.R., Chaves, A.V., Wang, Y., McAllister, T.A. Beauchemin, K.A., Benchaar, C. (2007) Assessment of the effects of cinnamon leaf oil on rumen microbial fermentation using two continuous culture systems. *J Dairy Sci*, 90, 2315–2328

Friedman, M., Henika, P.R., Levin, C.E., Mandrell, R.E. (2004). Antibacterial activities of plant essential oils and their components against Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica in apple juice. *J. Agric. Food Chem*, 52, 6042–6048

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. (2013) 'Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities.' (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy)

Greathead, H. (2003). Plant and plant extract for improving animal productivity. *Proc. Nutr. Soc*, 62, 279–290

Harfoot, C.G., Hazlewood, G.P. (1988). Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N. (Ed.), The Rumen Microbial Ecosystem. *Elsevier Applied Science Publishers, London, UK*, pp. 285–322

Helander, I.M., Alakomi, H.-L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, L., Smid, E.J., Gorris, L.G.M., von Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. *J. Agric. Food Chem*, 46, 3590–3595

Hristov, A.N., Lee C., Cassidy T., Heyler K., Tekippe J.A., Varga G.A., Corl B., Brandt R.C. (2013). Effect of Origanum vulgare L. leaves on rumen fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*, 96, 1189–1202

Huhtanen, P., Hristov, A.N. (2009). A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 3222-3232

Jamroz, D., Kamel, C. (2002). Plant extracts enhance broiler performance. In non ruminant nutrition: Antimicrobial agents and plant extracts on immunity, healt and performance. *Jounal of Animal Science*, 80 (E.suppl 1), 41

Johnson, K.A., Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 2483–2492

Kamel, C. (2000). Anovel look at a classic approach of plant extracts. *Feed Mix Special*, 19-21

Kamra, D.N., Agarwal, N., Chaudhary, L.C. (2005). Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary plant compounds. In: Soliva, C.R., Takahashi, J., Kreuzer, M. (Eds.), Proceedings of the 2nd International Conference of Greenhouse Gases and Animal Agriculture. ETH Zurich, Zurich, Switzerland, pp. 102–111

Kaya, Y.C. (2018). *Bir Bitkisel Yem Katkı Maddesinin (Yumesa-Meat Plus) Besi Sığırlarında Performans, Bazı Kan Parametreleri Ve Karkas Özellikleri Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.* Yüksek Lisans Tezi

Khattab MSA, Kholif AE, Abd El Tawab AM (2020). Effect of replacement of antibiotics with thyme and celery seed mixture on the feed intake and digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, and milk lactation of lactating Barki ewes. *Food Funct*, 11, 6889–6898

Kholif, A.E., Gouda,.GA., Anele, U.Y., Galyean, M.L. (2018a). Extract of Moringa oleifera leaves improves feed utilization of lactating Nubian goats. *Small Rumin Res*, 158, 69–75

Kholif, A.E., Kassab, A.Y., Azzaz, H.H,Matloup, O.H., Hamdon, H.A., Olafadehan, O.A, Morsy, T.A.(2018c). Essential oils blend with a newly developed enzyme cocktail works synergistically to enhance feed utilization and milk production of Farafra ewes in the subtropics. *Small Rumin Res*, 161, 43–50

Kholif,.AE., Matloup, O.H., Morsy, T.A.,Abdo, M.M., Abu Elella, A.A., Anele, U.Y., Swanson, K.C. (2017). Rosemary and lemongrass herbs as phytogenic feed additives to improve efficient feed utilization, manipulate rumen fermentation and elevate milk production of Damascus goats. *Livest Sci*, 204, 39–46

Kholif, A.E., Hassan, A.A., Matloup, O.H., El Ashry, G.M. (2021b). Top-dressing of chelated phytogenic feed additives in the diet of lactating Friesian cows to enhance feed utilization and lactational performance. *Ann Anim Sci*. https://doi. org/10.2478/aoas-2020-0086

Kim, H., Jung E., Lee, H.G.,Kim, B., Cho, S., Lee, S., Kwon, I., Seo, J. (2019). Essential oil mixture on rumen fermentation and microbial communit- An in vitro study. *Asian-Australasian J Anim Sci* 32, 808–814

Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P., Nychas, G.-J.E. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. J. Appl. Microbiol. 91, 453–462

Lapierre, H., Berthiaume, R., Ragio, G., Thivierge, M.C., Doepel, L., Pacheco, D., Dubreuil, P., Lobley, G.E. (2005). The route of absorbed nitrogen into milk protein. *Anim. Sci*, 80, 11–22.

Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 49, 241-256

Malecky, M. (2008). The metabolism of terprenoides in caprins. Life Sciences [q-bio]. AgroParisTech, (https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00004406/). Erişim Tarihi: 6.06.2021.

Malecky, M., Broudiscou, L.P., Schmidely, P. (2009) Effects of two levels of monoterpene blend on rumen fermentation, terpene and nutrient flows in the duodenum and milk production in dairy goats. *Anim Feed Sci Technol*, 154, 24–35

Matloup, O.H., Abd El Tawab, A.M., Hassan, A.A.,Hadhoud, F.I., Khattab, S.A., Khalel, M.S., Sallam, S.M.A., Kholif, E.(2017). Performance of lactating Friesian cows fed a diet supplemented with coriander oil: Feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood chemistry, and milk production. *Anim Feed Sci Technol*, 226, 88–97

McGuffey, R.K., Richardson, L.F., Wilkinson, J.I.D. (2001). Ionophores for dairy cattle: Current status and future outlook. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl.), E194–E203

McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R.J., Beever, D.A., Newbold, C.J. (2003). Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Appl Environ Microbiol*, 69, 5011–5014

Meale SJ, Chaves AV, McAllister TA, Iwaasa AD, Yang WZ, Benchaar C (2014). Including essential oils in lactating dairy cow diets: effects on methane emissions1. *Animal Production Science, 5*4, 1215–1218

Mohammed, N., Ajisaka, N., Lila, Z.A., Mikuni, K., Hara, K., Kanda, S., Itabashi, H. (2004). Effect of Japanese horseradish oil on methane production and ruminal fermentation in vitro and in steers. *J. Anim. Sci*. 82, 1839–1846

Morsy, T.A., Kholif, A.E., Matloup, O.H.,Elella AA,Anele, U.Y., Caton, J. S. (2018). Mustard and cumin seeds improve feed utilisation, milk production and milk fatty acids of Damascus goats. *J Dairy Res* 85,142–151

Nagy, J.G., Tengerdy, R.P. (1968). Antibacterial action of essential oils of Artemisia as an ecological factor. II. Antibacterial action of the volatile oils of Artemisia tridentata (big sagebrush) on bacteria from the rumen of mule deer. *Appl. Microbiol*. 16, 441–444

Newbold, C., El Hassan, S.M., Wang, J., Ortega, M.E., Wallace, R.J. (1997). Influence of foliage from African multipurpose trees on activity of rumen protozoa and bacteria. Br J Nutr, 78, 237–249

Newbold, C.J., McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R.J. (2000). Effects of essential on rumen fermentation. Animal Science (submitted). (Alınmıştır: Losa, R. The use of essential oils in animal nutrition. CRINA SA, Switzerland)

Newbold, C.J., McIntosh, F.M., Williams, P., Riccardo, L., Ortega, M.E., Wallace, R.J. (2004). Effects of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Anim Feed Sci Technol,* 114, 105–112

Oh, H.K., Sakai, T., Jones, M.B., Longhurst, W.M. (1967). Effect of various essential oils isolated from Douglas Fir Needles upon sheep and deer rumen microbial activity. *Appl. Microbiol*. 15, 777– 784

Oh, H.K., Jones, M.B., Longhurst, W.M. (1968). Comparison of rumen microbial inhibition resulting from various essential oils isolated from relative unpalatable plant species. *Appl. Microbiol*. 16, 39–44

Olson, M.E., O'Handley, R.M., Ralston, B.J., McAllister, T.A., Thompson, R.C.A. (2004). Update on Cryptosporidium and Giardia infections in cattle. Trends Parsitol. 20, 185–191

Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., Lacroix, M. (2007). Inhibitory effects of selected essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: E. coli O157:H7, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes. *Food Control* 18, 414–420

Özçelik, U., Bayram, İ. (2012). Çörek Otunun (Nigella Sativa) Kuzularda Besi Performansı, Bazı Kan ve Rumen sıvısı Parametreleri Üzerine Etkisi. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 5(2), 27-33

Özdoğan, M., Önenç, S.S., Önenç, A. (2011). Fattening performance, blood parameters and slaughter traits of Karya lambs consuming blend of essential oil compounds. *Afr J Biotechnol*, 10, 6663–6669

Patra, A.K., Yu, Z. (2012). Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Appl Environ Microbiol.* 78,4271–80

Pellikaan, W.F, Hendriks, WH., Uwimana, G., Bongers, L.J.G.M., Becker, P.M. Cone, J.W. (2011). A novel method to determine simultaneously methane production during in vitro gas production using fully automated equipment. *Animal Feed Science and Technology* 168, 196–205

Penalver, P., Huerta, B., Borge, C., Astorga, R., Romero, R., Perea, A. (2005). Antimicrobial activity of five essential oils against strains of the Enterobacteriaceae family. APMIS 113, 1–6.

Puupponen-Pimia, R., Nohynek, L., Meier, C., Kahkonen, M., Heinonen, M., Hopia, A. (2001). Antimicrobial ¨ properties of phenolic compounds from berries. *J. Appl. Microbiol*. 90, 494–550

Rafii, F., Shahverdi, A.R. (2007). Comparison of essential oils from three plants for enhancement of antimicrobial activity of nitrofurantion against enterobacteria. *Chemotherapy*, 53, 21–25

Rivaroli, D.C., Guerrero, A., Valero, M.V., Zawadzki, F., Eiras, C.E., del Mar Campo, M., Sanudo, C., Jorge, A.M., Prado I.N. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat Science*. 121, 278-284

Samanta, A., Das, G., Das, S.K. (2011). Roles Of Flavonoıds In Plants. *Int J Pharm Sci Tech*, 66(1), 12-35

Sangwan, N., Farooqi, A., Shabih, F., Sangwan RS. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation* 34, 3–21

Santiesteban-Lopez, A., Palou, E., Lopez-Malo, A. (2007). Suceptibility of food-borne bacteria to binary combinations of antimicrobials selected aw and pH. *J. Appl. Microbiol*. 102, 486–497

Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Olivares, M., Elghandour, M.M.Y., Miguel Mellado, M., Arece, J. (2014c). Influence of S. babylonica extract on feed intake, growth performance and diet in vitro gas production profile in young lambs. *Trop Anim Health Prod* 46:213–219

Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Elghangour, M.M.Y., Buendía, G., Mariezcurrena, M.D., Hernandez, S.R., Camacho, L.M. (2014b) Influence of oral administration of Salix babylonica extract on milk production and composition in dairy cows. *Ital J Anim Sci*, 13,10–14

Santos M.B., Robinson, P.H., Williams, P., Losa, R. (2010). Effects of addition of an essential oil complex to the diet of lactating dairy cows on whole tract digestion of nutrients and productive performance. *Anim Feed Sci Technol* 157, 64–71

Schlichtherle-Cerny, H., Imhof, M., Fernández-García, E., Bosset, J.O. (2004). Changes in terpene composition from pasture to cheese. Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, 95, 681–688

Stewart, C.S. (1991). The rumen bacteria. Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion. Jouany JP, editorINRA Editions; Paris, France: p. 15–26

Tager, L.R., Krause, K.M. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. *Dairy Sci*. 94(5), 2455-64

Tassoul, M.D., Shaver, R.D. (2009). Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of periparturient and early lactation dairy cows. *J Dairy Sci* 92, 1734–1740

Tekeli, A., Yıldız, G., Drochner, W., Steingass, H. (2017). Effects of essence oil additives added to different feeds on methane production. Rev.MVZ Córdoba 22(2), 5854-5866

Tekippe, J. A., Hristov, A.N., Heyler, K.S., Cassidy, T.W., Zheljazkov, V.D., Ferreira, J.F.S., Karnati, S.K., Varga G.A. (2011). Rumen fermentation and production effects of Origanum vulgare L. leaves in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*. 94, 5065–5079

Torres, R.N.S., Moura, D.C., Ghedini, C.P., Ezequiel, J.M.B., Almeida, M.T.C. (2020). Meta-analysis of the effects of essential oils on ruminal fermentation and performance of sheep. *Small Rumin. Res*. 189

Ünal, A., Kocabağlı, N. (2014). Effect of different dosages of oregano oil on performance and some blood parameters in lambs. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 61(3), 199-204

Vidal, F., Vidal, J.C., Gadelha, A.P.R., Lopes, C.S., Coelho, M.G.P., Monteiro-Leal, L.H., (2007). Giardia lamblia: the effects of extracts and fractions from Mentha × piperita Lin. (Lamiaceae) on trophozoites. Exp. Parastiol. 115, 25–31

Wang, C.J., Wang, S.P., Zhou, H. (2009). Influences of flavomycin, ropadiar, and saponin on nutrient digestibility, rumen fermentation, and methane emission from sheep. *Anim Feed Sci Technol*, 148,157–166

Welch B.L., Pederson J.C. (1982). In vitro digestibility among accessions of big sagebrush by wild mule deer and its relationship to monoterpenoid content. *J. Range Manage*., 34, 497-500

White S.M., Welch B.L., Flinders J.T. (1982). Monoterpenoid content of pygmy rabbit stomach ingesta. *J. Range Manage*., 35, 107-109

Wink, M., Schimmer, O. (2010). "Molecular modes of action of defensive secondary metabolites," in Functions and Biotechnology of Plant Secondary Metabolites, ed M. Wink (Oxford: Annual Plant Reviews; Blackwell), 39, 21–161

Yang, WZ., Benchaar, C., Ametaj, B.N., Chaves, A.V., He, M.L., McAllister, T.A. (2007). Effects of garlic and juniper berry essential oils on ruminal fermentation and on the site and extent of digestion in lactating cows. *J Dairy Sci*, 90, 5671–5681

Yang, W.Z., Ametaj, B.N., Benchaar, C., Beauchemin, K.A. (2010a). Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers: Ruminal and intestinal digestion. *Journal of Animal Science* 88, 680–688

Yang, W.Z., Ametaj, B.N., Benchaar, C., He, M.L., Beauchemin, K.A. (2010b). Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass

characteristics, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*, 88, 1082–1092

Yıldız, G., Tekeli, A., Drochner, W., Steingass, H. (2015). Determination of the Effects of Some Plant Extracts on Rumen Fermentation and Protozoal Counts by Hohenheim In Vitro Gas Production Technique. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(2), 18-26

BÖLÜM 14

ESANS YAĞLARIN FONKSİYONEL HAYVANSAL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Öğr. Gör. Uğur TEMİZ[1]
Prof. Dr. Ergin ÖZTÜRK[2]

[1] Amasya Üniversitesi, Laborant ve Veteriner Sağlık Bölümü, 05500 – Amasya, Türkiye, ORCİD no: 0000-0002-7258-2850, ugur.temiz@amasya.edu.tr

[2]Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 55139 Samsun, Türkiye, https://orcid.org/0000-0002-6266-1117- eozturk@omu.edu.tr,

GİRİŞ

Çiftlik hayvanları rasyonlarında performans artırıcı olarak antibiyotiklerin kullanımının 2006 yılından itibaren yasaklanmasıyla yeni yasal düzenlemelerle beraber büyütme faktörü olarak antibiyotiklere alternatif olabilecek, hayvansal ürünlerin kalite ve fonksiyonelliğini artırıcı yeni yem katkı maddeleri araştırılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda gündeme gelen alternatif yem katkı maddelerinden en fazla ilgi çekenlerden birisi de aromatik bitkiler ve bunlardan ekstrakte edilen uçucu yağlardır. Bitkisel uçucu yağlar, tek başlarına ya da bir karışım halinde diğer yem katkı maddeleriyle birlikte güvenli ve sağlıklı hayvan ürünleri üretmek için kullanılabilirler (Ricroch, 2016; Cheng, 2018; Alagawany ve ark., 2019). Hayvan beslemede kullanılan bu doğal yem katkı maddelerinin yemden yararlanmayı iyileştirmesi, insan sağlığına olumlu katkı sağlaması, hayvanlardan elde edilen ürünün miktar ve kalitesini arttırması amaçlanmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağ ve ekstraktların hayvan yemlerinde kullanılmasının gastro intestinal sistemdeki patojen mikroorganizmalarının gelişimini baskıladığı, sindirim enzimlerinin miktar ve aktivitesini arttırdığı, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, ürünlerin raf ömrünü arttırdığı, yemden yararlanmayı ve yemin lezzetini iyileştirdiği hayvansal ürünlere işlevsellik kazandırdığı ifade edilmektedir (Lejonklevve ark., 2013; Ghasemi ve ark., 2014; Ünal ve Kocabağlı, 2014; Diaz and Sanchez, 2015; Worwood, 2016; Schiano ve ark., 2017; Shaaban, 2020). Aromatik bitkiler ve bunlardan elde edilen esans yağlar; ilaç,

gıda ve kozmetik gibi birçok sanayi sektöründe antimikrobiyal koruyucu madde olarak da kullanılmaktadır (Ramadan 2013; Souza Pedrosa ve ark., 2019). Serbest radikallerin etkilerini yok edici "antioksidan aktiviteleri" nedeniyle de bir çok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Da Silva Dannenberg ve ark., 2016; Bhavaniramya ve ark., 2019; Mishra ve ark., 2020). Fonksiyonel gıda ürünlerinin tüketiciler tarafından tercih edilmeye başlanmasının en önemli nedenlerinden biri beslenme alışkanlıklarını değiştirmeden, daha sağlıklı ürünlere yönelmelerine yardımcı olmasıdır (Özkan, 2018). Bu çalışmada, esans yağların fonksiyonel hayvansal gıda üretiminde kullanım olanakları değerlendirilmiştir.

Esans Yağlar

Esans yağlar, bitkilerin değişik kısımlarından (çiçek, tomurcuk, tohum, yapraklar, dallar, ağaç kabuğu, odun, meyve ve kökler) elde edilen aromatik yağlı bileşiklerdir. Esans yağlar; bitkilerin yaprak, çiçek, kabuk, tohum ve köklerinden, su buharı distilasyonu veya ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan, kolayca kristalleşebilme özelliğine sahip, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkli bileşimlerdir (Raut ve Karuppayil, 2014; Akdag ve Ozturk, 2019).

"Eterik yağ" ya da "uçucu yağ" olarak adlandırılan esans yağlar, bitki ikincil metobolitlerinin bir karışımı olup, terpenoid ve fenilproponoid olarak adlandırılan iki kimyasal grupta incelenirler. Terpenoidler, bitki aktif bileşenlerinin en geniş grubunu oluşturmakta olup en önemli

ögeleri monoterpenoidler ve sesquiterpenoidlerdir (Patra ve Saxena, 2010; Tohidi ve ark., 2019). Kekikteki timol ve karvakrol, portakaldaki limonen, defnedeki pinen ve nanedeki mentol terpenoidlere verilebilecek en önemli örneklerdir. Fenilpropanoidlere ise rezenedeki anetol, tarçındaki eugenol, tarçın ve iğdedeki sinnemaldehid örnek olarak gösterilebilir (Nerio ve ark., 2010; Patra ve Saxena, 2010; Patra, 2011; Şahan, 2012; Perina ve ark., 2015).

Tıbbi aromatik bitkiler ve bunlardan elde edilen uçucu yağlar, sağlığı koruyan ve vücuda zindelik katan binlerce kimyasal madde içermektedir. Tek başına besin maddesi özelliği taşımayan bu maddeler "fitokimyasallar" olarak adlandırılır. Tıp alanında vücudun bağışıklık sistemini güçlendirici ve antioksidan aktivitelerinden dolayı kullanılmasının yanı sıra kanser, kardiyovasküler sorunlar, hipertansiyon, hormonal bozukluklar ve diyabet gibi sorunların çözümünde izoflavonlar, ellagik asit, fitatlar, indoller, flavonoidler, terpenler, fenolik asit, kumarinler, polifenoller, likopenler, glissirizin, izotiyosiyanatlar, karotenoidler ve sülfitler oldukça önemli fitokimyasallardır (Dündar, 2001; Çetinkaya ve Selcuk, 2016). Bitkilerden elde edilen esans yağlar, insan ve hayvanlar tarafından tüketildiklerinde sağlık açısından hiçbir sakıncalarının olmadığı saptanmış ve bu maddeler kimyasal yapı bakımından güvenli katkı maddeleri olarak sınıflandırılmışlardır (FDA, 2004; Qiao, 2018).

FONKSİYONEL GIDA

İlk olarak 1980'li yıllarda Japonya'da araştırılmaya başlanan ve terim olarak kullanılan 'fonksiyonel gıdalar' besleyici özelliğinin yanında kişinin sağlığı, fiziksel aktivitesi ve ruhsal durumu üzerine olumlu etkiler yapan gıdalar (FOSHU) olarak tanımlanmıştır (Martirosyan, 2015). Diğer bir tanımlama olarak vücudun temel besin öğelerine olan gereksinimini karşılamanın ötesinde bireyin fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ilave faydalar sağlayan, böylelikle hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşması adına etkinlik gösteren gıdalar veya gıda bileşenleridir (Hacıoğlu, 2012; Bigliardi ve Galati, 2013). Ülkemiz 5179 sayılı kanununda ise fonksiyonel gıda, "besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip olup, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak ispatlanmış gıdalar" olarak tanımlanmaktadır (TBMM, 2004). Fonksiyonel gıdalar yerine sağlık gıdaları, nutrasötikler, tıbbi gıdalar, düzenleyici gıdalar, özel besleme amaçlı gıdalar ve farmakolojik gıdalar gibi nitelemeler de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaiaroglou, 2005). Bir fonksiyonel gıda; önemli miktarda doğal ekstraktlar, konsantreler veya doğal kaynaklardan ekstrakte edilen doğal bileşenler içermektedir. Bir gıdaya fonksiyonel özelliğinin yüklenebilmesi için hem besleyici hem de insan sağlığına faydalı olması ve bu fizyolojik etkilerinin resmen kanıtlanmış olması gerekmektedir (Dogan ve Ozturk, 2019).

Fonksiyonel gıdalar; fonksiyonel bir bileşen içeren doğal bir besin (domates-likopen) olabileceği gibi fonksiyonel etkeni ilave edilen (iyotlu tuz, omega-3 yağ asitli yumurta) veya zararlı bir bileşiği çıkartılan besinler de (sodyumu azaltılmış tuz) olabilir. Ayrıca gıda içerisindeki bazı bileşenler değişikliğe uğratılarak (yoğurt-protein-biyoaktif peptit), biyoyararlığı artırılarak (işlenmiş domates likopen) ve bunların farklı kombinasyonları kullanılarak fonksiyonel gıdalar üretilmektedir (Roberfroid 2000; Erbaş, 2006; Bigliardi, 2013). Bunun yanında fenolik maddeler, antioksidanlar, besinsel lifler, oligosakkaritler, probiyotikler, prebiyotikler, vitaminler, çoklu doymamış yağ asitleri, sülfür içeren bileşenler, fitoöstrojenler ve bitki sterolleri gıdalara eklenerek gıdalar işlevsel hale getirilebilmektedir (Liu ve Mizutani, 2010; Meral ve ark., 2012; Dogan ve Ozturk, 2019).

Bazı fonksiyonel gıdalar, bileşenleri ve fizyolojik etkileri Tablo 1'de verilmiştir. Fonksiyonel gıda tipleri olarak kabul gören sınıflandırma aşağıda belirtilmiş olup (Kotilainen ve ark., 2006; Spence, 2006; Bigliardi, 2013), bazı fonksiyonel gıda grupları da Tablo 2'de verilmiştir.

- Takviye edilmiş gıdalar: Besleyici bir vitamin, mineral gibi madde ilavesi ile üretilmiş olan gıdalardır (örnek; C vitamini ilaveli meyve suyu),

Tablo 1. Bazı Fonksiyonel Gıdalar, Bileşenleri ve Fizyolojik Etkileri (Hui, 2007)

Fonksiyonel Gıdalar	Biyoaktif Bileşenler (Bilinen)	Sağlık Yararı veya Fizyolojik Etkiler	Diğer Kaynaklar
Kavun **Kereviz**	B-Karoten Flavonlar: apigenin	Kanser riskini azaltabilir Kanserle savaş Serbest radikalleri nötralize eder.	
Turunçgiller	Flavanlar, hesperidin, silybin, Ksantohumol, limonoidler	Kanser riskini azaltabilir Kanserle savaş Serbest radikalleri nötralize eder.	
Yeşil Çay	Epikatechin (EC) Epikatechin gallate (EKG) Epigallokatekin galat (EGCG)	Serbest radikalleri nötralize eder. Kanser riskini azaltabilir	
Greyfurt	Flavonoller, quercetin	Anti kanser ve antioksidan	Greyfurt, gingko, üzüm, soğanlar
Yulaf	Çözünmez elyaf	Göğüs veya kolon kanseri riskini azaltabilir	Buğday kepeği, tahıl, pek çok Sebzeler
Zeytinyağı	Oleik asit, palmitik asit, linoleik asit, stearik asit	HDL, antikanser ve antioksidan artışı	Zeytin
Soğan (sarı ve kırmızı)	Quercetin	Kalp hastalığını azaltabilir	Çay, elmalar, kirazlar ve kırmızı Şarap
Biberiye (Rosmarinus officinalis, Lamiaceae	Camosol, a-pinen, kafur, sineole	Antioksidan Kolesterol oksidiyonunu önleyebilir Kanseri ve Alzheimer'ı önler	Biberiye
Ispanak	Flavonoidler (.1500 farklı tip), Lutein	Yaşa bağlı maküla karşı aktif dejenerasyon	Yapraklı sebzeler, mısır, yumurta sarısı
Ayçiçeği tohumu	Vitaminler B1, B2, B3, E, Ca, Mg, Mn, P, K, Cu, Re, Se, Zn, karmaşık karbonhidratlar, Lif, omega-6 yağ asidi, Protein, doymamış yağ	Bağışıklığı artırıcı faydaları Antioksidan Cilt sağlığını geliştirin Kan yağ seviyelerini düzenler Doku onarımında yardımcı (örn., Egzama)	Domates, Karpuz, pembe greyfurt
Domates	Likopen	Prostat kanseri tedavisinde Antioksidan	

- Zenginleştirilmiş gıdalar: Gıdaların içinde özel olarak bulunmayan, yeni bir besin maddesi eklenerek üretilen gıdalardır (örnek; probiyotik yoğurt),
- Değiştirilmiş gıdalar: Gıdanın içinde istenmeyen bir besin maddesinin uzaklaştırılıp, yeni bir maddenin ilave edilerek üretilen gıdalardır (örnek; yağsız süt),
- Geliştirilmiş gıdalar: Özel koşullarda geliştirilerek, yetiştirilerek üretilen gıdalardır (örnek; Omega-3 katkılı yumurta).

Tablo 2. Bazı Fonksiyonel Gıda Grupları (Çakmak, 2018)

Terpenoidler	Fenolik Bileşikler	Protein/Aminoasit içerenler	Karbonhidrat ve türevleri	Yağ asiti ve yapısal lipidler	Mineraller	Mikrobiyal kaynaklı olanlar
Karotenoidler	Koumarin	Aminoasitler	Askorbik asit	Çoklu doymamış yağ asitleri (ω-3)	Ca	Probiyotikler
Saponinler	Tannin	Allil-kükürt bileşenleri	Oligosakkarit	Konjuge linoleik asit	Se	Prebiyotikler
Tokotrienoller	Lignin	Kapsasinoidler	Nişasta olmayan polisakkaritler	Tekli doymamış yağ asitleri	K	
Tokoferoller	Antosiyaninler	İzotiyosiyanatlar		Sfingolipidler	Cu	
Basit terpenler	İzoflavonlar	İndol		Lesitin	Zn	
	Flavononlar	Folat				
	Flavonoller	Kolin				

ESANS YAĞLARIN FONKSİYONEL HAYVANSAL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Değişen yaşam koşulları tüketicilerin besinlere karşı beklentilerinde değişimlere sebep olmuştur. Son dönemlerde insanların sağlık konusuna daha fazla önem vermeleri ve ilaç gibi tıbbi etkisi olan ürünlerden çok, doğal ürünlere ve fonksiyonel besinlere yönelmeleri ile fonksiyonel gıdaların önemi artmıştır (Akçay ve Yılmaz, 2019).

Fonksiyonel gıdalardan süt ve ürünleri, balık gibi su ürünleri, fonksiyonel etler ve yumurta hayvansal kaynaklı; soya, yeşil ve siyah çay, keten tohumu ve ceviz ise bitkisel kaynaklı bazı fonksiyonel besinler arasında yer almaktadır. Fonksiyonel besinler ve bileşenleri, bireyin temel beslenme ihtiyacının karşılanmasının ötesinde vücut fonksiyonlarını düzenleyici, sağlık ve refahı iyileştirici, kronik hastalıkların oluşma riskini azaltıcı, kanserin önlenmesi ve tedavisi, kalp damar hastalıklarının, hipertansiyonun iyileşmesi, obezite ve diyabet tedavisi gibi birçok hastalık üzerinde olumlu etkilere sahiptir (Çetinkaya ve Selcuk, 2016; Akan ve Elibol, 2018).

Hayvansal üretimde elde edilen et, süt, yumurta vb. gıdaların besin madde bileşimleri, içerikleri ve kaliteleri pek çok faktörün etkisi altında değişebilmekte, bu değişim ürünlerin pazarlanmasını ve tüketimini etkileyebilmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bilinçli tüketiciler, tükettikleri besinlerin kalitesine büyük önem vermekte, hayvansal gıdayı besleyici niteliklerinin yanında sağlık ve ürün kalitesi yönünden de değerlendirmektedirler (Akan ve Elibol, 2018). Üretim kademelerindeki pek çok etken, elde edilen ürünün besin madde içeriğini, fiziksel ve kimyasal yönden kalitesini etkilemektedir. Özellikle hayvan sağlığı, üretim koşulları, hijyen ve sanitasyon, yem, besleme, ürün işleme, değerlendirme ve pazarlama aşamaları üzerinde durulması ve özen gösterilmesi gereken kritik noktalardır. Süt, kırmızı et, yumurta ve piliç eti gibi endüstriyel boyutta üretilen hayvansal gıdaların besin madde içerikleri ile fiziksel ve kimyasal kaliteleri besleme ve yem kaynağı ile çok yakından

ilişkilidir. Son yıllarda artan tüketici bilinci ile gıdaların hijyenik ürün niteliğinin yanında sağlık ürünlerine dönüştürülmesine yönelik çalışmalar hız kazanmış, bu kapsamda yem ve besleme en çok üzerinde durulan kritik nokta olarak önem kazanmıştır. Yem ve besleme aracılığıyla hayvansal gıdaların fiziksel özellikleri tüketici isteğine uygun olarak geliştirildiği gibi, tüketici sağlığına katkı yapacak fonksiyonellik de kazandırılmaya çalışılmaktadır (Kutlu ve Özen, 2009; Reyer ve ark., 2017; Hernández-Coronado ve ark., 2019; Ferket ve ark., 2020).

Son yıllarda tüketicilerinin destekleyici sağlık ürünlerini içeren besinleri tüketme isteklerine cevap verebilme arayışı, araştırıcıları fonksiyonel özelliğe sahip yem katkılarının hayvanın yemine katılarak ürüne doğal biyolojik yolla geçişini ve birikimini sağlayan çalışmalara yoğunlaştırdığı görülmektedir (Lejonklev ve ark., 2013; Ehr ve ark., 2017; Ilmi ve ark., 2017; Silva-Vazquez ve ark., 2018; Xie ve ark., 2019). Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda öne çıkan ve ürüne geçişi sağlanan fonksiyonel yem katkıları, A ve E vitaminleri, omega 3 yağ asitleri, konjuge linoleik asit, selenyum ve esans yağlardır. Bunun yanında iz elementler, vitamin ön maddeleri, esansiyel amino asitler ve yağ asitleri zenginleştirme materyali olarak kullanılması muhtemel gözükmektedir (Kutlu ve Şahin, 2017).

Hayvanlarda herhangi bir kalıntı bırakmayan ve hayvan ve insan sağlığı açısından olumlu katkılar ortaya çıkaran bitkisel ekstrakt ve bunlardan elde edilen esans yağlar hayvansal gıda üretiminde kullanılan maddelerin en çok üzerinde durulanıdır (Bilgin ve

Kocabağlı, 2010; Reyer ve ark., 2017; Hernández-Coronado ve ark., 2019: Adine ve ark., 2020). Fitobiyotiklerin çiftlik hayvanlarında ve ürünleri üzerindeki etkilerine yönelik oldukça yoğun bildirişler mevcuttur. Yumurta tavuklarında gerek performans özelliklerinin iyileştirilmesi, yumurta iç ve dış kalite kriterlerinin arttırılması ve gerekse yumurta besin madde içeriğinin zenginleştirilmesi açısından bitki ekstraktlar bunlardan elde edilen esans yağların büyütme faktörü olarak kullanımı son yıllarda yaygın hale gelmiştir. Nitekim; yumurta tavuğu karma yemlerine % 0, 1, 2, 3 düzeylerinde zeytin yaprağı toz şekilde ilave edilmesi, yumurta verimi, yem tüketimi ve yemden yararlanama oranını etkilemezken, yumurta sarı renginde iyileşme, yumurta sarısı kolesterol düzeyinde % 10 düzeyinde azalma sağlamıştır (Cayan ve Erener, 2015). Bir başka çalışmada yumurta tavuğu diyetlerine ilave edilen çörek otu (*Nigella sativa*) yağının performans değerlerini etkilemediğini, kan serumu kolesterolü ile yumurta sarısı n–6/n–3 oranını düşürdüğü ve yumurta sarısı EPA, DHA ve n-3 oranını artırdığı tespit edilmiştir (Bölükbaşı ve ark. 2009).

Botsoglou ve ark. (2012), oregano esans yağının etlik piliçlerin büyüme performansı ve besi sonucunda elde edilen karkasın göğüs, but ve abdominal yağ dokularında demir indükleyici lipid oksidasyonuna karşı etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, yeme 50 ve 100 ppm katılan oregano esans yağının etlik piliçlerin büyüme performansı üzerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yeme katılan oregano düzeyleri arttıkça, dokulardaki

malondialdehyde düzeylerinin azaldığını, özellikle yeme katılan 100 ppm oregano esans yağının etlik piliçlerin dokularında antioksidan özellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Kaya ve Turgut (2012), yumurtacı tavuk rasyonlarına farklı seviyelerde adaçayı, kekik, nane ekstraktı ve vitamin E ilavesinin yumurta verimini, kabuk ağırlığını ve kırılma mukavemetini önemli derecede arttırdığını, hasarlı yumurta oranını düşürdüğünü, serum kolestrol içeriğini arttırdığını, 21 ve 42. gün depolanan yumurtalarda da TBARS oluşumunu önemli derecede yavaşlattığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak adaçayı ve kekik ektraktlarının bazı performans ve kalite parametreleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu, antioksidan olan vitamin E yerine lipid oksidasyonunu önleyici olarak kullanılabilecekleri, kolesterol düşürücü ajan olarak yumurtacı tavuk rasyonlarına 300 ppm düzeyinde ilave edilebileceğini belirtmişlerdir. Abdel-Wareth ve Lohakere (2014), Hy-Line Brown ırkı yumurtacı tavuklarında son dönem yumurtlama periyodu için rasyonlarına 0, 5, 10, 15, 20 g/kg kurumuş nane yaprakları (*Mentha piperita L.)* ilavesiyle, yemden yaralanma oranı kurumuş nane yaprağının artan dozuna doğru orantılı bir şekilde azaldığını, 20 g/kg kurumuş nane yaprağının katıldığı deneme grubunda, performans parametrelerine ilişkin sonuçlar tüm gruplar olumlu yönde etkilendiğini, kalite parametreleri ve Haugh birimi nane yaprağı ilave edilen tüm gruplarda kontrol gruplarına göre sonuçlar daha iyi bulunduğu ifade etmişlerdir. Bunun yanında aynı çalışmada kurutulmuş nane yaprağı ilavesine doz artışıyla doğru orantılı bir şekilde serum kolestrol seviyesi önemli oranda azalırken serum toplam proteininin arttığını saptamışlardır.

Etlik piliç üretiminde başarı hayvanların tükettikleri yemlerdeki besin maddelerinden optimum düzeyde yararlanmaya bağlıdır. Bu amaca ulaşmada yem katkı maddeleri önemli bir işlevi yerine getirir. Yem katkı maddeleri optimal besin maddesi tüketimini emniyet altına almak, hayvanın sağlığını korumak, yemlerdeki besin maddelerinin bozulmasını önlemek, hayvansal ürünlerin miktarıyla birlikte kalitesini de olumlu yönde etkilemek, elde edilen ürünün görünümünü değiştirmek ve niteliğini arttırmak amacıyla yemlere katılan maddeler olarak tanımlanabilir. Yem katkısı olarak kullanılan biberiye ve adaçayı ekstraktlarının broyler etinde yağ oksidasyonuna karşı etkin oldukları, antioksidant etkilerinin karotenoid ve flavonoidlerden kaynaklandığı, özellikle quercetin ve silibinin reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerine karşı, E vitamininde bulunan tokoferoller kadar hücre ve dokuları koruyabildiği belirlenmiştir (Kamel, 2000). Ayrıca etlik piliçlerde yapılan çalışmalarda eterik yağların yem tüketimini artırıcı, yemden yararlanma ve karkas kalitesini iyileştirici, endojen sindirim salgılarını uyarıcı, etin raf ömrünü koruyucu, oksidatif stresi azaltıcı, bağışıklık sistemini güçlendirici ve kolesterol metabolizmasını düzenleyici etkilerinin de olduğu rapor edilmiştir (Jamroz ve Kamel, 2002; Çabuk ve ark., 2006; Durape, 2007; Turan ve Ozturk, 2010). Saeid ve ark. (2010), sulu zencefil ekstraktının (*Zingiber officinale*) etlik piliçlerde biyokimya parametreleri üzerine olası etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, serum HDL-kolesterol, LDL-kolesterol ve VLDL-kolesterolün muamele gruplarından etkilenmediğini ancak toplam kolesterol düzeyinin önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise

antibiyotik (oksitetrasiklin) ile esansiyel yağ asidi karışımının (kekik, anason, narenciye kabuğu) broyler beslemedeki etkileri incelenmiş ve antibiyotik ile esansiyel yağ asidi karışımının hayatta kalma oranını %10 artırdığı, esansiyel yağ asidi karışımı arttıkça broiler canlı ağırlığının lineer olarak arttığı, yem alımının azaldığı ek olarak esansiyel yağ asidi karışımının duedonum villus uzunluğunu artırdığı, göğüs etinin daha kalın, daha yumuşak hale getirdiği görüldüğü ifade edilmiştir (Mountzouris ve ark., 2011; Hong ve ark., 2012). Etlik piliçlerde yapılan diğer bir araştırmada ise mikrokapsüllenmiş kekik ve tarçın esans yağlarının kolesterol konsantrasyonunu azalttığı, glutasyon peroksitlerin enzim aktivitesinin arttığı, broyler civcivleri üzerinde karaciğer ve abdominal yağ ağırlığının azalması yönünde olumlu etkileri görüldüğü ifade edilmiştir (Rozmehr ve ark., 2018).

Mehdipour ve ark. (2013), çalışmalarında karma yemlere tarçın tozu ve tarçın yağı takviyesinin Japon bıldırcınlarında büyüme teşvik edici ajan olarak sinbiyotik olarak büyüme performansı ve uyluk (but) et kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Karma yemlerine, 200 mg tarçın yağı / kg ve virginiamisin, bıldırcınların canlı ağırlığındaki artışını 21-35 g olarak arttırdığı saptanmıştır. Yapılan çalışmada, 200 mg tarçın yağı / kg ile beslenen Japon bıldırcınlarının 2-tiobarbiturik asit reaktif maddeleri kontrol, virginiamisin ve sinbiyotik tedavilerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, 200 mg tarçın yağı / kg, Japon bıldırcın karma yemlerinde besi performansını sürdürmek için antibiyotiğe alternatif olarak uygulanabilir ve et kalitesini de artırabildiğini bildirmişlerdir. Etçi bıldırcınlarda doğal antioksidan

olarak ardıç yağının et kalitesine ve büyüme performansına etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bıldırcınların büyüme ve olgunlaşma dönemlerinde canlı ağırlık artışı ve karkas veriminde yükselmeler bildirilmiştir. Ayrıca ardıç yağının kalça etlerinde farklı depolama zamanlarında tiobarbitürik asit düzeylerini azalttığı vurgulanmıştır. Sonuç olarak ardıç yağının doğal bir antioksidan olarak et kalitesini ve performansını arttırmak hayvan ve hayvan yemlerinde lipid oksidasyonunu geciktirmek için sentetik antioksidanlar yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Yeşilbağ ve ark., 2014).

Tıbbi aromatik bitkilerden elde edilen esans yağlarda yer alan izoflavonlar, ellagik asit, fitatlar, indoller, flavonoidler, terpenler, fenolik asit, kumarinler, polifenoller, likopenler, glissirizin, izotiyosiyanatlar, karotenoidler ve sülfitler gibi oldukça önemli fitokimyasalların rasyonlarda kullanılmasıyla sadece hayvan kan şekerini ve kan kolestrolünü düşürmesi vb. değil, bu hayvanlardan elde edilen fonksiyonel ürünleri tüketen insanlarda her bir besin maddesinin vücut fonksiyonlarını düzenleyici, sağlık ve refahı iyileştirici ve insanlarda kronik hastalıkların oluşma riskini azaltıcı etkilerin görülmesi beklenmelidir (Kutlu ve Şahin, 2017). Diğer yandan son yıllarda, uçucu yağların sindirim sistemini aktive ettikleri, enzim üretimini artırdıkları ve bu sayede canlı ağırlık artışını, yemden yararlanmayı ve karkas randımanını iyileştirdikleri, pek çok uçucu yağın da gerek bakteriyel ve gerekse fungal patojenleri inhibe ettiği in-vitro olarak saptanmıştır (Çabuk ve ark., 2006, Turan ve ark., 2012;

Jerzsele ve ark., 2012; Witkowska ve Sowinska, 2013; Peng ve ark., 2016; Salazar ve ark., 2019; Favaretto ve ark., 2020).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Değişen yaşam tarzları, beslenme alanında ve tüketicilerin gıdalardan istenilen sağlık etkilerinde farklılaşmalara yol açmıştır. İnsanların son dönemlerde daha fazla sağlıklı yaşama isteği doğrultusunda daha fazla ihtimam göstermeleri ve bunun yanında tıbbi etkisi olan ilaç gibi mamullerden daha çok, sağlıklı ve besleyici ürünler olan işlevsel besinleri tercih eder duruma gelmeleri ile birlikte fonksiyonel gıda ürünlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Antibiyotiklerin hayvan beslemede büyütme faktörü olarak kullanımının kalıntı ve çapraz direnç oluşturması riskinden dolayı yasaklanmasından sonra en ilgi çekici olarak üzerinde yoğunlaşılan esans yağlar, tek başlarına ya da bir karışım olarak diğer yem katkı maddeleriyle beraber ekonomik, besleyici, güvenli ve sağlıklı fonksiyonel hayvansal ürünler üretmek için alternatif yem katkıları olarak değerlendirilmektedirler. Uçucu yağların rasyonlarda ayrı ayrı ve kombinasyon halinde kullanılmasına yönelik dozların belirlenmesi, birbirleriyle olan etkileşimleri, karma yeme katılma teknolojileri, hayvansal organizmaya, hayvansal ürünlere doğal biyolojik geçişi ve birikimi ile birlikte fonksiyonel gıda niteliği sağlama ve üretimi konusunda çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdel-Wareth., Aaa, Lohakare J. D. (2014). Effect of dietary supplementation of peppermint onperformance, egg quality, and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens during the late laying period. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 197 :114-120

Adineh, H., Harsij, M., Jafaryan, H., Asadi, M. 2020. The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *J. Appl. Anim. Res*. 48 (1), 372–378. https://doi.org/10.1080/ 09712119.2020.1808473

Akan, L. S., Elibol, E. (2018). Fonksiyonel Besinler Functıonal Foods. *Sağlık Bilimlerinde Akademik Araştırmalar* 27

Akçay, B., Yılmaz, H. Ö. (2019). Bazı Fonksiyonel Besinlerin Sağlık Üzerindeki Koruyucu Etkileri. Ankara *Sağlık Bilimleri Dergisi* 8(2), 9-19

Akdag, A., Öztürk, E. (2019). Distillation Methods of Essential Oils. *Selcuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi* 45 (1), 22-31

Alagawany, M., S. S. Elnesr, M. R. Farag, M. E. El-Hack, A. F. Khafaga, A. E. Taha, K. Dhama. (2019). Use of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) herb as a feed additive in poultry: Current knowledge and prospects. *Animals* 9:536

Arvanitoyannis, I.S., M.V. Houwelingen-Koukaliaroglou. (2005). Funtional foods: A survey of health Claims, Pros and Cons, and Current Legislation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45:385-404

Bhavaniramya, S., Vishnupriya, S., Al-Aboody, M. S., Vijayakumar, R., & Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & oil science and technology* 2(2), 49-55

Bigliardi, B. Galati, F. (2013), Innovation trends in the food industry: The case of functional foods, *Trends in Food Science & Technology* 118-129

Bilgin A. Ş., Kocabağlı N. (2010). Etlik Piliç Beslemede Esansiyel Yağların Kullanımı. İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg., 36; 75-82.

Botsoglou, N. A., Fletouris, D.J., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Spais, A.B. (2012). Effects of dietary oregano essential oil on performance of chickens

and on iron-induced lipid oxidation of breast meat, thigh and abdominal fat tisues. *British Poultry Science* 43: 223-230

Bölükbaşı M. K Ürüşan, Şc Erhan H. (2009). Yumurtacı tavuk rasyonlarına geç dönemde çörek otu *(Nigella sativa*) yağı ilavesinin performans, yumurta sarısı yağ asidi kompozisyonu ve bazı kan parametreleri üzerine etkileri. Tekirdağ *Ziraat Fakültesi Dergisi* 6.3: 283-289

Cayan, H., Erener, G. (2015). Effect of olive leaf (*Olea europaea*) powder on laying hens performance, egg quality and egg yolk cholesterol levels. Asian Australasian Journal of Animal Sciences 28(4), 538-543

Çakmak, H. (2018). Fonksiyonel Gıdalar. (Erişim tarihi: 20.09.2021) http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/hulyacakmak_27.09.2018_6D3O.pdf

Cheng, C.S., Xia, M., Zhang, X.M., Wang, C., Jiang, S.W., Peng, J. (2018). Supplementing oregano essential oil in a reduced-protein diet improves growth performance and nutrient digestibility by modulating intestinal bacteria, intestinal morphology, and antioxidative capacity of growing-finishing pigs. *Animals* 8, 159

Çabuk, M., Bozkurt, M. Alçiçek, A., Çatlı, A.U., Başer, K.H.C. (2006). Effect of a Dietary Essential Oil Mixture on Performance of Laying Hens in the Summer Season. *South African Journal of Animal Sci.* 36(4):215-221

Çetinkaya N, Selcuk Z. (2016). Organik Hayvan Besleme ve Fonksiyonel Gıda Üretim İlişkisi. Turkiye *Klinikleri J Anim Nutr&Nutr Dis-Special Topics* 2016;2(3):84-8

da Silva Dannenberg, G., Funck, G. D., Mattei, F. J., da Silva, W. P., & Fiorentini, ˆA. M. (2016). Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (Schinus terebinthifolius Raddi) in-vitro and in cheese experimentally contaminated with Listeria monocytogenes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 36, 120–127. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.009

Diaz-Sanchez, S., D'Souza, D., Biswas, D., and Hanning, I. (2015). Botanical alternatives to antibiotics for use in organic poultry production. *Poult. Sci*. 94, 1419–1430. doi: 10.3382/ps/pev014

Dogan, E., Ozturk, E. (2019). The Effect of Fresh and Aged Garlic Extract-Enriched Diets on the Growth Performance of Broilers and the Oxidative Rancidity and Customer Acceptance of Chicken Meat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 7(12), 2267-2274

Durape, N. M. (2007). "Phytochemicals Improve Semen Quality and Fertility." *World Poultry* 23: 18–20

Dündar, Y. (2001). Fitokimyasallar ve sağlıklı yaşam. *Kocatepe Tıp Dergisi* 2:131-138

Ehr, I. J., Persia, M. E., & Bobeck, E. A. (2017). Comparative omega-3 fatty acid enrichment of egg yolks from first-cycle laying hens fed flaxseed oil or ground flaxseed. *Poultry science 96*(6), 1791-1799

Erbaş, E. (2006). Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 791-794

Favaretto, J. A., Alba, D.F., Marchiori, M.S., Marcon, H.J., Souza, C.F., Baldissera, M.D. (2020). Supplementation with a blend based on micro-encapsulated carvacrol, thymol, and cinnamaldehyde in lambs feed inhibits immune cells and improves growth performance. *Livest. Sci*.240, 104144. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104144

FDA. (2004). Food and Drug Administration of the US, 21 CFR 184. http://www.efsan.fda.gov/eafus.html

Ferket, P. R., Malheiros, R. D., Moraes, V. M. B., Ayoola, A. A., Barasch, I., Toomer, O. T., & Torrent, J. (2020). Effects of functional oils on the growth, carcass and meat characteristics, and intestinal morphology of commercial turkey toms. *Poultry Science* 99(7), 3752-3760.

Ghasemi, H.A., Kasani, N., Taherpour, K. (2014). Effects of black cumin seed (nigella sativa L.), a probiotic, a prebiotic and a synbiotic on growth performance, immune response and blood characteristics of male broilers. *Livest Sci.* 164:128e34

Hacıoğlu, G, Kurt G. (2012). Tüketicilerin Fonksiyonel Gıdalara Yönelik Farkındalığı, Kabulü ve Tutumları: İzmir İli Örneği. *J Business Econ Res*, 3 (1), 161-171

Hernández-Coronado, A. C., Silva-Vázquez, R., Rangel-Nava, Z. E., Hernández-Martínez, C. A., Kawas-Garza, J. R., Hume, M. E., & Méndez-Zamora, G. (2019). Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science 98*(7), 3050-3058.

Hong, J. C., Steiner T., Aufy A., Lien TF., (2012). Effects of Supplemental Essential Oil on Growth Performance, Lipid Metabolites and İmmunity, İntestinal Characteristics, Microbiota and Carcass Traits in Broilers, Livestock Science, 144; 253–262

Hui, Y. H. (2007). Handbook of Food Products Manufacturing (Principles, Bakery, Beverages, Cereals, Chesee, Confectionary, Fats, Fruits and Functional Foods, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Ilmi, A., Praseptiangga, D., Muhammad, D. R. A. (2017). Sensory attributes and preliminary characterization of milk chocolate bar enriched with cinnamon essential oil. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 193. https://doi.org/ 10.1088/1757-899x/193/1/012031, 012031

Jamroz, D. and C. Kamel. (2002). Plant extracts enhance broiler performance. In non ruminant nutrition: Antimicrobial agents and plant extracts on immunity, health and performance. *J. Anim. Sci.* 80 (E. Suppl. 1), pp. 41

Jerzsele, A., Szeker, K., Csizinszky, R., Gere, E., Jakab, C., Mallo,JJ. (2012). Efficacy of protected sodium butyrate, a protected blend of essential oils, their combination, and bacillus amylolique faciensspore suspension again startificially induced necrotic enteritis in broilers. *Poult Sci*, 91:837e43

Kamel, C., (2000). A Novel Look At A Classic Approach Of Plant Extracts. *Feed Mix, Special-2000*, Pp: 19-21.

Kaya A., Turgut L. (2012). Yumurtacı Tavuk Rasyonlarına Değişik Oranlarda Katılan Adaçayı *(Salvia officinalis*), Kekik (*Thymbra spicata*), Nane (*Menthae piperitae*) Ekstraktları İle Vitamin E' nin Performans, Yumurta Kalitesi ve Yumurta Sarısı TBARS Değerleri Üzerine Etkileri, *Atatürk Ünv. Zir.Fak. Der*., 43(1) 49-58

Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C. ve Pehu, E. (2006), Agriculture and Rural Development Discussion, Health Enhancing Foods Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries, Washington DC, Amerika Birleşik Devletleri

Kutlu, H. R., Özen, N. (2009). Hayvan beslemede son gelişmeler. *Hayvan Besleme Bilim Derneği, Bilimsel Yayınlar* (1)

Kutlu, H. R., Şahin, A. (2017). Kanatlı beslemede güncel çalışmalar ve gelecek için öneriler. *Hayvansal Üretim*, 58(2), 66-79

Lejonklev, J., M. M. Løkke, M. K. Larsen, G. Mortensen, M. A. Petersen, and M. R. Weisbjerg. (2013). Transfer of terpenes from essential oils into cow's milk. *J. Dairy Sci*. 96:4235–4241

Liu, Z, Mizutani Y. (2010). A review of phytoestrogens: Their occuruncence and fate in the environment. *Water Res*, 44, 567-577

Martirosyan, D. M. ve Singh, J. (2015), A new definition of functional food by FFC, *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209-223

Mehdipour, Z., Afsharmanesh, M., Sami, M. (2013). Effects of dietary synbiotic and cinnamon (*Cinnamomum verum*) supplementation on growth performance and meat quality in Japanese quail. *Livestock Science*, 154(1-3), 152-157

Meral, R, Doğan İS, Kanberoğlu GS. (2012). Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. Iğdır Üni. *Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ J Inst Sci & Tech*, 2 (2), 45-50

Mishra, A. P., Devkota, H. P., Nigam, M., Adetunji, C. O., Srivastava, N., Saklani, S., Khaneghah, A. M. (2020). Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *Lwt, 133*, 110116

Mountzouris, K. C., Paraskevas V., Tsirtsikos P., Palamidi I.,Steiner T., Schatzmayr G., Fegeros K. (2011). Assessment of a Phytogenic Feed Additive Effect on Broiler Growth Performance, Nutrient Digestibility and Caecal Microflora Composition, *Animal Feed Science and Technology* 168; 223– 231

Nerio, L. S, Verbel JO, Stashenko E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101: 372– 378

Özkan, Pınar, Yücel, Ezgi Karataş, Yücel, Engin. (2018). Tüketici Yenilikçiliği İle Fonksiyonel Gıdalara Yönelik Tutum Arasındaki İlişki: Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama. *Uluslar Arası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 17 (1), 265-280

Patra, A. K, Saxena J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71: 1198–1222

Patra, A. K. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminal production. *Asian J. Of Anim. and Vet. Adv*., 1-13. http://docsdrive.com/pdfs/ academicjournals/ajava/0000/21769-21769.pdf ; (Erişim Tarihi: 02.11.2014)

Peng, Q. Y., Li, JD., Li, Z., Duan, ZY., Wu, YP. (2016). Effects of dietary supplementation with oregano essential oil on growth performance, carcass traits and jejunal morphology in broiler chickens. Anim Feed Sci Technol. 214:148e53

Perina, N. P., Granato, D., Hirota, C., Cruz, A. G., Bogsan, C. S. B., & Oliveira, M. N. (2015). Effect of vegetal-oil emulsion and passion fruit peel-powder on sensory acceptance of functional yogurt. *Food Research International*, 70, 134–141. https:// doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.014.

