



Uçucu Yağların *Staphylococcus aureus* Üzerine Etkisi

Seda Ozdikmenli¹, Nükhet Nilüfer Zorba^{2*}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yenice Meslek Yüksekokulu, Gıda Analiz ve Kontrol Bölümü, 17550 Yenice/Çanakkale, Türkiye

^{2*}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 17100 Çanakkale, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş 26 Mart 2014
Kabul 15 Mayıs 2014
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

Anahtar Kelimeler:
Antimikrobiyel
Uçucu yağ
S.aureus
Gıda Kaynaklı intoksikasyonlar
Patojen

Ö Z E T

Staphylococcus aureus kaynaklı hastalıklar gelişen teknolojiye rağmen dünyada oldukça yaygın görülmektedir. *S.aureus*, gıda kaynaklı intoksikasyonlara neden olması yanı sıra neden olduğu hastane enfeksiyonları ve özellikle antibiyotik dirençli suşları nedeniyle önemli bir patojendir. Günümüzde tüm dünyada mikroorganizmaların kontrolünde doğal ürünlerin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Uçucu yağlar söz konusu doğal antimikrobiyel maddelere bir örnektir. Bitkilerden, özellikle baharatlardan, elde edilen uçucu yağlar çok sayıda kimyasal bileşenden oluşan ve uçucu özelliğe sahip yağlardır. Bu derlemede, uçucu yağlar ve etki mekanizmaları hakkında genel bilgi verilerek uçucu yağların *S.aureus*'un kontrolünde kullanılması ile ilgili yapılan *in vitro* çalışmalara ve gıdalardaki uygulamalarına yönelik bilgiler değerlendirilmiştir.

* Sorumlu Yazar:

E-mail: dnukhet@comu.edu.tr

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 2(5): 228-235, 2014

The Effect of Essential Oils on *Staphylococcus aureus*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 26 March 2014
Accepted 15 May 2014
Available online, ISSN: 2148-127X

Keywords:
Antimicrobial
Essential oils
S.aureus
Food intoxications
Pathogen

ABSTRACT

Diseases caused by *Staphylococcus aureus* are widespread through the world in spite of developing technology. *S.aureus* is an important pathogen causing food intoxications besides hospital infections by its antibiotic resistant strains. Nowadays, there has been worldwide increasing concern on usage of natural products to control microorganisms. One of these natural products is essential oils. They are produced from plants especially from spices and composed of many components and volatiles. This review summarizes informative literature on essential oils and their mode of antimicrobial action. In addition, current knowledge on *in vitro* researches on antibacterial activity of essential oils and food applications to control *S.aureus* has been discussed.

* Corresponding Author:

E-mail: dnukhet@comu.edu.tr

Giriş

Staphylococcus aureus'un neden olduğu gıda kaynaklı intoksikasyonlar, dünyada oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Bu mikroorganizma tarafından salgılanan hücre dışı toksinlerin gıda ile birlikte tüketilmesi sonucu gıda kaynaklı hastalıklar meydana gelmektedir (Barros ve ark., 2009; Alexopoulos ve ark., 2011; Oliveria ve ark., 2010). *S.aureus*'un toksin oluşturması için popülasyonun gramda 10^4 koloni oluşturan birimi (kob) geçmesi gerekmektedir (Karapınar ve Aktuğ Gönül, 2003). Deri, boğaz ve burun florasında baskın tür olarak bulunan *S.aureus* için en önemli bulaşma kaynaklarından birisi insandır (Karapınar ve Aktuğ Gönül, 2003). Ayrıca kullanılan ekipmanlar ve çevresel yüzeyler de bulaşmanın kaynağı olarak gösterilebilir. Özellikle hazırlık aşamasında el ile temas eden gıdalar büyük risk taşımaktadır. *S.aureus* kaynaklı intoksikasyonlarda rol alan başlıca gıda gruplarının et ve et ürünleri, kümes hayvanları ve ürünleri, kremalı fırın ürünleri, süt, hazır tüketime sunulan sandviçler, salatalar olduğu bildirilmiştir (Karapınar ve Aktuğ Gönül, 2003). Son yıllarda, değişen yaşam şekli ile birlikte değişen tüketim alışkanlıkları dikkate alındığında, *S.aureus* gıda kaynaklı intoksikasyon oranlarının yükselmesi kaçınılmaz bir sonuç olarak görülmektedir.

Tüketicilerin bilinçlenmesi ve gıdalara ilave edilen antimikrobiyel katkılar da dahil olmak üzere bazı kimyasal maddelerin insan sağlığına çeşitli zararlar verdiğinin ortaya çıkması ile tüketiciler, kimyasal koruyucuların yerine doğal koruyucuları tercih etmektedir (Barros ve ark., 2009; Souza ve ark., 2010; Karabagias ve ark., 2011). Eski çağlardan beri koruyucu olarak kullanılan baharat ve bitkilerin nitelikleri ve antimikrobiyel özellikleri üzerine yapılan araştırmalar artmıştır. Baharatların antimikrobiyel özelliklerinin onun kimyasal kompozisyonuna, özellikle uçucu yağların bileşim ve miktarına bağlı olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Frag ve ark, 1989; Bajpai ve ark., 2011).

