



ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF *FOENICULUM VULGARE* MILL AND *PIMPINELLA ANISUM* L (APIACEAE) SPECIES

Neslihan Taşar^{*1} , Ferit Can Yazdıç² , Altuğ Karaman² , Osman Gedik³ 

¹Munzur Üniversitesi, Organik Tarım Bölümü, Tunceli, Türkiye.

²Munzur Üniversitesi, Veterinerlik Bölümü/Laborant ve Veteriner Sağlık Pr, Tunceli, Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Abstract

Original scientific paper

Today, essential oils are considered safe substances and can be used as antibacterial additives. *Pimpinella anisum* L. (Aniseed) and *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (fennel) species are of great economic importance. In this study, *Pimpinella anisum* L. (Aniseed) and *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (fennel) species, which are an important part of our country's biological wealth and collected from their natural habitats, were used. It is among the medicinal and aromatic plants cultivated in wide areas in our country. In this study, it was aimed to determine the antimicrobial properties of essential oils obtained from *Foeniculum vulgare* Mill. and *Pimpinella anisum* L. plants. The essential oils of the species were obtained by using the distillation method. The antimicrobial activities of essential oils by hand were studied using the hollow agar method. Known to be medically important in food, cosmetics and pharmaceutical products *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Serratia marcescens* (ATCC 13880) evaluated against pathogen and microbial contaminants. While *Foeniculum vulgare* showed results parallel to the antibiotic used as standard, no antibacterial activity was observed in *Pimpinella anisum* L.

Keywords: Essential oil, antimicrobial, *Pimpinella anisum*, *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*.

FOENICULUM VULGARE MİLL. VE PIMPINELLA ANISUM L. (APIACEAE) TÜRLERİNİN UÇUCU YAĞLARININ ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Günümüzde uçucu yağlar güvenli maddeler olarak kabul edilmekte ve antibakteriyel katkı maddeleri olarak kullanılabilir. Bu çalışmada ülkemizin biyolojik zenginliklerinin önemli bir parçası olan ve doğal habitatlarından toplanan *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (rezene) türleri kullanılmıştır. *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (rezene) türleri ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Ülkemizde oldukça geniş alanlarda tarımı yapılan tıbbi bitkiler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada *Foeniculum vulgare* Mill. ve *Pimpinella anisum* L. bitkilerinden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türlerinin uçucu yağları hidro distilasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri, oyuk agar yöntemi kullanılarak çalışılmıştır. Gıda, kozmetik ve eczacılıkta önemli olduğu bilinen *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) ve *Serratia marcescens* (ATCC 13880) patojen ve mikrobiyal kirlenmesine karşı değerlendirilmiştir. *Foeniculum vulgare* standart olarak kullanılan antibiyotiklere paralel sonuçlar sergilerken, *Pimpinella anisum* L.'de herhangi bir antibakteriyel aktivite gözlemlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu yağ, antimikrobiyal, *Pimpinella anisum*, *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*.

1 Introduction

İnsanlık tarihinin başlangıcından bugüne çeşitli amaçlarla kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin tedavi amacıyla sağlıkta, kozmetikte ve gıda desteği gibi hayatımızın farklı alanlarında önemli yer tutmaktadır.

Tarihten bu yana hastalıkların tedavisinde kullanılan bitki sayısı gün geçtikçe artmakta olup günümüzde tedavi amacıyla kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin sayısı tahminen 20 ile 72 bin arasında olduğu belirtilmektedir. [1]. Türkiye biyolojik çeşitlilik açısından zengin ülkeler arasındadır. Türkiye florasının en son verilere göre

*Corresponding author.

E-mail address: ntaşar@munzur.edu.tr (N. Taşar)

Received 24 September 2022; Received in revised form 10 May 2023; Accepted 22 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1179593>

3649"u endemik olmak üzere 9996 tür, alt türleri ile birlikte 11.707 bitki taksonuna sahip olduğu belirtilmiştir [2]. Sentetik ve kimyasal ilaçların aşırı kullanılmasından dolayı günümüz insanları doğal ürünlere yönelmiş ve tıbbi bitkilere olan ilgi artmıştır. Türkiye matematiksel konumundan kaynaklı iklim çeşitliliği ve zengin bitki örtüsüyle endemik türlerin gen merkezi konumuna gelmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkiler konusunda da dünyadaki en önemli yerlerden biri olmuştur [3].

