



## Türkiye’de yetişen ticari değere sahip kekik türlerine ait uçucu yağ bileşenlerinin GC-MS yöntemiyle karakterizasyonu

### Characterization of essential oil components of commercially valuable thyme species grown in Turkey by GC-MS method

Emine Nakilcioğlu<sup>1</sup> , Harun Reşit Özdal<sup>2,\*</sup> 

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35040, İzmir Türkiye

<sup>2</sup> Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 35660, İzmir, Türkiye

#### Öz

Kekik dünyanın ılıman iklim bölgelerinde yetişen çok yıllık bir bitkidir. Antik çağlardan günümüze tıbbi amaçlarla kullanılmış olan bitkinin uçucu yağları onun hem antimikrobiyal hem de antioksidan özelliklerinden sorumludur. Uçucu bileşenlerin kompozisyonu türden türe farklılık göstermekte ve bu farklılıklar her tür için de spesifik tat ve koku oluşturmaktadır. Uçucu yağların karakterizasyonunda GC-MS yöntemi sıklıkla kullanılmakta olup kullanılan kolon tipine ve uzunluğuna, fırın sıcaklık programına, taşıyıcı gazın özelliklerine göre metodun modifikasyonu gerekmektedir. Uçucu yağ bileşenlerinin farklı buharlaşma noktalarına sahip olması beraberinde farklı fırın sıcaklık programları kullanımını gerekli hale getirmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda polariteleri farklı kolonlarda aynı numunenin uçucu yağ bileşenleri incelenmiş ve tespit edilen bileşenlerin sayılarında değişiklik olduğu tespit edilmiştir. Uçucu yağ bileşenlerinin konsantrasyonu kekiğin hasat mevsimine, yetiştiği yörenin coğrafi ve iklimsel özelliklerine göre değişim göstermesine rağmen türler arasındaki dominant uçucu yağ bileşenlerinin benzer olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kekik, Uçucu yağlar, GC-MS

#### 1 Giriş

Türkiye 42° kuzey 36° güney enlemleri arasında, bölgesel olarak akdeniz, karasal ve okyanus ikliminin hâkim olduğu üç tarafı denizlerle kaplı bir ülkedir [1]. Bu iklim çeşitliliği beraberinde Türkiye’de doğal olarak yetişen 12.000’den fazla bitki taksonu getirmiştir. Bunlardan 3649’u endemiktir [2]. Floranın 1/3’ünü (3000 kadarını) tıbbi ve aromatik bitkiler oluşturur [3]. Bu tıbbi aromatik bitkiler arasında kekik ülkemizde 45 cins yayılımı ile 6., 550 tür ile 3. büyük familyadır [4].

Kekik, *Lamiaceae* familyasına dahil yeşilimsi gri aromatik yaprakları olan çok yıllık bir bitkidir. Güney Avrupa ve Akdeniz’e kıyısı olan ülkelerin doğal florasında bulunur; ancak şimdi dünyanın ılıman iklime sahip birçok bölgesine yayılmıştır [5]. Lezzet profilleri çeşitlerine göre farklılık gösteren bitkinin uçucu yağ bileşenleri ticari olarak

#### Abstract

Thyme is a perennial herb that grows in temperate climatic regions of the world. The essential oils of the plant, which has been used for medicinal purposes since ancient times, are responsible for both its antimicrobial and antioxidant properties. The composition of volatile components differs from species to species, and these differences create specific taste and odor for each species. The GC-MS method is frequently used in the characterization of essential oils, and the method needs to be modified according to the column type and length used, the furnace temperature program, and the characteristics of the carrier gas. The fact that the essential oil components have different evaporation points has necessitated the use of different furnace temperature programs. In some studies, the essential oil components of the same sample were examined in columns with different polarities and it was determined that there was a change in the number of the detected components. Although the concentration of essential oil components varies according to the harvest season of thyme, the geographical and climatic characteristics of the region where it grows, it has been revealed in many studies that the dominant essential oil components among the species are similar.

**Keywords:** Thyme, Essential oils, GC-MS

sakız, şekerleme ve dondurma üretiminde aroma verici olarak kullanılırken, uçucu yağlarının temel bileşenlerinden biri olan timol; parfümeriden kozmetik sanayiye, ilaç sanayinden yem katkı maddeleri üretimine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir [6]. Kekiğin ve ihtiva ettiği uçucu yağ bileşenlerinden özellikle timol ve karvakrolün antioksidan, antienflamatuvar etkisi ile solunum sistemi ve nöral sistem üzerinde olumlu sağlık etkileri olduğu bilinmektedir [7].

*Lamiaceae* familyasının en önemli üyelerinden biri olan kekik ülkemizde ticarete konu olacak miktarda üretimi gerçekleşen *Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Tymbra* ve *Coridothymus* olmak üzere 5 cins ile yayılım göstermektedir [8].

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: harunresit.ozdal@tarimorman.gov.tr (H. R. Özdal)

Geliş / Received: 25.07.2023 Kabul / Accepted: 09.10.2023 Yayınlanma / Published: 15.01.2024

doi: 10.28948/ngumuh.1332531

## 2 Sağlık üzerine etkileri

Kekik yağı fesleğen, biberiye, lavanta, papatya, adaçayı, okaliptüs, tarçın ve karanfil yağlarıyla karşılaştırıldığında daha güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve lipit oksidasyonunu inhibe etmekte çok daha etkili olduğu görülmüştür [9].

Kekik ekstraktları, antiseptik, antispazmodik, antitüssif antimikrobiyal, antifungal, antioksidatif ve antiviral özellikleri sayesinde astım ve bronşit gibi çeşitli solunum yolu hastalıklarının tedavisinde ve diğer patojenlerin sebep olduğu hastalıkların tedavisinde geleneksel tıpta kullanılmaktadır [10, 11].