Uçucu Yağlar ve Mikroorganizmalar Üzerine Etki Mekanizması

Esansiyel yağlar ve eterik yağlar olarak da isimlendirilen uçucu yağlar; bitkilerden ekstraksiyon ve destilasyon gibi yöntemlerle elde edilmektedir. Oda sıcaklığında genellikle sıvı formda bulunan uçucu yağlar, çoğunlukla renksiz veya açık sarı renkli olan, bulunduğu bitkiye karakteristik özellik sağlayıp bitkiye ait kokuyu veren, çok sayıda kimyasal bileşenden oluşan ve sudan daha küçük molekül ağırlığına sahip olduğundan dolayı su ile karışmadan taşınabilme özelliğine sahip yağimsı karışımlardır (Burt, 2004). Uçucu yağların bileşim ve miktarı; bitkinin cinsine, üretim şekline, iklime ve yetiştirildiği bölgenin coğrafî yapısına bağlı olarak değişmektedir (Frag ve ark., 1989; Burt, 2004). Uçucu yağlar bitkinin bütününde veya yaprak, tohum, meyve, meyve kabuğu gibi farklı bölgelerinde oluşabilmektedir. Bazı bitkilerin yapısında birden fazla uçucu yağ olabilmektedir. Uçucu yağların başlıca bileşenleri gaz kromatografisi ve kütle spektrometre ile

belirlenebilmektedir (Delaquis ve ark., 2002; Daferera ve ark., 2003; Boukhatem ve ark., 2013). Uçucu yağların temel bileşenleri olan terpenik hidrokarbonlar ve bunların oksijenli türevleri kompozisyonun %85 ve fazlasını oluştururken, organik asitler, alkoller, fenoller ve ketonlar gibi çeşitli kimyasallar iz miktarda bulunabilmektedir (Frag ve ark., 1989; Burt, 2004).

Panahia ve ark. (2011) ile Cimanga ve ark. (2002) yaptıkları çalışmalarda, bazı *Eucalyptus* türlerinden elde edilen uçucu yağların temel bileşeninin 1,8 sineol olduğunu fakat 1,8 sineol'ün farklı türlerde değişen oranlarda bulunduğunu bildirmişlerdir. *Origanum* türleri için yapılan çalışmalarda uçucu yağların ana bileşenleri karvakrol, timol, terpinen-4-ol olarak belirlenmiştir (Oussalah, 2007; Barros ve ark., 2009; Bendahou ve ark., 2008). Yapılan diğer çalışmalarda; *Cinnamomum* türleri için sinamaldehit, *Syzygium* türleri için öjenol ve *Ocimum* türleri için ise linalol ana bileşen olarak saptanmıştır (Opalchenovaa ve Obreshkova, 2003; Oussalah, 2007; Bendahou ve ark., 2008). Hussain ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada yaz, sonbahar, kış ve bahar olmak üzere farklı mevsimlerde *Ocimum basilicum* türünde uçucu yağın ana bileşeni olan linalol'u sırasıyla %56,7; %60,5; %60,6 ve %58,6 oranlarında belirlemişlerdir.

Uçucu yağların mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etkilerinin mekanizması henüz tam olarak açıklanmamıştır (Nychas, 1995; Lambert ve ark., 2001; Diao ve ark., 2014). Ancak uçucu yağların antimikrobiyel etkilerinin, suda çözünmeyen (hidrofobik) ve yağda çözünebilen (lipofilik) karaktere sahip olmalarına bağlı olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Kalemba ve Kunicka, 2003). Bunun yansısı uçucu yağların, bakteri hücre membranında yer alan lipitlerin yapısında meydana getirdikleri zararlanmalar sonucunda hücre zarı geçirgenliğinin artmasına neden oldukları ifade edilmektedir (Burt, 2004). Bu durumun sonraki aşamada iyonların ve diğer hücre içeriğinin dışarı sızmasına neden olduğu varsayılmaktadır (Davidson, 1997; Lambert ve ark., 2001; Carson ve ark., 2002; Kalemba ve Kunicka, 2003; Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011). Uçucu yağların kimyasal yapısı mikroorganizmalar üzerine etki şeklini (bakteriyostatik veya bakteriyosidal etki) etkilemektedir. Bununla birlikte, antimikrobiyel etki mikroorganizma cinsine ve hatta türlerine göre de değişmektedir (Claeson ve ark., 1992; Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011; Özdikmenli, 2011). Bu değişkenliğin mikroorganizmaların hücre duvarı yapısı ve dış membran düzenlenmesi ile ilgili olduğu ifade edilmektedir (Hussain ve ark., 2008; Özdikmenli, 2011). Uçucu yağların gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmalara ve patojenlere karşı etkilerinin incelendiği çeşitli araştırmalar, uçucu yağların Gram pozitif bakterilere Gram negatif bakterilerden daha fazla etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011; Karabagias ve ark., 2011; Hernandez-Ochoa ve ark., 2011). Gram pozitif bakterilerin hücre duvarındaki peptidoglikan yapı Gram negatif bakterilerin hücre duvarına göre daha kalındır. Ancak Gram negatif bakterilerin hücre duvarının dış kısmında onu saran dış zar adı verilen bir tabaka mevcuttur. Bu zarın dış

kısımında lipopolisakkarit molekülleri yer almaktadır. Bu lipopolisakkarit yapı Gram negatif bakterilerin ilaç, deterjan ve antibiyotik gibi hidrofobik özellik gösteren moleküllere karşı daha dirençli hale getirmektedir. Bunun yanı sıra Gram negatif bakterilerin uçucu yağlara çok çeşitli içsel direnç gösterdiği ve toksik ajanlara karşı bir geçirgenlik bariyeri kurduğu ifade edilmektedir (Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011). Bazı çalışmalarda araştırmacılar Gram negatif bakterilerin uçucu yağlardan ortam koşullarına bağlı olarak daha fazla etkilendiğini bildirmiştir (Claeson ve ark., 1992; Özdikmenli, 2011; Bassole ve Juliani, 2012). Bununla birlikte antimikrobiyel etki mekanizması tam olarak açıklanamamıştır (Lv ve ark., 2011). Antimikrobiyel etkinin, uçucu yağın sahip olduğu fizikokimyasal özelliklerin yanı sıra etki ettiği bakterinin membranında yer alan lipit kompozisyonu ve membran yüzeyinin elektriksel yüküne bağlı olarak da değişebildiği belirtilmektedir (Trombetta, 2005). Sonuç olarak literatürde uçucu yağların Gram negatif veya Gram pozitif bakterilere daha fazla etki ettiği yönünde kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda uygulanan uçucu yağ çeşidi, kullanılan mikroorganizma, *in vitro* veya gıda sistemlerinde uygulanması, gıdanın kompozisyonu ve ortam koşullarının (sıcaklık, pH, aw, vb) sonuçları değiştirdiği görülmektedir.

