
DERLEME

BİTKİSEL KAYNAKLI BAZI DOĞAL ANTİMİKROBİYALLER

İlkin YÜCEL ŞENGÜN^{1,*}, Berna ÖZTÜRK¹

¹ Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

ÖZET

Çeşitli bitkilerin taze veya kurutulmuş formları gıdalarda kalite özelliklerini iyileştirebilmek üzere yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bitkisel kaynakların yapısında yer alan fenolik bileşikler, organik asitler ve uçucu yağların mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterdiği birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Bu nedenle bitkisel kaynaklar gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Son yıllarda tüketicilerin de doğal ürünleri tüketmeye yönelik eğilimlerinin artması ile birlikte bitkisel ürünler gıda endüstrisinde alternatif antimikrobiyal ajanlar olarak daha önemli bir konuma gelmiştir. Bu çalışmada, farklı bitkisel ürünlerde bulunan antimikrobiyal etkili maddeler ve etki mekanizmalarının yanı sıra bu ürünlerin gıda sistemlerindeki inhibitör etkinliklerinin araştırıldığı çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal, Bitki, Uçucu yağ, Organik asit, Fenolik

SOME NATURAL ANTIMICROBIALS OF PLANT ORIGIN

ABSTRACT

Fresh or dried forms of various plants are commonly used in foods for improving quality attributes of the foods. Many researchers have found that phenolic compounds, organic acids and essential oils in the structure of plant sources show antimicrobial properties against microorganisms. Therefore, plant sources provide important potential for ensuring food safety. In recent years, as consumers have also increased their tendency to consume natural products, plant products have become more important in food industry as alternative antimicrobial agents. In this work, studies on antimicrobial active ingredients in plant products and their mechanisms of action as well as studies on inhibitor activity of these products in food systems have been compiled.

Keywords: Antimicrobial, Plant, Essential oil, Organic acid, Phenolic

1. GİRİŞ

Son yıllarda tüm Dünya’da yaşanan en yaygın sağlık sorunlarından biri haline gelen gıda kaynaklı hastalıklar hem insan sağlığı hem de gıda endüstrisi açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir [1, 2]. Bu tür hastalıklardan özellikle bağışıklık sistemi zayıf olan ve risk grubu olarak tanımlanan hastalar, yaşlılar, çocuklar ve hamileler etkilenmektedir. Dünya Sağlık Örgütü her yıl yaklaşık 600 milyon kişinin gıda kaynaklı hastalığa maruz kaldığını, 420000 kişinin hayatını kaybettiğini ve bunun yaklaşık %40’ını beş yaşın altındaki çocukların oluşturduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, sağlık kaybı ile birlikte büyük ekonomik kayıplara da mal olan bu hastalıkların engellenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Gıda kalite ve güvenliğini sağlamak amacı ile gıda endüstrisinde birçok koruyucu yöntemden yararlanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan en yaygın uygulamalardan biri de gıdalarda doğal ve/veya sentetik kaynaklı antimikrobiyal etkili maddelerin kullanımınıdır [3]. Sentetik koruyucular gıdalarda yaygın kullanım alanı bulmasına karşın, son yıllarda tüketicilerin sağlıklı beslenme konusunda

*Sorumlu Yazar: ilkin.sengun@ege.edu.tr

Geliş Tarihi: 19 Mart 2018 Yayın Tarihi: 17 Ağustos 2018

bilinçlenmesi ve kimyasal maddeler içeren gıdaların hastalıklardaki rolünün ortaya konması ile birlikte tüm dünyada doğal antimikrobiyal etkileri bulunan bitki bileşenlerini içeren ürünleri tüketmeye yönelik eğilim artmıştır [3-10]. Bu nedenle son yıllarda gıdalarda kalite ve güvenliği sağlayacak doğal antimikrobiyal ürünler üzerine yapılan çalışmalar artış göstermiştir [3, 8]. Gıda endüstrisinde kullanılabilen doğal antimikrobiyal etkili bitkisel kaynakların diğer birçok antimikrobiyal ürüne kıyasla daha güvenilir olduğu belirtilmektedir [11-13]. Eski yıllara ait veriler bitki kökenli antimikrobiyal maddelerin yüzyıllar boyunca gıda muhafazası amacıyla kullanıldığını göstermektedir. Uçucu yağlar ve baharatların ilk olarak Mısırlılar tarafından kullanıldığı, bitkilerden elde edilen özütlerin ilaç olarak kullanımının ise M.Ö. 2700 yıllarına kadar uzandığı bildirilmektedir. Baharatların koruyucu potansiyelini açıklayan ilk bilimsel çalışma 1880 yılında yapılmış olup bu çalışmada tarçın yağının şarbon hastalığına karşı etkili olduğu belirlenmiştir [3].

Bitkilerin gövde, yaprak, tomurcuk, meyve, çiçek ve tohum gibi kısımlarından elde edilen uçucu yağlar ve su veya alkolle hazırlanan özütler; birçok mikroorganizma üzerine antimikrobiyal etki göstermektedir [3, 9]. Bitkiler; saponinler, kumarinler, terpenoitler, alkaloidler, flavonoidler, tiyosülfatlar, fenolikler ve organik asitler gibi çeşitli antimikrobiyal etkiye sahip bileşikler içermektedir [9, 13-15]. Bu bileşiklerin antimikrobiyal etkinliği başta kimyasal yapıları ve konsantrasyonları olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir.

Bu derlemede, bitkisel kaynaklarda bulunan antimikrobiyal etkili bileşikler, bu bileşiklerin antimikrobiyal etki mekanizmaları ve antimikrobiyal özelliklerini belirlemede kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Çalışmada ayrıca bitkisel kökenli antimikrobiyal maddelerin gıdaların duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden gıda sistemlerine ilave edilme potansiyeline yönelik olarak yapılmış çalışmalar da incelenmiştir.

2. BİTKİLERDE BULUNAN ANTİMİKROBİYAL ETKİLİ BİLEŞENLER VE ETKİ MEKANİZMALARI

Bitkilerde organik asitler, fenolik bileşikler ve uçucu yağlar gibi antimikrobiyal etkiye sahip çeşitli bileşikler bulunmaktadır. Bu bileşiklerin yapısında meydana gelecek değişiklikler, antimikrobiyal etkilerinde de farklılıklar yaratmaktadır [9].

2.1. Organik Asitler

Organik asitler, gıdaların hidrojen iyon konsantrasyonunu değiştirerek mikrobiyal gelişimi kontrol etmekte ve bu nedenle de gıda endüstrisinde koruyucu ajanlar olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [16]. Farklı mikroorganizmalara karşı etkili olan organik asitlerin antimikrobiyal aktiviteleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir [17]. Koruk, limon, üzüm, soğan, nar, pırasa ve turp gibi çeşitli meyve ve sebze sularının antimikrobiyal etkisinin incelendiği çalışmalarda, bu ürünlerin antimikrobiyal etkisinin çoğunlukla yapılarında bulunan organik asitlerden kaynaklandığı belirlenmiştir [18-22]. Meyve ve sebzelerin yapısında doğal olarak sitrik, süksinik, malik ve tartarik asit gibi pek çok organik asit bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı meyve ve sebzelerde bulunan organik asitler

Bitki	Latince ismi	Organik asitler (g/kg)	Kaynak
Beyaz dut	<i>Morus alba</i> L.	Malik asit (30.95) Sitrik asit (3.93) Tartarik asit (2.23) Süksinik asit (1.68)	[23]
Çilek	<i>Fragaria×ananassa</i> L.	Sitrik asit (5.524) Malik asit (1.045) Askorbik asit (0.203)	[24]
Dolanbaç	<i>Dioscorea bulbifera</i> L.	Süksinik asit (25.10) Sitrik asit (2.82) Malik asit (2.66) Okzalik asit (0.67)	[25]
Domates	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Sitrik asit (10.64) Malik asit (0.81) Kuınik asit (0.027)	[26]
Kara dut	<i>Morus nigra</i> L.	Malik asit (13.23) Sitrik asit (10.84) Süksinik asit (3.42) Tartarik asit (1.23)	[23]
Kivi	<i>Actinidia deliciosa</i> L.	Sitrik asit (12.17) Kuınik asit (5.38) L-malik asit (1.43) Askorbik asit (1.067) D-izositrik asit (0.081)	[27]
Kuşburnu	<i>Rosa canina</i> L.	Malik asit (40.76) Sitrik asit (25.12) Süksinik asit (24.65) Okzalik asit (3.45) Tartarik asit (1.47)	[28]
Limon	<i>Citrus limon</i> L.	Sitrik asit (51.49) Malik asit (2.28) Kuınik asit (0.44)	[26]
Malta eriği	<i>Eriobotrya japonica</i> L.	Malik asit (5.7377) Tartarik asit (0.7215) Süksinik asit (0.2074) Okzalik asit (0.1968) Sitrik asit (0.1048)	[29]
Mor dut	<i>Morus rubra</i> L.	Malik asit (44.67) Sitrik asit (7.62) Tartarik asit (3.36) Süksinik asit (1.32)	[23]
Muz	<i>Musa acuminata</i> L.	Sitrik asit (3.59) Malik asit (2.894) Süksinik asit (1.139) Kuınik asit (0.973) Okzalik asit (0.067)	[24]
Nar	<i>Punica granatum</i> L.	Sitrik asit (13.274) Malik asit (12.698) Süksinik asit (1.417) Okzalik asit (1.319)	[23]
Şeftali	<i>Prunus persica</i> L.	Sitrik asit ((3.07-5.45) Malik asit (2.45-4.49)	[30]
Yeşil biber	<i>Capsicum annuum</i> L.	Malik asit (1.90) Sitrik asit (0.77) Kuınik asit (0.26)	[26]

Organik asitlerin antimikrobiyal etkisi, asidin türü ve konsantrasyonu, kullanım koşulları, pH, sıcaklık ve hedef mikroorganizmanın yapısı gibi değişkenlere bağlı olarak değişmektedir [16]. Hücre membranından rahatlıkla geçen organik asitler, hücre dışı ortamı sitoplazma ortamına göre daha düşük pH değerine sahip olduğundan, iyonlarına ayrılmakta ve böylelikle sitoplazmik pH değerini düşürmektedirler. pH'ın düşmesi ile birlikte enzim ve proteinler denatüre olmakta ve hücre geçirgenliği artmaktadır. Böylelikle hücrenin proton itici gücü bozulmakta, membrandan besin elementlerinin aktif transportu engellenmekte ve sonuç olarak mikroorganizma canlılığını yitirmektedir [16, 31].