Apiaceae familyası çiçekli bitkiler içindeki en geniş familyalardan bir tanesidir [4]. Apiaceae familyasının 455 cins ve 3600-3751 tür ile temsil edildiği bilinmektedir. Dünya genelinde ticareti yapılan birçok bitki türü bu familyada bulunur. Çok eski tarihlerden beri tedavi amaçlı olarak kullanıldığı bilinen bu türler ayrıca gıda kaynağı, hayvan yemi ve baharat şeklinde de kullanılırlar. Bu familya ülkemizde 101 cins ve 485 tür ile temsil edilmektedir. Ayrıca Endemizm oranının % 37,3 olduğu bilinmektedir.

Apiaceae familyasına ait olan *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (tatlı rezene) türleri özel aromatik yapısı ve uçucu yağları ile bilinmektedir [5]. Bu türlerin ülkemizde çok geniş alanlarda tarımı yapılmaktadır. Yine bu bitkiler, ekonomik olarak büyük öneme sahip olan tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer almaktadır. *Pimpinella anisum* habitat olarak Türkiye, İran, Hindistan, Mısır ve dünyanın pek çok sıcak bölgesinde yetişir. Tek yıllık bitki olan bu tür beyaz çiçekli, küçük yeşil ya da sarı tohumludur [6]. Ülkemizde Burdur ili ve çevresinde bu türlerin üretiminin büyük bir bölümü yapılmaktadır. *Foeniculum vulgare* Akdeniz Bölgesi'ne özgü olan bir türdür. Dünya genelinde büyük ölçüde ticareti yapılan rezenenin acı rezene *Foeniculum vulgare* subsp. *vulgare* var. *vulgare* (acı rezene) ve *Foeniculum vulgare* subsp. *vulgare* var. *dulce* (tatlı rezene) olarak kültürü yapılan iki farklı varyetesi bulunmaktadır [7]. *Foeniculum vulgare* türünden elde edilen uçucu yağlar solunum yolları hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bu türün esansiyel yağı ekspektoran etkisinden dolayı özellikle ABD ve Almanya'da öksürük şuruplarının bileşimine katılmaktadır [8]. Yine bu bitkinin meyvesi, mukus sekresyonunu artırıcı özelliğinden dolayı solunum yolu hastalıklarında ve boğazı ferahlatıcı özelliğinden dolayı da çay olarak kullanılmaktadır [9]. Rezene ve anason bitkileri besinlerin sindirimini artırarak hazmı kolaylaştırmaktadır. Sindirim sistemindeki rahatlatıcı etkisinden dolayı bebeklerin gaz sancılarının giderilmesinde kullanılmaktadır [10-11]. Bu türlerin genel olarak kaynatılarak ve demlenerek çayı yapılmaktadır. Ayrıca, meyvelerinden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri ile birlikte tıbbi olarak birçok alanda kullanıldıkları belirlenmiştir [12]. Anason ve rezene bitkilerinin meyvelerinden hidrodistilasyon yöntemi ile uçucu yağ elde edilmektedir [5]. Bu bitkilerin uçucu yağları ana bileşen olarak trans-anethol bulundurulur. Trans-anethol, rezenede %35-82 ve anasonda %75-95 oranında bulunmaktadır [13]. Bu bileşen kötü kokuların giderilmesinde sabun yapımında, diş macunu üretiminde yaygın olarak kullanılır. Bu bitkilerin sabit yağları solvent ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilir ve bu yağlarda geniş alanlarda kullanılır[14]. Ayrıca gıda sanayinde; şekerleme yapımında, unlu mamül

üretiminde, sakız yapımında, içeceklerde ve sigara üretiminde aroma verici olarak kullanılmaktadır [15].

Uçucu yağlar, aromatik bitkilerde biyolojik olarak aktif olan ve ikincil metabolizma ile üretilen doğal olarak oluşan kokulu, uçucu, yağlı sıvılardır [16]. Farklı uçucu bileşiklerin karmaşık kombinasyonlarını içerirler, gıda, parfüm ve ilaç gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılırlar birçoğu genellikle güvenli olarak kabul edilir [17]. Bu bileşiklerin, kullanımların güvenli olduğu, düşük toksisiteye, çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye ve en önemlisi antimikrobiyal özelliklere sahip oldukları için kimyasalların veya antibiyotiklerin yerine kullanılabilirler[18]. Tarımsal ürünlerdeki bakteriyel hastalıkların tedavisi esas olarak iki antibiyotik kullanılmaktadır. Bunlar streptomisin ve oksitetrasiklin'dir Bununla birlikte, olumsuz çevresel ve sağlık etkileri ile birlikte bakteri direncinin ortaya çıkması nedeniyle antibiyotik kullanımları sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle uçucu yağlar, alternatif ajanlar olarak ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, çeşitli bakteriyel patojenlere karşı *Foeniculum vulgare* Mill. ve *Pimpinella anisum* L. türlerine ait uçucu yağların antimikrobiyal aktivitesini ve bakteriyel türe özgüllüğünü belirlemektir.