Gıda kaynaklı intoksikasyonlara neden olan *S.aureus*'un büyüme hızına düşük konsantrasyondaki seskiterpen T-kadinol'un etkisinin incelendiği bir çalışmada, *S.aureus*'un büyüme hızındaki azalmanın muhtemel birincil nedeninin enerji metabolizmasının etkilenmesi olduğu bildirilmiştir (Claeson ve ark., 1992). Yüksek konsantrasyondaki (50 mg/ml) seskiterpen T-kadinol ise *S.aureus*'un hücre zarının parçalanmasına ve ölümcül düzeyde sitoplazma sızıntısına yol açmıştır (Claeson ve ark., 1992). Uçucu yağların bileşimindeki minör bileşenlerin antimikrobiyel aktivitede kritik bir rol oynadığı ifade edilmekte ve bu rolün diğer bileşenler ile sinerjistik etki göstermesinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011; Bassole ve Juliani, 2012) Yapılan bazı çalışmalarda minör bileşenlerin sinerjistik etkiye sahip olması nedeniyle uçucu yağların bütününe, temel bileşen karışımlarından daha fazla antibakteriyel aktivite gösterdiği bulunmuştur (Burt, 2004).

***Staphylococcus aureus*'un Uçucu Yağlar ile Kontrolü**

In vitro çalışmalar

Birçok araştırmacı tarafından uçucu yağların antimikrobiyel etkisi genel olarak agar difüzyon (disk veya kuyucuk) ve dilüsyon (agar, makro veya mikro) yöntemleri ile belirlenmiştir (Davidson ve Parish, 1989; Burt, 2004; Kalemba ve Kunicka, 2003). Bu yöntemler kullanılarak uçucu yağların hedef mikroorganizmalara karşı etki ettiği en düşük konsantrasyon (MİK-Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu) oranı saptanmaktadır. MİK değeri, kısaca mikroorganizmaların canlılığını sürdüremediği en düşük konsantrasyon olarak tanımlanabilir. Araştırmacılar MİK değerini belirlerken farklı yöntemler tercih edebilmektedir. Yapılan literatür taramalarında *S.aureus* suşları üzerine uçucu yağların etkisinin belirlendiği çalışmalarda da farklı yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Araştırmacılar herhangi bir

antimikrobiyel aktivitenin var olup olmadığının belirlenmesinde agar difüzyon yöntemini, MİK değeri hesaplanmasında ise dilüsyon yöntemlerini tercih etmişlerdir. Bazı uçucu yağların *S.aureus* suşları üzerine etkisinin agar disk difüzyon yöntemi ile belirlendiği çeşitli çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'den de görüldüğü gibi disk difüzyon yönteminde elde edilen sonuçlar uçucu yağın çeşidine, konsantrasyonuna ve mikroorganizmanın suşuna göre değişiklik göstermektedir. Babu ve ark. (2011), sarımsak, karanfil ve tarçın uçucu yağlarının iki farklı *S.aureus* suşu üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada agar disk difüzyon yöntemini kullanmıştır. Araştırmacılar sarımsak, karanfil ve tarçın uçucu yağlarının verdiği inhibisyon zonlarını bir suş için sırasıyla 19,00; 25,00 ve 31,00 mm olarak, antibiyotik dirençli diğer suş için ise sırasıyla 13,00; 19,00 ve 23,00 mm olarak tespit etmişlerdir. Demirel Zorba (2011) ise tarçın, limon ve defne uçucu yağlarının iki farklı *S.aureus* suşu üzerinde verdiği inhibisyon zonlarını ATCC 25923 suşu için sırasıyla 29,67; 29,67 ve 24,00 mm olarak belirlerken, RSK 1009 suşu için sırasıyla 24,67; 15,33 ve 17,00 mm olarak belirlemişlerdir.

Antimikrobiyel etkinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise dilüsyon yöntemidir. Dilüsyon yöntemi, agar dilüsyon, makro (broth) dilüsyon ve 96 kuyucuk mikro dilüsyon yöntemi olarak uygulanmaktadır. Çizelge 2'de çeşitli uçucu yağların *S.aureus*'un farklı suşlarına karşı MİK değerlerini 96-kuyucuk mikro dilüsyon yöntemi ile belirleyen bazı araştırmacıların sonuçları verilmiştir. Bu çalışmalardan birinde araştırmacılar *Cinnamomum zeylanicum* yapraklarının uçucu yağlarının *S.aureus* ATCC 6538'e karşı MİK değerini 1,25 µl/ml olarak saptamışlardır (Trajano ve ark., 2010). Azizkhani ve ark. (2013) ve *Z. multiflora* Boiss uçucu yağının *S.aureus* için MİK değerlerini 0,3 µl/ml belirlemişlerdir. Bu uçucu yağın belirlenen MİK değerlerinden daha düşük konsantrasyonlarda enterotoksin üretimini engellediğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 3'de çeşitli uçucu yağların *S.aureus*'un farklı suşlarına karşı MİK değerlerini agar dilüsyon ve makro dilüsyon yöntemi ile belirleyen bazı araştırmaların sonuçları verilmiştir. Van-Vuuren ve ark. (2009) biberiye, kekik, nane ve Hint defnesi uçucu yağlarının *S.aureus* ATCC 25923'e karşı MİK değeri makro dilüsyon yöntemi ile sırasıyla 6,00 mg/ml; 4,70 mg/ml; 8,00 mg/ml ve 6,70 mg/ml olarak belirlemişlerdir. Bendahou ve ark. (2008) ise yaptıkları çalışmada hidrodistilasyon ile elde edilen *Origanum glandulosum* uçucu yağının MİK değeri agar dilüsyon yöntemi ile 79,25 µg/ml olarak tespit etmişlerdir. Souza ve ark. (2009, 2010) makro dilüsyon yöntemi *Origanum vulgare* uçucu yağının *S.aureus*'a karşı MİK belirlemişler ayrıca *Origanum vulgare* uçucu yağının belirlenen MİK değerlerinden daha düşük konsantrasyonlarda enterotoksin üretiminin engellediğini bildirmişlerdir.