2.2. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler bitkilerde bulunan sekonder metabolitlerdir. Farklı bitkisel kaynaklar, kendilerine özgü lezzet ve renklerinin oluşmasında etkili olan fenolik bileşikler açısından oldukça zengin kaynaklardır (Tablo 2). Bu bileşikler bitkilerde meyve, sebze, tohum, çiçek, yaprak, dal ve gövde bölümlerinde bulunabilmektedir [32]. Bitkisel materyallerde bulunan fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılırlar. Fenolik asitler; hidroksi benzoik ve hidroksi sinnamik asitler olarak iki gruba ayrılırken flavonoidler ise; antosiyanidinler, flavonlar ve flavonoller, flavanoller, kateşinler ve löykoantosiyanidinler, proantosiyanidinler olarak beş gruba ayrılmaktadır [33].

Tablo 2. Farklı bitkisel kaynaklar ve meyve ürünlerinde bulunan fenolik bileşikler

Bitkisel ürün	Belirlenen fenolik bileşikler	Kaynak
Aronya	<i>p</i> -hidroksibenzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, siringik asit, <i>p</i> -kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit, rutin, luteolin-glikozit, kersetin, luteolin, naringenin, kaempferol, apigenin	[34]
Beyaz ve kırmızı üzüm suyu	Hidroksibenzoik asit, gallik asit, <i>m</i> -hidroksibenzoik asit, siringik asit, vanilik asit, hidroksisinnamik asit, kafeik asit, <i>p</i> -kumarik asit, <i>o</i> -kumarik asit, ferulik asit, kateşin, epikateşin	[35]
Elma	Protokateşik asit, kateşin, proantosiyanin, klorojenik asit, kafeik asit, epikateşin, kersetin, hiperin, florizin	[36]
Pembe biber	<i>p</i> -kumarik asit, gallik asit, ferulik asit, <i>p</i> -hidroksibenzoik asit, protokateşik asit, siringik asit, vanilik asit	[37]
Nar suyu	Gallik asit, kateşin, epikateşin, ellajik asit, florizin, klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit, rutin, kersetin	[38]
Papatya	Neoklorojenik asit, klorojenik asit, kafeik asit, <i>p</i> -kumarik asit, ferulik asit-7- <i>o</i> -glikozit, kersetin- <i>o</i> -glikozit, ferulik asit, hesperidin, kersetin, apigenin	[39]
Portakal suyu	Gallik asit, protokateşik asit, kafeik asit, klorojenik asit, <i>p</i> -kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit, narirutin, naringin, hesperidin, neohesperidin, didymin, apigenin	[40]
Rezene	Neoklorojenik asit, klorojenik asit, gallik asit, kafeik asit, <i>p</i> -kumarik asit, ferulik asit-7- <i>o</i> -glikozit, kersetin- <i>o</i> -glikozit, ferulik asit, 1,5 dikafeolkuinik asit, hesperidin, sinnamik asit, rosmarinik asit, kersetin, apigenin	[39]

pH ve sıcaklık değerleri ile ortamda bulunan protein, yağ ve tuz, fenolik maddelerin antimikrobiyal aktivitelerini etkileyen faktörlerdir. Fenolik bileşiklerde bulunan hidroksil grupları bakteriler üzerinde inhibe edici etki göstermektedir [6, 14, 41]. Bu gruplar, bakterilerin hücre zarı ile etkileşime girerek hücrelerin membran yapısını bozmakta ve hücrenel bileşenlerin hücre dışına sızmasına neden olmaktadır [42]. Fenolik bileşiklerde bulunan hidroksil grupları, proton değiştirici olarak hareket eden elektronların delokalizasyonuna ve bakteri hücrelerinin sitoplazmik zar üzerindeki eğilimini azaltmaya yardımcı olarak hücre ölümüne neden olmaktadır [9, 43]. Farag vd. [44], hidroksil gruplarının, mikroorganizmaların hücre metabolizmalarını değiştirerek enzimlerin aktif bölümünü kolayca

bağlayabileceğini bildirmiştir. Bu durum, hidroksil gruplarının antimikrobiyal aktivitede önemini ortaya koymaktadır. Fenolik bileşiklerde bulunan hidroksil grupları aynı zamanda antioksidan etki de göstermektedir. Antioksidanlar, serbest radikallerin temizlenmesini sağlamakta, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engellemekte ve böylece gelişme ortamının redoks potansiyelini düşürmektedirler [45, 46]. Redoks potansiyelinin düşmesi, başta aerobikler olmak üzere birçok mikroorganizmanın gelişimini sınırlamaktadır.

2.3. Uçucu Yağlar

Bitkilerde bulunan uçucu yağlar, mikroorganizmalara karşı savunma amaçlı üretilmektedirler. Antimikrobiyal ve antioksidan etkili bu ajanlar bitkinin çiçek, tomurcuk, yaprak, meyve, kabuk, tohum gibi farklı bölümlerinden su distilasyonu ile elde edilen aromatik yağlardır [10, 47]. Gıda ve diğer endüstrilerde bilinen 300'den fazla, ticari amaçlı 3000'den fazla uçucu yağ türü olduğu bilinmektedir [48]. Uçucu yağlar gıda endüstrisinde bozulmayı önlemek ve ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla koruyucu olarak kullanım potansiyeline sahiptir [49]. Uçucu yağların biyolojik özelliklerini temel olarak yağın %85'ini içeren büyük bileşiklerin oluşturduğu, az miktarda bulunan küçük bileşiklerin ise diğer bileşiklerle sinerjistik etkileşime girdiği bildirilmektedir [6, 48]. Uçucu yağlar terpenler, terpenoitler, fenilpropanoitler gibi düşük molekül ağırlıklı organik bileşiklerden oluşmaktadır [48, 50]. Timol, karvakrol ve öjenol gibi bileşikler uçucu yağların koruyucu etkilerinden sorumlu olan ana bileşiklerdir [6,47] (Tablo 3).

Tablo 3. Bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve aktif bileşenleri

Bitki	Latince ismi	Aktif bileşenleri	%	Kaynak
Bergamot kabuğu	<i>Citrus bergamia</i> Risso	Limonen	59.2	[51]
		Linalil asetat	16.8	
		Linalol	9.5	
Biberiye	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1,8-Sineol	27.6	[52]
		Limonen	13.5	
		β -Pinen	13.0	
Havuç suyu	<i>Daucus carota</i> L.	Karatol	20.2	[53]
		Sabinen	12.8	
		β -Karyofilin	8.0	
		α -Pinen	6.05	
Karabiber	<i>Piper nigrum</i> L.	Piperin	33.5	[54]
Karanfil	<i>Syzygium aromaticum</i> L.	1,8-Sineol	4.6	[55]
		Öjenol	0.73	
Kekik	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Timol	53.57	[56]
		<i>p</i> -Simen	15.51	
		Limonen	7.14	
		Karvakrol	6.93	
Kişniş meyvesi	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Δ 3-Karen	60.5	[57]
		γ -Terpinen	18.2	
Kekik	<i>Origanum vulgare</i> L.	Karvakrol	67	[2]
		Timol	16.22	
		<i>p</i> -Simen	2.88	
		Linalol	2.73	
		α -Pinen	1.17	
Rezene	<i>Foeniculum vulgare</i> L.	<i>trans</i> -Anetol	56.4	[39]
		Fenkon	8.26	
		Estragol	5.21	
		Limonen	4.2	

Uçucu yağların antimikrobiyal veya diğer biyolojik aktiviteleri biyoaktif uçucu bileşenlerin varlığı ile doğrudan ilişkilidir [58]. Uçucu yağların antimikrobiyal etkileri yıllar içerisinde geniş bir yelpazede

farklı mikroorganizmalara karşı incelenmiş, ancak etki mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılammıştır. Uçucu yağlar çeşitli bileşenlerden oluşmakta olup antimikrobiyal aktiviteleri tek bir bileşiğin etkisine bağlı değildir [1, 10]. Uçucu yağların etki mekanizması fenolik yapıdaki monoterpenlerin mikrobiyal hücre geçirgenliğini değiştirme, sitoplazmik zarar verme, hücresel enerji sistemine müdahale etme ve proton hareket gücünü bozma yetenekleri ile ilişkilendirilmiştir. Sitoplazmik zararın zarar görmesi hücre ölümüne yol açmaktadır [1, 6, 8, 10, 59]. Bununla birlikte uçucu yağların ve bileşenlerinin önemli bir özelliği de hidrofobik etkiye sahip olmalarıdır ki bu özellikleri sayesinde hücrenin daha geçirgen hale gelmesini sağlarlar. Hücrenin daha geçirgen hale gelmesi, moleküllerin ve iyonların hücre dışına sızmasına ve dolayısıyla hücre ölümüne neden olmaktadır [43,49]. Gram (+) bakterilerin hücre zarında bulunan lipoteikoik asitler, uçucu yağların hidrofobik bileşiklerinin penetrasyonunu kolaylaştırmakta, bunun yanı sıra Gram (-) bakterilerin dış zarında bulunan lipopolisakkarit tabakası hidrofobik bileşiklerin difüzyon hızını sınırlamaktadır [2, 60]. Bu nedenle Gram (+) bakteriler, Gram (-) bakterilere göre uçucu yağlara karşı daha duyarlıdır. Aynı zamanda doğal antioksidan etkiye sahip uçucu yağlar gıdalarda lipid oksidasyonunun durdurulması veya geciktirilmesini ve gıda ürünlerinin raf ömrünün uzamasını sağlamaktadırlar [61, 62].