Qiao, Z. Y., Dai, S.N., Zhang, Q.J., Yang, W.G., Chen, J. (2018). Predicting cytotoxicity of essential oils from traditional chinese medicine with machine learning technique. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol*. 123, 29

Ramadan, K., Ashoush, I., El-Batawy, O. (2013). Comparative evaluation of three essential oils as functional antioxidants and natural flavoring agents in ice cream. *World Applied Sciences Journal*, 23(2), 159–166

Raut, J. S. and Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind. Crops Prod*. 62, 250–264. doi: 10.1016/j.indcrop. 2014.05.055

Reyer, H., J. Zentek, K. M¨anner, I. M. I. Youssef, T. Aum¨uller, J. Weghuber, K. Wimmers, and A.M¨uller. (2017). Possible molecular mechanisms by which an essential oil blend from star anise, rosemary, thyme, and oregano and

saponins increase the performance and ileal protein digestibility of growing broilers. *J. Agric. Food Chem*. 65:6821–6830

Ricroch, A.E., Henard-Damave, M.C. Next biotech plants. (2016). New traits, crops, developers and technologies for addressing global challenges. *Crit. Rev. Biotechnol*. 36, 675–690

Roberfroid, M. B. (2000). A European cons ensus of scientific concepts of functional foods. Nutr, 16, 689-691

Rozmehr, F, Chashnidel Y, Rezaei M, Mohiti asli M, Mottaghi talab M. (2018). The Effect of Thyme and Cinnamon Microencapsulated Essential Oils on Performance, Some Blood Parameters and Carcass Characteristic in Boiler Chicks. *Research On Animal Production*, 8, 17, 34-42

Saeid, J. M.,g Mohamed, A. B., Al-Baddy, M. A. (2010). Effect of aqueous extract of ginger (*Zingiber officinale*) on blood biochemistry parameters of broiler. *International Journal of Poultry Science*, 9(10), 944-947

Salazar, L.F.L., Nero, L.A., Campos-Galvão, M.E.M., Cortinhas, C.S., Acedo, T.S., Tamassia, L.F.M., Busato, K.C., Morais, V.C., Rotta, P.P., Silva, A.L., Marcondes, M.I. (2019). Effect of selected feed additives to improve growth and health of dairy calves. PLoS ONE. 14, 1-14

Schiano, A., Harwood, W., Drake, M. (2017). A 100-year review: Sensory analysis of milk. Journal of Dairy Science, 100(12), 9966–9986

Shaaban, H. A. (2020). Essential Oil as Antimicrobial Agents: Efficacy, Stability, and Safety Issues for Food Application. Essential Oils-Bioactive Compounds, *New Perspectives and Applications*, 1-33.

Silva-V´azquez, R., L. A. Duran-Mel´endez, C. A. Hern´andez- Mart´ınez, J. G. Guti´errez-Soto, M. E. Hume, and G. M´endez- Zamora. 2018. Effects of two sources of Mexican oregano oil on performance, blood profile, carcass variables, and meat of broilers. *Rev. Bras. Zootecn*. 47:e20170198, Accessed Aug. 2018, doi:10.1590/rbz4720170198.

Spence, J. Tu. (2006). Challenges Related to the Composition of Functional Foods. Journal of Food Composition and Analysis, 19, S4-S6. http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2005.11.007

Souza Pedrosa, G. T., Carvalho, R. J., Berdejo, D., Souza, E. L., Pagán, R., Magnani, M., (2019). Control of autochthonous spoilage lactic acid bacteria in apple and orange juices by sensorially accepted doses of Citrus spp. essential oils combined with mild heat treatments. Journal of Food Science, 84, 848-858. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108837

Şahan Z. (2012). *Bazı bitki uçucu yağlarının enerji, protein ve lif kaynağı yemlerin in vitro gerçek sindirilebilirliğine ve yüksek verimli süt sığırlarında süt verimi ve süt kompozisyonlarına etkileri.* Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. http://traglor.cu.edu.tr/ objects/objectFile/2TikxNHd-1192013-3.pdf; Erişim Tarihi: 03.11.2014.

TBMM. (2004). Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun. Sayı: 5179, Ankara

Tohidi, B., Rahimmalek, M., & Trindade, H. (2019). Review on essential oil, extracts composition, molecular and phytochemical properties of thymus species in Iran. *Industrial Crops and Products,* 134, 89–99. https://doi.org/10.1016/j. indcrop.2019.02.038

Turan, A., Öztürk, E. (2010, August). Can grape seed and extract use a natural antioxidant in broiler diets. In XIIIth European Poultry Conference, Tours, France (p. 659)

Turan, F., Gürağaç, R., & Sayın, S. (2012). Su ürünleri yetiştiriciliğinde esansiyel yağlar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5(1), 35-40

Ünal A., Kocabağlı, N. (2014). Effect Of different dosages of oregano oil on performance and some blood parameters in lambs. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 61(3), 199-204

Witkowska D., Sowińska J. (2013). The Effectiveness of Peppermint and Thyme Essential Oil Mist in Reducing Bacterial Contamination in Broiler Houses. *Poult. Sci*., 92: 2834- 2843

Worwood, V. A. (2016). The complete book of essential oils and aromatherapy, revised and expanded: Over 800 natural, nontoxic, and fragrant recipes to

create health, beauty, and safe home and work environments. USA: New World Library

Xie, C., Elwan, H. A. M., Elnesr, S. S., Dong, X. Y., & Zou, X. T. (2019). Effect of iron glycine chelate supplementation on egg quality and egg iron enrichment in laying hens. *Poultry Science*, 98(12), 7101-7109

Yeşilbağ, D., Cengiz, S.S., Çetin, I., Meral, Y., Biricik, H. (2014). Influence of Juniper (*Juniperus communis*) oil on growth performance and meat quality as a natural antioxidant in quail diets. Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, University of Uludag, Bursa, Turkey

BÖLÜM 15

ESANS YAĞLARIN GIDA KORUYUCUSU OLARAK KULLANIMI

Arş. Gör. Elif Gülşen KARABACAK[1]

Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON[2]

[1] Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Samsun Türkiye, Orcid No: 0000-0002-3513-0986, elif.karabacak@omu.edu.tr
[2] Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Samsun Türkiye, Orcid No: 0000-0002-1225-0133, ahmeth.con@omu.edu.tr

GİRİŞ

Halk arasında uçucu yağlar veya eterik yağlar olarak bilinen esans yağ geleneksel farmakopenin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Aromatik bitkilerden ekstrakte edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan ve kolayca kristalleşebilen esans yağın en belirgin özellikleri; ekstrakte edildikleri bitkinin karakteristik kokusunu taşımaları ve oda sıcaklığında uçucu özellik göstermeleridir (Çelik ve Çelik, 2007; Bakkali ve ark., 2008).

Esans yağ teriminin ilk kullanımının, İsveçli bilim insanı Paracelcus von Hohenheim tarafından bir ilacın etkili bileşeninin "*Quinta essentia"* olarak adlandırıldığı 16. yüzyıla dayandığı düşünülmektedir (Guenther, 1948). Orta çağdan sonra esansiyel yağlarının eldesi ve bakterisidal, fungusidal, antiparazitik, virusidal, insektisidal, tıbbi ve kozmetik amaçlı olarak kullanımı alan kazanmıştır (Bayaz, 2014). Fransız fizikçi Du Chesne'ye göre 17. yüzyılda esansiyel yağların hazırlanmasına ilişkin yeterli bilgi birikimi olmuş ve eczanelerde 15-20 farklı esansiyal yağ satılır hale gelmiştir. İlk kullanılan esansiyel yağın terebentin olduğu bildirilmiştir (Guenther, 1948). 18. Yüzyılın sonunda çay ağacı yağının tıbbi amaçlarla kullanımı belgelenmiş (Carson and Riley, 1993); 19. ve 20. yüzyıllarda esansiyel yağların tıpta kullanımı yavaş yavaş yaygınlaşmış ve bunu gıdalarda lezzet ve aroma geliştirmede kullanımı takip etmiştir (Guenther, 1948).

Esans yağlar sahip oldukları antibakteriyel özelliklerinden dolayı dişçilikte kanal tedavisi (Manabe ve ark., 1987) ve antiseptik (Bauer ve Garbe, 1985) ile hayvan yemlerine (Ilsley ve ark., 2002) ilave gibi;

fizyolojik etkilerinden dolayı da böcek kovucular ve patates filizini engelleyici ilaçlara (Hartmans ve ark., 1995) ilave gibi çeşitli ticari ürünlerde kullanımlarına başlanmıştır. Piyasada ticari olarak ulaşılabilir durumdaki esansiyel yağ içeren gıda katkılarına; İspanyol DOMCA tarafından piyasaya sürülen, bileşiminde %50 biberiye, adaçayı ve narenciye esansiyel yağları ve %50 gliserol içeren "DMC Base Natural" ile Amerika'da çeşitli bitki ekstraklarından üretilen ve bileşiminde bir veya daha fazla esansiyel yağın sodyum sitrat ve sodyum klorür çözeltileri içinde dağıldığı tahmin edilen "Protecta One" ve "Protecta Two" gıda katkıları (Cutter, 2000) öncül örnek olarak verilebilir.

Sentetik katkı maddelerine alternatif olarak gıda, meşrubat, ilaç, sanitasyon, parfümeri, kozmetik ile tarım sektörlerinde kullanılan (Bayaz, 2014) esans yağlar, sentetik gıda katkılarının daha az kullanılmasını ve çevreye daha az etkiye sahip ürünlerin piyasaya çıkmasını sağlayarak yeşil tüketicilik akımının desteklenmesine (Tuley de Silva, 1996) katkı vermektedir.

Esans Yağların Antimikrobital Aktiviteleri

Esansiyel yağların antimikrobiyel aktiviteleri çok ilgi çeken ve araştırılan yönlerinden birisidir (Toroğlu ve Çenet, 2006). Gram (+) ve Gram (-) bakteriler dahil olmak üzere pek çok mikroorganizma üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptirler. Bazı önemli esans yağ kaynağı bitkiler ile esansiyel yağların antibakteriyel etkili olduğu gıda patojenleri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Esans yağ kaynağı bitkiler ve etkili oldukları gıda patojenleri

Esans Yağ Kaynağı Bitki	**Gıda Kaynaklı Patojen Bakteri**	**MİK Değer (µl/ml)***	**Kaynak**
Biberiye	*Escherichia coli*	4,5 – >10	Pintore ve ark., 2002
	Salmonella Typhimurium	>20	Hammer ve ark., 1999
	Bacillus cereus	0,2	Chaibi ve ark., 1997
	Staphylococcus aureus	0,4-10	Farag ve ark., 1989
Kekik	*Escherichia coli*	0,5-1,2	Hammer ve ark., 1999
	Listeria monocytogenes	0.2	Smith-Palmer ve ark., 1998
Limon otu	*Escherichia coli*	0,6	Hammer ve ark.,1999
	Salmonella Typhimurium	2,5	
	Staphylococcus aureus	0,6	
Adaçayı	*Escherichia coli*	3,5-5	Farag ve ark.,1989
	Salmonella Typhimurium	10-20	Hammer ve ark., 1999
	Staphylococcus aureus	0,75-10	
	Listeria monocytogenes	0,2	Farag ve ark., 1989
			Smith-Palmer ve ark., 1998
Karanfil	*Escherichia coli*	0,4-2,5	Hammer ve ark., 1999
	Salmonella Typhimurium	>20	
	Staphylococcus aureus	0,4-2,5	
Zerdeçal	*Escherichia coli*	>0,2	Negi ve ark., 1999
	Bacillus cereus	0,2	

*MİK: Minimum İnhibitör Konsantrasyon

Tablo 3. Gıda patojenlerinde etkili esans yağ bileşenleri

Esans Yağ	Gıda Kaynaklı Patojen Bakteri	MİK Değeri *	Kaynak
α-Terpineol	*Escherichia coli*	0,45->0,9	Cosentino ve ark., 1999
	Salmonella Typhimurium	0,225	
	Staphylococcus aureus	0,9	
	Listeria monocytogenes	>0,9	
	Bacillus cereus	0,9	
Carvacrol	*Escherichia coli*	0,225-5,0	Kim ve ark., 1995
	Salmonella Typhimurium	0,225-0,5	Kim ve ark., 1995
	Listeria monocytogenes	0.375-5,0	Kim ve ark., 1995
	Staphylococcus aureus	0,175-0,450	Cosentino ve ark., 1999
Citral	*Escherichia coli*	0,5	Kim ve ark., 1995
	Salmonella Typhimurium	0,5	Kim ve ark., 1995
	Staphylococcus aureus	0,5	Onawunmi, 1989
	Listeria monocytogenes	0,5	Kim ve ark., 1995
Eugenol	*Escherichia coli*	1,0	Kim ve ark., 1995
	Salmonella Typhimurium	0,5	
	Listeria monocytogenes	>1,0	
Geraniol	*Escherichia coli*	0,5	Kim ve ark., 1995
	Salmonella Typhimurium	0,5	
	Listeria monocytogenes	1,0	
Perillaldehyde	*Escherichia coli*	0,5	Kim ve ark., 1995
	Salmonella Typhimurium	0,5	
	Listeria monocytogenes	1,0	
Thymol	*Escherichia coli*	0,225-0,45	Cosentino ve ark., 1999
	Salmonella Typhimurium	0,056	
	Staphylococcus aureus	0,140-0,225	
	Bacillus cereus	0,450	

*MİK: Minimum İnhibitör Konsantrasyon (µl/ml)

Önemli esans yağ bileşenlerinden thymol, carvacrol, sinnamaldehit *Salmonella Typhimurium* ile *Escherichia coli* O157 üzerine antibakteriyel aktivite gösterdiği (Halendar ve ark., 1998); *Salvia*

langiera olarak bilinen tüylü adaçayının uçucu yağ ekstraktının *Staphylococcus epidermis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, *Mycobacterium smegmatis*, *Candida albicans* ve *Candida vaginalis* üzerine inhibitör etki gösterdiği; *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* gibi bakterilerin ise ekstrakta dirençli olduğu belirtilmiştir (Al-Howiriny, 2003). Arjantin ve Amerika'nın farklı bölgelerinden elde edilen narenciye yağları arasında *Leuconostoc mesenteroides* MS1, *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Lactobacillus plantarum* ES147 gibi gıda izolatı bakterilere karşı en yüksek antimikrobiyel aktivite greyfurt ile limon esansiyel yağlarında gözlenmiştir. Minimum inhibisyon konsantrasyonunun 0,33-0,55 mg/ml arasında minimum bakterisit konsantrayon değerlerinin ise 0,42-0,95 mg/ml arasında değiştiği raporlanmıştır (Raspo ve ark., 2020).

Limon otu, palm rosa, ökaliptus, sardunya, citronella, kadife çiçeği, nane gibi yedi farklı bitki esans yağının *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* gibi Gram (-) bakteriler ile *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus subtilis g*ibi Gram (+) bakteriler ve *Xanthomonas oryzae*, *X. malvacearum* gibi bitki patojenlerine karşı antimikrobiyel özelliklerinin denendiği çalışmada; en fazla antimikrobiyel etkinin limon otunda gözlendiği; onu palm rosa, ökaliptus ile kadife çiçeği yağlarının takip ettiği raporlanmıştır (Mangalagiri ve ark., 2021). Tarçın ve kekik yağları ile carvacrolun dondurulmuş paketli sebze ürünlerinde *Listeria monocytogenes* üzerine güçlü antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlemiştir (Tao ve ark., 2021).

Bazı bitki ekstraktları gıda kaynaklı küflere karşı da fungistatik ve/veya fungusidal etki de göstermektedir. Antifungal etkide rol oynayan bileşikler; dağılım ve miktar açısından esans yağ çeşidine göre farklılık göstermektedir (Bayaz, 2014). Örnek olarak defne ağacında eugenol, limonen (Guynot ve ark., 2003), tarçında eugenol, trans-sinnemaldehit (Wang ve ark., 2009); kekikte thymol, eugenol, p-simen, 1,8-sineol (Rasooli ve ark., 2006); limon otu yağında limonen, sitral (Tzortzakis ve ark., 2007), ısırgan otunda bütoksi propanol, 4-vinil fenol, carvon, etil palmitat, metil palmitat (Şahin ve ark., 2004) sardunyada geranial (Nguefack ve ark., 2009) verilmektedir.

Limon otu, kişniş, tarçın esans yağlarının *Aspergillus niger, Rhizopus oligosporus* ve *Candida albicans*'a karşı etkili olduğu; anason, tarçın ve kekik yağlarının aflatoksin oluşumunu engellediği; anason, rezene ve çemen yağlarının *Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus ochraceus*'a karşı fungisidal etki gösterdiği; kekik, keklik otu ve gazelotu yağlarındaki fenolik bileşiklerin hidroksil gruplarıyla hedef enzimlerin aktif kısımları arasında hidrojen bağları oluşturarak bu mikroogranizmaların gelişimini inhibe ettiği raporlanmıştır (Holley ve Patel, 2005). Limon otu esans yağının *Aspergillus flavus* gelişimine karşı 0,6 mg/ml konsantrasyonda fungustatik etki; 1,0 mg/ml konsantrasyonda fungisidal etki gösterdiği (Paranagama ve ark., 2003), yine salamura peynirlerde *Zataria multiflora* olarak adlandırılan yabani İran kekiğinden elde edilen esans yağın *Aspergillus flavus* ATCC 15546'nın gelişimini ve aflatoksin üretimini test edilen tüm yağ derişimlerimde engellediği (Gandomi ve ark., 2009) raporlanmıştır.

Karanfil ve kimyon esansiyel yağlarının *Candida albicans* ve *Aspergillus niger* üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada beraber kullanımının tek başlarına kullanımına kıyasla daha iyi antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Hassan ve ark., 2020). Yine karvon (Carvone) aktif bileşeninin de aflatoksin kontaminasyonuna karşı biyo-koruyucu olarak güçlü bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Lasram ve ark., 2019).

Esans Yağların Temel ve Antimikrobiyal Bileşenleri

Esans yağların eldesinde bitkinin yaygın olarak meyve, yaprak, çiçek, kök, rizom gibi kısımları, daha az olarak da sap ve kabuk kısımlarından yararlanılmakta; bazı yağlar bitkinin bütün dokularından sağlanabilirken; bazı yağlar bitkinin sadece belli bir kısmında (nanede sap, yaprak ve çiçek; sitrus türlerinde yaprak, çiçek ve perikarpta) bulunmaktadır (Tisserand ve Young, 2014). Bitkinin farklı kısımlarında bulunan esans yağların bileşimleri de değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin *Coriandrum sativum L*. (kişniş) bitkisinin tohumundan elde edilen esansiyel yağ bileşimi ile olgunlaşmamış yapraklarından elde edilen yağ bileşiminin farklı olduğu gözlenmiştir (Delaquis ve ark., 2002). Yine hasat zamanı ve coğrafik konum da bileşimdeki etken maddelerin farklılaşmasına neden olmakta (Faleiro ve ark., 2002); genellikle çiçeklenme sırasında veya hemen sonra hasat edilen bitkilerin ekstraktlarında daha güçlü antimikrobiyal aktivite (McGimpsey ve ark., 1994) gözlenmektedir. Bu durum *Origanum* ile *Thymus* türlerinde, ilk aşamada oluşan antimikrobiyel

bileşen öncüllerinden p-cymene ve γ-terpinenin carvacrol ve thymol oluşumunu sitimüle etmesine bağlanmaktadır (Ultee ve ark., 2002).

Esans yağ bileşenlerinden α-pinene'in (-) enantiyomerlerinin (+) enantiyomerine göre 25 farklı bakteri şusundan 18'ine karşı daha fazla antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu raporlanmış (Lis-Balchin ve ark., 1999); çoğunlukla fenolik gruba sahip bileşenler bulunduran esansiyel yağların antimikrobiyal olarak daha etkili olduğu bildirilmiştir (Cosentino ve ark., 1999). Ayrıca, küçük miktarda bulunan bileşenler de diğer bileşenler ile sinerjist etki oluşturarak antimikrobiyal aktivitede rol oynamaktadır. Adaçayı ve bazı kekik türleri arasındaki etkileşim bu duruma iyi bir örnek teşkil etmektedir (Paster ve ark., 1995; Marino ve ark., 2001). Yine esans yağ bileşenlerinin sinerjik, aditif, antagonistik etkileşimlere sahip olduğuna ilişkin, *Staphylococcus aureus* ve *Pseudomonas aeruginosa* üzerine tymol ve carvacrolun beraber kullanımının tek başına kullanımlarına kıyasla daha iyi bir etki göstermesi de (Lambert ve ark., 2001) örnek olarak verilebilir. Antimikrobiyal etkiye sahip bazı önemli esansiyel yağların kaynakları ve aktif bileşenleri Tablo 1'de, kimyasal yapıları da Şekil 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Antimikrobiyal Özellik Sergileyen Bazı Esans Yağlar ve Etkili Bileşenler

Esans Yağ Kaynağı		**Antimikrobiyal Etkili Bileşen**	**Bulunma Oranı (%)**
İsim	**Latince İsim**		
Kişniş	*Coriandrum sativum*	Linalool E-2-decanal	20 26
Tarçın	*Cinnamomum zeylandicum*	Trans-cinnamaldehyde	65
Kekik	*Origanum vulgare*	Carvacrol Thymol γ-Terpinene p-Cymene	0-80 0-64 2-52 0-52
Biberiye	*Rosmarinus officinalis*	α-pinene Bornyl asetat Camphor 1,8-cineole	2-25 0-17 2-14 3-89
Adaçayı	*Salvia officinalis* L.	Camphor α-Pinene β-pinene 1,8-cineole α-tujone	6-15 4-5 2-10 6-14 20-42
Karanfil	*Syzygium aromaticum* L.	Eugenol Eugenyl acetate	75-85 8-15
Bergamut	*Citrus bergamia*	Limonene Linalyl acetate Linalool	59,2 16,8 9,5
Karabiber	*Piper nigrum*	Piperine Piperolein Piper amide	33,5
Havuç	*Daucus carrot* L.	Carotol Sabinene Beta-caryophyllene	20 12,8 8,0
Kimyon	*Nigella sativa* L.	Thymoquinone p-Cymene α-thujene	37,6 31,4 5,6
Rezene	*Foeniculum vulgare* L.	Trans-Anethol Fenchone Methyl chavicol	56,4 8,3 5,2
Limon otu	*Cymbopogan citratus* (DC) *Stapf.*	Geranial Myrcene 6-Methylhept-5-en-2-on	45,7 3,9 2,7

(Burt, 2004; Calo ve ark., 2015 esas alınarak düzenlenmiştir)

Aynı tür bitkiler esans yağ bileşenlerini farklı oranlarda içermekte ve ana (major) bileşeni esas alınıp bitkinin botanik ismi ile kullanılarak sahip olduğu kemotip bildirmektedir. Carvacrol, thymol, thymol/carvacrol, borneol, linalool, thujuanol ve geraniol gibi yedi ayrı kemotipi bulunan kekik yağı bu duruma örnek olarak verilebilir (Thymol Chemotype *Origanum vulgare* L. Essential Oil). Piyasada satılan kekik yağlarının çoğunluğu carvacrol, thymol, thymol/carvacrol kemotipidir (Tisserand ve Young, 2014).

Esans yağlarda bulunan bileşenlerin %90'ının terpenoid bileşikleri oluşturmaktadır. Literatürdeki ilk çalışmalarda terpenler olarak belirtilen terponoidler, günümüzde monoterpenoid hidrokarbonlar olarak isimlendirilmektedir. Terponoidler; genel formülleri $(C_5H_8)_n$ olan; izopren birimi (2-metil-1,3 bütadien) içeren kimyasal madde olarak tanımlanmaktadır. Esans yağlarda bulunan diğer bileşenler de kısa zincirli yağ asitleri, indol türevleri ve antranilik asit esterleri gibi azotlu bileşikler, kükürt içerikli bileşikler, fenilpropan türevleri ve fenilkarbonik asitler olarak bildirilmektedir (Tisserand ve Young, 2014).

Gıda Sisteminde Esans Yağ Kullanımı

Çeşitli bitki ve bitki bölümlerinden elde edilen ekstraktların gıda sistemlerinde koruyucu ve lezzetlendirici ajan olarak kullanımı "doğal koruma" akımını destekleyici uygulamalar olarak dikkat çekmektedir (Aminzare ve ark., 2016; Macwan ve ark., 2016). FDA (Food and Drug Administration; Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi); çeşitli bitki ve bitki kısımlarından elde edilen ekstraktlar ile esansiyel yağları

"doğal kaynaklı antimikrobiyel ajanlar" olarak GRAS (Generally Recognised As Safe, Genel olarak Güvenli Kabul Edilen) listesine dahil etmiştir (Sauceda, 2011; Tajkarimi, 2010). Bugün aromatik bitki ekstraktları ile esansiyel yağlar endüstride de patojen mikroorganizmaların çoğalmasını kontrol etmede kullanılmaktadır (Sauceda, 2011, Viuda-Martos ve ark., 2007). Esansiyal yağlar gıda muhafazasında tek başına veya diğer katkılar ve muhafaza yöntemleriyle kombine halde kullanılabilmektedir. Tarçın, kekik, karanfil, biberiye, adaçayı ve kişniş yağları gıda katkısı olarak en sık kullanılan yağlar arasında yer almaktadır. Bu yağların antimikrobiyel özelliklerine ek olarak antifungal, antiviral, antiparazitik, antioksidan ve insektisidal özellikleri de bulunmaktadır (İncili ve ark., 2017).

Esans yağların gıdalardaki antimikrobiyel etkisi *in vitro* (laboratuvar ortamı) koşullara kıyasla genellikle düşüktür. Bu durum gıda ürünlerinin laboratuvar ortamına kıyasla daha fazla besin maddesi içermesiyle açıklanmakta ve gıdaların yağ içeriği, pH, a_w değeri gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Juven ve ark., 1994; Gill ve ark., 2002). Bu nedenle esans yağların gıda endüstrisinde kullanımları, alanlarına göre aşağıda ayrı altbaşlıklar altında örneklenmiştir.

Et ve Et Ürünlerinde Esans Yağ Kullanımı

Esans yağlar; sığır, tavuk, kuzu, tavşan gibi et ve et ürünlerinde raf ömrünü uzatarak güvenli gıda eldesini sağlamaktadır (Fratianni ve ark., 2010; Karabaigas ve ark., 2011, Skandamis ve Nychas, 2001; Tsigarida ve ark., 2000). Et ve et ürünlerindeki yüksek yağ içeriği ve

düşük pH esansiyel yağların çözünümüne katkı sağlamakta, gıda ürünlerindeki düşük a_w esans yağlar ile bozulma kaynaklı mikrobiyotanın temasını artırmakta ve antimikrobiyal etkinin artmasını sağlamaktadır**.**

Modifiye atmosfer ile paketlenmiş (%80 CO_2-%20 N_2) kuzu eti ürünlerinde %0,1 kekik (Thyme) ve keklik otu (Oregano) esans yağı kullanımı 9 günlük depolama periyodu sonunda ürünlerdeki mikroorganizma sayısını 2,8 log kob/g düşürmekte, ancak yüksek konsantrasyonda kullanımı duyusal özellikleri olumsuz etkilemektedir (Karabaigas ve ark., 2011). Yapılan bir çalışma sonucu taze tavuk göğüs etlerinde kekik ve balm (melissa) esans yağları kullanımının DPPH (2.2.-Difenil-1-pikrihidrazil) radikal oluşumunu düşürdüğü, lipid oksidasyonu ile sarkoplazmik proteinlerin bozulmasını sınırlandırdığı ve kontrol grubuna kıyasla doğal mikroflorayı %50 azalttığı raporlanmıştır. Balm yağının *Salmonella* sp. üzerinde; kekik yağının da *E.coli* üzerinde önemli inhibe edici etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Fratianni ve ark., 2010).

Keklik otu esans yağının kıyma ürünlerinde hem arerobik hem de modifiye atmosfer altında laktat ve glukoz tüketimini geciktirdiği, aerobik depolamada proteolizin, modifiye atmosfer depolamada da asetat oluşumunu önemli ölçüde azalttığı ve mikrobiyel büyümeyi geciktirerek bozulma etmeni mikroorganizma sayısını baskıladığı saptanmıştır (Skandamis ve Nychas, 2001). Yine Keklik otu (oregano) esans yağı kullanımının; vakum ve modifiye atmosfer altında paketlenmiş sığır etinde; laktik asit bakterileri ile *L. monocytogenes*

bakteri sayısında 2-3 log azalma sağladığı da raporlanmıştır (Tsigarida ve ark., 2000).

Jambonlarda kekik ve tarçın esans yağlarının *L.monocytogenes* sayısını önemli ölçüde azalttığı (Dussault ve ark., 2014); kurutulmuş sosislerde sarımsak/kekik esans yağlarının *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. ve *S.aureus*'a karşı antibakteriyel etkili olduğu (Garcia-Diez ve ark., 2016); biberiye-kekik esans yağ karışımının da Mortedalla salamında raf ömrünün uzattığı bildirilmektedir (Viuda-Martos ve ark., 2010).

Esans yağların antimikrobiyal etkileri dolayısıyle kullanımlarında kısıtlayıcı faktör duyusal özellikler üzerine olan etkileridir. Hedeflenen antimikrobiyel etkiyi sağlamak için kullanılacak konsantrasyon, ürünün başta duyusal özellikleri olmak üzere kalite özelliklerini etkilemeyecek şekilde belirlenmelidir (Laranjo ve ark., 2017). Bologna sosislerinde keklik otu kullanımının belirgin bir aroma verdiği ve panelistler tarafından hoş karşılanmadığı (Viuda-Martos ve ark., 2010), buna karşılık sığır köftelerine 200 mg/kg konsantrasyonunda biberiye veya keklik otu (oregano) ilavesinin lipid oksidasyonunu azaltarak köftelerin tadını iyileştirdiği (Mohammed ve Mansour ,2012) belirlenmiştir. Benzer şekilde %2 keklik otunun aktif paketleme ile birlikte tay eti ürünlerine uygulanması 10 günlük depolama periyodunda lipid oksidasyonunu düşürerek ürünün duyusal özelliklerini olumsuz etkilememiştir (Lorenzo ve ark., 2014).

Biberiye yağı içeren (%4) aktif paketlenmiş tavuk ürünlerinde putresin, kadaverin, histamin oluşumunda ve Enterobacteria,

Pseudomonas spp. ile *Brochothrix thermosphacta* sayılarında azalma gözlenmiştir (Sirocchi ve ark., 2013). Benzer şekilde kürlenmiş geleneksel sosis ürünlerinde esansiyel yağ (tarçın, karanfil, zencefil ve anason) ve starter kültürün (*L. sakei* ve *S. xylosus*) birlikte kullanımının putresin, kadaverin, histamin, tyramine, triptamin oluşumunda ve Enterobacteria sayısında azalma sağladığı gözlenmiş; esans yağların inhibe edici etkisinin starter kültürlere kıyasla daha güçlü bulunduğu bildirilmiştir (Lu ve ark., 2015).

Peynirde Esansiyel Yağ Kullanımı

Süt ve süt ürünlerinde kullanılan esans yağların antimikrobiyel etkinliği ürünün kimyasal kompozisyonu (özellikle yağ içeriği) ve hedef alınan mikroorganizma türü gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Laranjo ve ark., 2017). Az ve tam yağlı yumuşak peynirlerde %0.1, 0.5 ve 1.0 gibi farklı konsantrasyonlarda kullanılan karanfil, tarçın, kekik ve defne esans yağlarının antimikrobiyel etkisinin tüm esans yağlar için %1,0 konsantrasyonda en etkili olduğu bulunmuştur. Anti-*Listeria monocytogenes* etkisinin az yağlı peynirde daha belirgin olduğu gözlenmiş; ancak %1 karanfil esans yağ ilavesinin iki tür peynirde de etkili olduğu eklenmiştir. Bu yağın aynı konsantrasyonda kullanımında (%1) *Salmonella enteriditis*'e karşı tam yağlı peynirde az yağlı peynire karşı daha yüksek antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Smith-Palmer ve ark., 2001).

Feta peynirinde keklik otu (oregano) ve kekik esans yağlarının *L. monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 üzerine antimikrobiyel

aktivite gösterdiği; *L.monocytogenes* sayısının *Escherichia coli* O157:H7 sayısına kıyasla daha hızlı düştüğü belirlenmiştir (Govaris ve ark., 2011). Bu durum esans yağların Gram-pozitif bakterilere Gram-negatif bakterilere kıyasla daha belirgin etki göstermesiyle (Burt, 2004) açıklanabilir. Krem peynirde de keklik otu (oregano) ve biberiye esans yağı ilavesinin mezofilik bakteri sayısında azalma sağladığı ve daha yavaş pH düşüşü gözlendiği belirtilmiştir (Olmeda ve ark., 2013). Yine peynir örneklerinde karanfil esans yağı ilavesinin (%0,5-1,0) hem 30°C hem de 7°C'de *L. monocytogenes* üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Vrinda ve ark., 2001).

Emmental ve süzme peynir ambalajlanmasında, ambalaj aktifleştirme ajanı olarak kullanılan biberiye esans yağı ile kitosanın hem ikili kombinasyon halinde hem de tek başına diğer antimikrobiyellere kıyasla (sorbik asit, benzoik asit, askorbik asit, kurkumin) daha üstün olduğu gözlenmiştir (O'Callagham ve Kerry, 2014). Yine pembe biberden ekstrakte edilen esans yağın aktif ajan olarak kullanıldığı selülaz asetat filmler ile ambalajlanan mozzerella peynirinde, aktif ambalaj materyalinin hem Gram-pozitif hem Gram-negatif bakteriler üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Dannenberg ve ark., 2017).

Esans yağların kullanımının mikrobiyal yük yanında biyojen amin miktarında da azalma sağlayabileceği gösterilmiştir. Gouda peynirine farklı oranlarda *Zataria multiflora* (kekik benzeri bitki) esans yağ ilavesinin histamin ve tiramin oluşumunda azalma sağladığı; %0,4 esans yağ ilavesinin sırasıyla %44, %46 olan histamin ve tiramin konsantrasyonlarını %22 ve %29'a düşürdüğü saptanmıştır. Ancak

yapılan duyusal analizde %0,4 esans yağ konsantrasyonu yüksek bulunmuş ve %0,2 konsantrasyonu önerilmiştir (Es'haghi ve ark., 2014). Fermente edilmiş ürünlerde biyojen amin oluşumunun azalması mikrobiyal popülasyonun azalması ile ilişkilendirilebilir.

Meyve-Sebze Ürünlerinde Esansiyel Yağ Kullanımı

Düşük raf ömrüyle karakterize edilen meyve-sebzelerde özellikle fungal aktivite ile bozulma çok yaygın görülmekte; düşük sıcaklık uygulamalarıyla bu problem azaltılmakla birlikte bu uygulama yetersiz kalmakta ve modifiye edilmiş atmosfer ile kontrollü atmosfer uygulamaları ile kombine edilmektedir. Hasat sonrasında kimyasal ajanların kullanımı da gıda patojenlerinin kontrol altına alınmasında etkili olmakta, ancak neden olabilecekleri çevresel etki ve gıda güvenliği riski sebebiyle birtakım kısıtlamalar dahilinde kullanılabilmektedir. Bu nedenle; hasat sonrası dönemde fitopatojenlerin kontrolünde kullanılabilecek alternatifler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Aromatik bitkilerden ekstrakte edilen esansiyel yağların; *in vitro* çalışmalarda küf kontrolünde etkili olması araştırmacıları bu alanda çalışmaya yöneltmiştir (Laranjo ve ark., 2017). Çoğu araştırma sonuçları; esans yağların patojen kontrolünde etkin şekilde kullanılabileceğine ve sebze-meyvelerin aktif ambalajlanması için bir alternatif oluşturabileceğine işaret etmektedir (Guerra-Rosas ve ark., 2017).

Kırkdokuz farklı esans yağın *Botrytis cinerea* üzerindeki antifungal aktiviteleri karşılaştırılmış ve kırmızı kekik (*Thymus zygis*), tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*), karanfil (*Eugenia caryophyllata*) ve

palmrosa (*Cymbopogon martini*) yağlarının küf kontrolünde etkili olduğu gözlenmiştir. Yüksek antifungal aktivite gösteren esans yağlarda en sık rastlanan bileşenlerin d-limonen, cinole, β-myrcene, α-pinene, β-pinene ve camphor olduğu da saptanmıştır (Wilson ve ark., 1997).

Kekik, keklik otu (oregano), limon esans yağlarının hasat sonrası dönemde *Botrytis* ve *Penicillium* patojenlerine karşı etkili şekilde kullanılabileceği (Vitaros ve ark., 2013); *Botrytis cinerea* ve *Rhizopus stolonifer* üzerine rezene ve kara kekik esans yağlarının fungusidal etkisinin olduğu ve uygun konsantrasyonların sırasıyla 400 µl/l ve 600 µl/l olduğu (Mohammadi ve ark., 2014) belirtilmiştir. *Alternaria, Fusarium, Colletrichum, Penicillium* gibi küflere karşı da biberiye ve ökaliptus esans yağlarının etkili bir koruma sağladığı ve geniş ölçekte kullanılabileceği belirtilmiştir (Waithaka, 2017).

Esans yağların aktif ambalajlarda kullanılmasına ilişkin yapılan çalışmalar kekik ve adaçayı esansiyel yağlarının çilek paketlerinde kullanımının kontrol grubuna kıyasla var olan küf sayısında azalma sağladığını göstermiştir (Campos ve ark., 2016). Sofralık üzümlerde de organoleptik özelliklerini değiştirmeden raf ömrünü uzatmak amacıyla öjenol, thymol ve carvacrol içeren iki farklı film ile sarılmış ürünlerin bozulmalarında önemli oranda düşüş görülmüştür (Valero ve Ginner, 2006; Guillen ve ark., 2007). Benzer şekilde sofralık çekirdeksiz üzüm örneklerinde de öjenol ve mentol uygulamalarının kontrol grubuna kıyasla depolama süresi boyunca daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Ricardo-Rodrigues ve ark., 2017).

Nar meyvesinde limon çimi, tarçın, keklik otu (oregano) gibi esans yağ içeren yenilebilir kaplamanın (kitosan) *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., *Pilidiella granati* gibi zararlılara karşı etkisinin incelendiği çalışmada; keklik otu (oregano) ile hazırlanan kitosan kaplamasının daha yüksek antifungal aktivite gösterdiği gözlenmiştir (Munhuweyi ve ark., 2017). Limon otu, keklik otu (oregano) ve vanilin gibi farklı esans yağlar uygulanması ile elde edilen aljinat filmlerle kaplanan taze kesilmiş Fuji elması örneklerinde, limon otu (%1,0 ve %1,5) ile keklik otu (%0,5) esans yağlarının *L. innocuma* sayısında 4 logluk düşüş sağlayarak diğerlerine kıyasla daha güçlü antibakteriyel aktivite göstermiştir (Rojas-Graü ve ark., 2007). Bir başka çalışmada da dilimlenmiş patates ve enginar ambalajlarına %0,5 biberiye esans yağ ilavesinin ürünün tekstür özelliklerini geliştirip; mezofilik bakteri ve Enterobacteriaceae sayısında azalma sağladığı belirtilmiştir (Rizzo ve ark., 2020).

Fırıncılık Ürünlerinde Esans Yağ Kullanımı

Ekmek, kek gibi unlu mamüller koruyucu kullanılmadığında bozulma eğilimindedirler. Bu ürünlerde meydana gelen mikrobiyolojik bozulmalar ekonomik kayıplar yanında, gıda kaynaklı hastalıklara sebep olarak sağlık riskleri de oluşturabilmektedirler (Smith ve ark., 2004). Bu nedenle fırıncılık sektöründe mikrobiyolojik bozulmaları kontrol altına almak amacıyla ürün formülasyonuna antimikrobiyel özellikte esans yağlar katılması dikkat çeken uygulamalar arasındadır. Esans yağlar; direkt olarak ürün formülasyonuna eklenebileceği gibi ambalaj materyaline de uygulanabilmektedir (Gavahian ve ark., 2018).

Bozulmuş ekmek ve kek ürünlerinden izole edilen *Aspergillus flavus* ve *Penicillium oxalicum* küflerine karşı karanfil esans yağının inhibisyon zonunun sırasıyla 45 ve 15 mm olduğu belirlenmiş; asetik ve laktik asit ile kombine edilmesinin antifungal etkiyi güçlendirdiği raporlanmıştır (Mishra ve ark., 2014). Buğday unu ile hazırlanan cup-cake ürünlerinde portakal kabuğu esans yağının *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp. gibi mikroorgranizmalar üzerinde inhibe edici etkisi gözlenmiş ve %0,3 konsantrasyonda kullanımının ürünün duyusal özelliklerini de olumsuz etkilemediği belirtilmiştir (Ahmed ve ark., 2009). Kek formülasyonuna farklı konsantrasyonlarda karanfil esansiyel yağı (0, 400, 600, 800 ppm) ilavesinin incelendiği bir çalışmada; yüksek konsantrasyonda esans yağ kullanımının test edilen mikroorganizmalar üzerinde yüksek inhibe edici etkisi gözlenmiş, ancak yüksek konsantrasyon kullanılan numuneler duyusal analizde en az kabul edilenler olmuştur (Ibrahium ve ark., 2013). Ekmeklerde bozulma etmeni olan *Penicillium chryrosogenum*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus* spp. üzerine portakal esans yağının etkili olduğu; *A. niger* ve *P. chrysogenu*m'un *Rhizopus*'a kıyasla daha hassas olduğu yorumunda bulunulmuştur (Sunil ve Desai, 2018).

Metilselüloz/metalize polipropilen paketlemede keklik otu ve karanfil esans yağ nano-emülsiyonlarının antifungal etkiye sahip olduğu raporlanmıştır (Otoni ve ark., 2014). Yine cinnemaldehit içeren gliadin filmlerin *A. niger* ve *P. expansum* üzerine etkisinin incelendiği çalışma sonucunda; %5 cinnemaldehit içeren filmlerin 23°C'de fungal gelişimi 1 ay inhibe ettiği gözlenmiştir (Balaguer ve ark., 2013).

Esans Yağların Birlikte Kullanımlarındaki Etkileşimler

Esans yağların/bileşenlerinin birlikte kullanımlarında: aditif, sinerjist ve antagonist olmak üzere üç tip etkileşim ortaya çıkabilmektedir (Davidson ve Parish, 1989). Çoğu çalışma sonucu; esans yağların birlikte kullanımlarının antibakteriyel etkiyi artırdığına (sinerjit) işaret etmektedir (Burt, 2004). Bununla birlikte aditif ve antagonist etki gözlenen çalışmalar da mevcuttur (Bassolé ve Juliani, 2012). *Syzgium aromaticum* (karanfil) ve *Cinnamon zeylanicum* (tarçın) esans yağlarının birlikte kullanımının *E. coli* üzerine etkisinin antagonist etkileşime sahip olduğu belirlenmiştir (Goñi ve ark., 2009). Benzer şekilde *Syzgium aromaticum* (karanfil) ve *Rosmarinus officinalis* (biberiye) esans yağlarının birlikte kullanımlarının *A. niger* üzerine etkisi antagonist etkileşime sahip iken *Staphylococcus epidermis* ve *S. auerus* üzerine ise aditif etkileşim göstermektedir (Fu ve ark., 2007). Minimum işlenmiş sebze örneklerinde de *Origanum vulgare* ve *Rosmarinus officinalis* esans yağlarının birlikte uygulanmasının *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* ve *Aeromonas hydrophillla* üzerine sinerjist etki oluşturduğu; *Pseudomonas fluorescens* üzerine ise aditif etki oluşturduğu raporlanmıştır (Azeredo ve ark., 2011).

Carvacrol ve p-cymenin birlikte kullanımı daha önce de belirtildiği gibi, *B. cereus* vejetatif hücrelerinde sinerjist etkileşim ile antibakteriyel etkiyi güçlendirmektedir. Carvacrol öncüsü ve zayıf bir antibakteriyel olan p-cymen bakteri hücre membranında şişerek daha fazla carvacrol oluşumunu stimüle etmekte ve carvacrolun membran

boyunca daha hızlı taşınmasını sağlayarak antibakteriyel etkiyi güçlendirmektedir (Ultee ve ark., 2000).

Esans Yağların Gıda Muhafaz Yöntemleri ile Birlikte Kullanımlarındaki Etkileşimler

Esans yağların etkinliği için önerilen potansiyel sinerjistler düşük pH, düşük su aktivitesi, düşük oksijen tansiyonu, hafif ısıtma, yüksek basınç uygulamaları şeklinde sıralanmaktadır (Gould, 1996). Bu etkenlerden gıda endüstrisinde muhafaza amaçlı olarak sıklıkla kullanılan sodyum klorid, sodyum nitrit ve nisin gibi gıda katkıları ile yüksek hidrostatik basınç, ısıtma ve anaerobik paketleme uygulamalarının esansiyel yağlarla birlikte kullanımlarında ortaya çıkan etkileşimler özetlenmiştir.

Sodyum klorid, esans yağlar üzerinde kullanıldığı koşullara bağlı olarak sinerjist ya da antagonist etki oluşturabilmektedir. Balık yumurtasından yapılan bir tür meze olan taramada, sodyum klorid ve nane esans yağının birlikte kullanılması *S. enteridis* ve *L. monocotogenes* üzerinde sinerjist etkili olduğu belirtilmiştir (Tassaou ve ark., 1995). Yine, %1,2 NaCl ve %0,0325 karanfil esans yağının birlikte *E. coli*'ye karşı etkili şekilde kullanılabileceği önerilmiştir (Angieda ve Hill, 2011).

Pirinç ürünlerinde *B. cereus*'a karşı carvacrol ve p-cymenin birlikte kullanımının antibakteriyel etkiyi güçlendirdiği; ortama 1,25 g/L tuz eklendiğinde ise bu etkinin düştüğü belirtilmiştir (Ultee ve ark., 2000). Ortama %4 oranında tuz ilavesinin ise cinnemaldehitin antibakteriyel

etkisinde belirgin bir değişim yaratmadığı belirtilmiştir (Moleyar ve Narasinham, 1992).

Sodyum nitrit ve keklik otu (oregano) esans yağının birlikte kullanımının sinerjist etkileşim oluşturarak *C. botulinum* gelişmesi ve toksin oluşumu üzerine etkili olduğu; tek başına kullanımında (400 ppm) bakteri üzerinde belirgin bir etki göstermeyen keklik otu esansiyel yağının sodyum nitrit ile birlikte bakteri gelişimini inhibe ettiği gözlenmiştir. Keklik otu esans yağının sporların çimlenmesini azalttığı; sodyum nitritin ise çimlenen sporların gelişmesini engelleyerek sinerjist etkiyi güçlendirdiği belirtilmiştir (Ismaiel ve Pierson, 1990). Sodyum nitrit (100 mg/kg) ve *Satureja Bakhtiarica Bunge* esansiyel yağının (%1,1) birlikte kullanımı da vakum paketlenmiş sığır filetosu örneklerinde *Clostridium perfringens* ve *Clostiridium sporogenes* üzerinde inhibitör etkili olmaktadır (Bakhtiary ve ark., 2018). Sosislerde de 200 ppm sodyum nitrit, %1,5 sodyum laktat ve 100 ppm kekik esans yağının birlikte kullanımı *L. monocotogenes*'in ATPase aktivitesini inhibe etmekte ve lipid oksidasyonunu azaltmaktadır (Blanco-Lizarazo ve ark., 2017).

Nisin (0,15 μg/ml) ve carvacrol (0,3 mmol/l) ile nisin (0,15 μg/ml) ve timolün (45 μg/ml) minimum düzeyde işlenmiş ürünlerde birlikte uygulamalarının, bu bileşenlerin tek başına kullanımına kıyasla *B. cereus* sayısında daha yüksek bir düşüşe neden olduğu; ilaveten 45°C sıcaklık uygulamasıyla (logaritmik fazda 5 dk; durağan fazda 40 dk) canlılıktaki düşüşün maksimum seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (Periago ve ark., 2001). Nisin (1000 IU/g) ile %0,6 oranında kekik

esansiyel yağının birlikte uygulamasının 4°C de depolanan kıyma örneklerinde *L. monocytogenes* sayısını 2 log kob/g değerinin altına düşürdüğü raporlanmıştır (Solomakos ve ark., 2008). Doogh olarak adlandırılan İran içilebilir yoğurt örneklerinde nisin ve *Ziziphora clinopoides* esans yağının birlikte kullanımının *E. coli* O157:H7 üzerine etkili alternatif antimikrobiyel ajan olarak kullanılabileceği önerilmiştir. Beş günlük depolama periyodu sonunda 5 log kob/ml olan başlangıç mikroorganizma sayısının 1 log kob/ml'nin altına düştüğü raporlanmıştır (Yasser, 2015).

Isı uygulaması ile carvacrol birlikte kullanıldığında sinerjist etki oluşturarak Hindistan cevizi suyu örneklerinde ısıya dirençli *E. coli* O157:H7 (ATCC 43888) sayısında 5 $\log_{10}$'dan fazla düşüşe neden olmaktadır (Gayán ve ark., 2020).

Yüksek hidrostatik basınç (HHP) ile thymol ve carvacrolün birlikte uygulanmasının sinerjist etki oluşturduğu; *L. monocoytogenes* üzerine 300 MPa basınç uygulaması ve 3 mmol/l thymol ya da carvacrol uygulamasının tek başına yapılan uygulamalardan daha etkili olduğu saptanmıştır (Karatzas ve ark., 2001). Meyve suyu örneklerinde de *E.coli* O157:H7 ve *Listeria monocoytogenes* üzerine 300 MPa 20 dakika yüksek hidrostatik basınç basınç uygulaması ile birlikte 200 µl/l konsantrasyonlarında *Citrus sinensis*, *Citrus reticulatai* ve *Thymus algeriensis* esans yağları ile limonene ve carvacrol yağ bileşenlerinin uygulamalarında başlangıç popülasyonuna göre 4-5 log'luk düşüş görüldüğü bildirilmiştir (Espina ve ark., 2013).

Vakum paketleme ve %0,8 keklik otu (oregano) esans yağının birlikte kullanımının sığır filetosu örneklerinde sinerjist etki oluşturarak *L.monocytogenes* üzerinde inhibe edici etki oluşturduğu (Tsigarida ve ark., 2000); vakum paketleme veya modifiye atmosfer paketleme ile fesleğen esansiyel yağının birlikte uygulanmasının da Anthotyros peynirinde mikrobiyel bozulmaları en aza indirerek raf ömrünün uzattığı belirtilmiştir (Tsiraki ve Savvaidis, 2011).

SONUÇ

Aromatik bitkilerden ekstrakte edilen ve ekstrakte edildiği bitkinin karakteristik kokusunu taşıyan esansiyel yağlar orta çağdan başlayarak hayatımıza girmiş; bakterisidal, fungusidal, antiparazitik, virusidal, insektisidal ve tıbbi etkileri ile aromatik özelliklerinden dolayı kullanım alanları giderek genişlemiştir. Bilimsel gelişmeler kullanım için seçilecek esansiyel yağların bileşimindeki etken maddelerin, bitkinin meyve, yaprak, çiçek, kök, rizom, sap ve kabuk gibi kısımlarından hangisinin kullanıldığına, hasat zamanına, yetiştiği coğrafik konuma ve eldesinde kullanılan yöntemlere göre farklılaştığını ortaya koymuştur. Yüksek aktif madde içeriğine sahip esansiyel yağlar gıdalarda patojen mikroorganizmaların gelişimlerinin engellenmesi için kimyasal koruyuculara alternatif olarak kullanım potansiyeline sahip ve lezzetlendirici ajan olarak dikkat çekici olabilirler. Bu doğal antimikrobiyal koruyucuların "kimyasal katkılardan kaçınma, doğal ürünlere yönelme" akımı dolayısıyle uygun esans yağ/bileşeni seçilmesi ve duyusal kaliteyi olumsuz etkilemeyecek düzeylerde kullanımı durumunda, alternatif bir gıda

muhafaza yöntemi olarak gelecekte daha da önem kazanacağı bilinmeli ve buna yönelik çalışmalar yürütülmelidir.

KAYNAKLAR

Ahmed, H. F., Abu-Zaid, A.A., Sayed, H.S. (2009). Antimicrobial effect of orange juice, peel and it, s essential oil on the shelf life of cake. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences* 34 (2): 1019-1028.

Al-Howiriny, T.A. (2003). Composition and antimicrobial activity of essential oil of Salvia lanigera. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 6 (2): 133-135.

Aminzare, M., Hashemi, M., Hassanzad Azar, H., Hejazi, J. (2016). The Use of Herbal Extracts and Essential Oils as a Potential Antimicrobial in Meat and Meat Products; A review. *Journal of Human, Environment, and Health Promotion*. 1 (2): 63-74.

Angienda, P., Hill, D. (2011). The Effect of Sodium Chloride and pH on the Antimicrobial Effectiveness of Essential Oils Against Pathogenic and Food Spoilage Bacteria: Implications in Food Safety. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 5 (9): 572-577.

Azeredo, G., Stamford, T., Nunes, P., Neto, N., Oliveria, M., Souza, E. (2011). Combined applications of essential oils from origanum vulgare L. and Rosmarinus officinalis L. to inhibit bacteria and autochonous microflora associated with minimally processed vegetables. *Food Research International*. 44 (5): 1541-1548.

