

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİR BÖLGESİNDE YETİŞEN KANTARON
(HYPERICUM PERFORATUM) BİTKİSİNDEKİ
UÇUCU BİLEŞENLERİN TAYİNİ

Ebru AKSOY

Ekim, 2023

İZMİR

**İZMİR BÖLGESİNDE YETİŞEN KANTARON
(HYPERICUM PERFORATUM) BİTKİSİNDEKİ
UÇUCU BİLEŞENLERİN TAYİNİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Kimya Anabilim Dalı, Kimya Yüksek Lisans Programı**

Ebru AKSOY

Ekim, 2023

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EBRU AKSOY tarafından **PROF. DR. SERAP SEYHAN BOZKURT** yönetiminde hazırlanan “**İZMİR BÖLGESİNDE YETİŞEN KANTARON (HYPERICUM PERFORATUM) BİTKİSİNDEKİ UÇUCU BİLEŞENLERİN TAYİNİ**” başlıklı tez tarafımızca okunarak, kapsam ve nitelik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof. Dr. Serap SEYHAN BOZKURT

Yönetici

.....
Prof. Dr. Melek MERDİVAN

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Müşerref ARDA

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumun seçiminden ve tez çalışmalarım boyunca önerilerini, yönlendirmelerini, üstün bilgi ve birikimini esirgemeyen, arkamda desteğini hissettiğim ve her zaman hissedeceğim danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Serap SEYHAN BOZKURT'a tüm emekleri ve katkıları için sonsuz teşekkür ve saygımı sunarım.

Tez çalışmamda destek ve yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Duygu TUTOR PAMIK'a çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca sürekli yanımda olan, sevgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her anlamda sürekli arkamda olan çok kıymetli aileme, annem ve babam Alev AKSOY ve Emin AKSOY'a kucak dolusu teşekkür ederim.

Ebru AKSOY

İZMİR BÖLGESİNDE YETİŞEN KANTARON (HYPERICUM PERFORATUM) BİTKİSİNDEKİ UÇUCU BİLEŞENLERİN TAYİNİ

ÖZ

Sarı kantaron, doğal olarak yetişmekte olan ve içerdiği sekonder metabolitler açısından oldukça zengin olan aromatik bir bitkidir. Bu lisansüstü tez çalışmasında, İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinde yetişmekte olan sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısımlarındaki uçucu bileşenlerin tayini amaçlanmıştır. Sarı kantaron bitkisinde bulunan uçucu bileşenler tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon ve su buharı destilasyon yöntemleri kullanılarak ekstrakte edilmiş ve ardından gaz kromatografisi/kütle spektrometresi cihazı ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısmında 62 ve 70 adet pik ve Ödemiş bölgesine ait bitkide ise 64 ve 90 adet pik tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yöntemiyle tanımlanan pik sayıları, Seferihisar'a ait sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısmında 13 ve 29 adet ve Ödemiş bölgesine ait bitkinin çiçek ve yaprak kısmında ise 16 ve 33 adet olarak bulunmuştur. Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile tanımlanan bileşik gruplarından seskiterpen ve seskiterpenoidler, diğer terpen gruplarına göre daha fazla tanımlanmış pike sahiptir ve alan yüzdeleri daha yüksektir. Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile tanımlanan alan yüzdesi fazla olan bileşikler, α -pinene, β -pinene, (E)-caryophyllene, (E)- β -farnesene, γ -amorphene, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide, α -humulene, (E)- β -ocimene, β -selinene, α -selinene, α -cyclocitral, trans-carveol, 2-methyldodecane ve 2-methyloctane olarak tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yöntemi sonucunda alan yüzdesi fazla olan bileşikler ise eugenol, spathulenol, widdrol, longifolene, α -cedrene, thymol, α -ionene, trans-isoeugenol, α -terpineol ve nonacosane olarak tanımlanmıştır. Bitkinin yetiştirme koşulları, bitkinin kullanılan bölgesi ve kullanılan analiz yöntemin farklılığı bitkilerdeki kimyasal uçucu bileşenlerde gözlemlenen farklılıkların ana nedenlerinden olduğu bilinmektedir.

Anahtar kelimeler: GC/MS, KFME, sarı kantaron, uçucu bileşikler

DETERMINATION OF VOLATILE COMPONENTS IN ST. JOHN'S WORT (HYPERICUM PERFORATUM) GROWN IN IZMIR REGION

ABSTRACT

St. John's Wort is an aromatic plant that grows naturally and is rich in secondary metabolites. In this postgraduate thesis, it was planned to determine the volatile components in the flower and leaf parts of St. John's Wort plant growing in Ödemiş and Seferihisar regions of İzmir. The volatile components of St. John's Wort were extracted using headspace solid-phase microextraction and water vapor distillation methods, and then analyzed by gas chromatography/mass spectrometry device. By using the headspace solid phase microextraction method, 62 and 70 peaks were identified in the flower and leaf part of St. John's Wort from the Seferihisar region, and 64 and 90 peaks in the flower and leaf part of plant from the Ödemiş region. Peak numbers defined by the water vapor distillation method were found as 13 and 29 in the flower and leaf part of St. John's Wort plant belonging to Seferihisar and 16 and 33 in the plant belonging to Ödemiş region. Sesquiterpene and sesquiterpenoids from the compound groups defined by the solid phase microextraction method have more defined peaks than other terpene groups and their area percentages are higher. Compounds with a higher percentage of area defined by the solid phase microextraction method, it has been defined as α -pinene, β -pinene, (E)-caryophyllene, (E)- β -farnesene, γ -amorphene, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide, α -humulene, (E)- β -ocimene, β -selinene, α -selinene, α -cyclocitral, trans-carveol, 2-methyldodecane and 2-methyloctane. Compounds with higher area percentage as a result of the water vapor distillation method were defined as eugenol, spathulenol, widdrol, longifoline, α -cedrene, thymol, α -ionene, trans-isoeugenol, α -terpineol and nonacosane. It is known that the growing conditions of the plant, the region of the plant used, and the difference of the analysis method used are the main reasons for the differences observed in the chemical volatile components in the plants.

Keywords: GC/MS, volatile compounds, SPME, St. John's Wort

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Sarı Kantaron.....	1
1.1.1 Sarı Kantaronun Fitokimyası.....	2
1.2 Uçucu Yağlar	3
1.2.1 Uçucu Yağların Elde Edilme Yöntemleri.....	5
1.2.1.1 Destilasyon (Damıtma) Yöntemi	5
1.2.1.2 Ekstraksiyon Yöntemi	6
1.2.1.3 Mekanik Yöntem (Presleme).....	10
1.3 Literatür Özeti.....	11
1.2 Çalışmanın Amacı	16

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE YÖNTEM..... 17

2.1 Materyal ve Kimyasallar	17
2.2 Örnek Hazırlama.....	17
2.3 TB-KFME Yöntemi	18
2.4 Su Buharı Destilasyonu	19
2.5 GC/MS Analizi	20

BÖLÜM ÜÇ - SONUÇLAR VE TARTIŞMA..... 22

3.1 TB-KFME Yönteminin Optimizasyonu.....	22
3.1.1 Optimum Denge Zamanı	22
3.1.2 Optimum Ekstraksiyon Sıcaklığı.....	23

3.1.3	Optimum Ekstraksiyon Zamanı.....	24
3.2	TB-KFME Yöntemi Sonrası Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi	25
3.2	Su Buharı Destilasyonu Sonrası Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi.....	43
3.3	TB-KFME ve Su Buharı Destilasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	53
BÖLÜM DÖRT - DEĞERLENDİRME		57
KAYNAKLAR		60



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Katı faz mikroekstraksiyon enjektörü.....	8
Şekil 1.2 Tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon (a) ve doğrudan daldırmalı katı faz mikroekstraksiyon (b) yöntemleri	9
Şekil 2.1 İzmir'in Seferihisar ve Ödemiş yöresine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısmı.....	18
Şekil 2.2 Çalışmada kullanılan ticari DVB/CAR/PDMS KFME fiberi ve TB-KFME yöntemi.....	18
Şekil 2.3 Çalışmada kullanılan su buharı destilasyon düzeneği	20
Şekil 2.4 Çalışmada kullanılan kullanılan GC/MS cihazı.....	21
Şekil 3.1 TB-KFME yöntemine denge zamanının etkisi	23
Şekil 3.2 TB-KFME yöntemine ekstraksiyon sıcaklığının etkisi.....	24
Şekil 3.3 TB-KFME yöntemine ekstraksiyon zamanının etkisi.....	25
Şekil 3.4 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı	28
Şekil 3.5 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı	28
Şekil 3.6 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı	29
Şekil 3.7 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı	29
Şekil 3.8 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramı.....	45

Şekil 3.9 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramı	45
Şekil 3.10 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramı	46
Şekil 3.11 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramı	46



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 TB-KFME yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler.....	30
Tablo 3.2 TB-KFME yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler	33
Tablo 3.3 TB-KFME yöntemi sonrası Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler.....	37
Tablo 3.4 TB-KFME sonrası Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler	40
Tablo 3.5 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler	47
Tablo 3.6 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler	48
Tablo 3.7 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler	50
Tablo 3.8 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası ile Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler	51
Tablo 3.9 Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi sonrası tanımlanan bileşik sayıları	55
Tablo 3.10 Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi sonrası tanımlanan bileşik sayıları	55
Tablo 3.11 Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi ile tanımlanan bileşiklerin % alan dağılımları	56
Tablo 3.12 Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi ile tanımlanan bileşiklerin % alan dağılımları	56

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Sarı Kantaron

Sarı kantaron (*Hypericum perforatum*), Hypericaceae familya grubuna ait olan bir bitkidir, yaklaşık olarak 30-100 cm boylarında büyüeyebilen sarı çiçekleriyle tanınan çok yıllık otsu bir bitkidir (Altan, Damlar, Aras ve Alpaslan, 2015). Yaprakları ise ana sap üzerindedir ve yaklaşık olarak 2-4 cm uzunluğu arasında değişmektedir. Ayrıca yaprakları basit ve karşılıklıdır. Sarı kantaron bitkisinin dünyada yaklaşık 400 türü bulunmaktadır. Ülkemiz *Hypericum* türlerinin çeşitliliği konusunda oldukça merkezidir ve yaklaşık 96 çeşit *Hypericum* türü barındırmaktadır. Bu çeşitlerden 46'sının endemik yani sadece Türkiye'de yetiştiği bilinmektedir (Ertürk, Aydın ve Çol Ayvaz, 2020).

Sarı kantaron bitkisi Haziran ile Eylül ayı arasında çiçek açmaktadır. Genellikle bu bitki ılıman ve tropik iklimde deniz seviyesinden yaklaşık 2500 metreye kadar alanlarda doğal olarak bulunmaktadır. Bitki ayrıca kayalık, taşlık ve nehir kenarlarında da yetişebilmektedir. Son yıllarda bu bitki pek çok ülkede yetişmekte ve artan talepler doğrultusunda Avustralya, Amerika, Avrupa ve Çin gibi yerlerde bitkinin tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde ise başta Ege ve Akdeniz bölgesinde olmak üzere Güneydoğu Anadolu, Orta ve Doğu Anadolu, Karadeniz ve Marmara gibi tüm coğrafi bölgelerde yetişmektedir. (Taşdelen, 2020; Burunkaya, Kelebek ve Selli, 2021). Sarı kantaron bitkisinin yöresel ve halk arasında bilinen birçok ismi vardır. Ülkemizde “püren, bin bir delik otu, kan otu, kılıç otu, koyun kıran otu, kuzu kıran otu, mayasıl otu ve yara otu” gibi adlarla isimlendirilmektedir (Ekren, Sönmez ve Bayram, 2010). Sarı kantaron bitkisinin Latince adı *Hypericum perforatum* ‘dur. Dünyada St. John’s Wort (Aziz John bitkisi) olarak adlandırılmaktadır (Susamış, 2019; Altan vd., 2015).

Hypericum cinsine ait bitkiler, eski çağlardan beri dünyanın çeşitli yerlerinde geleneksel şifalı bitkiler olarak kullanılmıştır (Hosni, Msaada, Ben, Chahed ve Marzouk, 2011). *Hypericum* türlerinin tedavi edici özellikleri ve kullanımı eski zamanlara dayanmaktadır. Sarı kantaron bitkisi yaklaşık 2000 yıldan beri insanlar

tarafından bitkisel ilaç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. En büyük etkilerinden biri antidepresan olmasıdır ve antimikrobiyal etkisi sebebiyle yara iyileştirme konusunda da oldukça popüler tedavi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca antitümör, antiviral ve antibakteriyel etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda ağrı kesici bir etkisi olduğu, karaciğer koruyucu ve depresyon tedavisinde olumlu etkileri kanıtlanmıştır. Bu etkilerin yanı sıra kanser, şeker hastalığı, mide bağırsak hastalıkları ve kurt düşürücü gibi sorunlar üzerinde olumlu etkileri vardır (Aksu ve Altınterim, 2015; Taşdelen, 2020). Yapılan güncel çalışmalarda Sarı kantaron bitkisinde bulunan hiperisin etken maddesinin virüslere karşı etki etmesinden dolayı AIDS tedavisinde kullanılabileceği belirlenmiştir (Yalım Kaya ve Can, 2018).

1.1.1 Sarı Kantaronun Fitokimyası

Tıbbi ve aromatik bitkiler, sağlığı iyileştirmek ve birçok hastalığı tedavi etmek amacıyla kullanılan bileşiklerdendir (Ghiasvand vd., 2015). Tıbbi bitkiler içerdiği ve sentezlediği sekonder (ikincil) metabolitlerden dolayı birbirinden farklı özellik göstermektedir ve ayrılmaktadır (Kaya, 2017). Sarı kantaron bitkisi sekonder metabolitler açısından oldukça zengin bitkilerdir (Ersoy vd., 2021; Heinrich vd., 2017). İlaç olarak kullanılan sarı kantaronunda bulunan sekonder bileşenler, güneş ışınlarının kalitesine ve miktarına, toplandığı coğrafi bölgeye, mevsime ve toplandığı tarihe göre bulunma oranlarında değişiklik göstermektedir (Çiçek, 2021). Ayrıca bitkide en fazla etken madde bitkinin tam çiçeklenme döneminde olmaktadır. *Hypericum perforatum* türleri flavonoidler, naftodiantronlar, floroglusinol türevleri, uçucu yağlar (esansiyel yağlar), organik asitler, aminoasitler, proksiyanidinler taninler ve diğer suda çözünür bileşikler dahil olmak üzere en az 11 farklı sınıfta birçok ikincil metabolit içermektedir. Temelde bileşenlerinden kabul edilen naftodiantronlar sınıfı orta şiddetli depresyon tedavisinde etkindir ve öteki temel bileşenlerinden floroglusinoller ise yara, yanık ve iltihaplanma tedavisinde oldukça etkilidir. Bitkinin yapısında bulunan birçok bileşiklerden en aktif olanı floroglusinol türevlerinden olan hiperforin ve naftodiantronlar grubundan olan hiperisindir. Hiperofin sarı kantaron bitkisinde %2 ile 4 oranında, hiperisin ise %0,1 ile 0,3 oranlarında bulunmaktadır. Hiperofin etken maddesinin antibakteriyel, antidepresan,

antienflamatuvar, antitümör ve antioksidan etkileri bulunmaktadır. Ayrıca sarı kantaronun en karakteristik bileşiklerinden olan hiperisin, kırmızı renkli pigment olması sebebiyle kantaron yağına kırmızı renk vermektedir (Sönmez ve Seval, 2019).

Tıbbi ve aromatik özelliklere sahip bitkiler ve bu bitkilerden elde edilmiş ürünler bağışıklık güçlendirmede ve birçok hastalıkların tedavisinde çoğunlukla ilaç olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda *Hypericum* bitki türlerinden elde edilmiş ürünlerin tüketimi oldukça artmıştır ve günümüzde de en çok tüketilen tıbbi aromatik bitkilerdendir (Yılmazoğlu ve Hasdemir, 2022). Yapılan çalışmalarda sarı kantaronun birçok yararlı etkisinin olmasıyla birlikte, çeşitli yan etkileri de mevcuttur. Bitkinin yüksek miktarda kullanılmasıyla ışığa karşı hassasiyet ve deride kızarıklık gibi sorunlar tespit edilmiştir. Birçok literatürde ayrıca bitkinin ağız yoluyla kullanılmasında yorgunluk, mide rahatsızlıkları, halsizlik, baş dönmesi, ağız kuruması, saçta dökülme ve ışığa duyarlı olma gibi istenmeyen rahatsızlıklara sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yüksek dozda sarı kantaron tüketilmesi ardından ultraviyole ışınlar karşı hassasiyet oluşabilmektedir. Bunun sebebi ise sarı kantaronun ana etken maddelerinden olan hiperisinin aşırı tüketimi olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerden dolayı yüksek doz kullanılmaması gerekmektedir (Sönmez ve Seval, 2019; Ersoy ve Eroğlu Özkan, 2020).

1.2 Uçucu Yağlar

Uçucu yağlar, bitkilerden elde edilen buharlaşması kolay olan, renksiz veya açık sarı renkte, belirgin bir kokuya sahip, keskin kendine özgü bir lezzeti olan ve birçok bileşenden meydana gelmiş oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bileşiklerdir (Taşdelen, 2020). Genellikle uçucu yağlar, bitkinin kök, yaprak ve çiçek kısmında oldukça fazla bulunurken bitkinin kabuk ve sap gibi organlarında nadir miktarlarda bulunmaktadır. Bitkide uçucu yağların bulunma olasılığı yaklaşık %0,1 ile %0,25 aralığındadır ve organik çözücülerle çözünüp suda çözünmediklerinden dolayı yağ olarak tanımlanmasına rağmen sabit yağ tanımından farklıdır. Bu yağlar, eski zamanlardan günümüze kadar tedavide kullanılan bitkisel ilaçlar arasında yer almaktadır. Günümüzde kozmetik, parfüm, gıda, temizlik ve farmakolojide

kullanılmaktadır. Bu yağlar antiseptik, antifungal, antioksidan, antimikrobiyal, antiviral gibi birçok özelliğe sahiptir (Kaya, 2017; Çiçek,2021).