3. BİTKİSEL ÜRÜNLERİN ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Farklı etken maddelerin antimikrobiyal aktivitesini belirlemede kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır [8,63]. Tablo 4’de bazı bitkilerin farklı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntemler yer almaktadır.

Tablo 4. Farklı bitkilerden elde edilen sabit yağ, uçucu yağ ve özütlerin antimikrobiyal etkilerinin belirlendiği çalışmalar

Bitki	Yöntem	Mikroorganizma	Sonuç	Kaynak
Adaçayı (<i>Salvia officinalis</i> L.)	Sıvı dilüsyon	<i>Escherichia coli</i>	5-10 mg/mL	[64]
		<i>Proteus mirabilis</i>	5-10 mg/mL	
Anadolu adaçayı (<i>Salvia triloba</i> L.)	Sıvı dilüsyon	<i>Salmonella Typhimurium</i>	1-10 mg/mL	
		<i>Aeromonas hydrophila</i>	0.3-0.5 mg/mL	
		<i>Aeromonas sobria</i>	0.1-0.5 mg/mL	
		<i>Klebsiella oxytoca</i>	0.1 mg/mL	
		<i>Citrobacter sp.</i>	5-10 mg/mL	
		<i>Serratia marcescens</i>	5-10 mg/mL	
		<i>Bacillus megatherium</i>	0.05-0.5 mg/mL	
		<i>Bacillus cereus</i>	0.05-0.3 mg/mL	
		<i>Bacillus subtilis</i>	0.1-0.4 mg/mL	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5-10 mg/mL	
		<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3-5 mg/mL	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	0.2-10 mg/mL	
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1-10 mg/mL	
Karanfil (<i>Syzygium aromaticum</i> L.)	Disk difüzyon	<i>Staphylococcus aureus</i>	10-14 mm	[65]
		<i>Listeria monocytogenes</i>	8-16 mm	
		<i>Salmonella Enteritidis</i>	10-17 mm	
		<i>Serratia marcescens</i>	8-12 mm	
		<i>Escherichia coli</i>	6-17 mm	
Kekik (<i>Tymus vulgaris</i> L.),	Sıvı dilüsyon	<i>Salmonella Enteritidis</i>	320 µg/mL	[66]
		<i>Salmonella Typhimurium</i>	160-320 µg/mL	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	640 µg/mL	
Kekik (<i>Origanum vulgare</i> L.)	Sıvı dilüsyon	Metisiline dirençli		
		<i>Staphylococcus aureus</i>	320 µg/mL	
		<i>Escherichia coli</i>	320 µg/mL	
		<i>Bacillus cereus</i>	160-320 µg/mL	

Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.)	Disk	<i>Staphylococcus aureus</i>	11.5 mm/>10 mg/mL	[67]
	difüzyon	<i>Staphylococcus albus</i>	17.4 mm/0.25 mg/mL	
	Sıvı	<i>Bacillus subtilis</i>	15.8 mm/0.25 mg/mL	
	dilüsyon	<i>Salmonella Typhimurium</i>	20.2 mm/0.25 mg/mL	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12.3 mm/>10 mg/mL	
		<i>Shigella dysenteriae</i>	17.8 mm/0.125 mg/mL	
Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i> L.)	Disk	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	7-19 mm/12.5-17.5 µg/mL	[39]
	difüzyon	<i>Salmonella Typhimurium</i>	6-20 mm/12.5-17.5 µg/mL	
	Sıvı	<i>Bacillus cereus</i>	7-21 mm/10-15 µg/mL	
	dilüsyon	<i>Staphylococcus aureus</i>	6-23 mm/10-15 µg/mL	
		<i>Candida albicans</i>	8-23 mm/10-15 µg/mL	
Papatya çiçeği (<i>Matricaria chamomilla</i> L.)		<i>Aspergillus flavus</i>	6-22 mm/10-17.5 µg/mL	
Üzüm çekirdeği (<i>Vitis vinifera</i> L.)	Agar difüzyon	<i>Aeromonas hydrophila</i>	6.67-30.67 mm	[68]
		<i>Bacillus cereus</i>	8-25 mm	
		<i>Enterobacter aerogenes</i>	8.67-26 mm	
		<i>Enterococcus faecalis</i>	7-22.67 mm	
		<i>Escherichia coli</i>	8-27.67 mm	
		<i>Escherichia coli</i> O157:H7	9-25.67 mm	
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	7-26.67 mm	
		<i>Mycobacterium smegmatis</i>	8.67-27 mm	
		<i>Proteus vulgaris</i>	6.67-24.33 mm	
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8-27 mm	
		<i>Pseudomonas fluorescens</i>	8-25.67 mm	
		<i>Salmonella</i> Enteritidis	7.67-24 mm	
		<i>Salmonella Typhimurium</i>	5.67-27.67 mm	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	7.67-25.67 mm	
		<i>Yersinia enterocolitica</i>	5.67-25 mm	

Antimikrobiyal duyarlılık testlerinin uygulanmasında ve sonuçların değerlendirilmesinde yaygın şekilde Klinik ve Laboratuvar Standartları Enstitüsü (Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI) Standartları kullanılmaktadır. Bu Standarda göre antimikrobiyal duyarlılık testleri, bir antimikrobiyal ajanın belli bir bakteri türüne karşı *in vitro* etkinliğini saptamak amacıyla uygulanan testlerdir. Antimikrobiyal duyarlılık testlerinde dilüsyon ve difüzyon olmak üzere iki yöntemden yararlanılmaktadır [69,70].

Dilüsyon testleri, antimikrobiyal ajanın, bir mikroorganizmanın üremesini inhibe etmek veya öldürmek için gerekli olan minimum konsantrasyonunu belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu testler tüp dilüsyon ve agar dilüsyon olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Tüp dilüsyon yöntemi makro ve mikro olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Her iki yöntemin de prensibi aynı olup makrodilüsyon yönteminde test tüpleri, mikrodilüsyon yönteminde ise "U" ya da "V" tabanlı mikropleytler kullanılmaktadır. Tüp dilüsyon yönteminde besiyeri olarak katyon (kalsiyum ve magnezyum) ilaveli Mueller-Hinton Agar kullanılmaktadır. Test edilecek olan antimikrobiyal ajanlar önce çözücüleri içinde hazırlanmakta, ardından sıvı besiyerinde seyreltilmekte, daha sonra test edilecek mikroorganizma (10^6 kob/mL) antimikrobiyal ajanın çeşitli seyreltmelerini içeren her bir tüpe ve antimikrobiyal ajan içermeyen kontrol tüpüne eklenmekte, mikroorganizma inoküle edilmemiş, sadece besiyeri bulunan tüp ise negatif kontrol olarak değerlendirilmektedir. Bu şekilde hazırlanan tüpler 35°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra mikroorganizma gelişimi yönünden incelenmekte ve üremenin olmadığı, diğer bir deyişle gözle görünür bir bulanıklığın olmadığı en düşük konsantrasyon, Minimum İnhibisyon Konsantrasyon (MİK) değeri olarak ifade edilmektedir [69]. Etkin maddelerin Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBK) değerleri ise başlangıçta inoküle edilen test kültürünün %99.9 veya daha çoğunu öldüren konsantrasyon ya da yeni sıvı besiyerine alındıktan sonra gelişmenin gözlenmediği en düşük konsantrasyon olarak tanımlanmaktadır [6].

Agar dilüsyon yönteminin prensibi tüp dilüsyon yöntemiyle benzerlik göstermesine karşın tek fark, bu yöntemde dilüsyonları hazırlanan antimikrobiyal ajanın Mueller-Hinton Agar içine eklenmesi ve iyice karıştırılan besiyerinin petrilere dökülmesidir. Böylece her petride antimikrobiyal ajanın farklı konsantrasyonları bulunmakta ve test edilecek mikroorganizma bu petrilere ekilmektedir [69].

Difüzyon testleri, agar yüzeyinde farklı yöntemlerle uygulanmaktadır. Bu uygulamalar içerisinde yer alan ve yaygın şekilde kullanılan disk difüzyon testleri, kâğıt disklere emdirilen antimikrobiyal ajanın, test edilen mikroorganizmanın inoküle edildiği besiyerine difüzyonu prensibine dayanmaktadır. Belirli miktarlarda antimikrobiyal ajan emdirilmiş kâğıt diskler, test mikroorganizmasının inoküle edildiği katı besiyerlerine yerleştirilmektedir. Petrilerin inkübasyonu sonucunda disk çevresinde oluşan inhibisyon zonları milimetrik olarak ölçülmekte, sonuçlar standart zon tablolarına göre değerlendirildikten sonra mikroorganizmanın kullanılan antimikrobiyal ajanlara karşı duyarlılık durumu belirlenmektedir [70]. Agar difüzyon yöntemi kapsamında kullanılan diğer uygulamada, kültür içeren besiyeri üzerine belirli çapta kuyucuklar açılmakta ve bu kuyucukların içine homojen olarak çözülmüş uçucu yağ karışımı ilave edildikten sonra petrilere inkübe edilmektedir. İnkübasyon süresi sonunda kullanılan maddenin etkinliği, kuyucuk etrafında oluşan inhibisyon zonları ile tespit edilmektedir. Kullanılan maddenin antimikrobiyal etkisi, disk difüzyon testine benzer şekilde değerlendirilmekte, antimikrobiyal etki, oluşan inhibisyon zonunun çapı ile doğru orantılı olarak artmaktadır [6, 71]. E-test yönteminde ise test edilecek mikroorganizma Mueller Hinton Agar yüzeyine yayılmakta ve daha sonra agar yüzeyine belli bir antimikrobiyal ajan içeren E-test şeritleri yerleştirilmektedir. Bu şekilde hazırlanan petrilere 35°C'de 18-24 saat inkübe edildikten sonra MİK değerleri, şerit etrafında oluşan inhibisyon elipsinin şerit üzerindeki ölçüyle kesiştiği noktaya bakılarak belirlenmektedir [69, 70]. Uçucu yağın bakteri hücre duvarına verdiği zarar ve hücre içeriğinde meydana gelen kayıp, elektron mikroskopuyla da belirlenebilmektedir [6].