2 Materyal ve Metod

2.1 Bitki Materyali

Çalışmaya konu olan uçucu yağların temini için kullanılan bitki örnekleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir.

2.2 Uçucu Yağ Ekstraksiyonu

Bitkilerden uçucu yağ elde etme işlemi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde bulunan Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ardıç türlerine ait yapraklar öğütülmüş ve su distilasyonu yöntemi kullanılarak üç saat süresince Neo-Clevenger cihazında ekstrakte edilmiştir. Bu işlem için 50 gram öğütülmüş bitki materyali üzerine 500 ml saf su eklenerek hidrodistilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen uçucu yağlar çalışma düzeneği kurulana kadar buzdolabında -18 °C de depolanmıştır.

2.3 Agar Kuyusu Difüzyon Test Yöntemi

Uçucu yağ ekstraksiyonları ürünlerinin antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesinde agar kuyucu difüzyon test yöntemi kullanılmıştır [19]. Antibakteriyel aktivite ATCC (American Type Culture Collection) suşları olan *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) ve *Serratia marcescens* (ATCC 13880) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bakteri suşları için Muller Hinton agar (MHA) kullanılmıştır. Kısaca, 100 µl log fazındaki patojen örnekleri 20 ml MHA besiyerine eklenerek petri kaplarına dökülmüştür. Daha sonrasında MHA petrilere oyuk açmak için steril mantar delici (6 mm çap) kullanılmış ve her kuyuya 10 µL uçucu yağ asidi ilave

edilmiştir. Test edilen organizmaların duyarlılığını kontrol etmek için pozitif kontrol olarak Streptomycin -10 µg kullanılmıştır. Petriler gece boyunca 37 °C'de inkübe edilmiştir. Antimikrobiyal aktivite, her bir kuyunun etrafındaki temiz bölgenin boyutu ölçülerek değerlendirilmiştir [20]. Tüm testler üç kopya halinde yapılmış; sonuçlar ortalama ± ortalamanın standart hataları olarak ifade edilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Antimikrobiyal özelliklere sahip birçok bitkisel kaynaklı uçucu yağ bilinmektedir, ancak hepsi aynı aktiviteye sahip değildir [21]. Uçucu yağların etkinliği bakteriyostatik (bakteri üremesini engeller, ardından mikrobiyal hücreler üreme yeteneklerini geri kazanabilir) veya bakterisit etkisi (bakteri hücrelerini öldürür) ile ilgilidir [22]. Genel olarak, uçucu yağların mikrobiyal

aktivitesi, Gram pozitif bakterilere karşı Gram negatif bakterilerle aynı değildir [23]. Bu özelliğin, Gram-negatif bakterilerin dış zarının bakteri hücrelerine hidrofobik bileşenlerin girişiyle sınırlandırılmasıyla ilişkili olduğu düşünülebilir. Ancak tarçın, karanfil ve kekik gibi bitkilerden elde edilen uçucu yağlar her iki bakteri türüne karşı aynı etkinliğe sahiptir. Bu bitkilerden elde edilen uçucu yağların *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde aynı etkiyi göstermiştir [24]. Bu bilgiler ışığında *Foeniculum vulgare* türünün esansiyel yağının, Streptomycin antibiyotığı ile kıyaslandığında tüm denenen patojenlere karşı antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu açıkça göstermiştir. Dikkat edilmesi gerek nokta *Pimpinella anisum* türünün ise patojenlere karşı herhangi bir antimikrobiyal aktivite sergilememiş olmasıdır (Tablo 2.)

Tablo 2. *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* bitkileri ve patojen mikroorganizmalar arasındaki inhibisyon bölgesi (mm±SD: Standart sapma; ^a En yüksek inhibisyon zonu).