Kekik uçucu yağının ana bileşeni olan timol, *Salmonella* ve *Staphylococcus* bakterilerine karşı etkilidir. Kekik antiseptik özelliği onu, kronik mantar enfeksiyonlarında bağışıklık sistemi için yararlı bir tonik yaparken, bronşit, boğmaca ve plörezi gibi göğüs enfeksiyonları için etkili bir ilaç haline getirmektedir [12].

## 3 Uçucu yağların gıda endüstrisinde kullanımı

Bitkiler ürettikleri fitokimyasallarla kendilerini bakterilerden, virüslerden ve mantarlardan korurlar. Üretilen bu fitokimyasallar gıdalara eklendiklerinde gıdaları mikrobiyal ve oksidatif bozulmadan korur [13]. Yapılan son çalışmaların yapay gıda katkı maddelerinin olası yan etkileri üzerine ışık tutması, doğal koruyucuların gıdalarda kullanımına olan ilgiyi artırmıştır [14].

Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu inhibe etmek için doğal antioksidanlarla yapılan çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Araştırmalar kekik ve biberiye bitkilerinin kayda değer bir antioksidan aktivite gösterdiğini ortaya çıkarmaktadır [15].

Uçucu yağlar ihtiva ettikleri zengin fenolik bileşenler sayesinde mikroorganizmaların sebep olduğu bozulmalara karşı etkilidirler. Çalışmalar kekik uçucu yağlarının mikroorganizmaların çoğalmasını kontrol altına almak için ve gıdalarda doğal olarak antimikrobiyal etki yaratmak için kullanılabileceğini göstermektedir [16]. Ayrıca yüksek yağ oranına sahip, oksidasyona duyarlı gıdaların paketlenmesinde gıdanın raf ömrünü uzatmak için aktif

ambalajların üretiminde kekik yağının kullanıldığı araştırmalar vardır [17].

## 4 Uçucu yağların eldesi

Birçok çalışma, kekik biyoaktif bileşenler açısından zengin bir kaynak olduğunu göstermektedir. Kekik yağının fenolik bileşenleri arasında timol ve karvakrol bulunur. Timol kekiğe karakteristik kokusunu verir. Menşe yerine ve kekik türüne, hasat mevsimine, kurutma tekniğine, ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak kekik uçucu yağının fenolik içeriği değişmektedir [18, 19].

Kekik %1 ile %2.5 oranlarında uçucu yağ içerir. Kekik kokusu ve aromasından da bu bileşenler sorumludur [20]. Genel anlamda kekik türlerinin uçucu yağ bileşenlerinde baskın olan bileşenin timol ve karvakrol olduğu görülmektedir. Ayrıca kekik uçucu yağları linalool,  $\alpha$ -terpineol, camphor, caryophyllene ve  $\gamma$ -terpinene gibi birçok monoterpen fenol ihtiva etmektedir [21]. Ayrıca kekik metanolik ekstraktında quercetin-7-O-glucoside gibi flavonoller, carnosic, rosmarinic, p-coumaric, caffeic, cinnamic, ferulic, caffeoylquinic ve quinic asit gibi fenolik asitler, flavonoller (naringenin) ve flavonlar tespit edilmiştir [22]. Uçucu yağlar, kekik yapraklarından geleneksel olarak buhar distilasyonu, hidrolizasyon ve maserasyon yöntemleri kullanılarak elde edilir. Bu ekstraksiyon yöntemleri uzun ekstraksiyon süresi, ekstraksiyon veriminin düşüklüğü ve sıcaklığa duyarlı maddelerin ekstraksiyonunda sorun yaratmaktadır [23]. Uçucu yağların eldesinde geleneksel yöntemlere alternatif birçok ekstraksiyon metodu geliştirilmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon (UDE), mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE), enzim destekli ekstraksiyon (EDE), basınçlı çözgen ekstraksiyonu (BÇE), süperkritik akışkan ekstraksiyonu (SAE), sıcaklık destekli ekstraksiyon (SDE), ohmik destekli ekstraksiyon (ODE), ultrason destekli hidrolizasyon (UDH) gibi ekstraksiyon metodlarının uçucu yağ eldesinde kullanımı ve ekstraksiyon metodlarının optimizasyonu üzerine bir çok çalışma bulunmaktadır [14, 23–27].

**Tablo 1.** Kekik 2018-2022 yılları arasında ekim alanı, üretim miktarı ve ihracat verileri [28]

Yıl	Ekim Alanı (Dekar)	Üretim (Ton)	İhracat (Dolar) (Ezilmemiş/öğütülmemiş)	İhracat (Dolar) (Ezilmiş/öğütülmüş)
2018	139 061	15 895	17527248	42664063
2019	157 074	17 965	15810306	41828656
2020	184 711	23 866	16945615	48696257
2021	199 573	21 174	17822983	51619736
2022	218 330	44 358	13522424	47629626

**Tablo 2.** Kekikte bulunan bazı kimyasal bileşenler ve etkileri [29]

Kimyasal bileşen	Biyolojik aktivite
Timol	Antiseptik, antibakteriyel, antifungal ve antioksidan özellikler
Karvakrol	Antimikrobiyal, antitrombotik, anti-inflamatuar, asetil kolinesteraz inhibitör
Linalool	Antiviral etki, anti-inflamatuar, antioksidan, analjezik aktivite
Apigenin	Anti-karsinojenik, anti-inflamatuar, anti-progresyon, antiviral ve antioksidan aktivite
Eugenol	Nöroprotektive, antikanser, antibakteriyel, antianafilaktik aktivite
Rosmarinik asit	Antialerjik, antimutajen, antioksidatif, anti-inflamatuar