Yapılan çalışmalar sonucunda uçucu yağlarda yaklaşık olarak 2000'den fazla kimyasal bileşen bulunduğu belirlenmiştir. Uçucu yağların temel kimyasal bileşenleri, terpenler ve fenilpropanlar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Ayrıca bileşimlerinde asitler, alkoller, aldehit, keton, laktonlar, kükürt ve azot içeren bileşiklerin varlığı da bilinmektedir. Uçucu yağların bileşimleri ve miktarları, bulunduğu bitkilerin cinslerine, bitkide elde edildiği kısma, üretim şekline, toplama mevsimine ve bitkinin yetiştiği bölgenin coğrafi koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Uçucu yağlar farklı özelliklere göre sınıflandırılmaktadır. Uçucu yağların kimyasal bileşenleri, aromatik özellikleri ve farmakolojik terapi etkileri başlıkları altında gruplandırılabilir. Uçucu yağlar, kimyasal bileşenlerine göre aromatik maddeler, azot ve kükürt taşıyan maddeler terpenik maddeler ve düz zincirli hidrokarbonlar, olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Bayaz, 2014). *Hypericum perforatum* türünde en fazla tespit edilen uçucu yağ bileşenleri terpenler sınıfına ait olan monoterpenler ve seskiterpenlerdir. Monoterpenler sınıfından en çok bulunan uçucu yağ bileşenleri α -pinen, β -pinen ve limonen olarak sıralanabilir. Seskiterpenler grubundan ise β -karyofilin ve karyofilinoksit örnek verilebilmektedir. Ayrıca terpenik bileşiklere ek olarak alifatik bileşiklerde uçucu yağlarda bulunmaktadır(Koç, 2019).

1.2.1 Uçucu Yağların Elde Edilme Yöntemleri

Uçucu yağlar farklı amaçlarla farklı alanlarda kullanılmaktadır ve geçmişten günümüze destilasyon, ekstraksiyon ve mekanik yöntem (presleme) gibi yöntemler kullanılarak elde edilmektedirler. Destilasyon, ekstraksiyon ve uçucu yağların eldesinde en fazla kullanılan temel yöntemlerdir (Kaya, 2017). Uçucu yağ olarak elde edilmek istenen ürünün hangi amaçla kullanılacağına göre yöntemin ona uygun seçilmesi önemli bir etkindir. Destilasyon yöntemlerinden olan su buharı destilasyonu yaygın kullanılan destilasyon yöntemidir (Bayaz, 2014).

1.2.1.1 Destilasyon (Damıtma) Yöntemi

Destilasyon yöntemi, iki veya daha fazla bileşenlerin ayrılması için farklı kaynama noktalarından faydalanılarak uygulanan bir ayırma yöntemidir. Yöntemde uçucu bileşenlerine ayrılmak istenen maddelerin kaynama işleminden sonra bozunmaması gerekmektedir. Destilasyon yöntemi sonrasında elde edilen damıtılmış uçucu yağlar genellikle kaynama noktası düşük bileşikler ve suda çözünen bileşikler içermektedir (Kılıç, 2008). Destilasyon yöntemlerinin çeşitleri vardır. Bu yöntemler; su destilasyonu, buhar destilasyonu ve vakum destilasyonudur (Susamış, 2019).

Su buharı destilasyonu da bu yöntemlerden biri olup, suyun uçucu ve uçucu olmayan bileşenler ile damıtılmasıyla oluşan bir ayırma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Yöntemde kaynatılan sudan çıkan buharlar, uçucu bileşenlerin buharını bir yoğunlaştırıcıya taşır. Ardından her ikisi de soğutulurak sıvı hale dönerken, uçucu olmayan bileşenler ise kaynayan kapta kalmaktadır. Yöntemle hem katı hem de sıvı birçok bileşik, buhardaki uçuculuklarından yararlanılarak karmaşık karışımlardan ayrılabilir. Bileşiğin ayrılması için kararlı yapıda olması ve kaynayan suda çözünmemesi gerekmektedir. Su buharı destilasyonunda yapılan işlemler basit damıtma işlemine çok benzerdir. Temel fark ise su buharı destilasyonunda sistem sürekli sıcak su ile beslenmektedir. Bu yöntem endüstriyel alanda uçucu yağ elde etmek için en sık kullanılan işlemlerdendir (Susamış, 2019; Çevik, 2021).

1.2.1.2 Ekstraksiyon Yöntemi

Uçucu yağ bileşenlerine ayrılmak istenen aromatik bileşikler destilasyon yöntemi ile yüksek sıcaklıklardan zarar görerek yöntem verimini düşürmektedir. Bu yüzden destilasyon yönteminin birçok avantajı olmasına rağmen genellikle uçucu yağ bileşenlerine ayrılmak istenen maddeler için ekstraksiyon yöntemi tercih edilmektedir (Kaya ve Ergönül, 2015).

Ekstraksiyon yöntemi temel olarak bir çözeltideki ayrılmak istenen organik veya inorganik maddeyi başka bir çözücü yardımıyla ayırma işlemidir. Uçucu yağların elde edilmesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri geleneksel ve yeni metotlar olarak iki grupta incelenmektedir. Soxhlet ekstraksiyonu geleneksel bir yöntemlerdendir ve bu yöntemin işlem süresi oldukça uzundur. Ayrıca kullanılan çözücüler büyük miktarda olup çevreyi kirletmektedir. Geleneksel yöntemler sonucu molekül ağırlığı düşük uçucu bileşenler ve ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin çevreyi kirletmesi sebebiyle son yıllarda yeni ekstraksiyon yöntemleri tercih edilmektedir. Mikrodalga ekstraksiyonu, süperkritik sıvı ekstraksiyonu ve katı faz mikroekstraksiyonu sık uygulanan etkili ve güncel yöntemlerdendir (Çevik, 2021; Kılıç, 2008). Geleneksel yöntemlerin aksine mikroekstraksiyon yöntemi ile hızlı bir şekilde örnek hazırlama, az çözücü kullanımı, yüksek zenginleştirme katsayısı ve ekstraksiyon sonrasında örneğin analizi için doğrudan analitik cihazlara enjekte edilebilmesi gibi birçok avantajı vardır (Kaya, 2017).

Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi hızlı örnek hazırlama tekniğidir ve 1990 yılında Arthur ve Pawliszyn tarafından geliştirilen bir ekstraksiyon yöntemidir. (Arthur ve Pawliszyn, 1990). Yöntem, diğer ekstraksiyon yöntemleri ile kıyaslandığında yöntemin basit ve hızlı olması sebebiyle yaygın kullanıma sahiptir. Yöntemde ayırma ve deriştirme işlemleri tek basamakta gerçekleşir. Fakat bu yöntemde yüksek verim elde etmek için ekstraksiyon parametrelerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Katı faz mikroekstraksiyon ile yapılan optimizasyonda deneysel koşulları ve performansı etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler, ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, fiber tipi, fiber kalınlığı ve örnek hacmidir (Dadalı ve Elmacı, 2017; Ayhan ve Döş, 2004).

Bu ekstraksiyonda, en önemli görev silikaya kaplanmış farklı polaritede maddeler içeren katı faz mikroekstraksiyon fiberlerininidir. Ekstraksiyon fiber üzerinden gerçekleşmektedir. Yöntemde, yüzeyi polar veya apolar özellikte dolgu malzemeleri ile kaplı fiber kullanılmaktadır (Dadalı ve Elmacı, 2017). Örnek içinde bulunan bileşenler polaritelerine göre, optimum parametrelerde fiber yüzeyine tutunurlar, daha sonra uygun koşullardaki sıcaklıkta analitik cihazda fiber üzerinden desorbe olurlar (Kaya,2017). Katı faz mikroekstraksiyon koşullarının optimizasyonunda fiber seçimi yöntemin en önemli aşamasıdır. Fiber seçiminde analiz edilmek istenen örneklerin polaritelerine uygun fiber kaplama tipinin seçilmesi gerekmektedir. Fiber seçimi genellikle “benzer benzeri çözer” ilkesine dayanmaktadır (Zhang, Qi, Shao, Zhou ve Fu, 2007). Apolar yapıdaki örnekler için apolar fiber, polar yapıdaki örnekler içinse polar kaplamalı fiber seçilmektedir ve böylece daha iyi ekstraksiyon sağlamaktadır (Dadalı ve Elmacı, 2017).

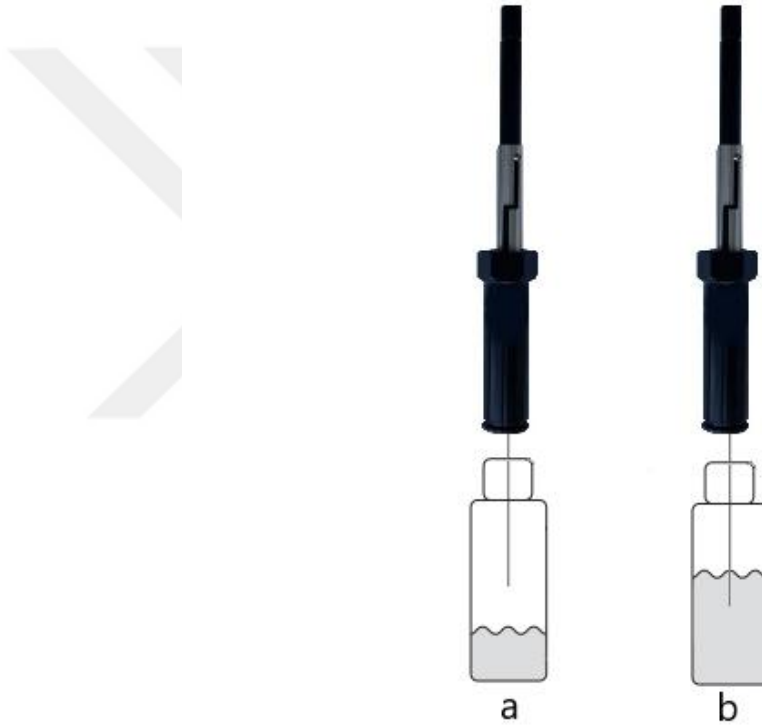
Ticari fiber üretiminde polidimetilsiloksan, divinilbenzen, poliakrilat, carboxen ve carbowax kullanılmaktadır. Ayrıca carbowax/divinilbenzen (CW/DVB), carboxen/polidimetilsiloksan (CAR/PDMS), polidimetilsiloksan/divinilbenzen (PDMS/DVB), polidimetilsiloksan/karboksen/polidimetilsiloksan (PDMS/CAR/PDMS) gibi farklı özelliklere sahip fiberler hazırlanmaktadır (Alver, Demirci ve Özcimder, 2012). Fiber tiplerinden polidimetiloksan (PDMS) ve polidimetilsiloksan/karboksen/polidimetilsiloksan (PDMS/CAR/PDMS) kaplamalı fiberler apolar özelliktedir. Polidimetilsiloksan/divinil benzen (PDMS/DVB) orta polariteye sahiptir. Poliakrilat (PA) ve carbowax kaplamalı fiberler ise polar özelliktedir (Kaya, 2017). Ticari fiberler arasında en yaygın olarak kullanılan fiberler PDMS veya PDMS kaplamalı karışık fiberlerdir. Ekstraksiyon yapılacak karışık örnekler için, PDMS/DVB, PDMS/CAR ve DVB/CAR/ PDMS içeren karışık fiberler daha yüksek tutma kapasiteleri nedeniyle tekli fiberlere göre daha iyi ekstraksiyon verimliliği gösterdiği bilinmektedir. Genellikle PDMS/DVB tipi fiberler terpenler ve türevleri gibi uçucu bileşenlerin tutulmasında kullanılmaktadır (Zhang vd., 2007; Kılıç, 2008).

Katı faz mikroekstraksiyon yönteminin esası tutunma ve ayrılma işlemine dayanmaktadır. Yöntemde hem matriksden ayrılma hem de zenginleştirme aynı anda gerçekleştirilmektedir. Uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu daha kısa sürede gerçekleşirken, uçuculuğu düşük bileşenlerin ekstraksiyonu için daha fazla süreye ihtiyaç duyulmaktadır (Kıranartlıgiller, 2014). Katı faz mikroekstraksiyon enjektörü sade ve basit bir cihazdır ve görüntüsü modifiye edilmiş şırıngayı anımsatmaktadır. Şekil 1.1’de katı faz mikroekstraksiyon metodunun enjektörü mevcuttur. Ekstraksiyonda kullanılacak polimerik adsorban kaplı silika fiber enjektöre yerleştirilir ve enjektör analiz edilecek örneğin konulduğu vialye yerleştirilir. Daha sonra piston aşağı itilerek fiber pistondan çıkarılır. Enjeksiyon işlemi tamamlandığında piston yukarı doğru fiber koruma amaçlı tekrar geri çekilir. Gaz kromatografî cihazının enjeksiyon bölgesine veya yüksek performanslı sıvı kromatografî cihazının ara fazına yerleştirilen enjektör ile desorpsiyon işlemi yapılır. Ardından fiber enjektör içine alınıp cihazdan enjektör çıkarılır (Kaya, 2017; Çevik, 2021).



Şekil 1.1 Katı faz mikroekstraksiyon enjektörü (Kişisel arşiv, 2023)

Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi, analitlerin uçuculuklarına bağlı olarak doğrudan daldırılmalı ve tepe boşluklu olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.2’de katı faz mikroekstraksiyon yönteminin uygulanma stilleri gösterilmiştir. Doğrudan daldırma ekstraksiyonda fiber, örnek içerisine daldırılarak ekstraksiyon sağlanır. Tepe boşluklu ekstraksiyon yönteminde ise, analizi gerçekleştirilecek örnek ve fiber birbirine dokunmaz; bu yüzden bu yöntem analit ile fiberin buhar etkileşimi ile gerçekleşir. Buhar fazındaki analitler hava akımı veya difüzyon yolu ile fiberin yüzeyine ulaşarak etkileşir. Yöntem basit ve hızlı olması gibi avantajlarından dolayı çok farklı örnek türleri için kullanılmaktadır (Kaya,2017).



Şekil 1.2 Tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon (a) ve doğrudan daldırılmalı katı faz mikroekstraksiyon (b) yöntemleri (Kişisel arşiv, 2023)

Klasik ekstraksiyon yöntemleri ile katı faz mikroekstraksiyon yöntemi kıyaslandığında bu yöntemin önemli avantajlara sahip olduğu bilinmektedir. Bu metot hızlı, basit ve çözücü kullanılması gerekmeyen hassas bir yöntemdir. Analitler ekstrakte edilirken aynı anda zenginleştirilir. Analitleri tayin etmede genellikle gaz kromatografi cihazı ve yüksek performanslı sıvı kromatografi cihazı gibi enstrümental analiz cihazları kullanılır. Fakat yöntem bazı dezavantajlara da sahiptir.

Örneğin, ekstraksiyonda kullanılan fiberler organik çözücü ile temas halinde şişme, kırılma, kaplanmanın sıyrılması, iğnede eğilme, fiber pahalılığı ve kullanımda sınırlama gibi dezavantajları mevcuttur. Ancak sıralanan dezavantajlara rağmen, yöntem biyoanalitik, çevre ve gıda alanlarında örneklerdeki uçucu veya yarı uçucu organik bileşiklerin ekstraksiyonu gibi birçok alanda kullanılır (Alver vd., 2012).

1.2.1.3 Mekanik Yöntem (Presleme)

Uçucu yağların eldesinde kullanılan başka bir yöntem de mekanik yöntemdir. Aynı zamanda soğuk sıkım yöntemi ve presleme olarak da adlandırılmaktadır. Destilasyon yöntemi uygulanan limon, portakal gibi turunçgillerin kabuklarında mevcut olan uçucu bileşikler yüksek sıcaklıklardan dolayı bozunmaya uğramaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu tür turunçgiller ve narenciye kabukları bir bez torbaya konularak soğuk hidrolik preste mekanik bir ısı olmadan sıkılması ardından uçucu yağların elde edilmesi gerçekleşmektedir. Yöntemde herhangi bir kimyasal işlem gerekmemektedir. Uçucu yağların elde edilmesinde diğer yöntemlere kıyasla ucuz, basit ve kolay bir yöntemdir. Fakat elde edilen ekstratların verimliliği düşüktür (Kılıç, 2008; Çevik, 2021).

1.3 Literatür Özeti

Literatürlerde bulunan çeşitli bitki örneklerine uygulanmış farklı ekstraksiyon ve destilasyon yöntemleri ile uçucu bileşenlerin analizi hakkında yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda mevcuttur.