Microorganizmalar	Uçucu yağ asitleri		Standart Antibiyotikler <i>Streptomycin</i> (S10)
	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Pimpinella anisum</i>	
<i>E. aerogenes</i> (ATCC 13048)	18,60±0,46 ^a	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	13,60±0,44
<i>E. faecalis</i> (ATCC 29212)	19,30±0,80 ^a	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	18,53±0,21
<i>S. enteritidis</i> (ATCC 13075)	17,93±0,49	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	20,17±0,96 ^a
<i>S. aureus</i> subsp. <i>aureus</i> (ATCC 25923)	17,63±0,70	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	18,97±0,74 ^a
<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	19,67±1,01 ^a	6,03±0,42	18,03±0,59
<i>S. marcescens</i> (ATCC 13880)	15,47±0,70	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	17,07±0,25 ^a

4 Sonuçlar

Esansiyel yağlar, eski zamanlardan beri aromaterapi ve hastalık kontrolünde, gözlemsel çalışmalara dayanarak substratı, mikroorganizma veya makroorganizma ile etkileşimi bilinmeden kullanılmaktadır. Günümüzde pek çok uçucu yağ mevcuttur ve bulunabilirliklerine ve yerel geleneklere göre yaygın olarak kullanılmaktadır [25]. Uzmanların görüşlerine göre antibiyotik dönemi yakında sona erecek. Doğal özler olarak düşük yan etkileri olan uçucu yağlar, antimikrobiyal mücadelede güvenilir alternatifler haline gelebilir. Birçok hasta, uçucu yağlarla yapılan lokal tedavilerden fayda sağlayabilir. Farklı enfeksiyonların kontrolünde kullanılabilirler. Ayrıca, çoklu ilaca dirençli suşlara karşı mücadele de antibiyotiklerden başka yollarla kazanılmalıdır ve doğal özler de bunun bir parçası olabilir. Aktif antimikrobiyal bileşikleri vermenin uygun yollarını bulmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Yapılan bir çalışmada *Foeniculum vulgare* türünün uçucu yağının ana bileşeninin %70,1 oranında *trans*-anetol olduğu bildirilmiş ve bu uçucu yağın %100 antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir [23]. Başka bir çalışmada ise yine *Foeniculum vulgare* (rezene) uçucu yağının %69.87 oranında *trans*-anetol içerdiği belirtilmiş ve uçucu yağın *E. coli*, *B. subtilis*, *A.niger*, *F. solani* ve *R. solani* mikroorganizmalarına karşı sırasıyla 14, 29, 28, 26 ve 19 mm inhibisyon zon çaplarıyla antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [26]. Yapılan başka bir

çalışmada ise bazı Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) populasyonlarının uçucu yağ bileşenleri belirlenmiştir. Sonuç olarak her iki türün uçucu yağ bileşenlerinde *trans*-anethol en yüksek oranda tespit edilmiştir. *Trans*-anethol oranının, *Pimpinella anisum* populasyonlarında (%85.22±3.98-97.23±0.18), *Foeniculum vulgare* (%81.63±3.79-92.64±1.90) populasyonlarına göre daha yüksek oranda olduğu bildirilmiştir [27].

Bu çalışmada *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* türlerinin ekstraktları oldukça yaygın bir şekilde görülen patojenlere karşı denenmiştir. Elde edilen sonuçlar Streptomycin ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* türlerinin uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri oyuk agar difüzyon yöntemi ile altı patojen (*Enterobacter aerogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Serratia marcescens*) bakteriyeye karşı taranmıştır. Sonuç olarak *Foeniculum vulgare* türü standart olarak kullanılan antibiyotığe karşı paralel sonuç sergilemiş, *Pimpinella anisum* L.'de ise herhangi bir antibakteriyel aktiviteye rastlanmamıştır. Elde edilen sonuçlar, bu türlerin antimikrobiyal aktiviteleri ile ilgili daha sonra yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Bilgilendirme