Gıdalardaki Uygulamaları

Uçucu yağların mikroorganizmalar üzerine inhibitör etkisinin araştırıldığı birçok *in vitro* çalışma mevcut olmak ile birlikte gıdalardaki çalışmalar oldukça sınırlıdır. Uçucu yağların *in vitro* çalışmalarda tespit edilen MİK değerleri çoğu gıda uygulamalarında etkili bulunmamış,

istenilen antimikrobiyel etki ancak daha yüksek uçucu yağ konsantrasyonları ile belirlenebilmiştir (Burt, 2004; Bajpai ve ark., 2011). Araştırmacılar bu duruma gıda maddelerinin sahip oldukları protein, yağ, karbohidrat, vitamin ve mineraller, su aktivitesi değeri, pH gibi kimyasal özelliklerinin, tuz ve diğer katkıları içermelerinin, sıcaklık, atmosfer gibi depo koşullarının etkili olduğunu belirtmişlerdir. (Burt, 2004). Ayrıca uçucu

yağların gösterdikleri antimikrobiyel etki ile zarar gören mikroorganizmaların yine gıdaların sahip olduğu besinsel değerlerden dolayı kendilerini onarabildiği de ifade edilmiştir (Burt, 2004). Bu durumda araştırmacılar engeller teknolojisinin (Hurdle Technology: farklı koruma yöntemlerinin bir arada kullanılması) mikroorganizmalar üzerindeki etkinin artırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 1 Bazı bitki uçucu yağlarının *S.aureus* suşları üzerine antimikrobiyel etkisi (Agar disk difüzyon yöntemi)

Uçucu Yağın Elde Edildiği Bitki Türü	Uçucu Yağın Temel Bileşenleri ve Temel Bileşenin Oranı (%)*	Uç.Yağın İnhibisyon zon Çapı (mm)	Kullanılan Uçucu Yağ Miktarları- disk çapı**	Mikroorganizma	Referans
Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i>)	Trans anetol-68.53	11.5	100 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Diao ve ark., 2014)
Çoban iğnesi (<i>Pelargonium graveolens</i>)	Sitronella-30.2	12,83 21,17	10 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> <i>S.aureus</i> ATCC 6538	(Boukhatem ve ark., 2013)
		20,83 25,17	20 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> <i>S.aureus</i> ATCC 6538	
		25,17 30,83	30 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> <i>S.aureus</i> ATCC 6538	
Bahçe nanesi (<i>Mentha piperita</i>) Lavanta (<i>Lavandula angustifolia</i>)	Mentol -33.28 Linalol -22.35	18,39 19,45	5 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> CECT4459	(Djenane ve ark., 2012)
Sarımsak(<i>Garlic</i>) Karanfil (<i>Clove</i>) Tarçın (<i>Cinnamon</i>)	-	19,00 25,00 31,00	30 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> Metisilin dirençli <i>S.aureus</i>	(Babu ve ark., 2011)
Sarımsak(<i>Garlic</i>) Karanfil (<i>Clove</i>) Tarçın (<i>Cinnamon</i>)	-	13,00 19,00 23,00	10 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Zorba, 2011)
Tarçın (<i>Cinnamon</i>) Limon (<i>Citrus</i>) Defne (<i>Laurus</i>)	-	29,67 29,67 24,00	10 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> RSSK 1009.	
Tarçın (<i>Cinnamon</i>) Limon (<i>Citrus</i>) Defne (<i>Laurus</i>)	-	24,67 15,33 17,00	1.6 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i> Cowan 1	(Oke ve ark., 2009)
Kekik (<i>Thymus revolutus</i>)	Karvakrol-43.13	20,00	3 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i>	(Bendahou ve ark., 2008)
Kekik (<i>Origanum glandulosum</i>) (hidrodistilasyon)	Timol-41.6	23,00			
Kekik (<i>Origanum glandulosum</i>) (solventsiz mikrodalga ekstraksiyonu)	Timol-81.1	23,00			
Zerdeçal (<i>Curcuma longa</i>) Çin tarçını (<i>Cinnamomum aromaticum</i>) Yeni bahar (<i>Pimenta dioica</i>) Karanfil (<i>Syzygium aromaticum</i>) Muskat (<i>Myristica fragrans</i>) Zencefil (<i>Zingiber officinale</i>) Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i>) Kakule (<i>Elettaria cardamom</i>) Muskat 2 (<i>Myristica fragrans</i>) Kereviz tohumu (<i>Apium graveolens</i>) Karabiber (<i>Piper nigrum</i>)	-	14,00 37,00 35,00 22,00 22,00 16,00 13,00 18,00 16,00 19,00 18,00	20 µL/ disk-6mm	<i>S.aureus</i> (NCIM-2492)	(Güllüce ve ark., 2003)
Okaliptus (<i>Eucalyptus alba</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus camadulensis</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus citriodora</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus deglupta</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus urophylla</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus globulus</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus propinqua</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus salign</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus teriticornis</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus robusta</i>) Acı afrika biberi (<i>Aframomum stipulatum</i>) Limon otu (<i>Cymbopogon citratus</i>) Sukabağı (<i>Monodora myristica</i>) Fesleğen (<i>Ocimum americanum</i>) Fesleğen (<i>Ocimum gratissimum</i>)	beta-Pinen- 25.3 1,8-Sineol -58.9 Sitronellal -72.7 1,8-Sineol- 35.7 1,8-Sineol -57.7 1,8-Sineol- 44 1,8-Sineol -32.4 1,8-Sineol -61.3 p-Simen -28.6 p-Simen- 27.3 Timol -34 Geranial -32.7 alfa-Phellandrene-37.8 Timol -43.5 Timol -53.2	12,00 30,00 14,00 14,00 8,00 - 12,00 - - 25,00 10,00 - - - -	5 µL/disk-6mm	<i>S.aureus</i>	(Cimanga ve ark.,2002)

*Tabloda yer alan uçucu yağların temel bileşenlerinden sadece % olarak en fazla olan bileşene yer verilmiştir.