Burdejova ve Vitova tarafından yapılan çalışmada, Çek Cumhuriyeti'nde üretilen lavanta, nane, adaçayı, çördük ve sarı kantaron olmak üzere beş şifalı bitkide uçucu bileşenler belirlenmiştir. Bunların belirlenmesi için gaz kromatografisi- kütle spektrometresi ile birleştirilmiş katı faz mikroekstraksiyon kullanılmıştır. Toplamda 52 uçucu bileşik tespit edilmiştir, tüm örneklerde monoterpenerler baskın olarak belirlenmiştir, bunu seskiterpenler, alkoller, esterler, hidrokarbonlar ve asitler izlemiştir. Tanımlanan bileşiklerden altısı (limonen, linalool, sitronellol, geraniol, benzil alkol ve öjenol) alerjen olarak kabul edilmektedir. Nane, adaçayı ve mercanköşk otunda limonen, lavanta, nane ve adaçayında linalool; adaçayı ve çördük otunda sitronellol ve adaçayında benzil alkol içeriği mevzuat tarafından tavsiye edilen güvenli değerleri aşmıştır. Bu nedenle, bu bitkilerin özleri kozmetikte veya gıda ürünlerinde kullanılıyorsa, hassas kişiler için olası bir risk olarak kabul edilebildiği belirlenmiştir (Burdejova ve Vitova, 2020).

Yin ve arkadaşları tarafından 2022 yılında yapılan bu çalışmada, Hunan siyah çayındaki uçucu bileşikler, tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi kullanılarak ardından gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucu geraniol, fenetil alkol, fenilasetaldehit, linalool, nonanal ve baskın bileşenler olarak 88 bileşiğin ekstrakte edilerek belirlenmiştir. Ayrıca, aroma aktif bileşikler, koku aktivite değeri ile tanımlanmıştır. Geraniol dahil olmak üzere 24 aroma bileşiğinin Hunan siyah çayında birincil aktif aromatik bileşikler olarak kabul edildiği bulunmuştur. Genel olarak, bu çalışmada Hunan siyah çayındaki baskın çiçek-bal aromasından sorumlu olan uçucu bileşikler tanımlanması amaçlanmıştır (Yin vd., 2022).

2020 yılında Umaz ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 2019 yılında Haziran ve Ağustos aylarında Türkiye'nin iki farklı bölgesinden toplanmış Altın Otunun (*Helichrysum arenarium*) katı faz mikroekstraksiyon yöntemi kullanılarak

ekstraksiyonu ardından gaz-kromatografisi-kütle spektrometresi analizi ile uçucu bileşenleri tayin edilmiştir. Bitlis'in göl çevresinden toplanan altın otunda toplam 21 adet uçucu bileşen tespiti yapılırken, Giresun'un dağlık bölgesinden toplanan ot örneğinde 33 adet tespit edilmiştir. Bitlis bölgesinden alınan örnekte tayin edilen ana uçucu bileşikler, α -sedren, α -pinen, α -humulen, aromadendren, α -kurkumen, germakren B, α -kadinen, ökaliptol, α -duprezianen ve limonendir. Giresun bölgesinden alınan Altın otu örneklerinde ise α -pinen, α -himakhalen, α -humulen, δ -kadinen, γ -kadinen ve ökaliptol uçucu ana bileşenleri tespit edilmiştir (Umaz, A. ve Umaz K., 2020).

2021 yılında Ji ve arkadaşları tarafından yapılmış olan çalışmada Güneybatı Çin'de birçok tedavi amaçlı kullanılan *H. perforatum*, *H. hookerianum*, *H. bellum* ve *H. pseudohenryi* dahil olmak üzere dört *Hypericum* türün içerdiği uçucu yağları süper kritik akışkan ekstraksiyonu ile elde edilerek gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile analiz edilmiştir. *H. perforatum*'dan 56 bileşik tanımlanmıştır. *H. hookerianum*'dan, esas olarak alkanlardan oluşan 71 bileşik tanımlanmıştır. *H. bellum*'dan 43 bileşik tanımlanmıştır ve uçucu yağı esas olarak oksijenli seskiterpenoidler içermektedir. *H. pseudohenryi*'den 57 bileşik tanımlanmıştır ve uçucu yağ nispeten yüksek seviyelerde alkanlara sahiptir. Ayrıca uçucu yağları antimikrobiyal ve enzim inhibe edici aktiviteler açısından *in vitro* olarak değerlendirilmiştir. Seskiterpenoidler ve alkanoller, güçlü antibakteriyel aktivite gösteren ve yağın gözlenen antimikrobiyal aktivitesini açıklamaya yardımcı olan *H. hookerianum* ve *H. bellum* yağlarının en bol bulunan bileşenleridir. Wushan'da toplanan *H. perforatum*, tirozinaz inhibisyon aktivitesi göstermiştir. Mevcut sonuçlara göre, üç Asya *Hypericum* türü ve iki Çin *H. perforatum* popülasyonu, kozmetik, gıda ve farmasötikler için umut vaat eden bileşenler olabileceği vurgulanmıştır (Ji vd., 2021).

Zhang ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olan bu çalışmada, *Ligusticum chuanxiong* Hort. bitkisinin kurutulmuş köksapındaki uçucu bileşikler tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi kullanılarak gaz kromatografisi- kütle spektrometrisi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada PDMS, PDMS-DVB ve DVB-CAR-PDMS fiberleri kullanılmıştır ve en iyi ekstraksiyon DVB-CAR-PDMS

fiberinde gerçekleşmiştir. Fiberlerde sıcaklık ve zaman, numune miktarı, desorpsiyon süresi parametreleri incelenmiştir. Yöntem ile 73 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Çalışmada analiz öncesi uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu için buhar destilasyonu ve katı faz mikroekstraksiyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, katı faz mikroekstraksiyon yönteminin çok daha az numune miktarı, kısa ekstraksiyon süresi ve daha basit prosedüre sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca uçucu bileşen analizinde kullanılması öngörülmüştür (Zhang, Qi, Shao, Zhou ve Fu, 2007).

2008 yılında Li ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu çalışmada, *Artemisia argyi* çiçeklerinde uçucu bileşenlerin analizi ve tayini amaçlanmıştır. Çalışmada uçucu bileşenlerin hızlı analizi için katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ardından analiz için gaz kromatografisi- kütle spektrometrisi kullanılmıştır. Kullanılan tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yönteminde fiber kaplaması, ekstraksiyon süresi ve ekstraksiyon sıcaklığı gibi koşullar optimize edilmiştir. Yöntem sonunda çiçeklerde 49 uçucu bileşen tayin edilmiştir. Çalışmada buhar destilasyonu yöntemi kullanılarak ekstraksiyon yöntemi ile karşılaştırılmıştır ve buhar destilasyonu yöntemi ile 47 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Karşılaştırılan iki yöntemde de ana bileşen olan siklofenken, α -pinen, α -mirsen, D-limonen, karyofilen ve germacrene D bileşikleri tanımlanmıştır (Li, Mao ve Zhang, 2008).

Cecati ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan çalışmada, *Eupatorium buniifolium* bitkisinin toprak üstü kısımlarında olan uçucu bileşenlerin analizi üç ticari fiber kullanılarak katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ve alev iyonlaştırma dedektörlü gaz kromatografi cihazı ve gaz kromatografisi-kütle spektrometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Tayin edilen uçucu bileşenler başta hidrokarbonlar, seskiterpenler ve monoterpenlerdir. Çalışmada kullanılan üç farklı ticari fiberin ekstraksiyonları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. *Eupatorium buniifolium* bitkisinden elde edilen uçucu yağlar buhar destilasyonu ile elde edilmiştir ve hem doğrudan daldırma katı faz mikroekstraksiyon yöntemi hem de tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile edilmiştir. Kullanılan üç ticari fiber ile *Eupatorium b.* bitkisinin uçucu bileşenlerinin aromaları güvenilir bir şekilde adsorbe/desorbe edilmiştir. Kullanılan destilasyon ve ekstraksiyon yöntemleri sonucunda taze bitki

materyalinden elde edilen uçucu yağlar farklılık göstermiştir (Cecati, Cid, Ardanaz ve Kurina-Sanz, 2020).

Zeng ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş bu çalışmada, *Adenosma indianum* (Lour.) Merr. bitkisinin içerdiği antibakteriyel ve antiflojistik aktivitelerde önemli bir rol sahibi olan uçucu bileşenlerin tayini amaçlanmıştır. Çalışmada, bitkinin içerdiği uçucu bileşenler buhar damıtma ve tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon ile ekstrakte edilmiş ardından gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile analiz edilmiştir. Toplam 49 uçucu bileşen tayin edilmiştir ve ana uçucu bileşenler sırasıyla, α -limonen (%20,59–35,07), fenkon (%15,79–31,81), α -karyofillen (%6,98–10,32), β -karyofillen (%6,98–10,19) ve piperitenon oksit (%1,96–11,63) olarak bulunmuştur. Çin'in iki farklı bölgesinde yetişen *Adenosma indianum* (Lour.) Merr. bitkisinin uçucu bileşenleri ve kullanılan yöntemler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Çin'in iki bölgesinden alınan bitki materyallerinin ana uçucu bileşenlerinin benzer olduğu ancak ekstraksiyon yöntemleriyle sayılarının değiştiği gözlenmiştir (Zeng, Meng, Ye ve Zeng, 2013).

Zeng, Xie ve arkadaşları tarafından yapılan bu çalışmada, Çin bölgesinden *Magnolia biondii* Pamp bitkisinden elde edilen uçucu bileşenlerin kimyasal bileşimleri buhar damıtma ve tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyonu ardından gaz kromatografisi ve gaz kromatografisi- kütle spektrometrisi ile analiz yapılması amaçlanmıştır. Analiz sonucunda toplam 56 bileşik tanımlanmıştır ve başlıca uçucu bileşenler *d*-kafur (%0,18-43,26), 1,8-sineol (%13,23-38,02), α -terpineol (%6,57-12,29) ve α -kadinen (%5,53- %15,15) sırasıyla belirlenmiştir. Çin'in üç farklı bölgesinde hasat edilen bitki örnekleri için çalışılan ekstraksiyon ve destilasyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Yöntemler arasında farklılıklar belirlenmiştir. Katı faz mikroekstraksiyon yöntemi buhar destilasyonuna göre daha hızlı olduğu tespit edilmiştir (Zeng, Xie, Zhang, R., Zhang, T. ve Chen, 2011).

Xie ve arkadaşları tarafından geliştirilen çalışmada, *Exocarpium Citri Grandis*'te bulunan uçucu bileşenler sırasıyla buhar destilasyonu, tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon ve solvent ekstraksiyon yöntemleri ile ekstrakte edilip gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi ile analizi amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre toplam 81 bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşiklerin buhar destilasyonu yöntemi ile

77 adet, katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile 56 adet ve solvent ekstraksiyonu yöntemi ile ise 48 adet olduğu belirlenmiştir. *Exocarpium Citri Grandis*'in başlıca tespit edilen uçucu bileşenleri sırasıyla terpenler (%39.98~57.81), başlıca germakren-D, limonen, 2,6,8,10,14-heksadekapentaen, 2,6,11,15-tetrametil- (E, E, E)-, ve *trans*-karyofilendir. Çalışmada kullanılan üç yöntem karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemlerden tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi tatmin edici bir ekstraksiyon verimliliği sağlamıştır. Bu yöntemin daha az numune kullanımı, ekstraksiyon süresinin kısalığı ve basit bir prosedüre sahip olması sebebiyle uçucu bileşik tayini için iyi bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Xie vd., 2013).

Zeng ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olan bu çalışmada, üç farklı Japon pirinç çeşidi olan Nihonbare, Koshihikari ve Akitakomachi'de bulunan uçucu bileşikler tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edildikten sonra gaz kromatografisi- kütle spektrometresi ile analizi amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre aldehitler, ketonlar, alkoller ve heterosiklik bileşiklerin yanı sıra yağ asitleri ve esterler, fenolik bileşikler, hidrokarbonlar vb. dahil olmak üzere toplam 46 uçucu aromatik bileşen tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan üç farklı pirinç çeşidinin içerdiği uçucu bileşenlerin benzerlikleri ve farklılıkları karşılaştırılmıştır (Zeng, Zhang, Chen, Zhang ve Matsunaga, 2008).

2021 yılında Asadzadeh ve arkadaşları tarafından yapılan bu çalışmada, Zygophyllaceae familyasına ait olan *Peganum harmala* bitkisinin tohumunda bulunan esansiyel yağların kimyasal bileşimini belirlenmesi amaçlanmıştır. *Peganum harmala* bitkisi geleneksel tıpta bağırsak kurtlarını kovucu, cinsel gücü artırıcı, süt salgısını artırıcı, romatizmayı önleyici, düzenleyici, parazit önleyici, hipnotik, terletici, kanser önleyici ve analjezik gibi tedavi edici etkileri gibi birçok yararı vardır. Bitkinin esansiyel yağı tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiş ve kimyasal bileşikler gaz kromatografisi-kütle spektrometresi cihazı ile tayinleri gerçekleştirilmiş ve toplam 41 adet bileşik tespit edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre uçucu yağda en fazla bulunan kimyasal bileşenleri sırasıyla 2,3-dimetil benzofuran (%28,32), cis-linalool oksit (%7,46), [2E]-desenal (%6,57), 4aa,7β,7α-nepetalakton (%6,49), 3-okso-p-ment-1-en-7-al (%6,36) ve *trans*-β-terpineol (%5,86) olarak belirlenmiştir (Asadzadeh, Abbasi ve Bahmani, 2021).

1.4 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar yörelerinde yetişen sarı kantaron bitkisinde bulunan uçucu bileşenlerin tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyon (TB-KFME) yöntemi ve su buharı destilasyonu yöntemi kullanılarak ekstrakte edilmesi ve bileşenlerin gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC/MS) ile analizlerinin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Çalışmanın basamakları aşağıda özetlenmiştir:

1. İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar yörelerinden sarı kantaron bitkisinin toplanması, kurutularak çiçek ve yaprak kısımlarının ayrılması
2. Sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısmının uçucu bileşenlerinin TB-KFME yöntemi ile ekstraksiyonu için divinilbenzen/karboksen/polidimetilsiloksan ticari fiberi kullanılarak optimum denge zamanı, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon zamanının belirlenmesi
3. Su buharı destilasyonu yöntemi ile sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak ekstraktlarının elde edilmesi
4. GC/MS ile uçucu bileşenlerin analizi için optimum koşulların belirlenmesi
5. Ödemiş ve Seferihisar yörelerinden elde edilen sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısımlarının uçucu bileşenlerinin ekstraksiyon ve destilasyon sonrası analizi yapılarak bileşenlerin tanımlanması
6. Sarı kantaron bitkilerinin çiçek ve yaprak kısımlarının bileşenlerinin karşılaştırılması
7. Elde edilen sonuçlara göre TB-KFME yönteminin ve su buharı destilasyon yönteminin karşılaştırılması

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal ve Kimyasallar

Çalışmada kullanılan sarı kantaron bitkisi, İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinden toplanmıştır. Bitkilerin çiçek ve yaprak kısımları kullanılmıştır.

KFME için kullanılan divinil benzen/karboksen/polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS, 50/30 µm) ticari fiberi, politetrafloroetilen/silikon septumlu cam vialler Supelco'dan satın alınmıştır. Kullanılan C₇-C₄₀ standardı stok çözeltiden hegzan içerisinde seyreltilerek kullanılmıştır.

Kromatografik analizler için Thermo Scientific TRACE 1300 gaz kromatografisi ve dört kutuplu kütle spektrofotometresi (GC/MS) cihazı kullanılmıştır. Kromatografik ayırma Thermo marka TG-5MS (30 m x 0.25 mm I.D. x 0.25 µm) silika kapiler kolon ile sağlanmıştır.

2.2 Örnek Hazırlama

Bu çalışmada kullanılan sarı kantaron bitkisi kurutulmuştur ve bitkilerin çiçek ve yaprak kısımları ayrılarak öğütülmüştür. Daha sonra bitki numuneleri serin ve karanlık bir ortamda saklanmıştır Şekil 2.1'de İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinden toplanan sarı kantaron bitkisinin ayıklanmış yaprak ve çiçek kısımları gösterilmiştir.



Şekil 2.1 İzmir'in Seferihisar ve Ödemiş yöresine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısmı (Kişisel arşiv, 2023)

2.3 TB-KFME Yöntemi

İzmir'in Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinden toplanan sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yapraklarındaki uçucu bileşenlerinin analiz öncesi ekstraksiyonu için TB-KFME yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon, her analiz için 20 mL'lik vial ve 500 mg bitki örneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İçerisinde örnek bulunan vial, 80 °C sıcaklıkta metalik ısıtma bloğunda 40 dk karıştırılmış, daha sonra fiber vialin tepe boşluğuna daldırılarak 200 rpm'de 10 dk ekstrakte edilmiştir. Bu etkileşim ile uçucu bileşenlerin fiber yüzeyindeki sorbente tutunması sağlanmıştır. Şekil 2.2'de çalışmada kullanılan ticari fiber ve kullanılan TB-KFME yöntemi gösterilmiştir. Ekstrakte edilen sarı kantaron numuneleri, ekstraksiyon aşamasının ardından GC/MS cihazına enjekte edilerek 250 °C'de 5 dk desorpsiyona tabi tutularak analiz edilmiştir. Optimum ekstraksiyon verimi için, denge zamanı, ekstraksiyon sıcaklığı ve ekstraksiyon süresi optimize edilmiştir



Şekil 2.2 Çalışmada kullanılan DVB/CAR/PDMS KFME fiberi ve TB-KFME yöntemi (Kişisel arşiv, 2023)

2.4 Su Buharı Destilasyonu

500 mL'lik yuvarlak dipli balona 15 g kurutulmuş sarı kantaron bitkisi konulmuş ve ardından 300 mL ultra saf su ilave edilmiştir. Hidrodestilasyon düzeneği kurularak elde edilen karışım 3 saat boyunca Şekil 2.3'te verilen düzeneğe kaynatılmıştır. Destilasyon işleminin ardından elde edilen damıtılmış madde, oda sıcaklığına getirilmiştir. Daha sonra diklorometan (CH_2Cl_2) ile sıvı sıvı ekstraksiyon yöntemi uygulanarak sıvılar yoğunluk farkından yararlanılarak ayrılmıştır. Damıtılan 25 mL madde için 10 mL diklorometan kullanılarak ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ayrılan faz evaporatörde buharlaştırılarak sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak ekstratları elde edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar filtrelenmiş ve 1 µL ekstrakt GC/MS'e enjekte edilerek analiz yapılmıştır. Uygulanan deneysel prosedürler İzmir'in Seferihisar ve Ödemiş bölgelerinden toplanarak kurutulan sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprakları için ayrı ayrı uygulanmıştır.