## 5 Uçucu yağların karakterizasyonu

Kurutulmuş *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*'dan uçucu yağları elde etmek için Clevenger aparatı ile Nikolova ve ark. [30] ekstraksiyon yapmış ve uçucu yağları GC/MS yöntemi ile karakterize etmişlerdir. Kolon olarak HP-5MS kapiler kolon (30m×0.25mm iç çap (i.ç.), 0.25µm film kalınlığı (f.k.)) kullanmışlardır. Kromatografi şartları: Enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 220 °C, enjeksiyon hacmi 1 µL ve split oranı 1:50, taşıyıcı gaz helyum (1mL/dk akış hızında), kolon sıcaklığı 60 °C'de 10 dk sabit sonra programlı bir şekilde dakikada 3 °C artarak 200 °C getirilerek 10 dakika bu sıcaklıkta kalacak şekilde düzenlenmiştir. Önemli MS parametreleri ise; interface (arayüz) sıcaklığı 240 °C, iyonlaşma voltajı 70 eV, tarama yapılan kütle aralığı 40-400 m/z, örnekleme oranı 1 scan/s olarak belirlenmiştir. Karvakrol (%86.4), p-cymene (%5.98), γ-terpinene (%4.24) ve β-pinene (%1.58) ana uçucu yağ bileşenleri olarak tespit edilmiştir.

Sarikurkcu ve ark. [31] kurutulmuş *O. vulgare* subsp. (subsp *vulgare* ve subsp *hirtum*) ile Clevenger aparatını kullanarak yaptıkları ekstraksiyonda, uçucu yağ bileşenlerini ayırmış ve uçucu yağları GC/FID ve GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Kolon olarak HP-Innowax FSC (60×0.25mm i.ç., 0.25µm film f.k.) kolon, taşıyıcı gaz olarak 1.2 mL/dk akış hızında helyum (%99.99 saflıkta) kullanmışlardır. GC fırın sıcaklığı 60 °C'de 10 dk sabit, sonra dakikada 4 °C artarak 220 °C'ye ulaşmış ve bu sıcaklıkta 10 dakika sabit tutulmasının ardından dakikada 1 °C artışla 240 °C'ye gelecek şekilde programlanmıştır. Enjeksiyon portunun sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmış ve spit oranını 1:40, örnek hacmini ise 1 µL olarak belirlemişlerdir. İyonizasyon voltajı 70 eV, kütle aralığı 35-40 m/z olarak seçilmiştir. Timol (58.31%), karvakrol (16.11%), p-cymene (13.45%) ve γ-terpinene (4.64%) *O. vulgare* subsp. *vulgare* için uçucu yağ bileşenleri arasında majör bileşenler olarak bulunmuştur. *O. vulgare* L. *hirtum* için %96.31 oranla linalool ve %1.27 oranla β- caryophyllene ana bileşen olarak belirlenmiştir.

Kurutulmuş *Coridothymum capitatus* ile Clevenger aparatını kullanarak yaptıkları ekstraksiyonda Fancello ve ark. [32], bitkinin uçucu yağ bileşenlerini GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Kolon olarak HP-5MS (%5 fenil metil siloksan, 30m×0.25mm i.ç.,0.25µm f.k.) ve polar

fused-silica HP İnnowax (polietilen glikol, 50 m\*0.20 mm i.ç., 0.20 µm f.k.) kapiler kolon, taşıyıcı gaz olarak dakikada 0.8 mL akış hızına sahip helyum kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı başlangıçta 35 °C, dakikada 5 °C artarak 85 °C (bu sıcaklıkta 20 dakika sabit) son olarak dakikada 10 °C artarak 300 °C (5 dakika sabit) olacak şekilde programlanmıştır. Enjeksiyon ünitesinin sıcaklığı 250 °C ve dedektör sıcaklığı 310 °C olarak ayarlanmıştır. 1:100 oranında (v/v) seyreltilmiş 1 µL örnek splitless olarak enjekte edilmiştir. İyonlaşma voltajı olarak 70 eV, kütle aralığı 50- 400 amu (full scan mode) olarak belirlenmiştir. Tanımlanan uçucu yağ ana bileşenleri karvakrol (%48.3), timol (%22.4), γ-terpinene (%7.1), p-cymene (%6.5) olarak bulunmuştur.

Spagnoletti ve ark. [33] *C. capitatus* uçucu yağ bileşenlerini GC/MS ile karakterize ettikleri çalışmada, Restek Rxi-5Sil MS (30m×0.25mm i.ç., 0.25µm f.k., 95% difenil, 5% dimetil polisiloksan) apolar kapiler kolon kullanmışlardır. Örnekler n-hekzan ile 1:100 oranında seyreltilmiş, split enjeksiyon ile (1:50) 260 °C sıcaklığa ayarlanmış enjeksiyon ünitesinden kolona verilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak akış hızı dakikada 1 mL helyum (49 kPa) kullanmışlardır. Fırın sıcaklığı 50 °C' den (5 dakika sabit) dakikada 5 °C artarak 200 °C' ye ulaşacak şekilde programlanmıştır. Örnek analizleri ayrıca Restek Stabilwax (60 m x 0.25 mm i.ç., 0.25 µm f.k., polietilen glikol) polar kapiler kolon ile tekrarlanmıştır. Kullandıkları polar kolonda taşıyıcı gaz olarak helyumdan (akış hızını dakikada 1.9 mL) faydalanılmış ve fırın sıcaklığı 50 °C' den (5 dakika sabit) 260 °C'ye kadar dakikada 5 °C artırılarak final sıcaklığında 10 dakika sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Kuadrapol kütle spektrometresi ile donatılmış sistemde bileşenler, alıkonma sürelerine (Rİ) ve kütle yük oranlarına (m/z) göre tanımlanmıştır. Tanımlanan uçucu yağ ana bileşenleri karvakrol (%69.9), p-cymene (%14.5), α-thujene (%1.3), α-pinene (%1.1)'dir.

Guerra-Boone ve ark. [34] yaptıkları çalışmada taze *Origanum majorana* L. bitkisinin gövdesi ile Clevenger aparatını kullanarak ekstraksiyon yapmış ve elde edilen uçucu yağı GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Kolon olarak HP-5MS kapiler kolon (30m×0.25mm i.ç., 0.25µm f.k.), taşıyıcı gaz olarak 0.5 mL/dk helyum gazı kullanmışlardır.

Enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 260 °C’de ayarlanmış, 2µL örnek splitless olarak kolona verilmiştir. GC fırın sıcaklığı 9 dakika 35 °C sabit tutulduktan sonra dakikada 3 °C artarak 150 °C sıcaklığa (10 dakika sabit) ulaşmış ve daha sonra dakika 10 °C artarak önce 250 °C ve akabinde dakika 3 °C artarak 270 °C sıcaklığa (10 dakika sabit) ulaşacak şekilde programlanmıştır. İyonlaşma voltajı 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 230 °C, kuadropol kütle spektrometresi sıcaklığı 150 °C olacak şekilde çalışılmıştır. Bileşenlerin tanımlanmasında Rİ değerleri ve MS spektralleri kullanılmıştır. Uçucu yağ bileşenleri arasında majör bileşen %23.1 terpinen-4-ol, %16.3 timol olarak bulunmuştur.

Hedef ve ark. [35] gerçekleştirdikleri çalışmada, çiçeklenme evresindeki *O. majorana* L. bitkisinin kurutulmuş yapraklarından Clevenger aparatını kullanarak ekstraksiyon yapmış ve elde ettikleri uçucu yağın bileşenlerini GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Kolon olarak HP-5MSTM (30m×0.25mm i.ç., 0.25µm f.k.) apolar kapiler kolon kullanmışlardır. Taşıyıcı gaz olarak helyumdan (1 mL/ akış hızı) faydalanılmış, enjeksiyon hacmi 0.1 µL ve split oranı 1:20, enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmıştır. Fırın sıcaklığı 60 °C’ den 280 °C’ e dakikada 2 °C artacak şekilde programlanmıştır. İyonlaşma voltajı 70 eV olarak belirlenmiş, bileşenler Rİ ve m/z değerlerine göre tanımlanmıştır. Tanımlanan uçucu yağ bileşenlerinden p-menth-1-en-4-ol, (R) %21’lik oran ile majör bileşen olarak bulunmuş, onu τ-terpinene (%19), α-terpinene (%15) takip etmiştir.

*Thymbra spicata* var. *spicata*, gövde, yaprak ve çiçekleri kullanılmak sureti ile İngiliz tipi Clevenger aparatı kullanılarak Kirkan ve ark. [36] tarafından uçucu yağ bileşenlerini ayırmak için ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Uçucu yağların tanımlanması hem GC-FID hem de GC/MS ile yapılmıştır. 1 µL örnek 250 °C sıcaklıktaki enjeksiyon portuna, 1:40 split oranı ile kolona verilmiştir. HP-Innowax FSC (60m×0.25 mm i.ç., 0.25µm film f.k.) kolon, taşıyıcı gaz olarak 1.2 mL/dk akış hızında helyum ve başlangıç sıcaklığı 60 °C olan (10 dk sabit), daha sonra dakikada 4 °C artarak 220 °C’ye ulaşan (bu sıcaklıkta 10 dk sabit) programlı bir fırın sıcaklığı kullanmışlardır. MS tarafında ise iyonizasyon voltajını 70 eV, kütle aralığını 35-40 m/z olarak ayarlamışlardır. Çalışmanın sonucunda *T. spicata*’ya ait uçucu yağ bileşenleri arasında baskın bileşenlerin karvakrol (63.23%), γ-terpinene (18.94%), ve p-cymene (8.31%) olduğu görülmüştür.

*T. spicata* ile Clevenger aparatını kullanarak Arani ve ark. [37] ekstraksiyon yapmış, bitkinin çiçeklenme evresi ile çiçeklenme öncesi evresi arasında uçucu yağ bileşenleri bakımından fark bulunup bulunmadığını uçucu yağ bileşenlerini GC/FID ve GC/MS ile karakterize ederek araştırmışlardır. GC/FID şartları: Enjeksiyon ünitesi ve dedektör sıcaklığı olarak sırasıyla 250 °C ve 300 °C olarak ayarlanmıştır. BPX-5 kapiler kolon (30m×0.25mm i.ç.; 0.25µm f.k.) ve taşıyıcı gaz olarak 1.1 mL/dk akış hızında azot kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı programlaması dakikada 4 °C artarak 60 °C’den 250 °C’ye gelecek ve bu sıcaklıkta 10 dakika kalacak şekilde yapılmış, split enjeksiyon (1:50) ile numune kolona verilmiştir. GC şartlarında taşıyıcı gaz olarak azot yerine helyumun kullanıldığı GC/MS analizinde,

iyonizasyon voltajı 70 eV, iyon kaynağı ile interface sıcaklığı sırasıyla 200 °C ve 250 °C, kütle aralığı 35-450 amu olarak ayarlanmıştır. Yapılan çalışmada γ-terpinene (15.5%) ve karvakrol (79.3%) uçucu yağların içinde majör bileşen olarak bulunmuştur.

*Thymus vulgaris* bitkisinin uçucu yağ bileşenlerinin eldesi için Borugâ ve ark. [38], Clevenger aparatını kullanarak ekstraksiyon yapmış, elde edilen uçucu yağı ise GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Factor Four VF-35ms kapiler kolon (%5 fenil-metilpolisiloksan, 30m×0.25mm i.ç., 0.25µm f.k.) ve 1 mL/dk akış hızında helyum kullanmışlardır. Enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmış, fırın sıcaklığı dakikada 40 °C artarak 50 °C’den 250 °C’ye gelip bu sıcaklıkta kalacak şekilde programlanmıştır. MS şartları, iyonizasyon voltajı 70 eV, kuadropol sıcaklığı 100 °C, tarama hızı 1.6 scan/s, kütle aralığı 40-500 amu olarak girilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen uçucu yağda p-cymene (%8.41), γ-terpinene (%30.90) ve timol (%47.59)’ün baskın olarak bulunduğu tespit edilmiştir.