4. BİTKİSEL KÖKENLİ ANTİMİKROBİYAL ETKİLİ ÜRÜNLERİN SINIFLANDIRILMASI

Gıdaların güvenliğini sağlamak ve kalitesini korumak amacıyla farklı meyve-sebzeler ve suları, çeşitli otlar, baharatlar ve bitki yan ürünleri (tohum, yapraklar vb.) gibi birçok bitkisel kökenli üründen yararlanılmaktadır [13,15,16]. Antimikrobiyal aktivite bitkinin türü, kompozisyonu, yapısında bulunan bileşenlerin konsantrasyonu, yetiştiği bölgenin coğrafi yapısı ve iklimi, hedef mikroorganizmanın türü ve miktarı, gıdanın kompozisyonu, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir [6,11,72]. Bitkilerden elde edilen doğal antimikrobiyal maddeler yüzyıllardır bilinmesine rağmen bu ürünlerin etkisi, yaklaşık 30 yıldır bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarla doğrulanmıştır [12,73].

4.1. Bitkisel Kökenli Droglar

Bitkisel kökenli droglar antik dönemlerden bu yana birçok amaçla yaygın şekilde kullanılan ürünlerdir [74]. Genel olarak otlar odunsu olmayan yapraklı bitkiler, baharatlar ise tohumlardan elde edilen ve kurutulduktan sonra tüketilen ürünler olarak tanımlanmaktadır [14]. Bu ürünler gıdalarda aroma ve lezzet vermek amacıyla kullanılmalarının yanı sıra antimikrobiyal, antioksidan ve farmasötik özelliklere sahip olmaları açısından da önem taşımaktadır. Bu nedenle antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bilinen uçucu yağları bünyelerinde bulunduran bitkisel kökenli droglar, gıda endüstrisi tarafından en çok kullanılan doğal antimikrobiyal etkili ürünlerdir [74]. Kekik, karanfil, tarçın, sarımsak, kişniş, biberiye, maydanoz, adaçayı gibi bitkisel ürünler gıdalarda tek başlarına ya da diğer koruma yöntemleri ile birlikte başarılı şekilde kullanılmaktadır [75-78]. Antimikrobiyal etkili bu bitkisel ürünler duyu özelliklerine ve ilave edilecekleri gıdaya bağlı olmakla birlikte gıda sistemlerinde çoğunlukla %0.05-0.1 oranlarında kullanılmaktadır [79].

Bitkisel kökenli drogların patojen ve/veya saprofit mikroorganizmalar üzerindeki inhibitör etkinliklerini belirlemek üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Xu vd. [80] tarafından yapılan bir çalışmada karanfil tomurcuklarından elde edilen uçucu yağın %25 ve %50'lik konsantrasyonlarda *S. aureus*'a karşı

antimikrobiyal etkisi disk difüzyon yöntemi ve MİK değeri açısından incelenmiş, disk difüzyon testinde sırasıyla 16.5 ve 20.4 mm'lik zon oluşumu gözlenirken, MİK değerinin 0.625 mg/mL olduğu belirlenmiştir. Karanfilin farklı özütlerinin *S. aureus* ATCC 6538, *L. monocytogenes* Scott A, *S. Enteritidis* PT4, *S. marcescens*, *E. coli* ATCC 8739 suşlarına karşı antimikrobiyal etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, karanfil etanol özütünün mikroorganizmaya bağlı olarak değişmekle birlikte 10-17 mm aralığında inhibisyon zonu oluşturduğu gözlemlenmiştir [63].

Yapılan diğer bir çalışmada ise, 20 µL %4 (v/v) konsantrasyonda tarçın yağı içeren diskler, sırasıyla *S. Enteritidis* PT30 ve *S. Tennessee* K4643'e karşı 19.3 ve 16.3 mm'lik inhibisyon zonu oluşturmuştur. Her iki mikroorganizmaya karşı tarçın uçucu yağının MİK değeri %0.05 (v/v), MBK değeri ise %0.1 (v/v) olarak bulunmuştur [81].

Boskovic vd. [66] tarafından yapılan bir çalışmada, kekik ve mercanköşkten elde edilen uçucu yağlar, *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. aureus*, metisiline dirençli *S. aureus*, *E. coli* ve *B. cereus*'a karşı antibakteriyel etki göstermiştir. Kekik ve/veya mercanköşkten elde edilen uçucu yağların birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir [50,82-84].

Güney Brezilya'da yetiştirilen adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve Anadolu adaçayı (*Salvia triloba* L.) uçucu yağlarının analiz edildiği bir çalışmada, her iki bitki türünün uçucu yağları, *B. cereus*, *B. megatherium*, *B. subtilis*, *A. hydrophila*, *A. sobria* ve *K. oxytoca*'ya karşı önemli bakteriyostatik ve bakterisidal aktivite göstermiştir. Ayrıca çalışma kapsamında incelenen Anadolu adaçayından elde edilen uçucu yağ *S. aureus*'u etkili bir şekilde inhibe etmiştir [64].

Yapılan başka bir çalışmada biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağının (10 ve 40 ppm) *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* ve *Fusarium oxysporum* mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal etkisi disk difüzyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada biberiye uçucu yağına karşı en duyarlı mikroorganizmanın *B. cinerea* olduğu ve 40 ppm'lik konsantrasyonun inkübasyon sırasında *B. cinerea*'nın misel gelişimini tamamen inhibe ettiği belirlenmiştir [85].

Literatürde bitkisel kökenli drogların çeşitli gıda sistemlerinde inhibitör etkinliklerinin incelendiği bir çalışmada 5, 2.5, 1.25, 0.625 µL/mL konsantrasyonlarında kaju, guava, mango ve ananas suyuna ilave edilen Japon nanesi (*Mentha arvensis* L.) ve bahçe nanesi (*M. piperita* L.) uçucu yağlarının *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. Enteritidis*'in canlı kalma durumları üzerine etkisi 4°C'de 24 saat depolama süresince incelenmiştir. Denemeler öncelikle besi ortamında (Brain-Heart Infusion Broth) gerçekleştirilmiş, Japon nanesinden elde edilen uçucu yağın tüm konsantrasyonlarında 24 saat sonunda *E. coli* ve *S. Enteritidis* sayısında 5 logaritmik birim azalma sağladığı, *L. monocytogenes* sayısında ise sadece 5 µL/mL konsantrasyonda benzer azalmanın olduğu bildirilmiştir. Bahçe nanesinden elde edilen uçucu yağ (10 µL/mL) 24 saat sonunda tüm mikroorganizmalarda 5 logaritmik birim azalma sağlamıştır. Gıda sistemlerinde yapılan denemelerde, Japon nanesi ve bahçe nanesi ilave edilen mango suyunda Brain-Heart Infusion Broth'da oluşan benzer değişimler gözlemlenirken, kaju, guava ve ananas suyunda test edilen tüm konsantrasyonlarda test kültürlerinde bir saat içinde 5 logaritmik birim azalma gözlemlenmiştir [86].

Leite vd. [87] tarafından yapılan bir çalışmada, ananas suyuna farklı konsantrasyonlarda limon otu (*Cymbopogon citratus* D.C. Stapf.) ilave edilmiş ve 4 °C'de *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. Enteritidis* sayısını en az 5 log kob/mL düşürmek için gerekli işlem süreleri belirlenmiştir. 5 log kob/mL azalma *S. Enteritidis* için 5 ve 2.5 µL/mL konsantrasyonlarında 15 günün sonunda, 1.25 µL/mL konsantrasyonunda ise bir saatin sonunda gözlemlenmiş ve çalışmada *S. Enteritidis* limon otuna en toleranslı mikroorganizma olarak belirlenmiştir. Test edilen konsantrasyonlarda limon otunun ananas suyunun tadını olumsuz yönde etkilediği ve ananas suyunun mikrobiyal açıdan güvenliğini sağlamak üzere limon otunun alternatif bir antimikrobiyal bileşik olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada, kekik ve mercanköşk uçucu yağlarını içeren yenilebilir kaplamaların taze sığır etlerine uygulanmasının, patojen bakterileri kontrol etmede önemli bir potansiyel olduğu bildirilmiştir [88]. Karanfil ve tarçın uçucu yağının kıyılmış sığır etinde *L. monocytogenes* kontrolünde kullanım potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan başka bir çalışmada, inokülasyonun 3. gününde %10 oranında kullanılan karanfil (ham ve ticari) uçucu yağı, kıyılmış sığır etinde *L. monocytogenes*'i tamamen inaktive etmiştir. Öte yandan %2.5 ve %5 oranlarında ham tarçın uçucu yağı depolama süresince *L. monocytogenes*'i inaktive edemezken, %5 oranında kullanılan ticari tarçın uçucu yağı, depolama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak *L. monocytogenes* sayısını 3.5-4.0 log kob/g azaltmıştır [89].

Yapılan başka bir çalışmada, tarçın uçucu yağının soğutulmuş ve vakum paketlenmiş sazan filetolarının mikrobiyal kalitesi üzerine etkisi değerlendirilmiş, 4°C de 12 günlük depolama sonunda tarçın uçucu yağını içeren sazan filetolarının toplam canlı sayısı ve *Aeromonas* spp. sayısı, tarçın uçucu yağı olmayan sazan filetolarına kıyasla bir logaritmik birim daha az bulunmuştur [90].

Kekik uçucu yağı ilave edilmiş tüketime hazır hindi etinin raf ömrü süresince etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, tüketime hazır hindi etine *S. Enteritidis* inoküle edilmiş ve 10 °C ve 25 °C'de 12 gün depolanma sonunda sıcaklığın *S. Enteritidis* sayısı üzerine etkili olduğu ve *S. Enteritidis* sayısının 10 °C depolama sonunda 2.24-3.80 log kob/g düştüğü, buna karşın 25 °C depolama sonunda hücre sayısının 5 log kob/g arttığı tespit edilmiştir [91].