**Sayısal değerlerde verilen birimler atıfta bulunulan kaynakta verildiği şekilde kullanılmıştır

Çizelge 2 Bazı bitki uçucu yağlarının *S.aureus* suşları üzerine antimikrobiyel etkisi (Mikrodilüsyon-96 kuyucuk yöntemi)

Uçucu Yağın Elde Edildiği Bitki Türü	Uçucu Yağın Temel Bileşenleri ve Temel Bileşenin Oranı (%)*	Uçucu Yağın İnhibisyon Konsantrasyonu**	Mikroorganizma	Referans
Dağ Kekliği (<i>Zataria multiflora Boiss.</i>)	Karvakrol- 71.12	0,3 µl/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 29213	(Azizkhani ve ark., 2013)
Nane (<i>Mentha piperita</i>) Lavanta (<i>Lavandula angustifolia</i>)	Mentol -33.2 Linalol -22.35	0,25 µl/ml 0,50 µl/ml	<i>S.aureus</i> CECT4459	(Djenane ve ark., 2012)
Tarçın (<i>Cinnamomum zeylanicum Blume</i>)	Öjenol- 73.27	1,25 µg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 6538	(Trajano ve ark.,2010)
Kekik (<i>Thymus vulgaris</i>) Anason (<i>Pimpinella anisum</i>)	-	31,20 µg/ml 125,00 µg/ml	<i>S.aureus</i>	(Al-Bayati, 2008)
Nane (<i>Mentha piperita</i>) Nane (<i>Mentha Spicata</i>) Kekik (<i>Thymus vulgaris</i>) Kekik (<i>Origanum vulgare</i>) Kekik (<i>Origanum applii</i>) Fesleğen (<i>Ocimum gratissimum</i>) Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>)	Linalool -51.0 Piperitenon oksit -94.8 Timol -79.15 Timol -38 Timol -64.5 Öjenol- 93.9 Öjenol- 28.1	1,000 mg/ml > 2,000 mg/ml 1,000 mg/ml 1,000 mg/ml 1,000 mg/ml 1,000 mg/ml 0,700 mg/ml	<i>S.aureus</i> (Rosenbach) CCT2740	(Sartoratto ve ark., 2004)
Dağ Kekliği (<i>Satureja cuneifolia</i>)	Karvakrol -44.99	600,00 µg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Karaman ve ark., 2001)

*Tabloda yer alan uçucu yağların temel bileşenlerinden sadece % olarak en fazla olan bileşene yer verilmiştir

**Sayısal değerlerde verilen birimler atıfta bulunulan kaynakta verildiği şekilde kullanılmıştır

Çizelge 3 Bazı bitki uçucu yağlarının *S.aureus* suşları üzerine antimikrobiyel etkisi (Agar dilüsyon ve makro dilüsyon yöntemi)

Uçucu Yağın Elde Edildiği Bitki Türü	Uçucu Yağın Temel Bileşenleri ve Oranı (%)*	MİK (Minimum İnhibitör Konsantrasyonu)**	Mikroorganizma	Referans
Rezene (<i>Foeniculum vulgare</i>)	Trans anetol-68.53 Estragol-10.42	>10,00 mg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Diao ve ark., 2014)
Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>) Kekik (<i>Origanum onites</i>)	Linalol-40.6 Karvakrol- 67.0	%0,03 w/w %0,03 w/w %0,25 w/w %0,25 w/w	<i>S.aureus</i> ATCC 25923 <i>S.aureus</i> ATCC 95047 <i>S.aureus</i> ATCC 25923 <i>S.aureus</i> ATCC 95047	(Özdikmenli, 2011)
Okaliptus (<i>Eucalyptus polycarpa</i>) Okaliptüs (<i>Eucalyptus largiflorence</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus malleodora</i>) Okaliptus (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	1,8-Sineol -50.12 1,8-Sineol -70.32 1,8-Sineol -67.65 1,8-Sineol -54.37	1,95 µg/ml 7,80 µg/ml 3,90 µg/ml 3,90 µg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Panahia ve ark., 2011)
Kekik (<i>Origanum vulgare</i> L.)	Karvakrol -57.71	0,03 ml/ ml 0,03 ml/ ml 0,03 ml/ ml	<i>S.aureus</i> QCD <i>S.aureus</i> QCE <i>S.aureus</i> QCF	(Barros ve ark., 2009)
Biberiye (<i>Rosmarinus officinalis</i>) Kekik (<i>Thymus vulgaris</i>) Nane (<i>Mentha piperita</i>) Hint Defnesi (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	-	6,00 mg/ml 4,70 mg/ml 8,00 mg/ml 6,70 mg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Van-Vuuren ve ark., 2009)
Kekik (<i>Origanum vulgare</i> L.)	-	0,6 µl/ml	<i>S.aureus</i> QCA-I	(Souza ve ark., 2009)
Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>) Yaz Sonbahar Kış İlkbahar	Linalol- 56.7 Linalol -60.5 Linalol -60.6 Linalol -58.6	1,30 mg/ml 1,50 mg/ml 0,90 mg/ml 1,10 mg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	(Hussain ve ark., 2008)
Kekik (<i>Origanum glandulosum</i>) (hydrodistillation) Kekik (<i>Origanum glandulosum</i>) (solvent-free microwave extraction)	Timol-41.6 Timol -81.1	79,25 µg/ml 79,25 µg/ml	<i>S.aureus</i>	(Bendahou ve ark., 2008)
Geyikotu (<i>Cunila galioides citral</i>) Geyikotu (<i>Cunila galioides menthene</i>) Geyikotu (<i>Cunila incisa</i>) Geyikotu (<i>Cunila spicata</i>) Geyikotu (<i>Cunila menthoides</i>) Geyikotu (<i>Cunila angustifolia</i>) Geyikotu (<i>Cunila microcephala</i>)	Geranial 44.3 Menta-trans-2,8-dienol 20.0 1,8-Sineol -42.9 1,8-Sineol -47.9 Menten-77.8 Sabinen -41.4 Mentofuran -94.9	0,62 mg/ml >5,00 mg/ml 5,00 mg/ml 2,50 mg/ml 5,00 mg/ml 2,50 mg/ml >5,00 mg/ml	<i>S.aureus</i> ATCC 6538	(Sandri ve ark., 2007)
Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i> L.)	Linalol -54.94	%0,0007 v/v	<i>S.aureus</i> ATCC 6538 P	(Opalehenova ve Obreshkova, 2003)