Uçucu yağ bileşenlerinin karakterizasyonu üzerine çalışan Khan ve ark. [39], *T. vulgaris* bitkisinden su distilasyonu metodu ile Clevenger aparatını kullanarak bitkinin uçucu yağlarını ayırmışlardır. DB-5 kapiler (30m×0.25mm i.ç., 0.25µm f.k.) kolonun kullanıldığı çalışmada, fırın sıcaklık programlaması 60 °C’den 230 °C’ye 5 °C/dk’lık artışla değişecek şekilde yapılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak 1.5 mL/dk akış hızında helyum kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 3 µL ve split oranı 1:60 olarak belirlenmiştir. İyonlaşma voltajı 75 eV, interface sıcaklığı 230 °C, kütle aralığı 30-655 amu olarak ayarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda 5 farklı uçucu yağ bileşeninin yüksek oranda bulunduğu (timol (%60.55), γ-terpinene (%9.48), p-cymene (%8.53), karvakrol (%3.35), terpinolene (%3.15) gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen diğer bir çalışmada [40] *Satureja montana* L. bitkisinin uçucu yağ bileşenlerini GC/MS ile karakterize etmişlerdir. Uçucu yağların eldesi için Clevenger aparatını kullandıkları çalışmada, GC şartlarını; enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 250 °C, split oranı 1:40, taşıyıcı gaz 1 mL/dk akış hızında helyum olacak şekilde ayarlamışlardır. Örnekler HP-5MS (30m×0.25mm i.ç., 0.25 µm f.k.) kapiler kolona, fırın sıcaklık programlaması (40 °C’den dakikada 5 °C artacak şekilde 200 °C’ye gelir ve bu sıcaklıkta 60 dakika kalır) olacak şekilde verilmiştir. MS şartları ise iyonizasyon voltajı 70 eV, kaynak sıcaklığı (source temperature) 230 °C, kuadropol sıcaklığı 150 °C, kütle aralığı 50-350 amu olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda karvakrol (%29), timol (%16.5), linalool (%16.4), γ-terpinen (%15), p-cymene (%12.3) ve eucalyptol (%6.8) en yoğun bulunan uçucu yağ bileşenleri olarak bulunmuştur.

Buhar distilasyonu ile uçucu yağları elde edilen *S. montana* L. bitkisinin uçucu yağ karakterizasyonu Čopra-Janićijević ve ark. [41] tarafından GC/MS ile yapılmıştır. Kromatografik ayırım için polariteleri farklı iki kolon (PE-5, 5% fenil metil siloksan ve HP-20M, polietilen glikol) kullanılmış, PE-5 (30m×0.25mm i.ç., 1 µm f.k.) kapiler kolon için fırın sıcaklığı dakikada 10 °C artarak 55 °C’den 140 °C’ye sonrasında dakikada 10 °C artarak 245 °C sıcaklığa

gelecek şekilde programlanmıştır. Helyum taşıyıcı gaz olarak (1.1 mL/dk) kullanılmış, enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 240 °C, dedektör sıcaklığı 280 °C, örnek miktarı 1 µL olarak ayarlanmıştır. Elektron iyonlaşma voltajı 70 eV., kütle aralığı 20-555 amu, tarama hızı saniyede 1.6 scan olarak cihaza girilmiştir. HP-20M (50 m x 0.2 mm i.ç., 0.2 µm f.k.) kapiler kolon için taşıyıcı gaz olarak 1 mL/dk akış hızında helyum, 70 °C 4 dakika sabit, sonra dakikada 4 °C artarak 180 °C

sıcaklığa çıkıp 10 dakika sabit kalacak şekilde fırın sıcaklık programı kullanılmıştır. Enjeksiyon ünitesi sıcaklığı 250 °C, dedektör sıcaklığı 280 °C, iyonlaşma voltajı 70 eV olarak ayarlanmıştır. Linalool (%38.7) en yoğun bulunan uçucu yağ olarak tespit edilmiş, onu α-terpineol (%14.7) takip etmiştir. Uçucu yağların GC-MS ile karakterizasyonunu konu alan diğer çalışmalar Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Kekin uçucu yağlarının karakterizasyonu