Bhargava vd. [92] tarafından yapılan çalışmada, taze marul *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157: H7 ile inoküle edilmiş ve mercanköşk nanoemülsiyonlarına (%0.05 veya %0.1) bir dakika boyunca daldırılmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında %0.05 nanoemülsiyon, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* ve *E. coli* O157:H7 sayılarında sırasıyla 3.44, 2.31 ve 3.05 log kob/g azalma gösterirken, %0.1 oranında kullanılan nanoemülsiyon aynı bakteriler üzerinde sırasıyla 3.57, 3.26 ve 3.35 log kob/g azalma göstermiştir. Elde edilen veriler, taze ürünlere mercanköşk nanoemülsiyonu uygulamasının gıda güvenliğini sağlamada etkili bir uygulama olabileceğini göstermiştir.

Uçucu yağların antimikrobiyal ambalaj üretiminde kullanımına yönelik yapılan bir çalışmada, %0.5, %1, %2 ve %3 oranlarında bergamot uçucu yağı içeren kitosan bazlı filmler hazırlanmış ve bu filmlerin *Penicillium italicum*'a karşı antifungal etkinliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan en etkin formülasyonun %3 oranında bergamot uçucu yağını içeren film olduğu ve ilk beş günlük depolama sonunda küf gelişiminin olmadığı gözlemlenmiştir [93].

Emiroğlu vd. [94] tarafından yapılan çalışmada, *Oreganum heracleoticum* L. veya *Thymus vulgaris* L. uçucu yağlarını içeren soya protein, %1, %2, %3, %4 ve %5 oranlarında yenilebilir filmlerin içine ilave edilmiş ve uygulamanın *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *P. aeruginosa* ve *Lactobacillus plantarum* üzerine antibakteriyel aktivitesi incelenmiştir. Antimikrobiyal filmlerin özellikle *E. coli*, *E. coli* O157: H7 ve *S. aureus*'u önemli ölçüde inhibe ettiği (27.5-50.5 mm), *L. plantarum* ve *P. aeruginosa* üzerine etkisinin ise diğer test mikroorganizmalarına kıyasla daha düşük (20.50-42 mm) olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada, kekik (*Origanum vulgare* L.) uçucu yağını içeren polivinil alkol filmler üretilmiş ve filmlerin antimikrobiyal aktiviteleri, çeri domateslerde 4°C ve 22°C'de 7 gün boyunca incelenmiştir. %3 oranında kekik uçucu yağını içeren polivinil alkol filmleri ile muamele edilen çeri domateslerde depolama sonunda her iki sıcaklıkta da *S. enterica* sayısı tespit seviyesinin altında bulunmuştur [95].

Gıdaların işlenmesi sırasında çoğu zaman büyük miktarlarda yan ürün (meyve posası, tohum, kabuk, yaprak gibi) elde edilmektedir. Bitkisel yan ürünlere hem bilimsel hem de endüstriyel alanda hammadde sağlaması açısından artan bir ilgi vardır [34]. Bu ürünler atık olarak kabul edilmesine karşın birçok çalışma bitkisel yan ürünlerin, fenolik ve biyoaktif bileşenleri yüksek oranda içermelerinden dolayı

potansiyel antimikrobiyal ajanlar olduğunu bildirmektedir [9,15,96,97]. Bitkisel yan ürünlerin antimikrobiyal etkisinin incelendiği pek çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Roby vd. [39] tarafından yapılan bir çalışmada, rezene tohumu ve papatya çiçeği uçucu yağ ve özütlerinin antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmek amacıyla *E. coli* O157:H7 ATCC 1659, *S. Typhimurium* ATCC 13076, *B. cereus* ATCC 1177, *S. aureus* ATCC 13565, *C. albicans* ATCC 10231 ve *A. flavus* ATCC 16875'e karşı MİK değerleri belirlenmiştir. Papatya uçucu yağı *S. Typhimurium* ATCC 13076 ve *B. cereus* ATCC 1177 üzerinde rezene uçucu yağına kıyasla daha düşük antimikrobiyal aktivite gösterirken, *A. flavus* ATCC 16875 üzerine daha yüksek antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Çalışma sonunda papatya ve rezene özütlerinin MİK değerlerinin incelenen bakteri ve özüt konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Diğer bir çalışmada rezene tohumundan elde edilen uçucu yağın antibakteriyel aktivitesi *S. aureus* ATCC 25923, *S. albus* ATCC 8799, *B. subtilis* ATCC 6051, *S. Typhimurium* ATCC 19430, *P. aeruginosa* ATCC 9027, *S. dysenteriae* CMCC (B) 51252 ve *E. coli* ATCC 25922 üzerinde incelenmiştir. Sonuç olarak, Gram (+) ve Gram (-) bakteri türlerinin, rezene tohumundan elde edilen uçucu yağa karşı farklı derecede duyarlılık gösterdiği, uçucu yağın *S. albus*, *B. subtilis*, *S. Typhimurium*, *S. dysenteriae* ve *E. coli*'ye karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Uçucu yağ, test edilen tüm mikroorganizmalara karşı 11.5-20.2 mm aralığında değişen seviyelerde inhibisyon zonu oluşturmuştur. *S. dysenteriae*'nin, 0.125 mg/mL MİK değeri ve 0.25 mg/mL MBK değeri ile diğer test kültürleri arasında uçucu yağa karşı en duyarlı mikroorganizma olduğu tespit edilmiştir [67].

Özpinar vd. [98] tarafından yapılan çalışmada, şeftali (*Persica vulgaris* Miller) yaprağı özütünün *S. aureus*, *E. coli*, *E. coli* O:157 H:7, *P. mirabilis*, *P. vulgaris*, *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *Streptococcus pyogenes*, *E. faecalis*, *S. epidermidis*, *K. pneumoniae*, *L. monocytogenes*, *M. luteus*, *P. aeruginosa*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *Y. enterocolitica* üzerine antimikrobiyal etkisi mikrodilüsyon yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada *P. aeruginosa* ve *Y. enterocolitica* şeftali yaprağı özütüne karşı en duyarlı mikroorganizmalar olarak belirlenmiştir (0.1 mg/mL).

Yapılan diğer bir çalışmada fındığın (*Corylus avellana* L.) yeşil kabuk ve yaprak özütlerinin 8 farklı bakteri suşuna (*B. subtilis*, *S. epidermidis*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris*, *L. monocytogenes*, *E. faecalis* ve *E. coli*) karşı antibakteriyel aktivitesi agar difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yaprak özütünün *K. pneumoniae* (33 mm) ve *S. aureus* (41 mm) bakterilerine karşı oldukça yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilirken diğer bakterilere karşı herhangi bir aktivitesinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmada ayrıca yeşil kabuk özütlerinin ise *P. vulgaris* ve *E. coli* dışındaki mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir [99].

Bitkisel yan ürünlerin çeşitli gıda sistemlerindeki inhibitör etkinlikleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Wafa vd. [100] tarafından yapılan bir çalışmada, Tunus'da yetişen Nana türü narın (*Punica granatum* L.) *Salmonella* suşlarına karşı bakterisidal ve bakteriyostatik etkinlikleri araştırılmış ve bu amaçla narın farklı kısımlarından (kabuk, tohum, meyve suyu ve çiçek) elde edilen özütler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, *Salmonella* suşlarına karşı en yüksek antibakteriyel etkiyi, MİK değeri 10.75 ile 12.5 mg/mL arasında değişen nar kabuğu etanol özütünün sağladığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada 8.0 ve 1.6 mg/g konsantrasyonlarında nar kabuğu, 4°C'de depolanan tavuk göğüs etinde *Salmonella* Kentucky'nin gelişmesini önemli ölçüde inhibe etmiştir. Analiz sonuçları, narın farklı kısımlarının *Salmonella* üzerinde önemli antimikrobiyal etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Monu vd. [101] tarafından yapılan çalışmada, karanfil tomurcuğu, tarçın kabuğu, kekik yağı ve bu ürünlerin uçucu yağ bileşenleri olan trans-sinmaldehit, sinamik asit, öjenol, karvakrol ve timolün, *Torulasporea delbrueckii*, *Candida krusei*, *Schizosaccharomyces pombe* ve *Zygosaccharomyces bailii*'ye karşı antimikrobiyal etkisi öncelikle besi ortamında, daha sonra mayonez esaslı salata sosu üzerinde incelenmiştir. Çalışmada MİK değerleri 50 mg/L olarak belirlenen trans-sinmaldehit ve tarçın kabuğu

yağının, mayalara karşı en etkili bileşenler olduğu saptanmıştır. 22°C’de 96 saatlik depolama sonunda ve pH 4.2’de mayonez esaslı salata sosu örneğinde, *S. pombe* ve *Z. bailii*’yi inhibe eden en etkili bileşiğin trans-sinamaldehit (500 mg/L) olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada, öncelikli olarak ayçiçeği tohumu küspesi özütünün *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus*’a karşı antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiş ve *L. monocytogenes* 15.91 mm inhibisyon zonu ile ayçiçeği tohumu küspesi özütüne en duyarlı mikroorganizma olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında marul örneklerine *L. monocytogenes* inoküle edilmiş ve ayçiçeği tohumu küspesi özütü ve fumarik asitin *L. monocytogenes*’i inaktive edebilme yeteneği incelenmiş, elde edilen sonuçlar, ayçiçeği tohumu küspesi özütü ve fumarik asitin birlikte kullanımının, taze ürünlerde bulunabilecek patojenleri inaktive etmek üzere kullanılabilir etkili bir antimikrobiyal madde olduğunu ortaya koymuştur [102].