Bakhtiary, F., Sayevand, H., Mousavi K., Amin, H. (2018). Antibacterial Efficacy of Essential Oils and Sodium Nitrite in Vacuum processed Beef Fillet. *Applied Food Biotechnology*. 5: 1-10.

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). "Biological Effects of Essentials oils-A review". *Food and Chemical Toxicology*. 46 (2): 446-475.

Balaguer, M. P., Lopez-Carballo, G., Catala, R., Gavara, R., Hernandez-Munoz, P. (2013). Antifungal properties of gliadin films incorporating cinnamaldehyde and application in active food packaging of bread and cheese spread foodstuffs. *International Journal of Food Microbiology*. 166 (3): 369–377.

Bassolé, I.H., Juliani, H.R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*. 17 (4): 3989-4006.

Bauer, K., Garbe, D. (1985). Common Frantance and Flavor Materials Preperation, Properties and Uses. VCH Verlagsgesellchaft, Weinheim, p.213.

Bayaz, M. (2014). Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri. *Akademik Gıda*. 12 (3): 45-53.

Blanco-Lizarazo, C. M., Betancourt-Cortés, R., Lombana, A., Carrillo-Castro, K., Sotelo-Díaz, I. (2017). Listeria monocytogenes behaviour and quality attributes during sausage storage affected by sodium nitrite, sodium lactate and thyme essential oil. *Food Science and Technology International*, 23 (3): *277–288.*

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology.* 94 (3): *223–253.*

Calo, J.R., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Ricke, S.C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. *Food Control.* 54: 111–119.

Campos, T., Barreto, S., Queirós, R., Ricardo-Rodrigues, S., Félix, M.R., Laranjo, M. (2016). Conservação de morangos com utilização de óleos essenciais. *Agrotec.* 18: 90-96.

Carson, C.F., Riley, T.V. (1993). Antimicrobial activity of the essential oil of Melaleuca alternifolia. *Letters in Applied Microbiology*. 16: 49 – 55.

Cosentino, S. Tuberoso, C.I.G, Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., Palmasi F. (1999). In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Letters in Applied Microbiology*. 29, 130-135.

Cutter, C.N. (2000). Antimicrobial effect of herb extracts against Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes, and Salmonella typhimurium associated with beef. *Journal of Food Protection* 63 (5): 601–607.

Çelik, E., Çelik, G.Y. (2007). "Bitki ve Uçucu Yağların Antimikrobiyal Özellikleri". *Orlab On-line Mikrobiyoloji Dergisi.* 5 (2): 1-6.

Dannenberg, G.S., Funck, G.D., Cruxen, C.E.S., Marques, J.L., Silva, W.P., Fiorentini Â.M. (2017) Essential oil from pink pepper as an antimicrobial component in cellulose acetate film: Potential for application as active

packaging for sliced cheese. *LWT-Food Science and Technology*. 81: 314–318.

Davidson, P.M., Parish, M.E. (1989). Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technology*, 43. 148-155.

Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G., (2002). Antimicro- bial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology.*74: 101–109.

Dussault, D., Vu, K.D., Lacroix, M. (2014). In vitro evaluation of antimicrobial activities of various commercial essential oils, oleoresin and pure compounds against food pathogens and application in ham. *Meat Science*. 96 (1): 514-520.

Es'haghi Gorji, M., Noori, N., Nabizadeh Nodehi, R., Jahed Khaniki, G., Rastkari, N., Alimohammadi, M. (2014). The evaluation of Zataria multiflora Boiss. Essential oil effect on biogenic amines formation and microbiological profile in Gouda cheese. *Letters in Applied Microbiology.* 59 (6): 621-630.

Espina, L., García-Gonzalo, D., Laglaoui, A., Mackey, B. M., Pagán, R. (2013). Synergistic combinations of high hydrostatic pressure and essential oils or their constituents and their use in preservation of fruit juices. *International Journal of Food Microbiology.* 161 (1): 23–30.

Faleiro, M.L., Miguel, M.G., Ladeiro, F., Venancio, F., Tavares, R., Brito, J.C., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. (2002). Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portuguese endemic species of Thymus. *Letters in Applied Microbiology.* 36 (1): 35-40.

Farag, R.S., Badei, A.Z.M.A., Hewedi, F.M., ElBaroty, G.S.A. (1989). Antioxidant activity of some spices essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 66 (6): 792-799.

Fratianni, F., De Martino, L., Melone, A., De Feo, V., Coppola, R., Nazzaro, F. (2010). Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. *Journal of Food Science*. 75 (8): 528-535.

Fu, Y.J., Zu, Y.G., Chen, L.Y., Shi, X.G., Wang, Z., Sun, S., Efferth, T. (2007). Antimicrobial activity of clove and rosemary essential oils alone and in combination. *Phytotherapy Research*. 21: 989–994.

Gandomi, H., Misaghi, A., Basti, A. A., Bokaei, S., Khosravi, A., Abbasifar, A., Javan, A.J. (2009). Effect of Zataria multiflora Boiss. Essential oil on growth and aflatoxin formation by Aspergillus flavus in culture media and cheese. *Food and Chemistry Toxicology*. 47 (10): 2397–2400.

García-Díez, J., Alheiro, J., Pinto, A.L., Soares, L., Falco, V., Fraqueza, M.J (2016). Behaviour of food-borne pathogens on dry cured sausage manufactured with herbs and spices essential oils and their sensorial acceptability. *Food Control*. 59: 262-270.

Gavahian, M., Chu, Y.H., Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F. (2018). Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 60 (2): 310-321.

Gayán, E., Geens, E., Berdejo, D., García-Gonzalo, D., Pagán, R., Aertsen, A., Michiels, C. W. (2020). Combination of mild heat and plant essential oil constituents to inactivate resistant variants of Escherichia coli in buffer and in coconut water. *Food Microbiology*, 87(May2020): *103388.* https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103388

Gill, A.O., Delaquis, P., Russo, P., Holley, R.A. (2002). Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *Int. J. Food Microbiol*. 73 (1): 83-92.

Goñi, P., López, P., Sánchez, C., Gómez-Lus, R., Becerril, R., Nerín, C. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *Food Chemistry*. 116: 982–989.

Gould, G.W. 1996. Industry perspectives on the use of natural antimicrobials and inhibitors for food applications. *Journal of Food Protection*, 82-86.

Govaris. A., Botsoglou, E., Sergelidis, D., Chatzopoulou, P.S. (2011). Antibacterial activity of oregano and thyme essential oils against Listeria monocytogenes

and Escherichia coli O157:H7 in feta cheese packaged under modified atmosphere. *LWT- Food Science and Technology*. 44 (4): 1240-1244.

Guenther, E. (1948). The Essentials oils. New York: D. Van Nostrad. p:137-143.

Guerra-Rosas, M.I., Morales-Castro, J., Cubero-Márquez, M.A., Salvia-Trujillo, L., Martín-Belloso, O. (2017) Antimicrobial activity of nanoemulsions containing essential oils and high methoxyl pectin during long-term storage. *Food Control*. 77: 131-138.

Guillen, P.J., Zapata, D., Martinez-Romero, S., Castillo, M., Serrano, D. (2007). Improvement of the overall quality of table grapes strored under modified atmosphere packaging in combination with natural antimicrobial compounds. *Journal of Food Science*. 72 (3): 185-190.

Guynot, M.E., Ramos, A.J., Seto, L., Purroy, P., Sanchis, V., Marin, S. (2003). Antifungal activity of volatile compounds generated by essential oils against fungi commonly causing deterioration of bakery products. *Journal of Applied Microbiology*. 94 (5): 893–899.

Halendar, I.M., Alakomi, H.L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandhom, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L.G. M., von Wright, A. (1998). Characterisation of the action of selected essential oil components on gram negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food.* 46 (9): 3590-3595.

Hartmans, K.J., Diepenhorst, P., Bakker, W., Gorris, L.G.M. (1995). The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant dis-eases. *Industrial Crops and Products.* 4 (1): 3-13.

Hassan, H. A., Genaidy, M. M., Kamel, M. S., & Abdelwahab, S. F. (2020). Synergistic antifungal activity of mixtures of clove, cumin and caraway essential oils and their major active components. *Journal of Herbal Medicine*, 24 (December 2020): 100399 https://doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100399

Holley, R.A., Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*. 22: 273- 292

Ibrahium, M. I., El-Ghany M.A., Ammar, M. (2013). Effect of clove essential oil as antioxidant and antimicrobial agent on cake shelf life. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 8 (2): 140–146.

Ilsley, S., Miller, H., Greathead, H., Kamel, C. (2002). Herbal sow diets boost pre-weaning growth. *Pig Progress*. 18 (4). 8-10.

Ismaiel, A.A., Pierson, M.D. (1990). Effect of sodium nitrite and origanum oil on growth and toxin production of Clostridium botulinum in TYG Broth and ground pork. *Journal of Food Protection*. 53 (11). 958-960.

İncili, G.K., Çalıcıoğlu, M., Dikici, A. (2017). Gıda Muhafazasında Esansiyel Yağlar, *Türkiye Klinikleri J Food Hyg. Technol-Special Topics*. 3 (2): 121-124.

Juven, B. J., Kanner, J., Schved, F., Weisslowicz, H. (1994). Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *Journal of Applied Microbiology*. 76 (6): 626-631.

Karabaigas, I., Badeka, A., Kontominas, M.G. (2011). Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Science*. 88 (1): 109-116.

Karatzas, A.K., Kets, E.P.W., Smid, E.J., Bennik, M.H.J. (2001). The combined action of carvacrol and high hydrostatic pressure on Listeria monocytogenes Scott A. *Journal of Applied Microbiology*. 90. 463 – 469.

Kim, J., Marshall, M.R., Wei, C.-I. (1995) Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43, 2839 – 284

Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P., Nychas, G.J.E (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*. 91 (3): 453-462.

Laranjo, M., Fernández-León, A., Potes, M., Santos, A (2017). Antimicrobial research: Novel bioknowledge and educational programs. Formatex Research Center S.L. United Kingdom, p. 177-188.

Lasram, S., Zemni, H., Hamdi, Z., Chenenaoui, S., Houissa, H., Saidani Tounsi, M., Ghorbel, A. (2019). Antifungal and antiaflatoxinogenic activities of Carum

carvi L., Coriandrum sativum L. seed essential oils and their major terpene component against Aspergillus flavus. *Industrial Crops and Products*. 134: 11-18.

Lis-Balchin, M., Ochoka, R.J., Deans, S.G., Asztemborska, M., Hart, S. (1999). Differences in bioactivity between the enantiomers of a-pinene. *Journal of Essential Oil Research* 11, 393 – 397.

Llana-Ruiz-Cabello, M., Pichardo, S., Maisanaba, S., Puerto, M., Prieto, A. I., Gutiérrez-Praena, D., Cameán, A. M. (2015). In vitro toxicological evaluation of essential oils and their main compounds used in active food packaging: A review. *Food and Chemical Toxicology*. 81: 9–27.

Lorenzo, J.M., Batlle, R., Gómez, M. (2014). Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. *LWT- Food Science and Technology*. 59 (1). 181-188.

Lu, S., Ji, H., Wang, Q., Li, B., Li, K., Xu, C. (2015). The effects of starter cultures and plant extracts on the biogenic amine accumulation in traditional Chinese smoked horsemeat sausages. *Food Control*. 50: 869-875.

Macwan, S.R., Dabhi, B.K., Aparnathi, K.D., Prajapati, J.B. (2016). Essential Oils of Herbs and Spices: Their Antimicrobial Activity and Application in Preservation of Food. *Int. Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 25 (5): 885-901.

Manabe, A., Nakayama, S., Sakamoto, K., 1987. Effects of essential oils on erythrocytes and hepatocytes from rats and dipalitoyl phophatidylcholine-liposomes. *Japanese Journal of Pharmacology* 44, 77 – 84.

Mangalagiri, N. P., Panditi, S. K., Jeevigunta, N. L. L. (2021). Antimicrobial activity of essential plant oils and their major components. *Heliyon*. 7 (4): e06835.

Marino, M., Bersani, C., Comi, G., 2001. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiacea and Compositae. *International Journal of Food Microbiology* 67, 187-195.

McGimpsey, J.A., Douglas, M.H., Van Klink, J.L., Beauregard, D.A., Perry, N.B., 1994. Seasonal variation in essential oil yield and composition from

naturalized Thymus vulgaris L. in New Zealand. *Flavour and Fragrance Journal*. 9. 347 – 352.

Mishra, V. K., Gupta, S., Pundir, K. (2014). Synergistic antimicrobial activity of essential oil and chemical food preservatives against bakery spoilage fungi. *CIBTech Journal of Microbiology*. 4 (1): 6–12.

Mohamed, H.M.H., Mansour, H.A. (2012). Incorporating essential oils of marjoram and rosemary in the formulation of beef patties manufactured with mechanically deboned poultry meat to improve the lipid stability and sensory attributes. *LWT- Food Science and Technology*. 45 (1): 79-87.

Mohammadi, S., Aroiee, H., Aminifard, M.H., Tehranifar, A., Jahanbakhsh, V. (2014). Effect of fungicidal essential oils against Botrytis cinerea and Rhizopus stolonifer rot fungus in vitro conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 47(13): 1603-1610.

Moleyar, V., Narasimham, P. (1992). Antibacterial activity of essential oil components. *International Journal of Food Microbiology*. 16 (4). 337–342.

Munhuweyi, K., Caleb, O. J., Lennox, C. L., van Reenen, A. J., Opara, U. L. (2017). In vitro and in vivo antifungal activity of chitosan-essential oils against pomegranate fruit pathogens. *Postharvest Biology and Technology*. 129. 9–22.

NCCLS, Performance Standards for Antimicrobial Disc Suspectibility Tests. Approved Standard NCCLS Publication M2-A5, Villanova PA, USA, (1993).

Nguefack, J., Dongmo, J.B.L., Dakole, C.D., Leth, V., Vismer, H.F., Pedersen, J.G.T., Guemdjom, E.F.N., Mbeffo, M., Tamgue, O., Fotio, D., Zollo, P.H., Nkengfack, A.E. (2009). Food preservative potential of essential oils and fractions from Cymbopogon citratus, Ocimum gratissimum and Thymus vulgaris against mycotoxigenic fungi. *Int. Journal of Food Microbiology*. 131 (2-3): 151–156.

O' Callaghan, K.A.M., Kerry, J.P. (2014) Assessment of the antimicrobial activity of potentially active substances (nanoparticled and non-nanoparticled) against cheese-derived micro-organisms. *Int. Journal of Dairy Technology*. 67 (4): 483-489.

Olmedo, R.H., Nepote, V., Grosso, N.R. (2013). Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *LWT- Food Science and Technology*. 53 (2): 409-417.

Otoni, C. G., Pontes, S.F., Medeiros E.A., Soares N.D.F. (2014). Edible films from methylcellulose and nanoemulsions of clove bud (Syzygium aromaticum) and oregano (Origanum vulgare) essential oils as shelf life extenders for sliced bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62 (22): 5214–5219.

Paranagama, P.A., Abeysekera, K.H.T., Abeywickrama, K., Nugaliyadde, L. (2003). Fungicidal and anti-aflatoxigenic effects of the essential oil of Cymbopogon citratus (DC.) Stapf. (lemongrass) against Aspergillus flavus Link. İsolated from stored rice. *Letters in Applied Microbiology*. 37 (1): 86-90.

Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U., Juven, B., 1995. Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. *Journal of Food Protection*. 58 (1), 81 – 85.

Periago, P.M., Moezelaar, R. (2001). Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the viability of different strains of Bacillus cereus. *International Journal of Food Microbiology*. 68 (1-2): 141-148.

Rasooli, I., Rezaei, M.B., Alameh, A. (2006). Growth inhibition and morphological alterations of Aspergillus niger by essential oils from Thymus eriocalyx and Thymus x-porlock. *Food Control*. 17 (5): 359-364.

Raspo, M. A., Vignola, M. B., Andreatta, A. E., Juliani, H. R. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities of citrus essential oils from Argentina and the United States. *Food Bioscience. 36* (August 2020): 100651. https://www.x-mol.com/paperRedirect/1262894160742031360

Ricardo-Rodrigues, S., Tim-Tim, S., Véstia, J., Agostinho, J., Derreado, A., Rato, A.E. (2017). Avaliação das potencialidades da aplicação de Atmosfera Modificada em combinação com eugenol na conservação de uva de mesa

'Crimson Seedless'. *IX Congresso Ibérico de AgroEngenharia;* Bragança, Portugal, 2017.

Rizzo, V., Muratore, G. (2020). The Application of Essential Oils in Edible Coating: Case of Study on Two Fresh Cut Products. *Int. Journal of Clinical Nutrition & Dietetics*. 6 (March 2020): 149. https://doi.org/10.15344/2456-8171/2020/149

Rojas-Graü, M. A., Raybaudi-Massilia, R. M., Soliva-Fortuny, R. C., Avena-Bustillos, R. J., McHugh, T. H., Martín-Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*. 45 (2): 254–264.

Saranraj, P., Geetha, M. (2012). Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives. *International J. of Pharmaceutical and Biological Archive*. 3 (1): 38–48.

Sauceda, E.N.R. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*. 7 (1): 153-170.

Sirocchi V, Caprioli G, Cecchini C, Coman MM, Cresci A, Maggi F, Papa F, Ricciutelli M, Vittori S, Sagratini G. (2013). Biogenic amines as freshness index of meat wrapped in a new active packaging system formulated with essential oils of Rosmarinus officinalis. *International J. of Food Sci. and Nutrition*. 64(8): 921-928.

Skandamis, P., Nychas, G. (2001). Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *Journal of Applied Microbiology*. 91: 1011-1022.

Smith-Palmer, A., Stewart, J., Fyfe, L. (2001). The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiology*. 18 (4): 463-470.

Smith, J. P., D. P. Daifas, W. El-Khoury, J. Koukoutsis, and A. ElKhoury. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (1): 19–55.

Solomakos, N., Govaris, A., Koidis, P., Botsoglou, N. (2008). The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin, and their combination against Listeria

monocytogenes in minced beef during refrigerated storage. *Food Microbiology*. 25 (1): 120-127.

Sunil, R. E., Desai K. (2018). Vapour phase antifungal activity of c. Aurantium essential oil and its effectiveness in controlling common bread spoilage molds. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* 7 (4): 1603–1616.

Şahin, F, Güllüce, M., Daferera, D., Sökmen, A., Sökmen, M., Polissiou, M., Ağar, G., Özer, H. (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of Origanum vulgare ssp. vulgare in the Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control* 15 (7): 549–557.

Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A, Cliver, D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*. 21 (9): 1199-218.

Tao, R., Sedman, J., Ismail, A. (2021). Antimicrobial Activity of Various Essential Oils and Their Application in Active Packaging of Frozen Vegetable Products. *Food Chemistry*, 360 (October 2021): 129956. https://doi.org/ 10.1016/j.foodchem.2021.129956

Tassou, C., Drosinos, E.H., Nychas, G.-J.E., 1995. Effects of es sential oil from mint (Mentha piperita) on Salmonella enteritidis and Listeria monocytogenes in model food systems at 4 C and 10 C. *Journal of Applied Bacteriology.* 78. 593 – 600.

Tisserand, R., Young, R. (2014). Constituent profiles, Essential Oil Safety, Chucrchill Livingstone, St. Louis. P. 483-647.

Toroğlu, S., Çenet, M. (2006). Tedavi amaçlı kullanılan bazı bitkilerin kullanım alanları ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi için kullanılan metodlar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi.* 9 (2): 12-20.

Tsigarida, E., Skandamis, P., Nychas, G.J. (2000). Behaviour of Listeria monocytogenes and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5 degrees. *Journal of Applied Microbiology*. 89 (6): 901-909.

Tsiraki, M., Savvaidis, I. (2011). Effect of Packaging and Basil Essential Oil on the Quality Characteristics of Whey Cheese "Anthotyros". *Food and Bioprocess Technology*. 6: 124-132.

Tuley de Silva, K (eds.) (1996). *A Manual on the Essential Oil Industry*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization. P. 155-159.

Tzortzakis, N.K., Economakis, C.D. (2007). Antifungal activity of lemongrass (Cympopogon citratus L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Sciences and Emerging Technologies.* 8 (2): 253–258.

Ultee, A., Bennink, M.H.J., Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Applied and Environmental Microbiology*. 68 (4): 1561–1568.

Ultee, A., Slump, R.A., Steging, G., Smid, E.J. (2000). Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *J. Food Protection* 63 (5): 620–624.

Valero, M., Giner, M.J. (2006). Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of Bacillus cereus INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth. *International Journal of Food Microbiology*. 106 (1): 90–94.

Vitoratos, A., Bilalis, D., Karkanis, A., Efthimiadou, A. (2013). Antifungal Activity of Plant Essential Oils Against Botrytis cinerea, Penicillium italicum and Penicillium digitatum. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 41(1): 86-92.

Viuda-Martos M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. (2010). Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*. 85 (3): 568-576.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. (2007). Antifungal activities of thyme, clove and oregano essential oils. *J. Food Safety*. 27 (1): 91-101.

Vrinda Menon, K., Garg, S.R. (2001). Inhibitory effect of clove oil on Listeria monocytogenes in meat and cheese. *Food Microbiology*. 18 (6): 647-650.

Waithaka, P. (2017). Control of Passion Fruit Fungal Diseases Using Essential Oils Extracted from Rosemary (Rosmarinus officinalis) and Eucalyptus

(Eucalyptus agglomerata) in Egerton University Main Campus Njoro, Kenya. *International Journal of Microbiology*. 2017. 1-6.

Wang, R., Wang, R., Yang, B. (2009). Extraction of essential oils from five cinnamon leaves and identification of their volatile compound compositions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 10 (2): 289–292.

Wilson, C.L., Solar, J.M., El Ghaouth, A., Wisniewski, M.E. (1997). Rapid Evaluation of Plant Extracts and Essential Oils for Antifungal Activity Against Botrytis cinerea. *Plant Disease*. 81 (2): 204-210.

Yasser, S. (2015). *Ziziphora clinopodioides* Essential Oil and Nisin as Potantial Antimicrobial Agents against *Escherichia coli* O157:H7 in Doogh (Iranian Yoghurt Drink). *J. of Pathogens.* 2015: 176024. http://dx.doi.org/10.1155/2015/176024.

BÖLÜM 16

ESANS YAĞLARININ GIDA SANAYINDE RENKLENDIRICI MADDE OLARAK KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül FİLİK[1]
Doç. Dr. Gökhan FİLİK[2]

[1]Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kırşehir, Türkiye. Orcid no: 0000-0001-7498-328X,aysegulcivaner@ahievran.edu.tr
[2]Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kırşehir, Türkiye. Orcid no: 0000-0003-4639-3922. gfilik@ahievran.edu.tr

GİRİŞ

Renkler, hayatımızda yaşama dair nesneleri ifade etmemize ya da zihnimizde nesnelerin görsel olarak kodlanmasını sağlayan en temel araçtır. Fakat renkler yaklaşık olarak tüm bireylerin gözleri ile aynı gibi görünse de ton farklılıkları devreye girdiğinde renk değerleri değişmeye başlamaktadır. Bu sebeple renk iletişimini kolaylaştırmak amacıyla Amerikalı sanatçı Albert Henry Munsell tarafından geliştirilen Munsell renk sistemi ile renkler ilk defa sayısallaştırılmıştır (Shamey ve Kuehni, 2020). 1931 yılında uluslararası de l'Eclairage komisyonu (the Commission Internationale de l'Eclairage: CIE) tarafından geliştirilen XYZ trimulus koordinat değerleri arası mesafenin kolorimetrik mesefalarda eşleşmemesinden dolayı 1976'da CIE'nin CIE L*a*b* renk uzayı geliştirilmiştir (AMSA, 2012). CIE L*a*b* renk uzayı algılanan renklerin kolorimetrik ölçümünde a* ekseninde yeşilden (-a) kırmızaya (+a) ve b* ekseninde maviden (-b) sarıya (+b) değişimini, L* ise üç boyutlu koordinat düzleminde parlaklığın alttan üstte doğru arttığını ifade etmektedir (Filik ve ark., 2018). Işınlar gözdeki sinir demetleri ile ışınların kaynağı olan maddenin rengini beyne ileterek beyinde o maddenin yansımasını gerçekleştirmektedir. Işın kaynağı maddenin içerdiği renklerin dalga boyları yansımanın ana kaynağıdır. Renklere göre 400-425: mor, 425-455: çivit, 455-490: mavi, 490-575: yeşil, 575-580: sarı, 580-650: turuncu ve 650-700 nm dalga boyları arasında göz kırmızı rengi görebilmektedir.

İnsanoğlunu belki de diğer canlılardan ayıran en temel özelliklerinden birisi de beş duyusuna hâkim olup, duyusal değerlendirme yapabilmesidir. Bu duyuların tüketilen besinlere göre sıralamasında değişiklikler olsa da sıralamayı bir örnek ile açıklamak gerekmektedir. Mısır danesi bütün olarak zihnimizde ya da duyularımız üzerinde çok bir anlam ifade etmemektedir. Fakat mısır danesi uygun sıcaklık, yağ ve tuz ile birdenbire kimsenin karşı koyamayacağı ve ona ait patlama sesiyle *işitme,* ortaya çıkan cezbedici kokusuyla *koku,* kendine has rengiyle *görme*, ağzımıza götürmek amacıyla dokunduğumuzda *dokunma* ve en son tüm bu duyuların birleşimi olan *tat* duyumuza dönüşümünü zihnimizde canlandırmamızı sağlayan duyusal bütünlüğe ise aroma demekteyiz (ISO 5492, 1992). Aroma ile gıdalar zihnimizde bazı özelliklilerine göre tanımlanmakta olup, en iyi tanımlama aracı olarak tecrübelerimiz ve beynimiz ise rengi kullanmaktadır (Boyacı, 2019). Mesela kırmızı sos zihnimizde hepimizin acı tadında bir nitelik kazanmaktadır. Fakat sosun renginin yeşil olması tamamen algımızı değiştirip, aynı acılığı vermeyeceğini düşünmemizi sağlamaktadır. Bu sebeple gıdalar üzerindeki renk algısının diğer duyu organlarımız ile de eşleşmesi gerekmektedir. Renk sadece bir gıdanın lezzeti veya aroması hakkında da kesin bilgi vermemektedir (Spence ve ark., 2010). Gıda üreticileri, üretilen ürünlerin albenisinin artması, tüketiminin yoğunlaşması veya renginin stabil kalması için bir takım boya maddeleri ile ürünlerin sahip oldukları renkleri zenginleştirmek amacına yoğunlaşmışlardır (Rodiah ve ark., 2018). Gıdalara, boya maddeleri sentetik veya doğal gıda katkı maddesi olarak ilave edilebilmektedir. Fakat son yüzyılda gerçekleşen sanayi devrimi ile

birlikte sentetik üretilen boya maddelerinin gıda sanayinde kullanımı hızla artmıştır (Geetha ve Sumathy, 2013). Ucuz ve kolay bulunabilir olması sebebiyle sentetik gıda boyaları endüstriyel üretimde sıkça kullanılmaktadır. Genel olarak gıda boya maddeleri gıdalara sıvı, toz, granül, sulandırılmış veya macunsu formlarda katılmaktadır. Tüketicilerin gıdalarda albenisi yüksek gıda talepleri sebebiyle üreticiler doğal gıda boyaları yerine ucuz ve kolay bulunabilen sentetik gıda boya maddeleri kullanmaya başlamışlardır (Atlı, 2010). Fakat sentetik gıda boya maddelerinin insanlarda alerji, toksik etki veya ilerleyen süreçlerde kanserojenik etkilerinden, son yıllarda tüketicilerin biyogüvenlik konularında bilinçlenmeleri ve kullanılan katkı maddelerine ait biyo-kaynak talepleri doğrultusunda doğal gıda boya katkı maddelerinin önemi artmıştır (Shahid ve ark., 2013). Sentetik gıda boyası olarak kullanılan maddeler kitap bölümü ile ilgili olmadığı için sentetik gıda boya maddelerinden mevcut bölümde bahsedilmemiştir. Doğal gıda boya maddeleri genel olarak sentezleme yoluyla mikroorganizmalardan ya da böcekler veya omurgasız hayvanlar ezilerek toz halde veya suyu kurutularak, bitkilerden sulu ya da yağlı ekstraksiyonları, mikro algler kurutularak veya mineraller ise direk ya da şelatları yapılarak üretilmektedir (Prabhu ve Bhute, 2012). Bazen de atık sulardan izole edilen lak maddesi de lak boyası olarak kullanılmaktadır. Avrupa Birliğinde gıda katkı maddesi olarak yaklaşık 43 gıda boyasına, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise yaklaşık 30 gıda boyasına kullanım onayı verilmiştir. Gıda katkı maddeleri içerisinde yer alan renk maddelerinin standartlaştırılması amacıyla E kodlama sisteminde E100 ve E180 aralığı renk maddeleri

için tanımlanmıştır (Atlı, 2010). Doğal gıda boya maddesi olarak kullanılan bazı boya maddelerine ait bilgiler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Doğal gıda boya maddeleri (Chengaiah ve ark., 2010; Caro ve ark., 2012; Shahid ve ark., 2013, Gıda raporu, 2021)

İsmi	Kaynağı	E-No	Renk özelliği
Kurkumin (i), Turmerik (ii)	Zerdeçal, Sıvı Zerdeçal	E100 (i, ii)	Sarı
Riboflavin, (a) Riboflavin-5'-fosfat (iii)	Yumurta, sakatat (böbrek ve karaciğer), yağsız et ve süt, tereyağı, peynir (a) *Bacillus subtilis*, *Ashbya gossypii*, *Candida gulliermndii*, *Clostridium acetobutylicum* ve *Debaryomyces subglbosus* (iii)	E101 (a, iii)	Sarı
Koşineal (ii), karminik asit, carmines (i)	*Dactylopius coccus* böceği	E120 (i, ii)	Pembe veya Eflatundan Kırmızıya
Klorofiller-Klorofilinler	Tüm yeşil bitkiler, Yonca ve ısırgan otu	E140	Yeşilden zeytin rengine
Klorofiller-Klorofilinlerin bakır kompleksleri	Sodyum bakır klorofilin	E141	Mavimsi yeşil
Karameller	Şekerin 170°C'de ısıtılmış hali	E150 (a-d)	Kahverengi
Bitkisel karbon	Aktif karbon	E153	Griden siyaha
Karotenler (α, β, γ)	Havuç yağından karoten (ii) Hurma yağından karoten (ii) *Blakeslea trispora* (iii) *Dunaliella salina* ya da *bardawil* mikroalg kaynaklı karoten (iv)	E160a (ii, iii, iv)	Altın sarısından turuncuya
Annatto, bixin (i), norbixin (ii)	Achiote ağacının (*Bixa orellana*)	E160b, (i, ii)	Turuncu

	tohumu		
Kırmızıbiber özü, kapsanthin, kapsorubin, Capsicum annum	Kırmızıbiber, Sıvı Kırmızıbiber	E160c	Kırmızımsı turuncu
Likopen	Domates likopen özütü, Domates likopen konsantresi	E160d	Turuncu kırmızı
Apocarotenal [β-apo-8'-karotenal (C30)]	Ispanak veya Turunçgiller	E160e	Kırmızımsı turuncu
β-apo-8'- karotenik asit (C30) etil esteri	Turunçgiller	E160f	Sarı/ Turuncu
Flavoxanthin	Karahindiba	E161a	Sarıdan Turuncuya
Lutein	Kadife çiçeği rengi	E161b	Altın sarısı
Cryptoksanthin	Turunçgiller	E161c	Sarıdan Turuncuya
Rubiksanthin	Kuşburnu	E161d	Sarıdan Turuncuya
Violaksanthin	Yeşil yapraklarda ve sarı sebzelerde	E161e	Sarıdan Turuncuya
Rhodoksanthin	*Taxus baccata* porsuk bitkisi ve *Lonicera morrowii* hanımeli çiçeği	E161f	Sarıdan Turuncuya
Kantaksantin	Somon, Karides, Deniz yosunu, Yenilebilir mantar, *Haematococcus lacustris*, *Bradyrhizobium* sp.	E161g	Turuncu pembe
Zeaksanthin	Mısır veya safran	E161h	Turuncudan Kırmızıya
Astaxanthin	*Haematococcus pluvialis, Haematococcus lacustris, Xanthophyllomyces dendrorhous*	E161j	Sarıdan Kırmızıya
Pancar kırmızısı, betanin	Kuru pancar (pancar tozu)	E162	Pembeden kırmızıya
Antosiyaninler (a, e)	Üzüm ten rengi ve özü veya Siyah frenk üzümü rengi (enocianina), Cyanidin (a) Peonidin (e) Siyah Havuç, Kırmızı Lahana,	E163	pH değerine bağlı olarak geniş bir renk yelpazesi Pembe / kırmızıdan leylak rengi / mavi

	Yaban mersini		
Kalsiyum karbonat	Kaya minerali veya kemikten	E170	Beyaz
Titanyum dioksit	Kaya minerali	E171	Beyaz
Demir oksit veya hidroksit	Kaya minerali	E172	Kırmızı-Bordo, Yeşil
Aliminyum	Kaya minerali	E173	Beyaz
Gümüş	Kaya minerali	E174	Beyaz
Altın	-	E175	Sarı
Tannik acid	Çayda, fındık veya oak ağacı dallarından	E181	Renk seyreltici
Şellak, Lakaik asit	*Coccus lacca böceğinin lak salgısı*	E940	Lak rengi
Monacus rengi	*Monascus albidus, Monascus anka, Monascus araneosus, Monascus major, Monascus rubiginosus,* ve *Monascus vini* küfleri		Kırmızı
Carthamus rengi	Carthamus cinsi bitkiler, Aspir		Kırmızı (kartamin) veya Sarı (karmaton)
	Kızartılmış kısmen yağı alınmış pişmiş pamuk tohumu unu		Kahverengi, Yeşil
	Meyve suyu		Farklı renkler
	Sebze suyu		Farklı renkler
Krosetin	Krokin, Safran		Turuncu sarı
Gardenya	*Gardenia jasminoides* ve *Genipa americana* L. bitkisindeki geniposid ve genipin		Birincil amin kaynakları reaksiyonu ile mavi renk
Gallik asit	Hindistan cevizi		Beyaz, sarımsı beyaz veya soluk açık kahverengi kristal renk
	Amaranth, Nar		Kırmızıdan Mor Renge
	Mısır endosperm yağı		Sarı

	Demir glukonat	Kırmızı
	Kakao tanesi ekstraktı	Kahverengi
	Yaban mersini	Mavi

1. AROMATİK BİTKİLER

Çok eski zamanlardan beri insanoğlu bitkilerden boya maddesi olarak yararlanmıştır. Doğal gıda boya maddelerinin ana kaynaklarından olan bitkiler genel olarak içerisinde yer alan bazı sekonder metabolitler sayesinde sahip oldukları renkleri almaktadırlar. Bu metabolitler bitkilerin köklerinden, saplarından, yapraklarından, çiçeklerinden ve meyvelerinden üretilebilmektedir (Siva, 2007). Bitkilerden elde edilen boya maddeleri bitkilerin kurutulmasıyla, ezilmesiyle, kaynatılmasıyla, yağda veya suda çözdürülmesiyle elde edilebilmektedir. Özellikle yoğun tanen içeren bitki veya bitki aksamlarından alev rengi ve tonları üretilebilmektedir (Geetha ve Sumathy, 2013). Bu renk yelpazesi bitkilerde mevsime, toprağa, bitkinin yaşına veya nasıl ekildiğine kadar çok farklı etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bitkilerin renk özelliklerine göre sekonder metabolitlerinden yararlanılarak ilaç olarak kullanılabilirliği de söz konusudur (Öztürk ve ark., 2013). Tablo 1'de verilenlerin dışında gıda boya maddesi olarak en yaygın kullanılan bazı bitkilere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Isatis tinctoria veya *Indigo tinctoria* bitkilerinden üretilen doğal mavi ve türevi boya maddeleridir. *Isatis tinctoria* veya *Indigo tinctoria* bitkisi yapraklarında bulunan indican, suda kolay çözülebilen bir

amino asit türevidir. Yapraklar su ile fermente edilerek indican indoksile dönüşüp, ardından oksijenle teması neticesinde indigotin adında suda çözünmeyen mavi taneciklere dönüşür. Böylece çivit veya indigo rengini veren renk maddeleri üretilmektedir. Doğal indigo renginin üretilmesi çivit renginin yerini aldığı için, daha sonra da her ikisinin de yerini sentetik boyalar alması sebebiyle son yıllarda üretimi yok denecek kadar azalmıştır (Ercivan, 2018). *Gardenia jasminoides* ve *Genipa americana* L. bitkilerinde yer alan geniposid ve genipin sekonder metabolitlerinin gıdalarda bulunan birincil amin grupları ile reaksiyonunda pH değişimi ile mavi renk maddesi oluşmaktadır (Bostancı, 2019).

Anadolu'nun hemen her yerinde yetişmekte olan *Rubia tinctorum* L. yer altı sürgünlerinden üretilen kökboya olarak gıda endüstrisinde de kullanım alını bulan kırmızı renktir. Sürgünlerin öğütülüp sulu fermentasyon sonrasında ortaya çıkardığı kırmızıdan bordoya değişen renk değişimine Türk kırmızısı rengi denilmektedir (Şanlı ve Çatalkaya Gök, 2017). Ayrıca, *Rubia cordifolia* L. gıdalara özellikle kırmızı renk vermesi dışında antioksidan özellik kazandırırken, ısıya ve ışığa karşı da dirençli hale de getirmektedir (Devi Priya ve Siril, 2014). Kırmızı renk maddesi olan antosiyanin çilek, üzüm, yaban mersini veya böğürtlenden alınan miktarlarına izin verilirken, *Rubia peregrina* L. taze meyvelerinin 100 gramında 724 mg bulunmasından dolayı gıdalarda kullanımına Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (the European Food Safety Authority: EFSA) ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (U.S. FDA: Food and Drug Administration) tarafından izin

verilmemektedir (Albuquerque ve ark., 2021). *Galium verum* L. ve *Asperula tinctoria* L. bitkileri içerisinde yer alan sekonder metabolitlerden alizarin ve rubiadin maddeleri gıdalarda hem antioksidan hem de doğal gıda boyası olarak kırmızı rengi vermektedir (Bechtold ve Mussak, 2009).

Kadife çiçeği (*Tagetes erecta* L.) yapısında bulunan lutein ve karotenoid sayesinde sarıdan turuncuya kadar çok farklı renklerde gıda boyası olarak kullanılmaktadır. Yumurta üretiminde yumurta sarısının daha kırmızımsı bir renk alması (Demirel ve Şentürk Demirel, 2004), tereyağının ise daha fazla sarı görünmesi amacıyla kullanılan doğal gıda boyasıdır (Sowbhagya ve ark., 2004).

Muhabbet çiceği (*Reseda luteola* L.) bitkisi içerisinde en fazla bulunan luteolin esas olarak renkten sorumlu sekonder metabolit olup, sarı renk vermektedir (Kızıl ve Kayabaşı, 2005). Özellikle bitkinin toprak üzerinde kalan kısımlarının kaynatılmasıyla elde edilmektedir. Sarıpapatya (*Anthemis tinctoria* L.) bitkisinde isohamnetin, miricetin ve quercetin sarı renkten sorumlu maddelerdir. Beyaz papatya (*Anthemis chia* L.) taze çiçeklerindeki apigenin maddesi sayesinde sarı renk elde edilebilir. Gence (*Datisca cannabina* L.) bitkisi içerisindeki datiscetin maddesinden sarı renk maddesi üretilebilmektedir. Cehri (*Rahamnus petiolaris* Boiss) bitkisinin yeşil meyvelerinin kurutulmasıyla sarı renk maddesi elde edilmektedir. Boyacı sumağı (*Cotinus coggrygria* L.) içerisindeki fitesin maddesi sayesinde sarı rengi vermektedir (Karadağ, 1997). Aspir (*Carthamius tinctoria* L.) çiçekleri sarı ile kırmızı renk arasında olsa da gıda

endüstrisinde ya da mutfaklarda en çok kırmızı renk kaynağı olarak kullanılmaktır. Bu özelliğini suda erimeyen carthamin maddesinden gelmekte olup, sarı rengin kaynağı ise suda eriyebilen sarı renkli carthamidin sekonder metabolitidir (Babaoğlu, 2017).

2. BÖCEKLER VEYA OMURGASIZ CANLILAR

1856 yılında statü ve asalet rengi olan kraliyet moru (*Tyrian purple*) olarakta ifade edilen İngiliz Sir William Henry Perkin tarafından keşfedilen ilk sentetik organik boya maddesi olan mauveine'dir (Erdem İşmal, 2011). İlk olarak Jül Sezar veya Neron'un asaletin rengi olarak tanımladığı erguvan rengi veya mor renk o çağlarda *Muricidae* familyasına ait *Murex trunculus* (*Hexaplex trunculus L.*), *Murex brandaris (Bolinus brandaris L.)* ve *Purpura haemastoma (Stramonita hae mastoma L.)* deniz kabuklusu olan su canlılarından üretilmekteydi. Bu kabuklu canlıların bağırsak kanalındaki salgı bezinden salgılanan renk doğal halde sarımsı yeşil olup, kabuktan canlılar çıkarılıp, ezilip suyu çıkarıldıktan sonra güneş altında kurutulması ile mor halini almaktadır. Bu kadar zor ve zahmetli olmasının yanında yaklaşık 12-14 bin adet canlıdan sadece 1-2 g civarı çıkarılabilen bir renk olması sebebiyle statü rengi olarak tanımlanmıştır (Başer ve İnanıcı, 1990; Adıgüzel ve Yılmaz Kolancı, 2017).

Kermes meşesi (*Quercus cocifera* L.) üzerinde yaşamını devam ettiren kabuklu bir bit cinsinin dişisi olan Kermes (*Coccus ilicis* L.: Kırmız böceği)'den kırmızı renk boya maddesi üretilmektedir (Prabhu ve

Bhute, 2012). Ayrıca, *Dactylopius coccus* Costa (cochineal: koşinil) *Nopalea cocinellifera* kaktüsleri üzerinde asalak olarak yaşayan doğal kırmızı gıda boyası (karminik asit) üretmek amacıyla toplanan, gelişimini tamamlamış bir dişi böcek türünün vücudundan üretilmektedir (Karadağ, 1997; Borges ve ark., 2012). 70.000 kurutulmuş böcekten yaklaşık olarak 500 gram boya maddesi üretilmektedir (Başer ve İnanıcı, 1990).

Lak böceği (*Kerria lacca* Kerr ve *Tachardia larreche* Kerr) *Butea frondosa* Roxb, *Ficus religiosa* L. ve *Ziziphus jujuba* Mill. bitkileri üzerinde yaşamını devam ettiren dişi böcek türünden üretilen lakaik asitten lak boyası üretilmektedir. Lak boyası gıda endüstrisinde yenilebilir film üretiminde ya da gıda kaplamasında kullanılmaktadır (Küçükönder, 2020).

3. MİKROORGANIZMALAR

Monascus spp. küfünün *Monascus anka* veya *Monascus purpureus* suşları ile fermente edilen kırmızı pirinçten monoaskin, monascorubramine, monascusone A, monascusone B, ankaflavin, rubropunktatin ve monaskorubin maddeleri vasıtasıyla sarıdan kırmızıya değişen renk pigmentleri oluşmaktadır (Feng ve ark., 2012).

Eremothecium ashbyii ve *Ashbya gossypii* bakterileri farklı karbonhidrat kaynaklarını (melas, palm yağı, mısır likörü, peynir altı suyu, kepek, glisin, pepton, sükroz, maya özütü ve soya fasulyesi gibi), *Lactococcus lactis, Corynebacterium ammoniagenes* ve *Bacillus subtilis* türlerinden ise rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak

riboflavin (B_2 vitamini) E101 sarı renk maddesi üretmektedir (Gül, 2020).

Catenarin, chrysophanol, cynodontin, helminthosporin, tritisporin ve erythroglaucin gibi antrakinon (octaketide) pigmentleri Eurotium spp., Fusarium spp., *Curvularia lunata* ve Drechslera spp. fungusları tarafından üretilmektedir. Sarı pigment epurpurinleri A'dan C'ye *Emericella purpurea*'dan izole edilirken, azafilon türevleri (hekzaketidler), falconensinler A-H ve falconensonlar A_1 ve B_2, hem *Emericella falconensis* hem de *Emericella fructiculosa* tarafından üretilmiştir (Mapari ve ark., 2005).

4. MİKRO ALGLER

Mavi-yeşil alg (Cyanophyta) yeşilden mavi renge kadar renk pigmenti içeren plankton ya da algdir. Fikosiyanin (linablue A) renk pigmenti sayesinde yeşil veya mavi rengi vermektedir. Fotosentez yapabilen bakteri özelliği göstermesi sebebiyle siyonobakteri olarak isimlendirilebilmektedir. Havanın azotunu bağlama yeteneğine sahip tek hücresel yapıya sahip olup (Masithah, 2020), en zengin kaynağı ise *Spirulina plantesis*'dir. Fonksiyonel gıda üretiminde özellikle yoğun miktarda kullanımı söz konudur (Panjiar ve ark., 2017).

Kırmızı alg (Rhodophyta), klorofil a, fikoeritrin ve fikobilinler olarak bilinen kırmızı renk pigmentleri taşımaktadırlar. Kırmızı alglerden Kappaphycus ve Betaphycus özellikle yoğurtlarda, çikolatalı sütte ve hazır pudinglerde yaygın olarak kullanılan bir bileşen olan karajenanın en önemli kaynaklarıdır (Guiry, 2007).

Dunaliella salina, halofilik bir yeşil alg olup, beta-karoten üretiminde kullanılır. Gıda boyası veya zengin bir A vitamini olan β-karoten, sarıdan turuncuya kadar farklı renk veren pigment yapısına sahiptir. Khorella (Chlorella) bir çeşit yeşil alg olup, yapısında bulunan klorofiller sayesinde yeşil renk pigmentasyonu sağlamaktadır. Fukoksantin, Phaeophytes'ten elde edilen bu pigment, gıda üretiminde kahverengi rengin verilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Ünver Alçay ve ark., 2017; Seacolors, 2021).

5. MİNERALLER

Doğal mineral gıda boyaları özellikle şeker veya şekerleme ürünlerinde yoğun olarak kullanılsa da gıda amaçlı ürünlerin dışında insan tüketiminde kullanılabilecek tıraş köpüğü, jöle veya ruj gibi ürünlerinde renklendirilmesinde kullanılmaktadır. Opak renk (E170) şekerlemelere opak beyaz renk vermek amacıyla kullanılırken, kaynağı ise kalsiyum karbonattır (Ceyhun Sezgin ve Ayyıldız, 2019). Titanyum dioksit (TiO_2) özellikle gıdalarda beyaz rengin (E171) ihtiyaç olduğu sakız, şeker gibi hemen hemen tüm gıdalarda kullanılabilmektedir (Weir ve ark., 2012). Gıda maddelerine sarı, kırmızı, kahverengi veya siyah rengin (E172) verilmesi amacıyla demir oksit (Fe_2O_3), gümüşsü gri için alüminyum tozu (E173), tam gümüş rengin verilmesi amacıyla gümüş tozları (E174) ve altınımsı sarı renk için altın tozu renk maddesi (E175) olarak özellikle şekerleme gibi ürünlerde kullanılabilmektedir (Ceyhun Sezgin ve Ayyıldız, 2019). Ferro-glukonat minerali özellikle zeytinin yeşil renginin siyah renge dönüştürülmesinde kullanılan önemli bir mineral

kaynağıdır. Zeytin, etli kısmının yüksek düzeyde demir iyonlarını emme kapasitesi ve emilen demirlerin oksidasyonu sayesinde zeytin olgunlaşarak siyah rengi (E579) almaktadır (Garrido ve ark., 1995). Bitkilerin yakılması yani pirolizi sonucu ortaya çıkan külden oluşan bitkisel aktif karbon maddeleri griden siyaha (E153) kadar renklerin oluşumunda kullanılmaktadır (Miranda-Bermudez ve ark., 2012). Klorofillerin bakır kompleksi veya sodyum-potasyum tuzları kullanılarak doğal gıda boyası yeşil (E141) renk üretilmektedir.

6. SONUÇ

Renk gıda tüketicileri ve üreticileri için önemli bir parametre haline gelmiştir. Renk maddeleri ya da boyaları uzun süre önce gıdalar içerisinde kullanılmaya başlanmış olup, bitkiler, böcekler veya omurgasız canlılar, mikroorganizmalar, mikro algler ve mineraller gibi doğal kaynaklardan üretilmiştir. Fakat sanayileşme ile doğal kaynakların üretim zorluğu, istenen rengin tam olarak yakalanamaması ve pahalı olmasından dolayı yerini sentetik gıda boyaları veya renklendiricilerine bırakmıştır. Sentetik gıda boyalarının kullanımının artması ile kullanımına bağlı zararları da ortaya çıkmıştır. Son zamanlarda bilinçli tüketicilerin tercihlerinin doğala yönelmesi sebebiyle gıda sektöründe kullanımı azalmış ve doğal kaynakların önemi artmıştır. Doğal boya maddeleri ile ilgili araştırma çalışmaları halen devam etmektedir. Bu sebeple XXI. yüzyılın teknolojisi olan farklı kaynaklardan doğal gıda boyaları üretiminde nanoteknoloji ve biyoteknoloji çalışmalarına hız verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Adıgüzel, G., Yılmaz Kolancı, B. (2017). Antikçağda Statünün Rengi: *Mor. Cedrus* 5:261-285. https://doi.org/10.13113/CEDRUS/201713

Albuquerque, B. R., Oliveira, M. B. P., Barros, L., Ferreira, I. C. (2021). Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives. *Critical reviews in food science and nutrition* 1-31. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1746904

AMSA (American Meat Sciences Association). (2012). AMSA Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association, 201 East Springfield Avenue, Suite 1202 Champaign, Illinois USA 61820. 800-517-2672

Atlı, B. (2010). *Gıda boyaları.* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi. http://hdl.handle.net/20.500.11776/687

Babaoğlu, M. (2017). Dünya'da ve Türkiye'de Aspir Bitkisinin Tarihi, Kullanım Alanları ve Önemi. *Tarım Gündem Dergisi*.: 36:98-102.

Başer, İ., İnanıcı, Y. (1990). *Boyarmadde Kimyası*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.

Bechtold, T., Mussak, R. (Eds.). (2009). Handbook of Natural Colorants. John Wiley & Sons. Page: 159.

Borges, M. E., Tejera, R. L., Díaz, L., Esparza, P., Ibáñez, E. (2012). Natural dyes extraction from cochineal (Dactylopius coccus). New extraction methods. *Food Chemistry*132(4): 1855-1860. https://doi.org/10.1016/j.foodchem. 2011.12.018

Bostancı, Ş. (2019). The Investigation of Genipin and Genipocide in Human Health. *GANUD International Conference on Gastronomy, Nutrition and Dietetics Conference Book*. 22-24November2019. P. 440-449. Gaziantep/Turkey.

Boyacı, D. (2019). *Duyuların lezzet algısı ve satın alma niyetine etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Caro, Y., Anamale, L., Fouillaud, M., Laurent, P., Petit, T., Dufossé, L. (2012). Natural hydroxyanthraquinoid pigments as potent food grade colorants: an

overview. *Natural Products and Bioprospecting* 2(5): 174-193. https://doi.org/10.1007/s13659-012-0086-0

Ceyhun Sezgin, A, Ayyıldız, S. (2019). Çocukların Tükettiği Atıştırmalık Gıdalarda Kullanılan Renklendiricilere İlişkin Bir Araştırma. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi* 11 (18) : 877-913. https://doi.org/10.26466/opus.552795

Chengaiah, B., Rao, K.M., Kumar, K.M., Alagusundaram, M., Chetty, M.M.(2010) Medicinal Importance of Natural Dyes: A Review. *International Journal of PharmTech Research* 2(1): 144-154.

Demirel, R., Şentürk Demirel, D. (2004). Hayvan Beslemede Renk Vericilerin Kullanılması. IV. *Ulusal Zootekni Bilim Kongresi*. Bildiriler Kitabı Cilt II, Poster Bildiriler. 1-3 Eylül 2004. Sayfa: 252-259. Isparta

Devi Priya, M., Siril, E. A. (2014). Traditional and modern use of indian madder (Rubia cordifolia L.): an overview. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*25(1): 154-164.

Ercivan, G.B. (2018). Mavi Boya İndigo Bitkisinin Tarihsel Serüveni. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 11: (60) http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2018.2804

Erdem İşmal, Ö. (2011). Boyarmadde Endüstrisinin Öncüsü: bir bilim adamı ve entelektüel olarak Sir WILLIAM HENRY PERKIN. 7 (6): 23-30. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/203712

Feng, Y., Shao, Y., Chen, F. (2012). Monascus pigments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96 (6):1421-1440. https://doi.org/10.1007/s00253-012-4504-3

Filik, G., Tekin, O., Filik, A., Çetinkaya, O., Doğan, Z., Çayan, H., Coşkun, İ., Şahin, A. (2018). Yolk Color Parameters In Eggs Of Atak-S Parents. *Uluslararası Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1 (1): 45-48. http://dergipark.gov.tr/ijans/issue/41478/501245

Garrido, A., García, P., Brenes, M., Romero, C. (1995). Iron content and colour of ripe olives. *Food/Nahrung*, 39(1): 67-76. https://doi.org/10.1002/food.19950390109

Geetha, B., Sumathy, V. J. H. (2013). Extraction of natural dyes from plants. *International Journal of Chemistry and Pharmaceutical Sciences* 1(8): 502-509.

Gıdaraporu. (2021). Gıda Maddelerinde Kullanılan Renklendiriciler. http://www.gidaraporu.com/gida-maddelerinde-kullanilan-renklendiriciler_g.htm

Guiry, M. D. (2007). Rhodophyta: red algae. National University of Ireland, Galway. Archived from the original on 2007-05-04. https://web.archive.org/web/20070504155119/http://www.seaweed.ie/algae/rhodophyta.lasso (Retrieved 2007-06-28).

Gül, Ü. D. (2020). Biyoteknolojik Tekniklerle Mikrobiyal Vitamin Üretimi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*3 (2): 227-240.

ISO (1992). Standard 5492: terms relating to sensory analysis. International Organization for Standardization.