Tür	Enjeksiyon modu/ miktarı /ünite sıcaklığı	Taşıyıcı gaz ve akış hızı	Kolon	Fırın sıcaklık programı	Dedektör (Taranan kütle aralığı)	Tespit edilen baskın uçucu yağ	Kaynak
<i>Tymus x citriodorus</i> L.	Split (1:40) 1 µL 250 °C	Helyum 0.8 mL/dk	HP İnnowax kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 60 °C (10 dk sbt) 20 °C/dk artış ile 250 °C gelir.	MS (35-450 amu)	36 uçucu yağ bileşeni tespit edilmiş, bunlardan %68'i geraniol, neral, karvakrol ve nerol olarak tespit edilmiştir.	[42]
<i>T. x citriodorus</i> L.	Split (1:20) 1 µL 250 °C	Helyum	HP-88 kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 70 °C (1 dk sbt) 10 °C /dk artış ile 250 °C gelir.	MS (35-400 amu)	Terpinolene (%71), α-terpineol, linalool, bornyl acetate ve borneol ana bileşenler olarak tespit edilmiştir.	[43]
<i>Origanum minutiflorum</i>	Split 0.4 µL 250 °C	Helyum	Restek Rxi-5 Sil MS	Başlangıç sıcaklığı 180-240 °C (20 °C /dk artış) 240 °C (20 dk sabit)	MS	64 uçucu yağ bileşeni tespit edilmiş olup, karvakrol (%64.29) ve p-cymene (%9.56) ana uçucu yağ bileşeni olarak tanımlanmıştır.	[44]
<i>O. minutiflorum</i>	Split (1:50) 1 µL 250 °C	Helyum 1 mL/dk	HP İnnowax kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 60 °C (10 dk sbt) 20 °C /dk artış ile 250 °C gelir.	MS (35-400 amu)	Baskın uçucu yağ bileşenleri karvakrol (%62.60-86.40), p-cymene (%4.29-8.07), γ-terpinene (%1.72-5.12) ve borneol (%0.27-5.33) olarak tespit edilmiştir.	[45]
<i>Origanum onites</i> L.	Split (1:100) 0.1 µL 250 °C	Helyum 1 mL/dk	HP-1 MS kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 50 °C (1 dk sbt) 2.5 °C /dk artış ile 160 °C (20 dk sabit) 5 °C /dk artış ile 250 °C (15 dk sabit)	MS	Tanımlanan ana bileşenler karvakrol (%47.99), terp-1-in-4-ol (%6.79), sabinene hydrate (%6.14), γ-terpinene (%5.20), p-cymene (%3.85) ve α-terpineol (%3.76)	[46]
<i>O. onites</i> L.	Split (1:50) - 250 °C	Helyum 0.8 mL/dk	HP İnnovax FSC kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 60 °C (10 dk sbt) 4 °C /dk artış ile 220 °C (10 dk sabit) 1 °C /dk artış ile 240 °C	MS (35-425 amu)	Çalışmada %76.8-79.2 ile karvakrol ve %4.4-4.7 ile timol ana bileşenler olarak tespit edilmiştir.	[47]
<i>Satureja spicigera</i> ve <i>Satureja hortensis</i>	- - 250 °C	Helyum 1.08 mL/dk	DB-1 FSC kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 60 °C 4 °C /dk artış ile 250 °C (1 dk sabit)	FID/MS	S.hortensis için karvakrol (%48), g-terpinene (%24.2), p-cymene (%11.7)	[48]
<i>S. spicigera</i>	Splitless 10 µL 200 °C	Helyum 1.5 mL/dk	SGE-BPX5 MS kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 50 °C 5 °C /dk artış ile 150 °C (15 dk sabit) 5 °C /dk artış ile 250 °C (10 dk sabit)	MS	S.spicigera için, timol (%29.5), p-cymene (%23.4), g-terpinene (%23.4), karvakrol (%9.6) ve karvakrol metil eter (%8.5) ana bileşenler olarak tespit edilmiştir.	[49]
<i>Origanum syriacum</i> L.	Split (1:40) - 225 °C	Helyum 1 mL/dk	Teknokroma TR-CN100 kapiler kolon	Başlangıç sıcaklığı 60 °C (1 dk sabit) 4 °C/dk artış ile 140 °C 3 °C /dk artış ile 235 °C (15 dk sabit)	MS (35-450 amu)	Majör bileşen olarak bitkinin gövde (%66.99), yaprak (%61.62) ve çiçeklerinde (%59.53) karvakrol tespit edilmiştir.	[50]

## 6 Sonuç

Kekik uçucu yağlarının bileşimi bitkinin türüne, yetiştiği bölgenin iklimine, bitkinin hasat mevsimine, bitkinin çiçeklenme öncesi mi çiçeklenme sonrası mı hasat edildiğine, ekstraksiyon metoduna ve daha birçok faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir. Bitkinin çeşitli bölümlerinden yapılan distilasyon çalışmalarında tanımlanan uçucu yağ bileşenlerinin sayısının değiştiği, ortak bulunan uçucu yağ bileşenlerinin ise oranlarının değiştiği görülmektedir. Kekik türleri arasında aroma farklılıklarının da sebebi bitkide bulunan majör uçucu yağ bileşenleridir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde hemen hemen her türe özgü dominant bir uçucu yağ bileşeninin tespit edildiği görülmektedir.

Uçucu yağların karakterizasyonunun GC/MS ile yapılması, çok düşük yoğunluklarda bulunan bileşenlerin bile tespitini mümkün kılmaktadır. Farklı kolon türleri ve markaları, taşıyıcı gaz akış hızları, enjeksiyon hacmi ve enjeksiyon ünitesi sıcaklığı kullanılarak çalışmaların yürütüldüğü, özellikle fırın sıcaklık programlarının çalışmada çok çeşitlendiği görülmektedir. Fırın sıcaklık programlarının bu kadar çeşitli olması uçucu yağ bileşenlerinin buharlaşma noktalarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Bazı çalışmalarda polariteleri farklı kolonlar ile aynı örneğin çalışıldığı ve sonucunda tanımlanan uçucu yağ bileşen sayısının değiştiği görülmüştür. GC/FID ve GC/MS çoğu çalışmada birlikte kullanılmış, sonuçlar kütle spektrumu ve Rİ ile birlikte yorumlanmıştır.

### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Benzerlik oranı (iThenticate): %11**