Ribes vd. [103] tarafından yapılan bir çalışmada çilek reçelinde küf oluşumunu engellemek üzere tarçın kabuğu-ksantan zamkı emülsiyonlarının kullanımı değerlendirilmiştir. Tarçın kabuğu-ksantan zamkı ile hazırlanan reçeller *A. niger*, *A. flavus*, *P. expansum*, *Z. rouxii* ve *Z. bailii* ile inoküle edilmiş ve 25 °C’de 28 günlük depolama boyunca ortamda *A. niger* dışındaki mikroorganizmaların gelişme göstermediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tarçın kabuğu yağı-ksantan zamkı emülsiyonlarının çilek reçelinin muhafazasında kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

Yapılan başka bir çalışmada tarçın kabuğu ile işlem görmüş taze kesilmiş elmaların *E. coli* O157:H7 ve *L. innocua* üzerine inhibe edici etkisi incelenmiş ve 6°C’de 12 günlük depolama sonunda *E. coli* O157:H7’nin %94 oranında, *L. innocua*’nın ise %87 oranında inhibe edildiği tespit edilmiştir [104].

Hayrapetyan vd. [105] tarafından yapılan çalışmada, nar kabuğu özütünün etli böreklerde doğal koruyucu olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir. 4, 7 ve 12°C’de 46 günlük depolama boyunca *L. monocytogenes*’in gelişimi incelenmiş, 4°C’de depolanan kontrol örneklerinde *L. monocytogenes* sayısı 9.2 log kob/g iken, nar kabuğu özütü ile işlem gören etli böreklerde bu sayı 5 log kob/g olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, nar kabuğu özütünün et ürünlerinde doğal bir koruyucu olarak kullanım potansiyelini ortaya koymuştur.

4.2. Meyve ve Sebzeler

Meyve ve sebzeler, ürünlerin kendilerine özgü lezzet ve renklerinin oluşmasında etkili fenolik bileşikler ve organik asitler açısından oldukça zengin içeriğe sahip ürünlerdir. Meyve ve sebzelerin yapısında bulunan bu bileşikler birçok mikroorganizma üzerine antimikrobiyal özellik göstermektedir. Literatürde farklı meyve ve sebzelerin antimikrobiyal özelliklerini belirlemeye yönelik yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) bitkisinin meyve suyu ve etanol özütünün antimikrobiyal aktivitesinin incelendiği bir çalışmada, test örneklerinin *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. Agona*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *L. monocytogenes*, *E. faecalis*, *Micrococcus luteus* ve *S. epidermidis* üzerine önemli derecede antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir [106].

Başka bir çalışmada, kırmızı misket üzümü suyunun *E. coli* O157:H7’ye karşı antimikrobiyal aktivitesi incelenmiş ve başlangıç sayısı 7.60 log kob/g olacak şekilde meyve suyuna inoküle edilen patojenin sayısının, 37°C’de 4 saat sonunda 5.00 logaritmik birim azaldığı, 6 saat sonunda ise hedef mikroorganizma sayısının tespit seviyesinin altına düştüğü belirlenmiştir [107].

Karabiyikli vd. [108] tarafından yapılan bir çalışmada, 6.00 log kob/mL düzeyinde *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* inoküle edilen farklı konsantrasyonlardaki (%100, %50, %10, %1) karadut suyunun 37°C’de 7 saat muhafazası sonunda, bakteri sayılarının tespit seviyesinin altına düştüğü bildirilmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada, nar suyunun 7 farklı bakteri (*B. coagulans* MTCC 3164, *B. cereus* MTCC 1307, *B. subtilis* MTCC 6910, *E. coli* MTCC 732, *K. pneumonia* MTCC 7028, *S. aureus* MTCC 7405, *P. aeruginosa* MTCC) ve 7 farklı küf (*Aspergillus niger* MTCC 2196, *Mucor indicus* MTCC 3318, *Penicillium citrinum* MTCC 7124, *Rhizopus oryzae* MTCC 1987, *Trichoderma reesei* MTCC 3929) üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği, incelenen test kültürleri içerisinde nar suyuna karşı en hassas olan kültürlerin *S. aureus* MTCC 7405 ve *A. niger* MTCC 2196 olduğu tespit edilmiştir [109].

Meyve ve sebze sularının çeşitli gıda sistemlerindeki inhibitör etkinliklerini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, yaban mersini suyu konsantresinin 3 farklı gıda patojen (*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium*) üzerine antibakteriyel etkisi incelenmiş, aynı çalışma kapsamında kesilmiş kırmızıbiber, yaban mersini suyu konsantresi ile işleme tutulmuş ve test kültürleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, yaban mersini suyu yüksek bir antimikrobiyal etki sergilemiş, yaban mersini suyu konsantresi ile işlem görmüş kesilmiş kırmızı biberlere inoküle edilen *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. Typhimurium* sayıları ise 4°C’de 7 gün depolama sonunda sırasıyla 2.5, 1.8 ve 5 log birim azalma göstermiştir [110].

Karapinar ve Sengun [20] tarafından yapılan bir çalışmada, salatalık ve maydanoz örnekleri *S. Typhimurium* ile inoküle edilmiş (6 log kob/g), koruk suyu ile yıkama işlemi sonrasında patojenin sayısı 2.5 logaritmik birim azaltılmıştır. Aynı araştırmacılar tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise limon suyu ile 60 dakika muamele sonunda *S. Typhimurium* inoküle edilen (3.00 log kob/g) roka örneklerindeki hedef mikroorganizma sayısı tespit seviyesinin altına düşürülmüştür [111].

Yapılan diğer bir çalışmada, limon suyu ve nar suyu karışımından oluşan marinasyon sıvısı ile muamele edilen tavuk eti örneklerinde farklı işlem süreleri ve sıcaklıklarda toplam mikroorganizma, *Pseudomonas* spp. ve LAB sayısında sırasıyla 3.3, 5 ve 1.9 log kob/g azalma sağlandığı gözlemlenmiştir.

Aynı çalışma kapsamında limon suyu içeren marinasyon sıvısı kullanıldığında (4°C’de 6 ve 9 saat) *Brochothrix thermosphacta* sayısında 4 log kob/g azalma, elma sirkesi içeren marinasyon sıvısı kullanıldığında ise Enterobacteriaceae sayısında 1.6 log kob/g azalma sağlandığı belirlenmiştir [22].

5. SONUÇ

Farklı bitkisel ürünler tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yüzyıllardan beri gıda ürünlerinde koruyucu ve lezzet verici olarak kullanılmaktadır. Bu ürünlerden elde edilen bileşikler, gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal etki göstermeleri nedeniyle gıda güvenliğini sağlamada önemli bir potansiyel sunmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak kullanımı gittikçe artmış olan sentetik katkı maddelerinin sağlık üzerinde olumsuz etkilerinin belirlenmiş olması ve tüketicilerin bu tip ürünleri tüketmemeye karşı eğilimlerinin gün geçtikçe artması gibi nedenler, bitkisel ürünler ile bu ürünlerden elde edilen uçucu yağ ve özütlerinin kullanımını ön plana çıkarmış ve bu ürünlerin gıdalarda kullanımının geliştirilmesiyle ilgili çalışmaları hızlandırmıştır. Bununla birlikte bitkisel ürünlerin ambalajlama teknikleri ile birlikte kullanıldığı çalışmalar da hızla artmaktadır. Bitkisel ürünlerin antibakteriyel, antifungal ve antioksidan etkilerinin belirlendiği birçok çalışma bulunmasına karşın bu çalışmalardan elde edilen verilerin gıda endüstrisine uygulanabilirliğini arttırmak adına farklı bitkisel kaynakların gıdalardaki uygulamalarını detaylı şekilde içeren çalışmalara daha fazla ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Bajpai VK, Baek KH, Kang SC. Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. *Food Res Int* 2012; 45(2): 722-734.
- [2] Rodriguez-Garcia I, Silva-Espinoza BA, Ortega-Ramirez LA, Leyva JM, Siddiqui MW, Cruz-Valenzuela MR, Gonzalez-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016; 56(10): 1717-1727.
- [3] Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* 2010; 21(9): 1199-1218.
- [4] Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiol* 2001; 18(4): 463-470.
- [5] Fleming-Jones ME, Smith RE. Volatile organic compounds in foods: A five year study. *J Agric Food Chem* 2003; 51(27): 8120-8127.
- [6] Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food-a review. *Food Microbiol* 2004; 94: 223-253.
- [7] Nostro A, Blanco AR, Cannatelli MA, Enea V, Flamini G, Morelli I, Alonzo V. Susceptibility of methicillin-resistant staphylococci to oregano essential oil, carvacrol and thymol. *FEMS Microbiol Lett.* 2004; 230(2): 191-195.
- [8] Fisher K, Phillips C. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer? *Trends Food Sci Technol* 2008; 19(3): 156-164.
- [9] Gyawali R, Ibrahim SA. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control* 2014; 46: 412-429.
- [10] Calo JR, Crandall PG, O'Bryan CA, Ricke SC. Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. *Food Control* 2015; 54: 111-119.
- [11] Nostro A, Germanò MP, D'angelo V, Marino A, Cannatelli MA. Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. *Lett Appl Microbiol* 2000; 30(5): 379-384.
- [12] Gyawali R, Ibrahim SA. Impact of plant derivatives on the growth of foodborne pathogens and the functionality of probiotics. *Appl Microbiol Biotechnol* 2012; 95(1): 29-45.
- [13] Hayek SA, Gyawali R, Ibrahim SA. Antimicrobial Natural Products. *FormatexInfo* 2013; 910-921.
- [14] Lai PK, Roy J. Antimicrobial and chemopreventive properties of herbs and spices. *Curr Med Chem* 2004; 11: 1451-1460.
- [15] Tiwari BK, Valdramidis VP, O'Donnell CP, Muthukumarappan K, Bourke P, Cullen P. Application of natural antimicrobials for food preservation. *J Agric Food Chem* 2009; 57(14): 5987-6000.
- [16] Raybaudi-Massilia RM, Mosqueda-Melgar J, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O. Control of pathogenic and spoilagemicroorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2009; 8: 157-180.