Karadağ, R. (1997). Türk halı kilim ve kumaşlarında kullanılan doğal boyarmaddeler. *Ariş Dokuma ve işleme Sanatları Dergisi*, *Atatürk Kültür Merkezi Yayınları*1(2):38-51.
https://doi.org/10.34242/akmbaris.2019.92

Kızıl, S. Kayabaşı, N. (2005). Muhabbet çiçeğinin (Reseda lutea L.) boyama özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 18(2): 195-200. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/18197

Küçüköner, E. (2020). Koşineal (Karmin) ve Şellak Üretimi ve Helallik Açısından Değerlendirme. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi* 2 (1):39-49.

Mapari, S. A., Nielsen, K. F., Larsen, T. O., Frisvad, J. C., Meyer, A. S., Thrane, U. (2005). Exploring fungal biodiversity for the production of water-soluble pigments as potential natural food colorants. *Current Opinion in Biotechnology* 16(2): 231-238.

Masithah E. D. (2020). Cyanophyta, killer organism and pioneer of life. UNIAR News. http://news.unair.ac.id/en/2020/02/25/cyanophyta-killing-antagonism-and-pioneer-of-

life/#:~:text=Cyanophyta%20is%20a%20type%20of,also%20referred%20to%20as%20Cyanobacteria (25.02.2020).

Miranda-Bermudez, E., Belai, N., Harp, B. P., Yakes, B. J., Barrows, J. N. (2012). Qualitative determination of carbon black in food products. *Food Additives & Contaminants: Part A* 29(1): 38-42. https://doi.org/10.1080/19440049.2011.616535

Öztürk, M., Uysal, I., Gucel, S., Altundag, E., Dogan, Y. Baslar, S. (2013), "Medicinal Uses of Natural Dye-Yielding Plants in Turkey", *Research Journal of Textile and Apparel*, 17 (2): 69-80. https://doi.org/10.1108/RJTA-17-02-2013-B010

Panjiar, N., Mishra, S., Yadav, A. N., Verma, P. (2017). Functional foods from cyanobacteria: an emerging source for functional food products of pharmaceutical importance. *Microbial functional foods and nutraceuticals*, 21-37. https://doi.org/10.1002/9781119048961.ch2

Prabhu, K. H., Bhute, A. S. (2012). Plant based natural dyes and mordants: A Review. *Journal of Natural Product and Plant Resources* 2(6): 649-664.

Rodiah, M. H., Nur Asma Fhadhila, Z., Kawasaki, N., Noor Asiah, H., Aziah, M. Y. (2018). Antioxidant Activity of Natural Pigment from Husk of Coconut. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 41(1).

Seacolors (2021). Dyes and Colorants from Algae. Seaolors. Erişim http://www.seacolors.eu/images/dyes_and_colourants_from_algae.pdf (Tarihi: 15.05.2021).

Shahid, M., Islam, S. Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production* 53: 310-331.

Shamey, R., Kuehni, R. G. (2020). Munsell, Albert Henry 1858–1918. In Pioneers of Color Science Springer, Cham.

Siva, R. (2007). Status of natural dyes and dye-yielding plants in India. *Current Science* 92, (7)(: 916-925. https://www.jstor.org/stable/24097672

Sowbhagya, H. B., Sampathu, S. R., Krishnamurthy, N. (2004). Natural Colorant from Marigold-Chemistry and Technology. *Food Reviews International* 20(1): 33–50. https://doi.org/10.1081/fri-120028829

Spence, C., Levitan, C., Zampini, M. (2010). Does food color influence taste and flavor perception in humans? *Chemosensory Perception*3: 698-84.

Şanlı, H. S. Çatalkaya Gök, E. (2017). Bitkisel Boyacılıkta Kökboyanın (*Rubia tinctorum* L.) Önemi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*10 (48). Yıl: 2017. https://www.sosyalarastirmalar.com/cilt10/sayi48_pdf/8diger_ sosyalbilimler/sanli_sinem.pdf

Ünver Alçay, A., Bostan, K., Dinçel, E., Varlık, C. (2017). Alglerin insan gıdası olarak kullanımı. *Aydın Gastronomy* 1(1): 47-59.

Weir, A., Westerhoff, P., Fabricius, L., Hristovski, K., & Von Goetz, N. (2012). Titanium dioxide nanoparticles in food and personal care products. *Environmental science & technology* 46(4): 2242-2250. https://doi.org/10.1021/es204168d

BÖLÜM 17

ESANS YAĞLARININ GIDA SANAYİNDE AROMA VERİCİ OLARAK KULLANIMI

Prof. Dr. Elvan OCAK[1]

Doç. Dr. Ayhan BAŞTÜRK[2]

[1] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye. Orcid no: 0000-0003-4565-2435, elvanocak@yyu.edu.tr

[2] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye. Orcid no: 0000-0001-7701-9306, ayhanbasturk@yyu.edu.tr

GİRİŞ

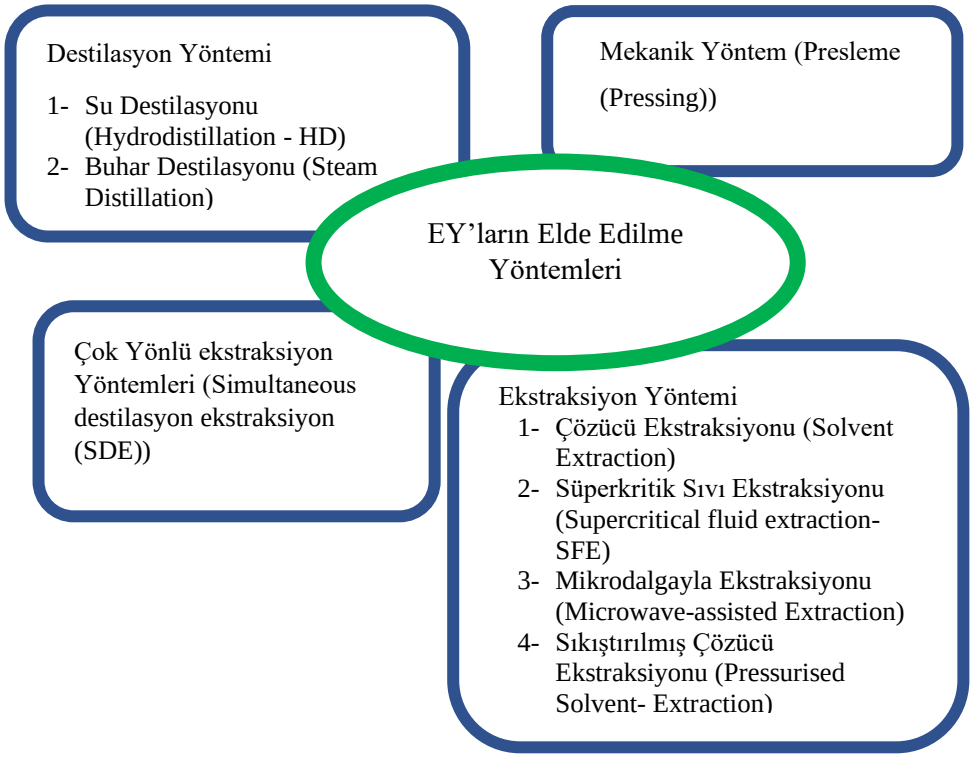
Esans yağlar (EY), uçucu yağlar veya halk arasında eteri yağ, aromatik yağ, esans yağı veya ruh gibi farklı söylemlere sahip olan yağlar, aromatik bitkilerin farklı kısımlarından (kabuk, tohum, çiçek, kabuk, meyve, kök, yaprak) elde edilen ve oda sıcaklığında genellikle sıvı halde bulunan, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkte olan ve elde edildiği bitkiye göre isimlendirilen uçucu sıvılardır (Çelik ve Çelik, 2007; El Sawi ve ark., 2019; Yilmaz ve ark., 2019) Yaklaşık 3000 farklı uçucu yağ tanımlanmıştır. Ancak bunlardan sadece 300'ü ticari amaçla kullanılmaktadır (Rios, 2016). Genel olarak EY'lar, bitkisel kuru maddenin yaklaşık %5'inden daha azı olan toplam bitki kompozisyonunun çok küçük bir kısmına karşılık gelir (Valderrama ve Ruiz, 2018). Genel olarak bitkilerde bulunan EY'lar, toplam kitlenin %0.01 ile %10'u arasında değişir (Giacometti ve ark., 2018). Ancak yaklaşık 20-60 bileşenin oluşturduğu oldukça karmaşık bileşiklerdir. EY'a özelliğini veren de bu bileşenlerden konsantrasyonca yüksek olan iki veya üç ana bileşendir (Yeşilbağ, 2007). Örneğin; karvakrol (%30) ve timol (%27) kekik (*Origanum compactum*) uçucu yağının, linalol (%68) kişniş (*Coriandrum sativum*) yağının, karvon (%58) ve limonen (%37) dere otu tohumu yağının ve mentol (%59) ile menton (%19) da nane (*Mentha piperita*) yağının temel bileşenleridir (Bakkali ve ark., 2008).

Doğal EY'lar, gıda ve aroma endüstrileri tarafından küçük ürünlerin, hızlı yiyeceklerin, dondurmaların, alkollü ve alkolsüz içecekler gibi çeşitli gıda ürünlerinin tatlandırılmasında kullanılır (Kettenring ve

Geeganage, 2010). Aroma maddesi olarak yaygın kullanımlarının yanı sıra, rapor edilen antibakteriyel, antifungal, antiviral, nematisidal, böcek öldürücü ve antioksidan özelliklerinden dolayı beslenme ve tarım alanlarında kullanılmaktadır (Lopez-Reyes ve ark., 2013; Turek ve Stintzing, 2013). Birçok EY, antioksidan (Dandlen ve ark., 2010) ve antimikrobiyal özelliklere (Lang ve Buchbauer, 2011) sahiptir, ancak gıda koruyucusu olarak uygulanmaları için, hedef mikroorganizmaların duyarlılığı, etkisi, antimikrobiyal güçleri, antimikrobiyal özellikleri ve gıda matrisi bileşenleri üzerine etkileri gibi özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Hyldgaard ve ark., 2012). Son yıllarda sentetik katkı maddelerinin potansiyel tehlikeleri nedeniyle tüketicilerin doğal bileşenlere olan talebi doğrultusunda EY'ların gıda, meşrubat, ilaç, sanitasyon, parfümeri, kozmetik ve tarım sektörlerinde kullanımlarında artış görülmektedir. EY'ların çoğu, Birleşik Devletler Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından "GRAS" kategorisinde tutulmakta ve gıda katkı maddeleri olarak onaylanmaktadır (Calo ve ark., 2015; Prakash ve ark., 2015). Kullanım amaçları başta lezzet ve koku pazarına yöneliktir (Burt, 2004).

EY'ların elde edilmesinde hem bitkilerin bazı özellikleri (bitkinin cinsi, kullanılacak olan kısım ve bitkideki uçucu yağ miktarı) hem de yağın kullanım amacı esas alınarak bir yöntem seçilmesi gerekir (Aytemur ve Şahin Yeşilçubuk, 2016; Güçbilmez ve Mecitoğlu, 2014). Çünkü uçucu yağı kalitesi ve veriminde seçilecek olan yöntem hayati bir rol oynar. Bu amaçla birçok geleneksel ve modern

yöntemler kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları Şekil 1'de verilmiştir (Kılıç, 2008).



Şekil 1. EY'ların elde edilme yöntemleri

Geleneksel yöntemlerle (destilasyon ve ekstraksiyon) nicel olarak daha fazla verim elde edilmesine rağmen nitelik olarak çok kaliteli ürün sağlanamamaktadır. Bunun yanı sıra mikrodalga ekstraksiyon ve katı-faz ekstraksiyon yöntemleri de nitel olarak iyi sonuçlar vermekte ancak ekonomik olmamaktadırlar (Bulca, 2014).

EY'lar uzun zamandır yiyecek ve içeceklerde aroma ajanları olarak kullanılmaktadır. Ekspresyon, fermantasyon veya ekstraksiyon ve

buharla damıtma bunları elde etmek için en uygun yöntemlerdir. Bitkilerin yetiştirildiği sıcaklık, toprak koşulları, rakım ve farklı coğrafyalar EY'lar arasındaki varyasyonların ana nedenleridir. Gerçek EY'lar, kısmen suda çözünür, yanıcıdır, uçucudur, alkolde çözünür ve insan vücudu tarafından kolayca emilir. EY'lar genellikle güvenli olarak kabul edilir ve doğal gıda olarak ilgi çekerler. EY'ların 50'den fazla bileşeni vardır; bunların bir ila üçü tüm hacmin % 85-95'ini temsil eden ana bileşenlerdir, diğerleri ise % 1'den daha azını temsil eden küçük bileşenlerdir (Gutierrez ve ark., 2009). Ana grupları terpenler, terpenoidler ve aromatik ve alifatik bileşenlerdir.

1. ESANS YAĞLARIN FİZİKSEL, KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

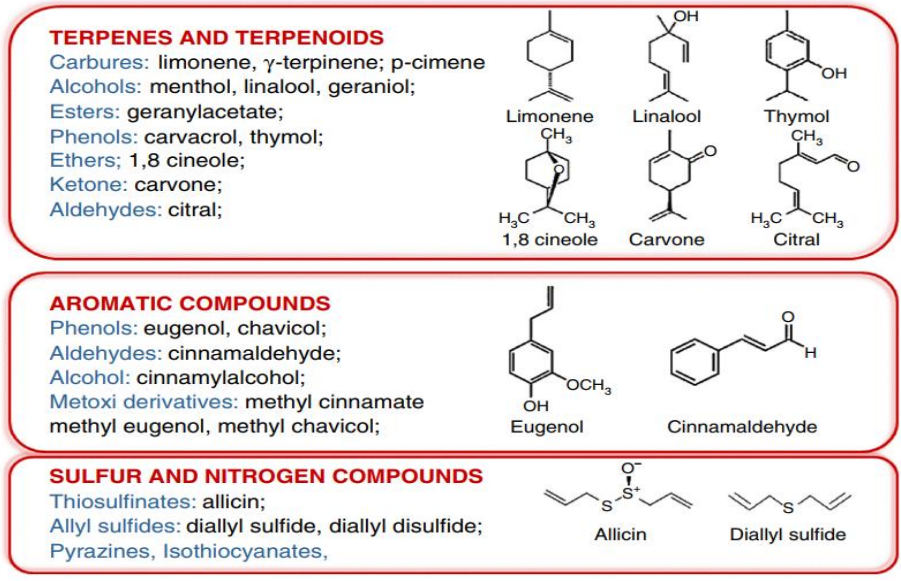
EY'lar, kokuları, kırılma indisleri, optik ve spesifik dönme özelliklerinde büyük farklılıklar gösterir. Su ile karışmazlar ancak eter, alkol ve çoğu organik çözücüde çözünürler. EY'lar, doğal kaynaklarından damıtılabildikleri ve yağ asitlerinin gliseril esterlerinden oluşmadıkları ve sabit yağlarda olduğu gibi alkalinlerle sabunlaştırılamadığı için sabit yağlar değildir. EY'lar hidrokarbonlar, alkoller, ketonlar, aldehitler, eterler, oksitler, esterler ve diğerlerini içerir ve sadece birkaçı yüksek oranda tek bir bileşene sahiptir. EY'lar, kokuları ve lezzetleri için gerekli olan 200'den fazla bileşen içerir. Tek bir bileşenin bile olmaması aromayı değiştirebilir (Noudogbessi ve ark., 2012).

Su ile karışmadıkları için yağ olarak tanımlansalar da sabit yağlardan farklıdırlar (Biçer ve Özkan, 2003). Genellikle sudan hafif olan uçucu yağlar su ile karışmayıp sürüklenebilirler. Kırılma indeksleri genellikle yüksek olup, optikçe aktif özelliktedirler. Filtre kağıdı üzerinde leke bırakmazlar. Işık ve hava ile zamanla oksitlenmelerini ve reçineleşmelerini önlemek adına uzun süreli saklamalar için koyu renkli ağzı kapalı şişelerde muhafaza edilmelidirler. Esans yağların yağ asitleri trigliserit yapısında değildir. Sulu etanolde çözünebilme özelliğine sahip olmaları yine sabit yağlardan farklı olmalarına yol açmaktadır (Ceylan, 1987). Esans yağların içeriğindeki izopren türevleri olan terpenler en önemli maddelerdir. Monoterpenler (C10), seskiterpenler (C15), diterpenler (C20), triterpenler (C30) ve bunların oksijenli türevlerine rastlanır. Aromatikler, esans yağlarda terpenlerden sonraki en önemli bileşiklerdir. Daha yüksek molekül yapısına sahip olanlar reçine, lateks gibi formlarda çeşitli bitkilerde görülmektedir (Başer ve ark., 2005).

EY'ların kimyasal bileşenleri mono-terpenler ve diterpenler için metil-eritritol yolu, seskiterpenler için mevalonat yolu ve fenilpropanoidler için shikimik asit yolu olmak üzere üç farklı biyosentetik yolla üretilir (Asbahani ve ark., 2015; Franz ve Novak, 2010). Tek bir EY tipi, çeşitli oranlarda (% 1-70) 100'den fazla farklı bileşen içerebilir. Bununla birlikte, EY'larda bulunan kimyasal bileşikler için sistematik bir kimyasal isimlendirme mevcut değildir. Bilimsel isimleri, özelliklerine veya önemli kaynaklarına (örneğin, terpenler, limonen, pinen, timol) dayanmaktadır. Genel olarak, EY'ların kimyasal

bileşenleri terpenler, fenilpropanoidler veya kükürt içeren veya azot içeren bileşikler olarak sınıflandırılır (Bakkali ve ark., 2008; Burt, 2004; Carson ve ark., 2011; Schmidt, 2010). Bu gruplar, alkoller, esterler, fenoller, ketonlar, laktonlar, aldehitler ve oksitler gibi farklı sınıflardan siklik ve asiklik bileşikler içerir (Şekil 2).

Ek olarak, EY bileşimi, çıkarılan bitkinin türüne ve alt türüne, bu bitkinin coğrafi konumuna, hasat zamanına, ekstraksiyon tekniklerine ve işleme yöntemlerine bağlıdır. Terpen bakımından zengin EY'lar *Apiaceae*, *Asteraceae* ve *Lamiaceae* familyalarından, fenilpropanoid bakımından zengin EY'lar *Apiaceae (Umbelliferae), Lamiaceae, Myrtaceae, Piperaceae* ve *Rutaceae* familyalarından ve sülfür-nitrojen bakımından zengin EY'lar *Alliaceae*, *Rutaceae* ve *Brassicaceae* gibi bitki familyalarından elde edilir (Carson ve ark., 2011).



Şekil 2. Esans yağlardaki ana kimyasal bileşikler (Dima ve Dima, 2015)

2. ESANS YAĞLARIN AROMAYA GÖRE SINIFLANDIRMASI

Esans Yağlar (EY), yağın aromasına/kokusuna göre de sınıflandırılabilir (Herman ve ark., 2019). Yağların bu sınıflandırması, narenciye, otsu, tıbbi/kamphor, çiçeksi, reçineli yağlar ve odunsu, topraksı, naneli ve baharatlı yağlar olarak kategorize edilebilir (Weyerstahl ve ark., 1993).

1. **Narenciye Yağları (Citrus Oils):** Farklı bir narenciye aromasına sahip uçucu yağlar bu kategoriye girer. Narenciye yağı üreten bitkilerden bazıları bergamot, greyfurt, limon, misket limonu, portakal ve mandalinadır (Weyerstahl ve ark.,1993).
2. **Otsu Yağlar (Herbaceous Oils):** Bu yağlar, fesleğen, papatya, melisa, adaçayı, çördük, mercanköşk, nane ve biberiye gibi bitkilerden elde edilebilir (Yepez ve ark., 2002).
3. **Kamforlu Yağlar (Camphoraceous Oils):** Bunlar, iyileştirici özelliğe sahip uçucu yağlardır. Bu uçucu yağlardan bazıları, meyvemsi kurutulmuş erik benzeri bir arka plana sahip olan cajeput, çay ağacı, borneol benzeri, topraksı, pelin benzeri ve biberiye benzeri ve meyvemsi aroma özelliği gösterirler (Weyerstahl ve ark., 1993).
4. **Çiçek Yağları (Floral Oils):** Çiçek kısımlarında oluşan veya bitkilerin çiçek özünü taşıyan yağlar bu gruba girer. Sardunya, yasemin, lavanta, gül, neroli, papatya, ylang-ylang vb. bu

yağları üreten bitkilerden bazılarıdır (Bowden ve ark., 1998; Nogueira ve ark., 1998; Simpson ve ark., 1990).

5. **Odunsu Yağlar (Woody Oils):** Aromaları odunsu olan veya bitkilerin kabuklarından ve diğer odunsu kısımlarından elde edilen uçucu yağlar. Sedir ağacı, tarçın, selvi, ardıç, çam ve sandal ağacı vb. bu tür yağları üretir (Junming ve ark., 2010).
6. **Toprağımsı Yağlar (Earthy Oils):** Belirgin bir toprak aroması olan veya bitkilerin köklerinden ve diğer toprak kısımlarından elde edilen uçucu yağlar. Angelica, patchouli, vetiver ve valerian bu yağlardan bazılarını üretir (Jirovetz ve ark., 2002; Priestap ve ark., 1990).
7. **Baharatlı Yağlar (Spicy Oils):** Kekik, karanfil, anason, karabiber, kakule, tarçın, kişniş, kimyon, zencefil ve muskat gibi baharatlardan veya baharatlı bitkilerden elde edilen yağlar (López-Cortés ve ark., 2013; Maurya ve ark., 2013).

3. ESANS YAĞLARIN GIDA ORGANOLEPTİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tatlar ve kokular, sırasıyla tat ve aroma tepkilerine yol açan ağız ve burundaki tat alma ve koku alma reseptörleri üzerinde doğrudan etki eder. Bu reseptörlerin satürasyonu hayvanlarda çok düşük seviyelerde gerçekleşir. Bu nedenle, birkaç istisna dışında, tatların ve kokuların etkileri kendi kendini sınırlar. İnsan diyetinin evrimi, bu reseptörlerin işlevine sıkı sıkıya bağlıdır. Tat ve aroma sadece ne yediğimizi belirlemekle kalmaz, aynı zamanda çoğu zaman gıdanın kalitesini

değerlendirmemize ve bazı durumlarda istenmeyen kirleticileri belirlememize izin verir (Cohen ve ark., 2018).

Gıdaların seçimi ve kabul edilebilirliğinde organoleptik özelliklerden biri olan aroma önemli bir kalite kriteridir (Kesen ve Selli, 2016; Uçkun ve Selli, 2012). Aroma, burun boşluğundaki koku alma duyusuna (olfaktör reseptörlerine) ulaşarak algılanan uçucu bileşiklerdir (Genovese ve ark., 2015; Yaparel ve Elmacı, 2016). Aroma maddeleri, yüzlerce bileşikten oluşmakta ve miktarları µg/kg'dan ng/kg seviyelerine kadar değişebilmektedir (Güneşer ve Yüceer, 2010; Maarse, 1991). Bu bileşikler; terpenler, alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler, laktonlar, azotlu ve kükürtlü bileşikler, uçucu fenoller ve uçucu asitler şeklinde gruplandırılabilmektedir (Ben Brahim ve ark., 2018).

Bazı bitkilerin saplarından, yapraklarından ve çiçeklerinden ekstrakte edilen EY'lar likörlerin, içeceklerin ve farmasötik hazır ilaçların tatlandırılması için kullanılır. Bitki ve baharatlardan elde edilen birçok EY, gıdalarda katkı maddesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların başlıca işlevi, gıdalara istenen tat ve aromaları vermektir. Gıda koruyucu olarak kullanımları için düzenleyici onaydan önce ek güvenlik ve toksikolojik verilerin elde edilmesi gerekir. EY'lar ve bileşenleri, çok çeşitli yiyecek, içecek ve şekerleme ürünlerinde aroma bileşenleri olarak geniş çapta kullanılmaktadır (Kalantary ve ark., 2014). EY'ların bileşimi ve varlığı, bitkilerin spesifik aromasını ve çeşnilerin lezzetini açıkça belirleyebilir. Bitki ve baharatların EY'ları fonksiyonel gıda olarak da kullanılabilir (Viuda-Martos ve ark., 2011).

Avrupa Komisyonu, tüketicinin sağlığı için herhangi bir risk olmaksızın gıda aromaları olarak kullanılmak üzere carvacrol, carvone, sinnamaldehit, sitral, p-simen, öjenol, limonen, mentol ve timolün EY'ını tescillemiştir.

4. EY'LARIN FARKLI GIDALARDA, AROMA AMAÇLI KULLANIMI

4.1. İçecekler

Gıdalara aroma kazandırmak için kullanılan EY'ların başında turunçgil EY'ları gelmektedir. Portakal, limon ve mandalina kabuk yağları, karakteristik aroma profillerini oluşturan uçucu bileşikleri taşıdıkları için, gıda ve içecek endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Şenocak ve ark., 2019). Özellikle gazlı içeceklerin hazırlanmasında limon kabuğu yağı kullanılmaktadır (Tayfun, 2019).

Turunçgil yağları; terpenik hidrokarbonlar, alkoller, ketonlar, aldehitler, oksijenlenmiş bileşikler ve diğer bileşikleri içeren kompleks bir karışımdır. Turunçgil yağlarındaki önemli bazı bileşikler; α-piren, β-piren, mirisin, limonin, γ-terpiren, valensen, sabinen, neral ve geranialdir. Bir monoterpen olan limonin; lime (yeşile bakan bir çeşit limon) ve diğer turunçgil yağlarının ana bileşiğidir. Turunçgil kabuk yağlarında terpen miktarı daha fazla iken sesquiterpen içeriği daha azdır. Turunçgil kabuk yağlarının bileşiminde yer alan maddeler ve oranları, yağın karakteristik tat ve koku profilini etkilemektedir (Turhan ve ark., 2006).

Okaliptüs EY'larında, türe bağlı olarak, yağdaki ana bileşen, okaliptol olarak da bilinen 1.8-sineol'dür. Avustralya Şarap Araştırma Enstitüsü tarafından şaraplara Okaliptüs EY'nın dahil edilmesine ilişkin 1.8-sineolün kaynağını ve şaraba nasıl girdiğini araştıran ilginç bir senaryo, rapor edilmiştir. Batı Avustralya, Victoria ve Güney Avustralya'da üç bağ üzerinde, üzüm bileşimi ile asmalara yakın yetiştirilen okaliptüs ağaçları arasındaki ilişki ve bunun şarapların karakteri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Okaliptüs ağaçlarının asmalara yakın olmasının şaraplarda 1.8 sineol konsantrasyonunu artırdığı ve şaraptaki "kafur", "taze" ve "naneli" notaları zenginleştirdiği ve bu örneğin, Avustralya EY'larının egzotik ve yeni tatlarının benzersiz bir Avustralya mutfağı yaratmak için diğer gıda uygulamalarında da kullanılabileceği ortaya koymuştur (Capone ve ark., 2012).

Tserennadmid ve ark. (2011), maya bozulmasına duyarlı meyve veya sütte EY'ların kullanılmasının sentetik koruyuculara iyi bir alternatif olabileceğini ve armonik tadın, elma suyunu berraklaştırmak için limon EY eklenerek elde edildiğini ve ayrıca saklama süresini uzattığını bildirmiştir. Bu araştırmacılar, işlenmiş tüm ürünlerde meyve suyu tadının limon EY'dan olumlu yönde etkilendiğini bulmuşlardır. Berrak elma suyunda hoş olmayan bir koku hakimken, bulanık meyve suyunda bu etkinin daha az olduğu bildirilmiştir. Limon EY ile işlenmiş pastörize süt en hoş kokuya sahip olduğu rapor edilmiştir. Başka bir çalışma, limon EY ilavesinin elma suyunun

OLP'sinde bir bozulmaya neden olmadığını ortaya koymuştur (Espina ve ark., 2012).

Meyve suları ile ilgili Tyagi ve ark., (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, karma meyve sularında mentha yağı ve buharının anti-maya aktivitesi incelenmiştir. Sekiz gıdada bozulmaya yol açan mayaya karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC) ve minimum fungisidal konsantrasyonu ölçerek değerlendirilmiştir. Bu araştırmacılar, MIC düzeyinde işlenen meyve sularının renginin, ½ MIC ve ¼ MIC düzeyinde işlenen örneklerden daha uzun süre kabul edilebilir kaldığını bulmuşlardır. Mentha yağı ilavesi, karışık meyve suyunun kokusunu ve rengini istenmeyen şekilde değiştirmemiştir. Özellikle, mentha yağı ile takviye edilmiş karışık meyve suyunun kokusu, işlenmemiş örneklere kıyasla sekiz gün daha uzun süre devam etmiştir. Ayrıca, MIC düzeyinde mentha yağı ile muamele edilen numunelerde renk sabit kalmıştır. ½ MIC seviyesi ile muamele edilmiş numunelerde, meyve suyu kokusu ve rengi 4 güne kadar devam ederken, MIC ile muamele edilmiş numunelerde meyve suyu kokusu ve rengi sadece iki güne kadar devam etmiştir.

Limon otu (*Cymbopogon citratus*) dünya çapında şifalı bir bitki olarak kullanılmıştır. İçeceklerde çok sık kullanılan bir üründür. Egzotik yiyecekler söz konusu olduğunda, aroma verici olarak kullanılmıştır. Limon otunun arzu edilen tadı, neral, sitronelal, linalool, geranial, limonen, 6-metil hept-5-en-3-on, karyofilen ve beta-mirsen gibi uçucu bileşenlerden kaynaklanmaktadır (Laswai ve ark., 2009).

4.2. Et ve Et ürünleri

Hulankova ve ark. (2013), ette kullanıldığında birleşik katkı maddesi olarak kekik esans yağı (OEO) ve kaprilik asidin (CA) etkisini kanıtlamıştır. Bu araştırmacılar, CA ile muamele edilen numunelerin saklama süresi boyunca en düşük özellik puanlarını gösterdiğini ve kabul edilemez olarak değerlendirildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, OEO ile işleme tabi tutulan numuneler, kontrol grubundan daha iyi skorlar göstermiş ve depolamanın altıncı gününe kadar nötr noktanın (skor 5) üzerinde kalmıştır. Uçucu OEO ile muamele edilmiş pişmiş örneklerin kokusu daha belirgin olduğu, ancak yine de kabul edilebilir olarak değerlendirildiğini bildirmişlerdir. Genel olarak kabul edilebilirlik açısından OEO ve CA karışımları ile muamele edilen numuneler istatistiksel olarak farklı göstermemiş (P=0.91 ve P=0.97), koku açısından daha iyi skorlar elde edilirken, CA ile muamele edilen numuneler daha kötü renk özellikleri gösterdiğinden daha kötü görünüm (renk) ile ağır basmıştır. Son olarak, kekik yağı ilavesi, depolanmış kıyılmış sığır etinin lezzetini, kokusunu ve rengini iyileştirmiş ve pişirildikten sonra neredeyse saptanamaz hale gelmiştir (Hulankova ve ark., 2013).

Birçok bağımsız EY bileşeni, gıda aromaları için uygundur ve gıdalara belirli bir tat verir. Karvakrol'ün balıklarda "sıcak ve keskin" bir aroma ürettiği bildirilmiştir (Roller ve Seedhar, 2002).

Chouliara ve ark. (2007), 4 °C'de saklanan taze tavuk göğsü etinin raf ömrü ve duyusal özellikleri üzerine kekik esans yağı ve paketleme

yönteminin etkisini araştırmışlardır. Yazarlar, işlenmiş etin renginin kekik yağından açıkça etkilenmediğini, ancak kekik yağının %1.0 konsantrasyonda eklenmesinin ürüne çok güçlü bir tat verdiğini bulmuşlardır. EY'ın seçimi ve belirli bir gıdadaki konsantrasyonu önemlidir çünkü küçük bir miktar duyusal değişikliklere neden olabilir. EY'ların güçlü aroması, gıdanın OLP'sini etkileyebilir ancak EY'ların birbirleriyle veya diğer engelleme teknikleriyle sinerjik kombinasyonları bu etkiyi azaltabilir (Krisch ve ark., 2011).

4.3. Süt ve Süt Ürünleri

EY'lar, süt aromasını birkaç farklı yolla iyileştirmek için kullanılabilir. Çoğu insan, esans yağların günlük öğünlerine getirebileceği sağlık yararlarından ve tat iyileştirmelerinden habersizdir. Bu esans yağları 100 yıldır kullandıktan sonra Amerikan yiyecek ve içecek endüstrisi tarafından harika sonuçlar elde edilmiştir. EY'lar, uçucu bileşenleri nedeniyle aroma maddesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tarçından elde edilen EY'ların, sütlü çikolatanın işlevsel özelliklerini ve lezzet özelliklerini iyileştirmede yararlı olduğu bildirilmiştir (Ilmi ve ark., 2017; Muhammad ve ark., 2020).

EY'ın peynirin duyusal özellikleri üzerindeki etkisi hakkında Tornambé ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, peynirin duyusal özelliklerinin daha düşük EY konsantrasyonlarından (0.1 µl/L) etkilenmediği, bununla birlikte, 3.0 µl / L peynirlerde, "nane/klorofil" (“mint/chlorophyll”) ve "kekik/kekik" (“thyme/oregano”) olarak işaretlenmiş güçlü koku ve aroma

sergilendiği bildirilmiştir. EY'ın süte 1.0 µl/L konsantrasyonda eklenmesi, duyusal özelliklerini değiştirmiştir. Daha yüksek konsantrasyonda EY (1.0 µl/L) içeren sütün daha tatlı, nane kokulu ve daha güçlü bir tada sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Olağandışı tatların EY ilavesiyle bağlantılı olduğu, bu nedenle, EY ilavesine bağlı aroma algısı için eşik konsantrasyonun 0.1 ile 1.0 µl/L arasında olduğu bildirilmiştir. Bu tür alışılmadık koku karakterleri, eklenen EY nedeniyle ortaya çıkar. Peynirden elde edilen toplam 152 bileşik rapor edilmiştir, bunlardan 41'inin EY ile eklendiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, eklenenler dışındaki peynirlerden elde edilen bazı uçucu kompozitler, EY ilavesinden etkilenmiştir.

El-Kholy ve ark. (2017), kimyon, biberiye ve kekikten esans yağlarının ultra filtrelenmiş yumuşak peynirin fizikokimyasal, mikrobiyal, reolojik ve duyusal özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar peynirde *E. coli, Salmonella typhi* (*S. typhi*), *S. aureus*, *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*), *B. cereus* ve *Aspergillus niger* (*A. niger*) büyümesini engellediğini ve dolayısıyla antimikrobiyal olarak etkili olduğunu göstermiştir. Kimyon esans yağı duyusal özellikleri artırmış; kekik esans yağlarının antioksidan etkileri olduğu kanıtlanmıştır.

Azizkhani ve Parsaeimehr (2018), fesleğen, zatarya, nane gibi bitki esans yağlarının probiyotik yoğurtta antioksidan aktivite etkinliği, probiyotiklerin canlılığı, probiyotik-yoğurdun organoleptik kabul edilebilirliğini araştırmışlardır. Aromatik yönden naneli yoğurdun en yüksek puanı, ardından fesleğen ve kontrol yoğurdunun sergilediği,

zataria içeren yoğurdun ise tüketici kabul sınırına (puan> 5) ulaşamadığı görülmüştür.

Ghalem ve Zouaoui (2013), Biberiye bitkisinden (*Rosmarinus officinalis* oil) elde edilen esans yağ ile farklı konsantrasyonlarda (0.14, 0.21, 0.29 ve 0.36 g/L) desteklenen sütün organoleptik niteliklerini, mikrobiyal ve fizikokimyasal etkinliğini değerlendirmişlerdir. Panelistler, yoğurt örnekleri arasında 0.14 g/L uçucu yağ içeren iki yoğurt çeşidine en yüksek lezzet, tat ve doku puanı vermiştir. Elde edilen bulgulara dayanarak, *R. officinalis* esans yağı ilavesinin yoğurdun kalitesini arttırdığını rapor etmişlerdir.

Ehsani (2016) tarafından yapılan çalışmada *Echinophora platyloba* esans yağı (EEO) ve likopen kullanılarak pastörize kremanın raf ömrü araştırılmıştır. EEO % 0.10 ve % 0.50, likopen ise 20 ve 50 ppm konsantrasyonda kullanılmıştır. Duyusal çalışmaların değerlendirilmesi, kullanılan tüm uygulamaların olumlu kabul edilebilirliğe sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, kremlerdeki en iyi duyusal özelliklerin daha düşük konsantrasyonda EEO ve likopen kombinasyonu olduğunu bulmuşlardır. Çalışmanın sonucu, doğal bir koruyucu olarak krema ve tereyağı gibi yağ açısından zengin süt ürünlerinde EEO ve likopen kombinasyonlarının kullanılabile-ceğini ortaya koymuştur.

Ozkan vd. (2007), *S. cilicica*'dan elde edilen esans yağın tereyağında hoş bir koku sağlamadaki rolünü ve doğal bir antioksidan olarak kullanımını açıklamışlardır.

Quark peynirlerine aromatik bitkisel yağlar ilave edilerek yapılan bir çalışmada (Korkmaz, 2011), tüm örneklerin duyusal değerlendirmede kontrol örneğine göre daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. En iyi sonuç, nane yağı ilave edilen örnekte tespit edilmiştir. Örneklerin lezzet açısından değerlendirilmesinde de nane yağı ve vanilya yağı ile üretilen quark peynirler en yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Quark peynirinde hissedilen yavan tadı vanilya yağı tamamlayarak, hoş bir lezzet oluşturmuştur. Ayrıca yabancı aromaları da baskılamıştır. Portakal kabuğu ve kekik yağı kullanılan örnekler de kontrole göre yüksek bulunmuştur. Ancak bu ürünlerde meydana gelen baskın tatlar, metalik tat ve acılık problemine sebep olmuştur. En düşük sonuç Biberiye yağlı örnekte gözlenmiştir. Acımsı ve doğal olmayan bir tat ve aroma fazlalığı tespit edilmiştir.

4.4. Tahıl ve Tahıl Ürünleri

Okunola ve Okunola (2007), *Piper guineense* tohumları, *Eugenia aromatica* çiçek tomurcukları ve *Monodora Myristica* çekirdeklerinden n-heksanla elde ettikleri EY'ları ve tahıllara ekleyerek depolamışlar ve eğitimli panelistler ile bu EY'ların depolanan tahılların tadı, aroması ve görünümü üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Bu araştırmacılar, 5 mL/kg EY gibi daha düşük bir dozaj oranı ile saklanan pişmiş tahılların panelistler tarafından önemli ölçüde tercih edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Hindistan cevizi baharatlı EY ile işlenmiş pişmiş tahıllar önemli ölçüde kabul görmüş ve tercih edilmiştir.

Lavandin yağı, lavanta yağı, başak lavanta yağı ve saf lavanta doğal gıda aromaları olarak kullanılır. Gıda endüstrisindeki kullanımları arasında unlu mamuller, dondurulmuş süt ürünleri, yumuşak şekerleme, jelatin, puding ve alkolsüz içecekler bulunmaktadır (Lis-Balchin, 2012).

Tarçın yaprağı esans yağının ana bileşeni, tarçının kendine özgü kokusunu ve lezzetini sağlayan sinnamaldehit'tir. Tarçınlı EY'lar fırıncılık ürünlerinde ve domates salçasında güçlü bir tat verir (Kalantary ve ark., 2014).

Keklere farklı konsantrasyonlarda eklendiğinde, *Zataria multiflora* ve *Cinnamon zeylanicum* EY'ların BHT (butilat hidroksianisole)'e kıyasla oksidasyon oranını önlediği ve oksidasyon ürünlerini azalttığı bulunmuştur. Bu EY'ları içeren kekin önemli besleyici ve işlevsel avantajlara sahip olduğu bulunmuştur. İşlem gören numuneler arasında renk ve doku özelliklerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Son olarak, sonuçlar üretilen keklerin tamamen panelistler tarafından kabul edildiğini göstermiştir (Kordsardouei ve ark., 2012).

Kek, bisküvi ve diğer hamur işlerinde hoş kokusu ve aroması nedeniyle adaçayı yağı da başarıyla kullanılabilmektedir (Altindal ve Altindal, 2016).

4.5. Meyve-Sebze ve Ürünleri

Ağırlıkça %1-3 oranında zeytin yapraklarının eklenmesi, elde edilen zeytinyağının kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek için özütlemeden önce olgun zeytinlere eklendiğinde, zeytinyağının organoleptik kalitesini iyileştirmiştir. Trans-2-heksenal aldehit içeriğinde bir artış meydana gelmiş ve "taze kesilmiş çimen" gibi hoş bir tat vermiştir (Di Giovacchino ve ark., 1996).

Taze kivi meyvesi ve bal özü kavunun küçük miktarlarda veya sinnamik asit ile muamele edildiğinde, OLP'sini değiştirmeden bozulmayı geciktirdiği bulunmuştur (Roller ve Seedhar, 2002).

Gutierrez ve ark. (2008) marulu kekikle 250 ppm'de işledikten sonra, bunun duyusal bir panel için kabul edilebilir olduğunu ve bu marul ile klorlu suyla yıkanan arasında hiçbir fark olmadığını bulmuşlardır. Wang ve ark. (2007) çilekleri öjenol, timol ve mentol ile işlemiş ve bu EY'ların meyve bozulmasını geciktirdiğini ve işlenmemiş meyvelerden daha yüksek seviyelerde fenolik, şeker, organik asit, flavonoid, antosiyanin ve oksijen radikali emme kapasitesi ile daha iyi meyve kalitesi sağladığını bulmuştur.

Gao ve ark. (2014) karanfil, sinnamaldehit ve kekik EY'ları ile fümige edilmiş düğme mantarlarını (*Agaricus bisporus*) 16 gün boyunca depolamışlardır. Saklama süresinin sonunda, sinnamaldehit ile fümigasyon yapılan mantarların hafifçe kahverengileştiğini, ancak aynı zamanda ticari değeri ve yenilebilirliği olduğunu bildirmişlerdir. Bu doğal bileşiklerin bu konudaki rolüne dair bir kanıt yoktur, ancak

bu EY'lar için bildirilen iyi bilinen antioksidan aktivite, saklama süresi boyunca mantarların kararması ve büzülme aktivitesinden sorumlu kahverengileşmiş polimerlerin oluşumunu ve dehidrasyonu azaltabileceğini ve böylece, EY'lar kullanılarak düğme mantarların fümigasyon kalitesinin arttırılabileceğini rapor etmişlerdir.

EY'lar içerisinde kullanımı yaygın olan bir diğer yağ bergamot yağıdır. Bu yağın önemli lezzet özelliklerine sahip ana bileşenleri linalol ve linalil asetattır. Her ikisi de lavanta aroması verirler. Linalil asetat tatlı, meyveli, armut benzeri bir lezzet verir. Soğuk preslenmiş yağın tatlılarda ve reçellerde çeşitli kullanımları vardır (Tayfun, 2019).

4.6. Diğer Gıdalar

Tatlı fesleğen, salatalar, pizzalar, etler ve çorbalar gibi yiyeceklere ayırt edici bir aroma ve tat katmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Viuda-Martos ve ark., 2011). Yenibaharın meyve ve yaprak EY'ları, et ürünleri ve şekerlemelerde aroma maddesi olarak kullanılır. Gıda ürünlerinde izin verilen maksimum meyve yağı seviyesi yaklaşık % 0.025'tir (Krishnamoorthy ve Rema, 2004)

Ajowan tohumundan elde edilen EY'lar, timol, stearopten, kümen ve terpen-"timen" varlığından dolayı tipik bir lezzet sağlamaktan sorumludur. Bu bileşenler, işlenmiş gıdalarda, atıştırmalıklarda, soslarda ve çeşitli sebzelerde kullanıldığında gıda ürünlerine sıcak, aromatik ve hoş bir tat verir (Malhotra, 2006).

EY buharlarının kullanımı, gıda ile EY arasında doğrudan temasın neden olduğu organoleptik etkiyle mücadele etmenin potansiyel bir yolu olabilir. Lahana yaprağı, 24 saat boyunca limon, tatlı portakal ve bergamot EY buharlarına maruz kaldığında belirgin fiziksel değişiklikler göstermiştir. Buharlar, yiyeceğin OLP'sini etkileyerek gıda matrisine emilmiştir (Fisher ve Phillips, 2006).

Kızarmış, tuzlanmış yer fıstığına *aguaribay* ve *cedron* uçucu yağların eklenmesi, duyusal profili ve tüketicinin kabulünü etkilediği gibi, lipid oksidasyonuna karşı koruyucu etki göstermiştir (Olmedo ve ark., 2012).

Konsantre formdaki esans yağlar, iyi bir aroma kaynağı ve sağlığı geliştiren bileşiklerdir. Yemeklere hem lezzet hem de sağlık katarlar. Portakal, nane, zencefil veya gül yağı gibi farklı esans yağlar eklenerek tek bir çikolata aroması oluşturulabilir (Worwood, 2016).

EY'ların en sevilenlerinden biri olan bergamot yağı meyveli tatlılar, helva ve bazı Orta Doğu ve Uzak Doğu yemeklerinde de başarıyla kullanılmaktadır (Tayfun, 2019).

Başlıca uçucu yağlar, özellikleri ve kullanıldığı gıdalar Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablo içerikleri Food flavorings 1. Bölüm (Wright, 1999), Gıda Aromaları (Bayrak, 2006) kitaplarından ve Fema Gras Web sayfasından (Anonim, 2021) derlenmiştir.

Tablo 1. Başlıca uçucu yağlar, özellikleri ve kullanıldığı gıdalar

Uçucu Yağ ve bitkide/bitki organelinde bulunma oranı	**Başlıca Bileşenleri ve Aroma tanımları**	**Gıda Endüstrisinde Kullanıldığı gıdalar**
Anason Tohumu Yağı (*Pimpinella anisum*) %2.5 (tohum)	%95 trans-anethole (kuvvetli, tatlı, anason) %2 metil chavicol (güçlü, tatlı, tarhun)	Anason tohumu yağı alkollü içeceklerde, baharat ve şekerleme uygulamalarında ve az miktarda doğal meyve aromalarında kullanılmaktadır. Anason tohumu yağının aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama bulunmamaktadır. Fema Gras (2094) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Acıbadem yağı (*Prunus amygdalus*) %0.6 oranında yağ içerir.	%97.5 benzaldehit (acı badem) %2 hidrojen siyanür (acı badem)	Hidrojen siyanür oldukça zehirlidir ve yağ aromalarda kullanılmadan önce kimyasal olarak uzaklaştırılır. Bu yağ en çok doğal aroma maddelerine acıbadem veya kiraz tadı kazandırmada kullanılır (Bayrak, 2006). Acı badem yağının aromalarda kullanılmasına yasal bir sınır getirilmemiştir. Acıbadem yağı Fema Gras (2046) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Bergamot yağı (*Citrus aurantium*) %0.5 (kabuk)	%35 linalil asetat (meyveli, çiçeksi, lavanta) %30 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %15 linalol (hafif, lavanta) %7 beta-pinen (hafif, çam) %6 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %2 geranial (limon) %2 neral (limon) %1 geraniol (tatlı, çiçek, gül) %0.4 neril asetat (meyveli, çiçeksi, gül) %0.2 geranil asetat (meyveli, çiçeksi, gül) %0.2 bergapten (çok zayıf koku)	Bu yağın kullanıldığı en önemli alan çaylardır. Early Gray çayının ana bileşenidir. Bergamut yağı ayrıca turunçgil bazlı alkolsüz içeceklerde ve özellikle kayısı aromatizasyonunda kullanılır. Fema Gras (2153)ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır

Acı Portakal Yağı (*Citrus auranthium)* ***%0.4***	%93 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %0.2 dekanal (kuvvetli, mumsu, kabuk) %0.2 linalol (hafif, lavanta)	Tonik içecek aromalarında yaygın olarak kullanılır ve ayrıca çok çeşitli diğer doğal aromalarda, özellikle kayısıda küçük miktarlarda kullanılabilir. Acı portakal yağının tatlandırıcılarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2823) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Frenk üzümü Tomurcuk konkreti (*Ribes nigrum***) %3 (konkret), konkretin %13'ü yağ**	%14 delta-3-carene (otsu, tıbbi) %10 karyofillen (baharatlı, odunsu) %4 terpinen-4-ol (kuvvetli, otsu, hindistan cevizi) %0.2 4-metoksi-2-metil-2-merkaptobutanon (çok güçlü, kedi, frenk üzümü)	Doğal frenk üzümü aromalarında yaygın olarak kullanılır, ancak aynı zamanda greyfurt ve şeftali gibi kedimsi notalara sahip diğer doğal meyve aromalarında da benzersiz şekilde faydalıdır. Frenk üzümü tomurcuklarının aromalarda mutlak kullanımı konusunda herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2346) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Kakule yağı (*Cardamom Oil)* *(Elettaria cardamomum) %6 (tohum)*	%37 terpinil asetat (meyvemsi, otsu, turunçgil) %34 1,8-sineole (taze, okaliptüs)	Orijinal yağ, baharat karışımlarında ve düşük seviyelerde çay aromalarında çok kullanılır. Kakule yağının aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2241) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Çin tarçını yağı (*Cinnamonum cassia)* **%3**	%85 sinnamaldehit (baharatsı, sıcak, tarçın) %11 o-metoksi sinnamaldehit (küfsü, baharatsı) %6 sinnamil asetat (tatlı, balsamik) %1 benzaldehit (acıbadem) %0.4 etil sinnamat (balsamik, meyvemsi) %0.2 salisilaldehit (keskin, fenolik) %0.2 kumarin (tatlı, saman)	Aroma endüstrisinde, yağ kendi başına benzersiz bir katkı sağlar. Kolalı içeceklerin geleneksel lezzetinin önemli bir parçasıdır. Ayrıca şekerlemelerde, bazen kırmızı biber oleoresin ile birlikte kullanılır. Çin tarçını yağının diğer doğal aromalarda kullanımı kiraz, vanilya ve bazı fındık aromalarıyla sınırlıdır. Aromalarda sinameki yağının kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2258) ve Avrupa Konseyi listesindedir.

Tarçın yağı ***(cinnamomum zeylanicum)*** %1 (yaprak, %0.5 (kabuk)	**Tarçın Yaprak yağı:** %80 öjenol (kuvvetli, sıcak, karanfil) %6 karyofillen (baharatsı, odunumsu) %3 sinnamaldehit (baharatsı, sıcak, tarçın) %2 izo-öjenol (tatlı, karanfil) %2 linalol (hafif, lavanta) %2 sinnamil asetat (tatlı, balsamik) **Tarçın kabuğu yağı** %76 sinnamaldehit (baharatsı, sıcak, tarçın) %5 sinnamil asetat (tatlı, balsamik) %4 öjenol (kuvvetli, sıcak, karanfil) %3 karyofillen (baharatsı, odunumsu) %2 linalol (hafif, lavanta) %0.7 alfa-terpineol (tatlı, çiçeksi, leylak) %0.7 kumarin (tatlı, otsu) %0.6 1,8-sineol (taze, okaliptüs) %0.4 terpinen-4-ol (kuvvetli, otsu, hindistan cevizimsi)	Öjenol yaprak yağının başlıca koku bileşenidir. Tarçın yaprak yağı, karanfil yağına benzediği için baharatlarda bunun yerine kullanılır. Tarçın kabuk yağı, yüksek kalitede baharat karışımlarında ve çok az da doğal aromalarda kullanılır. Her iki yağ Fema GRAS (2292 yaprak) (2291 kabuk) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Karanfil yağı (*Eugenia caryophllata*) %2 (yaprak ve sürgün) %5 (çicek) %15 (genç dal ve tomurcuk)	%81 öjenol (kuvvetli, sıcak, karanfil) %15 karyofillen (baharatsı, odunsu) %2 alfa-humulen (odunsu) %0.5 öjenil asetat (sıcak, baharatsı)	Karanfil yağı baharat karışımlarında kullanılır. Bu yağ,muzun özelliklerinin önemli bir kısmını oluşturduğu gibi, böğürtlenin, kirazın ve tütsü aromalarında hoşa giden temel özelliği verir. Bu yağlar Fema Gras (2323 yaprak) ve (2328 sap) olarak, ayrıca Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Kişniş yağı ***(Coriandrum sativum)*** **%0.9 (tohum) %0.02 (bitki)**	%74 linalol (hafif, lavanta) %6 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %5 kamfor (taze, kamforsu) %3 alfa-pinen (hafif, çam) %2 para-simen (hafif, turunçgil) %2 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %2 geranil asetat (meyvemsi, çiçeksi, gül) Kişniş yaprağı yağının ana bileşeni %10 dec-2-enal (kuvvetli,	Bu yağın aromatik uygulamalardaki kullanımı çok geniştir, örneğin alkollü içkilerin bir kısmının geleneksel aromasının oluşturulmasında, özellikle cin içkisinde kullanılır. Tohum yağı, et ürünleri baharatı olan köri karmalarında da yaygın bir şekilde kullanılır. Bu yağ, doğal meyve aromalarının, özellikle kaysı aromasının yapısında bulunan linalolün cazip doğal bir kaynağıdır. Kişniş bitki

	portakal marmelatı)	yağı, Güney Asya baharat karmalarında çok kullanıldığı gibi, doğal aroma olarak trunçgil aroması özelliğini de oluşturur. Bu yağ Fema Gras (2334) ve Avrupa konseyi listesinde yer almıştır.
Tarla nanesi yağı *(cornmint) (Mentha arvensis)* %2.5	%35 laevo-mentol (serinletici, hafif, nane) %30 laevo-menton (sert, otsu, nane) %8 iso-menton (sert, otsu, nane) %5 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %3 laevo-mentil asetat (hafif, sedir, nane) %3 piperiton (otsu, nane) %1 oktan-3-ol (bitkisel, yağlı)	Tarla nanesi yağının büyük kısmı geniş bir uygulama alanında, ucuz nane aroması elde etmek için kullanılır. Bazen nane yağı ile karıştırılır. Bu ya daha ucuz olması nedeniyle, karma aromalar içinde en çok kullanılanıdır. Fema Gras (4219) ve Avrupa Konseyi listesinde yer almaktadır. Nane şekeri endüstrisinde 350ppm, gıda endüstrisinde 25 ppm olarak sınırlandırılmıştır.
Kimyon tohumu yağı *(Cuminum cyminum)*	%33 kuminik aldehit (tatlı, baharatsı, kimyon)	Yağın ana kullanımı, özellikle köri olmak üzere baharat karışımlarında ve ayrıca bazı doğal turunçgil ve diğer meyve aromalarındadır. Kimyon tohumu yağının aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2343) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Pelin otu (Davana) yağı *(Artemisia pallens)* %0.4	%40 davanon (tatlı, çiçeksi)	Bu yağın meyvemsi/çileksi özelliği, aroma endüstrisi dışında, yeterince bilinmemektedir. Bu yağ doğal aromalara çileksi nitelik kazandırmak için geniş bir şekilde kullanılır. Özellikle bu yağ ile ahududu aroması sağlanır. Aroma endüstrisinde kullanımına herhangi bir sınır getirilmemiştir. Fema Gras (2359) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almaktadır.
Dereotu yağı *(Anethum graveolens)* %0.7 (tüm bitki), %3.5 (tohum)	%35 dekstro-karvon (sıcak, nanemsi, kimyon) %25 alfa-fellandren (hafif, taze, biberimsi) %25 limonen (zayıf, hafif, turunçgil)	Kullanıldığı en geniş alan baharat karmaları olup, özellikle salamurada (turşuculuk) değerlendirilir. Aroma endüstrisinde kullanımına yasal sınır getirilmemiştir. Fema Gras (2383) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almaktadır.
Ökalüptus yağı	%75 1.8-sineole (taze, okaliptüs)	Ökalüptus yağları genellikle

(Eucalyptus globulus) %1.5 (yaprak)	%10 alfa-pinen (hafif, çam) %2 para-cymenQ (hafif, turunçgil) %2 limonen (hafif, zayıf, turunçgil)	içerdikleri sineol (ökaliptol) oranına göre satılır. Başlıca kullanıldığı alan taze, canlı, hafif derecede tıbbi notlar, özellikle nane, anason ile ilgili aromaları kazandırmak amacıyla hazırlanan karışımlarda kullanılır. Bunun yanında, az miktarda kuş üzümü gibi bazı doğal aromalarda da kullanılır. Aromatizan olarak kullanımı için yasal bir sınır getirilmemiştir. Bu yağ, Fema Gras (2466) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Sarımsak yağı *(Allium sativum)* %0.1	%30 diallil disülfür (kuvvetli, sarımsak) %30 diallil trisülfür (kuvvetli, ağır, sarımsak) %15 diallil sülfür (kuvvetli, taze, sarımsak)	Başlıca kullanım alanı baharat karışımlarıdır. Bununla beraber az miktarda olmak üzere diğer doğal aromalara kükürtsü niteliği kazandırmak amacıyla da kullanılır. Aroma endüstrisinde kullanımına herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Bu yağ Fema Gras (2503) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Sardunya yağı (*Pelargonium graveolens) %0.1yağ, %0.2 konkret*	%32 sitronelol (taze, çiçek, gül) %12 geraniol (tatlı, çiçek, gül) %6 izo-menton (sert, otsu, nane)	Sardunya yağı, Türk Lokumu şekerlemelerinde gül yağına ucuz bir alternatif olarak kullanılabilir, ancak nane aroması yüksek olduğu için sorun olabilir. Ayrıca nane notasının sorun yaratmadığı doğal meyve aromalarında, özellikle frenk üzümünde kullanılabilir. Sardunya yağının aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2508) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Zencefil yağı *(Zingiber officinalis)* %2.0	%35 zingiberen (sıcak, odunsu) %10 AR-kurkumen (odunsu) %10 beta-seskifellandren (odunsu) %8 bisabolen (odunsu, balsamik) %6 kamfen (kafuri, hafif) %3 beta-phellandrene (hafif, taze, bibersi) %2 1.8-sineol (taze, okaliptüs) %0.5 bornil asetat (kafuri, topraksı, meyvemsi) %0.5 linalol (hafif, lavanta) %0.3 geranial (limon) %0.2 neral (limon)	Bu yağ hafif içeceklerde kullanılır. Bu yağ kısmen de, ekmekçilik ve şekerleme endüstrisinde kullanılan baharat karmalarında yer alır. Zencefil yağ, oleoresinlerin sıcak (yakıcı) tat özelliğini vermez. Bu nedenle iki ham materyal bir arada harman yapılır. Zencefil yağı az miktarda olmak üzere (ahududu gibi) doğal aromalarda kullanılır. Fema Gras (2522) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.