Şekil 2.3 Çalışmada kullanılan su buharı destilasyon düzeneği (Kişisel arşiv, 2023)

2.5 GC/MS Analizi

Sarı kantaron bitkisindeki uçucu bileşenlerin analizi için Şekil 2.4'te verilen GC/MS cihazı kullanılmıştır. Uygulanan sıcaklık programlaması; 50 °C (3 dk bekletme), 3 °C/dk hızla 180 °C ısıtma ve 20 °C/dk hızla 280 °C ısıtma (20 dk bekletme) şeklindedir. 1 mL/ dk akış hızında yüksek saflıkta helyum taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Enjeksiyon splitless (bölünmemiş) modunda gerçekleştirilmiştir ve kütle tarama aralığı 50- 650 m/z olarak çalışılmıştır. DVB/CAR/PDMS fiber için 250 °C'de GC enjeksiyon portunda 2 dk enjeksiyon yapılmıştır. Destilasyon sonrası analiz için ekstraktlardan 1 µL enjekte edilmiştir. Piklerin tanımlanması için, C₇-C₄₀ n-alkanlar için elde edilmiş bağıl alıkonma indeksleri (I), NIST11 (National Institute of Standards and Technology as MS library) kütüphanesi ve Adam'ın kütüphanesinden literatür bağıl alıkonma indeksleri (I) ile karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir (Adams, 2007). Bağıl alıkonma indekslerinin, I, hesaplanması için aşağıda denklem 2.1'de verilen van den Dool ve Kratz eşitliğinden yararlanılmıştır. Denklemde I, bilinmeyen bileşiklerin alıkonma indeksleri; n, n-alkan sayısını ifade etmektedir. Ayrıca $t_{R(n)}$, n-alkanların alıkonma zamanları ve $t_{R(i)}$,

ise bilinmeyen bileşğin alıkonma zamanını tanımlamaktadır (Chemetova, 2013; Kaya, 2017).

$$I = 100n + 100 \frac{t_{R(i)} - t_{R(n)}}{t_{R(n+1)} - t_{R(n)}} \quad (2.1)$$

Uçucu bileşiklerin pik alan yüzdelерinin hesaplanması, her uçucu bileşğin pik alanının, tüm uçucu bileşenlerin pik alanlarının toplamına oranı ile gerçekleştirilmiştir (Maikhunthod ve Marriott, 2013; Kaya, 2017).



Şekil 2.4 Kullanılan GC/MS cihazı (Kişisel arşiv, 2023)

BÖLÜM ÜÇ

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

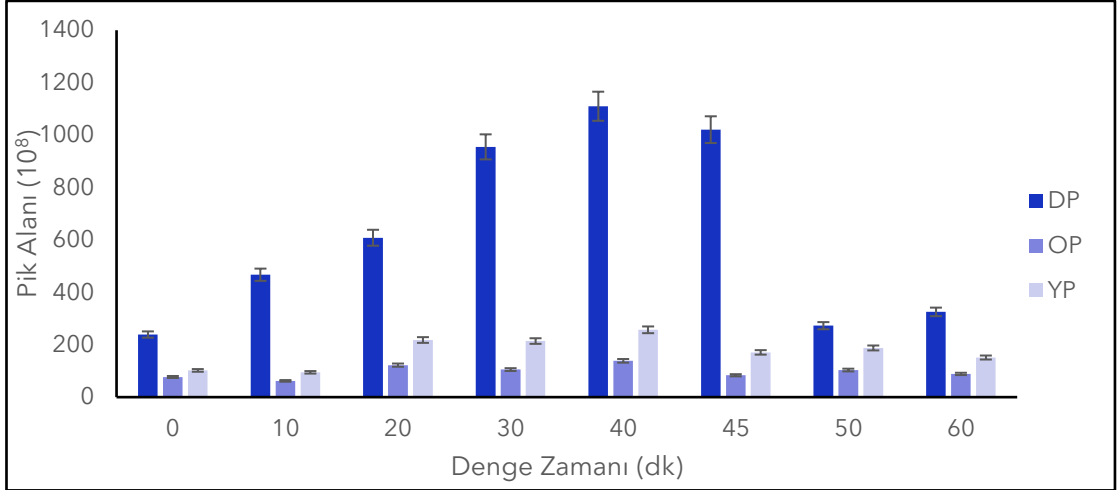
3.1 TB-KFME Yönteminin Optimizasyonu

TB-KFME yönteminin optimizasyonu DVB/CAR/PDMS fiberi ile Ödemiş bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmı ile gerçekleştirilmiştir. Denge zamanının belirlenmesi, ekstraksiyon sıcaklığının belirlenmesi ve ekstraksiyon zamanının belirlenmesi sırasıyla çalışılan optimizasyon parametreleridir.

Piklerin grafiğe geçirilmesinde düşük, orta ve yüksek polarite bölgelerine ait 3 farklı pik seçilmiştir. Bu polarite bölgelerinden seçilen pikler, optimizasyon parametresi- pik alanı grafiğine aktarılmıştır ve parametreler için optimum değerler belirlenmiştir.

3.1.1 Optimum Denge Zamanı

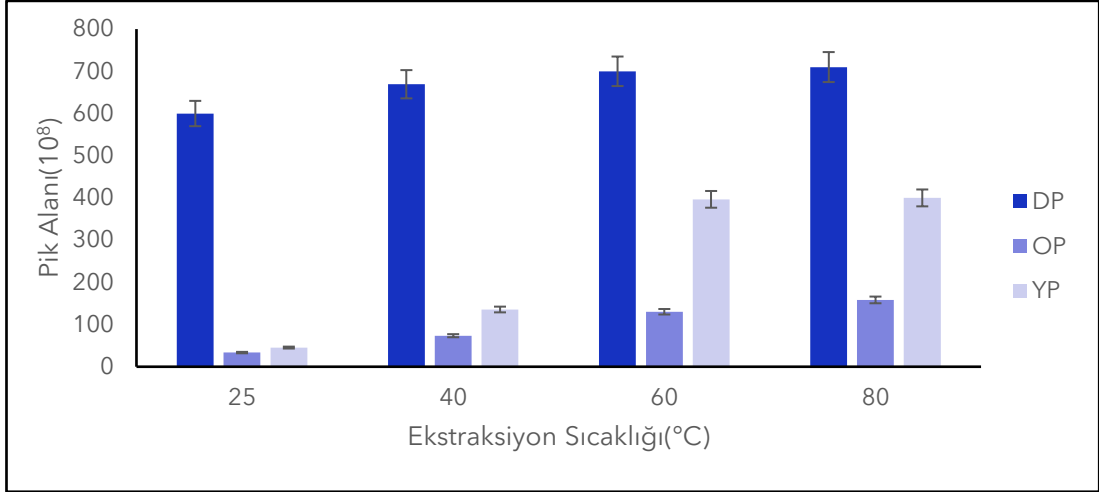
Optimum denge zamanının belirlenmesi için, 500 mg örnek içeren vial metal ısıtma bloğuna konarak 40 °C’de 0, 10, 20, 30, 40, 45, 50 ve 60 dk karıştırılmıştır. Daha sonra vialin tepe boşluğuna fiber daldırılmış ve 10 dk 200 rpm’de ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında vialden çıkartılan fiber GC/MS’e enjekte edilip 5 dakika 250 °C’de uçucu bileşenlerin desorpsiyonu sağlanmıştır. Tüm çalışmalar 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen alan değerleri çalışılan denge zamanlarına karşılık grafiğe geçirildiğinde optimum denge zamanının 40 dk olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.1). Daha sonraki çalışmalar bu denge zamanında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 TB-KFME yöntemine denge zamanının etkisi (YP: Yüksek polarite; OP: Orta polarite; DP: Düşük polarite). (Deney şartları: ekstraksiyon zamanı: 10 dk; ekstraksiyon sıcaklığı: 40 °C)

3.1.2 Optimum Ekstraksiyon Sıcaklığı

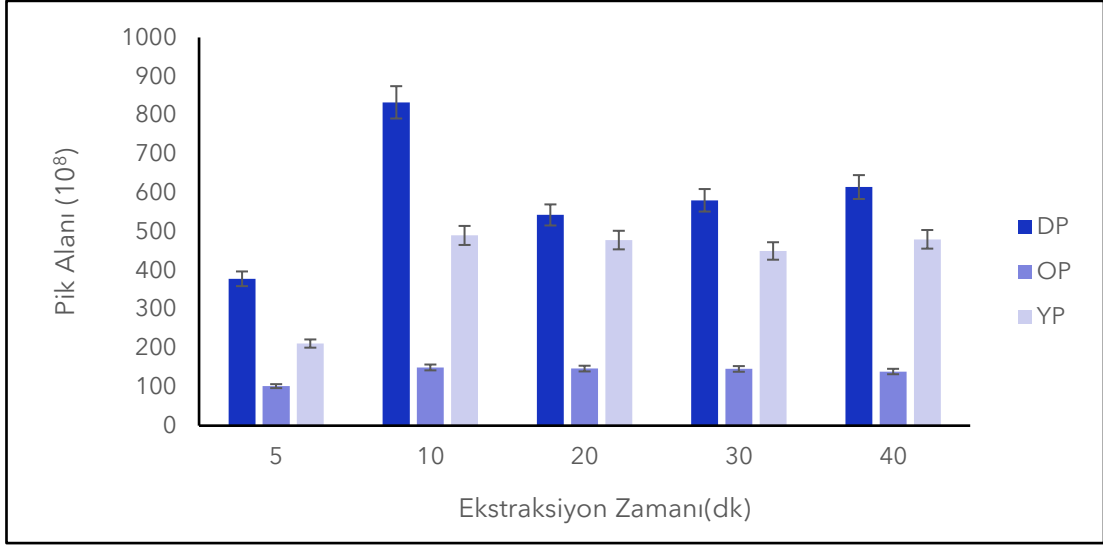
Optimum ekstraksiyon sıcaklığı için, metal ısıtma bloğu farklı sıcaklıklara ayarlanmıştır (25, 40, 60 ve 80 °C). Tartılan 500 mg'lık Ödemiş Bölgesi sarı kantaron çiçek numunesi vialde konulmuş ve metalik ısıtma bloğunda 200 rpm'de belirtilen sıcaklıklarda 40 dk karıştırılmıştır. Daha sonra vialin tepe boşluğuna fiber daldırılmış ve 10 dk daha karıştırılarak ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında vialden çıkartılan fiber GC/MS'e enjekte edilip 5 dakika 250 °C'de uçucu bileşenlerin fiber yüzeyinden ayrılması sağlanmıştır. Tüm çalışmalar 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Sarı kantaron bitkisi için uygun optimum sıcaklık 80 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2). 80 °C üstü sıcaklıklarda yapısal bozunmalar meydana gelebileceğinden bu sıcaklık üzerinde çalışılmamıştır. Bu yüzden daha sonraki çalışmalar 80 °C'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 TB-KFME yöntemine ekstraksiyon sıcaklığının etkisi (YP: Yüksek polarite; OP: Orta polarite; DP: Düşük polarite). (Deney şartları: denge zamanı: 40 dk; ekstraksiyon zamanı: 10 dk)

3.1.3 Optimum Ekstraksiyon Zamanı

Optimum ekstraksiyon zamanı için, tartılan 500 mg'lık Ödemiş Bölgesi Sarı Kantaron çiçek numunesi vial konulmuş ve metalik ısıtma bloğunda 200 rpm'de 80 °C'de 40 dk karıştırılmıştır. Ardından vialin tepe boşluğuna fiber daldırılmış ve 5, 10, 20, 30 ve 40 dk'lık sürelerde ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında vialden çıkartılan fiber GC/MS'e enjekte edilip 5 dk 250 °C'de uçucu bileşenler fiber yüzeyinden desorbe edilmiştir. Tüm çalışmalar 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Sarı kantaron bitkisi için optimum ekstraksiyon zamanı 10 dk olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3). Bu yüzden sonraki ekstraksiyon çalışmaları bu ekstraksiyon süresinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3 TB-KFME yöntemine ekstraksiyon zamanının etkisi (YP: Yüksek polarite; OP: Orta polarite; DP: Düşük polarite). (Deney şartları: ekstraksiyon sıcaklığı: 80 °C; denge zamanı: 40 dk)

3.2 TB-KFME Yöntemi Sonrası Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi

TB-KFME yöntemi GC/MS analizi ile yapılan çalışma sonucunda, toplam pik alanına göre alan yüzdeleri % 0,05 değerinden az olmayacak şekilde pikler bulunmuş ve tanımlanmıştır. Bulunan pikler sarı kantaron bitkisinin yetiştiği coğrafi koşullara ve sarı kantaronun analiz edilen bölgesine (çiçek veya yaprak) göre ikincil metabolit türlerinde ve uçucu bileşen sayılarında değişiklik göstermiştir. Ödemiş ve Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin, çiçek ve yaprak kısımlarının TB-KFME yöntemi sonrasında elde edilen GC/MS kromatogramları Şekil 3.4-3.7’de verilmiştir. Uçucu yağların bileşik adları, kapalı formülleri, bağlı oldukları bileşik sınıfları, alıkonma zamanları (t_R), hesaplanmış bağıl alıkonma indeksi (I_{Hes}) ve literatürlere ait bağıl alıkonma indeksleri (I_{Ref}) yetişmiş olduğu farklı coğrafi bölge olan Ödemiş ve Seferihisar bölgeleri için ayrı ayrı tablolarda özetlenmiştir (Tablo 3.1-Tablo 3.4).

TB-KFME yönteminde kullanılan apolar özelliğe sahip analiz edilecek farklı birçok bileşiklerin tanımlanmasında kullanılmakta olan ticari DVB/CAR/PDMS kaplamalı fiber yüksek tutma kapasitesine sahiptir. Sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısımlarının TB-KFME yöntemiyle tespit edilen bu piklerden 104 adet pik literatürden yararlanılarak tanımlanmıştır.

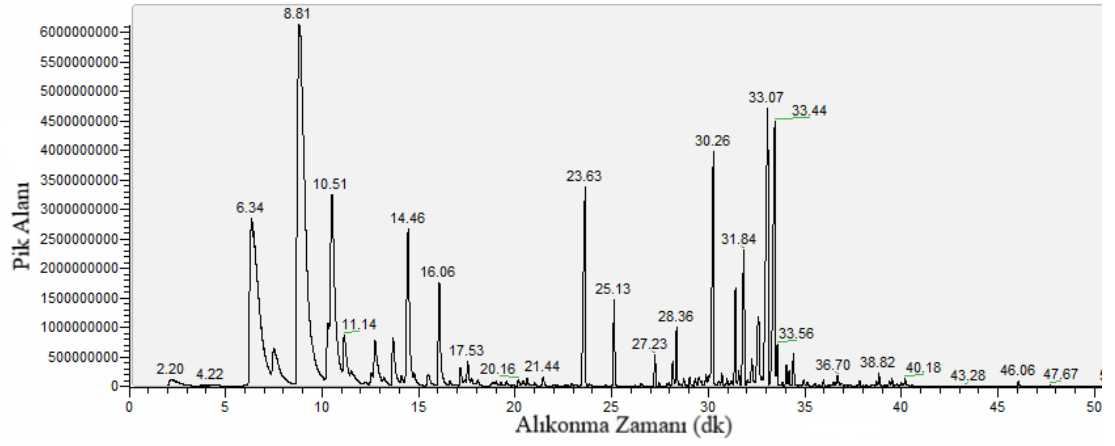
Seferihisar yöresine ait sarı kantaron bitkisinde tayin edilen toplam uçucu bileşenlerin pik sayısı bitkinin çiçek kısmında 62 iken yaprak kısmında 70 adettir. Bitkinin çiçek kısmında sınıflandırılan bileşik gruplarından seskiterpenler ve diğer bileşik gruplarından tanımlanan bileşik sayısı 15 adettir ve en yüksek yüzde alan değerlerine sahiplerdir. Ardından seskiterpenoidler, monoterpenoidler ve monoterpenler bileşik gruplarında sırasıyla 14, 10 ve 8 adet bileşik tanımlanmıştır. Diğer bileşikler olarak sınıflandırılan hidrokarbon, alkol, aldehit ve esterler %28,54 alan yüzdesi oranına sahip iken seskiterpenler %20,52 oranındadır. Bitkinin yaprak kısmında en yüksek tanımlanan uçucu bileşen olarak, diğer bileşikler (alkol, aldehit, keton, ester, hidrokarbonlar) sınıfında 26 adet pik tanımlanmışken diğer fazla grup olan seskiterpenoidler sınıfında 15 adet pik tanımlanmıştır ve alan yüzde oranları sırasıyla %22,5 ve % 27,2'dir. Bitkinin yaprak kısmında en yüksek alan yüzdesi olan grup seskiterpen %33,46 oranına sahiptir ve 12 adet pik tanımlanmıştır. Monoterpen ve monoterpenoid gruplarından sırasıyla 6 ve 11 adet pik tanımlanmış olup alan yüzdeleri ise %11,55 ve %5,28'dir. Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde en yüksek yüzde alana sahip olan uçucu bileşenler seskiterpenoidler grubuna ait olan β -selinene ve α -selinene bileşikleridir. Yüzdeliği fazla olan diğer uçucu bileşikler ise, (E)-caryophyllene, (E)- β -farnesene, γ -amorphene, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide ve hidrokarbonlar grubuna ait olan 2-methyldodecane ve 2-methyloctane olarak tanımlanmıştır.