- [17] Rico D, Martín-Diana AB, Barat JM., Barry-Ryan C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends Food Sci Technol* 2007; 18: 373-386.
- [18] Kıvanc M, Kunduhoğlu B. Antimicrobial activity of fresh plant juice on the growth of bacteria and yeasts. *J Qafqaz Univ* 1997; 1(1): 27-35.
- [19] Saeed S, Tariq P. Effects of some seasonal vegetables and fruits on the growth bacteria. *Pak J Biol Sci* 2006; 9(8): 1547-1551.
- [20] Karapınar M, Sengun IY. Antimicrobial effect of koruk (unripe grape - *Vitis vinifera*) juice against *Salmonella Typhimurium* on salad vegetables. *Food Control* 2007; 18: 702-706.
- [21] Lucera A, Costa C, Conte A, Del Nobile MA. Food applications of natural antimicrobial compounds. *Front Microbiol* 2012; 3.
- [22] Lytou A, Panagou EZ, Nychas GJE. Effect of different marinating conditions on the evolution of spoilage microbiota and metabolomic profile of chicken breast fillets. *Food Microbiol* 2017; 66: 141-149.
- [23] Gundogdu M, Yilmaz H. Organic acid, phenolic profile and antioxidant capacities of pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars and selected genotypes. *Sci Hortic (Amsterdam)* 2012; 143: 38-42.
- [24] Pérez AG, Olías R, Espada J, Olías JM, Sanz C. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *J Agric Food Chem* 1997; 45(9): 3545-3549.
- [25] Bhandari MR, Kawabata J. Organic acid, phenolic content and antioxidant activity of wild yam (*Dioscorea Spp.*) tubers of Nepal. *Food Chem* 2004; (2): 163-168.9
- [26] Flores P, Hellín P, Fenoll J. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. *Food Chem* 2012; 132: 1049-1054.
- [27] Ekşi A, Özen İT. Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Ordu Üniv Bil Tek Derg* 2012; 2(2): 54-67.
- [28] Özrenk K, Gündoğdu M, Doğan A. Erzincan yöresi kuşburnu (*Rosa canina L.*) meyvelerinin organik asit, şeker ve mineral madde içerikleri. *YYÜ Tar Bil Derg* 2012; 22(1): 20-25.
- [29] Toker R, Gölükcü M, Tokgöz H, Tepe S. Organic acids and sugar compositions of some loquat cultivars (*Eriobotrya Japonica L.*) grown in Turkey. *Tar Bil Der* 2013; 19: 121-128.
- [30] Bakir E, Turker N, Istanbulu O. Chemical composition of peaches used for commercial juice production in Turkey sugars, organic acids and amino acids. *Gıda* 2007; 32(1): 15-23.
- [31] Stratford M, Eklund T. Organic acids and esters. In: Russell NJ, Gould GW, editors. *Food preservatives*. 2nd edition. London: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. pp. 48-84.
- [32] Cemeröğlü B, Yemenicioğlu A, Özkan M. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1*, In: Cemeröğlü B, editör. Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara, 2004. pp. 1-188.
- [33] Nizamlioğlu NM, Nas S. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2010; 5(1): 20-35.

- [34] Cvetanović A, Švarc-Gajić J, Zeković Z, Mašković P, Đurović S, Zengin G, Delerue-Matos C, Lozano-Sánchez J, Jakišić A. Chemical and biological insights on aronia stems extracts obtained by different extraction techniques: From wastes to functional products. *J Supercrit Fluids* 2017; 128: 173-181.
- [35] Moreno-Montoro M, Olalla-Herrera M, Gimenez-Martinez R, Navarro-Alarcon M, Rufián-Henares JA. Phenolic compounds and antioxidant activity of Spanish commercial grape juices. *J Food Compos Anal* 2015; 38: 19-26.
- [36] Xu Y, Fan M, Ran J, Zhang T, Sun H, Dong M, Zhang Z, Zheng H. Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi J Biol Sci* 2016; 23(3): 379-388.
- [37] Romani VP, Hernández CP, Martins VG. Pink pepper phenolic compounds incorporation in starch/protein blends and its potential to inhibit apple browning. *Food Packag Shelf Life* 2018; 15: 151-158.
- [38] Hmid I, Elothmani D, Hanine H, Oukabli A, Mehinagic E. Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars grown in Morocco. *Arab J Chem* 2017; 10: 2675-2684.
- [39] Roby MHH, Sarhan MA, Selim KAH, Khalel KI. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare L.*) and chamomile (*Matricaria chamomilla L.*). *Ind Crops Prod* 2013; 44: 437-445.
- [40] Kelebek H, Selli S, Canbas A, Cabaroglu T. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchem J* 2009; 91(2): 187-192.
- [41] Shan B, Cai Y-Z, Brooks JD, Corke H. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *Int J Food Microbiol* 2007; 117(1): 112-119.
- [42] Xue J, Davidson PM, Zhong Q. Thymol nanoemulsified by whey protein-maltodextrin conjugates: The enhanced emulsifying capacity and antilisterial properties in milk by propylene glycol. *J Agric Food Chem* 2013; 61(51): 12720-12726.
- [43] Ultee A, Bennik MHJ, Moezelaar R. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus* *Appl Environ Microbiol* 2002; 68(4): 1561-1568.
- [44] Farag RS, Daw ZY, Hewedı FM, El-Baroty GSA. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J Food Prot* 1989; 52(9): 665-667.
- [45] Cueva C, Moreno-Arribas MV, Martín-Álvarez PJ, Bills G, Vicenta MF, Basilio A, Rivas CL, Requena T, Rodriguez JM, Bartolomé B. Antimicrobial activity of phenolic acids against commensal, probiotic and pathogenic bacteria. *Res Microbiol* 2010; 161(5): 372-382.
- [46] Stojković D, Petrović J, Soković M, Glamočlija J, Kukić-Marković J, Petrović S. In situ antioxidant and antimicrobial activities of naturally occurring caffeic acid, p-coumaric acid and rutin, using food systems. *J Sci Food Agric* 2013; 93(13): 3205-3208.

- [47] Jayasena DD, Jo C. Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends Food Sci Technol* 2013; 34(2): 96-108.
- [48] Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils - A review. *Food Chem Toxicol* 2008; 46(2): 446-475.
- [49] Solórzano-Santos F, Miranda-Novales MG. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Curr Opin Biotechnol* 2012; 23(2): 136-141.
- [50] Hyldgaard M, Mygind T, Meyer RL. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front Microbiol* 2012; 3: 1-24.
- [51] Bouzouita N, Omri AE, Kachouri F, Moncef CM. Chemical composition of bergamot essential oil obtained by hydrodistillation. *J Chem Chem Eng* 2010; 4(4): 60-62.
- [52] Nowak A, Kalembe D, Krala L, Piotrowska M, Czyzowska A. The effects of thyme (*Thymus vulgaris*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils on *Brochothrix thermosphacta* and on the shelf life of beef packaged in high-oxygen modified atmosphere. *Food Microbiol* 2012; 32(1): 212-216.
- [53] Ma TT, Luo J, Tian CR, Sun XY, Quan MP, Zheng CP. Influence of technical processing units on chemical composition and antimicrobial activity of carrot (*Daucus carrot L.*) juice essential oil *Food Chem* 2015; 170: 394-400.
- [54] Singh G, Marimuthu P, Murali HS, Bawa AS. Antioxidative and antibacterial potentials of essential oils and extracts isolated from various spice materials. *J Food Saf* 2005; 25: 130-145.
- [55] Naveed R, Hussain I, Tawab A, Tariq M, Rahman M, Hameed S. Antimicrobial activity of the bioactive components of essential oils from Pakistani spices against *Salmonella* and other multi-drug resistant bacteria. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 2013; 13.
- [56] Gonçalves ND, Pena F de L, Sartoratto A, Derlamelina C, Duarte MCT, Antunes AEC, Prata AS. Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. *Food Res Int* 2017; 96: 154-160.
- [57] Teixeira B, Marques A, Nunos Ramos C, Neng NR, Nogueira JMF. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Ind Crops Prod* 2013; 43: 587-595.
- [58] Mahmoud SS, Croteau RB. Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Trends Plant Sci* 2002; 7: 366-373.
- [59] Li M, Muthaiyan A, A O'Bryan C, E Gustafson J, Li Y, G Crandall P, C Ricke S. Use of natural antimicrobials from a food safety perspective for control of *Staphylococcus aureus*. *Curr Pharm Biotechnol* 2011; 12(8): 1240-1254.
- [60] Tongnuanchan P, Benjakul S. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *J Food Sci* 2014; 79(7): 1231-1249.
- [61] Amorati R, Foti MC, Valgimigli L. Antioxidant activity of essential oils. *J Agric Food Chem* 2013; 61(46): 10835-10847.