### Kaynaklar

- [1] K. H. C. Başer and N. Kırimer, Essential oils of anatolian lamiaceae-An update. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 5(4), 1–28, 2018.
- [2] Ç. Şenkul ve S. Kaya, Türkiye endemik bitkilerinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 109–120, 2017. <https://10.17211/tcd.322515>
- [3] A. Tan, Türkiye Bitki Genetik Kaynakları ve Muhafazası. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 9–37, 2010.
- [4] M. Dönmez ve M. Kargioğlu, *Stachys palustris L.* ' in Morfolojik , Anatomik ve Ekolojik Özellikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 1-9, 2011.
- [5] D. Aebisher, J. Cichonski, E. Szpyrka, S. Masjonis, and G. Chrzanowski, Essential oils of seven lamiaceae plants and their antioxidant capacity. *Molecules*, 26(13), 1–15, 2021. <https://10.3390/molecules26133793>
- [6] T. M. Karpiński, Essential oils of lamiaceae family plants as antifungals. *Biomolecules*, 10(1), 103, 2020. <https://doi.org/10.3390/biom10010103>
- [7] K. Singletary, Thyme history, applications, and overview of potential health benefits. *Nutrition Today*, 51(1), 40–49, 2016. <https://10.1097/NT.0000000000000139>
- [8] Ç. Bozdemir, Economic importance and usage fields of oregano species growing in Turkey. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 583–594, 2019. <https://10.29133/yyutbd.511777>
- [9] A. Wei and T. Shibamoto, Antioxidant/lipoxygenase inhibitory activities and chemical compositions of selected essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(12), 7218–7225, 2010. <https://doi.org/10.1021/jf101077s>
- [10] E. M. Dauqan and A. Abdullah, Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris L.*) Herb. *Journal of applied biology and biotechnology*, 5(02), 17-22, 2017. <https://10.7324/JABB.2017.50203>
- [11] K. Carović-Stanko, M. PeteK, M. Grdiš and J. Pintar, Medicinal plants of the family lamiaceae as functional foods-A review. *Czech journal of food sciences*, 34(5), 377–390, 2016. <https://doi.org/10.17221/504/2015-CJFS>
- [12] M. Soković, J. Glamočlija, P. D. Marin, D. Brkić, and L. J. L. D. Van Griensven, Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model. *Molecules*, 15(11), 7532–7546, 2010. <https://doi.org/10.3390/molecules15117532>
- [13] S. Almudaifer, N. Alsibaie, G. Alhoumendan, G. Alammari and M.S. Kavita, Role of phytochemicals in health and nutrition. *BAOJ Nutrition*, 3(2), 1–6, 2017.
- [14] M. Carochi, M. F. Barreiro, P. Morales, and I. C. F. R. Ferreira, Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 13(4), 377–399, 2014. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>
- [15] G. Nieto, A review on applications and uses of thymus in the food industry. *Plants*, 9(8), 1–29, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9080961>
- [16] M. F. Nagoor Meeran and P. Stanely Mainzen Prince, Protective effects of thymol on altered plasma lipid peroxidation and nonenzymic antioxidants in isoproterenol-induced myocardial infarcted rats. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 26(9), 368–373, 2012. <https://doi.org/10.1002/jbt.21431>
- [17] B. Kodal Coşkun, E. Çalikoğlu, Z. Karagöz Emiroğlu, and K. Candoğan, Antioxidant active packaging with soy edible films and oregano or thyme essential oils for oxidative stability of ground beef patties. *Journal of Food Quality*, 37(3), 203–212, 2014. <https://doi.org/10.1111/jfq.12089>
- [18] E. Ferahoğlu, U. Çürük, D. Çoğalan, S. Kırıcı, and H. Çakan, Çukurova koşullarında yetiştirilen *Origanum* türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Biodiversity*, 5(2), 75-85, 2022. <https://doi.org/10.38059/biodiversity.1116233>

- [19] P. Tongnuanchan and S. Benjakul, Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*, 79(7), 1231–1249, 2014. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- [20] M. G. Miguel, C. Cruz, L. Faleiro, M.T. Simões, A.C. Figueiredo, J.G. Barroso, and L.G. Pedro, *Foeniculum vulgare* essential oils: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Natural product communications*, 5(2) 319–328, 2010. <https://doi.org/10.1177/1934578X1000500231>
- [21] F. C. Fachini-Queiroz, R. Kummer, C.F. Estevao-Silva, M.D. Carvalho, J.M. Cunha and R. Grespan, Effects of thymol and carvacrol, constituents of *thymus vulgaris* L. essential oil, on the inflammatory response. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2012, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/657026>
- [22] M. H. H. Roby, M. A. Sarhan, K. A. H. Selim, and K. I. Khalel, Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 827–831, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.029>
- [23] Y. Tavakolpour, M. Moosavi-Nasab, M. Niakousari, S. Haghghi-Manesh, S. M. B. Hashemi, and A. Mousavi Khaneghah, Comparison of four extraction methods for essential oil from *Thymus daenensis* Subsp. *Lancifolius* and chemical analysis of extracted essential oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1–7, 2017. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13046>
- [24] A. A. Jovanović, V.B. Đorđević, G. M. Zdunić, D.S. Pljevljakušić, K.P. Šavikin, D.M. Godevac and B.M. Bugarski, Optimization of the extraction process of polyphenols from *Thymus serpyllum* L. herb using maceration, heat and ultrasound-assisted techniques. *Separation and Purification Technology*, 179, 369–380, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.01.055>
- [25] M. Yousefi, M. Rahimi-Nasrabadi, S.M. Pourmortazavi, M. Wysokowski, T. Jesionowski, H. Ehrlich and S. Mirsadeghi, Supercritical fluid extraction of essential oils. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 182–193, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.038>
- [26] H. Bendif, K. Adouni, M.D. Miara, R. Baranauskienė, P. Kraujalis, P.R. Venskutonis and F. Maggi, Essential oils (EOs), pressurized liquid extracts (PLE) and carbon dioxide supercritical fluid extracts (SFE-CO<sub>2</sub>) from Algerian *Thymus munbyanus* as valuable sources of antioxidants to be used on an industrial level. *Food chemistry*, 260, 289–298, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.108>
- [27] K. Hosni, I. Hassen, H. Chaâbane, M. Jemli, S. Dallali, H. Sebei and H. Casabianca, Enzyme-assisted extraction of essential oils from thyme (*Thymus capitatus* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Impact on yield, chemical composition and antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 47(2013), 291–299, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.03.023>
- [28] Türkiye İstatistik Kurumu, Dış Ticaret. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Dis-Ticaret-104>, Erişim 05 Mayıs 2023.
- [29] H. Javed, S. Erum, S. Tabassum, and F. Ameen, An overview on medicinal importance of *Thymus vulgaris*. *Journal of Asian Scientific Research*, 3(10), 974–982, 2013.
- [30] M. Nikolova, M. Yovkova, E. Yankova-Tsvetkova, B. Traikova, T. Stefanova, I. Aneva and S. Berkov, Biocidal activity of *origanum vulgare* subsp. *hirtum* essential oil. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 69(5), 569–578, 2021. <https://doi.org/10.11118/actaun.2021.051>
- [31] C. Sarikurkcü, G. Zengin, M. Oskay, S. Uysal, R. Ceylan, and A. Aktumsek, Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two *Origanum vulgare* subspecies (subsp. *vulgare* and subsp. *hirtum*) essential oils. *Industrial Crops and Products*, 70, 178–184, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.030>
- [32] F. Fancello, M. El Beyrouthy, M. Iriti, M. El Khoury, M. Bou Zeidan, and S. Zara, Chemical composition and antimicrobial activity against food-related microorganisms of different essential oils from Lebanon. *Journal of Food Safety*, 39(6), 1–9, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfs.12688>
- [33] A. Spagnoletti, A. Guerrini, M. Tacchini, V. Vinciguerra, C. Leone, I. Maresca and L. Angiolella, Chemical composition and bio-efficacy of essential oils from Italian aromatic plants: *Mentha suaveolens*, *Coridothymus capitatus*, *Origanum hirtum* and *Rosmarinus officinalis*. *Natural Product Communications*, 11(10), 1517–1520, 2016. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601101023>
- [34] L. Guerra-Boone, R. Alvarez-Román, R. Salazar-Aranda, A. Torres-Cirio, V.M. Rivas-Galindo, N. Waksman de Torres and L.A. Pérez-López, Antimicrobial and antioxidant activities and chemical characterization of essential oils of *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, and *Origanum majorana* from northeastern México. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 28(1), 363–369, 2015.
- [35] D. Hadeif, M. Saidi, M. Yousfi, and Y. Moussaoui, GC/MS analysis of essential oils of *cymbopogon schoenanthus* and *origanum majorana* L. grown in Eastern Algeria. *Asian J. Chem.*, 27(10). 3575–3578, 2015. <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2015.18859>
- [36] B. Kirkan, C. Sarikurkcü, and R. Amarowicz, Composition, and antioxidant and enzyme-inhibition activities, of essential oils from *Satureja thymbra* and *Thymbra spicata* var. *spicata*. *Flavour and fragrance journal*, 34(6), 436–442, 2019. <https://doi.org/10.1002/ffj.3522>
- [37] A. M. Arani, M. Naderi and S.M. Goldansaz, Effect of Harvesting Time on Essential Oil Content and Composition of *Thymbra spicata*. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 1, 51–55, 2015.
- [38] O. Borugă, C. Jianu, C. Mișcă, I. Goleț, A. T. Gruia,