* Tabloda yer alan uçucu yağların temel bileşenlerinden sadece % olarak en fazla olan bileşene yer verilmiştir

**Sayısal değerlerde verilen birimler atıfta bulunulan kaynakta verildiği şekilde kullanılmıştır

Genel olarak gıdalardaki pH değeri, depolama sıcaklığı ve ortamdaki oksijen miktarındaki azalmaların mikroorganizmaların uçucu yağların antimikrobiyel etkilerine karşı duyarlılıklarını artırdığı ifade edilmektedir. (Burt, 2004; Bassole ve Juliani, 2012; Azizkhani ve ark., 2013).

Yüksek protein ve yağ içeren et gibi gıdalarda mikroorganizmalar özellikle bakteriler diğer gıdalara göre daha fazla direnç gösterebilmektedir (Skandamis ve Nychas, 2001; Burt, 2004; Djenane ve ark., 2012). Ürünün pH değerinin düşmesi ile uçucu yağların hidrofobik özelliği artmakta ve hedef bakterinin hücre membran lipitlerinde uçucu yağlar daha kolay çözünmektedir (Skandamis ve Nychas, 2001; Djenane ve ark., 2012). Böylece hücre membranı ve hücre daha kolay etkilenecek hücre zararlanması ve ölüm gerçekleşmektedir (Skandamis ve Nychas, 2001; Djenane ve ark., 2012). Ayrıca düşük su aktivitesinde değerinin antibakteriyel ajanın bakteri hücreindeki etki mekanizmasını güçlendirdiği tespit edilmiştir (Smith- Palmer ve ark., 2001). Ayrıca gıdaların sahip oldukları yüksek tuz

seviyesi de uçucu yağlar ile sinerjistik etki göstererek antimikrobiyel etkiyi arttırmaktadır (Skandamis ve Nychas, 2001). Gıdaların fiziksel yapısının da uçucu yağların antimikrobiyel aktivitesini sınırlayan diğer bir faktör olduğu, jel (sıvı ve katı arasındaki faz) yapısında olan gıdalara uçucu yağın sıvı yapıdaki bir gıdaya göre nispeten daha geç nüfus edeceği buna bağlı olarak inhibisyon etkisinin azalacağı belirtilmiştir (Skandamis ve Nychas, 2001; Smith- Palmer ve ark., 2001). Bu durumda uçucu yağlar gıdalara daha yüksek konsantrasyonlarda katılmış fakat gıdalarda kabul edilemeyen duyuşal değişikliklere neden olmuştur (Busatta ve ark., 2008; Özdikmenli, 2011). Araştırmacılar gıdanın duyuşal özelliklerinde değişim görülmemesi için uçucu yağları, diğer uçucu yağlar ile kombine ederek, modifiye atmosfer paketleme ile birlikte, yenilebilir filmlere ilave ederek veya nisin gibi diğer antimikrobiyel maddeler ile birlikte kullanarak uygulamışlardır (Emiroğlu ve ark., 2010; Karabagias ve ark., 2011). Çeşitli uçucu yağların gıdalara inoküle edilen *S.aureus*'a etkisinin araştırıldığı çalışmalardan bazıları Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4 Bazı bitki uçucu yağlarının gıdalara inoküle edilen *S.aureus* suşları üzerine antimikrobiyel etkisi.

Gıda Grubu	Uygulama Türü	Uçucu Yağ Türü	Uygulanan Uçucu Yağ Miktarları	İnhibisyon Oranı	Mikroorganizma
Pirinç puding	Direkt ekleme	Tarçın (<i>Cinnamon</i>) Karanfil (<i>Syzygium aromaticum</i> L.)	500 MPa, 5 dakika yüksek basınç ile %0,20 v/w %0,25 v/w	1,30 log kob/g azalma 1,80 log kob/g azalama	<i>S.aureus</i> ¹ CCUG 31966, 35601, 41879 karışık kültür
Dana Kıyma	Direkt ekleme 9°C 'de 9 gün depolama	Bahçe nanesi (<i>Mentha piperita</i>) Lavanta (<i>Lavandula angustifolia</i>)	%0,50 w/w %0,25 w/w	Depolama süresi sonunda başlangıç yüküne göre her iki uçucu yağ <2,0 log kob/g azalma. Kontrol grubuna göre ise -4 log 'luk azalma	<i>S.aureus</i> ² CECT 4459
Et	Direkt ekleme	Kimyon (<i>Cuminum cyminum</i> L.) Karanfil (<i>Eugenia caryophyllata</i>)	750 µl 1500 µl 2250 µl	Kimyon 750µl- 3,78 log kob/g'lık azalma, Karanfil 2,250 µl - 3,78 log kob/g'lık azalma	<i>S.aureus</i> ³ ATCC 25923
Dana Kıyma	Direkt ekleme 4°C 'de 7 gün depolama	Kekik (<i>Origanum onites</i>) Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i>)	%0,5-2,00 w/w %0,5-2,00 w/w	En yüksek konsantrasyonda 7.gün sonunda başlangıç yüküne göre 1,01 log kob/g azalma 0,79 log kob/g azalma	<i>S.aureus</i> ⁴ ATCC 25923 <i>S.aureus</i> RSSK95047
Kıyma	Işınlanmış kıymaya direkt ekleme 5°C 3 saat içindeki etkisi	Limon otu (<i>Cymbopogon</i>) Kekik (<i>Thyme</i>) Karanfil (<i>Syzygium aromaticum</i> L.)	%0,25 v/v %0,26 v/v %0,05 v/v	Tüm yağlar için kontrole göre ≤1,00 log kob/g azalma	<i>S.aureus</i> ⁵ ATCC 25923
Çikolata	Eritilmiş çikolataya ekleme 7°C ve 20°C'de 5 gün depolama	Limon otu (<i>Lemongrass</i>)	0,1 ml/100g	20°C'de 5.günün sonunda kontrole göre 1,40 log kob/g azalma	<i>S.aureus</i> ⁶ <i>S.aureus</i> -S6
Tavuk derisi	Yağı ayrılan tavuk derisi 2x2 cm kesilerek 121°C'de 2 dk steril edildikten sonra direkt ekleme 15-60 sn içindeki etkisi	Bergamot (<i>Citrus bergamia</i>)	%1,00 v/v	Azalma gözlenmemiştir.	<i>S.aureus</i> ⁷ ATCC9144
Lahana Yaprakları	%70'lik alkol ve steril su ile yıkanan lahana yapraklarına direkt ekleme 15-60 sn içindeki etkisi	Bergamot (<i>Citrus bergamia</i>)	%1,00 v/v	Başlangıç yüküne göre 4,00-5,00 log kob/cm ² azalma	<i>S.aureus</i> ⁷ ATCC9144