Ödemiş yöresine ait sarı kantaron bitkisinde tayin edilen toplam uçucu bileşenlerin pik sayısı bitkinin çiçek kısmında 86 iken tanımlanan pik sayısı 64'tür ve yaprak kısmında toplam belirlenen pik sayısı 137 iken tanımlanan pik sayısı 90 adettir. Tanımlanan piklerin bileşik grupları incelendiği zaman bitkinin en fazla tanımlanan pik sayısı diğer bileşikler grubuna (siklometikon, hidrokarbon, alkol, aldehit ve ester) aittir ve çiçek kısmında 18 adet pik tanımlanmışken yaprak kısmında

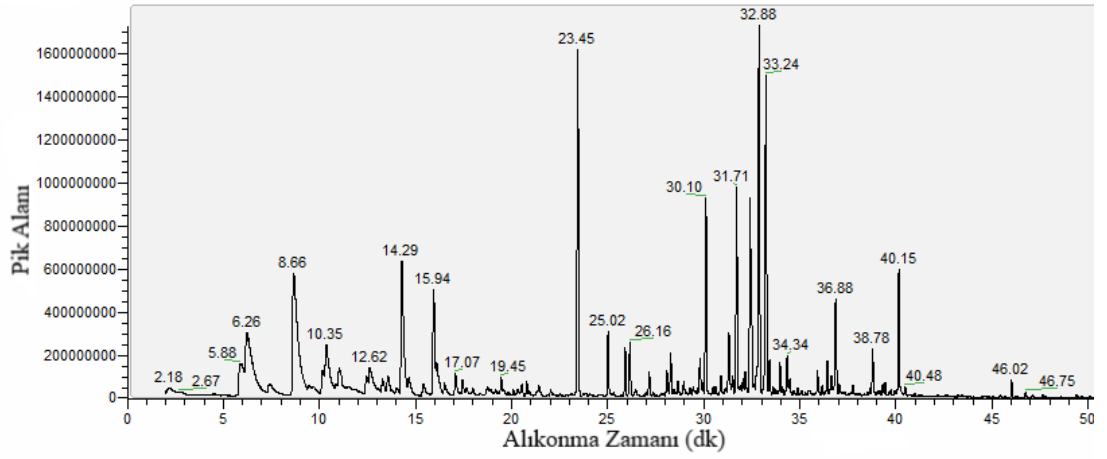
32 adet bileşik tanımlanarak adlandırılmıştır. Diğer bileşikler sınıfının yüzde alan değeri çiçek kısmı için %31,61 iken yaprak kısmı için %24,64 olarak belirlenmiştir. Seskiterpenoidler sınıfının alan yüzdesi en yüksek olup, çiçek kısmı için %33,68 iken tanımlanan bileşik sayısı ise 14 adettir ve çiçek kısmı için alan yüzdesi %31,75 iken tanımlanan bileşik sayısı 18'dir. Ardından tanımlanan pik sayıları sırasıyla seskiterpen (çiçek: 11 adet ve yaprak: 16 adet), monoterpenoid (çiçek: 13 adet ve yaprak: 12 adet) ve monoterpen (çiçek: 8 adet ve yaprak: 12 adet) belirlenmiştir. Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde en yüksek alan yüzdesine sahip olan uçucu bileşenler seskiterpenoid grubuna ait olan β -selinene ve α -selinene'dir. Diğer yüzdeliği daha fazla olan uçucu bileşenler ise sırasıyla, α -pinene, β -pinene, (E)-caryophyllene, (E)- β -farnesene, γ -amorphene, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide, α -humulene, (E)- β -ocimene, α -cyclocitral, trans-carveol, 2-methyldodecane ve 2-methyloctane olarak sıralanmaktadır.

Seferihisar ve Ödemiş bölgelerinden analiz etmek üzere alınmış olan sarı kantaron bitkisinin TB-KFME yöntemi ardından GC/MS ile analiz sonrasında iki bölgenin uçucu bileşen sayılarında, bileşik sınıflarında, yüzde alan yüzdelilerinde farklılıklar mevcuttur. Bitkinin yetiştiği coğrafi bölgelerin koşulları ve bitkinin analiz edilecek bölgesinin (çiçek veya yaprak) farklılığı bitkinin içerdiği ikincil metabolitlerde değişiklik göstermektedir. Seferihisar ve Ödemiş bölgesine ait sarı kantaronun uçucu bileşenleri ayrı ayrı incelendiği zaman birçok uçucu bileşenlerinin ortak olduğu göz önünde olmaktadır. Fakat bazı farklılıklarda mevcuttur. Örneğin Seferihisar bölgesine ait bitkinin tanımlanan uçucu bileşenlerinde camphor, 2-epi- β -funebrene, β -elemene, pulegone gibi bileşikler mevcut iken Ödemiş bölgesinde bu bileşikler tespit edilememiştir. Ödemiş bölgesinde farklı olarak tanımlanan uçucu bileşiklere ise gurjunene, geranial, borneol, exo-fenchol gibi bileşikler örnek gösterilebilir.

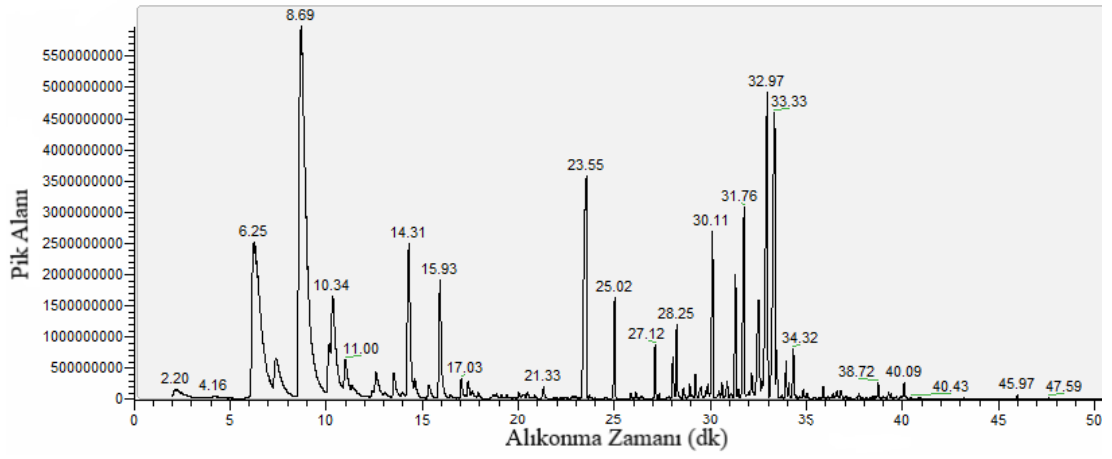
Sarı kantaron bitkisinin yetiştiği coğrafi koşullara göre bileşik alan yüzdeleri ve bileşik gruplarına göre sayıları karşılaştırıldığında, Ödemiş bölgesinde yetişmiş olan sarı kantaron bitkisinin az da olsa uçucu bileşenlerce daha zengin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında tanımlanan uçucu bileşenleri çiçek kısmında tanımlanan uçucu bileşen sayısına göre daha fazla bulunmuştur.



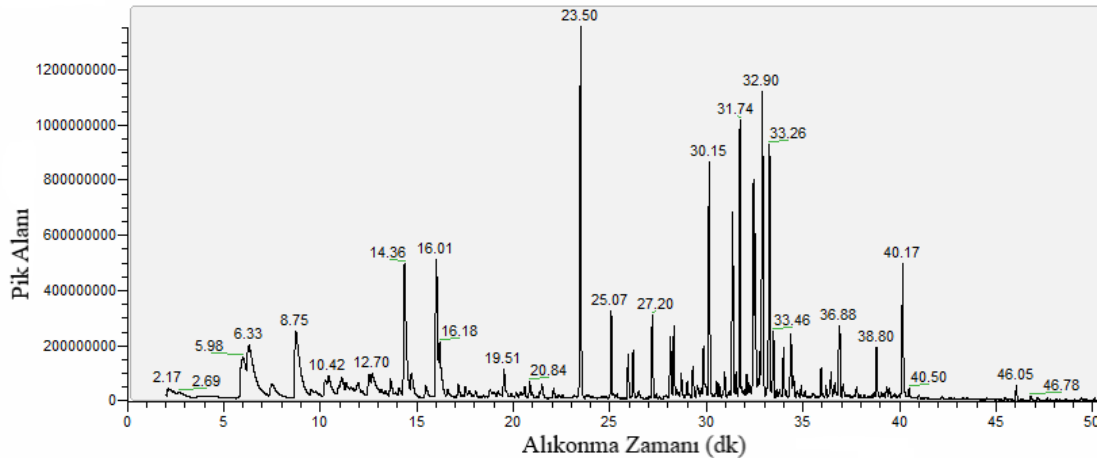
Şekil 3.4 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı



Şekil 3.5 Ödemiş Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı



Şekil 3.6. Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı



Şekil 3.7 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmının ekstraksiyon sonrası GC/MS kromatogramı

Tablo 3.1 TB-KFME yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	2-methyloctane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	6,34	850	860
2	n-Nonane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	7,51	904	900
3	α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	9,04	943	939
4	3-methylnonane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	10,30	975	980
5	β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	10,50	980	979
6	Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	11,14	996	990
7	n-Decane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	11,51	1005	1000
8	4-Terpinenyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Monoterpenoid	12,19	1019	1300
9	p-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	Monoterpen	12,53	1026	1024
10	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	12,73	1030	1029
11	Cis-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,19	1039	1037
12	Trans-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,66	1049	1050
13	γ-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	14,10	1058	1059
14	2-Methyldecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	14,46	1065	1064
15	Cis-Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	14,77	1072	1072
	oxide(furanoid)					
	Linalool oxide					
16	(furanoid)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	15,49	1087	1086
17	n-Undecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	16,06	1098	1100
18	Phenylethyl Alcohol	C ₈ H ₁₀ O	Alkol	16,60	1109	1107
19	α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	17,16	1119	1126
20	1-octanol,2-methyl	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	17,53	1126	1119
21	trans-Pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,74	1130	1139
22	trans-Verbenol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	18,06	1136	1144
23	Pinocarvone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	18,83	1150	1164
24	Isoborneol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,00	1153	1160
25	Undecane, 3-methyl-	C ₁₂ H ₂₆	Hidrokarbon	19,26	1158	1168

Tablo 3.1 devamı

26	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,53	1163	1177
27	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	20,16	1175	1188
28	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,42	1180	1195
29	n-Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	Hidrokarbon	20,63	1184	1200
30	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,99	1190	1205
31	trans-Carveol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	21,44	1199	1216
32	Mentha-1(7),8-dien-2-ol (cis-p)	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	22,93	1236	1230
33	2-methyldodecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	23,63	1254	1263
34	n-Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	25,13	1292	1300
35	α -Longipinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,23	1345	1352
36	Cyclosativene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,95	1363	1371
37	α -Ylangene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	28,15	1368	1375
38	α -Copaene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,36	1373	1376
39	β -Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,72	1382	1388
40	(E)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	29,64	1405	1419
41	β -Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,87	1410	1414
42	(Z)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	30,26	1420	1408
43	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,69	1430	1481
44	Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	30,96	1437	1441
45	β -Patchoulene	C ₁₅ H ₂₄	Hidrokarbon	31,20	1443	1381
46	α -Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	31,40	1447	1451
47	α -Humulene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,57	1452	1454
48	(E)- β -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,84	1458	1456
49	α -Muurolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,24	1468	1500
50	Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	32,59	1476	1407
51	β -selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,07	1488	1490
52	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,44	1497	1498
53	β -Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,56	1500	1500
54	δ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,04	1512	1512

Tablo 3.1 devamı

55	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,41	1522	1523
56	α -Calacorene	C ₁₅ H ₂₀	Seskiterpenoid	35,13	1541	1545
57	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,96	1562	1563
58	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,48	1575	1578
59	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,60	1579	1583
60	1-Dodecanol, 3,7,11-trimethyl-	C ₁₅ H ₃₂ O	Alkol	36,92	1587	1571
61	Globulol	C ₁₂ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	37,83	1611	1590
62	n-Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	Alkol	38,82	1638	1672
63	n-Tridecanol	C ₁₃ H ₂₈ O	Alkol	40,18	1675	1571
64	Diisobutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Alkol	46,06	1846	1847

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.2 TB-KFME yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	Hexenal (2E)	C ₆ H ₁₀ O	Aldehit	5,85	827	855
2	2-Methyloctane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	6,22	845	860
3	n-Nonane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	7,41	901	900
4	α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	8,64	933	939
5	Trans-Ocimene (E)	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	9,42	953	1050
6	Cis-Ocimene (Z)	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	9,66	959	1037
7	Benzaldehide	C ₇ H ₆ O	Aldehit	9,72	960	960
8	3-Methylnonane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	10,15	971	980
9	β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	10,35	976	979
10	Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	10,85	989	975
11	β-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	11,03	994	990
12	α-Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	11,55	1006	1002
13	p-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	Monoterpen	12,44	1024	1024
14	β-Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	12,62	1028	1029
15	benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	Aldehit	13,29	1041	1036
16	Ocimene (E)-β	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,56	1047	1050
17	Carene (δ-3)	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	14,02	1056	1011
18	2-methyldecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	14,28	1062	1064
	Cis-Linalool oxide					
19	(furanoid)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	14,66	1070	1072
20	n-Undecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	15,94	1096	1100
21	n-Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	Aldehit	16,11	1099	1100
22	Phenylethyl Alcohol	C ₈ H ₁₈ O	Alkol	16,51	1107	1107
23	α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	17,07	1117	1126
24	1-Octanol,2-methyl	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	17,44	1124	1119
25	Trans-Sabinol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,66	1128	1142
26	Limonene oxide	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,98	1134	1136

Tablo 3.2 devamı

27	Camphor	$C_{10}H_{16}O$	Terpenoid	18,38	1142	1146
	Decamethylcyclopentasilol					
28	xane	$C_{10}H_{30}O_5Si_5$	Siklometikon	18,74	1148	1166
29	Terpinen-4-ol	$C_{10}H_{18}O$	Monoterpenoid	19,45	1162	1177
30	Naphthalene	$C_{10}H_{18}$	Hidrokarbon	19,59	1164	1181
31	p-Cymen-8-ol	$C_{10}H_{14}O$	Monoterpenoid	19,85	1169	1182
32	α -Terpineol	$C_{10}H_{18}O$	Monoterpenoid	20,09	1174	1188
33	Myrtenal	$C_{10}H_{14}O$	Monoterpenoid	20,32	1178	1195
34	n-Dodecane	$C_{12}H_{26}$	Hidrokarbon	20,54	1182	1200
35	n-Decanal	$C_{10}H_{20}O$	Aldehit	20,79	1187	1201
36	Verbenone	$C_{10}H_{14}O$	Monoterpenoid	20,92	1189	1205
37	β -Cyclocitral	$C_{10}H_{16}O$	Monoterpenoid	21,41	1198	1219
38	Hexenyl valerate (3Z)	$C_{11}H_{20}O_2$	Ester	22,03	1213	1281
39	Thymol, methyl ether	$C_{10}H_{16}O$	Monoterpenoid	22,52	1226	1235
40	2-Phenyl ethyl acetate	$C_{10}H_{12}O_2$	Ester	23,11	1241	1258
41	2-methyldodecane	$C_{13}H_{28}$	Hidrokarbon	23,45	1249	1263
42	trans-Carveol	$C_{10}H_{16}O$	Monoterpenoid	23,73	1257	1216
43	Pulegone	$C_{10}H_{16}O$	Monoterpen	23,86	1260	1237
44	n-Tridecane	$C_{13}H_{28}$	Hidrokarbon	25,02	1290	1300
45	Cyclododecanol	$C_{12}H_{24}O$	Alkol	25,32	1297	1493
	Cyclohexasiloxane,					
46	dodecamethyl-	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	Siklometikon	26,45	1325	1342
47	α -Longipinene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	27,16	1343	1352
48	β -Patchoulene	$C_{15}H_{24}$	Hidrokarbon	27,37	1348	1381
49	Cyclosativene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	27,89	1361	1371
50	α -Copaene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	28,28	1371	1376
51	α -Cedrene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	28,43	1375	1411
52	β -Bourbonene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	28,66	1380	1388
53	β -Elemene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	28,97	1388	1390
54	Phenethyl isobutyrate	$C_{12}H_{16}O_2$	Ester	29,11	1392	1375

Tablo 3.2 devamı

55	α -Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,45	1400	1402
56	2-epi- β -Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,80	1409	1412
57	α -Ylangene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,95	1412	1375
58	(E)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,10	1416	1419
59	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,62	1428	1481
60	Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	30,90	1435	1441
61	α -Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	31,30	1445	1451
62	α -Humulene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,50	1450	1454
63	(E)- β -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,71	1455	1456
64	α -Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,93	1460	1411
65	n-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	Alkol	32,41	1472	1470
66	γ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,48	1474	1495
67	Valencene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,62	1477	1496
68	ar-Curcumene	C ₁₅ H ₂₂	Seskiterpen	32,74	1480	1480
69	β -selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	32,88	1483	1490
70	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,24	1492	1498
71	α -Muurolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,43	1497	1500
72	(E, E)- α -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	33,76	1505	1505
73	δ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,96	1510	1512
74	β -panasinsene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	34,09	1514	1382
75	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,34	1520	1523
76	α -Calacorene	C ₁₅ H ₂₀	Seskiterpenoid	35,09	1540	1545
77	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,91	1561	1563
78	(3Z)-Hexenyl benzoate	C ₁₃ H ₁₆ O ₂	Ester	36,16	1567	1566
79	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,43	1574	1578
80	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,63	1579	1583
81	Salvial-4(14)-en-1-one allo-Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄ O	Keton	37,06	1590	1594
82	epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	37,75	1609	1641
83	n-Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	Alkol	38,78	1637	1672