Bu çalışmada etik kurul onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Arslan, N., Gürbüz, B., Sarıhan, EO., Bayrak, A., Gümüştü, A. (2004). Variation in Essential Oil Content and Composition in Turkish Anise (*Pimpinella anisum* L.) Populations. *Turkish Journal of Agricultural Forestry*, 28: 173-177.
- [2] Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., Gümüştü, A. (2015). *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1. Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları. Ankara. 483-486s.
- [3] Bayraktar, Ö. V., Öztürk, G., Arslan, D. (2017). Türkiye’de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi ve pazarlamasındaki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 216–229.
- [4] Menichini, F., Tundis, R., Loizzo, MR., Bonesi, M., Marrelli, M., Statti, GA. (2009). Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibition of ethanolic extract and monoterpenes from *Pimpinella anisoides* V Brig. (Apiaceae). *Fitoterapia* 80: 297-300.
- [5] Baydar, H. (2016). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:51, Isparta, 339s.
- [6] Besharati-seidani, A., Jabbari, A., Yamini, Y. (2005). Headspace solvent microextraction: a very rapid method for identification of volatile component of Iranian *Pimpinella anisum* seed. *Anal. Chim. Acta*. 530: 155-161.
- [7] El Wahab, MAA. (2006) The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. *vulgare* var. *vulgare* under North Sinai conditions, *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 2: 571–577.
- [8] Gruenewald, J., Brendler, T., Jaenicke, C. (2004). PDR for Herbal Medicines, 3rd edition. Medical Economics Company. *New Jersey*, 316-317.
- [9] Puodziuniene, G., Janulis, V., Milasius, A., Budnikas, M. (2004). Development of throat clearing herbal teas. *Medicina (Kaunas)*, 40(8), 762-7.
- [10] Başer, KHC., Tabanca, N., Krimer, N., Khan, S., Bedir, E., Khan, S., Jacob, M., Khan I. (2003). Antimicrobial Compounds from *Pimpinella* Species Growing in Turkey. *Planta Med*, 69: 933-938.
- [11] Esquivel-Ferriño, PC., Favela-Hernández, JMJ., Garza-González, E., Waksman, N., Ríos, MY., Camacho-Corona, MR. (2012). Antimycobacterial activity of constituents from *Foeniculum vulgare* var. *dulce* grown in Mexico. *Molecules*, 17: 8471-8482.
- [12] Gende, LB., Maggi, MD., Fritz, R., Eguaras, MJ., Bailac, PN., Ponzi, MI. (2009). Antimicrobial activity of *Pimpinella anisum* and *Foeniculum vulgare* essential oils against *Paenibacillus larvae*. *J Essential Oil Res*. 21: 91-93.
- [13] Kara, N. (2015). Yield, quality and growing degree-days of anise (*Pimpinella anisum* L.) under different agronomic practices. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 39: 1014-1022.
- [14] Baydar, H., Erbaş, S. (2014) *Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi*. SDÜ Yayınları, Yayın No: 97, Isparta.
- [15] Damjanovic, B., Lepojevic, Z., Ivkovic, VZ., Tolic, A. (2005). Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: Comparison with hydrodistillation. *Food Chem*, 92: 143-149.
- [16] Cadena, M. B., Preston, G. M., Van der Hoorn, R. A., Townley, H. E., Thompson, I. P. (2018). Species-specific antimicrobial activity of essential oils and enhancement by encapsulation in mesoporous silica nanoparticles. *Industrial Crops and Products*, 122, 582-590.
- [17] Yap, P.S.X., Yiap, B.C., Ping, H.C., Lim, S.H.E. (2014). Essential oils, a new horizon in combating bacterial antibiotic resistance. *Open Microbiol. J*, 8, 6–14..
- [18] Bajpai, V.K., Kang, S.-R., Xu, H., Lee, S.-G., Baek, K.-H., Kang, S.-C. (2011). Potential roles of essential oils on controlling plant pathogenic bacteria *Xanthomonas* species: a review. *Plant Pathol. J*, 27, 207–224.
- [19] Russo, A., Formisano, C., Rigano, D. (2013). Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food Chem Toxicol*, 55:42–47.
- [20] Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
- [21] Pateiro, M., Muneke, P. E., Sant’Ana, A. S., Domínguez, R., Rodríguez-Lázaro, D., Lorenzo, J. M. (2021). Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 337, 108966.
- [22] Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., Ksouri, R. (2020). Essential oils: a promising ecofriendly food preservative. *Food Chem*. 330, 127268.
- [23] Bharti, S.K., Pathak, V., Alam, T., Arya, A., Singh, V.K., Verma, A.K., Rajkumar, V. (2020). Materialization of novel composite bio-based active edible film functionalized with essential oils on antimicrobial and antioxidative aspect of chicken nuggets during extended storage. *J. Food Sci.* 85 (9), 2857–2865.
- [24] Aminzare, M., Hashemi, M., Hassanzad Azar, H., Hejazi, J. (2016). The use of herbal extracts and essential oils as a potential antimicrobial in meat and meat products: a review. *J. Human. Environ. Heal. Promot.* 1, 63–74.
- [25] Bhuva, H., Detroja, A., Patoliya, B. (2017). Growth and yield of drilled rabi fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) as influenced by various row and plant spacing. *The Bioscan An International Quarterly Journal of Life Sciences*, 12(2), 1111-1113.
- [26] Anwar F., Ali M., Hussain A. I., Shahid M. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan, *Flavour and Fragrance Journal*, 24:170–176.
- [27] Doğan, H., Bazı Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) Populasyonlarının Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2020, 10(3): p. 2235-2241.