1= Pulido ve ark., 2012, 2= Djenane ve ark., 2012, 3= Hernandez-Ochoa ve ark., 2011, 4= Özdikmenli, 2011, 5= Barbosa ve ark., 2009
6= Kotzekidou ve ark., 2007, 7= Fisher ve Phillips, 2006

Yapılan çalışmalar duyuşal açıdan kabul edilebilir düzeyde kullanılan uçucu yağların *S.aureus*'un gıdalardaki inhibisyonunda tek başına yeterli etkiye sahip olamadıklarını göstermektedir. Bu nedenle uçucu yağların; yenilebilir film, enkapsülasyon, gibi uygulamalar şeklinde veya modifiye atmosfer uygulamaları, HHP (yüksek hidrostatik basınç), ultrases ve organik asitler, nisin ve natamisin gibi diğer antimikrobiyel maddelerin farklı teknolojiler ile birlikte kullanımı güvenli gıda üretiminde yer alması uygun çözümler olarak görülmektedir (Burt, 2004; Souza ve ark., 2009; Emiroğlu ve ark., 2010; Karabagias ve ark., 2011; Bassole ve Juliani, 2012).

Kaynaklar

- Al-Bayati FA. 2008. Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *J. Ethnopharmacol*, 166: 403–406.
- Alexopoulos A, Kimbaris AC, Plessas S, Mantzourani I, Theodoridou I, Stavropoulou E, Polissios MG, Bezirtzoglou E. 2011. Antibacterial activities of essential oils from eight Greek aromatic plants against clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. *Anaerobe*, 17: 399–402.
- Azizkhani M, Misaghi A, Basti AA, Gandomi H, Hosseini H. 2013. Effects of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on growth and gene expression of enterotoxins A, C and E in *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. *Int J Food Microbiol.*, 163: 159-165.
- Babu AJ, Sundari, AR, Indumathi J, Srujan, RVN, Sravanthi M. 2011. Study on the antimicrobial activity and minimum inhibitory concentration of essential oils of spices. *Veter. World*, 4: 311-316.
- Bajpai VK, Baek KH, Kang SC. 2011. Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: A review. *Food Res Int*, 45(2): 722-734.
- Barbosa NL, Mores Rall VL, Henrique Fernandes AA, Ikeda Ushimaru P, da Silva Probst I, Fernandes AJ. 2009. Essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria in minced meat. *Foodborne Pathog Dis*, 6: 725–728.
- Barros JC, Conceição ML, Neto NJG, Costa ACV, Junior JPS, Junior IDB, Souza EL. 2009. Interference of *Origanum vulgare* L. essential oils on the growth and some physiological characteristics of *Staphylococcus aureus* strains isolated from foods. *LWT- Food Sci Technol*, 42: 1139-1143.
- Bassole IHN, Juliani HR. 2012. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17: 3989–4006.
- Bendahou M, Muselli A, Grignon-Dubois M, Benyoucef M, Desjobert JM, Bernardini AF, Costa J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Food Chem*, 106: 132–139.
- Boukhatem, MN, Kameli A, Saidi F. 2013 Essential oil of Algerian rose-scented geranium (*Pelargonium graveoles*) chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage and pathogens. *Food Control*, 34: 208-213.
- Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int J Food Microbiol*, 94: 223-253.
- Busatta C, Vidal RS, Popiolski AS, Mossi AJ, Dariva C, Rodrigues MRA. 2008. Application of *Origanum majorana* L. essential oil as an antimicrobial agent in sausage. *Food Microbiol*, 25: 207–211.
- Carson CF, Mee BJ, Riley TV. 2002. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill lysis leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob Agents Chemother*, 46: 1914–1920.
- Cimanga K, Kambu K, Tona L, Apers S, De Bruyne T, Hermans N, Totté J Pieters L, Vlietinck AJ. 2002. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *J. Ethnopharmacol*, 2: 213–220.
- Claeson P, Rådström P, Ström O, Nilsson A, Höglund S. 1992. Bactericidal effect of the sesquiterpene T-cadinol on *Staphylococcus aureus*. *Phytotherapy Res*, 6: 94–98.
- Daferera DJ, Ziogas BN, Polissiou MG. 2003. The effectiveness of plant essential oils in the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium sp.* and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop Protect*, 22: 39–44.
- Davidson PM, Parish ME. 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Tech*, 43: 148–155.
- Davidson PM. 1997. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: *Food microbiology: fundamentals and frontiers*.
- Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *Int J Food Microbiol*, 74: 101–109.
- Diao WR, Hu QP, Zhang H, Xu JG. 2014. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) *Food Control* 35: 109-116.
- Djenane D, Aider M, Yangüela J, Idrir L, Gomez D, Roncales P. 2012. Antioxidant and antibacterial effects of lavender and mentha essential oils in minced beef inoculated with *E.coli* O157:H7 and *S.aureus* during storage at abuse refrigeration temperature. *Meat Sci*, 92: 667-674
- Emiroğlu ZK, Yemiş GP, Coşkun BK, Candoğan K. 2010. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Sci*, 86: 283-288.
- Farag RS, Daw ZY, Hewedi FM, El-Baroty GSA. 1989. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J Food Protect*, 52: 665–667.
- Fisher K, Phillips C. 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. *J Appl Microbiol*, 101: 1232–1240.
- Güllüce M, Sökmen M, Daferera D, Agar G, Özkan H, Kartal N, Polissiou M, Sökmen A, Sahin F. 2003. *In vitro* antibacterial antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of herbal parts and callus cultures of *Satureja hortensis* L. *J Agric Food Chem*, 51: 3958–3965.
- Hernandez-Ochoa L, Aguirre-Prieto YB, Nevarez-Moorilon GV, Gutierrez-Mendez N, Salas-Munoz E. 2011. Use of essential oils and extracts from spices in meat protection. *J Food Sci Tech*, 51(5): 957-963.
- Hussain AI, Anwar F, Hussain Sherazi ST, Przybylsk R. 2008. Chemical composition antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chem*, 108: 986-995.
- Jablonski LM, Bohach GA. 2001. *Staphylococcus aureus*. In: (Doyle MP, Beuchat LR, Montville, TJ). *Food microbiology: Fundamentals and frontiers*, 2d ed. Washington, D.C. ASM Press. pp. 520–556.