Tablo 3.2 devamı

84	Globulol	$C_{12}H_{26}O$	Seskiterpenoid	39,33	1651	1590
85	n-Hexadecanol	$C_{16}H_{34}O$	Alkol	40,15	1674	1875
86	Ledene oxide-(II)	$C_{15}H_{24}O$	Seskiterpenoid	40,48	1683	1682
87	Benzyl benzoate	$C_{14}H_{12}O_2$	Ester	43,23	1760	1760
88	Phenanthrene	$C_{14}H_{10}$	Hidrokarbon	43,45	1766	1765
	Hexahydrofarnesyl					
89	acetone	$C_{18}H_{36}O$	Seskiterpenoid	46,02	1845	1847
90	Diisobutyl phthalate	$C_{16}H_{22}O_4$	Ester	46,75	1868	1847

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.3 TB-KFME yöntemi sonrası Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	2-Methyloctane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	6,23	845	860
2	n-Nonane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	7,36	900	900
3	α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	8,97	941	939
4	3-methylnonane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	10,14	971	980
5	β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	10,34	976	979
6	Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	11,00	993	990
7	n-Decane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	11,36	1002	1000
8	p-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	Monoterpen	12,39	1023	1024
9	Cis-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,06	1037	1037
10	Trans-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,53	1046	1050
11	δ-3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,96	1055	1011
12	2-Methyldecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	14,31	1062	1064
13	Cis-Linalool oxide (furanoid)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	14,63	1069	1072
	Linalool oxide (furanoid)	C ₁₀ H ₁₈ O ₂				
14			Monoterpenoid	15,34	1084	1086
15	n-Undecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	15,93	1096	1100
16	α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	17,03	1117	1126
17	1-octanol,2-methyl	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	17,39	1123	1119
18	Trans-Pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,60	1127	1139
19	Trans-Verbenol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,92	1133	1144
20	Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	Organik bileşik	18,85	1150	1169
21	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,40	1161	1177
22	α-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	20,03	1172	1188
23	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,28	1177	1195
24	n-Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	Hidrokarbon	20,48	1181	1200
25	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,86	1188	1205

Tablo 3.3 devamı

26	Trans-Sobrerol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpen	21,33	1197	1350
27	Mentha-1(7),8-dien-2- ol <cis-p>	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	22,81	1233	1230
28	2-methyldodecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	23,55	1252	1263
29	Geranial	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	23,71	1256	1267
30	n-Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	25,02	1290	1300
31	α-Longipinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,12	1342	1352
32	Cyclosativene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,85	1360	1371
33	α-Ylangene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	28,05	1365	1375
34	α-Copaene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,25	1370	1376
35	β-Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,61	1379	1388
36	Butanoic acid, 3- methyl-, phenylmethyl ester	C ₁₂ H ₁₆ O ₂	Ester	29,03	1390	1382
37	(Z)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,22	1394	1408
38	Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,44	1400	1407
39	β-Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,76	1408	1414
40	(E)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,11	1416	1419
41	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,45	1424	1481
42	allo-Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	30,87	1435	1460
43	Valencene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,06	1439	1496
44	α-Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	31,31	1445	1451
45	α-Humulene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,46	1449	1454
46	(E)-β-Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,76	1456	1456
47	α-Murolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,13	1465	1500
48	γ-Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,50	1474	1495
49	Cis-Thujopsene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,69	1479	1431
50	β-selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	32,97	1486	1490
51	α-Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,34	1495	1498
52	β-Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,46	1498	1500

Tablo 3.3 devamı

53	(E, E)- α -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	33,72	1504	1505
54	δ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	33,95	1510	1512
55	δ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,32	1520	1523
56	α -Calacorene	C ₁₅ H ₂₀	Seskiterpenoid	35,04	1538	1545
57	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,86	1559	1563
58	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,38	1573	1578
59	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,59	1578	1583
60	Globulol	C ₁₂ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	37,73	1608	1590
61	n-Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	Alkol	40,09	1672	1672
62	Diisobutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Ester	45,97	1843	1847

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.4 TB-KFME sonrası Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	2-Hexenal	C ₆ H ₁₀ O	Aldehit	5,98	833	855
2	2-Methyloctane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	6,26	847	860
3	n-Octane	C ₈ H ₁₈	Hidrokarbon	6,33	850	800
4	Nonane	C ₉ H ₂₀	Hidrokarbon	7,49	903	900
5	α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	8,75	935	939
6	Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	9,51	955	990
7	3-Methylnonane	C ₁₀ H ₂₂	Hidrokarbon	10,23	973	980
8	δ-3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	10,45	979	1011
9	2,4-heptadienal	C ₇ H ₁₀ O	Aldehit	11,35	1001	1007
10	o-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	Monoterpen	12,51	1025	1026
11	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	12,81	1031	1029
12	(E)-β-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	Monoterpen	13,63	1048	1050
13	2-Methyldecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	14,36	1063	1064
14	Cis-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	14,73	1071	1072
15	Trans-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	15,47	1086	1086
16	Undecane	C ₁₁ H ₂₄	Hidrokarbon	16,01	1097	1100
17	Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	Aldehit	16,19	1101	1100
18	α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	17,14	1119	1126
19	1-Octanol,2-methyl-	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	17,51	1126	1119
20	Trans-Pinocarveol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,72	1129	1139
21	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	Alkol	19,51	1163	1177
22	exo-Fenchol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	20,14	1174	1121
23	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,36	1179	1195
24	n-Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	Hidrokarbon	20,59	1183	1200
25	n-Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	Aldehit	20,84	1188	1201
26	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,97	1190	1205
27	β-Cyclocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	21,48	1199	1219

Tablo 3.4 devamı

28	Cumin aldehyde	C ₁₀ H ₁₂ O	Aldehit	22,33	1221	1241
29	Carvotanacetone	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	22,54	1226	1247
30	2-methyldodecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	23,50	1251	1263
31	Neral	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	23,77	1258	1238
32	n-Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	Hidrokarbon	25,07	1291	1300
33	Undecanal	C ₁₁ H ₂₀ O	Aldehit	25,37	1298	1306
34	α -Longipinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,20	1344	1352
35	α -Copaene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,31	1372	1376
36	α -Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,48	1376	1411
37	β -Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	28,69	1381	1388
38	Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,30	1396	1441
39	Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,52	1402	1407
40	Dodecanal	C ₁₅ H ₂₄ O	Aldehit	29,72	1407	1408
41	β -Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,85	1410	1414
42	(E)-Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,15	1417	1419
43	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,53	1426	1481
44	γ -Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,18	1442	1477
45	α -Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	31,35	1446	1451
46	Geranyl acetone	C ₁₃ H ₂₂ O	Monoterpen	31,54	1451	1455
47	(E)- β -Farnesene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,74	1456	1456
48	allo-Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	31,84	1458	1460
49	α -Funebrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	32,08	1464	1402
50	α -Muurolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,20	1467	1500
Organik						
51	n-Dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	bileşik	32,43	1473	1470
52	γ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	32,52	1475	1495
53	β -selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	32,90	1484	1490
54	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,26	1493	1498
55	β -Himachalene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,46	1498	1500
56	δ -Amorphene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,00	1511	1512

Tablo 3.4 devamı

57	Selina-3,7(11)-diene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	34,12	1514	1546
58	δ-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	34,37	1521	1523
59	α-Calacorene	C ₁₅ H ₂₀	Seskiterpenoid	35,11	1540	1545
60	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,94	1561	1563
	Hexenyl benzoate					
61	(3Z)	C ₁₃ H ₁₆ O ₂	Ester	36,19	1568	1566
62	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,45	1575	1578
63	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,65	1580	1583
	Salvial-4(14)-en-1-					
64	one	C ₁₅ H ₂₄ O	Keton	37,08	1591	1594
	Aromadendrene					
65	epoxide (allo)	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	39,07	1644	1641
66	n-Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	Alkol	40,17	1674	1672
67	Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	Hidrokarbon	41,00	1697	1700
68	Benzyl benzoate	C ₁₄ H ₁₂ O ₂	Ester	43,25	1761	1760
69	Diisobutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Ester	46,78	1869	1847
70	Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	Alkol	47,14	1880	1875

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

3.3 Su Buharı Destilasyonu Sonrası Uçucu Bileşenlerin Belirlenmesi

Su buharı destilasyon sonrası GC/MS analizi ile yapılan çalışma sonucunda uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi için de analiz sonuçlarının pik alan yüzdesi % 0,05 değerinden az olmamak kaydıyla nitel ve nicel analiz sonuçlarına göre pikler bulunmuş ve tanımlanmıştır. Her iki bölgeye ait sarı kantaron otunun, çiçek ve yaprak kısımlarının su buharı destilasyonu sonrasında GC/MS ile analiz edilmesi sonucu elde edilen kromatogramlar Şekil 3.8-3.11’de gösterilmiştir. Tablo 3.5-3.8’de uçucu yağların adları, kapalı formülleri, bağlı oldukları bileşik sınıfları, alıkonma zamanları (t_R), hesaplanmış bağıl alıkonma indeksi (I_{Hes}) ve literatürlere ait bağıl alıkonma indeksleri (I_{Ref}) özetlenmiştir. Ek olarak Tablo 3.9 ve Tablo 3.12’de tanımlanan bileşik sayıları ve % alan dağılımları bileşik gruplarına göre sınıflandırılmıştır.

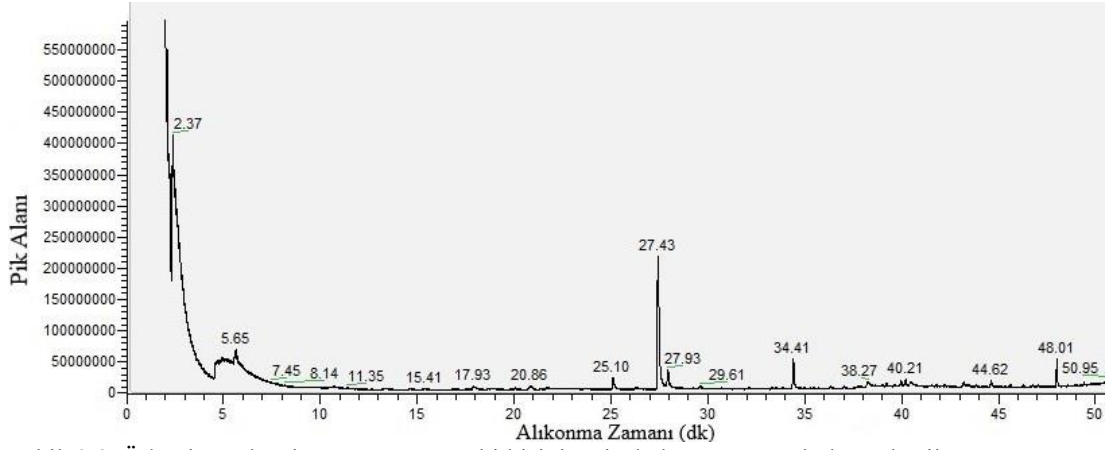
Su buharı destilasyonu yöntemi sonucunda tespit edilen piklerden 58 adet farklı pik literatür yardımıyla tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yönteminde elde edilen pik sayısı fazla olmasına rağmen tanımlanan pik sayısı düşüktür. KFME yönteminde olduğu gibi bu yöntem sonucu da bitkinin organına (yaprak veya çiçek kısmı) ve yetiştiği coğrafi koşullar sonucunda içerdiği sekonder metabolitlerin çeşitlerinde ve sayısında değişiklikler mevcut olmuştur. Tespit edilen uçucu bileşik sayılarına göre incelendiği zaman Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisi sekonder metabolitler açısından daha zengin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca sarı kantaron bitkisinin hem Ödemiş hem de Seferihisar bölgelerine ait tanımlanan uçucu bileşenler, içerdiği uçucu bileşen sayısı yaprak kısmında daha fazla mevcuttur.

Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde tanımlanmış uçucu yağ bileşenleri bitkinin çiçek kısmında 16 adet tanımlanmıştır ve yaprak kısmında ise 33 adet tanımlanmıştır. Bitkinin çiçek kısmında tanımlanan sayıca en fazla olan bileşik sınıfı diğer bileşiklerdir ve bu sınıf hidrokarbonlar, alkol ve aldehit içermektedir. Ayrıca % 4,73 yüzde alan değerine sahiptir. Ardından seskiterpenoidler bileşik grubunda 5 adet uçucu bileşen tanımlanmıştır ve bu grubun alan yüzdesi %2,51’dir. Bitkinin çiçek kısmında analiz sonucu seskiterpenler sınıfına ait bileşik tayin edilmemiştir. Monoterpen ve monoterpenoidler sınıflarında 2’şer adet uçucu bileşen tanımlanmasına rağmen alan yüzdesi %83,61 oranı ile monoterpenler en yüksek alan

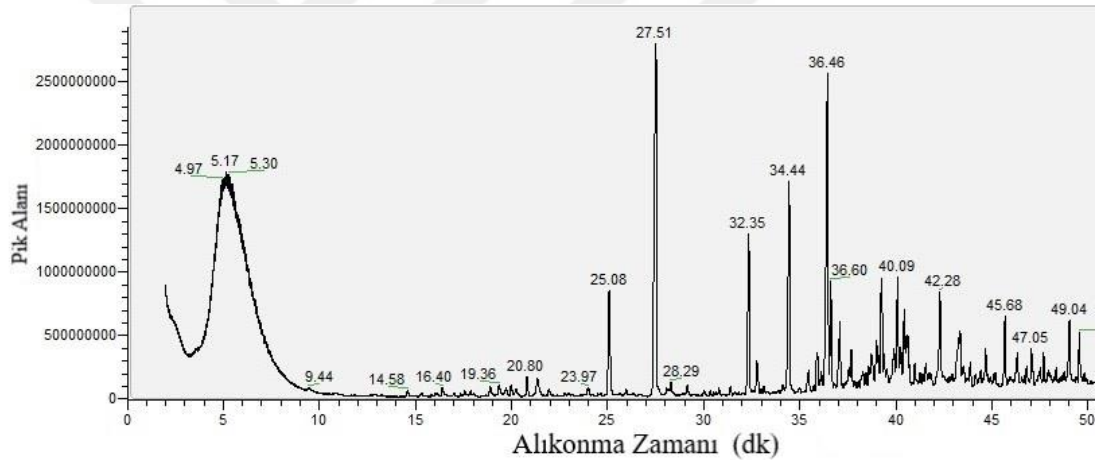
değeri olarak belirlenmiştir. Eugenol en yüksek alan yüzdesine sahip uçucu bileşik olarak belirlenmiştir. Ardından sırasıyla spathulenol, trans-isoeugenol, thymol ve α -terpineol alan yüzdeleri yüksek bileşiklerdir. Yaprak kısmında çiçek kısmına oranla daha yüksek miktarda ve yüzdelerde uçucu bileşen tanımlanmıştır. Monoterpenoidler grubunda tanımlanan uçucu bileşen sayısı 11 adettir ve sayıca nispeten diğer sınıflara oranla daha fazla tanımlanmıştır. Ardından diğer bileşikler grubu, seskiterpenoidler, seskiterpenler ve monoterpen grupları sırasıyla 9, 6, 5 ve 2 adet uçucu bileşen tanımlanmıştır. En yüksek oranda alan yüzdesi olan grup monoterpenlerdir ve oranı ise %52,48'dir. Ardından %19,86 alan yüzdesi ile seskiterpenoid grubudur. Bitkinin çiçek kısmı gibi eugenol en yüksek alan yüzdesine sahiptir ve spathulenol, nonacosane, thymol ve eugenol acetate bileşikleri sırasıyla bulunma yüzdeleri fazla olan bileşiklerdir.

Seferihisar bölgesinde yetişmiş sarı kantaron bitkisinde tanımlanmış olan uçucu bileşik çiçek kısmında 13 adet iken yaprak kısmında 29 adettir. Bitkinin çiçek ve yaprak kısmında en fazla tanımlanan bileşik ana grubu diğer bileşikler grubudur ve çiçek kısmında 5 adet tanımlanmışken yaprak kısmında 10 adet tanımlanmıştır. Bu grupta alkol, aldehit ve hidrokarbonları içermektedir ve alan yüzde değerleri sırasıyla %2,38 ve %12,1 olarak belirlenmiştir. Seskiterpenler ve monoterpenoidler çiçek kısmında 3'er adet iken yaprak kısmında sırasıyla 5 ve 7 adet tanımlanmıştır. Monoterpenler grubu sayıca en az tanımlanan gruptur ve bitkinin çiçek ve yaprak kısmında sadece birer tane bileşik tanımlanmıştır. Fakat buna rağmen bu sınıf en yüksek alan yüzdesine sahiptir. Monoterpenler sınıfının alan yüzdeleri çiçek kısmında %87,2 iken yaprak kısmında %72,37'dir. Eugenol bir monoterpendir ve uçucu bileşeni en yüksek oranda yüzdeye sahiptir. Ardından seskiterpenoid grubuna ait olan spathulenol bileşiği ve sırasıyla widdrol, longifolene ve khusinol gelmektedir.