	%0.2 nonan-2-one (sert acı, mavi peynir) %0.1 dekanal (kuvvetli, mumsu, kabuk)	
Greyfurt yağı ***(Citrus paradisi)*** %0.4	%90 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %2 mirsen (hafif, olgunlaşmamış mango) %0.5 oktanal (kuvvetli, taze, kabuk) %0.4 dekanal (kuvvetli, mumsu, kabuk) %0.3 linalol (hafif, lavanta) %0.2 notkatone (kuvvetli, kabuk, greyfurt) %0.1 sitronelal (kuvvetli, turunçgil, yeşil) %0.1 neral (limon) %0.1 geranial (limon) %0.02 beta-sinensal (kuvvetli, portakal marmelatı)	Uygulama alanında greyfurt niteliklerini kazandırmak için kullanılır. Daha çok doğal greyfurt aromaları, yağa doğal benzeri ham materyal (sinsi, yeşil, usareli, notlar) ilave etmek suretiyle elde edilebilir. Bu yağın çeşnilerde kullanılmasına yasal bir sınır getirilmemiştir. Bu yağ Fema Gras (2530) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Yasemin konkreti *(Jasminium officinale)* %0.3	%11 benzil asetat (meyvemsi, çiçeksi) %3 linalol (hafif, çiçeksi, lavanta) %1.4 cis-jasmon (bitkisel) %0.9 metil jasmonat (kuvvetli, çiçeksi, yasemin) %0.5 indol (ağır, hayvansal)	Birçok doğal meyve aromalarında, özellikle çilek ve ahududu aromalarında kullanılır. Aromalarda kullanımına sınırlama getirilmemiştir. Fema Gras (2598) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Ardıç Yağı (*Juniperus communis) %1.2*	%34 alfa-pinen (hafif, çam)	Yağın çoğu, kişniş ve diğer yağlarla birlikte cin aromalarının üretiminde kullanılır. Ardıç yağının tatlandırıcılarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2604) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Limonotu *(Lemon Gras)* **Yağı** (Cymbopogon flexuosus ve citratus) %0.5	%40 geranial (limon) %30 neral (limon) %7 geraniol (tatlı, çiçeksi, gül) %4 geranil asetat (meyvemsi, çiçeksi, gül) %2 limonen (hafif, zayıf, turunçgil) %1.4 karyofillen (baharatsı, odunsu) %1.1 6-metil hept-5-en-3-one (keskin, meyvemsi, otsu) %0.9 linalol (hafif, lavanta) %0.5 sitronellal (kuvvetli, turunçgil, yeşil)	Limonotu yağı doğal sitralin ana kaynağıdır. Yağın diğer bileşenleri de kuvvetli karakteristik etkiye sahip olup, bu etki sitrali alınmış limonotu yağında da devam eder. Limonotu sitrali, günümüzde bazı limon aromalarında kullanılmaktadır. Bazı geleneksel limonata aromalarının belirgin niteliklerinin bir bölümü limonotu sitrali ile sağlanmaktadır. Bu özellik, limonotu yağı ve sentetik sitralden çom az bir kısım

		kullanmak suretiyle kazanılabilir.Limonotu yağının kullanılmasına yasal bir engel yoktur. Bu yağ Fema Gras (2624) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Limon yağı *(Citrus limonum)* %0.4	%63 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %12 beta-pinen (hafif, çam) %9 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %1.5 geranial (limon) %1.0 neral (limon) %0.5 neril asetat (meyvemsi, çiçeksi, gül) %0.4 geranil asetat (meyvemsi, çiçeksi, gül) %0.2 sitronellal (kuvvetli, turunçgil, yeşil) %0.2 linalol (hafif, lavanta) %0.1 nonanal olmayan (kuvvetli, kabuk)	Bu yağlar, kendine özgü, oldukça atipik bir kokuya sahiptir. Limon yağlarının geniş bir uygulama alanı vardır. Limon suyu yağları, portakal suyu yağının cazip ve taze niteliklerine sahip olmadığından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmamaktadır.Limon yağı bir çeşit karamela ananas ve muz gibi diğer bazı aromalarda da kullanılır. Limon yağının aromaralda kullanılmasına ilişkin yasal bir engel getirilemiştir. Bu yağ Fema Gras (2625) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Misket Limonu (lime) yağı *(Citrus aurantifolia)* %0.1	%52 limonen (hafif, zayıf, turunçgil) %8 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %7 alfa-terpineol (tatlı, çiçeksi, leylak) %5 terpinolen (taze, çam) %5 para-simen (hafif, turunçgil) %3 1.4-sineol (taze, okaliptüs) %2 1.8-sineol (taze, okaliptüs) %2 beta-pinen (hafif, çam) %1 bisabolen (odunsu, balsamik) %0.7 fenkol (kafuri, topraksı, misket limonu) %0.7 terpinen-4-ol (kuvvetli, otsu, hindistan cevizi) %0.5 borneol (kafuri, topraksı, çam) %0.4 2-vinil-2,6,6-trimetil tetrahidropiran (hafif, misket limonu)	Destilasyonla elde edilen misket limon yağı kolalı içecekler için ana aroma bileşiğidir. Bu yağ aynı zamanda, berrak limonlu, misket limonlu alkolsüz içeceklerde de kullanılır. Soğuk pres misket limon yağının misket limonlu içeceklerde kullanılması çok yenidir. Misket limonu diğer doğal aromalarda nadiren kullanılır. Misket limon yağının doğal aromalarda kullanılmasına yasal bir engel getirilmemiştir. Bu yağ Fema Gras (2631) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almaktadır.
Dağ biberi (*litsea cubeba*) yağı (*Litsea cubeba*)	%41 geranial (limon) %34 neral (limon) %8 limonen (zayıf, hafif, turunçgil)	Bu yağda bakın olarak bulunan sitral (neral ve geranial) kokusu yağın diğer bileşenleri, özellikle metil heptenon ve sironellal

%3.2	%4 6-metil hept-5-en-2-one (keskin, meyvemsi, otsu) %3 mirsen (hafif, ham mango) %2 linalil asetat (meyvemsi, çiçeksi, lavanta) %2 linalol (hafif, lavanta) %1 geraniol (tatlı, çiçeksi, gül) %1 nerol (tatlı, çiçeksi, gül) %0.5 karyofillen (baharatsı, odunsu) %0,5 sitronelal (kuvvetli, turunçgil, yeşil)	tarafından önemli ölçüde değişikliğe uğratılır.Bu yağ, genellikle sitral miktarını%95'in üzerine çıkarmak ve limon kokusunun saflığını geliştirmek amacıyla fraksiyonlarına ayrılır. Litsea cubeba yağından elde edilen sitral iki kez destillenirse limon aromalarında geniş bir şekilde kullanılır.Bu yağın stabilitesi oldukça iyidir, yağ içindekiminör safsızlıklarlimon yağının kendine özgüminör bileşenlerineyansır.L. cubeba yağı, bazı doğal bitkisel aromlarda da, özellikle muz aromasında kullanılır ve Avrupa Konseyi listesinde yer almaktadır.
Küçük Hindistan cevizi yağı (*Myristica fragrans*) %11	%22 sabinen (hafif, biberimsi, otsu) %21 Alfa-pinen (hafif, çam) %12 Beta-pinen (hafif, çam) %10 miristisin (sıcak, odunsu, balsamik) %8 terpinen-4-ol (kuvvetli, otsu) %4 gama-terpinen (hafif, turuçgil, otsu) %3 mirsen (hafif, ham mango) %3 limonen (hafif, zayıf, narenciye) %3 1.8-sineol (taze, ökaliptus) %2 safrol (sıcak, tatlı, sassafras)	Kola aromaları, et ürünleri çeşnileri, fırın ürünleri baharat karmaları, Meyve aromalarında (derinlik ve zenginlik sağlamak için)
Nane (Bahçe nanesi) yağı *(Menta piperita)* %0.4	%50 mentol (serinletici, hafif, nane), %20 menton (keskin, sert, otsu, nane) %7 mentil asetat (hafif, çedar, nane) %5 1.8-sineol (taze, ökaliptus) %4 mentofuran (tatlı, kuru ot, nane) %3 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %3 iso-menton (keskin, otsu, nane) %0.4 oktan-3-ol (otsu, yağlı) %0.1 oct-1-en-3-ol (ham, yemeklik mantar) %0.03 nane laktonu (kremsi, tatlı, nane)	Geniş bir ürün yelpazesine nane yağı aroması vermek için kullanılır. Bu yağ tarla nanesi yağı ile, birçok yaygın kullanılan aromlarla, okaliptüs yağı ile, metil salisilat ve anetol ile harman yapılır. Az miktarda doğal meyve aromalarının tağşiş etmekte kullanılır.
Gül yağı *(Rosa*	%50 sitronellol (taze, çiçeksi,	Gül yağları tek başına Türk

damascena) Buhar destilasyonu ile %0.02, hekzan ekstraksiyonu ile %0.2 konkret	gül) %18 geraniol (tatlı, çiçeksi, gül) %10 nonadekan (kokusuz) %9 nerol (tatlı, çiçeksi, gül) %2 metil öjenol (sıcak, küfsü) %2 geranil asetat (meyvemsi, çiçeksi, gül) %1 öjenol (kuvvetli, sıcak, karanfil) %1 2-fenil etanol (tatlı, bal gül) %0.6 rose oksit (sıcak, otsu) %0.5 linalol (hafif, lavanta) %0.04 damascenon (kuvvetli, çileksi,mürdüm eriği)	lokumlarında ve diğer bazı asya kökenli ürünlerde kullanılır. Bu yağ diğer doğal aromalar için de önemli bir hammaddedir. Çok az miktarı birçok meyve aromalarında, özellikle ahududu aromasına çok etki yapar. Fema Gras (2989) ve Avrupa Konseyi listesinde yer almıştır.
Biberiye yağı *(Rosmarinus officinalis)* %0.5	20% alpha-pinen (hafif, çam) 20% 1.8-sineol (taze, ökaliptus) 18% kafur (taze, kafuri) 7% kamfen (kafüri, hafif) 6% beta-pinen (hafif, çam) 5% borneol (kafüri, topraksı, çam) 5% mirsen (hafif, ham mango) 3% bornil asetat (kafuri, topraksı, meyvemsi) 2% alpha-terpineol (tatlı, çiçeksi, leylak)	Biberiye yağı aroma ve lezzet karışımları ile tıbbi amaçlı karışımlarda kullanılır. Fema Gras (2992) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almıştır.
Yeşil nane yağı *(spearmint) (Mentha spicata*)	%70 karvon (sıcak, bahçe nanesi) %13 limonen (zayıf, hafif, turuçgil) %2 mirsen (hafif, ham mango) %2 1.8-sineol (taze, ökaliptus) %2 karvil asetat (tatlı, taze, bahçe nanesi) %1 dihidrokarvil asetat (tatlı, taze, bahçe nanesi) %1 dihidrokarveol (odunsu, nane) %1 oktan-3-ol (otsu, yağsı) %0.4 cis-jasmon (sıcak, otsu)	Bahçe nanesi yağının ana kullanım alanı, çiğneme sakızlarına ve ağız hijyeni aromalarına bahçe nanesi aroması vermesidir. Bu yağ bazen de nane yağı ve diğer aromlarla harman edilir. Yağ Fema Gras (3032) ve Avrupa Konseyi listelerinde yer almaktadır.
Yıldız anasonu yağı *(Illicium verum)* %8.5	%87 trans -anethol (kuvvetli, tatlı, anason) %8 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %1 anisaldehit (tatlı, çiçeksi, alıç) %0.8 linalol (hafif, lavanta) %0.5 metil kavikol (kuvvetli, tatlı, tarhun)	Yıldız anason yağı geniş ölçüde alkollü içkilerde kullanılır. Bu yağ şekerleme endüstrisinde de popüler bir aroma oluşturucudur. Özellikle tıbbi amaçlı ve ağız hijyeni ürünlerinde fazla kullanılır. Diğer doğal aromalarda örneğin kiraz, vişne aromalarında az miktarda kullanılır. Kullanımına bir sınır

		getirilmemiştir. Fema Gras (2096) ve Avrupa konseyi listelerinde yer almaktadır.
Tatlı Fesleğen Yağı (*Ocimum basilicum*) %0.1	%45 linalol (hafif, lavanta) %25 metil chavicol (güçlü, tatlı, tarhun)	Comore'lardan elde edilen fesleğen yağı, tatlı fesleğen yağından daha fazla metil chavicol ve daha az linalol içerir. Tatlı fesleğen yağı baharat karışımlarında kullanılır, ancak diğer doğal aromalarda küçük miktarlarda da faydalıdır. Tatlandırıcılarda tatlı fesleğen yağının kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2119) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Tatlı Rezene Yağı (*Foeniculum vulgare*) Tohum %3 yağ verir.	%70 trans-anethole (güçlü, tatlı, anason) %9 limonen (zayıf, hafif, narenciye)	Tatlı rezene yağı esas olarak alkollü içeceklerde terpensiz formda kullanılır. Küçük miktarlar ayrıca baharatlarda ve diğer doğal tatlarda kullanılır. Tatlandırıcılarda tatlı rezene yağının kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2483) ve Avrupa Konseyi listesindedir
Tatlı Mercanköşk Yağı *(Origanum majorana)* %0.4	%31 terpinen-4-ol (güçlü, otsu, hindistan cevizi) %15 gama-terpinen (hafif, narenciye, otsu) %8 alfa-terpinen (hafif, narenciye, bitkisel) %6 para-simen (hafif, narenciye, reçineli) %3 linalol (hafif, lavanta)	Tatlı mercanköşk yağı esas olarak baharat karışımlarında, genellikle katı bir özüt ile birlikte kullanılır. Safrol ve miristisin içermeyen, karakteristik olarak hindistan cevizi terpinen-4-ol'ün doğal bir kaynağı olarak da yararlıdır. Tatlandırıcılarda tatlı mercanköşk yağının kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (2663) ve Avrupa Konseyi listesindedir.
Tatlı portakal yağı *(Citrus sinesis)* %0.28 kabuk yağı, %0.008 portakal suyu yağı (Deming, 1992)	%94 limonen (zayıf, hafif, narenciye) %2 mirsen (hafif, ham mango) Niteliksel olarak önemli diğer bileşenler şunlardır: %0.5 linalol (hafif, lavanta) %0,5 oktan (güçlü, taze, kabuk) %0.4 dekanal (güçlü, mumsu, kabuk) %0,1 sitronellal (güçlü, narenciye, yeşil) %0.1 neral (limon) %0,1 geranial (limon)	Portakal yağı, kullanıldığı üründe istenen portakal aroması oluşturur. Az miktar portkal yağı ilavesi serinletici etki meydana getirir. Portakal yağları, özellikle kayısı, şeftali, mango, ananas aromalarında da kullanılır. Bu yağın aromalarda kullanımına yasal sınırlama getirilmemiştir. Bu yağ, Fema Gras (2821) ve Avrupa Konseyi listesindedir.

	%0.05 valensen (portakal suyu) %0.02 beta-sinensal (güçlü, portakal marmelatı) %0.01 alfa-sinensal (güçlü, portakal marmelatı)	
Mandalina yağı (Tangerin yağı) *(Citrus reticulata)* %0.5 kabuk (soğuk pres)	**Tangerin yağı başlıca bileşenleri:** %93 limonen (zayıf, hafif, turunçgil) %2 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %2 mirsen (hafif, ham mango) %0.7 linalol (hafif, lavanta) %0.4 dekanal (kuvvetli, mumsu, kabuk) %0,3 oktan (kuvvetli, taze, kabuklu) %0.1 timol metil eter (tatlı, kekik, otsu) %0.05 alfa-sinensal (kuvvetli, portakal marmelatı) %0.03 timol (tatlı, fenolik, kekik) **Mandalina yağının başlıca bileşenleri:** %72 limonen (hafif, zayıf, turunçgil) %18 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu) %0.8 metil N-metil antranilat (ağır, küflü, portakal çiçeği) %0.5 linalol (hafif, lavanta) %0.2 dekanal (kuvvetli, mumsu, kabuk) %0.1 timol (tatlı, fenolik, kekik) %0.05 alfa-sinensal (güçlü, portakal marmelatı)	Mandarin ve tangerin yağları, hem tek başına hem de portakal yağları ile birlikte alkolsüz içecek aromalarında ve şekerlemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca mango ve kayısı başta olmak üzere diğer doğal meyve aromalarında da iyi bir kullanım alanı bulmuştur. Her iki yağın da aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Bunlar Fema Gras (3041) tangerin, (2657) mandalina ve Avrupa Konseyi listesinde yer almaktadır.
Kekik yağı *(Thymus vulgaris)*	Kekik yağının ana bileşenleri: %50 timol (tatlı, fenolik, kekik) %15 para-simen (hafif, turunçgil, rezin) %11 gama-terpinen (hafif, turunçgil, otsu)	Yağın ana kullanımı baharat karışımlarıdır, ancak doğal aromalarda bir miktar kullanım bulur. Kekik yağının aromalarda kullanımına ilişkin herhangi bir yasal kısıtlama yoktur. Fema Gras (3064) ve Avrupa Konseyi listesindedir.

KAYNAKLAR

Altindal, D., Altindal, N. (2016). Sage (Salvia officinalis) Oils. *Essential oils in food preservation, flavor and safety*, 715–721.

Anonim. (2021). *FEMA Flavor Library*.

Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., Mousadik, A. El, Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F. N. R., Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics 483*(1–2): 220–243.

Aytemur, E., Şahin Yeşilçubuk, N. (2016). *Adaçayı Yağının Püskürtmeli Kurutucu ile Enkapsülasyonuna Taşıyıcı Malzemelerin Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi),İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Azizkhani, M., Parsaeimehr, M. (2018). Probiotics survival , antioxidant activity and sensory properties of yogurt flavored with herbal essential oils. (*25*June 2018).

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils--a review. *Food Chem Toxicol 46*(2): 446–475.

Başer, K., Kırımer, N., Koşar, M., Tunalıer, Z. (2005). Farmakognozi III Uygulamaları El Kitabı.

Bayrak, A. (2006). Gıda Aromaları, *Gıda Teknolojisi Derneği* Yayın No: 32. Baran Ofset, Ankara.

Ben Brahim, S., Amanpour, A., Chtourou, F., Kelebek, H., Selli, S., Bouaziz, M. (2018). Gas Chromatography-Mass Spectrometry-Olfactometry to Control the Aroma Fingerprint of Extra Virgin Olive Oil from Three Tunisian Cultivars at Three Harvest Times. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 66*(11): 2851–2861.

Biçer, A., & Özkan, G. (2003). *Lavanta bitkisi çiçeklerinden süperkritik karbondioksit ile uçucu yağların ektraksiyonu* 16(4): 717–723.

Bowden, R. M., Williamson, S., Breed, M. D. (1998). Floral oils: their effect on nestmate recognition in the honey bee, Apis mellifera. *Insectes sociaux45*(2): 209–214.

Bulca, S. (2014). Çörek Otunun Bileşenleri ve Bu Yağın ve Diğer Bazı Uçucu Yağların Antioksidan Olarak Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 11*(2): 29–36.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology 94*(3): 223–253.

Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. *Food Control 54*:111–119.

Capone, D. L., Francis, I. L., Herderich, M. J., Johnson, D. L. (2012). Managing eucalyptus aromas. *Wine & Viticulture Journal V27N427*: 22–27.

Carson, C., Katherine, A., Hammer, K. A. (2011). Chemistry and bioactivity of essential oils. Içinde H. Thormar & J. W. and Sons (Ed.), Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents (ss. 204–223).

Çelik, E., Çelik, G. Y. (2007). Bitki Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Özellikleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi 5*(2): 1–6.

Ceylan, A. (1987). Tıbbi Bitkiler II (Uçucu Yağ İçerenler). *Ege Ü." Ziraat Fak. Yayınları, 481*.

Chouliara, E., Karatapanis, A., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. *Food Microbiology*, *24*(6), 607–617.

Cohen, S. M., Eisenbrand, G., Fukushima, S., Gooderham, N. J., Guengerich, F. P., Hecht, S. S., Rietjens, I. M. C. M., Davidsen, J. M., Harman, C. L., & Taylor, S. V. (2018). Updated procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food. *Food and Chemical Toxicology*, *113*(January), 171–178.

Dandlen, S. A., Lima, A. S., Mendes, M. D., Miguel, M. G., Faleiro, M. L., Sousa, M. J., Pedro, L., Barroso, J. G.,Figueiredo, A. C. (2010). Antioxidant activity of six Portuguese thyme species essential oils. *Flavour and Fragrance Journal 25*(3): 150–155. https://doi.org/10.1002/ffj.1972

Di Giovacchino, L., Angerosa, F., Di Giacinto, L. (1996). Effect of mixing leaves

with olives on organoleptic quality of oil obtained by centrifugation. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society73*(3): 371–374. https://doi.org/10.1007/BF02523433

Dima, C., Dima, S. (2015). Essential oils in foods: Extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion in Food Science 5*: 29–35. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.003

Ehsani, A., Hashemi, M., Jazani, N. H., Aliakbarlu, J., Shokri, S., Naghibi, S. S. (2016). Effect of Echinophora platyloba DC . essential oil and lycopene on the stability of pasteurized cream obtained from cow milk. *Veterinary Research Forum 7*(2): 139–148.

El-Kholy, W. M.-, Aamer, R. A., Mailam, M. A. (2017). Effect of Some Essential Oils on the Quality of UF-Soft Cheese During Storage. *Alex. J. Fd. Sci. & Technol 14*(1): 13–27.

El Sawi, S. A., Ibrahim, M. E., El-Rokiek, K. G., El-Din, S. A. S. (2019). Allelopathic potential of essential oils isolated from peels of three citrus species. *Annals of Agricultural Sciences 64*(1): 89–94. https://doi.org/10.1016/j.aoas.2019.04.003

Espina, L., Somolinos, M., Ouazzou, A. A., Condón, S., García-Gonzalo, D., Pagán, R. (2012). Inactivation of Escherichia coli O157: H7 in fruit juices by combined treatments of citrus fruit essential oils and heat. *International Journal of Food Microbiology 159*(1): 9–16. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.07.020

Fisher, K., Phillips, C. A. (2006). The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of Campylobacter jejuni, Escherichia coli O157, Listeria monocytogenes, Bacillus cereus and Staphylococcus aureus in vitro and in food systems. *Journal of Applied Microbiology 101*:1232–1240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03035.x

Franz, C., & Novak, J. (2010). Sources of essential oils. Içinde K. Baser, G. Buchbauer, & Taylor and Francis Group (Ed.), In Handbook of Essential Oils

Gao, M., Feng, L., & Jiang, T. (2014). Browning inhibition and quality preservation

of button mushroom (Agaricus bisporus) by essential oils fumigation treatment. *Food Chemistry 149*: 107–113. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.073

Genovese, A., Caporaso, N., De Luca, L., Paduano, A., Sacchi, R. (2015). Influence of Olive Oil Phenolic Compounds on Headspace Aroma Release by Interaction with Whey Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 63*(15): 3838–3850. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00148

Ghalem, B. R., Zouaoui, B. (2013). Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of yoghurt enriched with Rosmarinus officinalis oil. *African Journal of Biotechnology 12*(2): 192–198. https://doi.org/10.5897/ajb12.1257

Giacometti, J., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Gabrić, D., Bilušić, T., Krešić, G., Stulić, V., Barba, F. J., Chemat, F., Barbosa-Cánovas, G., Režek Jambrak, A. (2018). Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food Research International 113*:245–262. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.036

Güçbilmez, Ç. M., Mecitoğlu, Ç. (2014). *Bazı Esansiyel Yağlarla Antifungal Yenilebilir Zein Filmi Geliştirilmesi ve Kase Margarine Uygulanması* [Namık Kemal Üniversitesi, Doktora tezi]. http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.11776/396

Güneşer, O., Yüceer, Y. K. (2010). Gidalarda AromMaddeleriniBelirlenmesinde GaKromatografisiOlfaktometri (Gco) Use of Gas Chromatography-Olfactometry *(Gco) 35*: 371–378.

Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2009). Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: Efficacy, synergistic potential and interactions with food components. *Food Microbiology*, *26*(2): 142–150. https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.10.008

Gutierrez, J., Rodriguez, G., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008). Efficacy of Plant Essential Oils against Foodborne Pathogens and Spoilage Bacteria Associated with Ready-to-Eat Vegetables: Antimicrobial and Sensory Screening. Içinde *Journal of Food Protection* 71 (9).

http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/71/9/1846/1681459/0362-028x-71_9_1846.pdf

Herman, R. A., Ayepa, E., Shittu, S., Fometu, S. S., Wang, J. (2019). Essential Oils and Their Applications -A Mini Review. *Advances in Nutrition & Food Science*, *4*(4). https://doi.org/10.33140/anfs.04.04.08

Hulankova, R., Borilova, G., Steinhauserova, I. (2013). Combined antimicrobial effect of oregano essential oil and caprylic acid in minced beef. *Meat Science 95*: 190–194. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013001952

Hyldgaard, M., Mygind, T., Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012

Ilmi, A., Praseptiangga, D., Muhammad, D. R. A. (2017). Sensory Attributes and Preliminary Characterization of Milk Chocolate Bar Enriched with Cinnamon Essential Oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *193*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012031

Jirovetz, L., Buchbauer, G., Ngassoum, M. B., & Geissler, M. (2002). Aroma compound analysis of Piper nigrum and Piper guineense essential oils from Cameroon using solid-phase microextraction-gas chromatography, solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry and olfactometry. *Journal of Chromatography A976*(1–2): 265–275. https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00376-X

Junming, X., Jianchun, J., Jie, C., & Yunjuan, S. (2010). Biofuel production from catalytic cracking of woody oils. *Bioresource Technology*, *101*(14): 5586–5591. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.148

Kalantary, F., Barzegar, M., Esfahani, Z. H. (2014). Control of Aspergillus flavus Growth in Tomato Paste by Cinnamomum zeylanicum and Origanum vulgare L. Essential Oils. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences 2*(2):57–62. https://doi.org/10.14499/jfps

Kesen, S., & Selli, S. (2016). Zeytinyağı Aroma Maddeleri Ekstraksiyonunda Kullanılacak Çözgenin Temsili Testlerle Belirlenmesi. *Zeytin Bilimi Dergisi*

3(2): 99–106.

Kettenring, M. M., Geeganage, M. V. (2010). Aroma-vital cuisine. Içinde K. H. C. Baser & G. Buchbauer (Ed.), Handbook of Essential Oils. CRC Press, Boca Raton. https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=Kettenring%2C+M.M.%2C+Geeganage%2C+M.V.%2C+2010.+Aroma-vital+cuisine.+&btnG=

Kılıç, A. (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi 10*(13): 37–45.

Kordsardouei, H., Barzegar, M., Sahari, M. A. (2012). *Application of Zataria multiflora Boiss. and Cinnamon zeylanicum essential oils as two natural preservatives in cake*.

Korkmaz, Z. (2011). *Quark Peyniri Üretiminde Bazı Aromatik Bitki Yağlarının Kullanımı Üzerine Bir Araştırma* [Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. http://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/handle/11630/6305

Krisch, J., Tserennadmid, R., Vágvölgyi, C. (2011). Essential oils against yeasts and moulds causing food spoilage. *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*,1135–1142.

Krishnamoorthy, B., Rema, J. (2004). A Handbook of Herbs And Spices VOL II - Google Akademik (K. V. Peter (ed.)). Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England.

Lang, G., Buchbauer, G. (2011). A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. https://doi.org/10.1002/ffj.2082

Laswai, H. S., Thonya, N., Yesaya, D., Silayo, V. C. K., Kulwa, K., Mpagalile, J. J., WRW, B. (2009). Use of locally available flavouring materials in suppressing the beany taste in soymilk. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development9*(7): 1689–1699.

Lis-Balchin, M. T. (2012). Lavender. Içinde *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition* 2: ss. 329–347. https://doi.org/10.1533/9780857095688.329

López-Cortés, I., Salazar-García, D. C., Velázquez-Martí, B., Salazar, D. M. (2013).

Chemical characterization of traditional varietal olive oils in East of Spain. *Food Research International 54*(2):1934–1940. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.035

Lopez-Reyes, J. G., Spadaro, D., Prelle, A., Garibaldi, A., Gullino, M. L. (2013). Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rots caused by fungi on different stone fruits in vivo. *Journal of Food Protection 76*(4): 631–639. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-342

Maarse, H. (1991). Volatile Compounds in Foods and Beverages. Marcel Dekker, Inc., the USA.

Malhotra, S. K. (2006). Minor seed spices: ajowan, dill, celery, aniseed. *Advances in Spices Research*, 785–801.

Maurya, S., Kumar, A., Singh, G. (2013). Biological Significance of Spicy Essential Oils. *Advances in Natural Science 6*(4): 84–95. https://doi.org/10.3968/j.ans.1715787020130604.1638

Muhammad, D. R. A., Lemarcq, V., Alderweireldt, E., Vanoverberghe, P., Praseptiangga, D., Juvinal, J. G., Dewettinck, K. (2020). Antioxidant activity and quality attributes of white chocolate incorporated with Cinnamomum burmannii Blume essential oil. *Journal of Food Science and Technology 57*(5): 1731–1739. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04206-6

Nogueira, P. C. D. L., Marsaioli, A. J., Amaral, M. D. C. E., Bittrich, V. (1998). The fragrant floral oils of Tovomita species. *Phytochemistry 49*(4): 1009–1012. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)01046-7

Noudogbessi, J. P., Yedomonhan, H., Alitonou, G. A., Chalard, P., Figueredo, G., Adjalian, E., Sohounhloué, D. C. K. (2012). Physical characteristics and chemical compositions of the essential oils extracted from different parts of Siphonochilusaethiopicus (Schweinf.) BL Burtt (Zingiberaceae) harvested in Benin. *J. Chem. Pharm. Res 4*: 4845–4851.

Okunola, C. O., Okunola, A. A. (2007). Organoleptic qualities of maize and cowpea stored with some essential oils. *In 8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt 8:* 2113–2116. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103268484

Olmedo, R. H., Nepote, V., Grosso, N. R. (2012). Aguaribay and Cedron Essential Oils as Natural Antioxidants in Oil-Roasted and Salted Peanuts. *J Am Oil Chem Soc 89*: 2195–2205. https://doi.org/10.1007/s11746-012-2129-4

Ozkan, G., Simsek, B., Kuleasan, H. (2007). *Antioxidant activities of Satureja cilicica essential oil in butter and in vitro 79*: 1391–1396. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.020

Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P. K., Dubey, N. K. (2015). Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities - Potentials and challenges. *Food Control 47*: 381–391. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.07.023

Priestap, H. A., Bandoni, A. L., Neugebauer, M., Rücker, G. (1990). Investigation of the essential oils from Aristolochia triangularis. *Journal of Essential Oil Research 2*(3): 95–98. https://doi.org/10.1080/10412905.1990.9697836

Rios, J. L. (2016). Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Içinde Victor R. Preedy (Ed.), *Elsevier*. Elsevier Inc. https://www.sciencedirect .com/science/article/pii/B9780124166417000018

Roller, S., Seedhar, P. (2002). Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4° and 8°C. *Letters in Applied Microbiology 35*: 390–394.

Schmidt, E. (2010). Production of Essential Oils. Içinde K. Baser, G. Buchbauer, & Taylor and Francis Group (Ed.), Handbook of Essential Oils

Şenocak, S., Ünlütürk, N. N., Konar, N., Yetim, H. (2019). Helal içecek aromaları: turunçgil örneği. Içinde *Helal ve Etik Araşt. Derg. / J. Halal & Ethical Res* 1(1). http://openaccess.izu.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12436/1247

Simpson, B. B., Neff, J. L., Dieringer, G. (1990). The production of floral oils by Monttea (Scrophulariaceae) and the function of tarsal pads in Centris bees. *Plant Systematics and Evolution 173*(3–4): 209–222. https://doi.org/10.1007 /BF00940864

Tayfun, K. (2019). Aromaterapi Aromatheraphy Kanat Tayfun Dr. Kanat Tayfun. *Aroma Terapi J Biotechnol and Strategic Health Res3*: 67–73.

https://orcid.org/0000-0002-5162-6797

Tornambé, G., Cornu, A., Pradel, P., Kondjoyan, N., Figueredo, G., Hulin, S., Martin, B. (2008). Addition of Pasture Plant Essential Oil in Milk : Influence on Chemical and Sensory Properties of Milk and Cheese. *J. Dairy Science91*: 58–69. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0154

Tserennadmid, R., Takó, M., Galgóczy, L., Papp, T., Pesti, M., Vágvölgyi, C., Almássy, K., Krisch, J. (2011). Anti yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. *International Journal of Food Microbiology 144*(3): 480–486. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.004

Turek, C., Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: A review. Içinde *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12 (1):. 40–53). https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006

Turhan, I., Tetik, N., Karhan, M. (2006). Turunçgil Kabuk Yağlarının Elde Edilmesi ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı Microparticle-enhanced medium for enzyme production View project Production of energy reduced jelly candy by using Stevia rebaudiana plant extract View project. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 3*: 71–77. www.teknolojikarastirmalar.org

Tyagi, A. K., Gottardi, D., Malik, A., Guerzoni, M. E. (2013). Anti-yeast activity of mentha oil and vapours through in vitro and in vivo (real fruit juices) assays. *Food Chemistry 137*(1–4): 108–114. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.015

Uçkun, O., Selli, S. (2012). Kayseri İli Çiçek Balının Aroma Maddeleri Bileşimi. *Gıda Dergisi 37*(3): 157–164. http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gidader/article/view/5000097821

Valderrama, F., & Ruiz, F. (2018). An optimal control approach to steam distillation of essential oils from aromatic plants. *Computers and Chemical Engineering 117*: 25–31. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.05.009

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A. (2011). Spices as functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51*(1): 13–28. https://doi.org/10.1080/10408390903044271

Wang, C. Y., Wang, S. Y., Yin, J.-J., Parry, J., Liangli, A., Yu, L. (2007). Enhancing Antioxidant, Antiproliferation, and Free Radical Scavenging Activities in Strawberries with Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*, 6527–6532. https://doi.org/10.1021/jf070429a

Weyerstahl, P., Schneider, S., Marschall, H. (1993). The Essential Oil of Artemisia sieberi Bess. *Flavour and Fragrance Journal 8*: 139–145. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.afraf.a100767

Worwood, V. A. (2016). *The Complete Book of Essential Oils and Aromatherapy, Revised and Expanded: Over 800 Natural, Nontoxic, and Fragrant Recipes to Create Health, Beauty, and Safe Home and Work Environments.* New World Lirary, Novato, California.

Wright, J. (1999). Essential Oils. Içinde P. R. Ashurst (Ed.), *Food Flavorings* (ss. 1–38). Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.

Yaparel, C., Elmacı, Y. (2016). Tat-Koku İ nteraksiyonları. *Akademik Gıda*, *14*(2): 218–224.

Yepez, B., Espinosa, M., López, S., Bolaos, G. (2002). Producing antioxidant fractions from herbaceous matrices by supercritical fluid extraction. *Fluid Phase Equilibria*, *194*(197): 879–884. https://doi.org/10.1016/S0378-3812(01)00707-5

Yeşilbağ, D. (2007). Fitobiyotikler. *Vet. Med*, *26*(1–2): 1–2. https://dergipark.org.tr/en/pub/uluvfd/163626

Yilmaz, Ö., Kaban, G., Kaya, M. (2019). Tarhun ve Kişniş Tohumunun Uçucu Yağ Bileşenleri. *dergipark.org.tr 2*(1): 17–24. https://dergipark.org.tr/en/pub/bufbd/issue/46478/543491

BÖLÜM 18

UÇUCU YAĞLARIN ENKAPSÜLASYONU

Prof. Dr. Fikret PAZIR[1]

Dr. Onur ÖZDİKİCİERLER[2]

Gıda Yük. Müh. Janan Hossein ZADEH[3]

[1] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, Orcid no: 0000-0003-3997-4892, fikret.pazir@ege.edu.tr

[2] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, Orcid no: 0000-0002-8959-4794, onur.ozdikicierler@ege.edu.tr

[3] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, Orcid no: 0000-0002-1024-9980, janan.hosseinzadeh@gmail.com

1. GİRİŞ

Uçucu yağlar, bitkisel kaynakların, kök, gövde, yaprak, meyve, kabuk, çiçek gibi kısımlarından üretilen aromatik bileşenlerdir. Uçucu yağların önemini belirleyen içerdikleri biyoaktif (etken) maddelerdir. Bu yağların antiviral, antioksidan, antienflamatuar, antibakteriyel ve antifungal özellikleri yapılan birçok çalışma ile belirlenmiştir (Azzouz ve Bullerman, 1982a, Azzouz ve Bullerman, 1982b, Bishop, 1995, Boyle, 1955, Pandey ve ark., 2000 ve Pessoa ve ark., 2002). Farklı faydalı özelliklere sahip olan bu yağlar, uzun yıllardır gıda, ilaç, kozmetik ve parfüm sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağlar içeren bitkiler (kekik, lavanta, nane, karanfil, defne, vb) açısından geniş bir floraya sahip olan ülkemiz için bu bitkiler ticari öneme sahiptir. Ancak çucu yağların içerdiği ve faydalı özellikleri bulunan tokoferoller, fenolik bileşenler, terpenler ve steroller gibi biyoaktif bileşenler dış etmenlere karşı çok hassastırlar. Özellikle bu bileşikler atmosferik oksijen, nem, sıcaklık ve ışığın etkisiyle kolaylıkla oksidatif bozulmaya uğramaktadırlar (Özbek ve Ergönül., 2017, Turhan ve ark., 2006). Bu aşamada enkapsülasyon teknolojisi, uçucu yağların içerdiği biyoaktif bileşenlerin dış etmenlerden korunarak faydalı özelliklerin uzun süreler boyunca saklı kalmasını sağlamaktadır (Madane ve ark., 2006). Prensip olarak enkapsülasyon işlemi; dolgu materyali olarak adlandırılan biyoaktif bileşen içeren enkapsüle edilecek materyalin bir enkapsülasyon ajanı (kaplama materyali) vasıtasıyla bir kapsül içerisine farklı teknikler kullanılarak hapsedilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Enkapsülasyon

teknolojisi kendi içerisinde elde edilen kapsüllerin boyutuna bağlı olarak mikro ve nano enkapsülasyon olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Mikro veya nano boyutlarda elde edilen enkapsüle yağlardaki duyarlı biyoaktif bileşenler uygun kaplama materyali ile kapsüllenerek stabilize edilir ve kontrollü salınımı sağlanmış olur (Keshani ve ark., 2015).

2. UÇUCU YAĞLAR VE BİYOAKTİF BİLEŞEN İÇERİKLERİ

Biyoaktif bileşikler besleyici özellikte bileşenler olup, çeşitli bitkilerde düşük miktarlarda bulunan ikincil metabolitlerdir (Kris-Etherton ve ark., 2002). Uçucu yağlar, monoterpen ve seskiterpen hidrokarbonlar gibi uçucu bileşikler ve bunların oksijenli türevleri dahil olmak üzere 200'den fazla organik bileşiğin karışımlarıdır (Rao ve Pandey, 2006). Yapılan çalışmalar, uçucu yağların içerdikleri fenolik hidroksil grupları, ketonlar, aldehitler, hidrokarbonlar, eter, α-tokoferol ve monoterpenlerden dolayı antiviral, antioksidant, antibakteryal, antidiyabetik ve anti kanser özellikleri bulunduğunu göstermiştir (Lammari ve ark., 2021, Mangalagiri ve ark., 2021, Sokmen ve ark., 2020, Wintola ve ark., 2021.). Bunların yanında, uçucu yağlar oksijene, neme, ısıya ve ışığa duyarlı ksantofiller, steroller, karotenoidler, monoterpenler, flavonoller ve fenolik bileşenler gibi diğer maddeleri de içermektedirler (Laguerre ve ark., 2007). Oksidatif degredasyona uğrayan uçucu yağlarda biyoaktif bileşen kaybı gerçekleşmekte, oksidasyon sonucunda çok sayıda serbest radikal türü, lipid hidroperoksitler gibi birincil oksidasyon

ürünleri ile hidrokarbonlar, aldehitler, epoksitler ve ketonlar gibi ikincil oksidasyon ürünleri oluşmaktadır (Chen, 2011).

3. ENKAPSÜLASYON

Enkapsülasyon işlemi, dolgu materyalinin, bir kaplama materyali kullanılarak oluşturulan bir kapsül içinde tutulması ve belirli koşullarda ve hızlarda bunların salınmasını sağlayan bir teknolojidir. Diğer bir tanımlama ile enkapsülasyon, katı, sıvı veya gaz halindeki gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin, protein veya karbonhidrat esaslı minyatür kapsüller içerisinde tutulması olarak tanımlanmaktadır. Yöntemin temel amacı gıda bileşenlerini, kötü çevre koşullarından korumak, stabilitesini sağlamak ve kontrollü olarak kullanımını gerçekleştirmektir (Peker ve Arslan, 2011, Risch, 1995). Sonuç olarak, gıdalarda enkapsülasyon işleminin amaçları; biyoaktif maddeleri dış ortamın olumsuz etkilerinden korumak, renk, tat gibi organoleptik özellikleri maskelemek ve biyoaktif maddelerin belirli bir ortama kontrollü salınımını sağlamak olarak özetlenebilmektedir (Jyothi ve ark., 2010).

Gıdaların enkapsülasyonu için karbonhidrat ve protein gibi materyaller tek veya kombine halinde kaplama materyali olarak kullanılmaktadır. Son ürünün fonksiyonel özelliklerine doğrudan etki eden kaplama materyali için; reolojik özelliklerinin işleme uygun olmasının yanı sıra; enkapsülasyon esnasında kolay işlenebiliyor olması, emülsiyon özelliğinin olması, kaplama materyalinin dolgu materyali ile depolama süresince reaksiyona girmemesi, istenilen

çözgende çözünebilmesi, dolgu materyalini stabilize hale getirebilmesi ve belirli koşullarda kontrollü salınıma izin vermesi, esnek, kırılgan, sağlam ve ekonomik olmaları istenilen özelliklerdir (Koç ve ark., 2009, Sri ve ark., 2012). Yağların enkapsülasyonu için kullanılan bazı kaplama materyalleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Yağların Enkapsülasyonu İçin Kullanılan Bazı Kaplama Materyalleri

Karbohidrat	**Protein**
Maltodekstirinler	Peynir Altı Suyu
Kitosan	Soya Protein İzolatı
Laktoz	Sodyum Kazeinat
Buğday Nişastası, Mısır Nişastası	Jelatin
Pullulan	Zein

Enkapsülasyon sonrasında oluşan kapsüllerin boyut dağılımlarına bağlı olarak enkapsülasyon işlemi; mikroenkapsülasyon ve nanoenkapsülasyon olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Mikroenkapsülasyonda elde edilen partikül boyutu 0.2-5000 μm arasında değişirken, nanoenkapsülasyonda ise 0.2 μm'den küçük olacak şekilde değişiklik göstermektedir (King, 1995). Enkapsüle edilecek materyalin çevresinin bir veya daha fazla kaplama materyali ile sarılıp mikrometre ile milimetre aralığında büyüklüğe sahip kapsüllerin (mikrokapsül) elde edilmesi mikroenkapsülasyon teknolojisi olup, içerisinde yer alan madde çekirdek, iç faz veya dolgu olarak ifade edilirken dış kısımda yer alan duvar ise kabuk, kaplama, kaplama materyali veya membran olarak isimlendirilmektedir

(Gharsallaoui ve ark., 2007). Nanoemülsiyon, yağlı ve sulu fazlar ve bu fazların bir emülgatör kullanılarak emülsifikasyonundan oluşan bir sistem olan nanoenkapsülasyonun başlangıcıdır (Kim ve ark., 2014, Ricaurte ve ark., 2016). Nano boyutlu kapsüller, mikro boyutlu kapsüllere kıyasla daha dayanıklıdırlar ve kırılma oranları daha azdır (Jaejun ve Byeongnam, 2021).

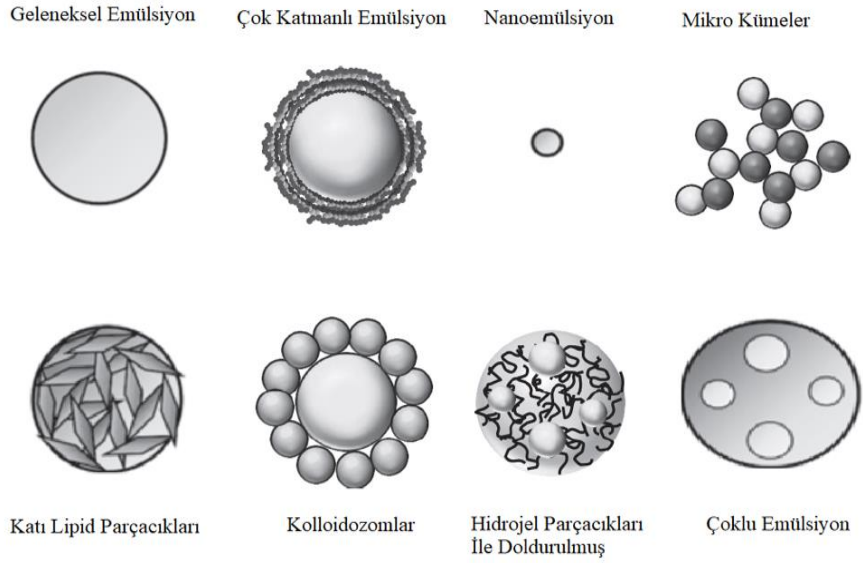
4. UÇUCU YAĞLARIN ENKAPSÜLASYONU

4.1 Emülsiyon Oluşturma (Emülsifikasyon)

Enkapsülasyon işlemleri farklı teknikler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Genel olarak çalışmalara bakıldığında enkapsülasyon işleminin bir emülsiyon oluşturma aşaması ile başladığı görülmektedir. Emülsiyon, birbiriyle az karışan veya hiç karışmayan iki sıvıdan birinin diğeri içinde damlacıklar halinde dağılması ile oluşmaktadır (Bouyer ve ark., 2012). Emülsiyonlar termodinamik olarak kararsız sistemlerdir. Bununla birlikte, emülsiyon kırılımında etkili olan kinetik mekanizmaların çok yavaş gerçekleşmesi söz konusu olduğunda, bu emülsiyon kararlı (stabil) veya yarı kararlı olarak kabul edilebilir (Salager, 2013).

Emülsiyonlar, basit emülsiyonlar ve çoklu emülsiyonlar olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Basit emülsiyonlarda, yağ fazının damlacıklar halinde sulu faz içinde dağıldığı emülsiyonlara su içinde yağ (O/W) emülsiyonları, sulu fazın yağ fazı içerisinde dağıldığı emülsiyonlara ise yağ içinde su (W/O) emülsiyonları adı verilir (McClements, 2007).

Basit emülsiyonların yanı sıra gıda endüstrisinde çoklu emülsiyonlar da düşük yağ içeriğine sahip gıdaların oluşturulması amacı ile kullanılmaktadır (Chung ve McClements, 2015). Yağ fazının sürekli fazı oluşturduğu, sürekli fazın içinde dağılmış olan su damlacıklarının içerisinde de küçük yağ damlacıkları bulunduran emülsiyonlar yağ içinde su içinde yağ (O/W/O) emülsiyonları olarak isimlendirilmektedir. Sürekli su fazı içerisinde dağılmış yağ damlacıklarının içerisinde su damlacıkları bulunan emülsiyonlara ise su içinde yağ içinde su (W/O/W) emülsiyonları denir (Muschiolik ve Dickinson, 2017). Farklı emülsiyon yapıları ile ilgili görsel Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil.1. Farklı Emülsiyon Bazlı Dağıtım Sistemleri (Mcclements, 2010, Mcclements, 2014).

Uçucu yağlarda enkapsülasyon öncesinde emülsiyon oluşturma teknikleri düşük enerjili ve yüksek enerjili teknikler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Yüksek enerjili teknikler, yüksek basınç homojenizatörleri, mikro akışkanlaştırma, ultrason destekli emülsifikasyon ve membran emülsifikasyonundan oluşurken, düşük enerjili teknikler ise yüksek hızlı homojenizasyon, faz inversiyon sıcaklığı, faz inversiyon bileşimi yöntemlerinden oluşmaktadır (Modarres-Gheisari ve ark., 2019, Taha ve ark., 2020,). Uçucu yağların enkapsülasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde maltodekstrin, zein, kazeinat, arap zamkı ve pektin gibi birçok kaplama materyalinin farklı emülsifikasyon teknikleri kullanarak emülsiyon hazırlamada kullanıldığı görülmektedir.

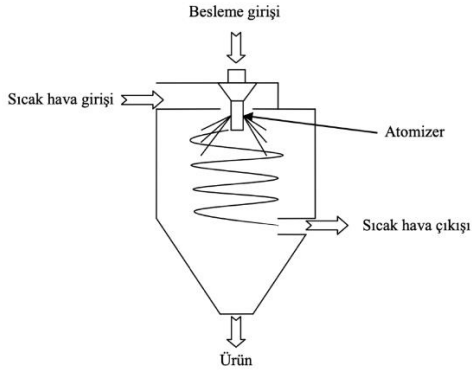
4.2 Uçucu Yağların Enkapsülasyonu

Emülsiyon oluşturma işlemi sonrasında uçucu yağların enkapsülasyonu amacı ile farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu amaçla, genellikle püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve koaservasyon yöntemleri tercih edilmektedir. Diğer enkapsülasyon yöntemleri ile ilgili ise daha az sayıda çalışma bulunmaktadır.

4.2.1 Püskürterek Kurutma Yöntemi

Özellikle sıvı materyaller için bilinen kurutma yöntemlerden bir olan püskürtmeli kurutma işlemi, gıda bileşenlerinin toz formuna dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Püskürtmeli kurutma işlemi ayrıca uçucu yağların mikroenkapsülasyonu için en çok tercih edilen yöntem olmaktadır (Desai ve Park, 2005). Püskürtmeli kurutma

esnasında, sıvı ürün atomizör yardımı ile çok küçük damlacıklar halinde sıcak hava ortamına verildiğinde, damlacıklardaki su buharlaşmakta ve böylece su fazının içerisinde çözünmüş kaplama materyali dolgu materyalinin etrafını kaplayarak enkapsülasyonu sağlamaktadır. Uygulanan yüksek hava giriş sıcaklıklarına rağmen ürünün teorik olarak çıkış sıcaklığı olarak ölçülen yaş termometre sıcaklığını aşmaması ve kuruma süresinin kısa olmasından dolayı ürün önemli ölçüde zarar görmemektedir (Desai ve Park, 2005, Özdikicierler ve ark. 2014). Sıvıların çok kısa bir süre içerisinde toz haline dönüştürülmesinde kullanılan bu yöntemde, işlem esnasında taşıyıcı gaz olarak genellikle hava veya azot gibi inert gazlar kullanılmaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007). Püskürtmeli kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyon işlemi emülsiyon hazırlama, homojenizasyon, atomizasyon ve kurutma olarak 4 temel aşamadan oluşmaktadır (Shahidi ve Han, 1993). Şekil 2'de püskürtmeli kurutma sistemi görülmektedir.