- and F. G. Horhat, Thymus vulgaris essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. Journal of medicine and life, vol. 7(3(3)), 56–60, 2014.
- [39] A. A. Khan, M. S. Amjad and Saboon, GC-MS analysis and biological activities of Thymus vulgaris and Mentha arvensis essential oil. Turkish Journal of Biochemistry, 44(3), 388–396, 2019. <https://doi.org/10.1515/tjb-2018-0258>
- [40] A. Maccelli, L. Vitanza, A. Imbriano, C. Frascchetti, A. Filippi, P. Goldoni, and F. Rinaldi, Satureja montana L. Essential oils: Chemical profiles/phytochemical screening, antimicrobial activity and o/w nanoemulsion formulations. Pharmaceutics, 12(1), 1–22, 2020. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12010007>
- [41] A. Čopra-Janićijević, D. Vidic, and M. Maksimović, Characterisation of satureja montana l. Essential oil and headspace volatiles. Naturel Volatiles Essential Oils, 7(2), 22–34, 2020. <https://10.37929/nveo.743706>
- [42] N. Katar ve D. Katar, Eskişehir Ekolojik Koşullarında Farklı Hasat Zamanlarının Limon Kekikinin (Thymus citriodorus L.) Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1), 93–105, 2020.
- [43] O. Toncer, S. Karaman, E. Diraz, T. Sogut, and S. Kizil, Essential oil composition of Thymus × citriodorus (Pers.) Schreb. at different harvest stages,” Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 45(1), 185–189, 2017. <https://doi.org/10.15835/nbha45110672>
- [44] A. Sokmen, A. A. S. Abdel-Baki, E. S. Al-Malki, S. Al-Quraishy, and H. M. Abdel-Haleem, Constituents of essential oil of Origanum minutiflorum and its in vitro antioxidant, scolicidal and anticancer activities. Journal of King Saud University-Science, 32(4), 2377–2382, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.018>
- [45] R. Toker, M. Gölükcü, and H. Tokgöz, Effects of distillation times on essential oil compositions of Origanum minutiflorum O. Schwarz Et. and P.H. Davis. Journal of Essential Oil Research, 29(4), 330–335, 2017. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1276026>
- [46] K. Spyridopoulou, E. Fitsiou, E. Bouloukosta, A. Tiptiri-Kourpeti, M. Vamvakias, A. Oreopoulou and K. Chlichlia, Extraction, Chemical Composition, and Anticancer Potential of Origanum onites L. Essential Oil. Molecules, 24(14), 2612, 2019. <https://doi.org/10.3390/molecules24142612>
- [47] A. Altintas, N. Tabanca, E. Tyihák, P.G. Ott, A. M. Móricz, E. Mincsovcics and D. E. Wedge, Characterization of volatile constituents from Origanum onites and their antifungal and antibacterial activity. Journal of AOAC International, 96(6), 1200–1208, 2013. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGEAltintas>
- [48] M. Farzaneh, H. Kiani, R. Sharifi, M. Reisi, and J. Hadian, Chemical composition and antifungal effects of three species of Satureja (S. hortensis, S. spicigera, and S. khuzistanica) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 109, 145–151, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.014>
- [49] T. Gokturk, Chemical composition of Satureja spicigera essential oil and its insecticidal effectiveness on Halyomorpha halys nymphs and adults. Zeitschrift für Naturforschung C, 76(11), 451–457, 2021. <https://doi.org/10.1515/znc-2021-0041>
- [50] A. Özel and F. Tekin, Determination of morphogenetic variability in essential oil ratio and components of Origanum syriacum L. var. bevanii (Holmes) Ietswaart. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3), 315–325, 2021. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.895711>