- [62] Patel S. Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. *Food Addit Contam* 2015; 32: 1049-1064.
- [63] Oussalah M, Caillet S, Lacroix M. Mechanism of action of Spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *J Food Prot* 2006; 69: 1046-1055.
- [64] Delamare L, Paula A, Moschen-Pistorello IT, Artico L, Atti-Serafini L, Echeverrigaray S. Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chem* 2007; 100(2): 603-608.
- [65] El-Maati MFA, Mahgoub SA, Labib SM, Al-Gaby AMA, Ramadan MF. Phenolic extracts of clove (*Syzygium aromaticum*) with novel antioxidant and antibacterial activities. *Eur J Integr Med* 2016; 8(4): 494-504.
- [66] Boskovic M, Zdravkovic N, Ivanovic J, Janjic J, Djordjevic J, Starcevic M, Baltic MZ. Antimicrobial activity of thyme (*Tymus vulgaris*) and oregano (*Origanum vulgare*) essential oils against some food-borne microorganisms. *Procedia Food Sci* 2015; 5: 18-21.
- [67] Diao WR, Hu QP, Zhang H, Xu JG. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Food Control* 2014; 35(1): 109-116.
- [68] Baydar NG, Sagdic O, Ozkan G, Cetin S. Determination of antibacterial effects and total phenolic contents of grape (*Vitis vinifera* L.) seed extracts. *Int J Food Sci and Technol* 2006; 41: 799-804.
- [69] Ulusal Mikrobiyoloji Standartları, MİK Saptama Yöntemleri. <http://mikrobiyoloji.thsk.saglik.gov.tr/Dosya/tani-rehberi/uamdss/08-AMD-TP-04-MIK-saptama-yontemleri.pdf>, Erişim: 04.06.2018.
- [70] Ulusal Mikrobiyoloji Standartları, Kirby-Bauer Disk Difüzyon Yöntemi. <http://mikrobiyoloji.thsk.saglik.gov.tr/Dosya/tani-rehberi/uamdss/06-AMD-TP-03-CLSI-Kirby-Bauer-disk-difuzyon-yontemi.pdf>, Erişim: 04.06.2018.
- [71] Schelz Z, Molnar J, Hohmann J. Antimicrobial and antiplasmid activities of essential oils. *Fitoterapia* 2006; 77(4): 279-285.
- [72] Sağdıç O. Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols. *Lebensm Wiss Technol* 2003; 36: 467-473.
- [73] Mathew AG, Cissell R, Liamthong S. antibiotic resistance in bacteria associated with food animals: a United States perspective of livestock production. *Foodborne Pathog Dis* 2007; 4(2): 115-133.
- [74] Du WX, Avena-Bustillos RJ, Sheng S, Hua T, McHugh TH. Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety. *Sci against Microb Pathog Commun Curr Res Technol Adv* 2011; 2: 1124-1134.
- [75] Angioni A, Barra A, Cereti E, Barile D, Coisson JD, Arlorio M, Dessi S, Coroneo V, Cabras P. Chemical composition, plant genetic differences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. *J Agric Food Chem* 2004; 52(11): 3530-3535.

- [76] Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P. The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *Int J Food Microbiol* 2008; 124(1): 91-97.
- [77] Lopes-Lutz D, Alviano DS, Alviano CS, Kolodziejczyk PP. Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry* 2008; 69(8): 1732-1738.
- [78] Proestos C, Boziaris IS, Kapsokefalou M, Komaitis M. Natural antioxidant constituents from selected aromatic plants and their antimicrobial activity against selected pathogenic microorganisms. *Food Technol Biotechnol* 2008; 46(2): 151-156.
- [79] Ceylan E, Fung DYC. Antimicrobial activity of spices. *J Rapid Methods and Automation Microbiol* 2004; 12(1): 1-55.
- [80] Xu J-G, Liu T, Hu Q-P, Cao X-M. Chemical composition, antibacterial properties and mechanism of action of essential oil from clove buds against *Staphylococcus aureus*. *Molecules* 2016; 21(9): 1194.
- [81] Tsai HC, Sheng L, Zhu MJ. Antimicrobial efficacy of cinnamon oil against *Salmonella* in almond based matrices. *Food Control* 2017; 80: 170-175.
- [82] Babacan O, Cengiz S, Akan M. Oregano bitkisinin bazı *Salmonella* serotipleri üzerine antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg* 2012; 59: 103-106.
- [83] Martins N, Barros L, Santos-Buelga C, Silva S, Henriques M, Ferreira ICFR. Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of cultivated thyme: Antioxidant and antibacterial activities, and phenolic characterisation. *Food Chem* 2015; 167: 131-137.
- [84] Varga E, Bardocz A, Belák A, Maráz A, Boros B, Felinger A, Böszörményi A, Horváth G. antimicrobial activity and chemical composition of thyme essential oils and the polyphenolic content of different *Thymus* extracts. *Farmacia* 2015; 6(3): 357-361.
- [85] Özcan MM, Chalchat JC. Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *Int J Food Sci Nutr* 2008; 59(7-8): 691-698.
- [86] de Sousa Guedes JP, da Costa Medeiros JA, de Souza e Silva RS, de Sousa JMB, da Conceição ML, de Souza EL. The efficacy of *Mentha arvensis* L. and *M. piperita* L. essential oils in reducing pathogenic bacteria and maintaining quality characteristics in cashew, guava, mango, and pineapple juices. *Int J Food Microbiol* 2016; 238: 183-192.
- [87] Leite CJB, de Sousa JP, da Costa Medeiros JA, da Conceição ML, dos Santos Falcão-Silva V, de Souza EL. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella Enteritidis* by *Cymbopogon citratus* D.C. Stapf. essential oil in pineapple juice. *J Food Prot* 2016; 79(2): 213-219.
- [88] Yemiş GP, Candoğan K. Antibacterial activity of soy edible coatings incorporated with thyme and oregano essential oils on beef against pathogenic bacteria. *Food Sci Biotechnol* 2017; 26(4): 1113-1121.
- [89] Khaleque MA, Keya CA, Hasan KN, Hoque MM, Inatsu Y, Bari ML. Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate *Listeria monocytogenes* in ground beef at freezing and refrigeration temperatures. *LWT - Food Sci Technol* 2016; 74: 219-223.

- [90] Zhang Y, Li D, Lv J, Li Q, Kong C, Luo Y. Effect of cinnamon essential oil on bacterial diversity and shelf-life in vacuum-packaged common carp (*Cyprinus carpio*) during refrigerated storage. *Int J Food Microbiol* 2017; 249: 1-8.
- [91] Possas A, Posada-Izquierdo GD, Perez-Rodriguez F, Valero A, Garcia-Gimeno RM, Duarte MCT. Application of predictive models to assess the influence of thyme essential oil on *Salmonella* Enteritidis behaviour during shelf life of ready-to-eat turkey products. *Int J Food Microbiol* 2017; 240: 40-46.
- [92] Bhargava K, Conti DS, da Rocha SRP, Zhang Y. Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. *Food Microbiol* 2015; 47: 69-73.
- [93] Sánchez-González L, Cháfer M, Chiralt A, González-Martínez C. Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydr Polym* 2010; 82(2): 277-283.
- [94] Emiroğlu ZK, Yemiş GP, Coşkun BK, Candoğan K. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Sci* 2010; 86(2): 283-288.
- [95] Kwon SJ, Chang Y, Han J. Oregano essential oil-based natural antimicrobial packaging film to inactivate *Salmonella enterica* and yeasts/molds in the atmosphere surrounding cherry tomatoes. *Food Microbiol* 2017; 65: 114-121.
- [96] Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem* 2006; 99(1): 191-203.
- [97] Engels C, Knödler M, Zhao YY, Carle R, Gänzle MG, Schieber A. Antimicrobial activity of gallotannins isolated from mango (*Mangifera indica* L.) kernels. *J Agric Food Chem* 2009; 57 (17): 7712-7718.
- [98] Özpınar H, Dağ Ş, Yiğit E. Şeftali (*Persica vulgaris* Miller) yaprak ekstraktının antibakteriyel etkisi. *Cumhuriyet Med J* 2013; 35(2), 172-178.
- [99] Oğuzkan SB, Uğraş S, Can M, Uzun A, Ülger S, Üzmez Ş, Karagül B, Kılıç Hİ, Özaslan M, Uğraş Hİ. Fındık (*Corylus avellana* L.) Yeşil Kabuk ve Yaprak Ekstraktlarında Biyolojik Aktivite Tayini. *KSÜ Doğa Bil Derg* 2016; 19(4), 373.
- [100] Wafa BA, Makni M, Ammar S, et al. Antimicrobial effect of the Tunisian Nana variety *Punica granatum* L. extracts against *Salmonella enterica* (serovars Kentucky and Enteritidis) isolated from chicken meat and phenolic composition of its peel extract. *Int J Food Microbiol* 2017; 241: 123-131.
- [101] Monu EA, Techathuvanan C, Wallis A, Critzer FJ, Davidson PM. Plant essential oils and components on growth of spoilage yeasts in microbiological media and a model salad dressing. *Food Control* 2016; 65: 73-77.
- [102] Son HJ, Kang JH, Song K Bin. Antimicrobial activity of safflower seed meal extract and its application as an antimicrobial agent for the inactivation of *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh lettuce. *LWT - Food Sci Technol* 2017; 85: 52-57.

- [103] Ribes S, Fuentes A, Talens P, Barat JM. Application of cinnamon bark emulsions to protect strawberry jam from fungi. *LWT - Food Sci Technol* 2017; 78: 265-272.
- [104] Muthuswamy S, Rupasinghe HPV, Stratton GW. Antimicrobial effect of cinnamon bark extract on *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria innocua* and Fresh-Cut Apple Slices. *J Food Safety* 2007; 28: 534-549.
- [105] Hayrapetyan H, Hazeleger WC, Beumer RR. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by pomegranate (*Punica granatum*) peel extract in meat paté at different temperatures. *Food Control* 2012; 23(1): 66-72.
- [106] Česonienė L, Daubaras R, Kraujalytė V, Venskutonis PR, Šarkinas A. Antimicrobial activity of *Viburnum opulus* fruit juices and extracts. *J für Verbraucherschutz und Leb* 2014; 9(2): 129-132.
- [107] Kim TJ, Silva JL, Jung YS. Antibacterial activity of fresh and processed red muscadine juice and the role of their polar compounds on *Escherichia coli* O157:H7. *J Applied Microbiol* 2009; 107: 533-539.
- [108] Karabiyikli S, Degirmenci H, Karapinar M. The survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* in black mulberry (*Morus nigra*) juice. *African J Microbiol Res*, 2012; 6(48): 7464-7470.
- [109] Dahham SS, Ali MN, Tabassum H, Khan M. Studies on antibacterial and antifungal activities of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Am. Eurasian J Agric Environ Sci* 2010; 9: 273-281.
- [110] Harich M, Maherani B, Salmieri S, Lacroix M. Antibacterial activity of cranberry juice concentrate on freshness and sensory quality of ready to eat (RTE) foods. *Food Control* 2017; 75: 134-144.
- [111] Sengun IY, Karapinar M. Effectiveness of household natural sanitizers in the elimination of *Salmonella Typhimurium* on rocket (*Eruca sativa* Miller) and spring onion (*Allium cepa* L.). *Int J Food Microbiol* 2005; 98: 319-323.