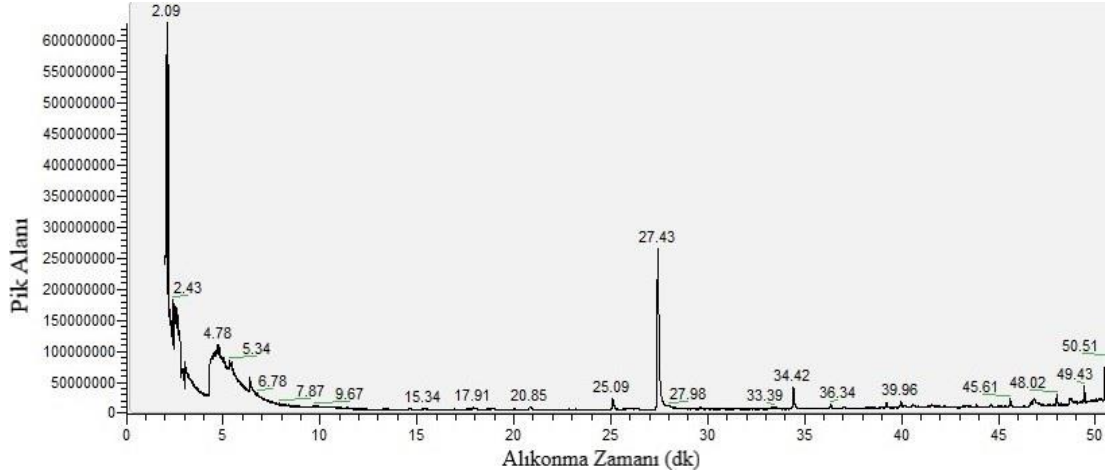
TB-KFME yöntemi ile elde edilmiş uçucu bileşenlerin çoğu su buharı destilasyonu yönteminde tanımlanamamıştır. Su buharı destilasyonu yönteminde terpen ve türevlerinin yoğunluğu daha azdır. Genellikle diğer bileşikler olarak sınıflandırılan hidrokarbonlar ve organik bileşikler sayıca daha fazla tespit edilmektedir.



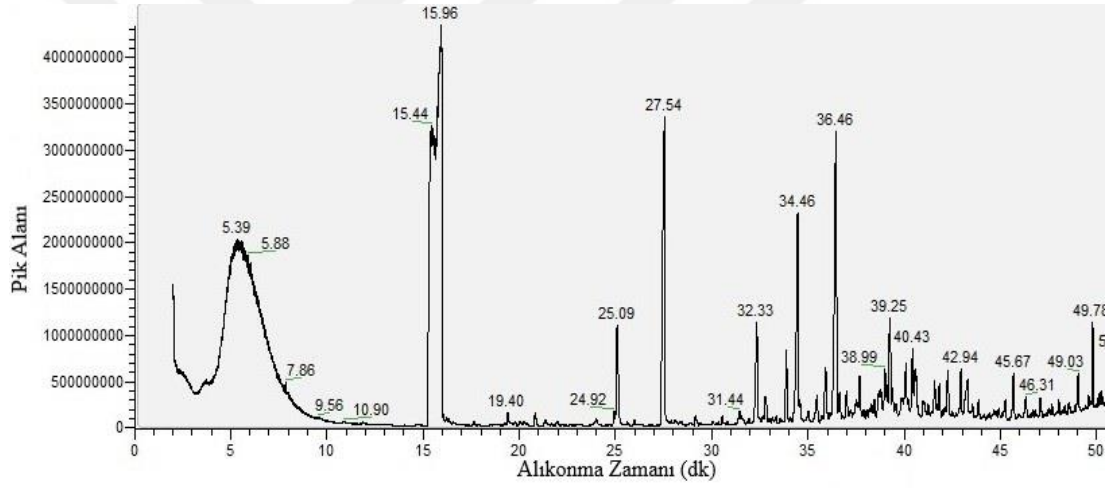
Şekil 3.8 Ödemiş Bölgesi Sarı Kantaron bitkisinin çiçek kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramları



Şekil 3.9 Ödemiş Bölgesi Sarı Kantaron bitkisinin yaprak kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramları



Şekil 3.10 Seferihisar Bölgesi Sarı Kantaron bitkisinin çiçek kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramları



Şekil 3.11 Seferihisar Bölgesi sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmının su buharı destilasyonu sonrası GC/MS kromatogramları

Tablo 3.5 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	Hidrokarbon	6,39	852	849
2	Benzeneacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	Aldehit	13,34	1042	1029
3	Trans-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Organik bileşik	15,37	1084	1086
4	Trans-2-Caren-4-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	Alkol	17,93	1133	1153
5	α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	20,84	1187	1188
6	Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	25,1	1291	1290
7	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Monoterpen	27,43	1349	1359
8	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-, acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₄	Organik bileşik	27,93	1362	1366
9	Dodecanal	C ₁₂ H ₂₄ O	Aldehit	29,61	1403	1408
10	Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	29,98	1412	1407
11	Decane, 1-chloro-	C ₁₀ H ₂₁ Cl	Hidrokarbon	32,11	1464	1455
12	α -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,5	1498	1498
13	Trans-Isoeugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Monoterpen	34,41	1521	1451
14	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,32	1571	1578
15	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	37,03	1589	1583
16	α -Muurolol (Torreyol)	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	39,22	1648	1646

t_R: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksi

I_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.6 Su buharı destilasyon yöntemi sonrası Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	Hidrokarbon	6,29	848	849
2	Cis-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	14,58	1067	1072
3	Trans-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Monoterpenoid	15,3	1082	1086
4	Phenylethyl Alcohol	C ₈ H ₁₀ O	Alkol	16,4	1104	1107
5	α-Campholenal	C ₁₀ H ₁₆ O	Aldehit	17	1116	1126
6	1-Octanol, 2-methyl-	C ₉ H ₂₀ O	Alkol	17,33	1122	1119
7	Trans-Sabinol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,56	1126	1142
8	Trans-2-Caren-4-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	Alkol	17,86	1132	1153
9	p-Mentha-1,5-dien-8-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	18,88	1151	1170
10	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,36	1160	1177
11	p-Cymen-8-ol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	19,71	1166	1182
12	α-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,98	1172	1188
13	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,23	1176	1195
14	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,8	1187	1205
15	p-Cymen-7-ol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	24,51	1277	1290
16	Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	25,08	1291	1290
17	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Monoterpen	27,52	1352	1359
18	Longifolene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,02	1414	1407
19	β-Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	30,35	1422	1433
20	Ionol (α-isomethyl)-(E)	C ₁₄ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	31,4	1447	1460
21	β-Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	31,83	1458	1420
22	Cyclododecane	C ₁₂ H ₂₄	Organik bileşik	32,35	1471	1242
23	α-Ionone (E)	C ₁₃ H ₂₀ O	Monoterpen	32,76	1481	1430
24	α-Selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,13	1490	1498
25	Eugenol acetate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	Ester	34,44	1523	1522

Tablo 3.6 devamı

26	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,88	1560	1563
27	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,46	1575	1578
28	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,6	1579	1583
29	α -Guaiene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	38,29	1623	1439
30	α -Muurolol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	38,73	1635	1646
31	Widdrol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpen	39,25	1649	1599
32	Diisobutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Ester	44,42	1794	1847
33	Nonacosane	C ₂₉ H ₆₀	Hidrokarbon	58,96	2894	2900

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.7 Su buharı destilasyon yöntemi ile Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	Hidrokarbon	6,35	850	849
	1,3,5-Triazine, 2,4,6-					
2	trichloro-	C ₃ Cl ₃ N ₃	Organik bileşik	15,40	1084	1051
3	Trans-Sabinol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,91	1132	1142
4	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,84	1187	1205
5	Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	25,09	1291	1290
6	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Monoterpen	27,43	1349	1359
7	α -Longipinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	27,98	1363	1352
8	Dodecanal	C ₁₅ H ₂₄ O	Aldehit	29,63	1404	1408
9	α -Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	33,39	1495	1411
10	Eugenol acetate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	Ester	34,42	1522	1522
11	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,34	1571	1578
12	Diethyl phthalate	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	Ester	37,03	1589	1590
13	Widdrol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpen	39,23	1648	1599

t_R: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksi

I_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

Tablo 3.8 Su buharı destilasyon yöntemi ile Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin yaprak kısmında bulunan uçucu bileşenler

Pik						
No	Bileşik Adı	Formül	Sınıf	t_R (dk)	I_{Hes}	I_{Ref}
1	Hexenal (3Z)	C ₆ H ₁₀ O	Aldehit	5,95	831	798
2	Hexenal (2E)	C ₆ H ₁₀ O	Aldehit	6,22	844	855
3	Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	Hidrokarbon	6,35	850	849
4	Hexadienol (2E,4E)	C ₆ H ₁₀ O	Alkol	6,90	877	916
5	Isopropylcyclohexene	C ₉ H ₁₆	Hidrokarbon	7,99	916	929
6	1,3,5-Triazine, 2,4,6-trichloro-	C ₃ Cl ₃ N ₃	Organik bileşik	15,35	1083	1051
7	Trans-Sabinol	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	17,63	1127	1142
8	Terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	19,4	1160	1177
9	Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	19,77	1167	1290
10	α-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	Monoterpenoid	20,03	1172	1188
11	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,24	1176	1195
12	Verbenone	C ₁₀ H ₁₄ O	Monoterpenoid	20,83	1187	1205
13	β-Cyclocitral	C ₁₀ H ₁₆ O	Monoterpenoid	21,35	1197	1219
14	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Monoterpen	27,54	1352	1359
15	Jasmone (Z)	C ₁₁ H ₁₆ O	Organik bileşik	29,16	1392	1392
16	Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	30,03	1411	1441
17	Cyclododecane	C ₁₂ H ₂₄	Hidrokarbon	32,33	1470	1242
18	β-selinene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpenoid	33,14	1489	1490
19	α-Cedrene	C ₁₅ H ₂₄	Seskiterpen	33,34	1494	1411
20	Eugenol acetate	C ₁₂ H ₁₄ O ₃	Ester	34,47	1523	1522
21	α-Calacorene	C ₁₅ H ₂₀	Seskiterpenoid	35,02	1537	1545
22	(E)-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	Seskiterpenoid	35,89	1560	1563
23	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	36,46	1574	1578
24	Ledene oxide-(II)	C ₁₅ H ₂₄ O	Seskiterpenoid	37,22	1594	1890

Tablo 3.8 devamı

25	Trans-Guaiene (β)	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpen	38,29	1623	1502
26	Khusinol	$C_{15}H_{24}O$	Seskiterpen	38,45	1627	1680
27	Longifolene	$C_{15}H_{24}$	Seskiterpenoid	38,68	1633	1407
28	Widdrol	$C_{15}H_{26}O$	Seskiterpen	39,25	1649	1599
29	1-Nonadecene	$C_{19}H_{38}$	Organik bileşik	40,08	1671	1880

tR: alıkonma zamanı

I_{Hes}: Hesaplanmış bağıl alıkonma indeksiI_{Ref}: Literatürlere ait bağıl alıkonma indeksi

3.4 TB-KFME ve Su Buharı Destilasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Çalışmada sarı kantaron bitkisinde mevcut olan uçucu bileşenler, TB-KFME ve su buharı destilasyonu yöntemleri kullanılarak ardından GC/MS'te analiz edilerek incelenmiştir. Ayrıca bitkinin yetiştiği coğrafi bölgeler (Seferihisar ve Ödemiş) ve bitkinin yaprak veya çiçek kısımları karşılaştırılarak incelenmiştir. Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da her iki bölgeye ait iki yöntem sonrası tanımlanan pik sayıları özetlenmiştir. Tablo 3.11 ve Tablo 3.12'de Seferihisar ve Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemleri ile tanımlanan bileşiklerin % alan değerleri gösterilmiştir. Sonuçlara göre bitkinin içerdiği metabolitler yetiştiği coğrafi bölgenin koşullarına, bitkinin analiz edilecek olan kısmına (çiçek veya yaprak) ve analiz yöntemine göre değişmektedir. Bitkinin hem coğrafi bölgesi hem de kullanılan yöntem fark etmeksizin yaprak kısmında bulunmakta olan ve tanımlanmış uçucu bileşen sayısı ve pik alan yüzde oranı çiçek kısmına oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bitkinin yetiştiği coğrafi koşullarda sarı kantaronun içerdiği uçucu bileşik sayısı ve pik alan yüzde oranları Seferihisar bölgesine oranla Ödemiş bölgesinde kısmen daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

TB-KFME yöntemi, su buharı destilasyonu yöntemi ile karşılaştırıldığında zaman KFME yönteminde uçucu bileşen sayısı çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Su buharı destilasyonunda genellikle hidrokarbonlar ve az miktarda terpenler ve türevleri mevcut iken KFME sonucu elde edilen uçucu bileşenler genellikle terpenler ve türevleridir. KFME yöntemi zenginleştirme yöntemidir ve tek basamakta maddeyi zenginleştirme, matrsten uzaklaştırma ve tayinini yapma işlemlerini barındırmaktadır. Böyle zenginleştirme yöntemli metotlarla, destilasyon yöntemlerine göre daha fazla pik tanımlanmaktadır. TB-KFME yöntemi, su buharı destilasyonu yöntemine göre birçok avantaja sahiptir. Örneğin yöntem, oldukça hızlı bir uygulanabilirliğe sahiptir. Ayrıca TB-KFME yönteminde örnek hazırlama miktarları oldukça azdır ve uygulamada çözücü gerektirmez. Bu sayede su buharı destilasyonu yöntemi gibi yüksek sıcaklığa maruz kalmadığı için bileşenlerin verimlerinde düşme gerçekleşmez ve yapısal bozunmalar meydana gelmez. Çalışmada yapılan deneysel çalışmalar sonucunda TB-KFME yöntemi sonucunda Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinin çiçek kısmında 62 adet ve yaprak

kısmında 70 adet pik tanımlanmıştır. Ödemiş bölgesine ait olan kantaron bitkisinde ise çiçek kısmında 64 adet ve yaprak kısmında 90 adet pik tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yönteminde ise Seferihisar bölgesinde yetişen sarı kantaronun çiçek kısmında 13 adet ve yaprak kısmında 29 adet ve Ödemiş bölgesinde yetişen bitkinin ise çiçek kısmında 16 adet ve yaprak kısmında 33 adet tanımlanmıştır. KFME yöntemi sonucunda hem daha yüksek alan yüzdelerinde hem de daha fazla uçucu bileşik tanımlanmıştır.



Tablo 3.9 Seferihisar bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi sonrası tanımlanan bileşik sayıları

Bileşik Grubu	YÖNTEM			
	TB-KFME		Su Buharı Destilasyonu	
	Çiçek	Yaprak	Çiçek	Yaprak
Monoterpen	8	6	1	1
Monoterpenoid	10	11	3	7
Seskiterpen	15	12	3	5
Seskiterpenoid	14	15	1	6
Diğer Bileşikler	15	26	5	10
Toplam Pik Sayısı	86	137	395	232
Tanımlanan Toplam Pik Sayısı	62	70	13	29

Tablo 3.10 Ödemiş bölgesine ait sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi sonrası tanımlanan bileşik sayıları

Bileşik Grubu	YÖNTEM			
	TB-KFME		Su Buharı Destilasyonu	
	Çiçek	Yaprak	Çiçek	Yaprak
Monoterpen	8	12	2	2
Monoterpenoid	13	12	2	11
Seskiterpen	11	16	0	5
Seskiterpenoid	14	18	5	6
Diğer Bileşikler	18	32	7	9
Toplam Pik Sayısı	86	137	411	231
Tanımlanan Toplam Pik Sayısı	64	90	16	33

Tablo 3.11 Seferihisar bölgesine ait Sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi ile tanımlanan bileşiklerin % alan dağılımları

Bileşik Grubu	YÖNTEM			
	TB-KFME		Su Buharı Destilasyonu	
	Çiçek (%)	Yaprak (%)	Çiçek (%)	Yaprak (%)
Monoterpen	9,89	11,55	87,2	72,37
Monoterpenoid	2,43	5,28	3,34	1,16
Seskiterpen	20,52	33,46	2,18	4,24
Seskiterpenoid	28,54	27,2	2,38	12,1
Diğer Bileşikler	38,62	22,5	4,91	10,13

Tablo 3.12 Ödemiş bölgesine ait Sarı kantaron bitkisinde ekstraksiyon ve destilasyon yöntemi ile tanımlanan bileşiklerin % alan dağılımları

Bileşik Grubu	YÖNTEM			
	TB-KFME		Su Buharı Destilasyonu	
	Çiçek (%)	Yaprak (%)	Çiçek (%)	Yaprak (%)
Monoterpen	20,55	17,54	83,61	52,48
Monoterpenoid	2,25	4,27	9,6	4,37
Seskiterpen	11,92	21,8	0	6,79
Seskiterpenoid	33,68	31,75	2,51	19,89
Diğer Bileşikler	31,61	24,64	4,73	16,46

BÖLÜM DÖRT

DEĞERLENDİRME

Sarı kantaron (*Hypericum perforatum*), *Hypericum* türüne ait önemli bir bitkidir ve ksanton, naftodiantron, floroglusinol, tanen, floroglusinol, fenolik asit türevleri ve uçucu yağlar dahil olmak üzere birçok çeşitte sekonder metabolitler içermektedir. Bu içerdiği metabolitler sayesinde geniş bir kullanıma sahiptir ve dünyanın her yerinde geleneksel şifalı bitkiler olarak kullanılmaktadır. (Morshedloo vd., 2015; Hosni vd., 2011; Yılmazoğlu ve Hasdemir, 2022).