Şekil 2. Püskürtmeli Kurutucunun Şematik Gösterimi (Cemeroğlu, 2004, Koç, 2008, Koç 2009)

Yapılan bir çalışmada *Citrus bergamia* (bergamut) kabuğu yağlarının enkapsülasyon aşamasında püskürterek kurutma yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada arap zamkı ve maltodekstrin karışımı kaplama materyali olarak incelenmiştir. Emülsiyon oluşturma aşamasında arap zamkı ve maltodekstrin farklı oranlarında karıştırıldıktan sonra, bu karışımların sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltilere kuru maddenin %5'i kadar uçucu yağ eklendikten sonra ultra-turrax ile homojenize edilip emülsiyon oluşturulmuştur. Püskürterek kurutma işlemi eş yönlü hava akımında gerçekleştirilmiştir. Son üründe 0.2 su aktivitesi değerini sağlayacak bir kurutma işlemi hedeflenen bu çalışmada ön denemeler sonunda hava giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 200°C ve 110°C olarak belirlenmiştir. Elde edilen kapsüllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bergamut uçucu yağı mikrokapsüllerinin kapsülleme verimi %54.42-72.57 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Ayrıca, mikrokapsüllerinin nem oranı %1.91-2.83, su aktivitesi 0.120-0.145 ve yığın yoğunluğu 364-417 kg/m^3 değerleri arasında değişmiştir (Özdemir ve ark. 2018).

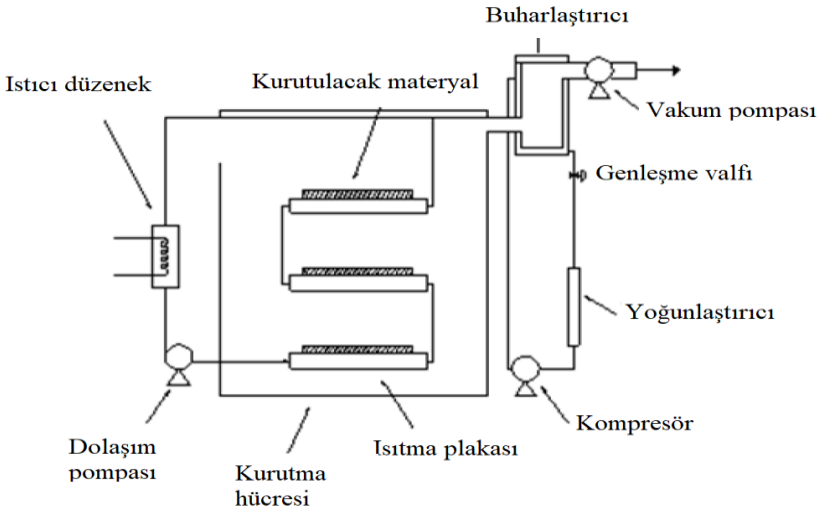
Bir diğer çalışmada enkapsüle edilmiş *Thymus* (kekik) yağının antimikrobiyal ve antioksidant özellikleri incelenmiştir. Enkapsülasyon aşamasında püskürtmeli kurutucu kullanılan çalışmada kaplama materyali olarak kazein-maltodekstrin karışımı kullanılmıştır. Sodyum kazein, ultra saf su içinde çözüldükten sonra solüsyona 20 g kekik esansiyel yağı eklenip ultra-turrax yardımıyla homojenize edilmiştir. Daha sonra karışıma maltodekstrin ilave edilerek

homojenizasyona devam edilmiştir. Elde edilen emülsiyon 7.5 ml/dk akış hızıyla giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 110 ve 70 °C olacak şekilde püskürterek kurutulmuştur. Püskürtmeli kurutucuda elde edilen kekik esansiyel yağı tozünun enkapsülasyon etkinliği %88.9 olmuştur. Elde edilen tozlar yüksek oranda termal stabilite ve enkapsülasyon etkinliği göstermiştir. *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella typhimurium* üzerinde antimikrobiyal özellikler göstermişlerdir (Radünz ve ark., 2020).

4.2.2. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)

Liyofilizasyon veya dondurarak kurutma yöntemi, yüksek kaliteli son ürün elde edilmesine karşın maliyet açısından pahalı bir yöntemdir (Ratti, 2001). Bu yöntemin temel prensibi dondurulmuş katı maddeden suyun sıcaklık ve üçlü noktanın altındaki basınçlarda süblimleşerek uzaklaştırılmasıdır.

Dondurarak kurutma işlemi 4 aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar; donma (düşük sıcaklıklarda ürünün donması), vakum uygulaması (dondurulduktan sonra vakum altına yerleştirilen üründeki donmuş çözücünün, süblimasyon işlem ile buharlaşması), ısıtma (süblimasyonu hızlandırmak için dondurulmuş ürüne sıcaklık uygulanır) ve yoğuşma (buharlaştırılmış çözücü vakum odasında tekrar katı haline dönüştürerek uzaklaştırılır) olarak sıralanmaktadır (Fissore ve ark., 2014, Wang ve ark., 2012). Dondurarak kurutma sistemi Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Dodurarak Kurutma Sistemi Şeması (Kırmacı, 2008).

Yapılan bir çalışmada *Pimpinella anisum* (anason) yağının enkapsülasyonu aşamasında hidroksipropil-β-siklodekstrin (HPCD) kaplama materyali, dondurarak kurutma yöntemi ile kullanılmıştır. Kaplama materyalinin yağ stabilitesi üzerine etkisi ve antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Bunun için esansiyel anason yağı HPCD sulu çözeltisine ilave edildikten sonra, karışım ultrasonik işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra manyetik olarak karanlıkta 30 °C'de 96 saat karıştırılmıştır. Enkapsülasyon çözeltisi, kompleksleştirme reaksiyonundan sonra 0.45 µm filtrelerden geçirilerek çözülmemiş bileşikler uzaklaştırılmıştır. Elde edilen emülsiyon dondurarak kurutucuda -60°C ve 100 Pa'da liyofilize edilmiştir. Gaz kromatografisi kütle spektrofotometrisi (GC-MS) sonuçları, anason yağının çoğu bileşimlerinin başarıyla enkapsüle edildiğini göstermiştir.

Ayrıca enkapsülasyonun anason yağının rahatsız edici kokusunu önemli ölçüde azalttığı da belirtilmiştir. Enkapsüle anason yağının, *Rhizopus stolonoifer*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *E. coli* üzerinde 24 saat boyunca inhibisyon etkisini devam ettirdiği saptanmıştır (Zhang ve ark., 2018).

Yapılan bir diğer çalışmada ise Kord Heydari ve ark., (2021), *Rosa* (gül) yağını dondurarak kurutma yöntemi ile enkapsüle etmişlerdir. Kaplama materyali olarak peynir altı suyu proteini-pektin karışımı kullanılan çalışmada kapsüllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Peynir altı suyu proteini deiyonize suda çözülerek protein çözeltileri hazırlanmıştır. Aynı zamanda 70°C'ye kadar ısıtılan deiyonize su içiresine pektin ilave edilerek çözündürülmüştür. Daha sonra çözeltilerin kuru maddesini arttırmak için maltodekstrin kullanılmıştır. Önceden hazırlanan biyopolimerik çözeltiler soğutmalı bir kaba yerleştirilerek 25 °C 10 dakika ultrasonik homojenizatör ile muamele edilmiştir. Ultrasonik işlem sırasında karışıma esansiyel yağ ilave edilip, daha sonra karışımları oluşturmak için pH ayarlaması yapılmıştır. Hazırlanan kompleks çözeltinin nihai toza dönüştürülmesi için 48 saat dondurarak kurutulmuştur. Esansiyel yağın en yüksek kapsülleme verimliliği %96.97 olarak, pH =3, protein:pektin oranı 4.0:0.5 oranlarında hesaplanmıştır. En yüksek viskozite, protein:pektin 4:1 oranında ve pH=3'te elde edilmiştir. En yüksek stabilite (%96.5) pH =9'da protein:pektin oranı 4:1 iken, en düşük stabilite (%81) ise pH =3'te protein:pektin oranı 4:1'de gözlemlenmiştir (Kord Heydari ve ark., 2021).

Jak meyvesi tohum nişastasının kaplama materyali olarak potansiyelinin değerlendirilmesi amacı ile yapılan bir çalışmada *Vanilla planifolia* (vanilya) yağı enkapsüle edilmiştir. Bu çalışmada kaplama materyali olarak Jak meyvesi tohum nişastası, kitosan, ß-siklodekstrin kullanılmıştır. Vanilya yağının enkapsülasyonu için dondurarak kurutma yöntemi uygulanmıştır. Kabuk malzemeleri ile hazırlanan doymuş bir çözelti içinde vanilya esansiyel yağı çözündürülmüştür. Bunun için tohum nişastası ve β-siklodekstrin kabuk çözeltileri distile su ile çözülürken, kitosan çözeltisi %1 asetik asit çözeltisi ile çözülmüştür. Kabuk ağırlığının uçucu yağlara oranı 6:1 olacak şekilde ayarlanmıştır. 20 dakika hücre kırma işlemi sonrasında, su banyosunda 15 dakika bekletilen çözelti, oda sıcaklığına kadar soğutulup 4°C 'de 24 saat soğutulmuştur. Filtrelemeden sonra numuneler dondurarak kurutucuda sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Her üç materyalde de önemli oranda enkapsülasyon etkinliği (%75-79) sağlanmıştır (Zhu ve ark., 2018).

4.2.3. Koaservasyon Yöntemi

Yüksek sıcaklıklar veya organik çözücüler gerektirmeyen bu yöntemde ortam sıcaklığı, iyon şiddeti, pH ve polarite gibi fiziko-kimyasal özellikler değiştirilerek çekirdek etrafında polimerin birikmesi sağlanmaktadır (Silva et al., 2014). Bu yöntemde, genellikle proteinler ve polisakkaritler arasındaki iyonik etkileşimlerle gerçekleşmekte, bu durum da koaservatların oluşumuna ve faz ayrılmasına yol açmaktadır (Timilsena ve ark., 2019).

Green ve Scheicer (1955) tarafından enkapsülasyon amacı ile çalışılan ilk yöntem olan koaservasyon yöntemi basit ve kompleks olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Green ve Scheicer, 1955). Basit koaservasyonda tek tip kolloid kullanılırken, kompleks koaservasyonda iki veya daha fazla zıt yüklü polimer kullanılmaktadır. Kompleks koaservasyonun, yüksek enkapsülasyon ve koruma etkinliği gösterdiği için son derece başarılı bir teknik olduğu kanıtlanmıştır (Silva ve ark., 2018). Kompleks koaservasyonda, kapsüllerin oluşumu, kaplama maddelerinin konsantrasyonu, çekirdek yağı ve eklenen emülgatörlerin miktarı, emülsiyon bileşimi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Thies, 2016).

Bastos ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada *Piper nigrum* (karabiber) esansiyel yağını kompleks koaservasyon yöntemi ile enkapsüle etmişlerdir. Kaplama materyali olarak laktoferrin-sodyum aljinat kullanılmıştır. Biyopolimerler manyetik karıştırıcı kullanarak ultra saf su içinde çözülmüştür. Çözünme işlemi sodyum aljinat için 24 saat ve laktoferrin için ise 30 dakika sürmüştür. Kapsülleri hazırlamak için pH 4'te laktoferrinin sodyum aljinata oranı 8:1 olacak şekilde ayarlanmıştır. Bunun için karabiber yağı laktoferrine ilave edilip ultra-turrax işleminden sonra sodyum aljinat eklenmiştir. Homojenizasyon işleminden sonra kapsül süspansiyonunun sıcaklığı, 60 dakika boyunca bir buzlu su banyosunda 5 °C'ye düşürülmüştür. Enkapsülasyon verimliliği %31.66 ile %84.48 arasında değişen bu çalışmada, enkapsüle karabiber esansiyel yağının midede salınımının az ve bağırsakta ise yüksek olduğu saptanmıştır. Böylelikle sonuçlar,

bu kapsüllerin aktif bileşenleri taşımak için kullanılabileceğini ve in-vitro test edilen oral ve mide koşullarına dirençli olduklarını göstermiştir (Bastos ve ark., 2021).

Kompleks oluşturma yöntemi ile *Lentinula edodes* (şitaki mantarı) yağının'nin enkapsüle edilmesi ve kapsüllerin özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan bir diğer çalışmada ise kaplama materyali olarak jelatin ve karboksi metil selüloz kullanılmıştır. Jelatin, karboksi metil selüloz tozları su banyosunda 40 °C'de 3 saat (600 rpm) deiyonize suda ayrı ayrı çözülerek karışımları hazırlanmıştır. Jelatin çözeltisine şitaki mantarı yağı eklendikten sonra karışım homojenize edilmiştir. Daha sonra içerisine karboksi metil selüloz stok solüsyonu hızla dökülüp pH ayarlanmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika karıştırıldıktan sonra mikrokapsüller deiyonize su ile yıkanıp gece boyunca 4 °C'de saklanmıştır. Reolojik ölçümler sonucunda, elde edilen mikrokapsüllerin, jelatin, karboksi metil selüloz zincirleri arasındaki etkileşimlerden kaynaklanan bir viskoelastik katı davranışına sahip olduğu ve %85 enkapsülasyon etkinliği sağladığı saptanmıştır. Ayrıca önemli oranda oksidasyona karşı koruma sağlamıştır (Yuan ve ark., 2018).

Kompleks oluşturma yöntemi kullanan bir diğer çalışmada ise *Dianthus* (karanfil) yağı enkapsüle edilmiştir. Kaplama materyali olarak zein, kazeinat ve pektin kullanılan çalışmada nanopartiküllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Pektin ve sodyum kazeinat stok çözeltileri ultra saf su içinde çözündürüldükten sonra tam hidrasyonu sağlamak için gece boyunca karıştırılmıştır. Zein ise

sulu-etanol çözeltisi içinde kullanmadan hemen önce hazırlanmıştır. Pektin çözeltisine sodyum kazeinat çözeltisi ve zein/karanfil yağı karışımı, aynı anda ilave edilmiştir. Elde edilen karışım üç biyopolimer arasındaki kompleksleşmeyi indüklemek için 80 °C'de 60 dakika karıştırılıp pH'ı ayarlanmıştır. 140 nm boyutunda, küresel şekilli ve homojen boyut dağılımına sahip kompleks nanopartiküller elde edilmiştir. Yapıları hem tarama hem de transmisyon elektron mikroskobu ile doğrulanmıştır. Ayrıca bu çalışma sonucunda sodyum kazeinatın depolama süresince kapsüllerin stabilitesi üzerine önemli etkisi olduğu saptanmıştır (Veneranda ve ark., 2018).

Volić ve ark., (2018) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, *Thymus* (kekik) yağının enkapsülasyonu aşamasında kompleks oluşturma yöntemi kullanılmıştır. Enkapsülasyon aşamasında kaplama materyali olarak aljinat ve soya proteini izolatı kullanarak oluşturulan kapsüllerin özellikleri incelenmiştir. Bunun için soya proteini izolatı, ultra saf su içinde oda sıcaklığında çözündürüldükten sonra pH 8.0'a ayarlanıp proteini denatüre etmek için 80°C'de 40 dakika ısıtılmıştır. Ayrıca, sodyum aljinat ultra saf su içinde tamamen çözünene kadar oda sıcaklığında sürekli karıştırılarak en az 3 saat bekletilmiştir. Hazırlanan iki çözelti karıştırıldıktan sonra kekik yağı aljinat/soya proteini çözeltisine 1:5 oranında ilave edilip, ultra-turrax kullanılarak 12.000 rpm'de 3 dakika emülsiyon haline getirilmiştir. 10 mL emülsiyon, manyetik karıştırıcıda hafifçe karıştırılarak $CaCl_2.2H_2O$ içeren 20 mL jelleşme banyosu çözeltisine damlatıldıktan sonra, çözünmeyen hidrojel matrisi oluşturulmuştur. Boncukların sertleşmesi

için 15 dakika $CaCl_2$ çözeltisi içinde bekletilmiştir. Aljinatın etkisi araştırılan çalışmada, kaplama aşamasında %72-80 oranında enkapsülasyon etkinliği saptandığı belirtilmiştir. Ayrıca simüle edilmiş mide koşullarında salınım yüzdesi, formülasyona bağlı olarak %42-55 arasında değişmektedir (Volić ve ark., 2018).

4.2.4. İyonik Jelleştirme Yöntemi

İyonik jelleşme, mikroenkapsülasyon tekniklerinden biri olup multivalan iyonların varlığında polielektrolitleri çapraz bağlama prensibine dayanmaktadır (Yeo vd., 2001). Bu yöntem ekstrüzyon veya emülsifikasyon/jelasyon yoluyla uygulanabilmektedir. Ekstrüzyon en yaygın yöntem olup, sulu bir polimer çözeltisinin bir şırınga iğnesi ile bir $CaCl_2$ içeren jelleştirme banyosuna damlatılması yoluyla küresel jel parçacıklarının üretilmesine dayanmaktadır. Emülsiyonlaştırma/jelasyon yönteminde ise hidrofobik aktif bileşen içeren emülsiyonun oluşturulması ve ardından kalsiyum çözeltisine damlatılması ile kapsüller üretilmektedir (Paqueset vd., 2014). Aljinat, kitosan, pektin, konjak, gellan zamkı, karboksimetil selüloz, çapraz bağlı jelleşme sistemlerinde kullanılan polimerlerdir. Bu bağlamda aljinat, toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen ve biyouyumlu özelliklerinin yanı sıra güvenli ve ılıman koşullarda üstün jelleşme özellikleri nedeniyle en yaygın kullanılan polimerdir (Leong ve ark., 2016).

Hasheminejad ve ark., (2019) tarafından yapılan çalışmada; iyonik jelleştirme yöntemi kullanarak *Dianthus* (karanfil) yağı enkapsüle edilmiştir. Kaplama materyali olarak Kitosan, sodyum trifosfat kullanılmıştır. Emülsiyon oluşturma aşamasında 25°C'de 10 dakika boyunca 700 rpm'de mekanik bir karıştırıcıda kitosan solüsyonu ve karanfil yağı emülsiyonuna tripolifosfat solüsyonu ilave edilmiştir. Elde edilen enkapsüllerin antifungal özellikleri araştırılmıştır. In-vitro salım çalışmalarında elde edilen kapsüller 56 gün boyunca kontrollü bir salınım sağlamışlardır. Ayrıca *Aspergillus niger'*e karşı üstün bir performans gösterdikleri saptanmıştır. Bu nedenle, bu çalışma elde edilen kapsüllerin tarım ve gıda endüstrisinde umut verici bir doğal fungisit olarak kullanılabileceğini belirtmiştir (Hasheminejad ve ark., 2019).

Enkapsülasyon aşamasında iyonik jelleşme yöntemi kullanılan bir diğer çalışmada *Thymus* (kekik) yağının tahıllardaki böcek zararları üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada kaplama materyali olarak kitosan kullanılmıştır. Emülsiyon oluşturma aşamasında, elde edilen kitozan çözeltisine Tween 80 ilave edilip 45° C'de 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Homojenizasyon sürecinde damla damla yağ eklendikten sonra sodyum tripolifosfat eklenip manyetik karıştırıcıda 40 dakika boyunca çalkalanmıştır. Elde edilen nano partiküllerin fizikokimyasal karakterizasyonu, sırasıyla boyut (<563.3 nm), zeta potansiyeli (-12.12 mV), kapsülleme verimliliği (>%64) ve enkapsülasyon kapasitesi (>%12.31) saptanmıştır. Bu nanokapsüllerin

tahıllarda böcek zararları üzerinde önemli oranda etkili olduğu belirtilmiştir (Rajkumar ve ark., 2020).

4.2.5. Süperkritik Akışkan Yöntemi

Süper kritik akışkanlar, hem sıvıların hem de gazların çeşitli avantajlı özelliklerine sahip olan sıkıştırılmış gazlardır. Son yıllarda büyük ilgi gören bu sıvılardan en yaygın kullanılanları süper kritik karbondioksit (CO_2), alkanlar (C2-C4) ve nitröz oksittir (N_2O) ve aktif bileşenlerin kapsüllenmesinde bu sıvılar kullanılmaktadır. Dolgu materyalerini enkapsüle etmek için süperkritik CO_2 içinde çözünen (parafin mumu, akrilatlar, polietilen glikol) veya çözünmeyen (proteinler, polisakkaritler) çok çeşitli kabuk malzemeleri kullanılabilmektedir. Yüksek basınç altında bulunan dolgu ve kaplama materyalleri içeren süperkritik akışkan atmosferik basıncındaki ortama beslenirken, kaplama materyalinin akışkandaki çözünürlüğünün azalmasına yol açmaktadır. Böylelikle kaplama materyali dolgu materyalini sararak enkapsülasyon işlemi gerçekleşmektedir (Ghosh, 2006).

Almeida ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada, *Thymus* (kekik) esansiyel yağını, süperkritik karbon dioksit yöntemi kullanarak enkapsüle etmişlerdir. Esansiyel yağ sorgum ve pirinç gibi farklı nişasta türleri kullanılarak mikrokürelere enjekte edilmiştir. Basınç 8–15 MPa, sıcaklık 40–50 °C ve enjeksiyon süresi 3–24 saat arasında değişen farklı işleme koşullarında enkapsülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kesikli modda çalışan bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz yüksek basınçlı paslanmaz çelik enjeksiyon ünitesi, yüksek basınçlı

CO_2 sıvı pompası, sıcaklık kontrollü banyo, manyetik karıştırma plakası ve basınç dönüştürücü içermektedir. Çalışma koşulları, kekik yağının bozulmasının önlenip yüksek antioksidan aktivitesinin korunduğunu göstermektedir (Almeida ve ark., 2013).

4.2.6. Püskürterek Soğutma Yöntemi

Püskürterek soğutma işlemi sistem olarak püskürterek kurutmaya benzemektedir. Bu yöntem ile enkapsülasyon sırasında dolgu materyali ve kaplama materyali soğuk hava bulunan ortama beslenirken, sıvı halde bulunan kaplama materyali katılaştırılmaktadır. Püskürterek soğutma yönteminde evaporasyon gerçekleşmediğinden, püskürterek kurutma yöntemindeki gibi bir kütle transferi bulunmamaktadır (Desai ve Park 2005). Püskürterek soğutma süresince yüksek sıcaklık olmaması ve çözgen kullanılmamasından dolayı düşük kararlılığa sahip bileşenlerin enkapsüle edilmesinde tercih edilmektedir (Okuro ve ark., 2013).

4.2.7. Akışkan Yatak Kaplama

Akışkan yataklı kaplama yönteminde, dolgu materyali besleme haznesinde akışkanlaştırılırken eş zamanlı olarak da kullanılacak olan kaplama materyali sistemde bulunan nozul ile dolgu materyali üzerine tekrar tekrar püskürtülmektedir. Kuru tozların karıştırılması, granülasyon, kurutma ve kaplama prosedürleri, akışkan yatak içinde başarıyla gerçekleştirilebilir. Bu yöntemin etkinliği, işlem çevre ve termodinamik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Desai ve Park, 2005). Püskürtme delik çapı, nozul yüksekliği, püskürtme sıcaklığı ve

atomizasyon hava sıcaklığı enkapsülasyon kalitesini etkileyen parametrelerdir (Dezarn, 1995). Akışkan yatak kaplama yöntemleri, sistemde nozul yeri ve kaplama materyallerinin püskürtülme şekline göre alttan kaplama yöntemi, üstten kaplama yöntemi ve açısal hareketli kaplama yöntemi olarak 3 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır (Desai ve Park, 2005).

5. SONUÇ

Uçucu yağlar bitkilerin farklı kısımlarından elde edilebilen ve aromatik bileşenlerden oluşan yağlardır. Yapılan birçok çalışma, uçucu yağlarda bulunan aromatik bileşenlerin biyoaktif özellikleri olduğunu antiviral, antioksidan ve antienflamatuar antibakteriyel ve antifungal etkiler gösteriğini ortaya koymuştur. Ticari bir öneme sahip olan bu uçucu yağlar, içerdikleri aromatik ve biyoaktif bileşenler nedeniyle gıda, ilaç, kozmetik ve parfüm sanayisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak uçucu yağlarda bulunan biyoaktif bileşenler, oksijen, nem, sıcaklık ve ışık gibi dış etmenlere karşı çok hassas olup bu faktörlerin etkisiyle parçalanabilmekte ve niteliklerini yitirebilmektedir. Uçucu yağlarda bulunan biyoaktif özelliklere sahip bileşenlerin dış etmenlere karşı dayanıklılığının arttırılması için enkapsülasyon teknolojisi kullanılabilmektedir. Enkapsülasyon teknolojisi ile uçucu yağlar faklı teknikler kullanılarak bir kaplama maddesi vasıtasıyla kapsül içerisinde hapsedilerek stabilize edilmektedir. Mikroenkapsülasyon ve nanoenkapsülasyon olarak iki farklı enkapsülasyon tekniği vardır, iki teknik arasındaki en önemli fark, elde edilen kapsüllerin boyutları ve buna bağlı olarak

enkapsüle edilen materyalin salınım hızlarıdır. Uçucu yağların enkapsülasyonu amacı ile genellikle püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve koaservasyon yöntemleri tercih edilmektedir. Özellikle kurutma prensibi ile gerçekleşecek enkapsülasyon işlemleri öncesinde, uçucu yağların kaplama maddesini içeren bir su fazı ile emülsiyon haline getirilmesi önemli bir aşamadır. Her enkapsülasyon yöntemin kendi içinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle tüm enkapsülasyon teknikleri için, emülsiyon oluşturma ve enkapsülasyon işlem parametrelerinin optimize edilmesi, hedeflenen ürünün elde edilmesi için büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

Alipour, M., Saharkhiz, M. J., Niakousari, M., Seidi Damyeh, M. (2019). Phytotoxicity of encapsulated essential oil of rosemary on germination and morphophysiological features of amaranth and radish seedlings. Scientia Horticulturae, 243, 131-139.

Almeida, A.P., Rodr´ıguez-Rojo, S., Serra, A.T., Vila-Real, H., Simplicio, A.L., Delgadilho, I., Costa, S.B.D., Costa. L.B.D., Nogueira, I.D., Duarte, C.M.M. (2013). Microencapsulation of oregano essential oil in starch-based materials using supercritical fluid technology. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 20, 140-5.

Azzouz, M.A., Bullerman, L.B. (1982a). Antiaflatoxigenic activity of eugenol is due to inhibition of lipid peroxidation. Letters in Applied Microbiology 28(3): 179-183.

Azzouz, M.A., Bullerman, L.B. (1982b). Comparative antimycotic effects of selected herbs, spices, plant components and commercial antifungal agents. Journal of Food Protection 45(14): 1298-1301.

Bastos, L.P.H., Santos, C.H.C., Carvalho, M.G., Garcia-Rojas, E.E. (2020). Encapsulation of the black pepper (Piper nigrum L.) essential oil bylactoferrin-sodium alginate complex coacervates: Structuralcharacterization and simulated gastrointestinal conditions. Food Chemistry, 30-126345.

Bishop, C.D. (1995). Antiviral activity of the essential oil of Melaleuca alternifolia (Maiden and Betche) Cheel (tea tree) against tobacco mosaic virus. Journal of Essential Oil Research 7(6): 641- 644.

Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J., & Agnely, F. (2012). Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field?. International Journal Of Pharmaceutics, 436(1-2), 359-378.

Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J., Agnely, F. (2012). Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions:

Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field. International Journal Of Pharmaceutics, 436(1-2), 359-378.

Boyle, W. (1955). Spices and essential oils as preservatives. The American Perfumer and Essential Oil Review 66: 25-28.

Cemeroğlu, B. (2004). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Chen, B., McClements, D.J., Decker, E.A. (2011). Minor components in food oils: a critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. Crit Rev Food Sci Nutr. 51:901–916.

Chung, C., McClements, D. (2015). Structure and texture development of food-emulsion products. Modifying Food Texture, 133-155.

Desai, K.G.H. and Park, H.J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients, Drying Technology, 23:1361– 1394p.

Desai, K.G.H., Park, H.J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ıngredients. Drying Technology 23(7): 1361-1394.

Desai, KGH., Park, HJ. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Drying Technology, Vol. 23, 1361–1394.

Dezarn, T.J. (1995). Food ingredients encapsulation, Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. American Chemical Society, Chapter 7, Washington, DC.

Fissore, D., Pisano, R., Barresi, A. (2014). Applying quality-by-design to develop a coffee freeze-drying process. Journal of Food Engineering, 123, 179-187, 2014.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. (2007). Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview, Food Research International, 40:1107–1121p.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R. (2007). Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Res. Int. (40), 1107–1121.

Ghosh, S.K. (2006). Functional coatings and microencapsulation: A general perspective, Functional Coatings. Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGoaA, Chapter 1, Weinheim.

Hasheminejad, N., Khodaiyan, F., Safari., M. (2019). Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. Food Chemistry, 275, 113-122.

Heydari, M.K., Assadpour, E., Jafari,S.M.,Javadian, H. (2021). Encapsulation of rose essential oil using whey protein concentrate-pectin nanocomplexes: Optimizemin of the effective parameters. Food Chemistry,356-129731.

Jaejun, L., Byeongnam, Jo. (2021). Nanoencapsulation of binary nitrate molten salts for thermal energy storage: Synthesis, thermal performance, and thermal reliability. Solar Energy Materials and Solar Cells., 230,111284.

Jyothi, N.N., Prasanna, P.M., Sakarkar,S.N., Prabha, K.S., Ramaiah,P.S., Srawan, G.Y. (2010). Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. Journal of Microencapsulation, 1464-5246.

Keshani, S., Daud, W.R.W., Nourouzi, M.M., Namvar, F., Ghasemi, M. (2015). Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. Journal of Food Engineering, 146, 152-162, 2015.

Kırmacı, V. (2008). Dondurarak Kurutma Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneylerinin Yapılması (Doktora Tezi) Gazi Üniverisitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kim, I-H., Oh, Y.A., Lee, H., Song, K., Min, S.C. (2014). Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nanoemulsion. LWT- Food Sci Technol. 58:1–10.

King, A.H. (1995). Encapsulation of Food Ingredients; A Review of Available Technology, Focusing on Hydrocolloids. In: Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients, American Chemical Society Chapter 3, Washington, DC.

Koç, B. (2008). Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu, (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Koç, M. (2009). Pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonu, (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Koç, M., Sakin, M., Ertekin, F. (2009). Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 16 (1): 77–86.

Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. The American Journal of Medicine, 30-71-88.

Laguerre, M., Lecomte, J., Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: existing methods, new trends and challenges. Prog Lipid Res. 46:244–282.

Lammari, N., Demautis, T., Louaer, O., Meniai, A.H., Casabianca, H., Bensouici, C., Bensouici, C., Devouassoux, G., Fessi, H., Bentaher, A., Elaissari, A. (2021). Nanocapsules containing Saussurea lappa essential oil: Formulation, characterization, antidiabetic, anti-cholinesterase and anti-inflammatory potentials. International Journal of Pharmaceutics 593-120138.

Leong, J.-Y., Lam, W.-H., Ho, K.-W., Voo, W.-P., Lee, M. F.-X., Lim, H.-P., Lim., S.L., Tey. B., Poncelet, D., Chan, E.-S. (2016). Advances in fabricating spherical alginate hydrogels with controlled particle designs by ionotropic gelation as encapsulation systems. Particuology, 24, 44–60.

Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., DEsobry, S. (2006). Flavour Encapsulation and Controlled Release – a review. International Journal of Food Science and Technology, 41:1–21.

Mangalagiri, N.P., Panditi, S.K., Jeevigunta, N.L.L. (2021). Antimicrobial activity of essential plant oils and their major components. Heliyon journal Heliyon 7-e06835.

McClements, D. J. (2010). Emulsion Design to Improvethe Delivery of FunctionalLipophilic Components. Annual Review of Food Science and Technology 1, 241-269.

McClements, D. J. (2014). Nanoparticle- and microparticle-based delivery systems: Encapsulation, protection and release of active compounds. CRC Press. Boca Raton.

Modarres-Gheisari, S.M.M., Gavagsaz-Ghochani, R., Malaki, M., Safarpour, P., Zandi, M. (2019). Ultrasonic nano-emulsification -A review. Ultrasonics – Sonochemistry, 52, 88-105.

Muschiolik, G., Dickinson, E. (2017). Double Emulsions Relevant to Food Systems: Preparation, Stability, and Applications. Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, 16(3), 532-555.

Okuro P.K., Matos F.E.J. and Favaro-Trindade C.S. (2013). Technological Challenges for Spray Chilling Encapsulation of Functional Food Ingredients. Food Technol Biotechnol, 51:171–182p.

Özbek, Z.A., Ergönül, P.G. (2017). A Review on Encapsulation of Oils. CBU J. of Sci., 13, Issue 2, 293-309.

Özdemir. K.S., Azarabadi, A., Topuz. A. (2018). Microencapsulation of bergamot peel essential oil with gum arabic and maltodextrin blends: stability and release characteristics of the essential oil compounds. Gıda The Journal Of food, 43, 957-970.

Özdikicierler, O., Dirim, S.N., Pazır, F. (2014). The effects of spray drying process parameters on the characteristic process indices and rheological powder properties of microencapsulated plant (*Gypsophila*) extract powder. Powder Technology, 253, 474-480.

Pandey, R., Kalra, A., Tandon, S., Mehrotra, N., Singh, H.N., Kumar, S. (2000). Essential oil compounds as potent source of nematicidal compounds. Journal of Phytopathology 148(7-8): 501-502.

Paques, J. P., Sagis, L. M., Van Rijn, C. J., Van der Linden, E. (2014). Nanospheres of alginate prepared through w/o emulsification and internal gelation with nano- particles of CaCO 3. Food Hydrocolloids, 40, 182–188.

Peker, H., Arslan, S. (2011). Mikroenkapsülasyon ve Süt Teknolojisinde Kullanım Alanları. Akademik Gıda, 9(6)- 70-80.

Pessoa, L.M., Morais, S.M., Bevilaqua, C.M.L., Luciano, J.H.S. (2002). Anthelmintic activity of essential oil of Ocimum gratissimum Linn. and eugenol against Haemonchus contortus. Veterinary Parasitology 109(1-2): 59-63.

Radünz, M., Hackbart, H.C.S., Camargo, T.M., Nunes, C.F.P., Barros, F.A.P., Magro, J.D., Filho, p.j.s., Gandra, E.A., Radünz, A.L., Zavareze, E.R.(2020). Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (Thymusvulgaris) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. International Journal of Food Microbiology, 330-108696.

Rajkumar, V., Gunasekaran, C., Paul., C.A., Dharmaraj, J. (2020). Development of encapsulated peppermint essential oil in chitosannanoparticles: characterization and biological efficacy against stored-grainpest control. Pesticide Biochemistry and Physiology, 170-104679.

Rao, V. P. S., & Pandey, D. (2006). Extraction of essential oils and its applications. Orissa, India: National Institute of Technology Rourkela.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. Journal of Food Engineering, 49, 311-319.

Ricaurte, L., Perea-Flores, M.J., Martinez, A., Quintanilla-Carvajal, M.X. (2016). Production on high-oleic palm oil nanoemulsions by high-shear homogenization (microfluidization). Innovative Food Sci Emerg Technol. 35: 75–85.

Risch, S.J. (1995). Encapsulation: Overview of Uses and Techniques. In Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients American Chemical Society: Chapter 1, Washington, DC.

Shahidi, F., Han, X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. Critical Review in Food Science and Nutrition, 33: 501–547p.

Silva, T.M.D., Lopes, E.J., Codevilla,C.F., Cichoski, A.J., Flores, E.M.M., Motta, M.H., Silva, C.D.B., Grosso, C.R.F., Menezes, C.R. (2018). Development and characterization of microcapsules containing *Bifidobacterium* Bb-12 produced by complex coacervation followed by freeze drying.LWT, 90- 412-417.

Sokmen. A., Abdel-Baki, A.A., Al-Malki, E.S., Al-Quraishy, S., Abdel-Haleem, H.M. (2020). Constituents of essential oil ofOriganum minutiflorumand its in vitroantioxidant, scolicidal and anticancer activities. Journal of King Saud University – Science 32- 2377- 2382.

Sri, J., Seethadevi, A., Prabha, K.S., Muthuprasanna, P., Pavitra, P. (2012). Microencapsulation: a review. International Journal of Pharma and Bio Sciences, 3(1), 509-531.

Taha. A., Ahmed, E., İsmaiel, A., Ashokkumar, M., Xu, X., Pan, S., Hu, H. (2020). Ultrasonic emulsification: An overview on the preparation of different emulsifiers-stabilized emulsions. Trends in Food Science & Technology, 105, 363-377.

Thies, C. (2016). Encapsulation by complex coacervation, Encapsulation and controlled release technologies in food systems. John Wiley & Sons Ltd, Chapter 3, Oxford, UK.

Timilsena, Y.P., Akanbi, T.O., Khalid, N., Adhikari, B., Barrow, C.J. (2019). Complex coacervation: Principles, mechanisms and applications in microencapsulation. International Journal of Biological Macromolecules, 121-1276-1286.

Turhan, İ., Tetik, N., Karhan, M. (2006). Turunçgil kabuk yağlarının elde edilmesi ve gıda endüstrisinde kullanımı. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3:71-77.

Veneranda, M., Hu, Q., Wang, T., Luo, Y., Castro, K., Madariaga, J. M. (2018). Formation and characterization of zein-caseinate-pectin complex nanoparticles for encapsulation of eugenol. LWT - Food Science and Technology, 89, 596- 603.

Volić, M., Pajić-Lijaković, I., Djordjević, V., Knežević-Jugović, Z., Pećinar, I., Stevanović-Dajić, Z., Veljović, Đ., Hadnadjev, M., Bugarski, B. (2018). Alginate/soy protein system for essential oil encapsulation with intestinal delivery. Carbohydrate Polymers, 200, 15-24.

Wang, W., Chen, M., Chen, G. (2012). Issues in Freeze Drying of Aqueous Solutions. Chinese Journal of Chemical Engineering 3-551-559.

Wen, P., Zhu, D. H., Wu, H., Zong, M. H., Jing, Y. R., Han, S.Y. (2016). Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging. Food Control, 59, 366-376.

Wintola, O.A., Olajuyigbe, A.A., Afolayan, A.J., Coopoosamy, R., M Olajuyigbe, O.O. (2021). Chemical composition, antioxidant activities and antibacterial activities ofessential oil fromErythrina caffraThunb. growing in South Africa.Heliyon 7-e07244.

Yeo, Y., Baek, N., Park, K. (2001). Microencapsulation methods for delivery of protein drugs. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 6(4), 213–230.

Yuan, Y., Li, M. F., Chen, W. S., Zeng, Q. Z., Su, D. X., Tian, B., He, S. (2018). Microencapsulation of shiitake (Lentinula edodes) essential oil by complex coacervation: formation, rheological property, oxidative stability and odour attenuation effect. International Journal of Food Science and Technology, 53:7, 1681-1688.

Zhang, G., Yuan, C., Sun., Y. (2018). Effect of selective encapsulation of hydroxypropyl-β-cyclodextrin on components and antibacterial properties of star anise essential oil. Molecules, 23:5.

Zhu, H., Zhang, Y., Tian, J., Chu, Z. (2018). Effect of a new shell material—Jackfruit seed starch on novel flavor microcapsules containing vanilla oil. Industrial Crops and Products, 112, 47-52.

BÖLÜM 19

SU ÜRÜNLERİNİN MUHAFAZASINDA ESANS YAĞLARIN KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Ali Eslem KADAK[1]

Prof. Dr. Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ[2]

Prof. Dr. Mehmet ÇELİK[3]

[1] Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü, Kastamonu/Türkiye. ORCID: 0000-0002-7128-9134. e-posta: akadak@kastamonu.edu.tr

[2] Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana/Türkiye. ORCID: 0000-0001-5419-5921. e-posta: akucukgulmez@cu.edu.tr

[3] Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Adana/Türkiye. ORCID: 0000-0003-4330-2490. e-posta: mcelik@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dünya genelinde üretici, tüketici ve gıda endüstrisi, gıda kalitesi ve güvenliği konularına çok önem vermektedir. Doğal, taze, minimal işlenmiş, kolay hazırlanan ve yemeye hazır ürünlere (ready-to-eat) talebin artması gibi tüketici davranış değişiklikleri küreselleşmeden kaynaklanmaktadır. Bu ürünler içerisinde de yüksek kaliteli protein kaynağı olan balık ve diğer su ürünleri son zamanlarda çok daha fazla ilgi çekmektedir (Hassoun ve Çoban, 2017). Dünya genelinde toplam su ürünleri üretimi 178,5 milyon ton olup bunun 156,4 milyon tonu insan gıdası olarak kullanılmaktadır. Toplam işlenmiş ürünler ise soğutulmuş (68,81 milyon ton/yıl), dondurulmuş (54,75 milyon ton/yıl) ve diğer yöntemlerle işlenmiş (32,84 milyon ton/yıl) olarak ayrılmıştır (FAO, 2018). Ülkemiz verilerine bakıldığında ise toplam su ürünleri üretimi 836,524 ton/yıl olup, toplam insan tüketimine sunulan ürün ise 624,182 ton/yıl olarak tespit edilmiştir (TÜİK, 2019).

Günümüzde birçok ülkede tercih edilen gıdalar içerisinde ilk sıralarda su ürünleri yer almaktadır. Yapısında bulunan yüksek protein içeriği, çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel amino asitler, mineral maddeler ve vitaminler, sağlıklı ve dengeli beslenmede su ürünlerini değerli kılmaktadır. İçerdikleri çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) grubundan olan n-3 yağ asitlerinin, özellikle kalp ve damar hastalıklarında koruyucu etki gösterdiği, hipertansiyonda, diyabette, bebeklerin beyin gelişiminde olumlu yönde, kanser, depresyon, otoimmün hastalıklar, anemi ve alerji üzerine de iyileştirici etkilerinin

olduğu, eksikliğinde ise cilt hastalıkları ve görme bozuklukları gibi rahatsızlıkların ortaya çıktığı farklı araştırmalarda bildirilmiştir (Dyerberg ve Bang, 1979; Hunter ve Roberts, 2000; Uauy ve Valenzuela, 2000; Lin ve ark., 2003; Chol, 2005; Gladyshev ve ark., 2005; Mairesse ve ark., 2006). Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) 200-500 mg omega PUFA alımı için haftalık en az 1-2 öğün balık tüketimini tavsiye etmektedir.

İnsan beslenmesinde çok öneme sahip olduğu kadar bozulması da bir o kadar hızlı olan su ürünleri etinin muhafazası oldukça önemlidir. Su ürünleri etinin mikrobiyolojik, enzimatik ve fiziksel bozulmalara karşı duyarlı olmaları nedeniyle üretiminden tüketimine kadar geçen süre içerisinde özelliklerinin muhafazası hususundan çok dikkat edilmesi gereken gıdalar içerisinde yer almaktadır (Kundakçı, 1982; Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Taze balık, yakalandıktan hemen sonra endojenik enzimlerden ve kontaminasyondan kaynaklı doğal olarak hızlı mikrobiyal yükten dolayı çok kolay bozulabilmektedir (Mei ve ark., 2019). Bilindiği üzere su ürünlerinin içerdiği yüksek doymamış yağ asitleri, oksidasyona karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle su ürünlerinde depolama süresince meydana gelen lipit oksidasyonu önemli bir kalite sorunudur. Özellikle soğukta veya donmuş depolama sırasında yüksek doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu, tat ve lezzette arzu edilmeyen değişimler, esansiyel yağ asitlerinin yapısında bozulmalar ve besinsel kayıplar meydana getirmektedir. Bu nedenle avlanmadan sonra kısa süre içerisinde tüketilmeli veya çeşitli şekillerde işlenerek muhafaza edilmelidir. Bu amaçla su ürünlerini

bozulmadan saklayabilmek ve sağlıklı bir şekilde tüketiciye ulaştırmak için ham maddenin özelliği de göz önünde tutularak farklı işleme teknolojileri uygulanmaktadır (Ovayolu, 1997). Su ürünleri işleme sektöründe soğutma, dondurma, konserve, dumanlama, marinasyon, tuzlama, kurutma, vakum paketleme, modifiye atmosfer paketleme gibi uygulamalar günümüzde kullanılmaktadır. Bu işleme yöntemlerine ek olarak su ürünleri etinin güvenliğinin sağlanmasında kimyasal koruyucu katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Bu amaçla ticari antioksidanlar, oksidatif değişiklikleri geciktirerek besinin raf ömrünü arttırmak için özellikle yağlarda ve yağlı besinlerde kullanılan katkı maddeleridir. Fakat son zamanlarda kimyasal koruyucu maddelerin güvenliği ile ilgili duyulan endişeler nedeniyle doğal katkı maddelerine (doğal antimikrobiyal ve antioksidan) olan ilgi artış göstermiştir. Bu gelişmeler ile gıdaların raf ömrünü doğayla özdeş maddelerle uzatma yolunda önemli adımlar atılmış bu tür doğal maddeleri elde etme araştırmaları önemli hale gelmiştir. Bunlar içerisinde de esans yağlar üzerine yapılan araştırmalar hız kazanmıştır. Esans yağların, su ürünleri etinde bozulmaya neden olan bakteri, küf ve mayaların metabolik aktivitelerini inhibe eden bileşikler olduğu ve bu maddelerin su ürünleri raf ömrünü uzatmada başarılı bir şekilde kullanılabilecek doğal antioksidan ve antimikrobiyal madde oldukları yapılan birçok bilimsel çalışmada gösterilmiştir (Albarracin ve ark., 2012).

2. ESANS YAĞLAR

Esans yağlar (uçucu/eterik yağ), bitkilerin ya da bitkisel kaynakların, kök, gövde, çiçek, meyve, tohum, kabuk, yaprak, dal, ağaç kabuğu, çimen, rizom, reçine ve odun kısımlarından farklı yöntemler ile elde edilen, oda sıcaklığında genellikle sıvı formda olan, kolaylıkla kristalize olabilen, renksiz ya da açık renkli, kuvvetli kokulu, su buharı ile taşınabilen karışımlardır. Bu yağlara açıkta bırakıldıklarında oda sıcaklığında bile buharlaşabildiklerinden dolayı "uçucu yağ", eter gibi uçtukları için de "eterik yağ", güzel kokulu olmaları ve parfüm sanayisinde kullanımlarından dolayı da "esansiyel yağ" denilmektedir. (Şengezer ve Güngör, 2006; Albarracin ve ark., 2012; Turhan ve ark., 2015). Bitkisel materyalden esans yağ elde edilmesinde farklı yöntemler mevcut olup bunların en önemlileri; sulu distilasyon, su-buhar distilasyonu, buhar distilasyonu, maserasyon (yumuşatma) distilasyonu, empiromatik (yıkıcı) distilasyon ve preslemedir. Presleme dışındaki bütün yöntemlerde esans yağın çıkarılmasında ısı enerjisi gereklidir. Bu metotlar içerisinde ticari üretimde en yaygın olanı buhar distilasyon yöntemidir (Albarracin ve ark., 2012; Turan ve Tural., 2017). Distilasyon işlemi bitkinin suyla karıştırıp kaynatma veya içinden su buharı geçirme yoluyla gerçekleşmektedir (Şengezer ve Güngör, 2006).

Doğada yaklaşık 3000 farklı esans yağ olduğu bilinmektedir, bunlardan 300'ü lezzet ve koku endüstrilerinde ticari açıdan önemlilerdir (Albarracin ve ark., 2012). Yenibahar, badem, defne, karabiber, karaman kimyonu, tarçın, karanfil, kişniş, kimyon,

sarımsak, greyfurt, limon, mandarin, soğan, portakal, kekik, kuşburnu, adaçayı ve mercanköşk antimikrobiyal etkisi bilinen esans yağların başında gelmektedir (Turhan, 2015). Farklı bitkilerin değişik kısımlarındaki esans yağlar, bileşikleri ve bunların elde edilme yöntemlerine dair bugüne kadar yapılan bazı çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

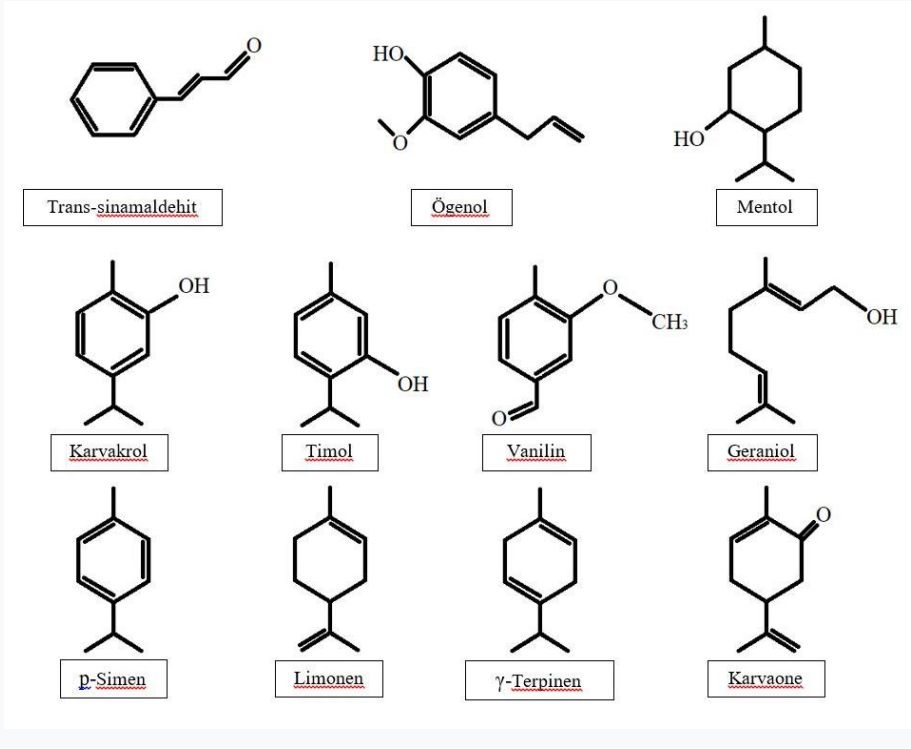
Tablo 1. Bitkilerde Bulunan Bazı Esans Yağlar ve Bileşikleri

Bitki ismi	**Latince**	**Esans Yağ veya Bileşikleri**	**Bitki Kısımları ve Elde Etme Yöntemi**	**Kaynak**
Kırmızı yosun	*Asparagopsis taxiformis*	Laurenterol, bromin ve iodin içeren halomon, callicladol	Tüm kısımları, etanol ekstrakt	Kasanah, ve ark., 2015
Anason	*Pimpinella anisum*	Aniseed oil, trans-anetol, estragol	Meyve, tohum, buhar ile damıtma	Başer, 2009
Biberiye	*Salvia rosmarinus*	Flavones, rosmarinik asit	Yaprak, buhar ile damıtma, etanol ekstrakt	Campo, 2000
Adaçayı	*Salvia officinalis L.*	Camhor, α-pinen, β-pinen, 1,8-sineol, α-tujone	Yaprak, buhar ile damıtma	Marino ve ark., 2001
Karanfil	*Syzygium aromaticum*	Öjenol, öjenol asetat	Meyve-tohum, buhar ile damıtma	Bauer ve ark., 2008
Roma papatyası	*Anthemis nobilis*	En-yn-disisloether, β-karyofillen, aristolen epoksit	Çiçek, buhar ile damıtma	Sadiki ve El Idrissi, 2019
Kişniş	*Coriandrum sativum*	Linalol, E-2-dekanol	Tohum, distilasyon	Delaquis ve ark., 2002
Adi pire otu	*Pulicaria inuloides*	2-Cyclohexen-1-one, benzen-metil, z-sitral	Gövde ve yaprak, buhar ile damıtma	All-Hajj ve ark.,

				2014a
Defne	*Laurus nobilis*	Okaliptol, sesquiterpenler, metilögenol, β-pinen, phellandrene, linalol, geraniol, terpineol	Yaprak, buhar ile damıtma	Başer, 2009
Okaliptus	*Eucalyptus dives*	Sineol, piperitone, terpinen-4-ol, α-terpinolene, α-thujene, α-phellandrene	Yaprak, su buharı ile damıtma	Delaquis ve ark., 2002
Neem ağacı	*Azadirachta indica*	triterpenoid-azadiraktin	Tohum, etanol ekstrakt	Aerts ve Mordue, 1997
Altın otu	*Helichrysum arenarium*	Siklotrisiloksan, glikolik asit, fenol	Gövde ve yaprak, aseton ekstrakt	Ermişler, 2017
Tarçın	*Cinnamomum zeylandicum*	Trans- sinemaldehit	Kök ve yaprak, distilasyon	Lens-Lisbonne ve ark., 1987
Kekik	*Thymus vulgaris*	Timol, karvakrol, γ-terpinen, p-simen	Yaprak ve tohum, distilasyon	McGimpsey ve ark., 1994
Keklik otu	*Origanum vulgare*	Karvakrol, timol, γ-Terpinen, p-simen	Yaprak ve tohum, distilasyon	Lawrence ve Reynolds, 1984
Biberiye	*Rosmarinus officinalis*	α-pinene, bornil asetat, kampor, 1,8-sineole	Gövde ve yaprak, su buharı ile damıtma	Burt, 2004

Dereotu	*Anethum graveolens L.*	d-limonen, karvone, dehidrokarvone	Tohum ve gövde, distilasyon	Delaquis ve ark., 2002
Fesleğen	*Ocimum forskolei*	Bicyclo[3.1.1] hept-2-ene, naftalin, linalol	Yaprak, hidrodistilasyon	All-Hajj ve ark., 2014b
Nane	*Mentha spicata*	Karvone, limonen, 1,8-sineol, β-pinen, cis-dehidrokarvone, dehidrokarveol	Yaprak, su buharı ile damıtma	Ali-Shtayeh ve ark., 2019
Zencefil	*Zingiber officinale*	Zingiberen, β-bisabolene, α-curcumene, gingerol, shogaol, paradols	Kök	Prasad ve Tyagi, 2015

Esans yağların kimyasal yapılarındaki en büyük grubu terpenler oluşturmaktadır. Ayrıca, seskiterpenler ve farklı alifatik hidrokarbon gruplarına sahip diterpenler, asitler, alkoller, aldehitler, asiklik esterler, fenil propanoitler, yağ asitleri ve esterleri, azot ve kükürt bileşiklerini de içermektedir (Şengezer ve Güngör, 2006; Beyaz, 2014; Uçar ve ark., 2015; Moosavi-Nasab ve ark., 2020). Bazı esans yağların molekül yapıları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bazı Esans Yağ Bileşiklerinin Molekül Yapıları

Esans yağlar oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uzun yıllardan beri kozmetik, ilaç, aromaterapi ve fitoterapi başta olmak üzere bilimsel ve ticari birçok alanda kullanılmaktadır. Son zamanlarda gıda katkı maddesi olarak kullanımlarına bilim adamları ve tüketicilerin ilgisi giderek artmaktadır (Turhan, 2015; Bilgin ve Kocabağlı, 2010). Esans yağların tüm bu sektörlerde kullanımının sebebi farklı biyolojik aktivitelere ve potansiyel sağlık yararlarına sahip olabilmelerindendir. Bazı araştırmalar, belirli esans yağların antimikrobiyal, antiviral, hipolipidemik, antimikotik, antioksidan, antidiyabetik, antienflamatuvar, antikanserojenik antiparazit özelliklerinin olduğunu göstermiştir (Albarracin ve ark., 2012;

Moosavi-Nasab ve ark., 2020; Yazıcı ve ark., 2020). Esans yağların çoğu GRAS (Generally Recognized as Safe) olarak sınıflandırılsa bile, etkili antimikrobiyal dozların organoleptik olarak kabul edilebilir seviyelerde olması gerekmektedir. Bu nedenle, gıdanın duyusal özelliklerini etkilemeyecek, patojenik bakterilerin inhibisyonunu sağlayacak minimum esans yağ konsantrasyonu belirlenmelidir (Turhan, 2015). Ayrıca metabolik dönüşümlerinin hızlı olması nedeniyle, esans yağların vücut dokularında birikimleri olmamaktadır (Şengezer ve Güngör, 2006).