- Kalemba D, Kunicka A. 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr Med Chem*, 10: 813–829.
- Karabagias I, Badeka A, Kontominas MG. 2011. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Sci*, 88(1): 109-116.
- Karaman S, Digrak M, Ravid U, Ilcim A. 2001. Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey. *I. Ethnopharmacol*, 76: 183-186.
- Karapınar M, Aktuğ Gönül Ş. 2003. Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklar. (Editör: Ünlütürk A, Turantaş F). *Gıda Mikrobiyolojisi*. Mengi Tan Basımevi. İzmir/Türkiye. pp:141-145.
- Kotzekidou P, Giannakidis P, Boulamatsis A. 2007. Antimicrobial activity of some plant extracts and essential oils against foodborne pathogens in vitro and on the fate of inoculated pathogens in chocolate. *LWT Food Sci Tech*, 41: 119–127.
- Lambert RJW, Skandamis PN, Coote P, Nychas GJE. 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.
- Lv F, Liang H, Yuan Q, Li C. 2011. In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms. *Food Research Int*, 44: 3057-3064.
- Nychas GJE. 1995. Natural antimicrobials from plants In: *New methods of food preservation*, Gould GW (chief ed.), 1st ed, Blackie Academic & Professional London, pp. 18 58-89.
- Oke F, Belma A, Sahlan O, Senol A. 2009. Essential oil composition antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chem*, 112: 874–879.
- Oliveira CEV, Stamford TLM, Neto NJG, Souza EL. 2010. Inhibition of *S.aureus* in broth and meat broth using synergies of phenolics and organic acids. *Int J of Food Microbiol*, 137: 312-316.
- Opalchenova G, Obreshkova D. 2003. Comparative studies on the activity of basil – an essential oil from *Ocimum basilicum* L.-against multidrug resistant clinical isolates of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus* and *Pseudomonas* by using different test methods. *J Microbiol Methods*, 54: 105-110.
- Oussalah M, Caillet S, Saucier L, Lacroix M. 2007. 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: 414– 420.
- Özdikmenli S. 2011. Baharat Uçucu Yağlarının Köftelik Kıymalardaki *Salmonella* spp. ve *Staphylococcus aureus* patojenleri üzerine inhibitör etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye, 92 s.
- Panahia Y, Sattari M, Babaie AP, Beiraghdar F, Ranjbar R, Hedaiat Joo A, Bigdeli M. 2011. The Essential oils activity of *Eucalyptus polycarpa* E. *largiflorence* E. *maliadora* and E. *camaldulensis* on *Staphylococcus aureus*. *Iran J Pharm Res*, 10: 43–48.
- Pulido RP, Árbol TJ, Burgos MJG, Gálvez A. 2012. Bactericidal effects of high hydrostatic pressure treatment singly or in combination with natural antimicrobials on *Staphylococcus aureus* in rice pudding. *Food Control*, 28: 19–24.
- Sandri IG, Zacaria J, Fracaro F, Delamare APL, Echeverrigaray S. 2007. Antimicrobial activity of the essential oils of Brazilian species of the genus *Cunila* against foodborne pathogens and spoiling bacteria. *Food Chem*, 103: 823–828.
- Sartoratto A, Machado ALM, Delarmelina CGM, Figueira Duarte MCT, Rehder VLG. 2004. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. *Braz. J. Microbiol*, 34: 1517–1520.
- Skandamis PN, Nychas GJE. 2001. Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *J Appl Microbiol*, 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 Microbiol*, 18: 463–470.
- Souza EL, Barros JC, Oliveira CEV, Conceicao ML. 2010. Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production membrane permeability and surface characteristics of *S.aureus*. *Int J Food Microbiol*, 137: 308-311.
- Souza, E.L., Barros, J.C., da Conceição, M.L., Gomes Neto, N.J., Costa, A.C.V., 2009. Combined application of *Origanum vulgare* L essential oil and acetic acid for controlling the growth of *Staphylococcus aureus* in foods. *Brazilian J Microbiol*, 40: 387–393.
- Trajano VN, Lima EO, Travassos AE, Souza EL. 2010. Inhibitory effect of the essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume leaves on some food-related bacteria. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 30: 771–775.
- Trombetta D, Castelli F, Sarpietro MG, Venuti V, Cristani M, Daniele C, Saija A, Mazzanti G, Bisignano G. 2005. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. *Antimicrob Agents Chemother*. 49: 2474- 2478.
- Van-Vuuren SF, Suliman S, Viljoen AM. 2009. The antimicrobial activity of four commercial essential oils in combination with conventional antimicrobials. *Lett Appl Microbiol*, 48: 440–446.
- Zorba Demirel NN. 2011. Çeşitli tohum yağlarının gıdalardaki patojen mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyel etkisinin belirlenmesi. Bilimsel Araştırma Projesi (2011/87). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Çanakkale, Türkiye, 87 s.