Bu lisansüstü tez çalışmasında, Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinde yetişmiş olan sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısımlarında mevcut olan uçucu bileşenlerinin analizi amaçlanmıştır. Ödemiş ve Seferihisar bölgelerine ait olan sarı kantaron bitkisinin çiçek ve yaprak kısımlarından TB-KFME ve su buharı destilasyonu ile elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşenleri GC/MS analizi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada hem bitkinin yetiştiği coğrafi bölgeler olan Seferihisar ve Ödemiş bölgelerinde tanımlanan uçucu bileşenler karşılaştırılmış hem de çalışmada kullanılan KFME ve su buharı destilasyonu yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

TB-KFME yönteminde kullanılan ticari fiber olan DVB/CAR/PDMS fiberi ile 40 dk denge süresi, 10 dk ekstraksiyon süresi ve 80 °C ekstraksiyon sıcaklığı optimizasyon parametreleri olarak belirlenmiştir.

İzmir'in Seferihisar bölgesinde yetişen sarı kantaron bitkisinin çiçek bölgesinde 62 adet ve yaprak bölgesinde 70 adet pik tanımlanırken, Ödemiş bölgesinde yetişen bitki numunesinde ise çiçek bölgesinde 64 adet ve yaprak bölgesinde 90 adet pik tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yönteminde ise Seferihisar bölgesinde yetişen sarı kantaronun çiçek kısmında 13 adet ve yaprak kısmında 29 adet ve Ödemiş bölgesinde yetişen bitkinin çiçek kısmında ise 16 adet ve yaprak kısmında 33 adet tanımlanmıştır. Ödemiş ve Seferihisar bölgelerinden temin edilmiş sarı kantaron bitkisinin hem çiçek hem de yaprak kısımlarında TB-KFME ve su buharı destilasyon yöntemi ile analizi sonrasında bitkinin yaprak kısmında tanımlanan uçucu bileşen pik sayısı ve tanımlanan uçucu bileşenlerin yüzde alan değerleri çiçek kısmına ait piklere

göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Ödemiş bölgesinden temin edilen sarı kantaron bitkisinin içerdiği uçucu bileşenlerin sayısı ve yüzde alan değeri Seferihisar bölgesine oranla kısmen de olsa fazla olduğu bulunmuştur. Bitkide ana bileşen olarak, TB-KFME yöntemi ile β -selinene, α -selinene, (E)-caryophyllene, β -farnesene, γ -amorphene, cis-linalool oxide, trans-linalool oxide, (E)- β -ocimene, α -humulene, α -pinene, β -pinene, 2-methyldodecane ve 2-methyloctane tanımlanmıştır. Su buharı destilasyonu yöntemi ile ana bileşen olarak Eugenol, spathulenol, widdrol, longifolene, α -cedrene, thymol, α -ionene, trans-isoeugenol, α -terpineol, α -longipinene ve nonacosane tanımlanmıştır.

Literatürde yapılan sarı kantaron bitkisinde uçucu bileşenlerin kimyasal taraması hakkında birkaç çalışma rapor edilmiştir. Örneğin, Schwob, Bessière ve Viano tarafından yapılan çalışmada başlıca sırasıyla α -pinene, γ -caryophyllene, caryophyllene oxide, (E)- β -farnesene, γ -cadinene, δ -cadinene, ar-curcumene, cis-calamenene, spathulenol, nerolidol, 2-methyldodecane bileşiklerinin varlığı tespit edildiği bildirilmiştir (Schwob, Bessière ve Viano, 2002). Farklı bir çalışma olan Rouis ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı çalışmaları sonucunda sarı kantaron bitkisinde α -cubebene, α -pinene, cis-linalool oxide, n-nonane ve n-undecane bileşikleri ana bileşik olarak tanımlanmıştır (Rouis vd., 2021). Judzentiene ve çalışma arkadaşları tarafından sarı kantaron bitkisinde β -caryophyllene, germacrene D, caryophyllene oxide, spathulenol ve α -pinene ana bileşenler olarak bildirilmiştir (Judzentiene, Mockute ve Bernotiene, 2003). Ghiasvand ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, *H. perforatum* 'un baskın uçucu yağ bileşenleri ekstraksiyon yöntemi ile β -caryophyllene, α -pinene, γ -cadinene, α -selinene, germacrene D, limonene ve myrcene ve destilasyon yöntemi ile ise germacrene-D, limonene, β -caryophyllene, α -pinene, β -pinene ve germacrene-B olarak bildirilmiştir (Ghiasvand vd., 2015).

H. perforatum üzerinde yapılan yukardaki çalışmalar, bitkinin içerdiği uçucu yağların yüksek oranda α -pinene, cis-linalool oxide, β -caryophyllene, spathulenol, germacrene D, α -pinene, β -pinene, γ -cadinene ve α -selinene içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Bu gözlemler, bu lisansüstü tez çalışmasında elde edilen sonuçlarla tutarlıdır. Sarı kantaronda yapılan çalışmada diğer çalışmalara oranla uygun bileşikler tespit edilmiştir, fakat alan yüzdeliklerinde değişiklikler mevcut olduğu

belirlenmiştir. Sarı kantaron ile gerçekleştirilmiş bu çalışmada su buharı destilasyonu yönteminde tanımlanan uçucu bileşiklerin çoğu TB-KFME yöntemi sonucu tanımlanan bileşikler ile aynıdır fakat su buharı destilasyonu yöntemi ile literatürlerden farklı olarak khusinol, widdrol, α -ionine (E) ve trans-isoeugenol tanımlanmıştır. *Hypericum perforatum* 'un uçucu yağ bileşimindeki kimyasal değişiklik, genetik, kullanılan yöntemin farklılığı, bitkinin türü, bitkinin analiz edilecek bölgesi (çiçek veya yaprak) ve çevresel faktörlere yakından bağlı olduğu bilinmektedir.

Sonuç olarak, KFME yönteminin GC/MS ile kombinasyonu uçucu bileşen analizleri için su buharı destilasyon yöntemine göre oldukça hızlı, kullanışlı, güvenilir ve ucuz bir ekstraksiyon yöntemi olduğu gözlenmiştir. Yöntemin birçok avantajı vardır. KFME yöntemi uçucu bileşenleri çözücü kullanımı gerektirmeme, uçucu bileşenlerin hızlı profillenmesi, en az örnek madde miktarı, kısa örnek hazırlama adımları ile analiz etme yeteneğine sahiptir. Örneğin, yöntemde oldukça yüksek sıcaklıklarda yöntem veriminde azalma ve tayin edilmek istenen uçucu bileşenlerde herhangi bir bozunma meydana gelmemektedir. KFME yönteminin temeli zenginleştirme metodudur ve tek basamakta maddeyi zenginleştirerek matrinden ayırma ve ardından tayin etmektedir (Rouis vd., 2021; Kaya, 2017). Bu lisansüstü tez çalışmasında hem su buharı destilasyonu ve katı faz mikroekstraksiyon yöntemleri sonucunda birçok uçucu bileşen tayin edilmiştir. Fakat hem elde edilen sonuçlar doğrultusunda hem de yukarıda verilen yöntemin avantajları doğrultusunda KFME yönteminin uçucu bileşenlerin tayininde daha kullanılabilir bir yöntem olduğu sonucuna varılabilir.

KAYNAKLAR

- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (4th. Ed.). *Allured Publishing*.
- Aksu, Ö. ve Altınterim, B. (2015). Kantaron otu (*Hypericum perforatum*) ve hiperisin. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 3(1), 58-64.
- Altan, A., Damlar, İ., Aras, M.H. ve Alpaslan, C. (2015). Sarı kantaronun (*Hypericum Perforatum*) yara iyileşmesi üzerine etkisi. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 24(4), 578-591.
- Alver, E., Demirci, A. ve Özcimder, M. (2012). Mikroekstraksiyon yöntemleri. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 30(1), 75-90.
- Arthur, C.L. ve Pawliszyn, J., (1990). Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. *Analytical Chemistry*, 62, 2145-2148.
- Asadzadeh, R., Abbasi, N. ve Bahmani, M. (2021). Extraction and identification of chemical compounds of *Peganum harmala* L. seed essential oil by HS-SPME and GC-MS methods. *Traditional and Integrative Medicine*, 6(3). <https://doi.org/10.18502/tim.v6i3.7310>
- Ayhan, Z. ve Döş, A. (2004). Gıdalarda katı faz mikroekstraksiyon tekniği ile flavor analizi. *Gıda*, 29(2), 169-175. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6985/93086>
- Bayaz, M. (2014). Esansiyel yağlar: Antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 12(3), 45-53.
- Burdejova, L. ve Vitova, E. (2020). Assessment of volatile compounds with emphasis on volatile allergens in selected dried medicinal plants using solid phase microextraction coupled with gas chromatography–mass spectrometry. *Chemical Papers*, 74, 1679-1690. <https://doi.org/10.1007/s11696-019-01020-4>

- Burunkaya, B., Kelebek, H. ve Selli, S. (2021). Sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) fenoliklerinin karakterizasyonu, antioksidan ve antimikrobiyal potansiyelinin belirlenmesi. *Çukurova Tarım Gıda Bilim Dergisi*, 36(2), 309-324. <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2021.58>
- Cecati, F. M., Cid, F. D., Ardanaz, C. ve Kurina-Sanz, M. (2020). Eupatorium buniifolium aroma profile assessment by HS-SPME, steam distillation and organic solvent extraction. *Journal of Essential Oil Research*, 33(1), 80–93. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1839584>
- Chemetova, C. (2013). *Influence of abiotic stress factors on VOCs emission from portuguese rice paddy fields relation with increased climate change* [Yüksek Lisans Tezi]. Universty of Lisbon. <https://doi.org/10.13140/2.1.2325.9844>
- Çevik, S. (2021). *Aromatik bitkilerden uçucu yağ üretimi için buhar distilasyonu optimizasyonu* [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Çiçek, B.R. (2021). *Sarı kantaron (Hypericum perforatum L.) yağı standardizasyonu* [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi.
- Dadalı, C. ve Elmacı, Y. (2017). Gıdalarda uçucu bileşen analizinde katı faz mikroekstraksiyon koşullarının optimizasyonunda yanıt yüzey yönteminin kullanılması. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10), 1173-1183. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i10.1173-1183.1340>
- Ekren, S., Sönmez, Ç. ve Bayram, E. (2010). Sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) klonlarında bazı tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 225-234.
- Ersoy, E. ve Eroğlu Özkan, E. (2020). Geçmişten günümüze *Hypericum perforatum* (sarı kantaron) ve depresyon tedavisi-neler biliyoruz? *Literatür Eczacılık Bilimleri Dergisi*, 9(2), 137-148. <https://doi.org/10.5336/pharmsci.2019-72764>

- Ersoy, E., Karahan, S., Boga, M., Çınar, E., İzgi, S., Mataracı Kara, E. vd. (2021). Evaluation of the medicinal potential of a traditionally important plant from Turkey: *Cerithe minor* L. *Istanbul J Pharm*, 52(1), 80-89. <https://10.26650/IstanbulJPharm.2022.1001685>
- Ertürk, Ö., Aydın, G. ve Çol Ayvaz, M. (2020). *Hypericum perforatum* L. esansiyel yağının in vitro antimikrobiyal, antioksidan aktivite ve kimyasal karakterizasyonu, *AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2),330-339. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.702853>
- Ghiasvand, A., Shadabi, S., Hajipour, S., Nasirian, A., Borzouei, M., Hassani-Moghadam, E., vd. (2015). Comparison of ultrasound-assisted headspace solid-phase microextraction and hydrodistillation for the identification of major constituents in two species of *Hypericum*. *Journal of Chromatographic Science*, 54(2),264-270. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmv136>
- Heinrich, M., Lorenz, P., Daniels, R., Stintzing, F.C. ve Kammerer, D.R. (2017). Lipid and phenolic constituents from seeds of *Hypericum perforatum* L. and *Hypericum tetrapterum* Fr. and their antioxidant activity. *Chem Biodivers*, 4(8). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700100>
- Hosni, K., Msaada, K., Ben, M., Chahed. ve Marzouk, B. (2011). Volatile constituents of two *Hypericum* species from Tunisia. *Natural Product Communications*, 6(11), 1731-1734. [https://doi.org/10.1016/s0944-7113\(96\)80027-4](https://doi.org/10.1016/s0944-7113(96)80027-4)
- Ji, Y., Yang, J., Zhang, R., Chen, Q., Xu, R., Wei, X. vd. (2021). Chemical characterization, neuroprotective, antimicrobial and enzyme inhibitory activities of *Hypericum* volatile oils. *Industrial Crops and Products*, 172,113991. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113991>
- Judzentiene, A., Mockute, D. ve Bernotiene, G. (2003). Volatile compounds of the aerial parts of wild St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) plants. *Chemija*, 14(3), 108-111.

- Kaya, D. ve Ergönül, P.G. (2015). Uçucu yağları elde etme yöntemleri. *Gıda*, 40(5), 303-310. [https://doi.org/ 10.15237/gida.GD15014](https://doi.org/10.15237/gida.GD15014)
- Kaya, M. (2017). *Tepe boşluklu katı faz mikroekstraksiyonu sonrası gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile ekinezyanın uçucu bileşenlerinin tayini* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Kılıç, A. (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 37-45.
- Kıranartlıgiller, E. (2014). *Mikroekstraksiyon ile bakırın deriştirilmesi ve spektrometrik tayini* [Yüksek Lisans Tezi]. Erciyes Üniversitesi.
- Koç, E. (2019). *Hypericum Thymopsis Boiss. (Hypericaceae) türünün bazı fenolik bileşiklerinin, antioksidan kapasitesinin ve uçucu yağ kompozisyonunun belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İnönü Üniversitesi.
- Li, N., Mao, Y. ve Zhang, X. (2008). Separation and identification of volatile constituents in Artemisia argyi flowers by GC-MS with SPME and steam distillation. *Journal of Chromatographic Science*, 46(5), 401–405. <https://doi.org/10.1093/chromsci/46.5.401>
- Maikhunthod, B. ve Marriott, P. J. (2013). Aroma-impact compounds in dried spice as a quality index using solid phase microextraction with olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Food Chemistry*, 141(4), 4324–4332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.156>
- Morshedloo, M. R., Ebadi, A., Maggi, F., Fattahi, R., Yazdani, D., ve Jafari, M. (2015). Chemical characterization of the essential oil compositions from Iranian populations of Hypericum perforatum L. *Industrial Crops and Products*, 76, 565–573. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.033>

- Rouis, Z., Elaissi, A., Abid, N.B.S., Lassoued, M.A., Cioni, P.L., Flamini, G. vd. (2021). Volatile components of *Hypericum Humifusum*, *Hypericum Perfoliatum* and *Hypericum Ericoides* by HS-SPME-GC and HS-SPME-GCMS using nano scale injection techniques. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 6(4), 1919-1928.
- Schwob, I., Bessière, J.-M., & Viano, J. (2002). Composition of the essential oils of *Hypericum perforatum* L. from southeastern France. *Comptes Rendus Biologies*, 325(7), 781–785. [https://doi.org/10.1016/s1631-0691\(02\)01489-0](https://doi.org/10.1016/s1631-0691(02)01489-0)
- Sönmez, M. ve Seval, M. (2019). Fitoterapik yara bakımında sarı kantaron yağıının etkisi. *Academic Studies on Natural and Health Sciences*, 201-216.
- Susamış, M. (2019). *Sivas bölgesinde yetişen sarı kantaron bitkisinin antimikrobiyal aktivitesinin araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi.
- Taşdelen, D. (2020). *Dış koşul ve in vitro koşullarda yetişen sarı kantaron bitkisinin (Hypericum Perforatum L.) fitokimyasal içeriğinin karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Umaz, A. ve Umaz, K. (2020). İki farklı lokasyona ait Altın otunun (*Helichrysum arenarium*) uçucu bileşenlerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması, *Gümüřhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3), 592-600. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.621772>
- Xie, Z., Liu, Q., Liang, Z., Zhao, M., Yu, X., Yang, D. ve Xu, X. (2013). The GC/MS analysis of volatile components extracted by different methods from *Exocarpium Citri Grandis*. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/918406>
- Yalım Kaya, S. ve Can, O. (2018). Sarı Kantaron Bitkisinin Mutfakta Kullanılma Potansiyeli. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50-55. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dustad/issue/52634/693168>

- Yılmazoğlu, E., Hasdemir, İ.M. ve Hasdemir, B. (2022). Recent studies on antioxidant, antimicrobial and ethnobotanical uses of *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae). *Journal of the Turkish Chemical Society Chemistry*, 9(2), 373-394. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.1024791>
- Yin, X., Huang, J., Huang, J., Wu, W., Tong, T., Liu, S. vd. (2022). Identification of volatile and odor-active compounds in Hunan black tea by SPME/GC-MS and multivariate analysis. *LWT- Food Science and Technology*, 164, 113656. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113656>
- Zeng, Z., Meng, C., Ye, X. ve Zeng, Z. (2013). Analysis of volatile components of *Adenosma indianum*(Lour.) Merr. by steam distillation and headspace solid-phase microextraction. *Journal of Chemistry*, 2013, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2013/545760>
- Zeng, Z., Xie, R., Zhang, T., Zhang, H. ve Chen, J. Y. (2011). Analysis of volatile compositions of *Magnolia biondii* Pamp by steam distillation and headspace solid phase micro-extraction. *Journal of Oleo Science*, 60(12), 591–596. <https://doi.org/10.5650/jos.60.59110.5650/jos.60.591>
- Zeng, Z., Zhang, H., Chen, J. Y., Zhang, T. ve Matsunaga, R. (2008). Flavor volatiles of rice during cooking analyzed by modified headspace SPME/GC-MS. *Cereal Chemistry Journal*, 85(2), 140–145. <https://doi.org/10.1094/cchem-85-2-0140>
- Zhang, C., Qi, M., Shao, Q., Zhou, S. ve Fu, R. (2007). Analysis of the volatile compounds in *Ligusticum chuanxiong* Hort. using HS-SPME–GC-MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 44(2), 464–470. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.01.024>