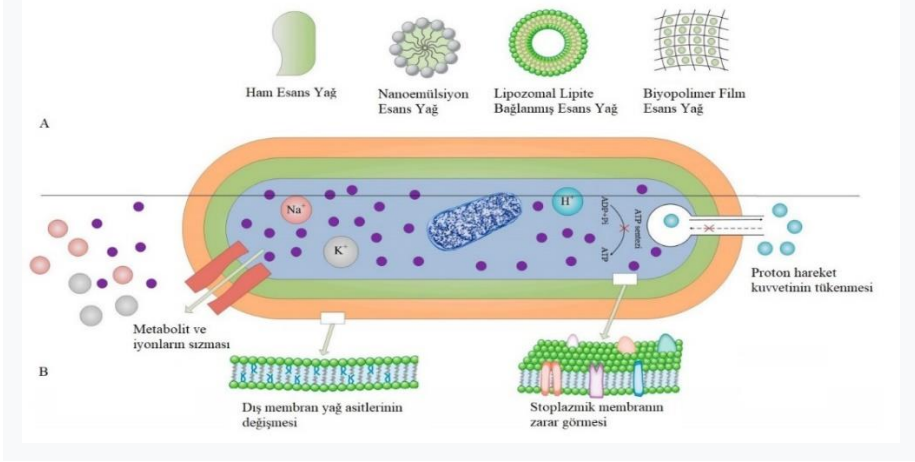
2.1. Esans Yağların Antimikrobiyal Aktivitesi

Bitkilerde ikincil metabolitler olarak üretilen ve bitkilerin karakteristik kokusundan sorumlu olan uçucu organik bileşiklerin karışımı olan esans yağların antimikrobiyal özellikleri uzun yıllardır bilinmektedir. Bu özellikleri sayesinde diğer birçok kimyasal gıda koruyucu maddelere alternatif olmuşlardır. Esans yağların antibakteriyel özelliklerinden sorumlu ana bileşiklerin başında timol, karvakrol, ögenol, asit 1, 8 kafeik ve transsinnamaldehit gibi fenolik bileşiklerin geldiği bildirilmiştir (Albarracin ve ark., 2012). Özellikle karvakrolün 4°C'de muhafaza edilen balıklardaki *Salmonella*'ya karşı bakterisidal etki gösterdiği saptanmıştır. (Korukluğlu ve ark., 2006).

Esans yağlar ve bunların bileşenleri birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. *Bacillus cereus, Campylobacter jejuni, Clostridium botulinum, Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Pseudomonas spp., Staphylococcus aureus, Shigella*

spp., *Salmonella enterica*, *Typhimurium* ve *Vibrio parahaemolyticus* gibi gram pozitif ve gram negatif birçok bakteri üzerinde antimikrobiyal etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Bunlara ek olarak *Aspergillus* spp., *Fusarium moniliforme*, *Rhizopus oligosporus* ve *Saccharomyces cervisiae* gibi mantar türlerinde de antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Gill, 2005).

Esans yağların antimikrobiyal etkinliği, yağın kimyasal bileşenlerine, konsantrasyonuna, gıda matrisi ile etkileşimler ve uygulama yöntemine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bazı esans yağların, test edilmiş gıda kaynaklı patojenik bakterilere karşı membran bütünlüğü üzerinde inhibitör etki gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 2). Gram pozitif bakteriler genellikle gram negatif bakterilere göre esans yağlara karşı daha duyarlıdır. Gram negatif bakterilerin hücre duvarı lipopolisakkaritleri, makromoleküllere ve hidrofobik bileşiklere doğru bir bariyer oluşturabilmektedir (Mei ve ark., 2019; Moosavi-Nasab ve ark., 2020)



Şekil 2. Esans Yağların Antimikrobiyal Etki Mekanizması

Farklı gıdalardaki bakteriler üzerine esans yağların antimikrobiyal etkisine dair birçok çalışma mevcut olup bu yağların gıda ürünlerinde antimikrobiyal olarak kullanımının sınırlayan en önemli faktör ürünlerin duyusal özelliklerine olan etkisidir (Gill, 2005).

Esans Yağların Antioksidan Aktivitesi

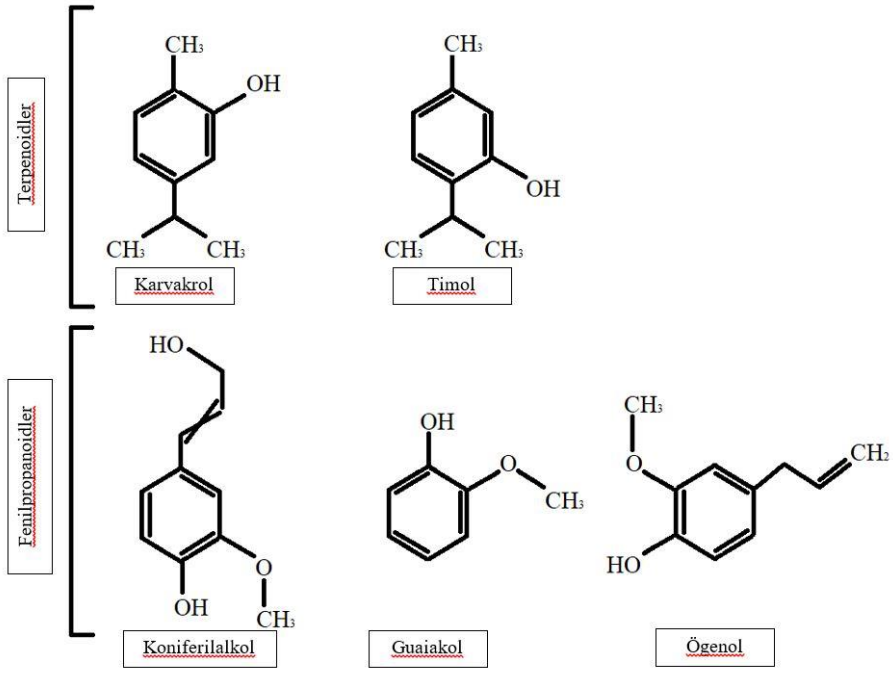
Gıdaların uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi ve kalitenin korunması amacıyla sentetik antioksidanlar kullanılmaktadır. Özellikle bitkisel ve hayvansal yağların, yağlı gıdaların depolanmasında karşılaşılan oksidasyon sorunu, sentetik antioksidanlar ile çözülmeye çalışılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan sentetik antioksidanlar: butillendirilmiş hidroksitoluen (BHT), butillendirilmiş hidroksianisol (BHA), eritorbik asit, sodyum eritorbat, gallatlar, tersiyer butilhidrokinon (TBHQ) ve nordihidroguairatik asit (NDGA)'tir (Shahidi, 2000; Altuğ, 2001).

Son zamanlarda, toksikolojistler ve beslenme uzmanları, gıdalarda kullanılan sentetik antioksidanların tüketici sağlığına olan olumsuz etkilerine dikkat çekmektedir. Kanserojen etkiler gibi birçok sağlık riskine yol açabileceğinden dolayı bu sentetik antioksidanların gıdalarda kullanımı yasal limitlerle sınırlandırılmıştır (Kaitaranta, 1992; Shahidi, 2000; Chol, 2005; Ekanayake ve ark., 2005; Serdaroğlu ve Felekoğlu, 2005; Turhan ve Üstün, 2006; Gülçin, 2007). Bundan dolayı son yıllarda doğal antioksidanlara olan ilgi artmış ve tüketiciler mümkün olduğunca doğala yakın gıdaları tercih

etmeye başlamışlardır. Bunlar içerisinde de esans yağlar son zamanlarda oldukça dikkat çekmektedir.

Bitkisel dokulardan elde edilen tokoferoller, gıda sanayinde en yaygın kullanılan doğal antioksidanlardır. Gıdalarda doğal olarak bulunan antioksidanlar; flavonoidler, lignanlar, terpenler, rosmarinik asit, tokoferoller, karotenoidler, çok fonksiyonlu organik asitler ve doğal antioksidanların en önemlilerinden biri olan fenollerdir (Tozer, 2001; Pazos ve ark., 2005; Yasin ve Abou-Taleb, 2007). Bunlara ek olarak, son zamanlarda farklı kaynaklardan doğal antioksidan elde etme araştırmalarını hızlandırmıştır. Bu amaçla birçok bitki ve baharat türünde (adaçayı, yeşil çay yaprağı, nar kabuğu, üzüm çekirdeği, sesamol, ısırgan otu, fesleğen, kekik, biberiye vb.) yapılan çalışmalar sonucunda yeni doğal antioksidanlar keşfedilmiştir (Saito ve Nakamura, 1990; Vareltzis ve ark., 1997; Serdaroğlu ve Felekoğlu, 2005; Yasin ve Abou-Taleb, 2007; Hisar ve ark., 2008; Selmi ve Sadok, 2008; Silva Afonso ve Sant'ana 2008; Yerlikaya, 2008; Al-Bandak ve ark., 2009; Turhan ve ark., 2009).

Birçok esans yağın ana bileşeni iki spesifik yapısal gruba ayrılır. Birincisi terpenoidler (monoterpen, sesquiterpen, diterpen) ikincisi ise fenilpropanoidlerdir. Bunların yapıları Şekil 3'de gösterilmiştir (Moosavi-Nasab ve ark., 2020).



Şekil 3. Esans Yağlardaki Bazı Fenolik Bileşiklerin Molekül Yapıları

Fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi, serbest radikalleri temizleme, metal iyonlarla bileşik oluşturma ve tekli oksijen oluşumunu engelleme veya azaltma gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, lipitlerin ve diğer biyomoleküllerin serbest radikallerce okside olmalarını engellemek için aromatik halkalarındaki hidroksil gruplarında bulunan hidrojeni verebilmektedir. Flavonoidler ve diğer fenolik bileşikler çoğunlukla bitkinin yaprak, çiçek ve odunsu kısımlarında bulunduğundan dolayı genellikle bu kısımlardan elde edilen esas yağlar kullanılmaktadır (Çoban, 2010). Esans yağların antioksidatif etkisi içerdikleri etken maddelerin miktarına,

ekstraksiyonda kullanılan çözgenin tipine, ekstraksiyon yöntemine göre değişkenlik göstermektedir (Beyaz, 2014).

3. TAZE VE İŞLENMİŞ SU ÜRÜNLERİNDE ESANS YAĞLARIN KULLANIMI

Çeşitli sentetik ve doğal katkı maddeleri uzun yıllardır su ürünlerinde koruyucu olarak kullanılmaktadır. Ancak bu amaçla kullanılan sentetik kökenli maddelerin insan vücudunda istenmeyen ve beklenmedik yan etkiler oluşturması, doğal koruyuculara yönelimi artırmıştır. Uzun süreden beri, su ürünlerinin koku ve tat gibi özelliklerini arttırmak için katkı maddesi olarak kullanılan baharat ve doğal aromatik bitkilerin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Su ürünleri etinin taze olarak muhafaza edilebilmesi için doğal katkı maddeleri olarak, esans yağların kullanımı yaygınlaşmıştır. Kimyasal ve mikrobiyal bozulma reaksiyonlarının sebep olduğu kısa raf ömrü, geleneksel muhafaza yöntemleri ile durdurulabilir fakat bunula birlikte doğal koruma yöntemlerine ilgi artmaktadır. Esans yağlar yalnız başına ya da diğer tekniklerle kombinasyonla su ürünlerinin raf ömrünü uzatabilen doğal antioksidan ve antimikrobiyallerdir (Moosavi-Nasab ve ark., 2020).

Herhangi bir işleme yöntemi uygulanmadan sadece farklı esans yağlar eklenmiş taze su ürünlerinin soğuk ortam şartlarında depolanması süresince meydana gelen değişimlere dair yapılan çalışmaların özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Taze Su Ürünlerinin Muhafazasında Esans Yağların Kullanımı

Uygulanan ürün	**Depolama şartları**	**Eklenen esans yağ veya bileşikleri**	**Sonuç**	**Kaynak**
Kanal kedi balığı (*Ictalurus punctatus*)	4°C	Kekik, limon, portakal, mandalina ve karvakrol yağı	Esans yağların *Listeria monocytogenes* bakterisine karşı inhibisyon kabiliyeti araştırılmış, çalışma sonucunda kekik ve karvakrol uygulanan grupların daha uzun süre depolanabildiği ifade edilmiştir.	Desai ve ark., 2012
Balık parçaları	4°C	Karvakrol, sitral ve geraniol	*Salmonella typhimurium* ile kontamine edilmiş balık parçalarına farklı oranlarda uygulanan esans yağların antimikrobiyal etkinliği araştırılmış, çalışma sonucunda sırasıyla en yüksek etkiyi karvakrol, geraniol ve citral gösterdiği rapor edilmiştir.	Kim ve ark., 1995
Sardalya (*Sardina pilchardus*)	8±1°C	Portakal (limonen), limon (β-pinene, γ-terpinene), bergomat (linalyl asetat, linalol)	Sardalya balığına 3,5 log CFU/g *Staphylococcus aureus* bakterisi inoküle ettikten sonra portakal, limon ve bergamot esans yağı ile muamele edilmiş, çalışma sonuçlarına göre en yüksek antimikrobiyal etkinlik limon ve bergamot esans yağı uygulanan gruplarda görülmüştür.	Djenane, 2015
Sazan balığı (*Cyprinus carpio*)	5°C ve 10°C	Sarımsak yağı ve bileşikleri (isothiosianat	Sarımsak yağı uygulanmış sazan balığı derisiz filetolarında doğal olarak bulunan mikroorganizma yükünü gidermek amacıyla	Mahmoud, ve ark., 2004

		e, karvakrol, sinnamaldehit, sitral, kumin aldehit, öjenol, isoöjenol, linalol ve timol)	yapılan mikrobiyal analizler sonucunda en yüksek antimikrobiyal etkiyi sırasıyla timol, karvakrol ve sinnamaldehit etken maddelerinden elde etmişlerdir.	
Karides (*Penaeus spp*.)	4±1°C, 12 gün	Kekik esans yağı, trans-sinnamaldehit	Farklı oranlarda hazırlanan esans yağ ve katkı maddeleriyle kaplanan karides etlerinin buzdolabı şartlarında depolanması süresince mikrobiyal ve duyusal parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda raf ömrünün önemli düzeyde artığı tespit edilmiştir.	Ouattara ve ark., 2001
Asya levreği (*Lates calcarifer*)	0-2°C	Kekik ve mercanköşkü (oregano)	Tüm olarak temin edilen Asya levreğinin kekik ve mercanköşkü esans yağları ile % 0,05 oranında muamele edilmesi sonrası 0-2°C sıcaklıkta 33 gün depolanması süresince mikrobiyal ve duyusal olarak tüketilebileceği sonucu elde edilmiştir.	Harpaz ve ark., 2003
Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*)	4°C, 18 gün	Mercanköşkü ve kekik	Alabalık filetolarının ayva çekirdeği müsilaj filmi içerisine karıştırılan esans yağlarla buzdolabı şartlarında depolanması süresince mikrobiyal, kimyasal ve duyusal olarak yapılan analizler sonucunda kontrol grubuna göre önemli düzeyde raf ömrünü	Jouki ve ark., 2014

			artırdığı belirtilmiştir.	
Kalkan (*Psetta maxima*)	4°C, 20 gün	Sarımsak ve zencefil	Kalkan balığı filetolarının esans yağlar eklenmiş jelatin ile kaplanarak buzdolabı şartlarında depolanması süresince kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda mikrobiyal yükün esans yağlar eklenmiş filetolarda azaldığı ve kimyasal özellikleri bakımından sarımsak yağı eklenmiş örneklerin raf ömrünün 4 gün arttığı gözlenmiştir.	Xu ve ark., 2017
Palamut (*Sarda sarda*)	4°C	Zencefil	Zencefil esans yağı uygulanan palamut balığı balık parçalarının buzdolabı şartlarında depolanması süresince yapılan kimyasal ve duyusal değerlendirmeler sonucunda %1 zencefil yağı eklenen ürünlerin raf ömrünün önemli düzeyde arttığı rapor edilmiştir.	Çoban, 2013
Gökkuşağı alabalığı *(Oncorhynchus mykiss)*	4°C, 15 gün	Biberiye	Gökkuşağı alabalıklarında biberiye esansiyel yağı ile dekontaminasyon yönteminin mehafaza süresini artırdığı bildirilmiştir.	Özpolat ve ark., 2017

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, ticari kimyasal koruyuculara alternatif olarak doğal antioksidan ve antimikrobiyal özelliğe sahip farklı esans yağların taze su ürünlerinin muhafazası

esnasında pozitif etkilere sahip olduğu bütün araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu çalışmalara ek olarak farklı yöntemlerle işlenmiş su ürünlerine eklenen esans yağların depolama süresi ve et kalitesi üzerine etkisine dair yapılan çalışmalar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İşlenmiş Su Ürünlerinin Muhafazasında Esans Yağların Kullanımı

Uygulanan ürün	**Depolama şartları**	**Eklenen esans yağ veya bileşikleri**	**Sonuç**	**Kaynak**
Vakum paketlenmiş altın palamut (*Trachinotus ovatus*)	10±1°C, 12 gün	Yalancı pire otu *(Pulicaria inuloides* ve *Pulicaria crispa*)	Elde edilen esans yağlar uygulanarak depolanan ürünlerin mikrobiyal yüklerinin daha az olduğu böylece raf ömürlerinin arttığı belirtilmiştir	All-Hajj ve ark., 2017
Vakum paketlenmiş alabalık (*Oncorhynchus mykiss*)	4°C, 20 gün	Öjenol ve karvakrol	Vakum paketleme yapılmış alabalıkların buzdolabı şartlarında depolanmasında esans yağların depolama süresince *Listeria monocytogenes* inoküle edilen balıklarda mikroorganizma yoğunluğunu düşürüp düşürmediği araştırılmış, karvakrol, karvakrol+öjenol uygulanan gruplara göre sade öjenol uygulanan gruta mikroorganizma yoğunluğunun önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir.	Dimitrijević ve ark., 2019
Modifiye	2°C	Fesleğen,	Derisiz filetoları hazırlanan	Mejlholm

atmosfer paketlenmiş morina (*Gadus morhua*), Atlantik somon (*Salmo salar*) filetoları		defne, tarçın, karanfil, limon otu, mercanköşkü, kekik, adaçayı	morina ve atlantik somon balıklarının farklı esans yağlarla muamele edilmesi sonrası modifiye atmosfer paketleme yapıldığı çalışmada en yüksek antimikrobiyal etkinlik sırasıyla mercanköşkü, tarçın, limon otu, kekik, karanfil, defne, adaçayı ve fesleğen şeklinde olmuştur.	ve Dalgaard, 2002
Vakum paketlenmiş karides (*Penaeus semisulcatus*)	4°C, 24 gün	Timol, karvakrol ve öjenol	Tüm grupların pH, TVB-N ve TMA-N değerlendirmesi sonucunda karideslerin raf ömrünün uzadığı ve özellikle timol uygulamasının su ürünlerinde raf ömrünü artırmak için esans yağ uygulaması olarak tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.	Öner ve Yıldırım, 2018
Modifiye atmosfer paketlenmiş çipura (*Sparus aurata*) filetoları	0±1°C, 15-30 gün	Zeytin, mercanköşkü yağı ve limon suyu	Çipura filetolarına farklı mikroorganizmalarla inoküle edildikten sonra esans yağlar ve limon suyu karışımı uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda uygulamaların mikroorganizmaları inhibe ettiği ve raf ömrünü artırdığı belirtilmiştir.	Tassou ve ark., 1996
Jelatin ve kitosan eklenerek vakum paketlenmiş	2±1°C, 11 gün	Rezene, karanfil, servi, lavanta, kekik, çam, biberiye ve	Balık jelatini ve kitosan ile hazırlanan biyofilme eklenen farklı esans yağların 18 farklı mikroorganizma üzerindeki inhibisyon etkinliği	Gómez-Estaca ve ark., 2010

morina (*Gadus morhua*)		mine çiçeği esans yağları	incelenmiştir. Depolama sonucunda en yüksek antimikrobiyal özelliği sırasıyla karanfil, biberiye ve lavanta esans yağları göstermiştir.	
Tuzlanmış ve vakum paketlenmiş alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetoları	4°C	Kekik (oregano)	Tuzlanmış alabalık filetolarının esans yağ uygulandıktan sonra vakum paketleme yapılarak buzdolabı şartlarında depolanması süresince mikrobiyal, fizikokimyasal ve duyusal değerlendirmeleri sonucunda kontrol grubuna göre 7 gün süreyle raf ömrünün arttığı tespit edilmiştir.	Frangos ve ark., 2010
Marine edilmiş hamsi (*Engraulis encrasicolus*)	4°C, 6 ay	Ayçiçek, biberiye, kişniş, sarımsak yağı	Defne yağının hem yağ oksidasyonu üzerindeki yavaşlatıcı etkisi hemde koku ve lezzet bakımından daha çok beğenildiği bildirilmiştir.	Turan ve ark., 2015
Marine edilmiş kerevit (*Astacus leptodactylus*)	4°C, 70 gün	Biberiye ve kekik yağı	Her iki yağında kerevitlerin kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir.	Duman ve ark., 2012
Tuzlanmış, dumanlanmış ve vakum paketlenmiş alabalık (*Oncorhynch*	4°C, 6 ay	Karvakrol, karnosik asit, timol, öjenol	Tuzlanmış ve dumanlanmış alabalık filetolarına daldırma yöntemiyle uygulanan esans yağların buzdolabı şartlarında vakum paketleme ile depolanması süresince	Çoban ve ark., 2014

us mykiss)			mikrobiyal, kimyasal ve duyusal değerlendirmeleri yapılmıştır. Araştırma sonunda, kontrol grubuna göre; vakumlanmış esans yağ uygulanmış vakum paketlenmiş ürünlerin 2-8 hafta, dumanlanmış esans yağ eklenmiş, vakum paketlenmiş olan ürünlerin 6-7 hafta raf ömürlerinin arttığı tespit edilmiştir.	
Tuzlanmış ve modifiye atmosfer paketlenmiş çipura (*Sparus aurata*)	4±0,5°C, 33 gün	Kekik (oregano)	Tuzlanmış, esans yağ eklenmiş ve modifiye atmosfer paketlenmiş çipura filetolarının buzdolabı şartlarında depolanması süresince kimyasal, fiziksel ve duyusal değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre sadece tuzlayarak saklanan filetoların 5 gün, tuzlayarak MAP paketlenmiş ürünlerin 12 gün ve esans yağ eklenmiş, tuzlanmış MAP paketlenmiş ürünlerin raf ömrünün 17 gün arttığı tespit edilmiştir.	Goulas ve Kontominas 2007
Buz ve kitosanla kaplanmış Kuzey Amerika pagrus (*Pagrus*	4±1°C, 20 gün	Kekik (oregano)	Kuzey Amerika pagrus balığının esans yağ ve kitosanla muamele edilmesi sonrası buz içinde buzdolabı şartlarında depolanması süresince fizikokimyasal ve mikrobiyal olarak	Vatavali ve ark., 2013

pagrus)			incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre kontrol grubu 11 gün, esans yağ eklenen grup 18 gün, kitosan eklenen grup 18 gün ve kitosan-esans yağ eklenen grup 19-20 gün raf ömrüne sahi olduğu tespit edilmiştir.	

Esans yağların etkinliği gıdanın fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu sebeple esans yağların su ürünlerinde kullanımını, materyalin yağlı ya da yağsız olması, içeriğinde bulunan protein, karbonhidrat, tuz oranı ve uygulanan işleme teknikleri etkilemektedir. Buna ek olarak bitkisel materyalin toplanma zamanı, bitki türü, coğrafik orijini ve ekstraksiyon yöntemi esans yağların kullanılabilirliği konusunda farklılıklar arz etmektedir. Her ne kadar esans yağlar antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde oldukça önemli olsalar da, gıdalarda kullanımı konusunda bazı kısıtlamalar mevcuttur. Bazı durumlarda su ürünlerinin temel bileşenlerinin esans yağlarla birleşmesi bu yağların etkinliğinin düşmesine neden olabildiği yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda esans yağ kullanımı, organoleptik ve insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlara sebep olabilmektedir (Burt, 2004; Tajkarimi ve ark., 2010; Hyldgaard et al., 2012; Solórzano-Santos ve Miranda-Novales, 2012; Calo ve ark., 2015; Rodriguez-Garcia ve ark., 2016).

Esans yağların diğer doğal koruyucularla veya işleme teknolojileri ile kombinasyonları olumlu etkiler göstermektedir**.** Esans yağların en fazla uygulama şeklinin işlenmiş ürünlerin formülasyonuna karıştırılması şeklinde olduğu görülmektedir. Su ürünler ile ilgili çalışmalara bakıldığında esans yağ uygulamalarının genellikle vakum ve modifiye atmosfer paketlenmiş ürünlerdir. Soğutulmuş su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için uygulanan teknikler arasında, biyopolimer bazlı yenilebilir kaplamaların ve filmlerin uygulanması son yıllarda kullanılan yöntemlerdir. Polisakkaritler, proteinler ve lipitlerden elde edilen yenilebilir kaplamalar, çözünen, gaz ve buhar bariyerleri olarak işlev görmekte, gıdaların raf ömrünü uzatabilmektedir. Bu ve benzeri yenilebilir kaplamalara veya ambalajlara uçucu yağ eklenmesi, gıdaların bozulmasını önleyebilmekte ve özellikle raf ömrü diğer kasaplık hayvan etlerinden daha kısa olan balık ürünlerinde raf ömrünü uzatabilmektedir. Bu nedenle, gıda endüstrisinde, identifiye edilebilen ve kullanılan esans yağlara büyük ilgi doğmuştur (Moosavi-Nasab ve ark., 2020). Bunlara ek olarak tuzlanmış, dumanlanmış ve farklı katkı maddeleri eklenmiş ürünler ile esans yağların birlikte kullanıldığı çalışmalarda yapılmıştır. Tüm çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, esans yağların soğuk ortamda muhafaza edilmiş tüm bu ürünlerin raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

4. SONUÇ

Günümüzde tüm gıda ürünlerinde olduğu gibi su ürünlerinde de katkı maddelerinin kullanımı artmaktadır. Beslenmeye bağlı olarak giderek

artan sağlık sorunlarından dolayı sentetik katkı maddelerinin yerine doğal antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip koruyucu maddelerin kullanımına eğilim gözlenmektedir. Esans yağlarda bu amaçla kullanılabilecek adayların içerisinde ilk sıraları almaktadır. Mevcut derleme çalışmada gerek taze gerekse işlenmiş su ürünlerinin raf ömrüne bu yağların etkisine dair birçok çalışma incelenmiş ve tüm çalışmalar sonucunda esans yağların pozitif etkileri gözlenmiştir. Doğada çalışılmayan henüz yüzlerce esas yağ ve bunların bileşenleri mevcuttur. Bundan sonraki çalışmalarda da bu yağların ve bileşenlerinin tanımlanması yapılmalı ve birçok farklı su ürününün muhafazasında doğal koruyucu katkı maddesi olarak bu doğal ürünleri kullanımı teşvik edilmelidir. Böylece gelecekte tüm gıdalar için insan sağlığı açısından tehlike arz edebilecek kimyasal koruyucuların yerini bu tür doğal koruyucular almalıdır.

KAYNAKLAR

Aerts, R.J., Mordue, A.J. (1997). Feeding deterrence and toxicity of neem triterpenoids. *Journal of Chemical Ecology* 23(9): 2117-2132

Albarracín H, W., Alfonso A, C., & Sánchez B, I. C. (2012). Application of essential oils as a preservative to improve the shelf life of Nile tilapia (*Oreochoromis niloticus*). *Vitae* 19(1): 34-40

Al-Bandak, G., Tsironi, T., Taoukis, P., Oreopoulou, V. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of *Majorana syriaca* in yellowfin tuna. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 373-379

Al-Hajj, N., Chaoyang, M., Riyadh, T., Ammar A.L., Mohammed, A., Abubakr, M., Waleed, A., Hongxin, W. (2014a). Chemical composition of essential oil and mineral contents of pulicaria inuloides. *Journal of Academia and Industrial Research* 12: 675-678

Al-Hajj, N., Hongxin, W., Chaoyang, M., Zaixiang, L., Mohanad, B., Riyadh, T. (2014b). Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oils of Some Aromatic Medicinal Plants (*Pulicaria inuloides*-Asteraceae and *Ocimum forskolei*-Lamiaceae). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 13: 1287-1293

Al-Hajj, N.Q.M., Algabr, M.N., Raza, H., Thabi, R., Ammar, A.F., Aboshora, W., Wang, H. (2017). Antibacterial activities of the essential oils of some aromatic medicinal plants to control pathogenic bacteria and extend the shelf-life of seafood. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17(1): 181-191

Ali-Shtayeh, M.S., Jamous, R.M., Abu-Zaitoun, S.Y., Khasati, A.I., Kalbouneh, S.R. (2019). Biological properties and bioactive components of Mentha spicata L. essential Oil: focus on potential benefits in the treatment of obesity, Alzheimer's Disease, Dermatophytosis, and Drug-Resistant Infections. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019: 1-11

Altuğ, T. (2001). Gıda katkı maddeleri. Meta Basım, ISBN 975-97408-0-X, Bornova-İzmir

Başer, H.C. (2009). Uçucu yağlar ve aromaterapi. Anadolu Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Eskişehir

Bauer, K., Garbe, D., Surburg, H. (2008). Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. John Wiley & Sons

Beyaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: Antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. *Akademik Gıda* 12(3): 45-53

Bilgin, A.Ş., Kocabağlı, N. (2010). Etlik piliç beslemede esansiyel yağların kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 36(1): 75-82

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—A Review. *International Journal of Food Microbiology* 94(3): 223-253

Calo, J.R., Crandall, P.G., O'Bryan, C. A., Ricke, S.C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems–A review. *Food Control* 54: 111-119

Campo, J.D., Amiot, M.J., Nguyen-The, C. (2000). Antimicrobial effect of rosemary extracts. *Journal of Food Protection* 63(10): 1359-1368

Chol, S.P. (2005). Stability and quality of fish oil during typical domestic application. The United Nations University, Fisheries Training Programme, Final Project

Çoban, Ö. (2010). *Bazı esansiyel yağların tütsülenmiş ve vakum paketlenmiş gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss) filetolarının raf ömrüne etkisi* (Doktora Tezi) Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Elazığ

Çoban, Ö.E. (2013). Effect of ginger oil on the sensory and chemical changes of fish finger (*Sarda sarda*, Heckel 1843) during refrigerated storage. *International Food Research Journal* 20(4): 1575-1578

Çoban, Ö.E., Patir, B., Yilmaz, Ö. (2014). Protective effect of essential oils on the shelf life of smoked and vacuum packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) fillets. *Journal of Food Science and Technology* 51(10): 2741-2747

Delaquis, P.J., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology* 74(1-2): 101-109.

Dimitrijević, M., Grković, N., Bošković, M., Baltić, M. Ž., Dojčinović, S., Karabasil, N., Teodorović, V. (2019). Inhibition of Listeria monocytogenes growth on vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carvacrol and eugenol. *Journal of Food Safety*, 39(1): e12553

Djenane, D. (2015). Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of *Algerian citrus* essential oils and their application in *Sardina pilchardus*. *Foods* 4(2): 208-228

Desai, M.A., Soni, K.A., Nannapaneni, R., Schilling, M.W., Silva, J.L. (2012). Reduction of *Listeria monocytogenes* in raw catfish fillets by essential oils and phenolic constituent carvacrol. *Journal of Food Science* 77(9): 516-522

Duman, M., Çoban, Ö.E., Özpolat, E. (2012). Biberiye ve kekik esansiyel yağları katkısının marine edilmiş kerevitlerin (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) raf ömrüne etkisinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 18 (5): 745-751

Dyerberg, J., Bang, H.O. (1979). Haemostatic functions and platelet polyunsaturated fatty acids in eskimos. *Lancet*, 2: 433-435.

Ekanayake, P.M., Park, G.T., Lee, Y.D., Kim, S.J., Jeong, S.C., Lee, J. (2005). Antioxidant potential of eel (*Anguilla japonica* and *Conger myriaster*) flesh and skin. *Journal of Food Lipids* 12: 34-47

Ermişler, A. (2017). Altın otu (*Helichrysum arenarium*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) bitkilerinin sinek kovucu (repellent) özelliklerinin karşılaştırılması (Doktora Tezi) Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

FAO (2018). FAO Statistical Yearbook Asia and The Pacific Food Agriculture, Bangkok

Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., Savvaidis, I.N. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology* 27(1): 115-121

Gladyshev, M. I., Sushchik, N. N., Kravchuk, E. S., Ivanova, E. A., Ageev, A.V., Kalacheva, G. S. (2005). Seasonal changes in the standing stock of essential polyunsaturated fatty acids in the biomass of phyto and zoobenthos on a littoral station of the yenisei river. *Doklady Biological Sciences* 403: 267-268

Gill, A.O. (2005). Plant oils as antibacterial agents. The University of Manibota, Faculty of Graduate Studies, Doctor of Philosopy

Goulas, A.E., Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry* 100(1): 287-296

Gómez-Estaca, J., De Lacey, A. L., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology* 27(7): 889-896

Göğüş, A., Kolsarıcı, N. (1992). Su Ürünleri Teknolojisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* Yayın No:358 140s

Gülçin, İ. (2007). Comparison of Invitro Antioxidant and Antiradical activities of L-tyrosine and L-Dopa. *Amino Acids* 32: 431-438

Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V., Gelman, A. (2003). Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater-reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). *Journal of Food Protection* 66(3): 410-417

Hassoun, A., Çoban, Ö.E. (2017). Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. *Trends in Food Science & Technology* 68: 26-36

Hisar, Ş.A., Hisar, O., Alak, G., Yanık, T. (2008). Isırgan otunun gökkuşağı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının kimyasal özellikleri üzerine etkileri. 1. Ulusal Alabalık Sempozyumu, Isparta

Hunter, B. J., Roberts, D. C. K. (2000). Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutrition Research* 20: 1047-1058.

Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology* 3: 12

Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme

essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology* 174: 88-97

Kaitaranta, J.K. (1992). Control of lipid oxidation in fish oil with various antioxidative compounds. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 69(8): 810-813

Kasanah, N., Triyanto, T., Seto, D. S., Amelia, W., Isnansetyo, A. (2015). Antibacterial compounds from red seaweeds (Rhodophyta). *Indonesian Journal of Chemistry* 15(2): 201-209

Kim, J. M., Marshall, M. R., Cornell, J. A., III, J. P., Wei, C. I. (1995). Antibacterial activity of carvacrol, citral, and geraniol against *Salmonella typhimurium* in culture medium and on fish cubes. *Journal of Food Science* 60(6): 1364-1368

Korukluoğlu, M., İrkin, R., Sertel, S. (2006). Salmonella ve Shigella türlerinin gelişimini engelleyen tıbbi bitkiler ve esansiyel yağlar. *Gıda* 31(6): 319-324

Kundakçı, A. (1982). Balıkların dondurulması ve dondurularak depolanması, Soğuk Tekniği ve Gıda Sanayinde Uygulanması Sempozyumu, Bursa

Lawrence, B. M., Reynolds, R. J. (1984). Progress in essential oils. *Perfumer & flavorist*, 9(6): 61-71.

Lens-Lisbonne, C., Cremieux, A., Maillard, C., Balansard, G. (1987). Methodes d'evaluation de l'activite antibacterienne des huiles essentielles: application aux essences de thym et de cannelle. *Journal de Pharmacie de Belgique* 42(5): 297-302

Lin, H., Jiang, J., Xue, C., Zhang, B., Xu, J. (2003). Seasonal changes in phospholipids of mussel (*Mytilus edulis* Linne). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 133-135

Mahmoud, B. S., Yamazaki, K., Miyashita, K., Il-Shik, S., Dong-Suk, C., Suzuki, T. (2004). Bacterial microflora of carp (*Cyprinus carpio*) and its shelf-life extension by essential oil compounds. *Food Microbiology* 21(6): 657-666

Marino, M., Bersani, C., Comi, G. (2001). Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *International Journal of Food Microbiology* 67(3): 187-195

McGimpsey, J. A., Douglas, M. H., Van Klink, J. W., Beauregard, D. A., Perry, N. B. (1994). Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized Thymus vulgaris L. in New Zealand. *Flavour and Fragrance Journal* 9(6): 347-352

Mei, J., Ma, X., Xie, J. (2019). Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods* 8: 490

Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J., Brun-Bellut, J. (2006). Effects of geographic source, rearing system, and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis Lipids* 41(3): 221-229

Mejlholm, O., Dalgaard, P. (2002). Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. *Letters in Applied Microbiology* 34(1): 27-31

Moosavi-Nasab, M., Mirzapour-Kouhdasht, A., Oliyaei, N. (2020). Chapter: Application of essential oils for shelf-life extension od seafood products. In book: Essential Oils - Oils of Nature. DOI:10.5772/intechopen.86574

Ouattara, B., Sabato, S. F., Lacroix, M. (2001). Combined effect of antimicrobial coating and gamma irradiation on shelf life extension of pre-cooked shrimp (*Penaeus* spp.). *International Journal of Food Microbiology* 68(1-2): 1-9

Ovayolu, H. (1997). Marine edilmiş hamsilerde depolama süresinde yağ asitleri değişimlerinin incelenmesi (Doktora Tezi) İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Öner, S., Yıldırım, Y.B. (2018). Farklı esansiyel yağların vakum paketlenmiş ve soğukta depolanmış karidesler üzerinde duyusal ve kimyasal etkileri. *Kocatepe Veterinary Journal* 11(4): 472-478

Özpolat, E., Dikici, A., Koluman, A., Patır, B., Çalıcıoğlu, M. (2017). Biberiye esansiyel yağı ile dekontaminasyonun gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*, W.1972) kalite özellikleri üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi* 31(2): 131-136

Pazos, M., Gallardo, J.M., Torres, J.L., Medina, I. (2005). Activity of grape polyphenols as ınhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle. *Food Chemistry* 92(3): 547-557

Prasad, S., Tyagi, A. K. (2015). Ginger and its constituents: Role in prevention and treatment of gastrointestinal cancer. *Gastroenterology Research and Practice*, 2015: 1-11

Rodriguez-Garcia, I., Silva-Espinoza, B. A., Ortega-Ramirez, L. A., Leyva, J. M., Siddiqui, M. W., Cruz-Valenzuela, M. R., Ayala-Zavala, J. F. (2016). Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(10): 1717-1727

Sadiki, F.Z., El Idrissi, M. (2019). Chemical composition of essential oil of *Anthemis nobilis* L. flowers from Morocco. *Applied Journal of Environmental Engineering Science* 5(4): 5-4

Saito, H., Nakamura, K. (1990). Antioxidative effect of sesamol on fish oil oxidation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56 (11): 1893

Serdaroğlu, M., Felekoğlu, E. (2005). Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) Mince. *Journal of Food Quality* 28: 109-120

Shahidi, F. (2000). Antioxidants in Food and Food Antioxidants. *Nahrung* 44(3): 158-163

Selmi, S., Sadok, S. (2008). The effect of natural antioxidant (*Thymus vulgaris* Linnaeus) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus)) during chilled storage. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 3(1): 36-45

Silva Afonso, M., Sant'ana, L.S. (2008). Effects of pretreatment with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in the prevention of lipid oxidation in salted tilapia fillets. *Journal of Food Quality* 31: 586-595

Solórzano-Santos, F., Miranda-Novales, M.G. (2012). Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology* 23(2): 136-141

Şengezer, E., Güngör, T. (2006). Esansiyel yağlar ve hayvanlar üzerindeki etkileri. *Lalahan Hayvan Araştırma Enstitüsü Dergisi* 48(2): 101-110

Tassou, C.C., Drosinos, E.H., Nychas, G.J.E. (1996). Inhibition of resident microbial flora and pathogen inocula on cold fresh fish fillets in olive oil,

oregano, and lemon juice under modified atmosphere or air. *Journal of Food Protection* 59(1): 31-34

Tajkarimi, M.M., Ibrahim, S.A., Cliver, D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* 21(9): 1199-1218

Tozer, K.N. (2001). Quality improvement and shelf-life extension of fish filets from three aquaculture species. The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph, Master Thesis

Turan, H., Kocatepe, D., Keskin, İ., Altan, C.O., Köstekli, B., Candan, C., Ceylan, A. (2015). Esansiyel yağ ilaveli hamsi (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) marinatında ransidite ile organoleptik parametreler arasındaki etkileşimler. 2. İç Anadolu Bölgesi Tarım ve Gıda Kongresi, Nevşehir

Turhan, S., Üstün, N.Ş. (2006). Doğal antioksidanlar ve gıdalarda kullanımları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu

Turhan, S., Sağır, I., Temiz, H. (2009). Oxidative stability of brined anchovies (*Engraulis encrasicholus*) with plant extracts. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 386-393

Turhan S, Tural S. 2017. Kekik (*Thymus vulgaris* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve defne (*Lauris nobilis* L.) uçucu yağlarının ve karışımlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri. *GIDA* 42(5):588-596

Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK. (2019). Su Ürünleri İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara

Uauy, R., Valenzuela, A. (2000). Marine oils: the health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition* 16: 680-684

Uçar, E., Kose, E.O., Özyiğit, Y., Turgut, K. (2015). Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerde esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 10(2): 118-124

Vareltiz, K., Koufidis, D., Gavriilidou, E., Papavergou, E., Vasiliadou, S. (1997). Effectiveness of a natural rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Z. Lebensm Unters Forsch A* 205: 93-96

Vatavali, K., Karakosta, L., Nathanailides, C., Georgantelis, D., Kontominas, M.G. (2013). Combined effect of chitosan and oregano essential oil dip on the microbiological, chemical, and sensory attributes of red porgy (*Pagrus pagrus*) stored in ice. *Food and Bioprocess Technology* 6(12): 3510-3521

Yasin, N.M.N., Abou-Taleb, M. (2007). Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 2(1): 01-09

Yerlikaya, P. (2008). Bazı bitki ekstraktlarının dondurulmuş palamut balığı (*Sarda sarda*) filetolarının fiziksel, kimyasal ve duyusal niteliklerine etkisinin incelenmesi (Doktora Tezi) Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya

Xu, Y., Wang, R., Zhao, H., Zhao, J., Zhang, J., Li, J. (2017). Effects of gelatin combined with essential oils coating on storage quality of turbot (*Psetta maxima*) fillets. *Advances in Intelligent Systems Research* 154: 628-632

BÖLÜM 20

ESANS YAĞLARININ BİTKİ KORUMADA KULLANILMASI

Prof. Dr. Semra DEMİR[1]

Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK[2]

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye. Orchid no: 0000-0002-0177-7677, e-posta: semrademir@yyu.edu.tr

[2]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye. Orchid no: 0000-0001-5757-6332, e-posta:emredemirer@yyu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde, aşırı derecede sentetik kimyasaların kullanımı insanlarda karsinojenik, teratojenik ve yüksek akut toksijenik gibi bilinen etkilere neden olmaktadır. Ayrıca bu kimyasalların bozunma süreleri uzun olduğundan çevre kirliliğine yol açmalarının yanı sıra gıdalar üzerinde de olumsuz etkilere sebep olarak insanlar üzerinde ciddi yan etkiler yaratmaktadır (Unnikrishnan ve Nath, 2002). Ekolojik pestisitler olarak da adlandırılan yeşil pestisitler, çevre dostu olarak kabul edilen ve insan ve hayvan sağlığına, habitatlara ve ekosisteme daha az zarar veren organik kaynaklardan elde edilen pestisitlerdir ve organik tarımda sıklıkla kullanılmaktadır. Esans yağlar veya bileşenleri, değişkenlikleri, saha koşullarında sınırlı kalıcılıkları ve birçoğunun düzenleyici protokollerden muaf olması nedeniyle bu doğal konsept içinde değerlendirilmektedirler. Bitkilerden elde edilen esans yağların doğal nitelikte olmaları ve insan sağlığını, doğayı tehdit etmemeleri nedeniyle de sentetik pestisitlere alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir (Szczerbanik ve ark., 2007).

Esans yağlar, bitkilerden çeşitli yöntemlerle elde edilen sıvı ve kolayca buharlaşabilen, kristalleşebilen, keskin kokulu ve su buharı ile sürüklenebilen yağımsı karışımlardır. Yapılarında bulunan bileşiklerin çoğu terpenoitler (isoprenoitler), çoğunlukla monoterpenler ve sesquiterpenlerdir. Bunun yanı sıra diterpenleri, düşük molekül ağırlıklı alifatik hidrokarbonları, asitleri, alkolleri, aldehitleri, asiklik esterleri veya laktonları, istisna olarak azot ve sülfür içeren bileşikleri,

kumarinleri ve fenilpropanoidlerin homologlarını da içerirler. Esans yağların bileşim ve miktarları; bitkinin cinsine, bitkinin hangi kısmından elde edildiğine, üretim şekline, iklime ve yetiştirildiği bölgenin coğrafik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu yağlar, açıkta bırakıldığında oda sıcaklığında buharlaşabildiklerinden dolayı uçucu yağ ya da eterik yağ, bazı uçucu yağlar çok hoş kokuludur bu yüzden bu yağlara esans, su ile karışmadıklarından ise yağ ismini alırlar (Svoboda ve Hampson, 1999). Esans yağlar değişik özelliklerine göre gruplara ayrılabilir. Bunlar kimyasal bileşimleri, aromatik özellikleri, farmakolojik ve terapik etkileri göz önünde bulundurularak gruplandırılabilir (Bilici ve ark., 2021).

Sentetik kimyasal pestisitlerin hastalık ve zararlılara karşı çok etkili oldukları yadsınamaz bir gerçek olmakla beraber, söz konusu hastalık ve zararlılara karşı direnç oluşturmaları önemli bir dezavantaj ve sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı fonksiyonel grupların birçok bileşeninin karmaşık karışımları nedeniyle, esans yağ bazlı pestisitlere karşı direnç daha yavaş gelişmektedir. Esans yağlar hem bu özellikleri hem de endemik bitki biyoçeşitliliği açısından zengin, gelişmekte olan ülkelerde, hedef dışı organizmalara ve çevreye karşı güvenlikleri nedeniyle entegre zararlı yönetimi (IPM) programlarında büyük etkiye sahip olabilme potansiyeline sahiptirler (Rathore, 2017).

Esans yağlardan sürekli yeni bileşikler izole edilmektedir ancak bu bileşiklerin biyolojik aktivitelerinin ve etki mekanizmalarının nasıl olduğu konusu henüz bilinmemektedir (Tsao ve Zhou, 2000). Uçucu yağların mikroorganizmalar ve zararlılar üzerindeki antagonistik

etkisinin bileşenlerindeki predominant bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak uçucu yağ bileşenlerinde, eser miktarda bulunan ya da tanımlanmamış birçok madde veya maddeler de bulunmaktadır (Svoboda ve Hampson, 1999).

Esans yağlar genellikle bitkilerin "yaşam gücü" olarak adlandırılır. Her bitki düşük oranda yağ içerdiğinden (% 0.01 -% 10) sadece birkaç yüz kilogram petrol toplamak için büyük miktarda (ton) bitki materyali gerekir. Esans yağlar çok çeşitli tedavi edici bileşenlere sahiptir ve bunlar genellikle yiyeceklerde, içeceklerde, ilaçlarda ve kozmetiklerde güzellik, tedavi amaçlı veya kokulu özellikler için kullanılır. Esans yağlarda bulunan sekonder metobolitlerin biyolojik olarak aktif bileşenler oldukları ve antimikrobiyal, alellopatik, antioksidant ve biyolojik düzenleyici gibi özelliklere sahip oldukları saptanmıştır (Caccioni ve Guizardi, 1994; Hadizadeh ve ark., 2009; Saharkhiz ve ark., 2009; Raveau ve ark., 2020).

Tıp, eczacılık, parfümeri gibi alanlarda kullanılan esans yağlar, son yıllarda pestisitlerin zararlarının anlaşılmasından sonra pestisitlere alternatif olma potansiyelinden dolayı bitki koruma alanındaki araştırıcılar için ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda bitkilerden elde edilen bileşikler üzerinde yapılan çalışmalar artmış, özellikle de bitki hastalık ve zararlılarına karşı yapılan denemelerden umut verici sonuçlar alınmıştır (Bilici ve ark., 2021).

2. TARIMSAL ÜREİTMDE BİTKİ PATOJENİNE, YABANCI OTLARA VE BÖCEKLERE KARŞI KULLANILAN ESANS YAĞLAR

Kültür bitkileri, yetişme dönemi boyunca verim ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen birçok faktörün etkisi altındadır. Bu faktörler arasında biyotik etkenler oldukça büyük yer tutmakta ve insektidal, fungal, bakteriyel, viral ve herbal olarak ayrılmaktadır. Tarımsal üretimde verim ve kalite artışı bitki koruma sorunlarının etkili bir şekilde kontrol altına alınabilmesine bağlıdır. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli mücadele yöntemleri uygulanırken daha etkili sonuç için yoğun bir şekilde kimyasal ilaç kullanımına başvurulmaktadır. Fakat bilindiği üzere yoğun ve bilinçsiz pestisit kullanımı birtakım sağlık ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Son yıllarda artan çevre ve sağlık bilinci ile tüketicinin 'zehirsiz tarım' a ilgisi sonucunda alternatif mücadele yöntemlerine yöneliş artmıştır. Ayrıca aşırı ilaç kullanımı hem dayanıklılık sorunlarına hem de ürünlerde kimyasal birikimine neden olup ihracatta sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır. Böylece üretici, tüketicinin istekleri ve ihraç sorunlarının mecburiyeti ile başka mücadele tekniklerine yönelmek zorunda kalmıştır. Bu yöntemler ürünlerin verim ve kalitesinde düşüşlere yol açmadan hem üreticiyi hem de tüketiciyi memnun etmelidir. Bilindiği üzere son yıllarda küreselleşen dünyada insanların bilgiye ulaşması çok kolaydır. Sosyal medyanında etkisiyle daha bilinçli tüketici ne yediğini bilmek istemekte ve çok kimyasal girdinin üretimi olan ürünleri sofrasına tercih etmemektedir. Bu soruna çözüm

olabilecek alternatif arayışlar içinde özellikle doğal bileşiklerin bitki korumada kullanımı günümüzün popüler konuları arasındadır. Bitkisel kökenli esans yağlar bitkilerin çeşitli organlarından farklı yöntemlerle elde edilirler. Esans yağlar, bitkiler için temel besin ve yapı maddeleri değildirler, öyleyse bitkiler tarafından neden üretilirler? Bu soru kesin olarak bilinememekle birlikte, bazı nedenler ileri sürülmektedir. Mesela, kötü kokulu esans yağlar üreten bitkiler hastalık, zararlı ve hayvanları iterek koruma sağlamaları, güzel kokulu esans yağların ise başta bal arıları olmak üzere pek çok böceği çekerek tozlaşmayı sağlamaları bunlar arasında sayılabilir. İlaveten, bu bitkilerin kendilerini dış faktörlere karşı korumak için esans yağ ürettikleri, içeriğindeki bileşiklerin çoğunun antioksidant, antimikrobiyal, antifungal ve antibakteriyel özellik gösterdikleri bilinmektedir (Soylu ve ark., 2006; Soylu ve ark., 2009; Mengüllüoğlu ve Soylu, 2012; Sertkaya, 2013). Ayrıca bu bileşikler ile etraflarındaki bitkilerin çimlenme, büyüme ve gelişimini etkileyerek kendileriyle rekabete girmelerini engellemeleri de oldukça ilginçtir (Robles ve ark., 1996). Esans yağların antimikrobiyal özelliklerinin genel olarak yapılarında bulunan fenolik (thymol, carvakrol, eugenol, vb.) ve terpenoid bileşenlerden dolayı olduğu, 19. yüzyılın başlarından beri bilindiği ve dezenfektan olarak kullanıldıkları ifade edilmektedir (Yeomans, 1996). Esans yağların bir diğer özelliği de antimikrobiyal açıdan etki derecelerinin içerdikleri etken maddelerin çeşit ve miktarına bağlı olarak değişmesidir (Toroğlu ve Çenet, 2006). Yapılan çalışmalarda bitkilerin çiçeklenme döneminden hemen sonra ya da hasat zamanında elde edilen yağların genelde güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip

olduğu belirlenmiştir (Marino ve ark., 1999). Aynı bitkilerden elde edilen esans yağların bile antimikrobiyal etkinliklerinde farklılıklar olabilmektedir. Bunun sebeplerinin; genotip, iklim özellikleri, yetiştirilen coğrafyanın farklılığı, kurutma yöntemi, hasat zamanı ve elde edilen bitki organı olduğu ifade edilmektedir (Lacroix ve ark., 2006).

Esans yağların bitki hastalıklarıyla mücadelede kullanımı ile ilgili temel sorun ise *in vivo* koşullarda etkinliğinin ortaya çıkarılıp yaygınlaşmasını sağlamaktır. Esans yağların doğrudan hastalık yönetiminde kullanılması aşamasında bazı sıkıntılar bulunmaktadır. Bu yağların açık ve geniş alanlarda kullanımının önündeki en büyük engellerden biri çözünürlüğünde karşılaşılan sorunlardır. Birçok bitkiden elde edilen uçucu yağlar genelde sudan hafiftirler ve su ile homojen bir karışım meydana getirmezler. Son yıllarda mikroemülsiyon yöntemlerle bu sorunun giderilebildiği bilinmektedir (Türkmen, 2019).

2.1. Antifungal ve Anti-Oomycete Özellikleri

Fitopatojen funguslar hem yetiştirme dönemi boyunca hem de hasat sonu ve depolama süresince ürünlere etki etmekte olup, bütün bitki hastalıklarının yaklaşık % 30' undan sorumlu tutulmaktadırlar. Üstelik bu hastalıkların bazıları bitkilerle sınırlı olmayıp diğer canlılarda da sağlık problemlerine neden olmaktadır. Bu durumda sorun bitki korumadan çıkıp insan ve hayvan sağlığına da olumsuz etkide bulunan funguslarla mücadeleye gelmekte ve çözüm iki katı önem

kazanmaktadır. Birçok mücadele tekniklerinin yanında doğal ürünler veya çevre dostu pestisitler, insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri azaltmak için sentetik pestisitlere mükemmel bir alternatiftir. Son yıllarda çeşitli fitopatojen fungus ve oomycetes grubuna karşı farklı esans yağ çalışmaları yapılmış, Tablo 1' de son on yılda alana yapılan katkılara odaklanarak sonuçlar özetlenmiştir. Bu funguslar içerisinde ise *Alternaria, Botrytis, Fusarium, Penicillium* ve *Rhizoctonia* üzerinde en çok çalışılan cinsler olmuştur. Fungisidal testler için kullanılan farklı yöntemlerde farklı sonuçların karşılaştırılmasındaki karmaşıklığın sonuçları *in vitro* veya *in vivo* değerlendirmeleri ile farklı şekillerde ifade edilir (IC_{50}, MIC ve MFC— sırasıyla yarı maksimum inhibitör konsantrasyon, minimum inhibitör konsantrasyon ve minimum fungisidal konsantrasyon — inhibisyon bölgesi, gibi). Fitopatojen bir fungusun farklı esans yağlardan etkilenme düzeyinin oldukça değişken olduğu birçok çalışma ile gösterilmiştir (Raveau ve ark., 2020).

Esans yağlar, fungal organizmaların hücre duvarına ve sitoplazmik zara nüfuz ederek geçirgenleşmelerine sebep olup, bozulan yapılar sonucunda mitokondriyal zarlara ulaşıp zarar verme yeteneğine sahiptirler. Mitokondri içindeki elektron taşıma sistemindeki değişiklikler ile fungus hücrelerinin yağ, protein ve nükleik asit içeriğinde hasarlar ortaya çıkar. Zarların akışkanlığının değişmesi ile radikallerin, sitokrom C'nin, kalsiyum iyonlarının ve proteinlerin sızması, takiben apoptoz ve nekroz ile hücre ölümü gerçekleşir (Yoon ve ark., 2000).

Tablo 1. Esans yağların fitopatojenik funguslara ve oomycetelere karşı antifungal özellikleri ile ilgili son on yılda yapılmış çalışmalar

	Hedef Organizma	Esans yağ kaynağı	Kaynaklar*
Funguslar	*Alternaria alternata*	*Carum carvi* L., *Carum opticum* L., *Foeniculum vulgare* L., 18 Mısır'a özgü bitki, *Echinophora platyloba*, *Thuja plicata*, *Eugenia caryophillata* L., *Lavandula angustifolia*, *Origanum vulgare* L., *Salvia sclarea*, *Thymus vulgaris* L., *Tymus zygiis*, *Laurus nobilis*	[1]**
	Alternaria solani	*Angelica archangelica*	
	Alternaria spp.	*Sideritis germanicopolitana* BORNM	[2]
		Trachystemon orientalis, *Smilax excelsa*, *Rhododendron ponticum*, *Phytolacca americana* ve *Prunus laurocerasus*	[3]
		C. mas, *M. nigra*, *M. alba*, *Rosa canina* ve *Prunus laurocerasus*	[4]
		Pinus pinea, *Genista quadriflora*, *Pulicaria mauritanica*, *Warionia saharae*	[1]**
	Aspergillus flavus	*Mentha x piperita*, *Origanum* spp., *Rosmarinus offcinalis* L., *Schinus mole* L., *Tagetes minuta* L., *Eucalyptus* sp., *Ferula galbaniflua*, *Thymus capitatus*, *Syzygium aromaticum*, *Curcuma longa*, *Angelica glauca*, *Plectranthus rugosus*, *Valeriana wallichii*, *Mentha spicata*, *Michelia alba*, *Ocimum basilicum*,*Vetiveria zizanioides*, *Artemisia nilagirica*	[1]**
	Aspergillus fumigatus	*Santolina chamaecyparissus*, *Thuja plicata*, *Eugenia caryophillata* L., *Lavandula angustifolia*, *Origanum vulgare* L., *Salvia sclarea* ve *Thymus vulgaris* L.	
	Aspergillus niger	*Ocimum basilicum* L., *Genista quadriflora*, *Ocimum basilicum* L., *Lallemantia royleana*, *Artemisia nilagirica*, *Ocimum basilicum*, *Vetiveria zizanioides*, *Solidago canadensis*, *Marrubium vulgare*	
	Aspergillus spp.	*Cinnamomum zeylanicum*, *Thymus vulgaris* L., *Origanum vulgare* L., *Syzygium aromaticum* L., *Cymbopogon citratus*, *Zingiber officinale* Rosc., 14 farklı bitki türü	

Tablo 1' in devamı

Funguslar	*Bipolaris sorokiniana*	*Pinus pinea, Eucalyptus erythrocorys*	
	Botrytis cinerea	*Cestrum nocturnum, Carum carvi* L., *Foeniculum vulgare* L., *Mentha x piperita*, 18 Mısır' a özgü bitki, *Mentha pulegium, Metasequoia glyptostroboides, Origanum heracleoticum, Origanum majorana-Eucalyptus erythrocorys, Tetraclinis articulata, Thymus* spp., *Melissa ocinalis, Cinnamomum cassia, Angelica archangelica, Solidago canadensis* L., *Melaleuca alternifolia, Tetraclinis articulata, Marrubium vulgare*	[1]**
	Cladosporium cladosporioides	*Cornus mas* ve *M. alba*	[5]
		Trachystemon orientalis, Smilax excelsa, Rhododendron ponticum, Phytolacca americana ve *Prunus laurocerasus*	[3]
		Lamiacea familyasına ait aromatik bitkiler	[6]
		Citrus x limon L., *Thuja plicata, Eugenia caryophillata* L., *Lavandula angustifolia, Origanum vulgare* L., *Salvia sclarea* ve *Thymus vulgaris* L.	[1]**
	Colletotrichum capsici	*Cestrum nocturnum, Metasequoia glyptostroboides, Piper chaba*	[1]**
	Colletotrichum gloeosporioides	*Cymbopogon* sp., *Asarum heterotropoides*	
	Fusarium avenaceum	*Eucalyptus erythrocorys*	
	Fusarium equiseti	*Satureja hortensis*	[7]
	Fusarium oxysporum	18 Mısır' a özgü bitki, *Metasequoia glyptostroboides, Eucalyptus erythrocorys, Genista quadriflora, Echinophora platyloba, Piper chaba, Syzygium aromaticum, Eucalyptus globulus,Cymbopogon citratus, Mentha x piperita, Mikania scandens, Salmea scandens*	[1]**
		Sideritis germanicopolitana BORNM	[2]
		Thymus vulgaris, Mentha piperita, Salvia officinalis	[8]
		Xanthium strumarium L	[9]
	Fusarium solani	18 Mısır' a özgü bitki, *Metasequoia glyptostroboides, Eucalyptus erythrocorys, Asarum heterotropoides, Angelica glauca, Plectranthus rugosus, Valeriana wallichii, Piper chaba, Marrubium vulgare*	[1]**
	Fusarium spp.	*Cestrum nocturnum, Pinus pinea, Rosmarinus officinalis, Tetraclinis articulata, Angelica archangelica*, 14 bitki türü	
	Geotrichum citri-aurantii	*Thymus* spp.	

Tablo 1' in devamı

Funguslar	*Macrophomina phaseolina*	*Mentha x piperita*, *Ocimum basilicum*, *Echinophora platyloba*	[1]**
	Monilinia fructicola	*Mentha pulegium*, *Solidago canadensis* L.	
	Monilinia fructigena	*C. mas*, *M. nigra*, *M. alba*, *Rosa canina* ve *Prunus laurocerasus*	[4]
	Penicillium digitatum	*Carum carvi* L., *Carum opticum* L., *Foeniculum vulgare* L., *Foeniculum vulgare* Mill., *Satureja hortensis* L.,*Ocimum basilicum* L. ve *Thymus vulgaris* L., *Marrubium vulgare*	
	Penicillium expansum	*Melissa officinalis*, *Pulicaria mauritanica*, *Solidago canadensis* L., *Warionia saharae*	
	Penicillium italicum	*Thymus* spp., *Rosmarinus officinalis*	
	Penicillium spp.	*Mentha x piperita*, *Origanum* spp., *Rosmarinus officinalis* L., *Schinus mole* L., *Tagetes minuta* L., *Citrus x limon* L., *Ocimum basilicum*, *Ocimum basilicum*, *Vetiveria zizanioides*, 14 farklı bitki türü	[1]**
	Rhizoctonia solani	*Cestrum nocturnum*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Asarum heterotropoides*-*Angelica archangelica*, *Bunium persicum*, *Foeniculum vulgare*, *Juniperus polycarpus*, *Mentha* spp., *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Zingiber officinale*, *Piper chaba*, *Syzygium cumini*, *Thymus* spp., *Mikania scandens*, *Piper sarmentosum*	
		Sideritis germanicopolitana BORNM	[2]
		Cornus mas ve *M. alba*	[5]
		Xanthium strumarium L.	[9]
		Trachystemon orientalis, *Smilax excelsa*, *Rhododendron ponticum*, *Phytolacca americana* ve *Prunus laurocerasus*	[3]
		Satureja hortensis	[7]
	Rhizopus stolonifer	*Foeniculum vulgare* Mill.,*Satureja hortensis* L., *Ocimum basilicum* L., *Thymus vulgaris* L., *Melissa officinalis*, *Pulicaria mauritanica*, *Warionia saharae*	[1]**
	Sclerotinia sclerotiorum	*Cestrum nocturnum*, *Metasequoia glyptostroboides*,*Ziziphora clinopodioides*	
	Verticillium dahliae	*C. mas*, *M. nigra*, *M. alba*, *Rosa canina* ve *Prunus laurocerasus*	[4]
		Sideritis germanicopolitana BORNM	[2]
		35 bitki türü	[1]**
		Thymus vulgaris, *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia*	[10]

Tablo 1' in devamı

Oomycetes	*Phytophthora cactorum*	*Asarum heterotropoides*	[1]**
	Phytophthora capsici	*Cestrum nocturnum, Metasequoia glyptostroboides, Piper chaba*	
		Satureja hortensis	[7]
	Phytophthora infestans	*Salmea scandens, Citrus sinensis* Cadenera, *Citrus limon* Eureka, *Citrus bergamia* Castagnaro, *Thymus* spp., *Origanum majorana L.*	[1]**
	Phytophthora megakarya	*Syzygium aromaticum, Zanthoxylum xanthoxyloides*	
	Pythium spp.	*Thymus* spp., *Mikania scandens*	

*: Kaynaklar rakamlarla ifade edilmiştir (1: Raveau ve ark., 2020; 2: Bayan ve Aksit, 2016; 3: Onaran ve Sağlam, 2016; 4: Onaran ve Yanar, 2016; 5: Bayan ve ark., 2015; 6: Soylu ve ark., 2010; 7: Usanmaz Bozhüyük ve ark., 2015; 8: Bilici ve ark., 2021; 9: Fındık ve Tepe, 2020; 10: Erdoğan ve ark., 2016).

**: Raveau ve ark., 2020' den modifiye edilmiştir.

2.2. Bakterisidal ve Virisidal Özellikler

Esans yağların bakterisidal özellikleri, ilk defa 1881’ de Dela Croix tarafından belirlenmiş (Boyle, 1955), 19. ve 20. yüzyıllarda özellikle tıp alanında kullanımı artış göstermiştir (Guenther,1948). İçerdikleri fenolik (timol, kavrakrol, eugenol, vs.) ve aldehit bileşikler antibakteriyel özelliklerinin başlıca sebebidir (Cosentino ve ark., 1999). Bitkilerde önemli verim ve kalite kayıplarına neden olan, mücadelesi zor, kimyasallara dayanıklılıkları yüksek fitopatojen bakterilerin kontrolünde doğal bileşiklerin kullanımı çok araştırılan konulardan biridir. Esans yağların antimikrobiyal etki mekanizmaları tam olarak anlaşılamasa da araştırma sonuçları, etkilerinin hidrofilik veya lipofilik karekterli olmalarıyla ilişkili olabileceğini göstermektedir (Juglal ve ark., 2002). Esans yağların en önemli

özelliklerinden biri ise hidrofobik olmalarıdır. Bu sayede bakteri hücre duvarını ve mitokondri lipitlerini parçalayarak yapıların zararlanmasına ve geçirgenliğin artmasına sebep olmaktadır. Böylelikle geçirgenliği bozulan hücre duvarından hücre içindeki sıvı dışarı akar. Özellikle önemli iyonların ve moleküllerin dışarı sızması ile bakteri hücresinin içeriği bozulur ve ölüm gerçekleşir (Pessoa ve ark., 2002). Fenol bileşiklerinin kritik rolü burada karşımıza çıkmaktadır. Şöyle ki; penisilin, streptomisin gibi antibiyotikler bakterinin kromozom yapısını etkileyerek direnç oluşumuna neden olurken, doğal bileşikler hücre duvarına etki ederek direk ölüme sebep olmaktadır (Botsoglou ve ark., 2003). Esans yağ bileşiklerinin etkisi kimyasal yapılarına bağlı olmakla birlikte mikroorganizma türlerine göre de değişmektedir. Bu farklılığın organizmaların hücre duvarındaki yapı ile ilgili olduğu bilinmektedir (Magiatis ve ark., 2002). Araştırmaların çoğu esans yağların gram negatiflere göre gram pozitif bakterilere daha fazla etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Bunun sebebinin gram negatif bakterilerin dış membran yüzeyinin hidrofilik ve lipopolisakkarit moleküllerince zengin olması, bu yüzden de esans yağlara direnç göstermesi olduğu belirlenmiştir. İlaveten antimikrobiyal etkinin bakteri türleri arasında farklılık gösterdiği ve *Pseudomonas* spp. ve *Proteus* spp.'in denenen diğer türlere göre en dirençlileri oldukları rapor edilmiştir (Sokovic ve ark., 2010). Bunun yanında birçok esans yağın kombinasyon halinde kullanıldığında sinerjik antimikrobiyal etkinlik gösterdiği de tespit edilmiştir. Tabi ki bu sonuçları etkileyen pek çok faktör de mevcuttur. Örneğin, kullanılacak yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, çözünürlüğü,

bileşenlerinin konsantrasyonu gibi bitkisel özelliklerin yanında denenecek bakterinin türü, inkübe edildiği süre ve sıcaklık, ekildiği besi yerinin özellikleri, inokulumun hazırlanma şekli sayılabilir. Tablo 2' de son yıllarda fitopatojen bakterilere karşı denenen esans yağların özeti verilmiştir.

Tablo 2. Fitopatojen bakterilere karşı esans yağ örnekleri (2007' den günümüze).

Hedef Organizma		**Esans yağ kaynağı**	**Kaynaklar***
Gram pozitif bakteriler	*Clavibacter michiganensis*	*Achillea biebersteinii, Achillea millefolium, Satureja spicigera, Thymus fallax, Origanum heracleoticum, Origanum majorana, Origanum onites, Salmea scandens, Satureja hortensis, Solidago canadensis L., Tanacetum aucheranum*	
	Rhodococcus fascians	*Ocimum ciliatum*	
Gram negatif bakteriler	*Erwinia* spp.	*Achillea biebersteinii, Achillea millefolium, Origanum onites, Salmea scandens, Satureja hortensis, Satureja spicigera, Tanacetum aucheranum, Tanacetum chiliophyllum,Thymus fallax*	[1]**
	Pseudomonas spp.	*Achillea biebersteinii, Achillea millefolium,Ocimum ciliatum,Origanum heracleoticum, Origanum majorana, Origanum onites, Origanum vulgare, Salmea scandens, Satureja spicigera, Solidago canadensis L., Tanacetum aucheranum, Tanacetum chiliophyllum, Thymus fallax, Thymus vulgaris*	
	Xanthomonas spp.	*Achillea biebersteinii, Achillea millefolium, Cleistocalyx operculatus, Metasequoia glyptostroboides, Ocimum ciliatum, Origanum heracleoticum, Origanum majorana, Origanum onites, Salmea scandens, Satureja hortensis, Satureja spicigera, Solidago canadensis L., Tanacetum aucheranum, Tanacetum chiliophyllum, Thymus fallax*	
	Agrobacterium tumefaciens	*Citrus aurantium L., Eriocephalus africanus L., Tanacetum aucheranum, Tanacetum chiliophyllum*, 18 Mısır' a özgü bitki	
	Dickeya solani	*Citrus aurantium L., Eriocephalus africanus* L.,	

Tablo 2'nin devamı

	Erwinia amylovora	*Citrus aurantium L., Cynara scolymus, Eriocephalus africanus L., Origanum Vulgare, Juglans regia L., Syzygium aromaticum*, 11 farklı bitki	
		Xanthium strumarium L.	[2]
Gram negatif bakteriler	*Erwinia carotovora*	*Cynara scolymus, Juglans regia L., Origanum vulgare, Salmea scandens, Syzygium aromaticum*, 18 Mısır' a özgü bitki	[1]**
	Pseudomonas aeruginosa	*Citrus reticulata, Ocimum basilicum, Vetiveria zizanioides*	
	Pseudomonas syringae	*Cynara scolymus, Juglans regia L., Origanum vulgare, Salmea scandens, Syzygium aromaticum, Thymus vulgaris*	
	Pseudomonas syringae pv. *syringae*	*Xanthium strumarium* L.	[2]
	Pseudomonas cichorii	*Eriocephalus africanus* L.	[1]**
	Xanthomonas vesicatoria	*Cynara scolymus, Juglans regia L., Origanum vulgare, Syzygium aromaticum*	
	Xanthomonas axonopodis pv. *vesicatoria*	*Satureja hortensis, Satureja spicigera, Origanum onites* ve *Origanum rotundifolium*	[3]
	Ralstonia solanacearum	*Ocimum ciliatum*	
	Agrobacterium vitis		
	Brenneria nigrifluens		
	Pantoea stewartii		
	Xanthomonas oryzae pv. *oryzae, Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*	*Piper sarmentosum*	[1]**
	Curtobacterium flaccumfaciens subsp. *flaccumfaciens, Pseudomonas syringae pv. phaseolicola*	*Satureja* spp.	[4]
	Acidovorax citrulli	*Entada africana, Vitex doniana, Lawsonia inermis, Azadirachta indica, Acalypha hispida ve Nauclea latifolia*	[5]

*: Kaynaklar rakamlarla ifade edilmiştir (1: Raveau ve ark., 2020; 2: Fındık ve Tepe, 2020; 3: Dadasoglu ve ark., 2016;4: Dönmez ve ark., 2020; 5: Adebola ve ark., 2018).

**: Raveau ve ark., 2020' den modifiye edilmiştir.

Esans yağların antiviral aktiviteleri ile ilgili bazı çalışmalar da rapor edilmiştir. Bishop (1995), *Melaleuca alternifolia* (çayağacı) esans yağının, tütün mozaik virüsüne karşı etkili olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada beş farklı esans yağın Epstein-Barr virüsüne (EBV) etki gösterdiği belirtilmiştir (Bammi ve ark., 1997).

2.3. Herbisidal Özellikler

Dünyada kullanılan tarımsal mücadele ilaçlarının yaklaşık yarısını yabancı ot ilaçlarının oluşturduğu bilinmektedir. Ülkemizde bu oran daha az olmakla birlikte diğer mücadele teknikleri iş gücü ve maliyet bakımından üreticiyi zorlamaktadır (Delen ve ark., 2005). Bu nedenle özellikle büyük üretim alanlarında ilk akla gelen yöntem kimyasal mücadeledir. Kısa sürede etki göstermesi, kolay uygulanması, toplam maliyetinin daha az olması gibi sebeplerden dolayı tercih edilen herbisit kullanımı uzun vadede çevre sorunlarını da beraberinde getirmesi ile yerini alternatif mücadele teknikleri arayışına bırakmaya başlamıştır. Allelopatik çalışmalar son yıllarda üzerinde en çok durulan konulardan biridir. Bitkisel kökenli uçucu yağların yabancı otlar üzerine çimlenmeyi, büyüme ve gelişmeyi engelleyici allelopatik etki göstermesi, bununla birlikte doğal özellikte olmaları herbisitlere alternatif olabilmelerini sağlamaktadır. Özellikle de organik tarımda herbisit kullanımına izin verilmemesi bu tarz allelokimyasalların araştırılma çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Esans yağların bitkilerde fotosentezde gerekli olan pigment oluşumunu engellediği, bazı enzimleri etkisiz hale getirerek aminoasit sentezini sekteye uğrattığı

ve zamanla bitki ölümüne sebep olduğu düşünülmektedir (Şahin ve ark., 2013).

Esans yağların herbisidal özellikte kullanılmalarında bazı handikaplar vardır. Şöyle ki; amacına ulaşabilmesi için herbisit özellik göstermesi yani yabancı otlara etki gösterirken kültür bitkilerine etkisiz olması gerekir. Bu da, yağların bileşenlerinin belirlenmesini, tek olarak ve sinerjik etkilerinin saptanmasını, kültür bitkileri üzerinde buna göre denemelerin yapılmasını gerektirmektedir (Özen ve ark., 2017). Bu şekilde çeşitli formülasyonlar geliştirilip hem yabancı otlarda hem de kültür bitkilerinde denemeler yapılarak etkisi değerlendirilmektedir. Ayrıca esans yağların etki sürelerinin artırılması da diğer önemli konulardan biridir. Son yıllarda laboratuvar araştırmaları ile desteklenen arazi çalışmaları esans yağların herbisidal özelliklerini ortaya çıkarıp ticari kullanıma uygun hale getirilmesini sağlamaya yöneliktir. Tablo 3' de son yıllarda yapılmış çalışmalarda herbisidal özellik gösteren esans yağ örnekleri özet halinde verilmiştir.

Tablo 3. Herbisidal özellik gösteren esans yağ örnekleri

Esans yağ kaynakları	Denenen bitkiler	Kaynaklar*
Achillea gypsicola, Achillea biebersteinii	*Amaranthus retroflexus*	[1]**
	Chenopodium album	
	Cirsium arvense	
	Lactuca serriola	
	Rumex crispus	
Angelica glauca	*Lemna minor*	
Artemisia scoparia	*Abutilon theoprastii*	[2]
	Agrostemma githago	
	Rumex crispus	
	Sinapis arvensis	
	Amaranthus retroflexus	
	Chenopodium album	
	Lactuca sativa	
	Lepidium sativum	
Bazı Lamiaceae türleri	*Amaranthus retroflexus*	[3]
Citrus x limon L.	*Portulaca oleracea*	[1]**
Citrus aurantiifolia	*Avena fatua*	
	Echinochloa crus-galli	
	Phalaris minor	
Coriandrum sativum L.	*Amaranthus retroflexus*	
	Chenopodium album	
	Echinochloa crus-galli	
Eucalyptus spp.	*Annual ryegrass*	
	Echinochloa crus-galli	
	Lolium multiflorum	
	Nicotiana glauca	
	Portulaca oleracea	
	Phalaris canariensis	
	Solanum elaeagnifolium	
	Phalaris minor	
	Parthenium hysterophorus	
	Sinapis arvensis	
Eucalyptus globulus	*Amaranthus blitoides*	[4]
	Cynodon dactylon	
Lavandula spp.	*Lolium rigidum*	[1]**
12 Akdeniz bitkisi	*Lactuca sativa*	
	Lepidium sativum	
	Raphanus sativus	
Origanum acutidens	*Amaranthus retroflexus*	
	Rumex crispus	
	Chenopodium album	
Origanum dubium L., *Allium cepa* L., *Allium sativum* L.	*Rumex crispus L.*	[5]
	Amaranthus retroflexus L.	
	Sinapsis arvensis L.	
	Physalis angulata L.	

Tablo 3' ün devamı

Origanum vulgare L.	*Hordeum vulgare*	[1]**
	Lepidium sativum	
	Triticum aestivum	
	Sinapsis alba	
	Matricaria chamomilla L.	
Peumus boldus	*Portulaca oleracea*	
Pinus nigra	*Phalaris canariensis*	
	Trifolium campestre	
	Sinapis arvensis	
Pinus pinea	*Sinapis arvensis*	
	Raphanus raphanistrum	
	Lolium rigidum	
Plectranthus rugosus	*Lemna minor*	
Rosmarinus offcinalis	*Amaranthus retroflexus*	
	Rhaphanus sativus	
	Matricaria chamomilla L.	
	Phalaris minor	
	Silybum marianum	
	Trifolium incarnatum	
Syzygium aromaticum	*Chenopodium album*	
	Amaranthus retroflexus	
Tagetes erecta	*Echinochloa crus-galli* L. Beauv	
Tanacetum aucheranum, Tanacetum chiliophyllum	*Amaranthus retroflexus*	
	Chenopodium album	
	Rumex crispus	
Tetraclinis articulata	*Sinapis arvensis*	
	Phalaris canariensis	
25 farklı bitki	*Taraxacum officinale*	
Valeriana wallichii	*Lemna minor*	
5 farklı bitki	*Xanthium strumarium,*	[6]
	Avena sterilis	
	Phalaris brachystachys	

*: Kaynaklar rakamlarla ifade edilmiştir (1: Raveau ve ark., 2020; 2: Yılar ve ark., 2012; 3: Yergin Özkan ve Tunçtürk, 2021; 4: Rassaeifar ve ark., 2013; 5: Aydın ve Tursun, 2010; 6: Üremiş ve ark., 2009).

**: Raveau ve ark., 2020' den modifiye edilmiştir.

2.4. Böcekler Üzerindeki Etkileri

Karbamatlar, piretroidler, organoklorinler ve organofosfatlar gibi sentetik kimyasallar geçmişte ve günümüzde tarımsal-endüstriyel ve tıbbi eklembacaklılara karşı bitki koruma stratejilerinde önemli rol oynamışlardır. Bununla birlikte, söz konusu kimyasalların gıda ve içme suyunda kalıntı bırakması, insanlar ve diğer hedef dışı organizmalar üzerinde akut veya kronik toksisiteye neden olması, zararlıların kimyasallara karşı direnç oluşturması ve doğal düşmanlar üzerindeki olumsuz etkisi, kamuoyunda endişelerin oluşmasına neden olmuştur. Kimyasalların dayattığı bu sorunlar kimyasal pestisitlerin azaltılması ve güvenli potansiyel alternatiflerin ortaya çıkarılmasını zorunlu hale getirmiştir (Ikbal ve Pavela, 2019; Ebadollahi ve ark., 2020). Son yıllarda, biyopestisitlerin zararlı yönetiminde kullanımında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Biyopestisitler; biyokimyasal biyopestisitler (botanik pestisitler ve diğer doğal bileşikler), bitki kaynaklı koruyucular (transgenik Bt toksini) ve biyokontrol ajanları (funguslar ve parazitoid yaban arıları) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Ebadollahi ve ark., 2020; Isman, 2000). Bitkiler, farklı herbivor zararlılara karşı çok sayıda aromatik bileşik içeren sekonder metabolitler içerirler. Pestisit özelliği gösterebilen yaklaşık olarak 17.500 aromatik bitki türü mevcut olup zararlı yönetimi stratejilerinde farklı bitki türlerinden ekstrakte edilen uçucu yağlar kullanılmaktadır (Ebadollahi ve ark., 2020).

Bitki esans yağları, terpenik (özellikle mono- ve seskiterpenler ve mono- ve seskiterpenoidler), aromatik ve alifatik bileşenlerin yaklaşık

24 ila 48 saat yarılanma ömrüne sahip kompleks karışımlarıdır ve çevrede kalıcı değillerdir (Ebadollahi ve ark., 2020). Esans yağların kimyasal bileşimi, bitki türleri, coğrafi konum, iklim koşulları, hasat zamanı ve ekstraksiyon yöntemi gibi farklı içsel ve dışsal faktörlerden etkilenmektedir (Ebadollahi ve ark., 2020). Bitki esans yağları veya bunların uçucu bileşenleri, birçok herbivor böceğe karşı kritik savunma stratejilerinde etkili olmaktadır. Ayrıca bitki-bitki etkileşimlerinde ve tozlayıcıların çekiciliğinde de önemli role sahiptirler (Ikbal ve Pavela, 2019).

Esans yağlar, çeşitli böcek ve akarlara karşı öldürücü veya öldürücü olmayan geniş yelpazede bir aktiviteye sahiptirler (Ebadollahi ve ark., 2020). Esans yağları içeren bitki familyaları *Apiaceae* (Maydonozgiller), *Asteraceae* (Papatyagiller), *Brassicaeae* (Turpgiller), *Chenopodiaceae* (Sirkengiller), *Compositaceae* (Bileşikgiller), *Cupressaceae* (Servigiller), İ*ridaceae* (Süsengiller), *Lamiaceae* (Ballıbabagiller), *Lauraceae* (Defnegiller), *Myrtaceae* (Mersingiller), *Pineaceae* (Çamgiller), *Poaceae* (Buğdaygiller), *Rosaceae* (Gülgiller), *Rutaceae* (Sedefotugiller), *Zingiberaceae* (Zencefilgiller) olarak sayılabilir (Ebadollahi ve Jalali-Sendi, 2015; Regnault-Roger ve ark., 2012).

Yukarıda bahsedilen bitki familyaları içerisinde, farklı doğal ekosistemlerde geniş bir yayılış göstermesi ve böcekler üzerinde en fazla pestisidal etkiye sahip esans yağları içermesinden dolayı *Lamiaceae* familyası ön plana çıkmaktadır. Bu familya 236 cins ve yaklaşık 6000 tür içermektedir (Raja, 2012). *Lamiaceae* familyasından

birçok tür, özellikle yaprak ve çiçeklerinde olmak üzere tüm yer üstü kısımlarında yüksek kaliteli esans yağlara sahiptir ve antibakteriyel, antifungal, antioksidan, antiviral ve hatta antikanser özelliklere sahip tıbbi amaçlı uygulamalarda ve ayrıca kozmetik ve parfümeri endüstrilerinde yoğun olarak kullanılmaktadırlar (Raja, 2012).

Lamiaceae familyasında öne çıkan cinsler *Agastache*, *Hyptis*, *Lavandula*, *Lepechinia*, *Mentha*, *Melissa*, *Ocimum*, *Origanum*, *Perilla*, *Perovskia*, *Phlomis*, *Rosmarinus* olup özellikle *Salvia*, *Satureja*, *Teucrium*, *Thymus*, *Zataria* ve *Zhumeria* cinslerinin zararlı yönetimi stratejilerinde önemli potansiyele sahip oldukları belirtilmektedir. Bu bitkilerden izole edilen esans yağların akut toksisite ve kronik etkileri ön plana çıkaran kovucu-kaçırıcı, beslenmeyi önleyici ve sindirim faaliyetlerini ve elektron taşınımı engelleyici pestisidal etkilere sahip oldukları saptanmıştır (Ebadollahi ve ark., 2020).

2.4.1. Esans Yağların Böcekler Üzerindeki Etki Mekanizmaları

Esans yağlar içerikleri ve kapsadıkları sekonder metabolitleri ile böcek zararlılarının temel metabolik, biyokimyasal ve fizyolojik fonksiyonlarına müdahale etmektir. Metabolik ve fizyolojik değişikliklere ek olarak, esans yağların yutulması da histolojik değişikliklere neden olabilir (Hategekimana, 2020). Esans yağlar böcekler için kimyasal haberciler olarak da hareket edebilmektedir. Önemli esans yağ grupları arasında yer alan monoterpenlerin çoğu

bitkiler ve hayvan dokuları için sitotoksiktir, sağlam mitokondri ve Golgi cisimciklerinin sayısında ciddi bir azalmaya neden olarak solunum ve fotosentezi bozar ve hücre zarı geçirgenliğini azaltır. Çoğu monoterpen'in nispeten kısa süreli bir sinyal olarak hizmet ettiği ve özellikle sinomonları (ve alarm feromonları) için sinergist etki yarattığı bilinmektedir (Rathore, 2017).

Esans yağların böcekler üzerine etkilerine yönelik olarak yapılan araştırmalarda, bu bileşiklerin böcek felci ve ölüme neden olabilecek nörotoksik etkilerinin olduğu kaydedilmiştir. Bu etkiler üzerinde en fazla çalışılan ve üzerinde durulan etki mekanizması depolanmış ürün zararlılarında asetilkolinesteraz'ın (AChE) inhibisyonudur. AChE, böceklerde nöronal ve nöromüsküler haberleşmede en önemli enzimlerden biridir ve söz konusu bu özellikler AChE'yi yeni geliştirilen insektisitlerde böcekler için selektif hedef yapmaktadır (Nattudurai ve ark., 2017).

Esans yağların, bazı depolanmış ürün zararlılarının AChE aktivitesini değiştirme yönündeki yeteneklerinden dolayı potansiyel bir insektisit kaynağı olduğu düşünülmektedir (Abdelgaleil ve ark., 2016; Liao ve ark., 2016). Bu metabolitlerin AChE'yi inhibe etmesi üzerine yapılan çalışmalarda bazı esans yağların böceklerdeki toplam esteraz aktivitesini etkileyerek azalttığı belirlenmiştir (Nattudurai ve ark., 2017).

Esans yağların, detoksifiye edici enzimlerin aktivitesini azaltma ve bastırma yönündeki yetenekleri, esans yağ bazlı formülasyonların

insektisit aktivitesini artırabildiği gibi diğer insektisitlerin aktivitesi arttırmak için sinerjik bileşenler olarak da kullanılabilmektedirler (Hategekimana, 2020).

2.4.2. Esans Yağların Böcekler Üzerindeki Ana Etkileri

Bitki esans yağları bitkilerde fumigant, kontakt etkili böcek öldürücü, uzaklaştırıcı ve beslenmeyi engelleyiciler gibi davranırlar. Birbirinden farklı çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyerek böceklerin büyüme hızını, büyümesini ve davranışını olumsuz etkilerler (Isman, 2000).

Fumigant Etkisi

Bitkilerden elde edilen farklı esans yağlarının fumigant olarak kullanıldığı çeşitli araştırmalarla kayıt altına alınmıştır. *Artemisia annua*, *Anethum sowa*, *Curcuma longa* ve *Lippia alba*'dan elde edilen uçucu yağlar ve d-limonen, carvones ve 1,8-ceneole gibi sekonder metabolitlerin fumigantlar olarak etkili olduğu ve bu yağların zararlıların solunum sistemine buhar yoluyla etki ettikleri belirtilmiştir (Rathore, 2017). Yaprak bitlerine karşı farklı bitkilerden elde edilen (*Calamintha umbrosa, Citrus sinensis, Cuminum cyminum, Foeniculum vulgare, Lavandula angustifolia, Majorana hortensis, Melissa officinalis, Mentha piperita, M. pulegium, Ocimum basilicum, Origanum, Pimpinella anisum, Salvia officinalis, Thymus vulgaris* ve *Verbena officinalis*) esans yağlarının 2 µl l^{-1} uygulamasının yaprak bitlerine fumigasyon yoluyla etkide bulundukları ve bu yağların kapalı alanlarda kullanılması yönünde ümitvar oldukları belirtilmektedir (Ikbal ve Pavela, 2019). Esans yağların özellikle depo zararlılarına

karşı da etkili olduğu ve böcek popülasyonlarını kontrol etmek amacıyla kullanılabileceği ifade edilmektedir (Hategekimana, 2020).

Kontakt veya Mide Zehiri Etkisi

Böceklere karşı bitkisel kökenli toksik maddelerin etkisini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalarda, farklı esans yağların özütü ve biyoaktif bileşenlerinin birçok böcek türüne öldürücü karşı aktivite gösterdiği ve %100 ergin ölümüne neden olduğu belirlenmiştir (Hategekimana, 2020).

Kemosterilantlar ve Döl Verimini Azaltma Etkisi

Esans yağların böceklere etkisi üzerine yapılan çalışmalarda, bu maddelerin böceklerin yumurtlama, yumurta çıkışı, postembriyonik gelişimi ve döl verimini azalttığı, dişilerin yumurta bırakması üzerinde caydırıcı etkiye sahip olduğu, esans yağları dahil botanik kökenli bir çok insektisitin böcek yumurtalarının ölümüne neden olduğu belirtilmiştir (Hategekimana, 2020). Yüksek fümigant toksisitesi gösteren bazı esans yağların büyüme önleyici aktivitelerinin, gelişmelerinin farklı aşamalarında böceklerin çeşitli fizyolojik işlemlerinin inhibe edilmesinden kaynaklanabildiği ifade edilmektedir (Abbas ve ark., 2012).

Beslenme Engelleyici (Anti-Feedant) Etkisi

Beslenme engelleyiciler olarak adlandırılan beslenme caydırıcıları böcek besinlerini lezzetsiz ve tatsız hale getirerek beslenmeyi engelleyen veya böcek beslenmesini durduran kimyasallar olarak

tanımlanmaktadır (Hategekimana, 2020). Bu anlamda bazı esans yağların böceklerin farklı gelişim dönemlerinde (ergin ve larva) beslenme caydırıcı aktivitelerinin olduğu, bitkisel kökenli bazı monoterpenlerin beslenme engelleyici olarak hareket ettikleri belirtilmiştir (Hategekimana, 2020; Tripathi ve ark., 2002).

Kaçırıcı-Kovucu Etkisi

Kaçırıcılar, ekosistem üzerinde en az yan etkiye sahip koruma sağladıklarından en fazla tercih edilen kimyasallardır. Bitkisel kökenli kaçırıcılar kalıntı riskinin olmaması ile çevre ve gıda güvenliği açısından zararlı yönetiminde en güvenli maddeler olarak kabul edilmektedir (Hategekimana, 2020). Bu bağlamda esans yağların, karakteristik bir kokuya ve uçucu bir yapıya sahip oldukları için iyi bir kovucu-kaçırıcı potansiyele sahip olduğu görünmektedir (Rathore, 2017). Farklı bitkilerden elde edilen esans yağların [Defne (*Laurus nobilis*), bergamot (*Citrus bergamia*), lavanta (*Lavandula hybrida*), kişniş (*Coriandrum sativum*), tarçın (*Cinnamomum verum*), anason (*Pimpinella anisum*), tarçın (*Cinnamomum verum*), karanfil (*Syzygium aromaticum*), *Mentha haplocalyx, Baccharis salicifolia*] böceklerde kaçırıcı etkiye sahip olduğu ve bu bileşenlerin kendi arasında da sinergist etkiye sahip olduğu kaydedilmiştir (Hategekimana, 2020).

3. SONUÇ

Son yıllarda, inovatif yaklaşımlar göz önünde tutularak ve "yeşil pestisitler" kavramı ön plana çıkarılarak esans yağların alternatif bitki koruma ürünleri olarak kullanılması yönünde çok sayıda araştırma

yapılmıştır. Esans yağlar, etki alanı açısından geniş spektrumlu olması, hedef dışı organizmalara karşı toksisitesinin bulunmaması, kalıntı riskinin düşük ve ticarileştirilme potansiyelinin yüksek olmasından dolayı önemli avantajlara sahiptir. Ancak bu avantajlarının yanı sıra kimyasal pestisitlere göre daha düşük etkiye sahip olmalarından dolayı sık tekrarlanma zorunluluğunun olması ve bazı tohumların çimlenme gücünü olumsuz etkilemesi gibi bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu bağlamda esans yağların olumlu ve olumsuz yönleri dikkate alınarak biyolojik etkililiğinin ve stabilitelerinin artırılması kapsamında (örneğin emülsiyon ve kapsülleme yoluyla formulasyonunun iyileştirilmesi) yenilikçi yaklaşımların esans yağların alternatif bir bitki koruma ürünü olma potansiyelini de artıracaktır.

KAYNAKLAR

Abbas, S.K., Farooq, A., Muhammad, S., Muhammad, Y., Saeed, A., Wali, M. (2012). Insecticidal and growth inhibition activities of *Citrus paradisi* and *Citrus reticulata* essential oils against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). World Journal of Zoology, 7(4): 289-294.

Abdelgaleil, S.A., Mohamed, M.I., Shawir, M.S., Abou-Taleb, H.K. (2016). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. Journal of Pest Science, 89(1): 219-229

Adebola, M.O., Bello, I.M., Aremu, M.B., Kalesanvo, A.O. (2018). Evaluation of Six Medicinal Plant Leaf Extracts Against *Acıdovorax citriulli* Causing Bacterial Blotch of Watermelon. Journal of Science, Technology, Mathematics and Education (JOSTMED), 14(2), 31 – 41.

Aydın, O., Tursun, N. (2010). Bitkisel kökenli bazı uçucu yağların bazı yabancı ot tohumlarının çimlenme ve çıkışına olan etkilerinin araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimler Dergisi, 1(1): 11-17.

Bammi, J., Khelifa, R., Remmal, A. (1997). Etudes de l'activité antivirale de quelques huiles essentielles. In Proceedings of the Intern. Congr. Arom. Medicinal Plants & Essential Oils, Benjilali, B., Ettalibi, M., Ismaili-Alaoui, M., Zrira, S. (eds). Actes Editions, Rabat, Morocco, p.502.

Bayan, Y., Aksit, H. (2016). Antifungal activity of essential oils and plant extracts from *Sideritis germanicopolitana* BORNM. growin in Turkey. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26(2), 333.

Bayan, Y., Yılar, M., Onaran, A. (2015). Evalution of Antifungal Activity of Methanol Plant Extracts from *Cornus mas* L. and *Morus alba* L. Sixth International Scientific Agricultural Symposium. Agrosym

Bilici, S., Demir S., Boyno G. (2021). Uçucu Yağ ve Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF)'un Domates Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü *Fusarium oxysporum* f.

sp. *radicis lycopersici* (Jarvis & Shoemaker) (FORL) Hastalığına Etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2): 857-868.

Bishop, C.D. (1995). Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel (tea tree) against tobacco mosaic virus. *Journal of Essential Oil Research* 7(6): 641- 644.

Botsoglou, N.A., Govaris, A., Botsoglou, E.N., Grigoropolou, S.H., Papageorgiou, G. (2003). Antioxidant Activity of Dietary Oregano Essential Oil and Alpha-Tocopheryl Acetate Supplementation in Long –Term Frozen Stored Turkey Meat. J. Agric. Food Chem., 51: 2930-2936.

Boyle, W. (1955). Spices and essential oils as preservatives. The American Perfumer and Essential Oil Review, 66, 25.

Caccioni, D., Guizardi, M. (1994). Inhibition of germination growth of fruit and vegetable post-harvest pathogenic fungi by essential oil components. Journal of Essential Oil Research, 6: 173-179.

Cosentino, S., Tuberoso, C.I.G., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E., Palmas, F. (1999). In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. Letters in Applied Microbiology, 29, 130.

Dadasoglu, F., Kotan, R., Cakir, A., Karagoz, K., Dikbas, N., Ozer, H., Kordali, Ş., Cakmakci, R. (2016). Use of essential oils and extracts from satureja and origanum species as seed disinfectants against *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye. Fresenius Environmentol Bulletin, 25, 5989-5998.

Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A. (2005). Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara.

Dönmez, M.F., Şahin, B.U., Bozhüyük, A.U. (2020). *Satureja* Türlerinden Elde Edilen Uçucu Yağ ve Ekstrelerinin Fasulyede Bakteriyel Patojenlere Karşı Antibakteriyel Etkisi, Journal of Agriculture, 3(2): 57-70.

Ebadollahi, A., Jalali-Sendi, J.A. (2015). Review on recent research results on bio-effects of plant essential oils against major Coleopteran insect pests. Toxin Rev. 34, 76–91.

Ebadollahi, A., Ziaee, M., Palla, F. (2020). Essential Oils Extracted from Different Species of the Lamiaceae Plant Family as Prospective Bioagents against Several Detrimental Pests. Molecules, 25, 1556:1-15.

Erdoğan, O., Çelik, A., Zeybek, A. (2016). In Vitro Antifungal Activity of Mint Thyme Lavender Extracts and Essential Oils on *Verticillium dahliae* Kleb. Fresenius Environmental Bulletin, 25 (11): 4856-4862.

Fındık, L., Tepe, I. (2020). Domuz Pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.) Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Bakteri ve Funguslar Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25(2): 85-93.

Guenther, E. (1948). The Essential Oils. D. Van Nostrand, New York.

Hadizadeh, L., Peivasteag, B., Hamzezharghani, H. (2009). Antifungal activity of essential oils from some medicinal plants of Iran against Alternaria alternata. American Journal of Applied Sciences, 6: 744-748.

Hategekimana, A. (2020). Bazı Bitki Uçucu Yağları ve Anabileşenlerinin Depo Zararlıları *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) ve *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)'ye Karşı Kaçırıcı ve Böcek Gelişimini Engelleyici Etkilerinin Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, 125 s.

Ikbal, C., Pavela, R. (2019). Essential of as active ingredients of botanical insecticides against aphids. Journal of Pest Science, 92: 971-986.

Isman, M.B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8-10): 603-608.

Juglal, S., Govinden, R., Odhav, B. (2002). Spice oils for the control of cooccurring mycotoxin-producing fungi. Journal of Food Protection, 65 (4), 683.

Lacroix, M., Saucier, L., Caillet, S., Qussalah (2006). Inhibitory Effects of Selected Plant Essential Oils on the Growth of Four Pathogenic Bacteria: *E. coli O157:H7, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. Food Control. 18(5), 414-420.

Liao, M., Xiao, J.J., Zhou, L.J., Liu, Y., Wu, X.W., Hua, R.M., Wang, G.R., Cao, H.Q. 2016. Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil

and RNA- Seq analysis of *Sitophilus zeamais* transcriptome in response to oil fumigation. *PLoS One*, 11(12): e0167748.

Magiatis, P., Skaltsounis, A. L., Chinou, I., Haroutounian, S. A. (2002). Chemical composition and in-vitro antimicrobial activity of the essential oils of three Greek Achillea species, Z. Naturforsch, 57, 287.

Marino, M., Bersani, C., Comi, G. (1999). Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. mesaured using a bio-impedometric method. Journal of Food Protection, 62, 9, 1017.

Mengüllüoğlu, M., Soylu, S. (2012). Antibacterial activities of essential oils from several medicinal plants against the seed-borne bacterial disease agent *Acidovorax avenae* sub. sp. *citrulli.* Research on Crops, 13: 641-646.

Nattudurai, G., Baskar, K., Paulraj, M.G., Islam, V.I.H., Ignacimuthu, S., Duraipandiyan, V. (2017). Toxic effect of *Atalantia monophylla* essential oil on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae*. Environmental Science and Pollution Research,24(2): 1619-1629.

Onaran, A., Sağlam, H.D. (2016). Antifungal Activity of Some Plant Extracts against Different Plant Pathogenic Fungi. International Journal of Advances in Agricultural and Environmental Engineering. (IJAAEE), 3(2), 2349-1531.

Onaran, A., Yanar, Y. (2016). In vivo and In vitro Antifungal Activities of Five Plant Extracts Against Various Plant Pathogens. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26 (2), 405-411.

Özen, F., Yaldız, G., Çamlıca, M. (2017). Yabancı Ot Mücadelesinde Bazı Aromatik Bitkilerinin Uçucu Yağlarının Allelopatik Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD). 3(1): 40 - 48.

Pessoa, L.M., Morais, S.M., Bevilaqua, C.M.L., Luciano, J.H.S. (2002). Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn. and eugenol against *Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology, 109,1-2, 59.

Raja, R.R. (2012). Medicinally potential of plant of Labiatae (*Lamiaceae*) family: An overview. Res. J. Med. Plants, *9*, 203–213.

Rassaeifar, M., Hosseini, N., Asl, NHH., P. Zandi, P. Moradi, Aghdam, A.M. (2013). Allepathic effect of *Eucalyptus globulus*' essential oil on seed

germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cynodon dactylon*. Trakia Journal of Sciences, 1: 73-81.

Rathore, H.S. (2017). Green Pesticides for Organic Farming: Occurrence and Properties of Essential Oils for Use in Pest Control. In: Green pesticides Handbook-Essential Oils for Pest Control (eds: Leo M.L. Nollet, Hamir Singh Rathore), CRC Press, p: 3-27.

Raveau, R., Fontaine, J., Hadj Sahraoui, A.L. (2020). Essential Oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds. Foods, 9 (365), 1-31.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J.T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. Annu. Rev. Entomol. 57, 405–424.

Robles, C., Bonın, G., Garzino, S. (1996). Auotoxic and allelopathic potentials of *Citrus albidus* L. Plant Biology and Pathology, 322: 677-685.

Saharkhiz, M.J., Ashiri, F., Salehi, M.R., Ghaemghami, J., Mohammadi, S.H. (2009). Allelopathic potential of essential oils from *Carum capticum* L., *Cuminum cyminum* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Zateria multiflora* Boiss. Medicinal Aromatic Plant Science and Biotechnology, 3: 32-35.

Sertkaya, E. (2013). Fumigant toxicity of the essential oils from medicinal plant against bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Asian Journal of Chemistry, 25(1): 553-555.

Sokovic, M., Glamoclija, J., Marin, P.D., Brkic, D., Van Griensven, LJLD. (2010). Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. Molecules 15:7532-46.

Soylu, E.M., Kurt, Ş., Soylu, S. (2010). *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. International Journal of Food Microbiology, 143: 183–189.

Soylu, E.M., Soylu, S., Kurt, Ş. (2006). Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*. Mycopathologia, 161, 119-128.

Soylu, S., Evrendilek, G.A., Soylu, E.M. (2009). Chemical compositions and antibacterial activities of bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var.

vulgare) and dill (*Anethum graveolens* L.) essential oils against the growth of foodborne and seed-borne plant pathogenic bacteria. Italian Journal of Food Science, 21: 347-355.

Svoboda, K.P., Hampson, J.B. (1999). Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants: antibacterial, antioxidant, antiinflammatory and other related pharmacological activities. Plant Biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK., KA6 5HW. 1999, 1-17.

Szczerbanik, M., Jobling, J., Morrıs, S., Holford, P. (2007). Essential oil vapours control some common postharvest fungal pathogens. Australian Journal of Experimental Agriculture, 47: 103-109.

Şahin, C.B., Arslan, M., Kırmaz, S. (2013). Bazı Yabancı Ot Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Uçucu Yağların Herbisidal Etkisi. Türkiye 10.Tarla Bitkileri Kongresi, 10-13 Eylül, 1026-1030.

Toroğlu, S., Çenet, M. (2006). Tedavi Amaçlı Kullanılan Bazı Bitkilerin Kullanım Alanları Ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Metodlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 12-20.

Tripathi, A.K., Prajapati, V., Verma, N., Bahl, J.R., Bansal, R. P., Khanuja, S.P.S., Kumar, S. 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch- 66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). Journal of Economic Entomology, 95(1): 183-189.

Tsao, R., Zhou, T. (2000). Antifungal activity of monoterpenoids against postharvest *Botrytis cinerea* and *Monilia fructicola*. Journal of Essential Oil Research, 12: 113-121.

Türkmen, M. (2019). Uçucu Yağ Mikroemülsiyonlarının Beyaz Küf Hastalığı Etmeni *Sclerotinia sclerotiorum*'a Karşı *In vitro* ve *In vivo* Antifungal Etkinliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi**,** Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, 92 sayfa.

Unnikrishnan, V., Nath, B.S. (2002). Hazardous chemical in foods. Indian Journal of Dairy Biosciences, 11: 155-158.

Usanmaz Bozhüyük, A., Kordali, Ş., Bölük, G. (2015). *Satureja hortensis* L. Uçucu Yağının Antifungal Etkisi, Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty, 46 (2): 107-112.

Üremiş, I., Arslan, M., Sangun, M.K. (2009). Herbicidal Activity of Essential Oils on the Germination of Weeds. Asian Journal of Chemistry. 21, 4: 3199-3210.

Yeomans, M.R. (1996). Palatability and The Micro-Structure of Feeding in Humans: The Appetizer Effect. Appetite, 27(2): 119–33.

Yergin Özkan, R., Tunçtürk, M. (2021). Effect of Essential Oils and Hydrosols from Some Selected Lamiaceae Species on Redroot Pigweed (*Amaranthus retrollexus* L.). Romanian Biotechnological Letters, 26(2): 2471-2475.

Yılar, M., Bayan, Y., Özcan, S., Akşit, H. Kadıoğlu, İ. (2012). *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. uçucu yağının biyoherbisidal etkisi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1): 11-20.

Yoon, H.S., Moon, S.C., Kim, N.D., Park, B.S., Jeong, M.H., Yoo, Y.H. (2000). Genistein induces apoptosis of RPE-J cells by opening mitochondrial PTP. Biochem. Biophys. Res. Commun. 276(1): 151-156.

ISBN: 978-625-8007-39-8